UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

SIMONE RAYMUNDO DE OLIVEIRA

**Efeito da adição de ractopamina e da imunocastração na carne *in natura*
de suínos**

Pirassununga

2016

SIMONE RAYMUNDO DE OLIVEIRA

**Efeito da adição de ractopamina e da imunocastração na carne *in natura*
de suínos**

VERSÃO CORRIGIDA

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Ciências do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Júlio César de Carvalho Balieiro

Pirassununga

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Informação,
FZEA/USP, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Oliveira, Simone Raymundo de
O48e   Efeito da adição de ractopamina e da imunocastração na
             carne in natura de suínos / Simone Raymundo de
             Oliveira; orientador Prof. Dr. Júlio César de
             Carvalho Balieiro. -- Pirassununga, 2016.
             133 f.

             Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia)
             -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos,
             Universidade de São Paulo.

             1. β -agonista adrenérgico. 2. Capacidade retenção de água.
             3. Castração. 4. Eletroforese. 5. Maciez.
             I. Título. Balieiro, Prof. Dr. Júlio César de Carvalho
             Balieiro, oriente. II. Título

DEDICATÓRIA

Dedico a DEUS por tudo.

Aos meus pais Laerte (*in memoriam*) e Helena por me darem a maior prova de amor possível que foi a condição de estudar e, em especial, a minha mãe por não medir esforços para me apoiar.

Ao meu filho Gabriel que me faz acreditar que o impossível está ao alcance das mãos e, ao meu marido Roberto pelo carinho, cumplicidade, paciência e apoio.

Ao meu irmão Laerte, cunhada Andrea e sobrinha Luiza pelo incentivo.

A Júlio César de Carvalho Balieiro, muito mais que um orientador, pelos ensinamentos, convívio, apoio, incentivo e paciência.

A Agropecuária Bressiani, Granja Santo André e Frigorífico Frigodeliss (Capivari/ SP) por tornarem tudo isto possível. Em especial Matheus, Fábio e Rogério Bressiani e, Renato Fischer.

A Marcos Augusto Bisinella dos Santos pelo empenho em fazer dar certo.

A querida amiga e companheira desta jornada que é a vida, Neliane Ferraz Arruda Silveira pela força e encorajamento constantes.

Ao eterno mestre e amigo, que foi quem fez tudo se iniciar, que com seu entusiasmo e amor a vida e, a pesquisa científica mostrou que o nunca é sempre o talvez, Expedito Tadeu Facco Silveira.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com várias parcerias e muitas pessoas envolvidas no seu desenvolvimento em diversos segmentos, em muitos setores.

Por isto, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente na realização deste projeto.

A Daniel Silva Lucas, Márcio Aurélio de Almeida, Fábio Enrique de Lemos Budiño, José Evandro de Moraes e Carla Cachoni Pizzolante companheiros de armas, pelo incentivo, credibilidade, por me permitirem sonhar, pelas horas de descontração e, principalmente por fazerem a diferença.

Ao Evandro Poleze, da Pfizer, pela credibilidade e apoio.

A Cristina, Bárbara e Leydi, verdadeiras mestras, pela paciência, pelos ensinamentos e por me ajudarem a caminhar sem cair, se hoje “engatinho” no universo da proteômica é pelo que me ensinaram.

A Alessandra Fernandes Rosa e Carmen Contreras por abraçarem a causa, possibilitando a execução desta pesquisa.

Aos colegas do Centro de Tecnologia de Carnes do ITAL, pelo convívio onde muito aprendi.

As colegas de trabalho da UPD de Tanquinho, Raquel, Isabel e Lourdes que sempre apoiaram.

A Universidade de São Paulo pela oportunidade.

Aos membros da banca pelo tempo dedicado na avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões, que enriqueceram e contribuíram imensamente para o aperfeiçoamento, meu e da tese.

E claro, aos suínos, meu respeito e gratidão.

OBRIGADA!

***“Impossível é DEUS errar, o resto
todo é possível. ”***

Autor desconhecido

RESUMO

A moderna suinocultura vem nos últimos anos avançando no desenvolvimento e no emprego de tecnologias que visam o aumento da performance produtiva e econômica do segmento. As inovações associadas aos métodos de castração e modificadores metabólicos têm sido avaliadas, em particular o uso da imunocastração e dos repartidores de energia (ractopamina). Embora os ganhos zootécnicos e industriais destas tecnologias já estejam bem discutidos, o real impacto do emprego juntas ou isoladas sobre a qualidade tecnológica da carne pelo seu efeito na matriz bioquímica, necessita de estudos mais aprofundados. Desta forma, esta pesquisa científica foi direcionada para avaliar os efeitos, focando nas alterações dos perfis eletroforéticos da carne, advinda de animais produzidos comercialmente, utilizando concomitantemente ractopamina e imunocastração. Foram utilizados 48 suínos, criados comercialmente, sendo 8 suínos por tratamento (machos castrados cirurgicamente – CC, machos imunocastrados – IM, e fêmeas - F) recebendo dietas suplementadas com (CR) ou sem (SR) ractopamina na fase final da terminação. Avaliaram-se as características qualitativas da carne, tais como o pH, a cor objetiva, a capacidade de retenção de água (perda de água por gotejamento - *drip loss*, perda por cocção - PCOC, e perda por descongelamento - PDESC), maciez objetiva (força de cisalhamento) e perfil eletroforético. A utilização conjunta da imunocastração com a ractopamina influenciou o pH 24 horas do lombo suíno, a luminosidade (L^*) e a força de cisalhamento, sendo que o pH e a força de cisalhamento foram maiores e a luminosidade menor em IC-CR na dieta. Porém, essa influência não foi verificada na análise eletroforética unidimensional. O perfil proteico foi significativamente influenciado pelo fornecimento do β -agonista adrenérgico. Diferenças na abundância de peptídeos foram verificadas para as variáveis qualitativas da carne maciez, capacidade de retenção de água (*drip loss* e descongelamento) e luminosidade. Aumento nos volumes normalizados dos peptídeos reduziu a PDESC e melhorou a maciez objetiva, enquanto que o *drip loss* aumentou quando não houve a suplementação com ractopamina na dieta. Os resultados demonstraram que somente o β -agonista adrenérgico foi o responsável pelas diferenças verificadas no perfil proteico. O efeito simultâneo imunocastração com a inclusão da ractopamina na dieta não propiciou impactos na qualidade tecnológica da carne.

Palavras chave: β -agonista adrenérgico. Capacidade retenção de água. Castração. Eletroforese. Maciez.

ABSTRACT

The modern swine industry has in recent years to advance the development and use of technologies aimed at increasing production and economic performance of the segment. Innovations associated methods of castration and metabolic modifiers have been evaluated, in special the use of immunocastration and feed additive (ractopamine). Although the production growth and industrial gains of these technologies are already well discussed, the real impact of employment together or isolated on the technological quality of meat by its effect on the biochemical matrix, requires further study. Therefore, this scientific research was directed to evaluate the effects, concentrating on changes in electrophoretic profiles of meat, resulting animals commercially produced concurrently using ractopamine and immunocastration. 48 animals were used commercially created, 8 per treatment (castrates - CC, immunocastrated - IM, and female - F) fed diets supplemented with (CR) or without (SR) ractopamine at the final stage of finishing. We evaluated the qualitative characteristics of meat, such as pH, color, water-holding capacity (drip loss, cooking loss - PCOC, and loss defrosting - PDESC) objective tenderness (shear force) and electrophoretic profile. The combined use of immunocastration with ractopamine influence pH 24h swine loin, the lightness (L^*) and shear force, and pH, and shear force were higher and lower luminosity in IC-CR in the diet. However, this effect wasn't seen in the one-dimensional electrophoretic analysis. The protein profile was significantly influenced by the supply of β -adrenergic agonist. Differences in the abundance of peptides were checked for qualitative variables of meat tenderness, water retention capacity (drip loss and defrosting) and luminosity. The increase in the volume of standard peptides pDesc reduced and improved objective tenderness, while the drip loss increased when no supplementation with dietary ractopamine. The results demonstrate that only the β -adrenergic agonist was responsible for the observed differences in the protein profile. The effect simultaneously immunocastration with the addition of ractopamine in the diet not influence impacts on technological meat quality.

