



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MAGALI BERNARDES MAGANHINI

**INCIDÊNCIA DE PSE (PALE, SOFT, EXUDATIVE) E DFD
(DARK, FIRM, DRY), AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA E ULTRA-
ESTRUTURA DO LOMBO SUÍNO (LONGISSIMUS DORSI)**

MAGALI BERNARDES MAGANHINI

**INCIDÊNCIA DE PSE (PALE, SOFT, EXUDATIVE) E DFD
(DARK, FIRM, DRY), AVALIAÇÃO BIOQUÍMICA E ULTRA-
ESTRUTURA DO LOMBO SUÍNO (LONGISSIMUS DORSI)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elza Louko Ida
Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Adriana Lourenço Soares

Londrina
2007

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pelo incentivo, orações e por tudo para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã, Claudia, pelo apoio e amizade.

Ao meu esposo Anderson e meu filho Caio, pelo amor, companheirismo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a Elza Louko Ida pela sábia e valiosa orientação, contribuindo para minha formação nos caminhos da ciência e da vida.

À Prof^a. Dr^a Adriana Lourenço Soares pela co-orientação e por todos os momentos de ajuda nunca negados, sugestões e esclarecimentos que muito enriqueceram este trabalho e minha formação.

Ao Prof. Dr. Massami Shimokomaki pela inestimável colaboração, sugestões e pelo amor à ciência, mesmo nas horas mais difíceis.

À CAPES/MEC (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/Ministério da Educação) pela bolsa concedida.

Ao Prof. Dr. Makoto Matushita do Departamento de Química da Universidade Estadual de Maringá, que viabilizou a realização da análise de perfil de ácidos graxos.

Ao Prof. Dr. Francisco Javier Hernandez Blazquez da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, que viabilizou a realização da microscopia ótica e eletrônica.

À Seara Alimentos, na pessoa de Paulo Donizetti Guarnieri, pelas condições oferecidas e amostras cedidas para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta Instituição, pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho.

Aos Docentes do Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência de Alimentos desta Instituição, pelos ensinamentos e atenção dispensada.

Aos funcionários do Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos desta Instituição, que auxiliaram em todos os momentos nos laboratórios para execução da parte experimental.

Ao apoio técnico Eduardo Toledo pelo auxílio e amizade.

Aos estagiários Bruno Mariano, Taísa Saragosa e Valdecir, pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

Aos colegas do Grupo de Carnes, em especial ao Denis e Cassiana pela ajuda e amizade.

Aos amigos do Mestrado, pelos momentos que passamos juntos e pela amizade.

À Deus, pela força em todos os momentos e por tudo que tem realizado em minha vida.

MAGANHINI, Magali Bernardes. **Incidence de PSE (*Pale, Soft, Exsudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*), avaliação bioquímica e Ultra-estrutura do lombo suíno (*Longissimus dorsi*)**. 2007. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RESUMO

O direcionamento da produção de suínos para um aumento na porcentagem de carne magra na carcaça, tem levado à modificações substanciais tanto na composição centesimal como nas características bioquímicas do músculo, como o PSE (*Pale, Soft e Exsudative*), o que significa Pálida, Macia e Esxudativa, e DFD (*Dark, Firm e Dry*) Escura, Firme e Seca. Estas carnes apresentam propriedades funcionais comprometidas, sendo um dos maiores problemas enfrentados pela indústria processadora devido a perdas econômicas. O objetivo deste trabalho foi investigar a incidência de PSE e DFD no lombo suíno (*Longissimus dorsi*), em uma linha comercial de abate e avaliar as características bioquímicas e da ultra-estrutura dos lombos PSE e DFD. Em um frigorífico 946 lombos foram analisados quanto ao pH e cor e classificados como PSE, DFD e Normal. Os lombos PSE, DFD e Normal foram analisados com relação ao valor de R, perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), índice de fragmentação miofibrilar (IFM), lipídios totais, oxidação lipídica, perfil de ácidos graxos e microscopia eletrônica. A incidência de lombos PSE, DFD e Normal foi de 22,83%, 1,06%, 76,11%, respectivamente. Os valores de pH e cor dos lombos suínos PSE, DFD e Normal diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) entre si. O valor de R foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) para os lombos PSE do que DFD. A FC e a PPC não diferiu significativamente entre os lombos PSE, DFD e Normal. O IFM foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) para o lombo DFD. A oxidação lipídica foi 42% maior para o lombo PSE em relação ao normal e DFD. O perfil de ácidos graxos dos lombos suínos PSE, DFD e Normal não apresentou diferença significativa entre si. Finalmente os resultados histológicos apresentaram vários eventos bioquímicos incluindo a contração do sarcômero nos lombos PSE. Ao mesmo tempo foi observada uma seqüência aparente das atividades das proteases endógenas musculares inicialmente pela despolimerização das proteínas miofibrilares próximas e no disco Z e conseqüentemente a fragmentação destes discos e por último o colapso do sarcômero e de algumas estruturas miofibrilares.

Palavras-chave: Cor. PH. Manejo pré-abate. Microscopia eletrônica.

MAGANHINI, Magali Bernardes. **Pork *Longissimus dorsi* PSE (Pale, Soft, Esudative) and DFD (Dark, Firm, Dry) occurrence and biochemical and ultrastructural evaluation.** 2007. 76f. Dissertation (Master in Food Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

ABSTRACT

The aim of pork production in order to have an increase in non fat meat in the carcass has brought about changes not only on proximate chemical composition but also within the muscle biochemical characteristics as PSE (Pale, Soft and Exudative) meaning pale, soft and exudative meat and DFD (Dark, Firm and Dry) meaning dark, firm and dry meat. Both meat types present functional properties impaired and this phenomena represent an actual economical problems to the meat industries. The objective of this work was to investigate the occurrence of pork L. dorsi PSE- and DFD- meat at a commercial plant and to evaluate their biochemical and ultra structural characteristics. Longissimus dorsi samples in number of 946, were analyzed in relation to pH and color thus classified as PSE-, DFD- and Normal- meat. They were also analyzed in relation to R value, cooking loss (CL), tenderness measured through shear force (SF) value, miofibrillar fragmentation index (MFI), total lipid concentration, lipid oxidation, fatty acids profile and ultra structural observation. The occurrence of PSE-, DFD- and normal meat was 22.83, 1.06, 76.11%, respectively. pH and color values differed significantly ($p \leq 0.05$). R value was significantly higher for PSE- in relation to DFD- meat ($p \leq 0.05$). Tenderness and CL did not differ significantly while MFI was significantly higher for DFD meat although this value was not sufficient to show difference in SF. Lipid oxidation was 42.0% higher in PSE- in relation to both normal and DFD- meat samples. Fatty acids profile did not show significantly differences in every samples evaluated. Lastly, histological results showed several biochemical events including sarcomere contraction in PSE meat samples. Also it was noticeable an apparent sequence of muscle endogenous proteases activities, firstly at the depolymerized myofibril proteins near and at the Z-disks consequently the fragmentation of the Z-disks and ultimately the collapse of the sarcomere and to some of the myofibril structures.

Keywords: Color. pH. Pre-slaughtering management. Electronic microscopy.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de diferentes raças suínas quanto à susceptibilidade ao estresse e predisposição à produção de carne PSE	22
Quadro 2 – Propriedades e características das carnes PSE*	24
Quadro 3 – Propriedades e características das carnes DFD*	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo proposto para indução da síndrome SS em suínos (Adaptado de MacLENNAM e PHILIPPS, 1992).....	20
Figura 2 – Parte do eixo da sequência de aminoácidos no DNA na qual Arq615 sofreu uma mutação para cisteína (localizado na caixa) e a sequência normal GCGCTC foi alterada para GTGCTC (FUJII et al., 1991).....	21
Figura 3 – Provável relação entre desenvolvimento da oxidação lipídica e carnes PSE (SOARES et al., 2005	31
Figura 4 – Situação de estress e formação de IMNP	33
Figura 5 – Ultra-estrutura muscular (JUDGE et al., 1989)	34
Figura 6 – Estrutura do sarcômero e suas proteínas(SHIMOKOMAKI et al., 2006).....	35
Figura 7 – Histograma de distribuição do valor de L^*_{24h} de lombos suínos (n=946)	45
Figura 8 – Histograma de distribuição do valor de pH_{24h} de lombos suínos (n=946)	46
Figura 9 – Incidência de PSE e DFD em lombos suínos (n=946).....	47
Figura 10 – Lombos suínos classificados como PSE, DFD e Normal com base no valor de L^*_{24h}	47
Figura 11 – Correção entre os valores de L_{24h} e pH_{24h} de lombos suínos (n=946) ($R=0,46$, $p \leq 0,05$)	48
Figura 12 – Correção entre os valores de b^* e L^*_{24h} de lombos suínos (n=946) ($R=0,43$, $p \leq 0,05$).....	48
Figura 13 – Correção entre os valores de L^*_{24h} e pH_{24h} de lombos suínos (n=36) ($R= 0,75$; $p \leq 0,05$).....	53
Figura 14 – Eletromicrografia de uma seção longitudinal do lombo suíno normal. Aumento 12000 vezes. M= Linha M; Z = disco Z; A = Banda A; I = Banda I.	62

Figura 15 – Eletromicrografia de uma seção longitudinal do lombo suíno PSE. Aumento 6000 vezes	63
Figura 16 – Provável mecanismo para a relação entre estresse pré-abate, alterações bioquímicas e na ultra-estrutura no desenvolvimento da carne suína PSE. 1-Despolimerização das proteínas do sarcômero. 2-Atividade das proteases na região do disco Z. 3-Colapso do sarcômero	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Valores de pH, L* a* e b* 24H post mortem dos lombos suínos PSE, DFD e Normal.....	48
Tabela 2	– Valores de pH 24h, <i>post mortem</i> dos lombos suínos PSE, DFD e Normal	50
Tabela 3	– Valores de L*, a*, b* e razão a*/b* 24h <i>post mortem</i> para os lombos suínos PSE, DFD e Normal	52
Tabela 4	– Valor de R dos lombos suínos PSE e DFD e Normal	54
Tabela 5	– Perda de peso por cozimento (PPC) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal	55
Tabela 6	– Força de cisalhamento (FC) em Newton (N) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal <i>in natura</i> e cozido.....	56
Tabela 7	– Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal	57
Tabela 8	– Lipídios totais dos lombos suínos PSE, DFD e Normal	57
Tabela 9	– Oxidação lipídica dos lombos suínos PSE, DFD e Norma.....	58
Tabela 10	– Teor de ácidos graxos dos lombos suínos PSE, DFD e Normal.....	60
Tabela 11	– Teor de ácidos graxos monoinsaturados, saturados, polinsaturados, ácidos graxos ômega 6 e 3 dos lombos suínos PSE, DFD e Normal.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS

- a*** – Componente vermelho-verde do Sistema de Cor CIELAB
- ABCS** – Associação Brasileira dos Criadores de Suínos
- ABIPECS** – Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína
- ADP** – Adenosina Difosfato
- ATP** – Adenosina Trifosfato
- b*** – Componente amarelo-azul do Sistema de Cor CIELAB
- CRA** – Capacidade de Retenção de Água
- DFD** – Escura, Firme e Seca
- FC** – Força de Cisalhamento
- HM** – Hipertermia Maligna
- IFM** – Índice de Fragmentação Miofibrilar
- IMP** – Inosina Monofosfato
- L*** – Luminosidade do Sistema de Cor CIELAB
- N** – Newton
- PLA₂** – Enzima fosfolipase A₂
- PPC** – Perda de Peso por Cozimento
- PSE** – Pálida, Macia e Esxudativa
- PSS** – Síndrome do Estresse Suíno
- RS** – Retículo Sarcoplasmático
- RYR1** – Proteína Rianodina 1
- TBA** – Ácido 2-tiobarbitúrico
- TEP** – 1, 1, 3, 3- tetraetoxipropano

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 PSE	18
3.2 DFD	24
3.3 MANEJO PRÉ-ABATE	26
3.3.1 Transporte	27
3.3.2 Jejum	28
3.4 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDO GRAXOS E OXIDAÇÃO LIPÍDICA	30
3.5 VALOR DE R	32
3.6 ULTRA-ESTRUTURA DA CARNE	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 MATÉRIA PRIMA E CLASSIFICAÇÃO DOS LOMBOS EM PSE, DFD NORMAL	36
4.2 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DOS LOMBOS PSE, DFD E NORMAL	36
4.2.1 Medida de pH _{24h}	37
4.2.2 Medida de Cor	37
4.2.3 Classificação das amostras em PSE e DFD	37
4.2.4 Medida do Valor de R	37
4.2.5 Medida da Perda de Peso por Cozimento (PPC)	38
4.2.6 Medida de Maciez	38
4.2.7 Medida do Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM)	39
4.2.7.1 Extração	39
4.2.7.2 Determinação de Proteína Solúvel	40
4.2.7.3 Medida do IFM	40
4.2.8 Determinação de Lipídios totais	40
4.2.9 Medida da Oxidação Lipídica	41

4.2.10 Determinação da Composição de Ácidos Graxos	42
4.2.11 Microscopia Eletrônica dos Lombos Suínos.....	43
4.2.12 Análise Estatística	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 INCIDÊNCIA DE PSE E DFD NA CARNE SUÍNA.....	45
5.2 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ULTRAESTRUTURA DOS LOMBOS PSE, DFD E NORMAL	50
5.2.1 Valores de pH _{24h} dos Lombos Suínos	50
5.2.2 Cor dos Lombos Suínos	51
5.2.3 Avaliação da Perda de Peso por Cozimento (PPC) dos Lombos Suínos.....	53
5.2.4 Avaliação do Valor de Peso por cozimento (PPC) dos Lombos Suínos.....	54
5.2.5 Maciez dos Lombos Suínos	55
5.2.6 Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) dos Lombos Suínos	56
5.2.7 Lipídios totais dos Lombos Suínos	57
5.2.8 Oxidação Lipídica dos Lombos Suínos	58
5.2.9 Composição de Ácidos Graxos dos Lombos Suínos.....	59
5.2.10 Microscopia Eletrônica dos Lombos Suínos	61
6 CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é hoje a forma de proteína animal mais consumida no mundo e no ano de 1979 ultrapassou a preferência dos consumidores pela carne bovina (ABCS, 2005).

Em 2006, a produção mundial de carne suína foi de 104,990 milhões de toneladas com crescimento de 2,2%. China, União Européia e Estados Unidos foram responsáveis por cerca de 81,3% da produção mundial (ABIPECS, 2007). A produção nacional de carne suína apresentou índices consideráveis de crescimento nos últimos 24 anos com aproximadamente 3,8% ao ano (ABCS, 2005). O Brasil continua na posição de 4º maior produtor mundial, com 2,825 milhões de toneladas em 2006. Deste total, 81% foram consumidos no mercado interno, 30% in natura e 70% industrializada e os 19% restantes foram destinados para o mercado internacional (ABIPECS, 2007).

A participação do Brasil no mercado nacional e internacional de carne suína, e as exigências do consumidor aumentaram. Assim maior atenção foi dada a carne suína nos diversos segmentos da cadeia produtiva. Com os avanços tecnológicos nas áreas de genética e nutrição, o suinocultor passou a desenvolver um animal com menos gordura, mais carne e com maior eficiência na conversão dos alimentos. Como resultado deste investimento, surgiu no mercado um animal mais competitivo.

Contudo, essas transformações implicaram nas características físicas e no metabolismo do músculo que influenciaram os aspectos visuais e sensoriais da carne e a aceitabilidade do produto final por parte dos consumidores. Estas características foram determinadas por um conjunto de fatores que incluíram as condições ambientais relacionadas ao clima e instalações, técnicas de manejo, nutrição e genética.

As carnes PSE (*Pale, Soft e Exudative*) que significa Pálida, Macia e Esxudativa e carnes DFD (*Dark, Firm, Dry*) Escura, Firme e Seca, são resultantes de condições anormais das transformações bioquímicas do músculo com comprometimento de sua qualidade.

Segundo Angerami (2004), as carnes com características de qualidade comprometidas, resultaram em perdas econômicas que inviabilizaram as atividades de um frigorífico, devido a:

- redução no rendimento de abate e do produto processado;
- desclassificação de carcaças que limitam a utilização da carne para a industrialização;
- alteração na qualidade da carne e de produtos industrializados que ocasionaram: comprometimento da cor e da fatiabilidade dos produtos cárneos cozidos, alterações na formação de cor em produtos cárneos curados, descoloração e formação de odores estranhos e redução na vida útil do produto.

A condição PSE em suínos foi reconhecida e documentada desde 1960, e a condição PSS (*Porcine Stress Syndrome*) foi reconhecida na década de 60 (CASSENS, 2000). A PSS foi associada com a PSE e considerada a causa fundamental do surgimento destas carnes em suínos. A manifestação da hipertermia maligna (HM), associada a distúrbios da musculatura esquelética ocorreu quando os animais foram expostos a situações estressantes e a determinados agentes anestésicos, como o halotano que caracterizou assim, a síndrome do estresse suíno - PSS (*Porcine Stress Syndrome*). A relação do PSE com o gene halotano ou gene rianodina (*ryr1*), permitiu o processo de seleção de linhagens suínas para evitar o desenvolvimento do PSE, sendo os animais sensíveis ao estresse, os recessivos (nn) e os heterozigotos (Nn) (FUJII et al., 1991).

A incidência de carne PSE produzida nos EUA, foi de 18% em 1963 e 16% em 1992 (CASSENS, 2000). A indústria frigorífica Norte Americana, trabalhou com grandes proporções de carnes PSE (KAUFFMAN et al., 1992). Cannon et al. (1996) estimaram que estas anomalias representaram perdas de aproximadamente 100 milhões de dólares por ano para a economia Norte Americana. Na Austrália, estas perdas atingiram aproximadamente U\$ 20 milhões por ano.

Foi relatado por Murray e Johnson (1998) que cada chuleta de carne suína PSE perdeu aproximadamente 3 % de água em relação à carne normal em uma embalagem no varejo, e estimaram que a condição de carne PSE diminuiu o valor de um suíno em 5 dólares Canadenses. No Brasil uma produção de 2,7 mil toneladas de carne suína com ocorrência de 15% de animais com PSE, foi estimado

uma perda de 1,5% de água por carcaça com um prejuízo de U\$ 4,5 milhões por ano (ODA *et al.*, 2003).

Assim, atenção especial por parte da indústria em monitorar a qualidade do manejo dos suínos desde a genética até o produto final, são fatores decisivos para garantir a qualidade da carne.

Este trabalho visa investigar a incidência de PSE e DFD no lombo suíno (*Longissimus dorsi*), em uma linha comercial de abate e avaliar as suas características bioquímicas e da ultraestrutura. No Brasil, estudos sobre a ocorrência dos fenômenos PSE e DFD em suínos, e a avaliação da situação da qualidade das carnes e as características bioquímicas serão úteis para propor procedimentos para melhorá-las e contribuir para o avanço de conhecimento no desenvolvimento científico e tecnológico das indústrias processadoras de carne.

2 OBJETIVOS

Investigar a incidência de PSE e DFD dos lombos suínos (*Longissimus dorsi*) em uma linha comercial de abate, e avaliar as suas características bioquímicas e da ultra-estrutura.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar a incidência de PSE e DFD dos lombos suínos (*Longissimus dorsi*) em uma linha comercial de abate.

Correlacionar os valores de pH e cor dos lombos PSE, DFD e Normal de suínos.