Keywords: β -adrenergic agonist. Water-holding capacity. Castration. Electrophoresis. Tenderness.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gel unidimensional	39
Figura 2 – Diferenças observadas para as bandas significativamente alteradas, segundo os níveis do fator ractopamina.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito no pH do SM (*Semimembranosus*) e no LD (*Longissimus dorsi*) e medidas da cor objetiva (L^* , a^* e b^*) de suínos de diferentes gêneros e métodos de castração (F=fêmea, IM= macho imunocastrado e CC= macho castrado cirurgicamente) com (CR) ou sem (SR) suplementação com ractopamina na dieta .42

Tabela 2 – Efeito da condição sexual (F = fêmea, IM = macho imunocastrado e CC = macho castrado cirurgicamente) nas características qualitativas da carne de suínos que receberam (CR) ou não (SR) suplementação de ractopamina na dieta .43

Tabela 3 – Estimativas de médias, desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV), mínimos (Min.) e máximos (Max.) para peso molecular (PM) e volume das bandas normalizados de cada banda avaliada.....45

Tabela 4 – Resumo das análises de variância das 25 bandas que apresentaram pelos menos três informações válidas, dentro de cada combinação condição sexual (gênero e método de castração) – ractopamina.....48

Tabela 5 – Estimativas de médias e erros padrão (EP) para cada banda avaliada, segundo a suplementação com ractopamina (COM) e sem ractopamina (SEM) 50

Tabela 6 – Estimativas de médias, desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV), mínimos (Min.) e máximos (Máx.), para as características relacionadas à qualidade da carne suína e os volumes normalizados das bandas significativamente alteradas.....52

Tabela 7 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 1 (B1) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina 54

Tabela 8 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 2 (B2) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina 55

Tabela 9 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 3 (B3) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina 56

Tabela 10 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 9 (B9) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina 57

Tabela 11 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 15 (B15) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina 58

Tabela 12 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 19 (B19) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina 59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1	Castração cirúrgica e imunológica	17
2.2	Ractopamina	20
2.3	Qualidade da carne	23
2.4	Proteômica	26
3	JUSTIFICATIVA	32
4	OBJETIVOS.....	33
4.1	Objetivo geral	33
4.2	Objetivos específicos.....	33
5	MATERIAIS E MÉTODOS	34
5.1	Animais e abate.....	34
5.2	Avaliações da qualidade tecnológica da carne.....	35
5.2.1	Cor.....	36
5.2.2	Perda de água por gotejamento (<i>drip loss</i>)	36
5.2.3	Perda por descongelamento e por cocção	37
5.2.4	Força de cisalhamento	37
5.3	Proteômica	37
5.3.1	Extração e quantificação de proteínas	38
5.3.2	Eletroforese unidimensional – SDS/PAGE	38
6	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	40
7	RESULTADOS.....	41
7.1	Qualidade da carne <i>in natura</i>	41
7.2	Perfil proteico da carne <i>in natura</i>	43
8	DISCUSSÕES	60
8.1	Qualidade da carne <i>in natura</i>	60

8.2	Perfil proteico da carne <i>in natura</i>	73
9	CONCLUSÕES.....	100
10	IMPLICAÇÕES	101
	REFERÊNCIAS	102

1 INTRODUÇÃO

A carne suína no Brasil é produzida com tecnologia, não deixando nada a desejar aos países desenvolvidos, sendo que cientistas e indústria trabalham concomitantemente com o objetivo do aprimoramento dos sistemas produtivos, atendendo assim tanto os anseios tecnológicos do complexo agroindustrial quanto às exigências dos consumidores.

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente nos últimos anos. Esse crescimento é notado quando se analisa os vários indicadores econômicos e sociais, como volume de exportações, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros.

A carne suína responde por 37% do total do consumo de carne no mundo. Em 1970 o consumo de carne suína era de 9,20 kg/pessoa e em 2011 foi de 15,01 kg/pessoa, ou seja, nos últimos 43 anos o consumo de carne suína cresceu aproximadamente 2,29% ao ano. Com a continuidade deste crescimento até 2030, o consumo *per capita* mundial chegará a 26,34 kg/pessoa (FAO, 2014).

Estudos e investimentos na suinocultura posicionaram o Brasil em quarto lugar no *ranking* de produção e exportação mundial de carne suína. Alguns elementos como sanidade, nutrição, bom manejo da granja, produção integrada e, principalmente, aprimoramento gerencial dos produtores, contribuíram para aumentar a oferta interna e colocar o país em destaque no cenário mundial (MAPA, 2015). As perspectivas da FAO 2015 – 2024 dão atenção especial para o Brasil, destacando que ele está entre as dez maiores economias do mundo e é o segundo maior fornecedor mundial de alimentos e produtos agrícolas, sendo que o Brasil está prestes a se tornar o provedor mais importante para atender a demanda global adicional (FAO, 2015).

Em 2014, o mercado interno foi o destino de 85,8% e a exportação foi o destino de 14,2% da produção suinícola. Mesmo com a queda de aproximadamente de 2,4% do total exportado em relação ao ano de 2013, o Brasil manteve-se como o quarto maior produtor e exportador mundial de carne suína, correspondendo a 3,02% de toda carne suína produzida e, respondendo por quase 7,4% do total de carne suína exportada no mundo. No mesmo ano, o consumo *per capita* foi de 14,6 kg/hab, apresentando crescimento de 22,7% quando comparado ao ano de 2004 (ABPA, 2016).

As projeções para o setor de carnes para o Brasil de 2012/13 a 2022/23 mostram que esse segmento econômico deve apresentar intenso crescimento nos próximos anos. A produção de carne suína tem um crescimento projetado de 1,9% ao ano, o que também representa um valor relativamente elevado, pois consegue atender ao consumo doméstico e às exportações, correspondendo a acréscimo na produção de 20,6% na carne suína. Já a projeção do consumo de carne suína tem o aumento projetado de 18,9% para 2022/23 indo de 2497 mil toneladas em 2013 para 3502 mil toneladas em 2023. Quanto às exportações, as projeções indicam elevadas taxas de crescimento sendo que a estimativa indica um quadro favorável para as exportações brasileiras onde a taxa anual prevista para a carne suína de 2,6% (MAPA, 2015).

O crescimento expressivo no volume de carne produzida de 2000 a 2010 de aves (4,3%), suínos (2,2%) e bovinos (1,8%) no mundo e, com o aumento da produção mundial em 2010 de 109.370.000 (suínos), 99.050.000 milhões de toneladas (aves), e 67.776.000 milhões de toneladas (bovinos) (FAO, 2013) combinados com o compromisso de atingir o mercado consumidor num curto período de tempo, modificaram marcadamente a tecnologia empregada no processo de abate e o gerenciamento da qualidade e quantidade do produto industrializado.

Em 2010 a suinocultura brasileira foi representada por mais de 50 mil produtores com um plantel de 1,65 milhões de matrizes tecnificadas. Produziu o equivalente a 3,24 milhões de toneladas, exportou 1,34 bilhões de dólares, gerou um milhão de empregos na cadeia e a nível mundial é classificada como quarto maior produtor e quarto maior exportador de carne suína. Em 1970 o plantel era de 31,5 milhões de cabeças e a produção havia sido de 705 mil toneladas. Em 2010, com 34 milhões de cabeças a produção aumentou para 3,24 milhões de toneladas. Portanto em 36 anos o crescimento do plantel foi de apenas 7,94% enquanto que a produção aumentou 360% (PORKWORLD, 2010). Em 2014 o Brasil tinha um rebanho de 37,9 milhões cabeças e produziu mais de 3,43 milhões de toneladas (IBGE, 2016).

Esses números exemplificam a evolução tecnológica do setor nesse período, graças a um forte trabalho nas áreas de genética, nutrição e manejo, melhorando a produtividade, o peso ao abate e as características da carcaça e da carne.

Estudos ao longo dos anos vem disponibilizando tecnologias alternativas que potencializam o sistema produtivo, como por exemplo a castração imunológica ao invés da castração física para a eliminação do odor da carne de macho inteiro e o fornecimento de ractopamina nas dietas dos suínos.

O manejo adota a castração física dos machos, que é empregada com o objetivo de evitar a rejeição da carne devido ao odor sexual (*boar taint*). Esse odor é relacionado a maturidade sexual e produção de hormônios de suínos machos, e torna a carne destes imprópria para o consumo (BABOL et al., 1998a, b; PORKWORLD, 2010).

A imunocastração é uma opção cada vez mais utilizada na produção mundial de suínos, em substituição ao método tradicional de castração cirúrgica dos machos, sendo definida como um método de castração por meio de vacina anti-GnRF (fator regulador de gonadotrofinas), que inibe o início da puberdade, evita o odor e o sabor característico de macho inteiro na carne, melhora o desempenho e as características de carcaça, reduz o comportamento agressivo dos machos, além de atender os conceitos de bem estar dos animais (DUNSHEA et al. 2001; EFSA, 2004; JAROS et al., 2005).

Estratégias nutricionais vem sendo desenvolvidas e aprimoradas, visando tanto o incremento na produtividade, quanto do percentual de carne magra nas carcaças (DUNSHEA, 2012). Dentre elas destaca-se a inclusão de ractopamina na dieta dos suínos.

Wray-Cahen (2001) e Marchant-Forde et al. (2003), afirmaram que a ractopamina, um agonista β -adrenérgico, composto sintético de estrutura análoga às catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), foi aprovada pelos Estados Unidos (FDA, 2008) e em diversos outros países para uso em dietas de suínos em terminação, a fim de aumentar a taxa de ganho de peso, eficiência alimentar e deposição de carne magra na carcaça.

Diversos estudos demonstraram que a ractopamina pode influenciar em parâmetros de qualidade dos cortes cárneos, como maciez, perda de água ou cor, e a imunocastração tem efeito mais na quantidade de carne magra da matéria prima. As características de quantidade de carne magra, cobertura de gordura, gordura intramuscular, valores de pH e de características de qualidade como cor da carne, são influenciadas pelo gênero do animal, ou seja, se este for fêmea, macho castrado ou imunocastrado (XIONG et al., 2006; PAULY et al., 2009; WATANABE, 2009; GISPERT et al., 2010).

Contudo, ainda existem muitas informações controversas na literatura sobre as possíveis interações e efeitos do uso concomitante das duas tecnologias (suplementação com ractopamina e imunocastração) sobre a qualidade da carne e

produtos cárneos. Diante do exposto, é de suma importância a caracterização desse efeito das tecnologias empregadas no aumento da produtividade suinícola e, este estudo consistirá na análise do perfil proteômico da carne *in natura* de suínos machos imunocastrados, machos castrados cirurgicamente e fêmeas que receberam dietas com e sem suplementação de ractopamina.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Castração cirúrgica e imunológica

A rejeição dos consumidores por carne de suínos machos inteiros é devida ao odor característico perceptível na carne após a cocção.

O odor sexual ocorre em machos inteiros durante o período de maturidade sexual. Os compostos responsáveis por esse odor incluem a androstenona (5 α -androsteron-16-en-3-one) e o escatol (3-metil-indol), compostos lipossolúveis, que tendem a se acumular no tecido adiposo e serem liberados na cocção da carne, podendo afetar além do odor, o sabor em menor intensidade causando rejeição pelo consumidor. Altos níveis de escatol associados à androstenona caracterizam suínos com maior odor perceptível. A androstenona, um hormônio esteróide (feromônio) produzido pelas células de *Leydig* nos testículos, apresenta um odor semelhante à urina. O escatol, um produto da degradação do triptofano no intestino, apresenta um odor semelhante ao de fezes (DORAN et al., 2002; BABOL et al., 2004).

Durante o desenvolvimento sexual, o suíno macho inteiro acumula substâncias, predominando a androstenona e o escatol, em seu tecido adiposo, que são considerados os contribuintes principais ao odor de macho inteiro na carne. Para evitar este odor na carne, os machos inteiros destinados para o consumo da carne *in natura*, na Austrália e Nova Zelândia, são abatidos antes da maturidade sexual ou submetidos à castração cirúrgica a fim de evitar a deposição dos compostos responsáveis pelo odor sexual na carne. Esta, porém, diminui o desempenho zootécnico e resulta maior deposição de gordura na carcaça. (BONNEAU, 1982; CAMPBELL; TAVERNER, 1988; DUNSHEA; KING; CAMPBELL, 1993; DUNSHEA et al., 2005).

É importante lembrar que a castração física é empregada com o objetivo de evitar questões relacionadas ao odor sexual (*boar taint*). Este odor é relacionado com a maturidade sexual e produção de hormônios de suínos machos e torna a carne destes, imprópria para o consumo. A castração cirúrgica permite uma maior facilidade de manejo dos animais, por estes se tornarem mais dóceis; porém, a principal razão para a castração física é a garantia de qualidade de uma carne livre de odores sexuais. Por outro lado, este método ocasiona marcantes alterações no metabolismo dos animais, que consomem mais alimentos, tem desenvolvimento menor, retêm menos

nitrogênio, tem maior deposição de gordura e proporcionalmente uma musculatura menor em comparação com machos inteiros, o que aumenta o custo de produção (BABOL et al., 1998a, b; BONNEAU, 1998; OLIVER et al., 2003; ANABEL, 2006). No Brasil, a legislação não permite o abate de suínos machos inteiros para fins comerciais (BRASIL, 1952 e 1988).

Parte da androstenona é secretada na saliva, servindo como feromônio, enquanto outra parte é depositada no tecido adiposo. Sabe-se pouco sobre a degradação deste composto, que ocorre principalmente no fígado, mas em princípio, a deposição excessiva de androstenona no tecido adiposo ocorre tanto por uma desproporcional taxa de produção de androstenona nos testículos, um metabolismo deficiente da androstenona ou ambos os fatores (DORAN et al., 2004; JAROS et al., 2005; LUNDSTRÖM; ZAMARATSKAIA, 2006).

A pesquisa por alternativas a castração cirúrgica é justificada pela busca da redução de custos na produção, o aumento da lucratividade bem como a ampliação dos conhecimentos sobre o bem-estar animal, que influi positivamente sobre a qualidade da carne (BRAUN, 2000; SILVEIRA, 2007), evitando problemas como PSE (*pale, soft, exudative* – pálida, macia e exsudativa) e DFD (*dark, firm, dry* – escura, firme e seca). Neste contexto a imunocastração surge como uma eficiente tecnologia.

Um método para inibição do aparecimento do odor sexual é a imunização contra o GnRH – hormônio regulador da gonadotrofina (CARATY; BONNEAU, 1986; DUNSHEA; KING; CAMPBELL, 1993; BONNEAU et al., 1994). Posteriormente, desenvolveu-se uma vacina contendo uma forma modificada de GnRH, um análogo sintético incompleto em veículo aquoso conjugado a uma proteína carreadora inerte, que estimula o sistema imunológico a produzir anticorpos naturais contra seu próprio fator de liberação de gonadotropinas (GnRF), substância primária que fundamentalmente estimula a função testicular, causando pouco dano ao organismo do animal (JAROS et al., 2005). A formulação e o protocolo da vacina permitem aos suínos receber a segunda dose de 4 a 5 semanas antes do abate. Após a segunda dose, são produzidos altos níveis de anticorpos anti-GnRF específicos, o que leva à inativação de todo o GnRF circulante e liberado durante o período de imunidade da vacina, o que inibe a produção, liberação (androstenona) e metabolização (escatol) das substâncias envolvidas com a ocorrência de odor desagradável na gordura (DUNSHEA et al., 2001; POLEZE, 2007a, b).

Responsável por iniciar todas as reações imunológicas e pelo aparecimento dos compostos característicos do odor sexual, o hormônio regulador da gonadotrofina (GnRH) é um peptídeo pequeno (decapeptídeo) que se origina no hipotálamo e age no interior da glândula pituitária para induzir a secreção do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo estimulante (FSH). Estas duas gonadotrofinas agem sobre as gônadas estimulando o crescimento e a esteroidogênese dos testículos. Os esteróides testiculares, por exemplo, a testosterona, são liberados subsequentemente na circulação e transportado aos vários tecidos onde exercem diversas funções incluindo a regulação da secreção do GnRH, LH e FSH, desenvolvimento das características masculinas do sexo bem como o crescimento muscular. Outro esteróide é a androstenona (*5 α -androst-16-on-3-one*) que não é androgênico, é armazenado no tecido adiposo e responsável pelo odor desagradável de macho inteiro. A imunização contra a GnRH interrompe a linha central do hipotálamo com a hipófise, inibindo o desenvolvimento dos testículos e a síntese dos esteróides que reduzirá a ocorrência do odor de macho inteiro. A inibição da fertilidade pela imunização contra a GnRH (imunocastração) foi bem sucedida em muitas espécies animais usando diferentes dosagens da vacina (GOUBAU et al., 1989).

Devido ao seu tamanho imunológico reduzido, o GnRH deve-se acoplar a uma proteína carreadora para seu uso posterior. Em suínos estudos sobre a imunização contra o GnRH para inibir o odor sexual de macho inteiro têm sido conduzidos por diversos pesquisadores (CARATY; BONNEAU, 1986; FALVO et al., 1986; BONNEAU et al., 1994; OONK et al., 1998; BEEKMAN et al., 1999; ZENG et al., 2001).

O efeito da imunização reduz significativamente os níveis de androstenona e escatol presentes no tecido adiposo. Jaros et al. (2005) e Zamaratskaia et al. (2008) reportaram concentrações inferiores ao limiar de detecção em 100% dos suínos castrados cirurgicamente e dos vacinados. Resultados semelhantes foram também reportados por Silveira; Poleze; Umehara (2006).

A imunocastração obteve uma significativa redução nos componentes relacionados ao odor de suíno macho inteiro, androstenona e escatol, mostrando que o escatol e a androstenona estavam dentro dos parâmetros aceitáveis, 0,2 a 1,0 $\mu\text{g/g}$, respectivamente. Neste contexto, a vacina obteve 100% de eficiência na eliminação do odor sexual nas carcaças de animais imunocastrados quando comparados a animais castrados cirurgicamente, sendo que os níveis de escatol e androstenona em suínos imunocastrados similares aos encontrados em suínos castrados

cirurgicamente (DUNSHEA et al., 2001; MCCAULEY et al., 2003; SILVEIRA; POLEZE; UMEHARA, 2006).

Dunshea et al. (2001) reportaram baixas concentrações de escatol e androstenona nos suínos imunocastrados comparados com machos inteiros (escatol $0,087 \times 0,193 \mu\text{g/g}$, $P < 0,05$; androstenona, $0,30 \times 1,12 \mu\text{g/g}$, $P < 0,001$), e concluíram que 99% e 100% dos suínos imunocastrados tiveram níveis de escatol e androstenona abaixo do limiar de detecção do consumidor ($0,22$ e $1,0 \mu\text{g/g}$, respectivamente), comumente usados em alguns países da União Europeia.

De maneira geral, a imunocastração além de ser uma técnica não invasiva, sem a retirada dos testículos cirurgicamente, propicia que o macho suíno passe a maior parte da terminação como macho inteiro, sendo observada na carcaça características como maior deposição de carne e menor de gordura, sem, no entanto, apresentar a agressividade e o *boir taint* na carne, inerente aos machos inteiros.