Avaliar a relação entre IMP e ATP (Valor de R) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal.

Analisar a maciez dos lombos suínos PSE, DFD e Normal por meio de medidas de força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar.

Estimar a oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos dos lombos suínos PSE, DFD e Normal.

Avaliar a ultra-estrutura dos lombos suínos (músculo *Longissimus dorsi*) PSE, DFD e Normal por meio de microscopia eletrônica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PSE

Uma considerável variação na qualidade da carne suína foi verificada nos frigoríficos brasileiros, europeus e americanos (CULAU *et al.* 1994). As carnes destinadas à industrialização apresentaram diversos problemas e foram destacadas as carnes PSE e DFD (TERRA, 1998).

As siglas PSE e DFD referem-se a duas anomalias das características da carne suína. A abreviatura PSE significa *Pale, Soft e Exudative*, isto é, carne pálida, macia e exsudativa, devido a perda de água com facilidade, enquanto que DFD significa *Dark, Firm e Dry*, ou seja, carne escura, firme e seca na superfície, devido a retenção de toda umidade no interior das fibras musculares (FELÍCIO, 1986).

A carne suína PSE representa o principal problema de qualidade na indústria, devido à baixa capacidade de retenção de água, textura flácida, cor pálida e elevada perda de água no processamento. A carne PSE foi descrita como indesejável, tanto para os consumidores, como para a indústria de processamento (BOWKER *et al.*, 1999).

A principal causa do desenvolvimento da condição PSE foi a decomposição acelerada do glicogênio após o abate, que ocasionou um valor de pH muscular muito baixo, e geralmente inferior a 5,8. E devido à temperatura do músculo estar próximo do estado fisiológico ($> 38^{\circ}\text{C}$), o decréscimo do pH foi seguido por um processo de desnaturação protéica, que favoreceu o estabelecimento da condição PSE (HONIKEL & KIM, 1986).

Além dos fatores genéticos, Andrade *et al.* (1992) descreveram que havia outros que influenciaram a incidência de carne PSE, tais como: tempo de transporte dos animais da granja para o frigorífico, manejo utilizado no pré abate do frigorífico e tempo de descanso dos animais antes do abate.

As características destas carnes foram provenientes da manifestação da síndrome PSS (*Porcine Stress Syndrome*) (CHEAH *et al.* 1984) ou HM (Hipertermia maligna) (FUJII *et al.* 1991). A síndrome PSS foi desencadeada por

fatores de estresse ambientais ou fisiológicos, como mudança na temperatura ambiente, excitação, transporte, exercícios, que poderiam levar a morte inesperada dos animais (CHEAH e CHEAH, 1981b; MITCHELL e HEFFRON, 1982; CHEAH *et al.*, 1984). A HM foi descrita como uma miopatia hereditária e poderia ser desencadeada por indução com halotano (2-bromo-2-cloro-1, 1,1-trifluoretano), um anestésico gasoso, ou com relaxantes musculares como succinilcolina (MITCHELL e HEFFRON, 1982; FUJII *et al.*, 1991). Os sintomas foram manifestados pela rigidez muscular generalizada, rápido aumento da temperatura corporal, taquicardia, hiperventilação, acidose metabólica severa e elevados níveis de metabólitos no soro (CHEAH, 1981 a ; CHEAH *et al.*, 1984).

O retículo sarcoplasmático (RS) do músculo esquelético de suínos estoca e libera íons cálcio (MITCHELL, 2002), os quais têm importante papel nas reações bioquímicas celulares e estão associados com a regulação da contração muscular. Portanto, é provável que o aumento na liberação dos íons cálcio do retículo sarcoplasmático em animais com HM, seja o responsável pela série de reações bioquímicas que conduzem a perda de controle da glicólise com aumento da produção de ácido láctico (CHEAH e CHEAH, 1981b; MITCHELL, 2002). Mac Lennan e Phillips (1992) propuseram o mecanismo de indução da síndrome em suínos PSS, causado por uma anomalia nos canais liberadores de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático, conforme apresentado na Figura 1. Este mecanismo propõe que a indução da síndrome PSS em suínos foi causada por anomalias nos canais liberadores de Ca^{2+} localizados no retículo sarcoplasmático (RS). A contração muscular, glicólise e função mitocondrial foram reguladas pelas concentrações de Ca^{2+} no citoplasma. Em um ciclo normal de contração-relaxamento (Figura 1A), o Ca^{2+} foi bombeado para dentro do RS por uma ATPase para iniciar o relaxamento. Na próxima contração, o Ca^{2+} foi liberado de forma controlada pelos canais do RS. Os metabolismos glicolítico e aeróbio foram realizados de forma balanceada, para produzir energia para a célula. Neste caso, a liberação de Ca^{2+} foi regulada pelo ATP, Mg^{2+} e pela sua própria concentração. Na condição anormal de PSS (Figura 1B), os canais liberadores de Ca^{2+} não foram sensíveis a baixas concentrações de Ca^{2+} , mantendo-se abertos e aumentando a sua concentração no citoplasma. A contração muscular foi mantida, gerando a rigidez muscular. O metabolismo glicolítico e aeróbio foi aumentado, gerando ácido láctico, CO_2 e calor, aumentando a

tomada de oxigênio. Assim ocorreu injúria nas membranas celulares e problemas sistêmicos típicos de PSS.

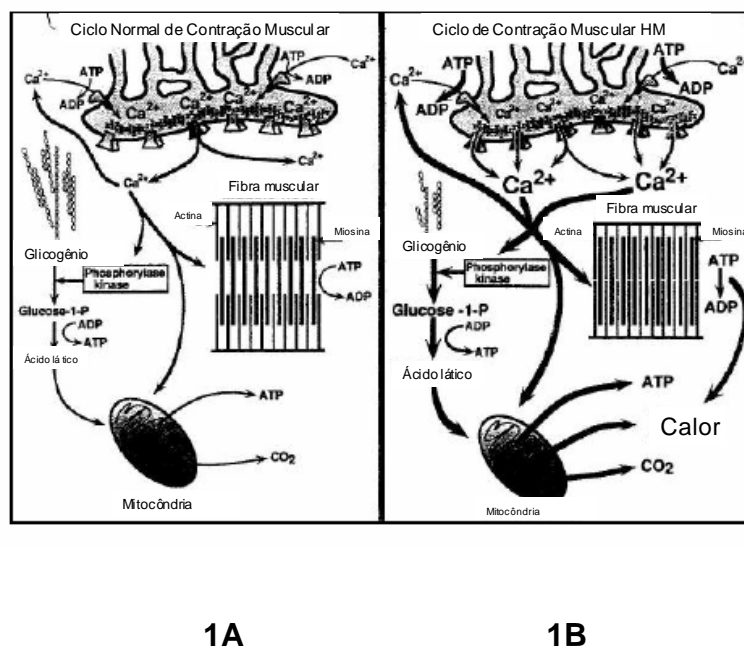


Figura 1 – Mecanismo proposto para indução da síndrome PSS em suínos (Adaptado de MACLENNAN e PHILLIPS, 1992).

Fujii *et al.* (1991) descreveram a ocorrência de uma mutação no gene que codificou para o receptor rianodina do músculo esquelético, correlacionada com a HM. Os autores desenvolveram a metodologia em análise genética, que permitiu diferenciar três genótipos: Hal NN (normal dominante), HAL Nn (heterozigoto) e Hal nn (sensível recessivo) e com esta técnica foi possível investigar frequência do gene halotano, nas diferentes raças de suínos, e propuseram melhores estratégias para melhorar o cruzamento.

A proteína rianodina tem peso molecular de 350kDa e controla a liberação de Ca^{2+} pelo retículo sarcoplasmático e recebeu a denominação de rianodina devido à capacidade de ligação a um alcalóide derivado de planta de mesmo nome (GIANNINI *et al.*, 1995; MICKELSON e LOUIS, 1996). O cromossomo 6, responsável pela codificação do gene RYR1, que sofreu mutação de uma base nitrogenada citosina para timina na posição 1843 da seqüência de DNA, resultou na

alteração do aminoácido 615(Figura 2), onde um resíduo de arginina foi substituído por um resíduo de cisteína (FUJII *et al.*, 1991).

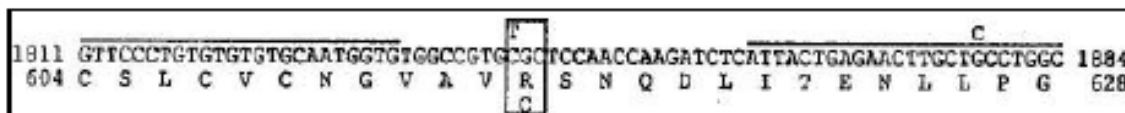


Figura 2 - Parte do eixo da seqüência de aminoácidos no DNA, na qual Arg615 sofreu uma mutação para cisteína (localizado na caixa) e a seqüência normal GCGCTC foi alterada para GTGCTC (FUJII *et al.*, 1991).

Esta mutação no gene RYR1 está diretamente relacionada com a alteração no mecanismo de liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático, embora a natureza e expressão deste defeito ainda sejam controversias (MICKELSON e LOUIS, 1996). Fujii *et al.* (1991) relataram que Arg 615 está envolvida na ligação de reguladores do canal de Ca^{2+} , ocasionando a sua abertura. Uma vez aberto, o canal poderá não responder a Ca^{2+} e Mg^{2+} , que induzem ao seu fechamento, conduzindo assim a contratura muscular, hipermetabolismo e hipertermia. Da mesma maneira Mickelson e Louis (1996) descreveram que em animais sensíveis a HM o aumento das taxas liberação de Ca^{2+} do retículo sarcoplasmático e a maior afinidade do canal de Ca^{2+} para rianodina, poderiam ser devido a maior permanência do canal no estado aberto.

O gene halotano, além de determinar a maior predisposição ao estresse em suínos, também foi responsável pela produção de carcaças com maior deposição de carne magra, porém relacionado com a produção de carne PSE (CULAU *et al.*, 2002).

Embora não seja a única causa de PSE em suínos, o fator genético provavelmente foi o mais importante. Linhas genéticas de animais que foram melhorados para o ganho de peso e produção de carne magra apresentaram ocorrência elevada para a síndrome devido ao metabolismo energético insuficiente. Entretanto, as empresas de melhoramento genético reconheceram este problema e procuram revertê-lo, eliminando o gene halotano, responsável pela PSS (ODA *et al.*, 2003). O trabalho de melhoria genética visando à qualidade da carne obrigou a empresa Sadia a identificar o *status* (genótipo) para o gene Hal (halotano), em todas

as linhas, por meio da tecnologia do teste de DNA. A busca desta qualidade almejada exigiu decisões como: as linhas de fêmea obrigatoriamente devem ser livres do alelo Haln. Isto garantiu animais de abate que no máximo são heterozigotos (HalNn) e outra parte completamente livre do gene Hal. Estas foram as principais medidas de ordem genética para minimizar a ocorrência da síndrome PSS nos animais vivos e da carne PSE nas carcaças.

Na década de 60, foi reportado que certas raças (*Pietrain, Poland China e Landrace Belga*) continham uma grande proporção de animais propensos a apresentar carne PSE, enquanto que outras raças eram praticamente livres desta anomalia (SELLIER, 1998). Algumas diferentes raças de suínos foram classificadas (Quadro 1) conforme sua susceptibilidade ao estresse (GREGORY, 1998). Alguns países, como a Dinamarca, Suíça e Suécia já eliminaram a presença do gene halotano de suas linhas selecionadas. Entretanto, somente no final da década de 90 algumas empresas internacionais de genética decidiram remover o gene halotano de suas linhas de seleção (ROSENVOLD *et al.*, 2003).

Sensível ao estresse	Sensibilidade media ao estresse	Resistente ao estresse
Pietrain Landrace Belga China Polonês Landrace Alemão	Landrace Holandês Landrace Francês Landrace Sueco Landrace Suíço Landrace Dinamarquês Landrace Norueguês Landrace Australiano Landrace Irlandês Yorkshire Holandês Hampshire Americano	Large White Irlandês Large White Australiano Large White Frances Large White Ingles Yorkshire Americano Duroc

*Fonte: GREGORY, 1998

Quadro 1 – Classificação de diferentes raças suínas quanto à susceptibilidade ao estresse e predisposição à produção de carne PSE *

Pommier e Houde (1993) determinaram que 30% das carnes classificadas como PSE, com base na cor, foram provenientes de suínos heterozigotos (Nn). Da mesma maneira, os resultados de Cheah *et al.* (1995) relataram que os suínos heterozigotos (Nn) apresentaram propensão para produzir maior proporção de carcaças PSE do que normais. Culau *et al.* (1994) identificaram

freqüência de 30,69% de carcaças PSE no Estado do Rio Grande do Sul, por leitura do pH inicial no músculo *Longissimus dorsi*, em 8842 carcaças suínas, entretanto a identificação da causa desta freqüência alta de carcaças PSE, não foi definida, visto que há influência de muitos fatores ambientais e genéticos.

O teste do halotano em suínos foi utilizado para detectar a susceptibilidade dos animais em desenvolver carnes PSE (CHEAH *et al.*, 1993). Este teste foi baseado na habilidade do suíno de recuperar ao anestésico halotano. Aqueles animais que se recuperaram rapidamente foram mais resistentes (NN), enquanto que aqueles que metabolizaram o halotano lentamente e requereram mais tempo para recuperar a consciência foram susceptíveis ao estresse ou susceptíveis ao PSE (nn) (PEARSON e YOUNG, 1989), entretanto, este teste foi ineficiente para detectar animais heterozigotos (Nn).

Mesmo que existiu correlação significativa entre animais portadores do gene halotano e produção de carne PSE (SILVEIRA, 1996), o genótipo por si só não explicou a ocorrência de carne PSE (WARRIS, 1995).

A inabilidade da indústria para medir e classificar objetivamente a qualidade da carne, foi associada a um aumento da baixa qualidade na carne suína (KOHLEER e FREITAS, 2005). Considerando que as alterações musculares podem se manifestar dentro da primeira hora, vários parâmetros foram avaliados aos 45 min após o abate para predizer sobre a qualidade final da carne (WARRISS e BROWN, 1987).

As variáveis que melhor definiram a qualidade da carne suína foram: pH, cor e algumas propriedades funcionais como capacidade de retenção de água (CRA). O intervalo de variação dos parâmetros de pH, CRA, temperatura e cor foram analisados e associados para qualificar a carne suína (OURIQUE e NICOLAIEWSKY, 1990).

Joo *et al.* (2000) descreveram que os fatores mais importantes para classificação da qualidade de carne suína foram medidas de pH após 24 h de abate, cor (L^*) e perda de exsudato (*drip loss*).

Warris e Brown (1987) classificaram carcaças como PSE quando apresentaram valores de pH inicial inferior a 5,8 e como DFD, quando os valores de pH final foram iguais ou superior a 6,0.

A medida da cor através do valor L^* (sistema CIELAB) em associação com pH pode contribuir sobremaneira na caracterização do PSE

(BARBUT, 1997; FLETCHER, 1999; OLIVO *et al.*, 2001). A medida 24h após o abate da luminosidade da carne considerada crítica para caracterizar PSE está entre 49,0 e 52,0. Valores superiores a esta faixa implicaram na existência de carne pálida e potencialmente de qualidade inferior (LARA *et al.*, 2003). A palidez da carne foi diretamente relacionada com a desnaturação protéica causada pelo baixo pH (SWATLAND, 1993). A cor observada na superfície das carnes foi proveniente do resultado da absorção seletiva pela mioglobina, provocada pela distribuição da luz que emergiu da carne com a diminuição do pH; ocorrência do aumento na birrefringência, com menos luz sendo transmitida através das fibras e mais luz sendo dispersa (BENDAL & SWATLAND, 1988; SWATLAND, 1993).

Wirth (1986) descreveu sobre as propriedades e características da carne PSE e utilização na elaboração de produtos cárneos (Quadro 2). Segundo o autor, a carne PSE pode ser destinada até certo limite para a elaboração de alguns produtos fermentados e certos tipos de emulsionados, porém é inadequada para elaboração de presunto cozido e outros produtos curados cozidos.

PROPRIEDADES	CARACTERÍSTICAS
Capacidade de retenção de água	Maior perda por gotejamento (1 a 4%) em carne fresca; Maior depósito de gelatina e gordura (3 a 5%) em produtos emulsionados; Menor rendimento (3 a 6%) para presunto cozido.
Absorção de ingredientes de cura	Aumento na absorção do sal e alteração na cor curada (esbranquiçada).
Sensoriais	Sabor ácido acentuado.
Vida útil	Reduzida devido à superfície úmida da carne fresca.

*Fonte: WIRTH, 1986

Quadro 2 – Propriedades e características das carnes PSE*

3.2 DFD

Assim como a carne PSE, a carne DFD (dark, firm, dry) ou *dark cutting* como é conhecida na terminologia inglesa, foi atribuída a um mau manejo pré-abate. Os exercícios físicos, transporte, movimentação, jejum prolongado e

contato com suínos estranhos ao seu ambiente acarretaram o consumo das reservas de glicogênio, ausência de reversão do ácido lático muscular e lentidão da glicólise (PARDI *et al.*, 1993). O pH reduziu ligeiramente nas primeiras horas e depois se estabilizou, permanecendo ao final em níveis superiores a 6,0 (FELÍCIO, 1986). No caso da carne com anomalia DFD, à falta de glicogênio já se fez presente na respectiva musculatura antes do abate. As razões foram quase que exclusivamente de natureza exógenas (fortes contrações e jejum prolongado) e, por esse motivo, a condição DFD pode ser prevenida eficientemente pelo manejo pré – abate adequado (FISCHER, 1987).

Na carne DFD, em decorrência do pH alto, as proteínas musculares conservaram uma grande capacidade para reter água no interior das células. Como conseqüência, a superfície de corte do músculo ficou pegajosa e muito escura. Ainda devido ao pH alto, essa carne se deteriorou com facilidade (FELÍCIO, 1986).

Na prática, diversas situações podem levar a carne DFD. Em um estudo onde foram avaliadas condições de transporte, foi relatado que 18% dos suínos transportados num caminhão com piso escorregadio, sem divisões e sem qualquer mecanismo de ventilação apresentaram a anomalia DFD na carne. Por outro lado, somente 10% dos suínos foram DFD após o transporte num veículo adequado, com piso não escorregadio, divisões e mecanismo de ventilação (NIELSEN, 1977).

Wirth (1986) apresentou as características da carne DFD e limitações de sua utilização na elaboração de produtos cárneos (Quadro 3). A carne DFD pode ser utilizada para o processamento de produtos emulsionados (salsicha tipo Frankfurt) e produtos curados cozidos (formulados com 60% de carne normal para que seja obtida uma coloração desejável), não sendo recomendada para o processamento de produtos fermentados e secos (BARTON-GADE, 1985).

PROPRIEDADES	CARACTERÍSTICAS
Capacidade de retenção de água	Menor liberação de água no tratamento térmico; Vantajoso para salsicha Frankfurt e presunto cozido (produtos mais suculentos e macios).
Absorção de ingredientes de cura	Redução da absorção do sal em porções musculares maiores Pobre desenvolvimento e retenção de cor curada.
Sensoriais	Ausência do sabor ácido.
Vida útil	Reduzida tanto para a carne fresca como para produtos industrializados.

*Fonte: WIRTH,1986

Quadro 3 – Propriedades e características das carnes DFD*

3.3 MANEJO PRÉ-ABATE

O termo estresse é uma expressão comum para designar o conjunto de reações do organismo a agressões de ordem físicas, psíquicas e outras, capazes de perturbar a homeostase (SIEGEL, 1995).

O manejo pré abate incluiu a mistura de grupos diferentes, transporte e tempo de repouso na pocilga do abatedouro, práticas que poderiam induzir ao estresse e interferir na qualidade da carne (FERNANDES *et al.*, 1979).

A intensidade do manejo a que os suínos são submetidos no carregamento, transporte e chegada no abatedouro foi um dos principais fatores responsáveis pela ocorrência do estresse pré-abate (BERTOL,2004).

O estresse pré – abate pode ser dividido em estresse de período longo, como manejo da granja, misturas de lotes, embarque e transporte dos animais e o estresse de período curto, incluiu as condições na pocilga de repouso e a condução dos suínos até o abate. Esses dois tipos de estresse não deveriam ser considerados separadamente, principalmente porque o estresse de período longo favoreceu ocorrência de carnes DFD, enquanto que o estresse de período curto favoreceu as carnes PSE (ANGERAMI, 2004).

O embarque, transporte e desembarque dos suínos foram os fatores pré-abate que mais influenciaram a qualidade da carne. Contribuíram para isso o

jejum, movimentação, mistura de lotes, mudança de local, espaço disponível para cada animal, ruídos, temperatura e outros eventos estranhos ao animal. Todos contribuíram para aumentar o estresse, provocar brigas e por conseqüência há escoriações e prejuízos para a qualidade da carne. Warris (2001) enfatizou que o mau manejo nos períodos de seleção, embarque, transporte, desembarque e espera do animal ao abate despertou condição negativa ao bem-estar, ocasionando quedas no rendimento da carne. Quando o manejo foi realizado de forma precária ou inadequada, houve riscos de aumentar a mortalidade em trânsito e a incidência de danos à carcaça. Além disso, cresceu o número de animais estressados, gerando maior quantidade de carne PSE e DFD.

Um dos fatores considerado crítico para o bem estar do animal é a sua movimentação inadequada. Assim, dependendo da forma de condução dos suínos, pode-se observar que maus tratos, esforços e excessiva utilização de bastão elétrico, resultaram em perdas econômicas em função da redução da qualidade obtida. A facilidade de manejo dos suínos com descargas elétricas, aliadas a falta de regulamentação, colaboraram com o uso intensivo desse dispositivo e conseqüentemente, induziu defeitos na carne, pelo aumento dos níveis de estresse. Ludtke *et al.* (2004) relataram que, sem utilização do bastão na movimentação dos suínos, diminuiu os níveis de estresse suíno, reduzindo em 60% a incidência de carne PSE.

Os métodos de insensibilização podem influenciar na qualidade da carne suína. Os suínos insensibilizados eletricamente apresentaram um declínio mais rápido de pH no início do *post mortem* e diminuição da capacidade de retenção de água(CRA), quando comparado com os suínos submetidos à insensibilização gasosa (CO₂), onde o pH em 24h não foi afetado (CHANONN *et al.*, 2000).

3.3.1 Transporte

Para minimizar os efeitos negativos desses eventos, é indispensável usar embarcadouros na mesma altura da carroceria do caminhão, com piso antiderrapante ou rampas com no máximo de 20° de inclinação, pois os suínos apresentaram dificuldades em percorrer descida e de subir quando as inclinações

foram superiores a 20°. E a densidade máxima recomendada foi de 2,5 suínos de 100 kg por m² e o transporte efetuado durante a noite para aproveitar melhor as horas mais frescas ou em período de menor temperatura. No transporte, o motorista deveria dirigir com todo cuidado, evitando freadas bruscas e outras atitudes que prejudicariam o bem estar dos animais. Todas as práticas relacionadas com o embarque, transporte e desembarque, se não conduzidas adequadamente, poderiam contribuir com aumento de carne PSE nas carcaças (FÁVERO, 2004).

No transporte, a qualidade do veículo, ventilação, densidades e distâncias das viagens foram importantes para o nível de estresse induzido nos animais (BARTON-GADE, 1997; WARRIS, 1998 e FAUCITANO, 2001). A partir do princípio que os animais não apresentaram totalmente tranqüilos no transporte, viagens mais curtas foram plenamente justificadas. Portanto, à distância percorrida foi menos importante do que o tempo de transporte, uma vez que os eventos que afetaram o tempo (coleta de animais nas diversas granjas, tráfego lento, engarrafamento, etc) poderiam afetar adversamente no estresse do animal. Barton-Gade (1985) constataram que a incidência de PSE foi mais elevada em transportes de curta duração de 30 min e mais baixa em transportes mais longos de 80 min.

3.3.2 Jejum

O jejum alimentar refere-se ao período em que o animal permanece na granja com água disponível antes do embarque, acrescido do tempo de transporte e espera nas instalações de recepção do abatedouro.

O jejum foi classificado como o primeiro ponto crítico do transporte, e o seu tempo influenciou as outras condições do estresse no transporte, por ser responsável pelo aumento total das perdas (ANGERAMI, 2004). Em muitos países, o jejum pré-abate de 12-15 h consistiu numa prática comum para se reduzir o risco de contaminação microbiana no abate (WARRIS, 1994). Foi investigado o jejum como uma maneira de se reduzir as reservas de glicogênio muscular em suínos no momento do abate, para aumentar o pH em 24h, melhorando assim, a CRA e a cor (ROSENVOLD *et al.*, 2003).

O uso do jejum pré-abate é uma prática que vem sendo utilizada ao longo dos anos, com o objetivo de reduzir as mortes no transporte e limitar o potencial de contaminação microbiana das carcaças no processo de evisceração. Com relação às respostas fisiológicas relacionadas com o manejo, os suínos em jejum submetidos a manejo de alta ou baixa intensidade apresentaram reduzida temperatura corporal, quando comparado com suínos alimentados (BERTOL, 2004).

O jejum pode influenciar positivamente algumas das características de qualidade de carne como pH inicial, cor e capacidade de retenção de água. Foi observado que o jejum pré-abate reduziu a incidência de carne PSE, porém esta resposta foi mais evidente em suínos susceptíveis ao estresse. A melhoria da qualidade da carne e a redução da incidência de PSE em suínos submetidos a jejum, pode estar parcialmente relacionada com a redução do metabolismo basal e da temperatura corporal do animal, que resultou em redução da temperatura da carcaça, e possivelmente uma desaceleração do metabolismo anaeróbico *pós-mortem*, já que para ocorrência da condição PSE foi necessária a condição de elevada temperatura e baixo pH do músculo (BERTOL, 2004).

O intervalo de jejum ótimo foi considerado entre 16 e 24h (EIKELENBOOM *et al.*, 1989). Em se tratando de monogástricos, o período de repouso, em hipótese alguma, deveria ser inferior a 8h, em jejum e dieta hídrica (BRASIL, 1995). A etapa de espera no abatedouro permitiu que os animais recuperassem do estresse no transporte, favorecendo a recuperação dos níveis de glicogênio. Se mal aplicada, esta etapa, poderá representar um estresse adicional. Os suínos abatidos logo após a sua chegada ao abatedouro poderiam produzir até 40% de carcaças PSE (EIKELENBOOM e BOLINK, 1991). Entretanto, longos períodos de jejum implicaram em perda de peso, que variou de 0,12 a 0,20% por hora (WARRIS, 1982).

Períodos de jejum muito prolongados devem ser evitados, pois em suínos foi observado um aumento na ocorrência de carne DFD pela diminuição da concentração do glicogênio muscular. O tempo de jejum muito curto resultou em maior frequência de carnes PSE pela grande disponibilidade de glicogênio.

Khöler e Freitas (2005) avaliaram dois tratamentos de 3 e 9 h de descanso e jejum no frigorífico, e indicaram que não houve alteração de modo significativo sobre a qualidade da carne suína, porém com 3h de descanso obteve-se como redução o estresse, escoriações de pele, hematomas e fraturas.

3.4 COMPOSIÇÃO DE ÁCIDOS GRAXOS E OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A oxidação lipídica é considerada uma das principais causas da perda de qualidade das carnes, por ser um processo de degradação que afeta diretamente a aceitabilidade.

A oxidação de lipídios ou rancidez é a deterioração mais importante que ocorre nesse tipo de produto e define a vida útil, na medida em que há geração de produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destruição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA *et al.*, 2005).

A rancidez inicia-se logo após a morte do animal e afeta a cor, sabor, textura e valor nutritivo das carnes (MORRISSEY *et al.*, 1998).

Os produtos primários como peróxido e hidroperóxido formados durante a oxidação lipídica, são instáveis e se decompõem em produtos secundários que variam conforme o tipo de ácido graxo (ARAÚJO, 2004). Como consequência compostos são liberados como alcanos, alcenos, aldeídos (malonaldeído, hexanal, hidroxihexanal, pentanal), cetonas, ácidos e álcoois. Em alimentos alguns desses produtos são voláteis e utilizados como indicadores da oxidação lipídica, principalmente o malonaldeído que é capaz de reagir com o ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) originando um pigmento vermelho que quando mensurado pode indicar os níveis de rancidez dos produtos (TARLADGIS *et al.*, 1964).

O metabolismo de lipídios pode ser alterado em função dos fatores estressantes a que são submetidos os animais antes do abate. Soares (2003) e Soares *et al.* (2003) constataram que a atividade da enzima fosfolipase A₂ (PLA₂) foi aumentada nas carnes de frango com PSE. A PLA₂ é uma enzima lipolítica dependente de Ca²⁺ que catalisou a hidrólise da posição sn-2 dos glicerofosfolipídios das membranas das células, liberando ácido araquidônico (20:4 n-6) e lisofosfolipídios (MURAKAMI e KUDO, 2002).

Soares *et al.* (2005) apresentaram (Figura 3) uma possível explicação entre a relação do desenvolvimento da oxidação lipídica e carnes PSE.

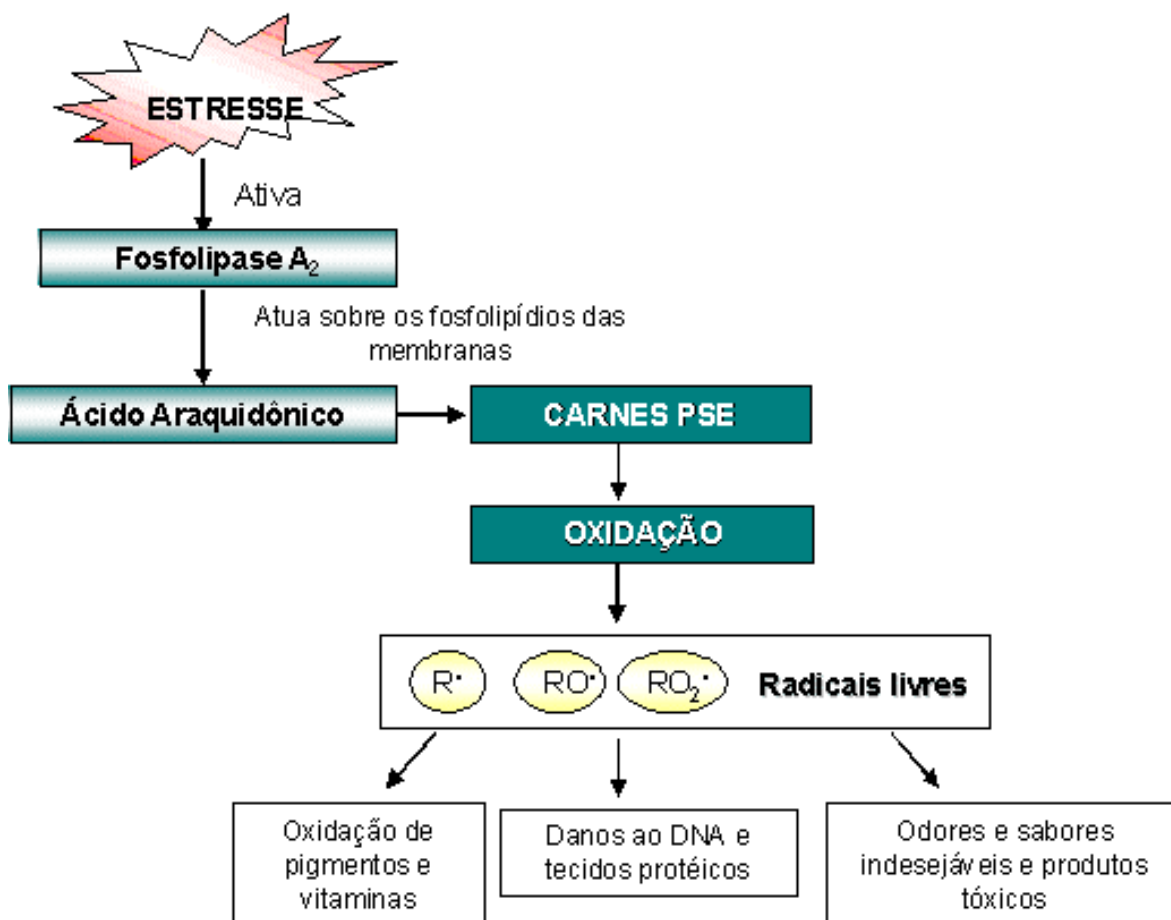


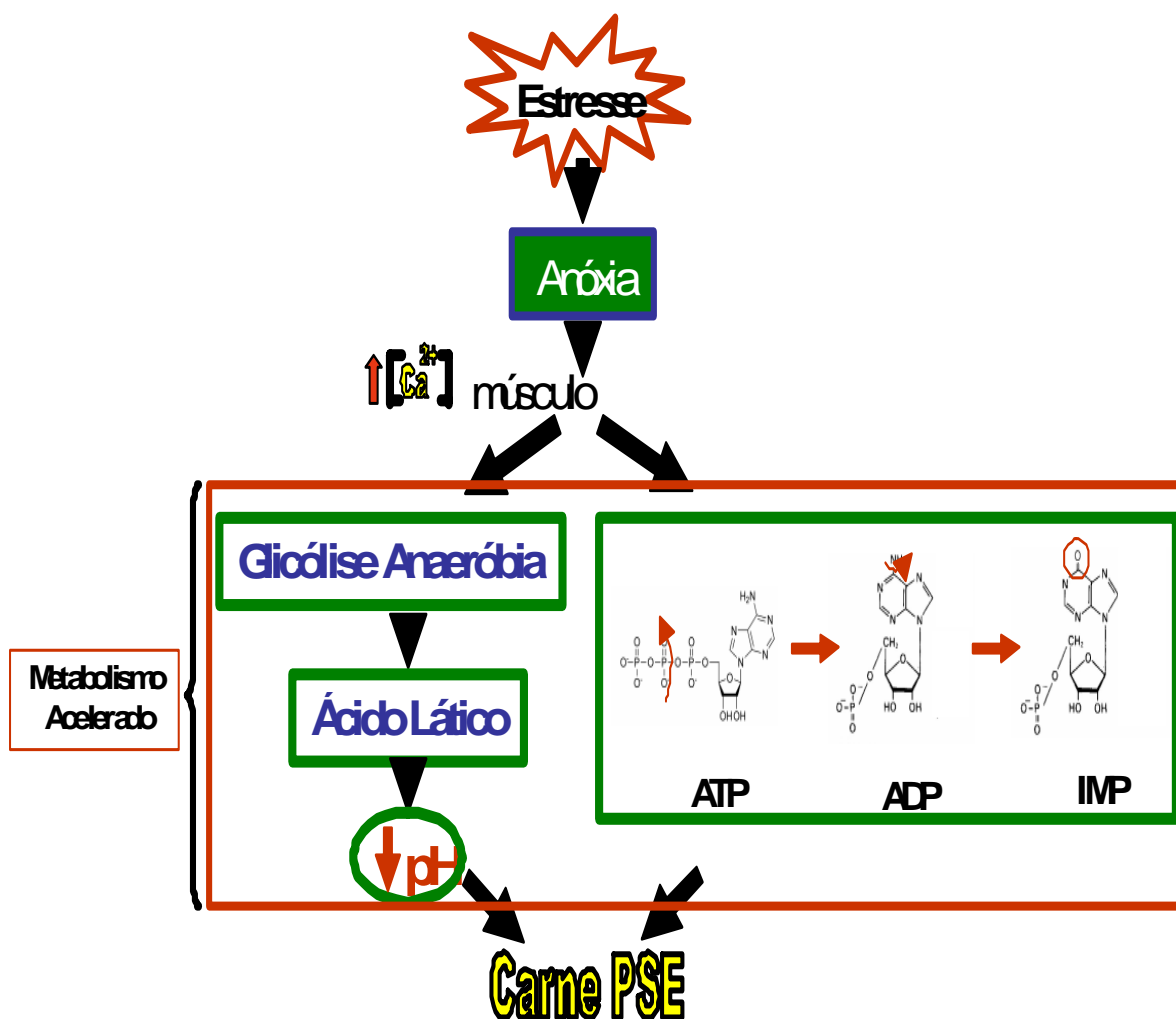
Figura 3 – Provável relação entre desenvolvimento da oxidação lipídica e carnes PSE (SOARES *et al.*, 2005).

Nürnberg *et al.* (2002) investigaram as alterações no metabolismo de lipídios de suínos susceptíveis à HM através da medida do perfil de ácidos graxos. Observaram uma maior concentração de ácidos graxos polinsaturados n-6, na qual faz parte o ácido araquidônico, no músculo *Longissimus* de animais hipertérmico quando comparados com animais resistentes. Constataram também, uma taxa de oxidação lipídica elevada na carne dos animais afetados. A medida do perfil de ácidos graxos, principalmente a concentração do ácido araquidônico permitiu verificar alterações do metabolismo de lipídios devido à ação da PLA₂.

3.5 VALOR DE R

O valor de R representa a razão entre monofosfato de inosina (IMP) e trifosfato de adenosina (ATP) e avalia o consumo de ATP no momento do abate.

As carnes PSE e DFD apresentaram alterações nos níveis dos nucleotídeos adenosina e inosina. A depleção de ATP (adenosina trifosfato) foi a causa do início do *rigor mortis*, após a morte do animal o ATP foi rapidamente convertido em ADP (adenosina difosfato) e subsequentemente em AMP (adenosina monofosfato) e IMP (inosina monofosfato). Nas carnes PSE e DFD a quebra dos nucleotídeos de adenosina em IMP ocorreu mais rapidamente do que em carnes normais conforme proposto por Soares *et al.* (2007) (Figura 4). Portanto, músculos PSE e DFD apresentaram baixos níveis de ATP e altos níveis de IMP, enquanto que elevada concentração de ATP e baixa de IMP foram observadas para músculos normais (BATLE *et al.*, 2000).



Em situação de estresse, há maior liberação de Ca^{2+} promovendo aceleração metabólica do músculo, acarretando em queda brusca do valor de pH, proporcionando assim carnes PSE. Ao mesmo tempo, acontece a quebra do ATP em ADP e este finalmente em IMP e a quantidade destes componentes do nucleotídeo pode variar de acordo com as condições de carnes PSE, DFD e normal (SOARES *et al.*, 2007).