2.2 Ractopamina

O incremento da eficiência produtiva e a demanda crescente pela redução de gordura na carne impulsionam as pesquisas com β -agonistas como mecanismos estratégicos nos sistemas de produção animal. Os suínos apresentam ótimas respostas fisiológicas a esses repartidores de energia, com melhorias significativas no ganho de peso, conversão alimentar (eficiência alimentar) e aumento da quantidade de carne magra na carcaça com consequente redução dos percentuais de gordura.

O cloridrato de ractopamina (agonista β -adrenérgico), classificado como uma fenetanolamina, análogo estrutural das catecolaminas, epinefrina e norepinefrina, atua como modificador do metabolismo do animal e age como agente repartidor de nutrientes, pois tem a capacidade de redirecionar a distribuição normal de nutrientes em função do metabolismo da célula, promovendo efeitos profundos no crescimento e no metabolismo do músculo esquelético e do tecido adiposo, fazendo assim com que nutrientes utilizados para produção do tecido adiposo sejam usados para aumento da síntese proteica (RICKS; BAKER; DALRYMPLE, 1984; WATKINS et al., 1990; SQUIRES; ADEOLA; YOUNG, 1993; SMITH, 1998; WRAY-CAHEN, 2001; BRIDI et al., 2006).

A epinefrina poderia aumentar o ganho de peso diário e a retenção de nitrogênio em suínos. Contudo, houve uma diminuição no interesse pela ação destas

substâncias até a década de 1980, quando diversos agonistas β -adrenérgicos foram desenvolvidos. A ractopamina, cimaterol, L-644-969, salbutamol, clenbuterol e zilpaterol estão entre os agonistas β -adrenérgicos mais utilizados relacionados ao aumento da síntese proteica (WRAY-CAHEN, 2001).

Concomitantemente, ocorre uma diminuição na lipogênese e um aumento na lipólise. Por fim, esses eventos determinam um aumento na deposição de músculo e uma diminuição na deposição de gordura na carcaça suína. A eficiência dos β -agonistas na redução do tecido adiposo do animal, possivelmente seja mais dependente da atividade de bloqueio da lipogênese, do que do estímulo da lipólise, embora exista uma variação considerável entre os β -agonistas. Na membrana dos adipócitos existem receptores α e β , onde os β -receptores serão ativados pelos agonistas β -adrenérgicos, desencadeando uma série de eventos e levando à maior taxa de quebra dos triglicerídeos a ácidos graxos livres e glicerol (RUTZ; XAVIER, 1998; ZAGURY et al., 2002).

Segundo Mitchell et al. (1994), os benefícios estão relacionados com os incrementos no conteúdo de proteína (4 a 8%) e da área de olho de lombo (9 a 15%) enquanto que a gordura total da carcaça é reduzida (10 a 17%). Os padrões de deposição de tecido proteico e adiposo são alterados de forma seletiva; alterando a deposição de músculos na carcaça, mas não a deposição de pele e ossos.

Similarmente, a deposição de tecidos adiposos subcutâneo, abdominal e intramuscular é reduzida. Os cortes correspondentes ao lombo e pernil apresentaram maior rendimento com a utilização da ractopamina (STITES et al., 1991). Estudos conduzidos de 1985 a 1992 (SILVEIRA, 2007) demonstraram que a porcentagem de carne magra passou de 51,8% (grupo controle) para 53,9% (5 mg/kg de RAC); 55,6% (10 mg/kg de RAC) e 57,5% (20 mg/kg de RAC).

Bark et al. (1992) e Crome et al. (1996) em trabalhos de pesquisa sobre o efeito da ractopamina no ganho de peso e conversão alimentar, verificaram que independente da dosagem ou das origens genéticas constataram uma contribuição significativa desse aditivo alimentar em relação aos animais que não receberam o produto.

O fornecimento de ractopamina na fase final da terminação, melhora o desempenho zootécnico e as características de carcaça, reduzindo a espessura de toucinho e aumentando o percentual de carne magra na carcaça, e consequentemente, nos cortes cárneos, incrementando seu rendimento, contudo sem

ocasionar grandes alterações ou prejuízos a qualidade final da carne (CONVEY et al., 1987; DUNSHEA; KING; BIDEN, 1991; STITES et al., 1991; MØLLER; BERTELSEN; OLSEN, 1992; ZAGURY, 2002; PALTRONIERI, 2005; SILVEIRA; TONNIETI; MAYUMI, 2005; SILVEIRA; POLEZE; UMEHARA, 2006; WEBER et al., 2006; MARINHO et al., 2007).

Em relação às espessuras de toucinho e músculo avaliados na última costela, Uttaro et al. (1993) reportaram uma redução de 1,8mm ($P < 0,05$) e um aumento de 3,4 mm ($P < 0,01$), respectivamente para os animais que receberam 20 mg/kg de RAC. Isto representou um maior índice de bonificação das carcaças provenientes desses animais (103,6 a 105,2%) e um retorno financeiro para o produtor da ordem de 1,6%. Zagury et al. (2002) constatou que a porcentagem de carne aumentou significativamente nos grupos de animais tratados com ractopamina (10 e 20 mg/kg). Essa mesma tendência foi observada para os preditores de quantidade de carne (área de olho de lombo e espessura de músculo) que apresentaram dados significativamente superior ao grupo controle.

Em relação à porcentagem de carne magra presente na carcaça, ficou evidente para Silveira, Tonniati e Mayumi (2005) o efeito da ractopamina no peso de abate de suínos e nas características quantitativas da carne (peso vivo, porcentagem de carne magra e gordura na carcaça, e quantidade de carne em alguns cortes principais), pelo acréscimo verificado na quantidade de carne nos cortes – pernil, carré, barriga e paleta em função da adição da ractopamina na ração, com incrementos médios de carne considerados expressivos no pernil (1,88 kg), carré (0,92 kg), barriga (0,96 kg) e paleta (0,75 kg) com a adição de 5 mg/kg de ractopamina, verificando assim que a suplementação com ractopamina propiciou redução na quantidade de gordura dos animais. Tal informação é importante para a industrialização de presunto cozido (pernil), salame (paleta) e bacon (barriga), pois os maiores rendimentos obtidos na produção industrial desses produtos tem influência na viabilidade econômica dos mesmos.

2.3 Qualidade da carne

Uma previsão rápida da qualidade da carne, de preferência antes mesmo da carne ser resfriada, pode permitir a destinação de carcaças para diferentes linhas de produção. As empresas de processamento de carne/alimentos, estão se tornando mais conscientes de que as proteínas da carne crua devem ter qualidade e funcionalidade características e constantes. As últimas exigências dos consumidores já levaram a diferenciação de produtos e, a maior pressão sobre o valor dos parâmetros de qualidade da carne, especialmente maciez, suculência e sabor de carne fresca e de produtos cárneos (SOSNICKI et al., 2003).

A qualidade de carne é um conceito amplo e complexo, sendo definido por um conjunto de características objetivas e subjetivas. As características objetivas abrangem aspectos físicos, nutricionais e higiênicos (PELOSO, 2002), enquanto que as subjetivas englobam os aspectos sensoriais, apresentação e maneira de exposição do produto. Sendo dependente da temperatura e velocidade de resfriamento do tecido muscular após o abate, e pode ser avaliada por meio de parâmetros físico-químicos como pH, cor, perdas por exsudação, perdas por cocção, capacidade de retenção de água, gordura intramuscular e maciez, visual (marmorização) e por métodos sensoriais que avaliem a suculência, aparência da carne e resistência a mastigação (BROWN et al., 1999; NANNI COSTA et al., 2002).

A qualidade da carne que comemos é o resultado de interações complexas entre as características biológicas e processos bioquímicos durante a conversão do músculo para carne. O metabolismo de energia torna-se anaeróbio quando o oxigênio é esgotado, induzindo um aumento nos íons lactato e hidrogênio, resultando numa diminuição do pH. A taxa de declínio de pH é um fator importante que afeta as características de qualidade da carne. Sendo assim, estes processos são (molecularmente) acoplados. Características de proteômica e metabolômica relativas a qualidade da carne e estresse de transporte mostraram que as medidas do proteoma do músculo são potenciais biomarcadores para a qualidade da carne (YOUNG, BERTRAM; OKSBJERG, 2009; LOMIWES et al., 2014; TE PAS et al., 2013).

A morte celular é caracterizada por um padrão complexo de eventos moleculares que dependem do tipo de célula. Especificamente, as células musculares primeiramente são submetidas ao *rigor mortis*, devido à depleção de ATP e, mais

tarde, a degradação da fibra muscular, devido à atividade das enzimas proteolíticas (PAREDI et al., 2012).

Outros fatores afetam a conversão do músculo em carne, a maioria deles relacionada à produção animal: genótipo/raça, sexo, idade, castração, estado e manejo nutricional e peso ao abate, aliados aos fatores causados pelo homem, particularmente aqueles relacionados ao estresse causado pelo manejo, transporte e o próprio processo de abate, também influenciam significativamente a conversão do músculo em carne, a sua maciez e a qualidade do produto cárneo (GREGORY, 2008; BONNEAU; LEBRET, 2010; VAN DE PERRE et al., 2010).