Figura 4 – Situação de stress e formação de IMP

3.6 ULTRA-ESTRUTURA DA CARNE

Existem fatores que influenciam diretamente o *rigor mortis* e afetam a ultra-estrutura da carne tais como espécie, genética, manejo pré- e pós-abate e fisiologia do animal. A figura 5 apresenta as características de um músculo com relação a sua ultra-estrutura conforme Judge *et al.* (1989). As miofibrilas são estruturas que apresentam um diâmetro de 1 a 2 μm e correm longitudinalmente a fibra muscular. São constituídas por uma unidade estrutural denominada sarcômero,

as quais possuem diversas proteínas, onde irá ocorrer o processo de amaciamento após o abate. Possui um arranjo ordenado de pontos denominados de miofilamentos (filamentos grossos e finos), o qual foi possível identificar a unidade funcional do músculo como o sarcômero que é definido como a distância entre dois discos Z.

No sarcômero estão distribuídos os filamentos grossos cujo componente principal é a miosina e os filamentos delgados que são constituídos pelas proteínas actina, tropomiosina, troponinas, beta e gama actininas. No disco Z estão alocadas outras proteínas como euactinina, desmina, filamina, vimetina e sinemina. Na banda I está a nebulina e espalhada por todo o sarcômero encontra-se a titana, associadas aos filamentos delgados e grossos, respectivamente (SWARTZ, 1994). A Figura 6 apresenta a estrutura do sarcômero e suas proteínas, conforme ilustrado por Shimokomaki *et al.* (2006). A função destas proteínas musculares é manter a integridade estrutural das miofibrilas (PRICE, 1991). A sua degradação irá causar um enfraquecimento da miofibrila e conseqüentemente o amaciamento da carne (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006).

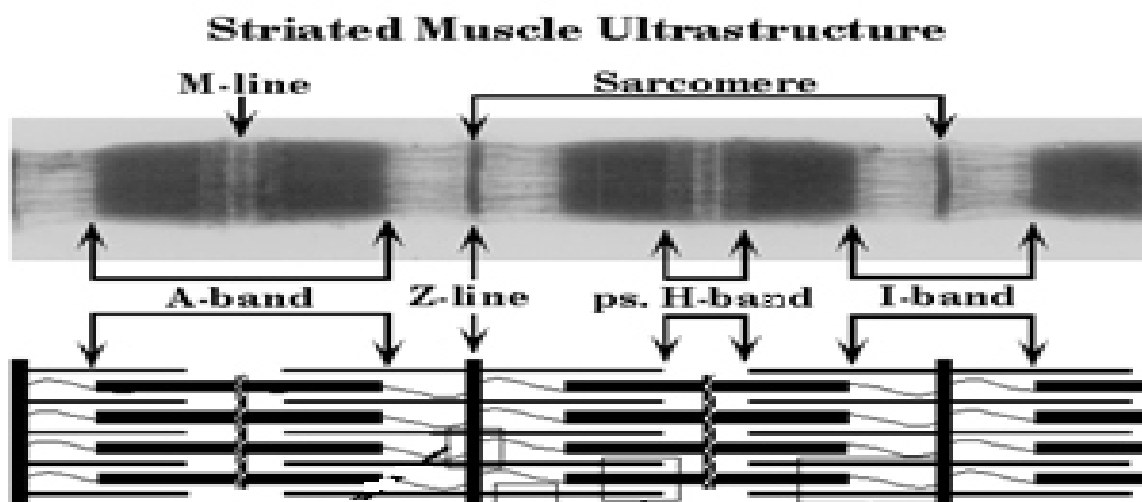


Figura 5 – Ultra-estrutura muscular (JUDGE *et al.*, 1989)

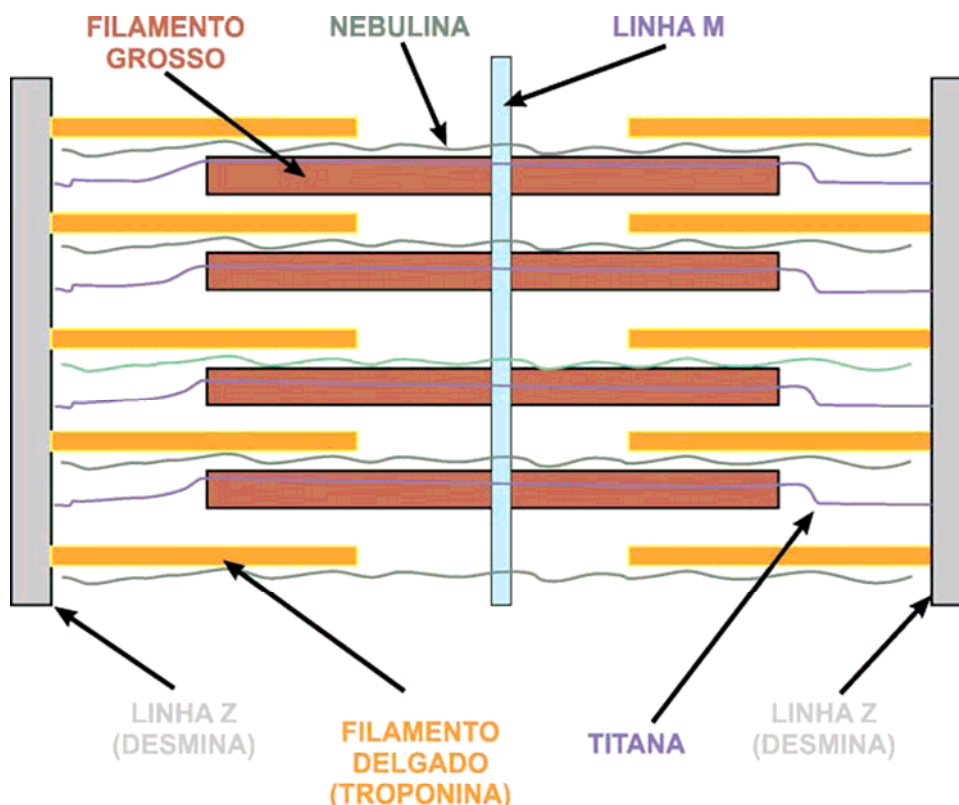


Figura 6 - Estrutura do sarcômero e suas proteínas (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006)

As mudanças ocorridas no processo de amaciamento foram resultantes da proteólise, onde proteases localizadas dentro da célula muscular ou no citosol contribuíram potencialmente para o amaciamento (JIANG, 1998). O sistema calpaínas atuam sobre certas proteínas na disco Z, tais como, desmina, filamina, nebulina e em menor extensão a titana e requerem íons cálcio (Ca^{2+}) para a sua atividade. As calpaínas degradam o disco Z, atuando sobre a desmina, filamentos grossos sobre a titana e finalmente sobre os filamentos delgados digerindo a nebulina e a troponina T e conduz ao enfraquecimento do sarcômero (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006).

No Brasil em 2006 a produção de carne suína foi de 2,825 milhões de toneladas e ocupou a posição de 4º maior produtor mundial. Desta produção 81% foram consumidos no mercado interno, sendo 30% *in natura* e 71% industrializada, e os 19% restante foram para o mercado internacional. E considerando que as carnes PSE e DFD apresentaram grandes perdas e limitações de utilização para indústria processadora, este trabalho foi desenvolvido para apresentar a incidência do fenômeno PSE e DFD e contribuir com a sua caracterização que foi conduzido em uma indústria processadora de carne suína nacional de grande porte.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATÉRIA PRIMA E CLASSIFICAÇÃO DOS LOMBOS EM PSE, DFD E NORMAL

Foram utilizados como matéria-prima 946 lombos (músculo *Longissimus dorsi*), provenientes de suínos da linhagem Dalland, machos castrados e fêmeas, de um Frigorífico da Região Sul de grande representatividade no setor que abate aproximadamente 3000 suínos por dia. O experimento foi realizado no verão em fevereiro de 2006, no período de uma semana. Os suínos foram abatidos com peso médio de 90kg através do processo convencional com insensibilização elétrica (300 V e 1A), sangria (com os animais erguidos), escaldagem em água a 59,4°C, evisceração e toailete final. As carcaças permaneceram por 24h em câmara frigorífica a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e o músculo *Longissimus dorsi* foi removido para as análises de pH e cor para classificar e investigar a incidência de carnes PSE, DFD e Normal na carne suína.

4.2 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DOS LOMBOS PSE, DFD E NORMAL

Após a classificação das carnes em PSE, DFD e Normal pela análise de pH e cor, foram coletados 36 lombos, sendo 12 PSE, 12 DFD e 12 Normal, codificados com numeração aleatória de três dígitos e embalados em sacos plásticos e congelados a -18°C . Em seguida, foram transportados para o laboratório onde permaneceram congelados (-18°C) até a realização das seguintes análises: perda de peso por cozimento (PPC), maciez, índice de fragmentação miofibrilar (IFM), lipídios totais, oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos. Para determinação do Valor de R 5g de amostras foram mantidas em ácido perclórico 1M e congeladas a -18°C . Para análise de microscopia os lombos PSE, DFD e Normal foram coletados no frigorífico, conforme descrito no item 4.2.11.

4.2.1 Medida de pH_{24h}

As medidas de pH_{24h} foram mensuradas em duplicata, utilizando potenciômetro de contato Sentron 1001 diretamente na parte dorsal do músculo *Longissimus dorsi*.

4.2.2 Medida de Cor

As medidas de cor foram realizadas tomando-se três pontos diferentes de leitura para cada amostra. A medida de cor foi analisada nas mesmas amostras da determinação de pH. Foi utilizado o colorímetro Gardner 45/0, com esfera de integração e ângulo de visão de 10° e iluminante D65. Os valores de luminosidade L*, a* (componente vermelho-verde) b* (componente amarelo-azul) foram expressos conforme o sistema de cor CIELAB.

4.2.3 Classificação das Amostras em PSE e DFD

O valor de L* foi utilizado como parâmetro para classificação dos lombos em DFD, PSE e Normal conforme recomendações de Warris e Brown (1987) e Channon *et al.* (2000). Os lombos com valores de L*_{24h} > 53 foram classificados como PSE, com L*_{24h} < 45 como DFD e com valores intermediários $45 \leq L^*_{24h} \leq 53$ como Normal.

4.2.4 Medida do Valor de R

O valor de R representa a razão entre monofosfato de inosina (IMP) e trifosfato de adenosina (ATP) e avalia o consumo de ATP no momento do abate e

a determinação foi realizada segundo metodologia de Honikel e Fischer (1977). Neste procedimento foram coletados aproximadamente 5g de lombo suíno resfriado, colocados em potes plásticos e adicionado 20 mL de ácido perclórico 1M até realização da análise.

Uma alíquota de 2 g de amostra livre de tecido conjuntivo e gordura foram homogeneizados com 20 mL de ácido perclórico 1M em Ultra Turrax por 30 s, na proporção de 1:10 em p/v. A seguir, foi centrifugado por 5 min a 3000g e o sobrenadante foi filtrado em papel de filtro comum. Uma alíquota de 0,1 mL do sobrenadante foi diluída em 4,9 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 7,0. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 250 nm (IMP) e 260 nm (ATP). O tampão fosfato foi utilizado como branco. O valor de R foi expresso como a razão entre absorbância a 250 nm e 260 nm.

4.2.5 Medida da Perda de Peso por Cozimento (PPC)

Para realização da PPC as amostras foram descongeladas sob refrigeração, cortadas em porções de 2cm e embaladas em saco plástico hermeticamente fechado. Estas foram pesadas e logo após foram cozidas em banho-maria a 85°C até atingir a temperatura interna de 78°C. Após o cozimento a água exsudada pela amostra foi desprezada e pesou-se novamente. O resultado foi expresso em % de água perdida, considerando o peso inicial e final da amostra.

4.2.6 Medida da Maciez

Para análise de textura, as amostras foram descongeladas sob refrigeração por 24 h. Para medida de maciez das amostras *in natura* foram utilizadas amostras descongeladas. Para determinação da maciez das amostras cozidas, foram utilizadas as mesmas amostras da PPC.

A maciez das amostras *in natura* e cozida foram mensuradas por meio de força de cisalhamento, utilizando Texturômetro Universal TATX-2i, equipado com lâmina Warner Bratzler.

As amostras foram cortadas nas dimensões de 1×1×2cm (altura × largura × comprimento), no sentido longitudinal das fibras musculares. As amostras foram cortadas com lâmina de Warner Bratzler no sentido transversal da fibra muscular. Os resultados obtidos foram expressos como força máxima em Newton(N) necessária para o corte das amostras.

4.2.7 Medida do Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM)

A extração, determinação de proteína solúvel e medida do IFM foram realizadas de acordo com o método descrito por Culler *et al.* (1978), conforme segue.

4.2.7.1 Extração

A extração foi conduzida em triplicata. Amostras de 4g de lombo congelado livre de gordura e tecido conectivo foram colocadas em um becker de plástico, adicionados 20mL de solução tampão IFM, contendo 100mM KCl, 20mM de tampão fosfato (pH7,0), 1mM de EDTA, 1mM de MgCl₂ e 1 mM de azida sódica e homogeneizado por 30s em um homogeneizador tipo Ultra Turrax. Após 30s a homogeneização foi repetida por mais 30s. O homogenato foi transferido para tubos de centrífuga refrigerada e centrifugados por 15 min a 2°C e 10000rpm. O sobrenadante foi filtrado e reservado. O decantado foi ressuspensão com 20 mL de tampão de IFM e centrifugado novamente por 15 min a 2°C e 10000rpm. Os sobrenadantes obtidos foram filtrados e o decantado foi ressuspensão com 10 mL de tampão IFM e filtrado novamente. Assim, os três sobrenadantes foram combinados para determinação do teor de proteína solúvel.

4.2.7.2 Determinação de Proteína Solúvel

A determinação de proteína solúvel em duplicata foi realizada conforme o método de Biureto utilizando uma curva padrão de albumina sérica bovina nas concentrações de 0; 0,5 ; 1,0; 1,5 ; 2,0 e 2,5 mg/mL. Em um tubo de ensaio colocou-se 1mL da amostra. Em seguida, foi adicionado em todos os tubos de ensaio 4 mL de reagente de Biureto. As absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 540nm e o teor de proteína solúvel foi calculada para estabelecer o teor de proteína para medida do IFM.

4.2.7.3 Medida do IFM

A medida do IFM em triplicata foi realizada em tubos de vidros contendo quantidades apropriadas de suspensão, solução tampão e reagente de Biureto para obter um total de 8 mL de solução com 0,5mg de proteína/mL. No branco foi adicionado 4 mL de reagente de Biureto e 4 mL de solução tampão IFM, homogeneizados em vórtex. As absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 540nm. O valor do IFM foi expresso como a absorvância multiplicada por 200.

4.2.8 Determinação de Lipídios Totais

A extração de lipídios foi realizada segundo Bligh e Dyer (1959). Neste procedimento, 30g de amostra foram pesadas em um Bequer de 250mL e adicionados na seqüência 60mL de clorofórmio e 30mL de metanol, mais 30mL de clorofórmio e 30mL de água destilada e agitado vigorosamente por 10 min. A mistura foi filtrada à vácuo em um funil de Buchner com papel de filtro Whatman nº1.

O filtrado foi colocado num funil de separação e adicionado uma solução de NaCl 0,9% equivalente a 1/5 do volume do filtrado ou aproximadamente

30mL. Após a separação espontânea das fases, a fase inferior contendo clorofórmio e lipídios foi recolhida no balão de 250mL previamente pesado. Em seguida, foi evaporado no rotavapor com banho a 34-36°C. Após a evaporação do solvente o balão foi pesado. Os lipídios totais foram calculados por diferença de peso inicial e final do balão e os resultados expressos em porcentagem (%).

4.2.9 Medida da Oxidação Lipídica

A oxidação lipídica foi analisada utilizando-se o método do ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), descrito por Tarladgis *et al.* (1964) e modificado por Crackel *et al.* (1988). O método consistiu em determinar espectrofotometricamente a formação do complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles do ácido 2-tiobarbitúrico com um mol de malonaldeído e outras substâncias que reagirem com o TBA.

Foram utilizadas 15g de amostra, em triplicata, homogeneizada e acrescida de 98mL de água e 2,5mL de HCL 4 N e duas gotas de antiespumante (8 partes de Span 80 mais 1,3 partes de Tween 20) em um erlenmeyer de 500mL com algumas pérolas de vidro. Em seguida, a mistura foi destilada por 10 min e recolhido cerca de 50mL em um erlenmeyer. Uma alíquota de 5mL do destilado foi colocado em um tubo de ensaio com tampa rosqueável. Foram adicionados 5 mL de TBA e colocados em banho-maria fervente por 35 min, resfriados a temperatura ambiente. A leitura foi realizada em espectrofotômetro com comprimento de onda de 530nm. Uma curva padrão foi elaborada utilizando-se solução padrão de 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP). O resultado foi expresso em mg de TBARS/kg de amostra.

A exatidão do método foi verificado pela medida de recuperação do padrão adicionado à amostra comparando com leitura. A % de recuperação foi expressa como:

$$\% R = \frac{abs(TEP + amostra)}{abs(TEP) + abs(amostra)} \times 100$$

4.2.10 Determinação da Composição de Ácidos Graxos

A determinação da composição do teor de ácidos graxos das amostras PSE, DFD e Normal foi feita conforme o seguinte procedimento:

A extração de lipídios foi realizada segundo Bligh e Dyer (1959), e descrito no item 4.2.8.

A transesterificação dos lipídios foi realizada conforme método 5509 da ISO (1978). Aproximadamente 0,200g de lipídios extraídos, foram transferidos para um tubo de 10mL com tampa de rosca. Foram adicionados 2mL de n-heptano e agitado até a completa dissolução. Foram adicionados 2mL de KOH 2M e agitados vigorosamente até obtenção de uma solução turva. As fases foram separadas espontaneamente, e a fase superior contendo n-heptano e ésteres metílicos de ácidos graxos foi recolhida num frasco e adicionado o nitrogênio e fechado hermeticamente. Os frascos foram armazenados no congelador (-18°C) até a análise e, realizada por cromatografia gasosa na Universidade Estadual de Maringá.

Os ésteres de ácidos graxos foram separados e quantificados utilizando o cromatógrafo gasoso Variam CP3380, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida CP-7420, (coluna capilar de dimensão 100 m × 0,25 mm × 0,39 μm). A temperatura da coluna foi programada utilizando 165°C por 18 min, 180°C (30°C/min) por 22 min e 240°C (15°C/min) por 20 min, utilizando uma pressão de 40 psi. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 220°C e 245°C, respectivamente. Os fluxos dos gases foram de 1,2mL/min para o gás de arraste (H₂); 30mL/min para o gás auxiliar (N₂) e 300 mL/min para os gases da chama (H₂ e ar sintético), respectivamente. A razão de divisão da amostra (split) foi de 1/80. A identificação dos ácidos graxos foi feita comparando os tempos de retenção relativos dos picos das amostras com padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (Sigma). As áreas de picos foram determinadas pelo CG-300 integrador (CG Instruments, Brasil). O teor de ácidos graxos foram expressos como porcentagens de áreas normalizadas.

4.2.11 Microscopia Eletrônica dos Lombos Suínos

Após a classificação dos lombos suínos em PSE, DFD e Normal pela análise de pH e cor, amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram cortados seguindo o eixo longitudinal da fibra e fixados em solução gelada (4°C) de glutaraldeído a 2% tamponada com cacodilato de sódio 0,14M pH 7,4 contendo sacarose a 180mM. Em seguida, as amostras foram lavadas em tampão cacodilato 0,1M a pH 7,2, lavadas em ósmio-cacodilato (um volume de tetróxido de ósmio a 2% em água destilada 0,1 M a pH 7,2 mais sacarose na concentração de 10,56 g por 100ml) e permaneceram nesta solução por mais duas horas na temperatura de 4°C, sofrendo agitação contínua por rotação. Logo após foram lavadas rapidamente em solução de cloreto de sódio a 0,9% com sacarose na concentração de 504 g por litro. Em seguida os fragmentos foram colocados por 24 h em solução de acetato de uranila a 0,5% em água destilada com sacarose na concentração de 10,56 g por 100 ml a 4°C. A seguir as peças foram desidratadas em uma série de soluções de etanol com concentrações crescentes, seguindo-se de duas passagens em óxido de propileno puro por 20 min cada. Posteriormente realizou-se a infiltração com óxido de propileno mais resina em partes iguais por 12 h, seguidas por uma passagem em resina pura por 1 h a 37°C e incluídas em resina Spurr (SEM, Hatfiel, Philadelphia, USA) em moldes de silicone por 2 dias. Após a polimerização os blocos foram cortados em ultramicrótomo Porter Blum MT-2, com obtenção de cortes de 0,5 µm de espessura corados com mistura de azul de metileno 1% e azur II 1% em solução de bórax 1% e observados ao microscópio óptico. Após a seleção da região de interesse, foram levados ao ultramicrótomo e obtidos cortes de 70 nm, colhidos em telas de cobre de 200 malhas e contrastados pelo acetato de uranila a 2% em água destilada por 1h, seguindo-se coloração por citrato de chumbo a 0,5% em água destilada por 30 minutos após lavagem. O exame dos cortes ultrafinos e as eletronicografias foram feitos no microscópio eletrônico JEOL 100CX II do Departamento de Biologia Celular e do Desenvolvimento do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo.

4.2.12 Análise Estatística

O programa STATISTICA for *Windows* versão 6.0 foi utilizado para as análises dos resultados.

Os lombos suínos foram classificados com base no valor de L^* em PSE, DFD e Normal e o teste de médias Tukey foi utilizado para comparar as diferenças significativas entre os três tipos de lombo com relação às medidas de pH, cor, valor de R, perda de peso por cozimento (PPC), maciez, índice de fragmentação miofibrilar (IFM), lipídios totais, oxidação lipídica e teor ácidos graxos.

O teste de coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a correlação entre as variáveis pH, L^* e b^* .

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 INCIDÊNCIA DE PSE E DFD NA CARNE SUÍNA

Após análise de pH e cor dos lombos suínos (*Longissimus dorsi*) as 946 amostras foram classificadas em PSE, DFD e Normal.

Assim, foi construído o histograma (Figura 7) de distribuição do valor de L^*_{24h} dos lombos suínos. A distribuição da frequência com relação ao valor de L^*_{24h} de 946 lombos suínos está expressa como uma curva tipicamente normal com variação ampla de luminosidade de muito clara (40), média (50) e muito escura (62).

O histograma de distribuição do pH_{24h} de 946 lombos suínos está apresentado na Figura 8. Observa-se também uma curva de distribuição tipicamente normal com valores de pH de 5,3, 5,5 até 6,0.

Assim, presença destas 946 amostras de lombos suínos nos dois extremos de valor de L^*_{24h} associada ao valor de pH_{24h} , sugere o aparecimento de carnes DFD e PSE.

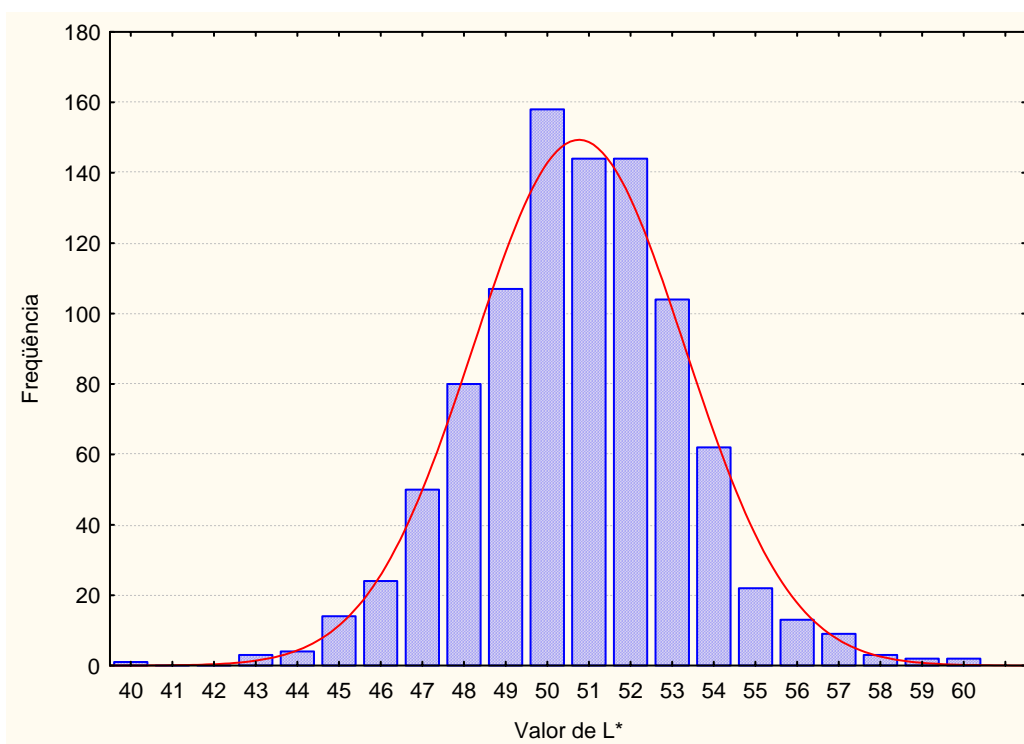


Figura 7 – Histograma de distribuição do valor de L^*_{24h} de lombos suínos (n=946)

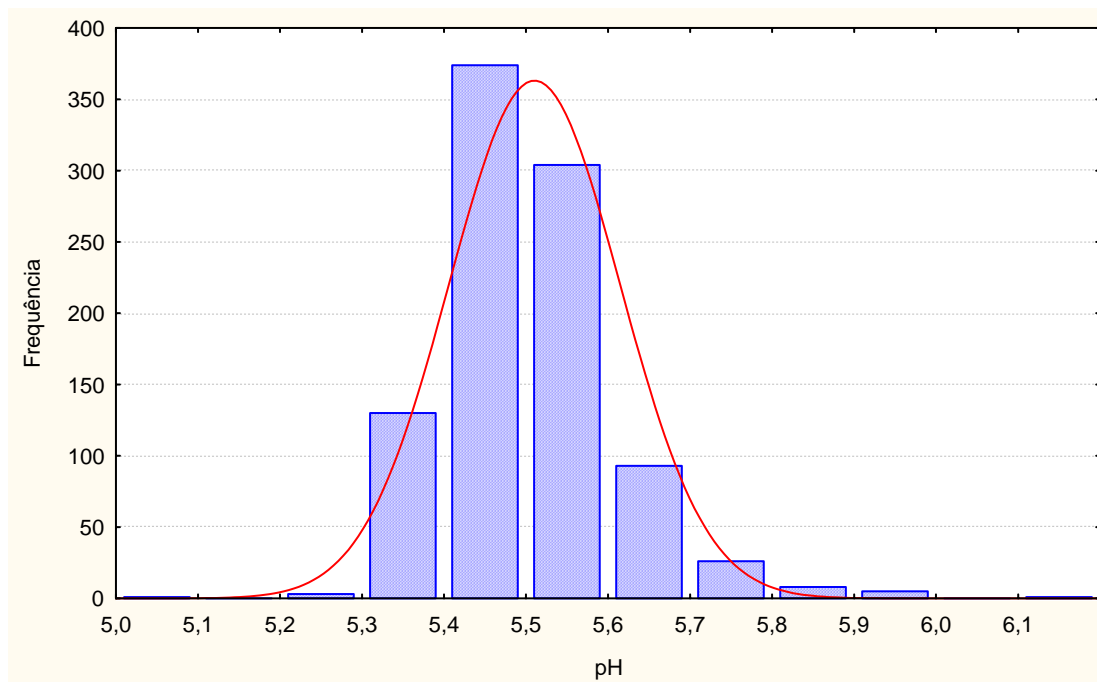


Figura 8 – Histograma de distribuição do valor de pH_{24h} de lombos suínos (n=946)

Com base nos valores de L* de 946 lombos suínos, a incidência de PSE e DFD foi estimada em 22,83% e 1,06%, respectivamente (Figura 9). Os lombos classificados como PSE, DFD e Normal estão ilustrados na Figura 10. Resultados diferentes foram relatados por Andrade *et al.* (1993) que encontraram uma frequência de carcaças com PSE de 17,2% e DFD de 13,4% na região Oeste do Estado do Paraná e Culau *et al.* (1994), identificaram uma frequência de carcaças com 30,69% de PSE no Estado do Rio Grande do Sul. Murray e Johnsons (1998) detectaram no Canadá em lombos suínos com aproximadamente 13% de PSE. Entretanto, Cassens (2000) relatou nos EUA que apesar do PSE em suínos já ser identificado há muito tempo, esta incidência praticamente não foi alterada, uma vez que em 1963 foi de 18% e em 1992 cerca de 16%.

Assim, com esta incidência, em 2006 a produção brasileira de carne suína foi de 33,71 milhões de cabeças, e que cada lombo PSE perdeu aproximadamente 1,5% de exsudato segundo Oda *et al.*, 2003, pode-se estimar o prejuízo econômico de R\$ 5,7 milhões. Portanto é necessário melhorar as condições ambientais de manejo, pré-abate e conforto animal, realizando um acompanhamento na cadeia produtiva desses animais com, a finalidade de se obter um padrão de

manejo e assim estabelecer procedimentos sistemáticos para sua implementação que levem a diminuição destas perdas.

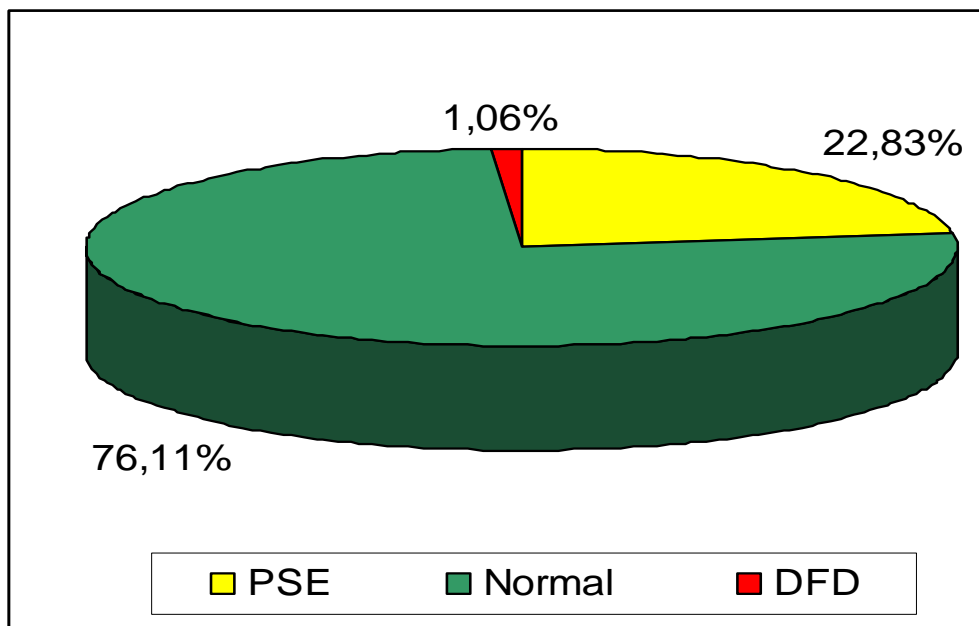


Figura 9 – Incidência de PSE e DFD em lombos suínos (n=946)

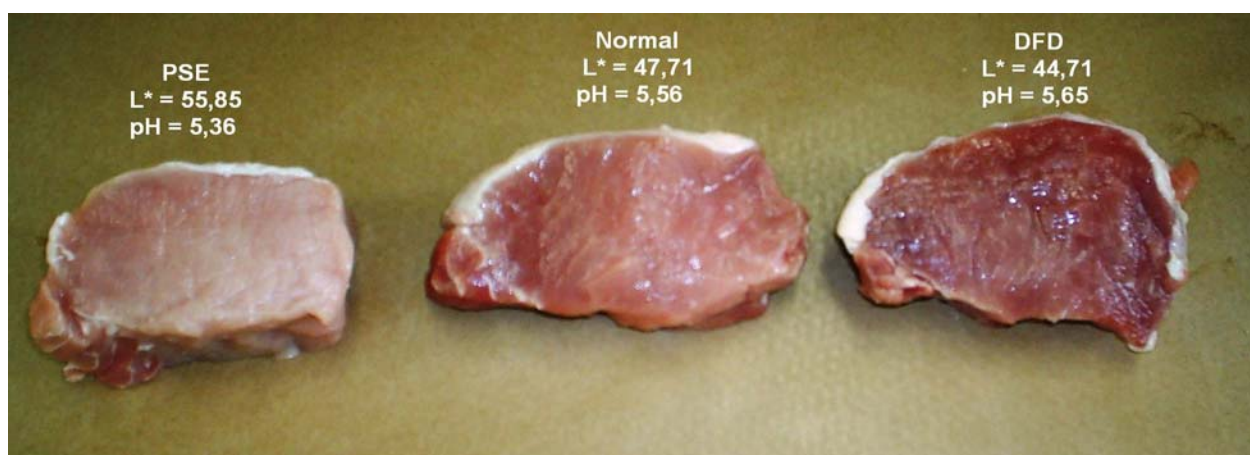


Figura 10 – Lombos suínos classificados como PSE, DFD e Normal com base no valor de L^*_{24h}

A Tabela 1 apresenta os valores de pH, L^* , a^* e b^* 24 h *post mortem* de lombos suínos classificados como PSE, DFD e Normal. O valor de pH entre as amostras PSE, DFD e Normal diferiram significativamente entre si ($p \leq 0,05$). Como previsto, o maior valor de pH foi observado para os lombos DFD e o

menor para os PSE. Resultados similares também foram obtidos por vários pesquisadores (CHANNON *et al.* 2000; JENSEN e BARTON-GADE; 1985; LEACH *et al.*, 1996). O valor de a^*_{24h} (vermelho) não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre as amostras de lombo com PSE, DFD e Normal, enquanto que para o componente b^*_{24h} (amarelo) o maior valor foi observado para os lombos PSE, seguidos pelo Normal e DFD.

Tabela 1 – Valores de pH, L^* , a^* e b^* 24 h *post mortem* dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

	pH	L^*	a^*	b^*
PSE (n=216)	5,46 ^c ±0,10	54,43 ^a ±0,46	1,15 ^a ±0,76	8,48 ^a ±0,88
DFD (n=10)	5,80 ^a ±0,16	43,95 ^c ±0,34	1,17 ^a ±0,74	6,37 ^c ±0,63
Normal (n=720)	5,52 ^b ±0,10	50,34 ^b ±0,77	1,34 ^a ±1,23	7,93 ^b ±0,97

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

A correlação entre os valores de L^*_{24h} e pH_{24h} (Figura 11) e dos valores de b^* e L^*_{24h} (Figura 12) dos lombos suínos, músculo *Longissimus dorsi* foram investigados. Uma correlação negativa significativa foi encontrada ($R = -0,46$, $p \leq 0,05$) entre o valor de L^*_{24h} e pH_{24h} , indicando que quanto menor o valor de pH maior a luminosidade, ou seja, o lombo foi mais pálido e vice-versa (Figura 11). O valor de b^*_{24h} correlacionou-se positivamente com o valor de L^*_{24h} e foi significativo ($R = 0,43$, $p \leq 0,05$), ou seja, baixo valor de L^*_{24h} foi associado com menor valor de b^*_{24h} , indicando que lombos mais pálidos foram também mais amarelos (Figura 12). Esses resultados foram similares aos descritos por Leach *et al.* (1996) que reportaram que as carnes PSE apresentaram maior valor de L^* e b^* do que as carnes Normais.

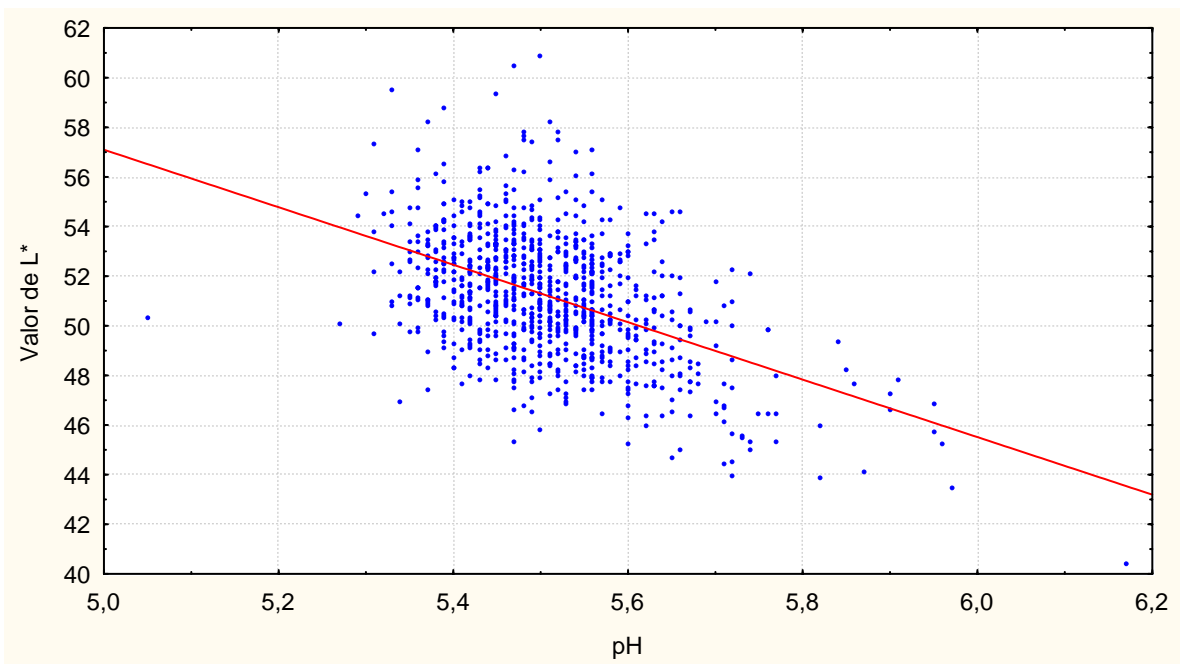


Figura 11 – Correlação entre os valores de L^*_{24h} e pH_{24h} de lombos suínos ($n=946$) ($R= -0,46$, $p \leq 0,05$)

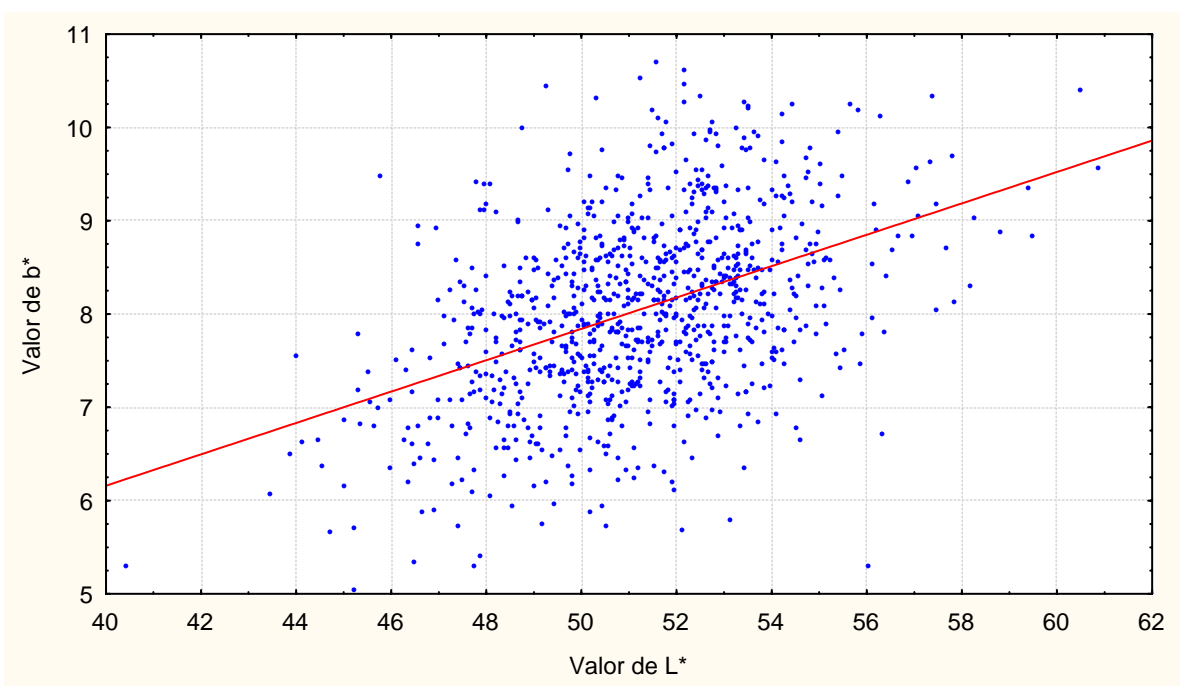


Figura 12 – Correlação entre os valores de b^* e L^*_{24h} de lombos suínos ($n=946$) ($R= 0,43$, $p \leq 0,05$)

5.2 CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA E AVALIAÇÃO DA ULTRAESTRUTURA DOS LOMBOS PSE, DFD E NORMAL

5.2.1 VALORES DE $\text{pH}_{24\text{h}}$ DOS LOMBOS SUÍNOS

Valores de $\text{pH}_{24\text{h}}$ *post mortem* de lombos suínos classificados como PSE, DFD e Normal estão apresentados na Tabela 2.