A imunocastração demonstrou sua eficiência na eliminação do odor sexual, contribuindo na aceitação sensorial da carne de suínos machos inteiros, bem como na deposição de músculo, com redução na quantidade de gordura das carcaças. Contudo, em relação à qualidade tecnológica da carne proveniente do suíno imunocastrado em comparação com o cirurgicamente castrado, os resultados não são consistentes. Cervo (2012) relata que os efeitos da imunocastração na qualidade da carne destinada aos mercados de carne fresca e produtos cárneos industrializados devem ser esclarecidos adequadamente.

A maioria dos estudos relacionados à ractopamina é direcionada ao seu efeito no desempenho zootécnico do animal e na sua capacidade de aumentar a síntese proteica e diminuir a deposição de gordura na carcaça suína, entretanto, maior atenção deveria ser direcionada às possíveis alterações que este composto pode causar na qualidade da carne suína, pois diversos autores têm demonstrado divergência nos resultados encontrados em suas pesquisas (FORMIGHIERI, 2012).

O emprego da ractopamina propicia o aumento da deposição muscular e a redução da deposição de tecido adiposo na carcaça de suínos. Engeseth et al. (1992) afirmaram que ocorre uma diminuição na lipogênese e um aumento da lipólise. E, os efeitos mais marcantes na carcaça do uso da ractopamina, o aumento de massa muscular e a redução de tecido adiposo (PETERLA; SCANES, 1990), que ocorrem devido a ligação da ractopamina nos receptores de membranas celulares e acontecem vários eventos que levam a um aumento no diâmetro das fibras musculares, em específico nas fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992; SILVA et al., 2008). Exercendo, assim, influência pronunciada sobre as variáveis de desempenho zootécnico e características quantitativas, aumentando principalmente eficiência alimentar, percentual e rendimento de carne magra

(STOLLER et al., 2003; ARMSTRONG et al., 2004; SEE; AMSTRONG; WELDON, 2004; CARR et al., 2005; WEBER et al. 2006).

Contudo, em termos de palatabilidade, o uso de ractopamina pode acarretar em alterações uma vez que a suplementação com ractopamina pode reduzir em 25% o teor de gordura na carne. O teor de gordura intramuscular está relacionado com padrões sensoriais como maciez, suculência e sabor envolvidos com a aceitabilidade do consumidor (MCKEITH; MERKEL, 1991; STITES et al., 1991).

Estudando suínos fêmeas alimentadas com dietas contendo 0, 5, 10 e 15 ppm de ractopamina, Watanabe (2009) não observou efeito da ractopamina sobre o pH, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, cor e oxidação lipídica no lombo, mas verificou que as perdas por cocção sofreram aumento gradativo com o aumento das concentrações de ractopamina nas dietas. Contudo, este efeito não foi constatado na avaliação sensorial do *Longissimus dorsi*.

A adição de ractopamina na ração de suínos não afetou significativamente a qualidade da proteína avaliada pela capacidade de retenção de água e perda por gotejamento, conforme trabalho desenvolvido por Zagury et al. (2002), mas foram constatadas diferenças no pH e na luminosidade, contudo os valores obtidos correspondem à qualidade de carne normal. Diferentemente Møller, Bertelsen e Olsen (1992) e Wood, Wiseman e Cole (1994) verificaram elevação do pH que atribuíram a redução dos níveis de glicogênio muscular, ocasionando carne mais escura em animais suplementados com ractopamina.

Formighieri (2012) investigando o efeito da ractopamina em suínos, machos castrados cirurgicamente, imunocastrados e fêmeas, não encontrou nenhuma interação entre sexo e tratamento com RAC, concluindo que a combinação de dieta com RAC e imunocastração não teve impacto na qualidade da carne suína. O sexo dos animais não teve influência importante sobre as propriedades da carne suína *in natura* e, os suínos imunocastrados não diferiram dos machos castrados, sendo que a dieta contendo RAC não aumentou a incidência de carne PSE e RSE (*reddish-pink, soft, exudative* – rosa avermelhado, macia e exsudativa), no entanto, independentemente do tratamento, 80,0% de todas as amostras apresentaram problema carne RSE e 10,3% apresentaram carnes PSE, sugerindo necessidade de uma melhoria nas condições de pré-abate.

2.4 Proteômica

A produção de carne repousa pesadamente em quatro setores principais: a produção de animais vivos, o abate, o processamento e o comércio. Ainda que, em conjunto, estes quatro componentes sejam essenciais para obter um produto adequado as necessidades do consumidor, provavelmente o aspecto mais determinante, e passo crucial na produção de carne é a transformação do músculo em carne, isto é, a conversão de tecidos animais vivos para o produto carne. No entanto, a conversão do músculo para carne é um processo complexo e entrelaçado, onde a bioquímica, fisiologia, nutrição, saúde, tecnologia, assim como outros fatores combinam-se e afetam a estrutura muscular, a integridade e proteoma (PAREDI et al., 2012).

A proteômica é também uma poderosa ferramenta no melhoramento genético, pois, diferentemente do que ocorre quando são utilizados marcadores fenotípicos ou baseados em DNA, a proteômica fornece informação em nível molecular da variabilidade genética que é efetivamente expressa do genoma (PENNINGTON; DUNN, 2001). O início da proteômica foi marcado pela caracterização de perfis proteicos, passando, posteriormente, a focar outros aspectos como a quantificação de proteínas, as interações entre proteínas e as modificações pós-traducionais. No entanto, foi o avanço na tecnologia de sequenciamento de proteínas por meio da espectrometria de massas que possibilitou o seu surgimento e desenvolvimento (TYERS; MANN, 2003; SALVATO; CARVALHO, 2010).

Proteômica pode ser definida como a ciência que estuda todo o subconjunto de proteínas expressas em uma determinada célula, tecido, fluidos do corpo, órgão, ou organismo (WILKINS et al., 1996). A utilização de proteômica é de excepcional relevância para a compreensão da conversão do músculo para carne. A importância da proteômica neste campo é bem refletida pelos muitos artigos de pesquisa e opiniões que visam discutir suas aplicações para caracterizar os mecanismos celulares e moleculares por trás da qualidade da carne (HOLLUNG et al., 2007). O objetivo da análise proteômica é a obtenção de informações sobre a expressão das proteínas celulares e também revelar as funções dos genes, sendo utilizada para explicar como as características hereditárias interagem com o ambiente no controle das condições celulares e fisiológicas dos organismos vivos (BENDIXEN, 2005).

A proteômica tem sido amplamente utilizada em vários aspectos relacionados à indústria da carne. Conseqüentemente, pode-se dizer que, apesar de sua utilidade e potencial, a proteômica ainda não foi muito utilizada para ajudar os produtores a otimizarem a produção de carne. Mais pesquisas são, portanto, necessárias a fim de verificar como os vários fatores que afetam a carne, ou seja, genótipo, alimentação e conversão do músculo para carne têm conseqüências a nível do proteoma. Além disso, sempre que a carne é processada para a obtenção de produtos alimentares específicos, as investigações de proteômica seriam de maior interesse tanto para a indústria de carne quanto para os consumidores (PAREDI et al., 2012).

Proteômica é o método direto para identificar, quantificar e estudar as modificações pós traducionais das proteínas em uma célula, tecido ou mesmo organismo. Bendixen (2005) e Bendixen et al. (2005) definiram que o proteoma pode ser considerado como a ponte de ligação molecular entre o genoma e características funcionais de qualidade de produtos cárneos, sendo a expressão do genoma submetido a determinadas condições ambientais e de processamento.

A análise sistemática das proteínas (proteômica) possui um caráter dinâmico, caracterizado por mudanças contínuas em resposta a estímulos internos e externos. O proteoma está em constante mudança de acordo com fatores que influenciam na síntese ou degradação proteica. Portanto, a compreensão das variações e diferentes componentes do proteoma com relação a certos parâmetros de qualidade e processamento promoverá conhecimento que pode ser usado na otimização de processos na conversão do músculo em carne. Logo, a análise proteômica pode ser vista como uma “imagem do momento/fotografia instantânea” dentro de um sistema em constante mudança (GREENBAUM et al., 2001; BENDIXEN, 2005; BENDIXEN et al., 2005).

A separação das proteínas permite estudar a expressão das proteínas separadamente e sua influência em parâmetros de qualidade e rendimento da carne, bem como descrito por Lametsch e Bendixen (2001), que ressaltaram a importância da técnica de eletroforese na análise proteômica, tendo como objetivos indicar o comportamento das proteínas celulares, separando as frações individuais de acordo com seu ponto isoelétrico ao longo do eixo X e com sua massa molecular ao longo do eixo Y.

A abordagem proteômica tem inclusive demonstrado capacidade de identificar modificações dos componentes de proteínas cárneas durante seu armazenamento

post mortem, revelando um padrão eletroforético mais complexo do que os obtidos por eletroforese unidimensional, sendo que o objetivo de estudos proteômicos inclui traduzir informação genômica em conhecimento biológico útil, permitindo melhores construções de hipóteses e pesquisas, visando encontrar melhores soluções para os desafios de qualidade e sustentabilidade na indústria de produção de alimentos. Os mecanismos que regulam o processo de tradução, as modificações pós-traducionais e, principalmente, o processo de proteólise celular, são fatores que afetam significativamente as quantidades e as características estruturais e funcionais das proteínas (LAMETSCH; BENDIXEN, 2001; LAMETSCH; ROEPSTORFF; BENDIXEN, 2002; GRAVES; HAYSTEAD, 2002; BENDIXEN, 2005; LAMETSCH et al.; 2011). Por meio da análise proteômica é possível relacionar mudanças *post mortem* com a maciez da carne (LAMETSCH et al., 2003, 2006, 2011; MELODY et al., 2004; TE PAS et al., 2009), capacidade de retenção de água (MARINO et al., 2013), L* (HWANG et al., 2005), métodos de abate (MORZEL et al., 2004), mudança nas proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (DI LUCCIA et al., 2005; SAYD et al., 2006).

A conversão do músculo para carne envolve mudanças drásticas no metabolismo onde o proteoma sarcoplasmático desempenha um papel crítico. Compreende proteínas e enzimas solúveis, constituindo aproximadamente um terço do total das proteínas os músculos esqueléticos, e regula os processos bioquímicos que influenciam o metabolismo do músculo (SCOPES, 1970; JIA et al., 2006).

A parte metabólica do proteoma do músculo no momento do abate influencia os processos fisiológicos *post mortem* (TE PAS et al., 2009). A degradação das proteínas estruturais do músculo tem sido mostrada como importante para a maciez da carne, mas também aumenta a perda por gotejamento (MELODY et al., 2004). O complexo mecanismo dos processos *post mortem*, incluindo proteólises, interações de proteínas musculares solúveis, pH intracelular e transporte de íons e seus efeitos em características como a textura da carne continua sendo um desafio.

A raça é um fator importante que pode influenciar as características do tecido muscular *in natura* e, conseqüentemente, as do produto final. A diversidade genética produz carne com muitas qualidades diferentes (CUVELIER et al., 2006; MARINO et al., 2013).

Investigações científicas verificaram a influência do tipo de fibra sobre a proteólise no músculo *Longissimus dorsi* em Landrace e suínos coreanos (PARK et al., 2007). Diversos estudos compararam perfis protéicos entre raças, métodos de

criação e sexo, provando que estes fatores influenciam a expressão de várias proteínas (KWASIBORSKI et al., 2008a, b; HOLLUNG et al., 2007). Pesquisadores averigaram que a proteólise investigada via SDS-PAGE e eletroforese bidimensional mostrou diferença na quantidade e na expressão das proteínas miofibrilares entre raças bovinas, possibilitando constatar que a maciez e as alterações proteolíticas (intensidade da proteólise) durante o tempo de maturação (1,7,14,21 dias) tem relação com a raça do animal (MARINO et al., 2013).

Técnicas proteômicas têm sido cada vez mais exploradas para entender os mecanismos moleculares associados com as modificações bioquímicas que: i) os músculos de suínos sofrem durante os eventos *pos mortem* e ii) a carne de suíno sofre durante os processos tecnológicos. As perguntas-chave são como esses mecanismos estão relacionados à qualidade da carne e se é possível identificar biomarcadores de proteína de carne de qualidade. Estes biomarcadores podem ser associados a: i) raças de animais, ii) os processos de transformação do músculo em carne, e iii) variáveis em processos tecnológicos de carne (PAREDI et al., 2012).

As características de qualidade de carne têm baixa herdabilidade e grandes influências ambientais. Para predizer, melhorar e gerenciar a qualidade da carne, os biomarcadores de proteômica são superiores aos marcadores genéticos. Biomarcadores visam prever o efeito do ambiente sobre o fenótipo, em contraste com marcadores genéticos. Biomarcadores são indicadores biológicos de características, muitas vezes, moléculas, como proteínas ou metabólitos (GOODSAID; FRUEH, 2007; TE PAS et al., 2013).

Estudando a identificação de parâmetros de qualidade de carne de suíno por proteômica, Van de Wiel e Zhang (2007) concluíram que a análise do proteoma pode ser um método de sucesso para identificar proteínas marcadoras para predição da qualidade da carne.

A identificação de biomarcadores associados com a qualidade em função dos parâmetros tecnológicos é um objetivo fundamental, uma vez que permite controlar e dirigir os processos industriais em função dos valores objetivos, para complementar os métodos físico-químicos existentes baseados na cor, maciez, conteúdo total de proteína e carga bacteriana. Essa abordagem de proteômica, que explora o estado da arte do conhecimento científico é absolutamente necessária em um campo industrial, onde, atualmente, os procedimentos subjetivos e a tradição transmitida ainda são predominantemente aplicados (PAREDI et al., 2012).

A genética dos animais tem forte influência na qualidade da carne suína, existindo diferenças com relação à deposição de gordura e proteína. Visando estudar diferenças entre raças, vários estudos com transcriptomas e perfis proteômicos têm sido desenvolvidos. Picariello et al. (2006) caracterizou o proteoma sarcoplasmático e, Kim et al. (2004) usaram 2DE e compararam o proteoma de músculos claros e vermelhos em linhagens de suínos e encontraram várias diferenças entre a expressão proteica em proteínas estruturais como cadeia leve de miosina, mioglobina e *heat shock protein 20* (HSP 20) sendo super expressas no músculo vermelho enquanto *heat shock protein 70* (HSP 70) foram mais encontradas na musculatura clara.

Kwasiborski et al. (2008a, b) avaliando as mudanças proteômicas relacionadas a raças, manejo, ambiente e gêneros, encontraram diferentes expressões de uma isoforma de actina, duas isoformas de miosina de cadeia leve e do citocromo bc-1 de acordo com o sexo. E, a peroxiredoxina 6 permitiu a correta classificação dos animais de acordo com o ambiente de criação (fechado e aberto), mas somente quando o gênero foi também levado em conta e, ainda classificaram os animais de acordo com a raça do reprodutor (Duroc ou Large White) por meio da proteína *heat shock 73* (HSP 73), o que indicou que tais proteínas podem ser utilizadas como biomarcadores para rastreabilidade ou pesquisa genética.

Estudando o transcriptoma e o proteoma, Liu et al. (2009) avaliaram linhagens comerciais de Pietran e uma linhagem industrial de Duroc com Hampshire e Large White, comparando o perfil proteômico do músculo *Longissimus dorsi* na idade de abate (100 kg) e, com base no nível de gordura, classificando os animais em baixa e alta cobertura de gordura. Os autores identificaram o total de 40 genes como sendo diferentemente expressos entre aqueles de alta e baixa cobertura de gordura e, concluíram que a variabilidade interindividual no conteúdo de gordura intramuscular surge principalmente das diferenças no início da adipogênese.

Com o objetivo de investigar as proteínas que diferenciam as seis espécies (gado, suíno, frango, peru, pato e ganso) e que seriam relativamente estáveis durante a maturação da carne e apenas ligeiramente degradadas em produtos processados, Montowska e Pospiech (2013) usaram a eletroforese bidimensional para analisar os perfis proteicos da carne *in natura* e embutidos, observando diferenças específicas entre espécies, que foram mantidas após o processamento da carne. Os autores também relataram que proteínas reguladoras, enzimas metabólicas, algumas miofibrilares e proteínas do plasma sanguíneo que foram identificadas, foram

caracterizadas pela mobilidade electroforética específico para as espécies indicadas. Diferenças grandes na estrutura principal foram observados no soro de albumina, apolipoproteína B, HSP 27, H-FABP, ATP sintase, citocromo bc-1 e uma subunidade alfa-FEF. Algumas destas proteínas têm potencial para serem utilizados como marcadores da autenticação de produtos cárneos.

As investigações sobre proteômica e metabolômica realizadas por Murgiano et al. (2010), no músculo *Longissimus lumborum* de suínos Casertana e Large White, com o objetivo de vincular as informações aos parâmetros de qualidade, verificaram que a espessura de gordura maior no músculo do Casertana estava relacionada a super expressão de 3-fosfogliceraldeído desidrogenase e de níveis mais elevados de metabólitos de glicerol e, relacionaram o aumento na maciez nesta raça a níveis mais elevados de proteólise devido a temperatura mais elevada nos músculos *post mortem* e à preservação da atividade de enzimas proteolíticas por uma maior concentração de proteínas antioxidantes, como superóxido dismutase 1. Verificaram ainda que em Large White a atividade de proteases, como calpainas, foi reduzida devido aos baixos níveis de íons cálcio livre, causados pela superexpressão de calsequestrina.

Os desafios de otimizar a qualidade da carne de suínos e bovinos são bastante diferentes. Considerando que a maciez em carne *in natura* continua a ser o grande desafio para a indústria da carne bovina, mas para a carne de suíno, embora maciez também seja um atributo importante, os principais desafios estão relacionados à otimização do sabor, cor e a capacidade de retenção de água. Essas características são cruciais para alcançar melhor qualidade e ganho nos produtos cárneos (PAREDI et al., 2012).