O valor de pH entre amostras PSE e Normal não diferiram significativamente entre si, porém, diferiram com a amostra DFD. Segundo Honikel e Kim (1986), a principal causa do desenvolvimento da condição PSE foi a decomposição acelerada do glicogênio após o abate que ocasionou a redução do pH muscular e geralmente inferior a 5,8. Porém, em carnes suínas DFD, Felício (1986) e Pardi *et al.* (1993) descreveram que os fatores associados ao pré abate acarretaram o consumo das reservas de glicogênio, ausência de reversão de ácido láctico muscular e lentidão da glicólise que reduziu o pH ligeiramente nas primeiras horas e estabilizou ao final em pH superior a 6,0.

Estes resultados foram comparados com outros autores que verificaram que os carreadores do gene halotano (Halnn) apresentaram valores de pH menor (5,36), seguidos pelos heterozigotos (HalNn) com pH 5,94 e animais não carreadores do gene halotano (HalNN) com pH 6,22 (JENSEN e BARTON-GADE, 1985; LEACH *et al.*, 1996; CHANNON *et al.*, 2000). Assim, evidencia-se nesta investigação, o aparecimento de carnes tipicamente PSE, DFD e Normal.

Tabela 2 – Valores de $\text{pH}_{24\text{h}}$ *post mortem* dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

Lombos suínos	pH
PSE (n=12)	5,62 ^b ± 0,12
DFD (n=12)	5,96 ^a ± 0,12
Normal (n= 12)	5,69 ^b ± 0,10

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.2.2 Cor dos Lombos Suínos

Medidas de cor dos lombos suínos PSE, DFD e Normal foram realizadas com intuito de classificar e caracterizar o aspecto visual da carne que estão diretamente relacionados com a aceitação e qualidade.

A Tabela 3 apresenta os valores de L^* , a^* , b^* e razão a^*/b^*_{24h} *post mortem* de lombos suínos classificados como PSE, DFD e Normal. A média dos valores de L^* para o músculo *Longissimus dorsi* com PSE, DFD e Normal foram significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) entre si, e o maior valor foi encontrado para lombos PSE ($L^* = 57,88$), intermediários para lombos normais ($L^* = 49,19$) e o menor valor para lombos DFD ($L^* = 43,42$).

O estudo realizado por Sencic *et al.* (2002), comprovaram que animais oriundos de cruzamentos com *Pietrain* apresentaram maior produção de carne magra. Entretanto, estes animais apresentaram deterioração da qualidade da carne, devido a alterações nos valores de pH e cor.

A variação dos valores de L^* do músculo *Longissimus dorsi* (Tabela3) indicou a presença de carnes classificadas como PSE, DFD e Normal. Estes resultados indicaram que a carne PSE apresentou um efeito negativo no incremento da luminosidade (L^*), contribuindo para uma coloração mais clara ($L^* = 57,88$), que não é desejável para o consumidor sob o ponto de vista de aparência da carne.

Os suínos carregadores do gene halotano apresentaram propensão de produção de carnes PSE com valores de L^* maior do que animais livres do gene halotano (LEACH *et al.*, 1996 e ANGERAMI, 2004), e no presente estudo estes resultados também foram observados. Os valores de L^* apresentados nesta investigação das amostras com PSE, DFD e Normal estão de acordo com Fisher *et al.* (2000), Leach *et al.* (1996) e Murray *et al.* (1989), que confirmaram que o aumento na dispersão da luz foi associado com a carne PSE, que segundo Fisher *et al.* (2000) foi devido à ocorrência da desnaturação protéica.

O valor de a^*_{24h} (vermelho) não diferiu significativamente ($p > 0,05$) entre amostras de lombo com PSE, DFD e Normal (Tabela 3). Entretanto, o componente b^*_{24h} (amarelo) não diferiu entre as carnes PSE e Normal e foram diferentes para carnes DFD. Esses resultados confirmaram que carnes PSE

apresentaram colorações mais amareladas, que também foram observados na Figura 12.

A razão da medida de cor a^*/b^* indica a intensidade da coloração vermelho e amarelo. A razão a^*/b^* foi significativamente menor ($p \leq 0,05$) para o lombo suíno *Longissimus dorsi* PSE, quando comparado com as carnes Normais e DFD (Tabela 3). Desta forma, quanto maior a razão maior a proporção de oximioglobina e quanto menor, maior a proporção de metamioglobina. Portanto, o músculo *Longissimus dorsi* PSE, apresentou maior teor de metamioglobina do que as carnes Normais e DFD. A metamioglobina segundo Cornforth (1994) é a forma oxidada do pigmento, no qual o átomo central de ferro da mioglobina está no estado férrico (Fe^{3+}) e apresenta a coloração marrom indesejada (CORNFORTH, 1994).

O melhoramento genético com finalidade de aumentar a produção de carne magra alterou a taxa de crescimento muscular, devido ao aumento do número de fibras musculares e da proliferação de células satélites (ROSENVOLD *et al.*, 2003). Entretanto, este melhoramento genético resultou em uma carne significativamente mais luminosa e menos vermelha e com conteúdo de pigmento menor em relação às linhagens do ano de 1976. Barton-Gade (1990) também observou que o conteúdo de pigmento do músculo *Longissimus dorsi* diminuiu entre início e final dos anos 80 na Dinamarca.

Tabela 3 – Valores de L^* , a^* , b^* e razão a^*/b^* 24h *post mortem* para os lombos suínos PSE, DFD e Normal

Amostras	L^*	a^*	b^*	Razão a^*/b^*
PSE (n=12)	57,88 ^a ±2,54	8,40 ^a ±2,48	6,44 ^a ±1,70	1,31 ^c ±0,15
DFD (n=12)	43,42 ^c ±1,32	8,48 ^a ±1,88	3,57 ^b ±0,82	2,38 ^a ±0,19
Normal (n=12)	49,19 ^b ±1,45	10,16 ^a ±1,45	5,20 ^a ±1,23	2,03 ^b ±0,39

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Uma correlação negativa e significativa foi observada ($R = -0,75$, $p \leq 0,05$) entre o valor de L^*_{24h} e pH_{24h} do músculo *Longissimus dorsi* PSE, DFD e Normal (Figura 13) indicando que quanto menor o pH maior a luminosidade, ou seja, o lombo apresenta-se mais pálido e vice-versa.

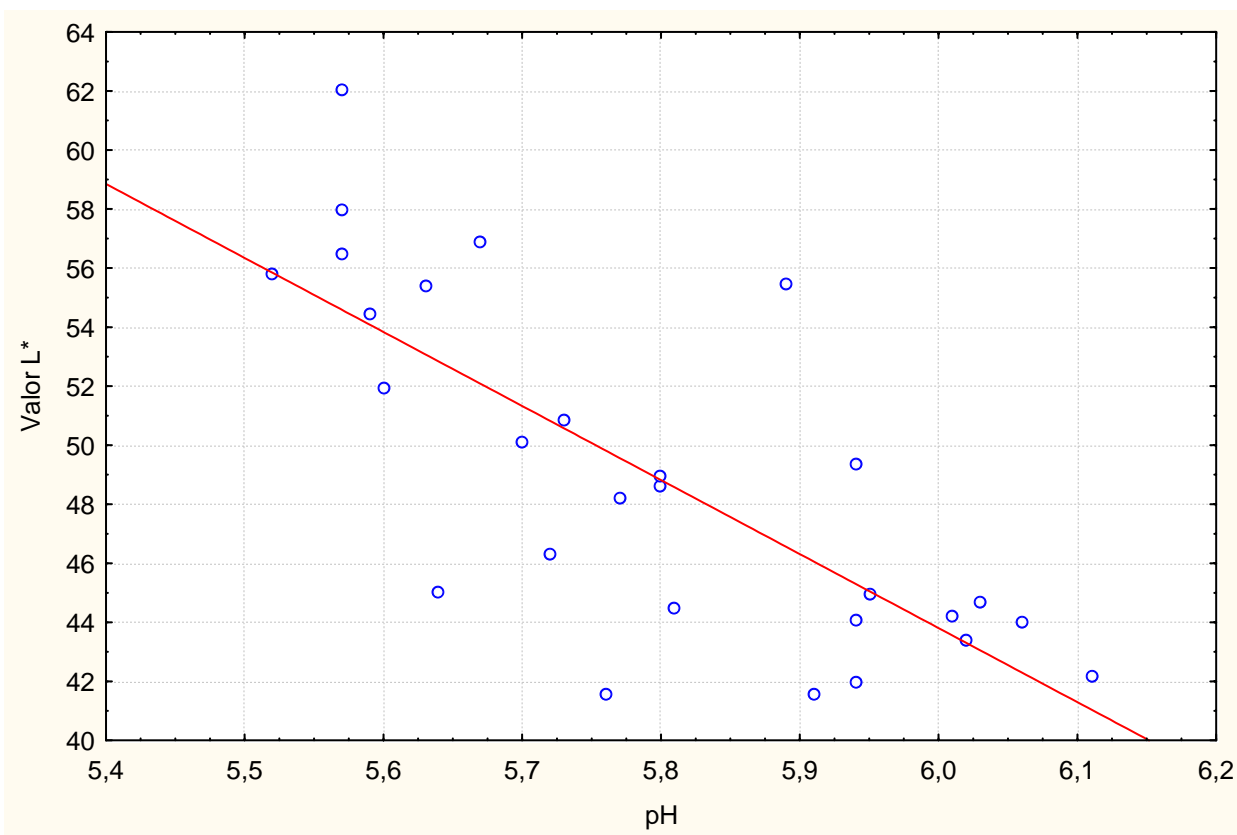


Figura13 – Correlação entre os valores de L^*_{24h} e pH_{24h} de lombos suínos (n=36) ($R= -0,75$, $p \leq 0,05$)

5.2.3 Avaliação do Valor de R dos Lombos Suínos

O valor de R representa a razão entre o monofosfato de inosina (IMP) e trifosfato de adenosina (ATP) e avalia o consumo de ATP no momento do abate. O maior Valor de R indica maior proporção de IMP em relação a ATP. Os lombos com valores de R abaixo de 1,05 têm predominância de ATP e com valores acima de 1,05 a quantidade de IMP é maior (HONIKEL e FISCHER, 1997).

A Tabela 4 apresenta os valores de R do músculo *Longissimus dorsi* classificado como PSE, DFD e Normal. As medidas do Valor de R para o músculo *Longissimus dorsi* PSE e Normal foram significativamente maior quando comparado com os lombos DFD.

Os resultados obtidos para o Valor de R foram similares aos encontrados por Batle *et al.* (2000), que verificaram valores de R maior em músculo *Longissimus dorsi* PSE suíno.

Os lombos PSE e Normal não diferiram significativamente, provavelmente devido a coleta de amostras com *rigor* já completado. Para carnes de aves os valores de R acima de 1,10 indicaram o estabelecimento do *rigor* (SAMS e MILLS, 1993).

Tabela 4 – Valor de R dos lombos suínos PSE, e DFD e Normal

Lombos suínos	Valor de R
PSE (n=12)	1,25 ^a ±0,05
DFD (n=12)	1,18 ^b ±0,04
NORMAL (n=12)	1,21 ^a ±0,05

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.2.4 Avaliação da Perda de Peso por Cozimento (PPC) dos Lombos Suínos

A medida da PPC de músculo *Longissimus dorsi*, classificadas como PSE, DFD e Normal está apresentada na Tabela 5. Observa-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para medidas de PPC entre os lombos PSE, DFD e Normal. Estes resultados estão de acordo com vários autores (Bridi *et al.*, 2003, Leach *et al.*, 1996 e Monin *et al.*, 1999), que não encontraram diferença significativa na PPC de animais susceptíveis ou não ao gene halotano. Entretanto, Fisher *et al.* (2000) e Culau *et al.* (2002) observaram que à medida que aumenta o número de alelos do gene halotano (n), a PPC foi maior.

Neste trabalho esperava-se que o lombo suíno PSE apresentasse um maior PPC, devido à desnaturação protéica provocada pela rápida queda do pH *post-mortem* conforme observado por Honikel & Kim (1986). Entretanto, devido o transporte dos lombos congelados para o laboratório e realização de análises posteriores, provavelmente ocorreu maior perda de exsudato nas amostras PSE, que não foi considerada, e não foi possível detectar diferenças significativas entre os

lombos na análise de PPC. Assim, medidas de PPC deveriam ser realizadas em amostras resfriadas logo após a desossa.

Tabela 5 – Perda de peso por cozimento (PPC) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal.

Lombos suínos	PPC (%)
PSE (n=12)	33,51 ^a ±5,22
DFD (n=12)	33,39 ^a ±2,72
NORMAL (n=12)	34,45 ^a ±1,72

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.2.5 Maciez dos Lombos Suínos

A textura é descrita pelos consumidores como uma das principais características da qualidade da carne, e é resultante de uma interação dinâmica de muitos fatores que podem ser divididos em inerentes (*ante-mortem*) e não inerentes (*post-mortem*) ao animal. Entre os fatores inerentes, tem-se a genética, fisiologia, alimentação e o manejo do animal e como fatores não inerentes o resfriamento, descongelamento e maturação (EMBRAPA, 1999).

Os resultados da medida da Força de Cisalhamento (FC) em Newton de músculos *Longissimus dorsi* PSE, DFD e Normal *in natura* e cozido estão apresentados na Tabela 6. Não foi encontrada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os lombos PSE, DFD e Normal *in natura* e cozido.

Resultados similares foram observados por Bridi *et al.* (2003), Leach *et al.* (1996) e Channon *et al.* (2000) onde amostras de animais carreadores ou não do alelo halotano, não apresentaram diferença significativa na FC do músculo *Longissimus dorsi*. Entretanto, Fisher *et al.* (2000) constataram que a carne proveniente de suínos carreadores do alelo halotano apresentou maior FC, e atribuíram este resultado a uma maior perda de água no cozimento.

O fato da FC dos lombos PSE e DFD não diferirem significativamente entre si, possivelmente foi devido a PPC das amostras que também não diferiram.

Tabela 6 – Força de cisalhamento (FC) em Newton(N) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal *in natura* e cozido.

Lombos suínos	FC (N) amostra <i>in natura</i>	FC (N) amostra cozida
PSE (n=12)	16,31 ^a ± 2,71	36,11 ^a ± 9,06
DFD (n=12)	14,73 ^a ± 4,44	48,41 ^a ± 13,61
NORMAL (n=12)	19,49 ^a ± 6,86	45,76 ^a ± 13,14

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.2.6 Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) dos Lombos Suínos

O método de medida de IFM tem sido amplamente adotado para a degradação do disco Z no músculo *post-mortem* (KRIESE, 2005). O IFM é uma medida da média do comprimento das miofibrilas e é significativamente relacionada com a maciez, miofibrilas mais curtas resultam em IFM mais elevado, e assim uma maciez maior (MOLLER *et al.*, 1973). O aumento no valor de IFM é devido à proteólise das proteínas miofibrilares do músculo *post-mortem*.

Os resultados do índice de fragmentação miofibrilar para o músculo *Longissimus dorsi* de suínos classificados como PSE, DFD e Normal estão apresentados na Tabela 7. Constata-se que o valor de IFM do lombo Normal não diferiu entre o lombo PSE ou DFD. Porém o IFM do lombo PSE e DFD diferiram entre si, com valor maior para o DFD (83,21).

O maior valor de IFM das carnes DFD, provavelmente foi devido ao maior valor de pH observado nestas amostras (pH= 5,96, Tabela 2). As calpaínas que atuam sobre certas proteínas do disco Z tais como desmina, filamina, nebulina, e em menor extensão a titana requerem íons cálcio (Ca²⁺) e apresentam pH ótimo de 6,6-6,8 (SHIMOKOMAKI *et al.*, 2006). As carnes DFD apresentaram pH mais próximo do valor ótimo da atividade da calpaína que favoreceu a degradação das miofibrilas e o amaciamento. Resultados semelhantes foram descritos por Toldra e Flores (2000) que descreveram maior atividade da calpaína em lombos suínos DFD.

Tabela 7 – Índice de Fragmentação Miofibrilar (IFM) dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

Lombos suínos	IFM
PSE (n=12)	76,04 ^b ±4,63
DFD (n=12)	83,21 ^a ±7,47
NORMAL (n=12)	79,75 ^{ab} ±13,14

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.2.7 Lipídios Totais dos Lombos Suínos

Os lipídios totais para o músculo *Longissimus dorsi* de suínos classificados como PSE, DFD e Normal estão apresentados na Tabela 8. O teor de lipídios totais do músculo *Longissimus dorsi* de suínos PSE foram significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) dos lombos DFD e ambos não diferiram do lombo Normal. Destaca-se que os lombos PSE apresentaram maior teor de lipídios totais, ou seja, de 4,23%. Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (2002) descreveram que os cortes suínos são 20 a 40% mais magros do que os tradicionais e quando retira-se a gordura externa são 40% mais magros.