3 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a imunocastração vem sendo utilizada como método de castração alternativo a castração física, desde abril de 2007, enquanto a adição de ractopamina na dieta de suínos é prática comercial desde 2001. Conforme Poleze em 2015 (dados não publicados), a carne de suínos imunocastrados representa 60% do volume total produzido e essa expressiva produção combinada ou não com a utilização da ractopamina na dieta de suínos deve ser associada a estudos que possam esclarecer melhor a interação dessas tecnologias na qualidade da carcaça e carne.

A indústria processadora é de extrema importância uma vez que no Brasil 11% da carne suína produzida é consumida *in natura* e 89% na forma industrializada (ABPA, 2016) e, neste caso, o segmento tem solicitado a investigação de problemas relacionados tanto a carne *in natura*, quanto ao processamento de carnes de suínos tratados com imunocastração e ractopamina. Os motivos das solicitações de pesquisas têm sido atribuídos devido às possíveis perdas de rendimento, bem como, por redução na capacidade de retenção de água (*drip loss*) de produtos maturados, defumados, fermentados, cozidos e marinados. Por outro lado, relatos tecnológicos obtidos no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL-APTA-SAA) no ano de 2010 (dados não publicados), indicam que a indústria tem obtido secagem mais rápida de alguns produtos cárneos.

O desenvolvimento de um programa de pesquisa que contemple a aplicação das referidas tecnologias na suinocultura nacional vem ao encontro dos interesses da comunidade científica e empresarial, pois aspectos importantes relacionados ao bem-estar animal, composição da carcaça, qualidade da carne, sua industrialização e comercialização serão esclarecidos, beneficiando assim o complexo agroindustrial de suínos no Brasil.

Diante do exposto, se faz necessário empreender estudos que possam elucidar como a imunocastração e a ractopamina influenciam nas propriedades funcionais da carne suína, possibilitando viabilizar melhores ajustes nos processos tecnológicos que garantem o sucesso na comercialização de produtos tanto nos mercados de carne fresca e processada quanto para a indústria de carne nacional.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da utilização de imunocastração e da ractopamina sobre as características indicadoras da qualidade da carne, bem como, o perfil proteico da carne *in natura* de suínos imunocastrados, castrados cirurgicamente e fêmeas, alimentados ou não com ractopamina em uma única linhagem comercial.

4.2 Objetivos específicos

(i) Avaliar características indicadoras da qualidade da carne em suínos imunocastrados, castrados cirurgicamente e fêmeas, alimentados ou não com ractopamina;

(ii) Caracterizar a abundância diferencial de proteínas, em lombo de suínos utilizando a técnica de eletroforese unidimensional em suínos imunocastrados, castrados cirurgicamente e fêmeas, alimentados ou não com ractopamina;

(iii) Correlacionar à abundância de proteínas com variáveis indicadoras da qualidade da carne em suínos imunocastrados, castrados cirurgicamente e fêmeas, alimentados ou não com ractopamina.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Animais e abate

Os animais foram distribuídos em 6 tratamentos sendo eles, macho castrado cirurgicamente (CC), macho imunocastrado (IC) e fêmea (F). Foram criados em uma granja comercial de suínos sendo a genética escolhida a que apresenta maior representatividade no Brasil. Ao saírem da creche (63 dias de idade e com PV de 20,6 Kg) os suínos foram encaminhados a UTL (Unidade Terminadora de Leitões), sendo alojados em baias coletivas, com capacidade para 50 animais, contendo comedouros semi-automáticos e manuais, bebedouros tipo chupeta, dispondo de uma área de 1,00 m²/animal na terminação, com ventilação natural e piso de concreto em galpões de alvenaria cobertos com telhas de barro, totalizando 1.800 m².

A castração cirúrgica ocorreu na primeira semana de vida dos leitões e, os machos mantidos inteiros foram submetidos a imunocastração (2,0 ml de *Vivax®* - *Pfizer Animal Health*), recebendo a primeira dose na 8ª semana e a segunda dose na 4ª semana antes do abate, conforme recomendação do fabricante. Dez dias após a segunda dose, os animais apresentam comportamento de machos castrados cirurgicamente, mas para evitar a falha vacinal, quinze dias após a segunda dose foi realizado a inspeção dos animais sendo observado o comportamento (exposição do pênis, monta sobre outros animais; agressividade com outros animais reptadas ou prolongadas vezes) e as características do testículo (coloração – em machos inteiros mais avermelhado e tamanho dos testículos).

Na fase de terminação, as fêmeas e os machos receberam dois tratamentos: dieta sem (SR) e com (CR) 10 ppm/kg ração de ractopamina fornecida durante 28 dias antes do abate, conforme recomendação do fabricante. Utilizou-se o manejo e a dieta (base de milho e soja com 18,92% de proteína, 1,171% de lisina e 3.268,85 kcal/kg de EM) usualmente empregados na granja para a fase de terminação. A alimentação foi *ad libitum* durante a terminação.

No final da terminação aos 164 dias de idade e com peso vivo médio de 122,5kg para as fêmeas com ractopamina e 114,0kg sem ractopamina, 131,67 machos imunocastrados com ractopamina e 126,0kg para os sem ractopamina, 123,33kg machos castrados cirurgicamente com ractopamina e 114,44kg sem ractopamina, os

animais foram submetidos ao jejum por 6 horas, embarcados e transportados por 20Km até o frigorífico.

A condução dos animais, o período de descanso e a técnica de abate utilizada seguiram os padrões adotados comercialmente pelas Empresas Agropecuária e Frigorífico Bressiani (Capivari/SP) conforme o Regulamento de Inspeção Sanitária e Industrial de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952) e Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos (BRASIL, 1995), sendo que os animais foram transportados aproximadamente por 10 km até o frigorífico.

Depois do período de descanso, os animais foram abatidos por atordoamento elétrico (350-450V, 1,2A) seguido de sangria na vertical. O abate foi realizado de forma humanitária e conduzido conforme o Regulamento de Inspeção Sanitária e Industrial de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952).

A homogeneidade dos lotes e das condições de abate, possibilitaram a seleção aleatória de 48 carcaças, conforme o delineamento experimental (8 animais por tratamento), para a execução das mensurações, análises das características qualitativas da carne suína e proteômica.

5.2 Avaliações da qualidade tecnológica da carne

As medidas de pH do coxão (Músculo *Semimembranosus*) foram obtidas na meia-carcaça esquerda 45 minutos depois do abate. O pH intramuscular foi determinado em profundidade. Após este período, foram mensurados o pH 24 horas do *Longissimus dorsi* e SM. As mensurações foram realizadas por medida direta utilizando o peagâmetro (pHmetro) Oakton pH300, equipado com eletrodo de punção Digimed. Foram realizadas 3 mensurações por músculo analisado.

O resfriamento das carcaças foi realizado conforme a legislação vigente, por 24 horas a 2°C. Após este período, para realização do *drip loss*, coletou-se uma porção do músculo *Longissimus dorsi* (LD – lombo) na região da 4ª vertebra lombar. Amostras foram mantidas resfriadas e conduzidas ao laboratório para a realização da análise.

Em seguida, as meias-carcaças esquerdas foram seccionadas entre a 10ª e a 11ª costela, expondo, dessa forma, uma secção transversal do lombo para a realização das mensurações do pH do LD e cor objetiva.

Para as análises de perda por cocção, perda por descongelamento e maciez, foram retiradas amostras do LD com 2,5cm de espessura, embaladas sob vácuo, congeladas em túnel de congelamento rápido e transportadas sob refrigeração para o Laboratório de Processamento e Qualidade de Carnes (ESALQ – USP).

5.2.1 Cor

Após a exposição do LD na meia-carcaça esquerda, foi aguardado 15 minutos para a ocorrência do *blooming* (tempo para a mioglobina passar do estado de mioglobina reduzida – deoximioglobina- cor púrpura opaca – a oximioglobina – cor vermelho cereja –, que acontece com a exposição da mioglobina ao oxigênio, quando exposta ao ar) e então realizaram-se três medidas de cor por animal, utilizando o colorímetro Minolta (*Chroma Meter, CR-400, Mahwah, New Jersey, USA*). Os resultados foram expressos em CIE (1978), nas unidades: L^* (luminosidade), a^* (intensidade de vermelho/verde, onde $+a$ indica vermelho e $-a$ indica verde) e b^* (intensidade de amarelo/azul, onde $+b$ indica amarelo e $-b$ indica azul). Os parâmetros foram calibrados em porcelana branca com $Y = 93.7$, $x = 0.3160$ e $y = 0.3323$, com uma área de mensuração de 8 mm de diâmetro, um ângulo de observação de 10° e iluminante D65.

5.2.2 Perda de água por gotejamento (*drip loss*)

Foram retiradas duas amostras de carne de 80 a 100 g cada, cortadas a partir do músculo LD de cada animal. Para a perda por gotejamento, as amostras foram colocadas na rede e suspensas num saco insuflado, assegurando que as amostras não tiveram contacto com o saco, e armazenadas a 4°C , sendo mantidas nestas condições por 48 horas. Após este período de armazenamento, as amostras foram removidas do saco, cuidadosamente secas com papel toalha e pesadas.

A alteração percentual em peso durante o período subsequente foi feita como a perda por gotejamento, como descrito por Honikel (1998). A quantidade de água foi expressa como percentagem do peso da amostra inicial.