Sinclair e O’dea (1987) descreveram que os novos cortes de carne suína apresentaram de 2,3 a 3,2 % de lipídios totais e os cortes tradicionais de 3,5 a 6,0%. Assim, verifica-se que os músculos *Longissimus dorsi* PSE apresentaram teor de lipídios totais similares aos cortes tradicionais, enquanto que o lombo Normal apresentou teor de lipídios totais similares aos novos cortes de carne suína. Entretanto, o teor de lipídios totais dos lombos com DFD foi inferior aos cortes de carne suína descrita por Sinclair e O’dea (1987).

Tabela 8 – Lipídios totais dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

Lombos suínos	Lipídios totais(%)
PSE (n=12)	4,23 ^a ± 2,01
DFD (n=12)	1,58 ^b ± 0,21
NORMAL (n=12)	3,27 ^{ab} ± 0,98

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.2.8 Oxidação Lipídica dos Lombos Suínos

A medida da oxidação lipídica foi avaliada por meio de quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Este método apresentou 85,5% de recuperação, indicando uma boa exatidão. A oxidação lipídica do músculo *Longissimus dorsi* de suínos classificados como PSE, Normal e DFD expressos como mg TBARS/kg amostra estão apresentados na Tabela 9.

Observa-se que os lombos PSE apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) na oxidação lipídica em relação aos lombos DFD e Normal. E a oxidação lipídica não diferiu significativamente entre os lombos DFD e Normal.

Os lombos PSE oxidaram 42% a mais do que os lombos normais e DFD. Uma maior oxidação para os lombos suínos PSE foi esperado devido o maior teor de lipídios totais destas amostras (Tabela 8). A maior oxidação da carne PSE pode ser explicada, possivelmente pelo fator do estresse que provocou a ativação da enzima fosfolipase A_2 e a sua elevada atividade seria o fator iniciante do surgimento de sintomas característicos das carnes PSE, ou seja, provenientes de animais que sofreram estresse térmico no pré-abate (SOARES *et al.*, 2003).

As carnes de suínos susceptíveis a HM, também apresentaram-se mais oxidadas com aumento no valor de TBARS e maior produção de pentano e dieno conjugados do que as carnes de suínos resistentes (DUTHIE *et al.*, 1992 e NÜRNBERG *et al.*, 2002)

Tabela 9 – Oxidação lipídica dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

Lombos suínos	Oxidação lipídica mg TBARS/kg amostra
PSE (n=12)	0,050 ^a ± 0,028
DFD (n=12)	0,019 ^b ± 0,005
NORMAL (n=12)	0,023 ^b ± 0,010

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O músculo *Longissimus dorsi* PSE apresentou menor razão a^*/b^* (Tabela 3), indicando maior proporção de metamioglobina. Segundo Rhee *et al.* (1996) existe uma relação entre a oxidação do pigmento, com interdependência

entre elas, onde a oxidação lipídica pode catalisar a oxidação de pigmento e vice-versa. A maior oxidação lipídica dos lombos PSE provavelmente conduziu uma oxidação de mioglobina com maior produção de metamioglobina.

5.2.9 Composição de Ácidos Graxos dos Lombos Suínos

O interesse pela composição dos ácidos graxos da carne suína PSE, DFD e Normal detém-se principalmente pela verificação da concentração dos ácidos graxos polinsaturados n-6, na qual faz parte o ácido araquidônico. A enzima fosfolipase A₂ que apresenta maior atividade nesses lombos e atuou sobre os fosfolipídios das membranas celulares, liberou o ácido araquidônico e lisofosfolipídios (MURAKAMI e KUDO, 2002). Os resultados da composição de ácidos graxos totais para o músculo *Longissimus dorsi* de suínos classificados como PSE, DFD e Normal estão apresentados na Tabela 10.

Não foi encontrada diferença significativa no teor de todos os ácidos graxos dos lombos PSE, DFD e Normal. Resultados similares foram descritos por Tor *et al.* (2001) com animais portadores de diferentes genótipos que não apresentaram diferença significativa para o teor de ácidos graxos.

Tabela 10 – Teor de ácidos graxos dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

Ácido Graxo	Nomenclatura Usual	PSE	DFD	Normal
14:0	Ácido Mirístico	1,274 ^a ± 0,076	1,323 ^a ± 0,065	1,349 ^a ± 0,158
16:0	Ácido Palmítico	23,709 ^a ± 1,467	24,263 ^a ± 1,204	23,893 ^a ± 0,934
16:1n-9	Ácido 7-hexadecenoico	0,271 ^a ± 0,080	0,249 ^a ± 0,030	0,243 ^a ± 0,030
16:1n-7	Ácido Palmitoléico	2,924 ^a ± 0,385	2,956 ^a ± 0,302	3,125 ^a ± 0,247
17:0	Ácido Margárico	0,173 ^a ± 0,053	0,176 ^a ± 0,035	0,177 ^a ± 0,025
17:1n-10	Ácido 7-heptadecenoico	0,160 ^a ± 0,056	0,180 ^a ± 0,026	0,170 ^a ± 0,046
18:0	Ácido Esteárico	11,104 ^a ± 1,954	11,517 ^a ± 0,976	10,422 ^a ± 1,173
18:1n-9	Ácido Oléico	43,601 ^a ± 1,264	45,155 ^a ± 1,464	44,101 ^a ± 2,329
18:1n-7	Ácido Vancênico	2,378 ^a ± 0,420	2,376 ^a ± 0,639	2,289 ^a ± 0,409
18:2n-6	Ácido Linoléico	11,575 ^a ± 2,719	9,107 ^a ± 2,254	11,201 ^a ± 2,643
18:3n-3	Ácido α-linolênico	0,478 ^a ± 0,099	0,403 ^a ± 0,085	0,464 ^a ± 0,100
20:1n-9	Ácido Gondóico	0,849 ^a ± 0,076	0,887 ^a ± 0,005	0,874 ^a ± 0,128
20:3n-6	Ácido di-homo-γ-linolênico	0,478 ^a ± 0,069	0,447 ^a ± 0,085	0,496 ^a ± 0,067
20:2n-3		0,103 ^a ± 0,032	0,093 ^a ± 0,022	0,105 ^a ± 0,017
20:4n-6	Ácido Araquidônico	0,526 ^a ± 0,096	0,429 ^a ± 0,088	0,586 ^a ± 0,116
22:4n-6	Ácido Adrênico	0,134 ^a ± 0,040	0,131 ^a ± 0,037	0,154 ^a ± 0,038

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, para cada ácido graxo analisado, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

O teor (Tabela 11) de ácidos graxos monoinsaturados, saturados, polinsaturados, ácidos graxos ômega 6 e 3 do músculo de suínos *Longissimus dorsi* PSE, DFD e Normal, não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 11 – Teor de ácidos graxos monoinsaturados, saturados, polinsaturados, ácidos graxos ômega 6 e 3 dos lombos suínos PSE, DFD e Normal

	PSE	DFD	Normal
AGS*	36,701 ^a ± 3,313	37,279 ^a ± 2,142	35,842 ^a ± 2,151
AGMI**	50,184 ^a ± 1,184	51,803 ^a ± 1,816	50,805 ^a ± 2,378
AGPI***	13,555 ^a ± 3,122	10,918 ^a ± 2,116	13,357 ^a ± 2,921
n6	12,703 ^a ± 2,984	10,187 ^a ± 2,501	12,435 ^a ± 2,786
n3	0,683 ^a ± 0,175	0,539 ^a ± 0,132	0,734 ^a ± 0,278
AGPI/AGS	0,382 ^a ± 0,114	0,296 ^a ± 0,084	0,376 ^a ± 0,094
n6/n3	18,560 ± 0,708	18,887 ^a ± 0,062	16,941 ± 1,199

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, para cada ácido graxo analisado, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

*AGS - ácidos graxos saturados = 14:0 + 16:0 + 17:0 + 18:0

**AGMI – ácidos graxos monoinsaturados = 16:1n-9 + 16:1n-7 + 17:1n-10 + 18:1n-9 + 18:1n-7 + 20:1n-9

***AGPI – ácidos graxos polinsaturados = 18:2n-6 + 18:3n-3 + 20:3n-6 + 20:2n-3 + 20:4n-6 + 22:4n-6

A relação entre ômega 6/ ômega 3 para os músculos PSE, DFD e Normal foi ao redor de 18,13. As dietas ocidentais, segundo Simopoulos (1994) apresentaram uma relação de consumo de ácidos graxos ômega 6/ ômega 3 de 20-30:1. Entretanto, segundo Wood *et al.* (2003) a relação ideal do consumo desses ácidos graxos ômega 6/ ômega 3 deve ser igual ou menor que 4:1. Os resultados obtidos para a razão ômega 6/ ômega 3 foram inferiores aos descritos por Bragagnolo (2001) de 21.

5.2.10 Microscopia Eletrônica dos Lombos Suínos

As figuras 14 e 15 mostram uma eletromicrografia de seção longitudinal de fibras dos lombos suínos Normal e PSE, respectivamente. Na figura 14 observou-se uma ultra-estrutura típica do músculo *Longissimus dorsi* normal de suíno com disco Z definido e presença de bandas A escuras constituídas pelos filamentos grossos, bandas I claras, filamentos finos e linha M.

Com relação ao lombo suíno DFD na ultra-estrutura foi observado edema (dados não apresentados).

Na figura 15 observam-se modificações na estrutura do sarcômero como despolimerização das proteínas do sarcômero (seta 1) devido às condições fisiológicas do animal durante o estresse térmico a uma temperatura elevada e baixo valor do pH provocado pelo aumento da concentração dos íons Ca^{2+} . Nessas condições, houve uma maior exposição das proteínas disponibilizando-as para a ação das proteases que provocaram uma desfragmentação do disco Z (seta 2) com o início do surgimento de um colapso na sua ultra-estrutura (seta 3). As proteases, como as calpaínas degradam as proteínas desmina, filamina, nebulina, troponina T e titana, sendo que a maioria destas proteínas estão próximas do disco Z. Pode ser observado até visualmente que houve encolhimento do sarcômero com diminuição da banda I. Em uma comparação com as alterações nos filés PSE de frango (*Pectoralis major*) e de acordo com Guarnieri *et al.* (2004) que observou uma hipercontração do sarcômero, o aparecimento de lacunas ao longo do sarcômero e em alguns casos espessamento e desfragmentação do disco Z. Aparentemente, as alterações na ultraestrutura dos frangos foram mais drásticas do que nos suínos.

Uma possível explicação para a não ocorrência da hipercontração do sarcômero nos suínos está relacionada com a diferença entre o tipo e tamanho das fibras de ambos os animais. Em lombos suínos ocorre uma relativa maior proporção das fibras vermelhas que possuem uma velocidade de contração mais lenta (JUDGE *et al.*, 1989).

O fenômeno PSE em frangos e suínos ocorreram devido à rápida glicólise *post mortem* que levaram a diminuição do pH enquanto a carcaça ainda quente promoveu a desnaturação das proteínas. Assim a Figura 16 apresenta o provável mecanismo para a relação entre estresse pré-abate, alterações bioquímicas e na ultra-estrutura no desenvolvimento da carne suína PSE, confirmando a ocorrência do fenômeno PSE em suínos.

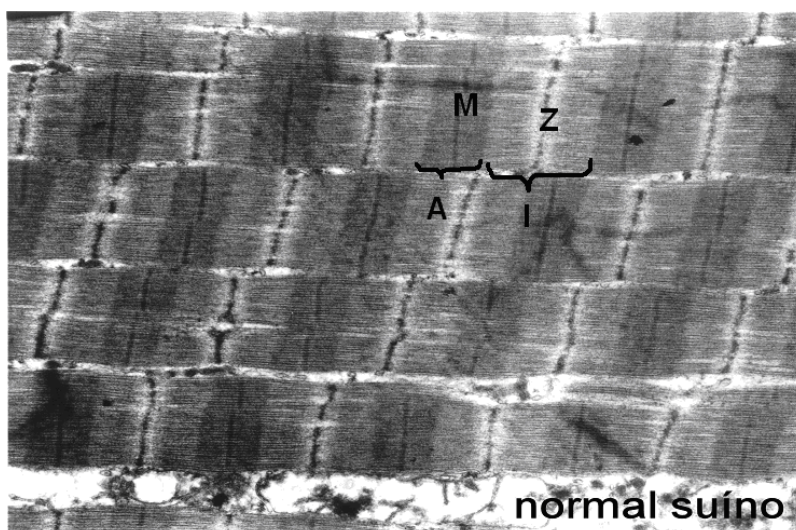


Figura 14 – Eletromicrografia de uma seção longitudinal do lombo suíno Normal. Aumento 12000 vezes. M = Linha M; Z = disco Z; A = Banda A; I = Banda I.

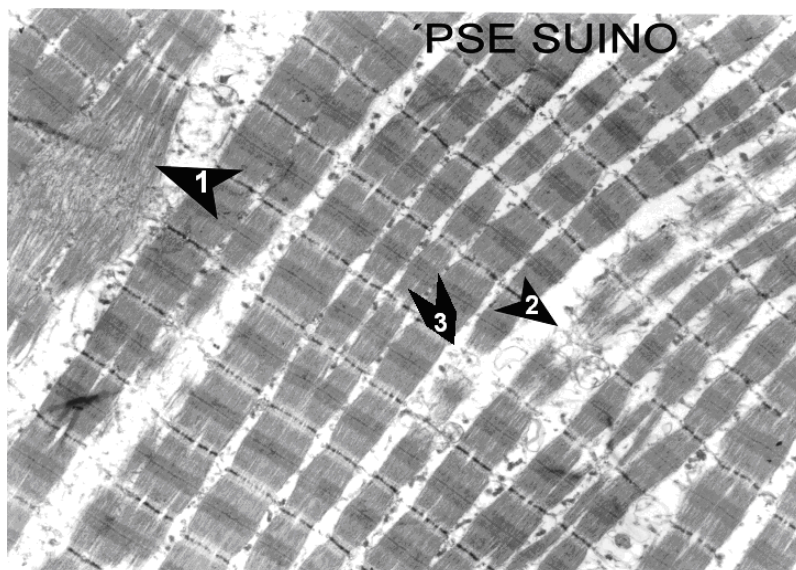


Figura 15 – Eletromicrografia de uma seção longitudinal do lombo suíno PSE. Aumento 6000 vezes.

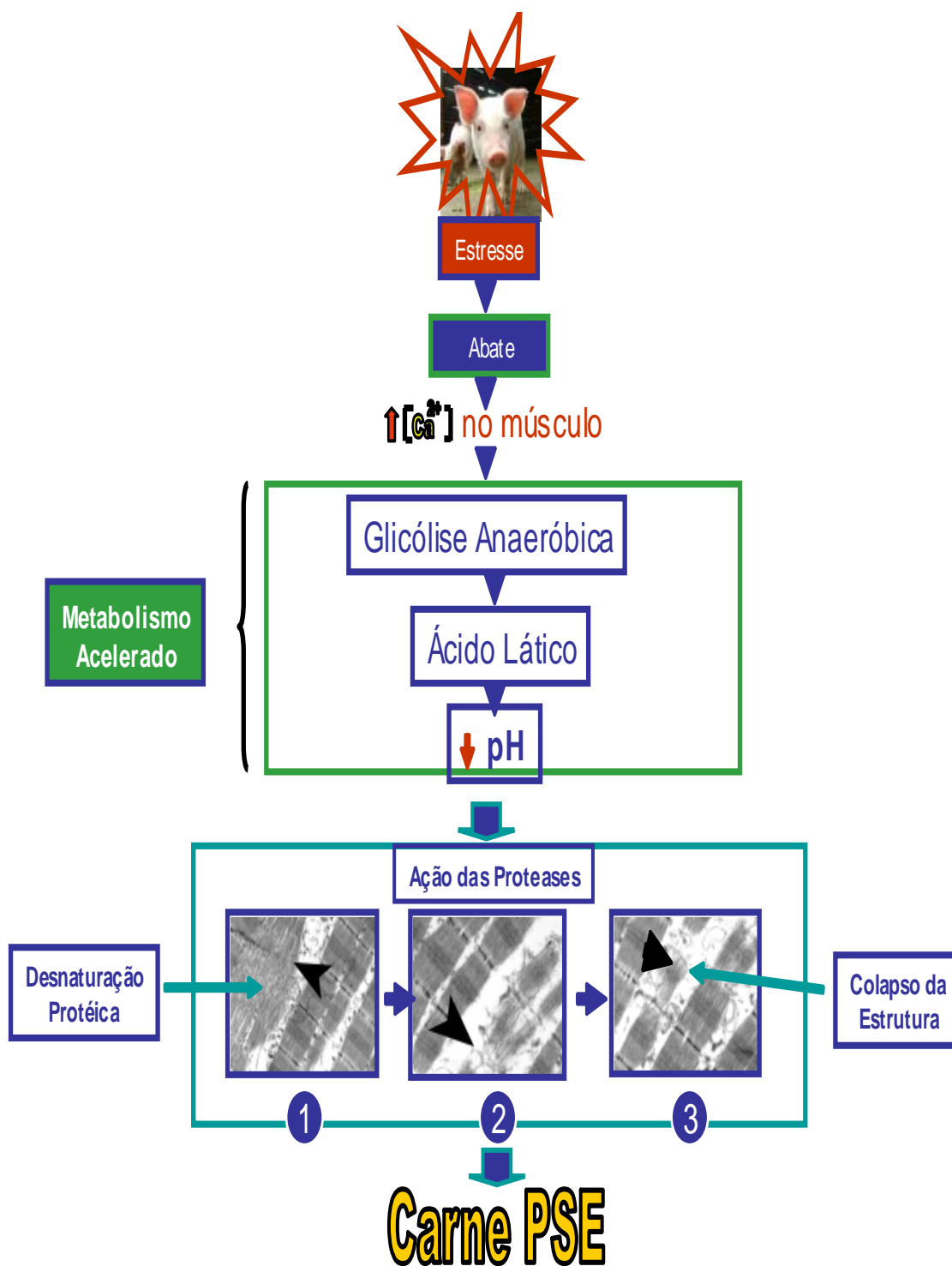


Figura 16 – Provável mecanismo para a relação entre estresse pré-abate, alterações bioquímicas e na ultra-estrutura no desenvolvimento da carne suína PSE. 1-Despolimerização das proteínas do sarcômero. 2-Atividade das proteases na região do disco Z. 3-Colapso do sarcômero.

6 CONCLUSÕES

A incidência de PSE, DFD e Normal de lombos suínos, músculo *Longissimus dorsi*, em uma linha comercial de abate foi de 22,83%, 1,06% e 76,11% respectivamente.

A correlação entre os valores de pH e cor dos lombos suínos PSE, DFD e Normal foi negativa.

A razão entre IMP e ATP, indicada pelo valor de R, foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) para os lombos PSE em relação ao DFD, não diferindo dos normais, com predominância de IMP.

A maciez dos lombos PSE, DFD e Normal não diferiram significativamente entre si pela medida de força de cisalhamento e o índice de fragmentação miofibrilar foi significativamente maior ($p \leq 0,05$) para o lombo DFD.

A oxidação lipídica dos lombos suínos PSE, foi 42% maior em relação ao Normal e DFD.

O perfil de ácidos graxos dos lombos suínos PSE, DFD e Normal não apresentou diferença significativa entre si.

Ocorreu na ultra-estrutura dos lombos suínos PSE a desorganização do sarcômero com despolimerização das proteínas do disco Z, ação das proteases e o colapso do sarcômero.

REFERÊNCIAS

ABCS – Associação Brasileira dos Criadores de Suínos. Disponível em: <http://www.abcs.com.br>. Acesso em 19 de junho de 2005.

ABIPECS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora da Carne Suína. Disponível em: <http://www.abipecs.com.br>. Acesso em 19 de março de 2007.

ANDRADE JUNIOR, R.; NICOLAIEWSKY, S.; OURIQUE, J. M. R.; CULAU, P. O. V.; BRESSAN, M. C. Análise de alguns fatores determinantes da qualidade da carne suína. Efeito da distância granja-frigorífico, tempo de descanso, sexo e peso vivo. In: Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 22, 1993, Curitiba. **Anais....** p.216.

ANGERAMI, C. N. Influência do genótipo, sexo, peso de abate na composição da carcaça e nas características de qualidade da carne suína. 2004. Dissertação (Mestrado)- Esalq. Piracicaba.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos**: teoria e prática. 3ed. Viçosa: UFV, 2004.

BARBUT, S. Problem of pale soft exsudative meat in broiler chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 38, n. 1, p. 355-358, 1997.

BARTON – GADE, P. The effect of pre – slaughter handling on meat quality of pigs. In: CRANWELL P.D. (Ed.) **Manipulating pig production**. Melbourne: Frankland, 1997. cap. 6, p. 100 – 123.

BARTON-GADE, P. A. Developments in the pre-slaughter treatment of slaughter animals. In: **European Meeting Meat Research Workers**, Madrid, p. 31-39, 1985.

BARTON–GADE, P. Danish experience in meat quality improvement. In: **WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION**, 4., Edinburgh, 1990. p 511 – 520.

BATLLE, N.; ARISTOY, M.C. e TOLDRÁ, F. Early *post mortem* detection of exudative pork meat based on nucleotide content. **Journal of Food Science**, v.65, n.3, 2000.

BENDALL, J. R.; SWATLAND, H. J. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, v. 24, p. 85-126, 1988.

BERTOL, T.M. *Estresse pré-abate: conseqüências para a sobrevivência e a qualidade da carne em suínos*, 2004. Disponível em <<http://www.cnpsa.embrapa.br>> . Acesso em: 23/07/2005.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry Physiology**, v.31, p.911-917, 1959.

BOWKER, B. C.; WYNVEEN, E. J.; GRANT, A. L.; GERRARD, D. E. Effects of electrical stimulation on early post mortem muscle pH and temperature declines in pigs from different genetic line and halothane genotypes. **Meat science**, v. 53, p. 125-133, 1999.

BRAGAGNOLO, N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. In: 2ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, Concórdia - SC, p. 393-402, 2001.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n. 1. Campinas, 2002.

BRASIL, MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. *Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos*. Portaria nº 711 de 01 de novembro de 1995. 251 p.

BRIDI, A. M.; RUBENSAM, J. M.; NICOLAIEWSKY, 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**, v.32, n.6, p. 1362-1370, 2003.

CANNON, J. E.; MORGAN, J. B.; SCHIMDT, G. R.; TATUM, J. D.; SOFOS, J. N.; SMITH, G. C.; DELMORE, R. J.; WILLIAMS, S. N. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 98-105, 1996.

CASSENS, R. G. Historical perspectives and current aspects of pork meat quality in the USA. **Food Chemistry**, v. 69, p. 357-363, 2000.

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

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Mitochondrial calcium transport and calcium-activated phospholipase in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 634, p. 70-84, 1981a.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M. Skeletal muscle mitochondrial phospholipase A2 and the interaction of mitochondrial and sarcoplasmic reticulum in porcine malignant hyperthermia. **Biochimica et Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 638, p40-49, 1981b.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; CROSLAND, A. R.; CASEY, J. C.; WEBB, A. J. Relationship between Ca²⁺ release, sarcoplasmic Ca²⁺, glycolysis and meat quality in halothane-sensitive and halothane-insensitive pigs. **Meat Science**, Barking, v. 10, n. 2, p. 117-130, 1984.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; KRAUSGRILL, P. I. Variations in meat quality in live halothane heterozygotes identified by biopsy samples of m. *Longissimus dorsi*. **Meat Science**, Barking. V. 39, p. 293-300, 1995.

CHEAH, K. S.; CHEAH, A. M.; LAHUCKY, R. ; MOSTO, J.; KOVAC, L. Prediction of meat quality in live pigs using stress-susceptible and stress resistant animals. **Meat Science**, Barking, v.34, p. 179-189,1993.

CORNFORTH, D. Color –its basis and importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. **Quality attributes and their measurement in meat poultry and fish products**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1994. p.34-78.

CRACKEL, R. L. *et al.* Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meats. **Food Chemistry**, v.28, p.187-196, 1988.

CULAU, P. O. V.; LÓPEZ, J.; RUBENSAM, J. M.; LOPES, R. F. F.; NICOLAIEWSKY, S. Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1-12. Viçosa, 2002.

CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S.; BRESSAN, M. C. Incidence of PSE in commercial pig carcasses in Rio Grande do Sul state, Brazil. **Boletim Técnico da Associação Sul Brasileira das Indústrias de Produtores de Suínos**, Porto alegre, 1994.

CULLER, R. D., PARRISH Jr. F.C., SMITH, G. C., CROSS. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical, and sensory characteristics of bovine *Longissimus* muscle. **Journal of Food Science**, 1978.

DUTHIE, G.G.; WAHLE, K.; HARRIS, C.I.; ARTHUR, J.R. Lipid peroxidation, antioxidant concentrations and fatty acid contents of muscle tissue from malignant hyperthermia-susceptible swine. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.296, p.592-296, 1992

EIKELENBOOM, G. & BOLINK, A. H. effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. **Meat Science**. V. 29, p. 25-30,1991.

EIKELENBOOM, G.; BOLINK, A. H. & SYBESMA, W. effect du jeûne avant le chargement sur la qualité et le rendement de carcasse des porcs. **Qualité de la Viande du Porc**. France, 1989.

ELAM, T. E. The world pork industry-rapid change and re-structuring implications for a global pork market. **Elanco Animal Health International Symposium**. Indianapolis, Indiana, EUA, 1997.

EMBRAPA. Curso Conhecendo a Carne que Você Consome. Campo Grande. **Qualidade de Carne Bovina**; Embrapa Gado de Corte, 1999. 25p.

FAUCITANO, L. Causes of skin damage to pig carcasses. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 81, p. 39 – 45, 2001.

FELÍCIO, P. E. O ABC do PSE/DFD. **Aliment. Tecnol.**, São Paulo, v.2, n. 10, p. 54-57, 1986.

FERNANDES, T. H.; SMITH, W. C.; ARMSTRONG, D. G. The administration of sugar solutions to pigs immediately prior to slaughter. Effect on carcass yield and some muscle and liver characteristics. **Animal Production**, v. 29, p. 213-221, 1979.

FISCHER, K. Qualitätsabwertungen bei Rindfleisch. **Kulmbacher Reihe Band**, v. 7, p. 235-268, 1987.

FISHER, P.; MELLETT, 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.

FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, v. 78, p. 1323-1327, 1999.

FUJII, I.; OTSU, K.; ZORZATO, F.; DELEON, S.; KHANNA, V. K.; WEILAR, J. E.; O'BRIEN, P. J.; MAC LENNAN, D. H. Identification of mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, Washington, v. 253, p. 448-451, 1991.

GIANNINI, G.; CONTI, A.; MAMMARELLA, S.; SCROBOGNA, M.; SORRENTINO, V. The ryanodine receptor, calcium. I. calcium channel genes are widely and differentially expressed in murine brain and peripheral tissues. **Journal of Cell Biological**, New York, v.128, p. 893-904, 1995.

GREGORY, N. G.; GRANDIN, T. Animal welfare and meat science. London. **CAB International**, p. 286, 1998.

GUARNIERI, P. D.; SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SCHNEIDER, J.; MACEDO, R. M. G.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Preslaughter handling with water shower spray inhibits PSE (*Pale, Soft, Exudative*) broiler breast meat in a commercial plant. Biochemical and ultrastructural observations. **Journal of Food Biochemistry**, v.28, n.4, 2004, p.269-277.

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

HONIKEL, K.O. & FISCHER, C.A. A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscle. **Journal of food Science**, v. 42, n. 7, p. 1663-1676, 1977.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), Method ISO 5509: Animal and vegetable fats and oils- preparation of methyl ésteres of fatty acids. 1978.

JENSEN, P.; BARTON-GADE, P. A. Performance and carcass characteristics of pigs with know genotypes for halothane susceptibility. In: COMISSION ON ANIMAL MANEGEMENT AND HEALTH AND COMISSION OF PIG PRODUCTION, Wageningen, 1985. **Procedings**. Wageningen, 1985, p. 80-93.

JIANG, S.T. Contribution of muscle proteinases to meat tenderization. **Procedings** of the National Science Councill, ROC. Part B: Life of Sciences, vol. 22, n. 3, p. 97-107, 1998.

JOO, T. S.; KAUFFMAN, G. R.; WARNER, D. R. ; BORGGAARD, C.; STEVENSON-BARRY, M. J.; LEE, S.; PARK, B. G.; KIM, C. B. Objectively predicting ultimate quality of post-rigor pork musculature: I. Initial comparison of techniques. **Asian Australian Journal of Animal sciences**, Suwon, v. 13, n. 1, p. 68-76, 2000.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORRESTE, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERKEL, R. A. Principles of Meat Science. 2ed. Iowa: Kendall/ Hunt Publishing Company, 1989. 351p.

KAUFFMAN, G. R.; CASSENS, R. G.; SCHERER, A.; MEEKE, D. L. Variations in pork quality. **National Pork Producers Council Publication**, p. 56, 1992.

KHÖLER, R. G.; FREITAS, R. J. S. Qualidade da carne suína após dois tempos de descanso no frigorífico. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 1, p. 89-94, 2005.

KRIESE, P. R. **Influência da Maturação Na Maciez de Peito de Frango Realizada Em Condições de Processamento Industrial**. 2005 Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 59p.

LARA, J. A. F.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE em suínos e aves. Uma abordagem comparativa. **Boletim SBCTA**. V. 37, p. 36-39, 2003.

LEACH, L. M.; ELLIS, M.; SUTTON, D. S. MCKKEIT, 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.

LUDTKE, C.B. ; NOGUEIRA, C.E.W.; COSTA, C.S. ; BESSA, L.R. ; ZOCHE, F. * ; CARRO, S.B.T.; ANTUNEZ, H.C.S.; KUHN, C.R.; MONKS, V.; DORNELLES, G.J.D. Bem-estar no manejo pré-bate e na qualidade da carne eqüina. Disponível em: <http://www.multitel.com.uy/congresoselis/suctal/trabajos/147.doc>. Acesso em 22/07/2004.

MAC LENNAN, D. H.; PHILLIPS, M. S. Malignant hyperthermia. **Science**, Washington, v. 256, p. 789-794, 1992.

MICKELSON, J. R.; LOUIS, C. F. Malignant hyperthermia: excitation-contraction coupling, Ca²⁺ release channel, and cell Ca²⁺ regulation defects. **Physiology Review**, Baltimore, v. 76, n. 2, p. 537-592, 1996.

MITCHELL, G.; HEFFRON, J. J. A. Porcine stress syndromes. **Advances in Food Research**, New York, V. 28, p. 167-230, 1982.

MITCHELL, M.A. Muscle Abnormalities: pathophysiological mechanisms (Capitulo 3). Disponível em <
<http://www.cabipublishing.org/bookshop/readingroom1085/1992374/12374ch03.pdf>>.
Acesso em 30 de julho de 2005.

MOLLER, A. J., VESTERGAARD, T., WISMER-PEDERSEN J. Myofibril fragmentation in bovine Longissimus dorsi as an index of tenderness. *Journal of Food Science*, 38:824, 1973.

MONIN, G.; LARZUL, C.; ROY, P.L.; CULIOLI, J. Effects of the halothane genotype and slaughter weight on texture of pork. **Journal Animal Science**, v.77, n.2, p. 408-415, 1999

MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K.; KERRY, J.; BUCKLEY, D.J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v.49, p.73S-86S, 1998.

MURAKAMI, M.; KUDO, I. Phospholipase A₂. **Journal of Biochemistry**, v.131, p.285-292, 2002.

MURRAY, A. C.; JONES, S. D. M.; SATHER, P. The effect of preslaughter feedrestriction and genotype for stress susceptibility on pork lean quality and composition. **Canadian Journal of Animal Science**, v.49, p.83, 1989.

MURRAY, A.C. and JOHNSON, C.P. 1998. Impact of the halothane gene on muscle quality and pre-slaughter deaths in Western Canadian pigs. *Can. Journal Animal Science*.78:543-548.

NIELSEN, N. J. The influence of pre-slaughter treatment on meat quality in pigs. **Danish Meat Research Institute**, 14p., 1977.

NÜRNBERG, K.; KÜCHENMEISTER, U.; JAKSTADT, M.; ENDER, K.; KUHN, G.; NÜRNBERG, G.; GRUNE, T. Compositional changes in muscle of malignant hyperthermia-susceptible pigs due to postmortem alterations in lipid peroxidation and protein peroxidation. **Journal of Food Compositions and Analysis**, v. 15, p.283-292, 2002.

ODA, S. H. I.; SCHENEIDER, J.; SOARES, A. L.; BARBOSA, D. M. L.; IDA, E. I.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. Detecção de cor em filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, v. 28, p. 30-34, 2003.

OLIVO, R.; SOARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food biochemistry**, Trumbull, v. 25, n. 4, p. 271-283, 2001.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v.28, n.4. São Paulo, 2005.

OURIQUE, M. J.; NICOLAIEWSKY, S. Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação da carne suína. **Revista 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*. V. 1. Niterói: EDUFF, 1993. 586 p.

PEARSON, A. M.; YOUNG, R. B. Muscle and Meat Biochemistry. **San Diego: Academic Press**, 457p., 1989.

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

PRICE, M. G. In "Advances in Structural Biology", vol. I., ed. by Melhorta, S. K. J. AI Press, Greenwich, CT, p. 175, 1991.

RHEE, K.S.; ANDERSON, L.M.; SAMS, A.R. Lipid oxidation potential of beef, chicken and pork. **Journal of Food Science**, v.61, n.1, p.8-12, 1996.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality: a review. **Meat Science**, v.64, p. 219-237, 2003.

SAMS, A.R.; MILLS, K.A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler *Pectoralis* to *rigor mortis* acceleration. **Poultry Science**, v.72, n.9, p.1789-1796, 1993.

SELLIER, P. Genetics of meat and carcass traits. In: Rolhschild, M.; Ruvinsky, A. The genetic of the pig. **CAB International**, p. 436-510, 1998.

SENCIC, D.; ANTUNOVIC, Z.; SPERANDA, M. Meatiness and meat quality in pigs crossed with Pietrain. **Stocarstvo**, v.56, p.191-196, 2002.

SHEARD, P. R.; ENSER, M.; WOOD, J. D.; NUTE, G. R.; GILL, B. P.; RICHARDISON, R. I. Shelf life and quality of pork products with raised n-3 PUFA. **Meat Science**, v.55, p. 213-221, 2000.

SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I.; KRIESE, P.R.; SOARES, A.L. Calpaínas e Calpastatinas. In: OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; TERRA, N.N.; FRANCO, B.G.M. **Atualidades em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela, 2006. p.185-194.

SIEGEL, H. S. Stress, strins and resistance. **British Poultry Science, Edinburgh**, v. 36, p. 312-329, 1995.

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**, 1996, Campinas. Anais.... Campinas: ITAL, p. 99-122, 1996.

SINCLAIR, A. J.; O'DEA, R. The lipid levels and fatty acid compositions of the lean portions of pork, chicken and rabbit meats. **Food Technologie Austrália**, v. 39, p. 232-233, 1987.

SOARES, A. L., SANTOS, T. N., MARCHI, D.OBA, A., IDA, E. I., SHIMOKOMAKI, M. Similaridade entre os sintomas da síndrome do estresse das aves, PTSS (*poultry stress syndrome*) e a do suíno PSS (*pork stress syndrome*) originando as carnes PSE (*pale, soft, exudative*) de frango. **Revista Nacional da Carne**, nº 361, março/2007.

SOARES, A., L.; IDA, E. I.; MIYAMOTO, S.; BLAZQUEZ, F. J. H.; OLIVO, R.; PINHEIRO, J.W.; SHIMOKOMAKI, M. Phospholipase A2 activity in poultry PSE, *Pale, Soft, Exudative*, **Journal of Food Biochemistry**, v. 27, n. 4, p. 309-319, 2003b.

SOARES, A.L. **PSE (*Pale, Soft, Exudative*) em frangos: implementação de parâmetro de cor e avaliação bioquímica e estrutural do filé (*Pectoralis major*)**. 2003. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 103p.

SOARES, A.L.; MARCHI, D.F.; OBA, A.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE (*Pale, Soft, Exudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dry*) em frangos e rancidez oxidativa. **Revista Nacional da Carne**, v. 30, n.344, p.138-140, 2005.

SWARTZ, D.R.; LIM, S-S; FASSEL, T.; GREASER, M.L. Mechanism of myofibril assembly. Annual Reciprocal Meat Conference, Proceedings, v.47, p.141-153,1994.

SWATLAND, H. J. Explaining the P in PSE. **Meat Focus Int.**, Wallingford, v.2, n. 8, p. 362-367, 1993.

TARLADGIS, B. G. *et al.* Chemistry of the 2-thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods II. Formation of the TBA-malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.5, p.602-604, 1964.

TERRA, N. N. Apontamentos de tecnologia de carnes. São Leopoldo. Ed UNISINOS, 216p, 1998.

TOLDRÁ, F.; FLORES, M. The use of muscle enzymes as predictor of pork meat quality. **Food Chemistry**, v.69, p.387-395, 2000.

TOR, M.; ESTANY, J. VILLALBA, D.;CUBILO, D.; TIBAU, J.; SOLER,J.; SANCHEZ,A.; NOGUEIRA, J. L. A within-breed comparison of RyR1 pig genotypes for performance, feeding behaviour, and carcass, meat and fat quality traits. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.118, p.417-427, 2001.

WARRIS, P. D. Ante mortem handling of pigs.In: COLE, D. J. A.; WISEMAN, J.; VRLEY, M. A. Principles of pig science.Loughborough: **Nottingham University Press**, p. 425-432, 1994.

WARRIS, P. D. New developments in he preslaughter handling of pigs. In: **Conferência Internacional Ciência e Tecnologia de Produção e industrialização de Suínos** 1995, Campinas. Anais.... Campinas: ITAL, p. 81-107, 1995

WARRIS, P. D. The relationship between pH₄₅ and drip in pig muscle. **Journal of Food Technology**, v. 17, p. 573-578, 1982.

WARRIS, P. D. The welfare of slaughter pigs during transport. **Animal Welfare**, v.7, p.365-381, 1998.

WARRIS, P. D.; BROWN, S. N. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. **Meat Science**, barking, v. 20, p. 65-74, 1987.

WARRIS, P.D. Nova Geração. **Revista Suinocultura Industrial**, n. 150, 2001.

WIRTH, F. Technologie der Verarbeitung von flaisc mit abweichender Beschaffenheit. **Fleischirwirtschaft**, v. 65, p. 998-1001, 1986.

WOOD, J. D. Effects of fatty acids on met quality: a review. **Meat science**, v. 63, p. 21-32, 2003.