5.2.3 Perda por descongelamento e por cocção

Para a obtenção das perdas por descongelamento as amostras foram retiradas e pesadas em balança analítica (*Gehaka - modelo B 2000*). Após a pesagem inicial, foram mantidas sob refrigeração a 4°C por 48 horas, sendo retirada da embalagem, secas com papel toalha e pesadas.

O percentual da perda por descongelamento foi obtido pela diferença da pesagem inicial e final, descontando-se o peso do exsudado e da embalagem.

A perda de água no cozimento foi realizada após o preparo das amostras de acordo com a metodologia descrita pela *American Meat Science Association* (AMSA, 1995). As porções de carne foram embaladas em embalagens apropriadas para cozimento e cozidas em banho (temperatura da água de 80°C), até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 70°C e posteriormente resfriadas 4°C por 24 horas.

5.2.4 Força de cisalhamento

Para avaliação da força de cisalhamento os bifes de 2,5cm de espessura, oriundos da análise de perda por cocção, foram refrigerados a 5°C por 12 horas, sendo então retirados 8 cilindros de 1,27cm de diâmetro de cada bife, paralela ao sentido longitudinal das fibras musculares, conforme metodologia descrita pela AMSA (1995).

As amostras foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina no aparelho. Os cilindros foram cisalhados utilizando uma lâmina Warner Braztler 3mm (*Modelo TA.XT2i, Texture Analyser, Goldaming, Surrey, Inglaterra*) acoplada a um texturômetro *Stable TaTx*, com a velocidade de descida de 200-250mm/min, com uma distância de percurso da sonda de 30mm a partir da base. A força de cisalhamento média foi calculada por amostra e os resultados expressos em kgf.

5.3 Proteômica

Após a secção da ½ carcaça, foram retiradas amostras do *Longissimus dorsi* para a análise de SDS-PAGE, sendo imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e transferidas para um freezer -80°C.

5.3.1 Extração e quantificação de proteínas

A extração das proteínas das amostras de carne dos animais foi realizada de acordo com Lametsch et al. (2003), onde 500µg de cada amostra foram adicionadas em tampão de extração (Ureia 8M, Tiourea 2M, CHAPS 2%, DTT 65mM) com 1% de inibidor de protease (*GE Healthcare*). Em seguida as amostras foram homogeneizadas (*IKA, Ultra Turratrec T-10*) a 30000rpm por 60 segundos. O extrato formado foi agitado vigorosamente por 30 minutos a 4°C, e centrifugados a 10000g, por mais 30 minutos, a 4°C. Os sobrenadantes foram transferidos para microtubos devidamente identificados, e estocados em ultrafreezer a -80°C.

A quantificação proteica foi realizada conforme instruções do fabricante, com auxílio do *kit* comercial *PlusOne 2-D Quant* (*GE Healthcare*).

5.3.2 Eletroforese unidimensional – SDS/PAGE

Para realização da eletroforese unidimensional – SDS/PAGE (*sodium dodecyl sulfate polyacrylamide* - poliacrilamida dodecil sulfato de sódio), foi utilizada cuba horizontal (*GE Healthcare, Amersham™ ECL™ Gel Box*) com capacidade para um gel (*GE Healthcare, Amersham™ ECL™ Gel 10%*). Foram realizadas 8 corridas eletroforéticas, com 6 amostras em cada gel, compostas por um animal de cada tratamento macho castrado cirurgicamente sem ractopamina (CC-SR), macho imunocastrado sem ractopamina (IC-SR), fêmea sem ractopamina (F-SR), macho castrado cirurgicamente com ractopamina (CC-CR), macho imunocastrado com ractopamina (IC-CR), fêmea com ractopamina (F-CR).

Foram adicionados 90ml de tampão corrida (*GE Healthcare, Amersham™ ECL™ Gel Running Buffer, 10x*), diluído para a concentração 1x, em cada um dos dois compartimentos da cuba e, conforme solicitação do fabricante, cada gel passou por uma pré-corrida de 12 minutos a 160V.

Amostras contendo 50µg de proteína de cada tratamento foram diluídas em tampão da amostra (0,5M tris-HCl – pH6,8, glicerol, 10% SDS, 2-mercaptoetanol, 1% azul de bromofenol), aquecidas por 4 minutos a 100°C e em seguida colocadas em poços lado a lado. Cada corrida foi submetida a uma corrente de 160V e durou aproximadamente 65 minutos.

Os géis contendo as amostras proteicas já separadas pela corrente elétrica (Figura 1), foram corados com solução corante a base de azul de coomassie G-250 (*Invitrogen, Novex – Colloidal Blue Staining Kit*) durante 60 minutos, sob agitação. Os géis foram então mantidos em água milliQ (*overnight*) e em seguida escaneados e suas imagens foram digitalizadas no *ImageScanner (EPSON, Image Scanner III – Expression 10000XL)*. As imagens digitalizadas foram analisadas utilizando o *software Image Quant TL Security 1D Gel Analysis (GE Healthcare)*.

Figura 1 – Gel unidimensional

PM - padrão de peso molecular (10 a 180 kDa); 1 - fêmea com ractopamina; 2 - castrado cirurgicamente com ractopamina; 3 - imunocastrado com ractopamina; 4 - castrado cirurgicamente sem ractopamina; 5 - fêmea sem ractopamina; 6 - imunocastrado sem ractopamina.

A quantidade de proteína de cada banda foi expressa como volume, ou seja, a soma da intensidade de *pixel* dentro do limite da banda. Para avaliar as diferenças na quantidade de cada banda foi utilizado o volume relativo (% volume), o qual é um valor normalizado que permanece relativamente independente de variações.

6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para realização das análises estatísticas foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos em esquema fatorial 2 x 3 (com e sem suplementação com ractopamina x condição sexual – fêmea, macho imunocastrado e macho castrado cirurgicamente).

Para avaliar as implicações dos resultados associados características de qualidade de carne e à técnica de eletroforese unidimensional, em relação aos tratamentos avaliados, as variáveis indicadoras da qualidade de carne e intensidades das bandas normalizadas obtidas foram utilizadas como variáveis dependentes.

Para testar os efeitos dos tratamentos, foi adotado o modelo abaixo especificado:

$$\text{Modelo: } Y_{ijk} = \mu + R_i + C_j + RC_{ij} + e_{ijk}$$

em que,

Y_{ijk} = é o valor observado para as variáveis indicadoras de qualidade da carne ou para as intensidades das diferentes bandas normalizadas identificadas;

μ = é uma constante inerente a todas as observações;

R_j = é o efeito fixo da adição de ractopamina j , com $i = 1$ (0,0) ou 2 (10,0);

C_j = é o efeito fixo da condição sexual k , com $k = 1$ (castrado cirúrgico), 2 (imunocastrado) ou 3 (fêmea);

RC_{ij} = é o efeito da interação dupla entre a adição de ractopamina i e a condição sexual j ;

e_{ik} = efeito aleatório residual associado à característica Y_{ijk} , com média 0 e variância σ^2_e .

Em virtude de interações significativas ($P < 0,05$), foram procedidos os desdobramentos por meio do teste F. Quando necessário, o teste de Tukey foi utilizado como procedimento para comparações múltiplas, tanto para efeitos principais como nos desdobramentos da interação significativa. Para avaliação das abundâncias de peptídeos em relação às variáveis indicadoras de qualidade da carne, foram realizadas análises de regressão das variáveis dependentes (relacionadas à qualidade da carne) em função do perfil proteico obtido pela técnica de eletroforese.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do procedimento PROC MIXED *Statistical Analysis System*, versão 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

7 RESULTADOS

7.1 Qualidade da carne *in natura*

A análise do pH no músculo *Semimembranosus* (SM) demonstrou não haver diferença significativa entre os gêneros e tratamentos quando realizado aos 45 minutos *post mortem*. Os valores do pH obtidos após o resfriamento (24 horas) no mesmo músculo também não indicaram diferença ($P < 0,05$) entre os gêneros nos animais que receberam ractopamina na dieta. No entanto, os resultados dos grupos que não receberam a ractopamina na dieta, observou-se diferenças entre os gêneros fêmea e macho. O pH da carne das fêmeas foi aproximadamente 2% superior quando comparada aos machos imunocastrados e castrados cirurgicamente. Dentro do grupo, deve-se ressaltar que as fêmeas que receberam ractopamina tiveram o pH maior do que as não receberam (Tabela 1).

Os valores de pH final (pH LD_{24horas}) do músculo LD (Tabela 1) diferiram entre os tratamentos e os gêneros. Novamente os valores de pH dos machos foram significativamente mais baixos que das fêmeas. Com relação aos machos com ractopamina, tiveram pH final (pH LD_{24horas}) menor quando comparados com as fêmeas. Dentro da dieta sem adição de ractopamina, os imunocastrados tiveram um menor pH final quando comparados as fêmeas e aos castrados cirurgicamente, e nesses dois últimos grupos não foi observado diferenças significativas entre si. Diferenças também foram constatadas entre os tratamentos com e sem adição de ractopamina ($P < 0,05$) para as fêmeas e para os imunocastrados.

Tabela 1 - Efeito no pH do SM (*Semimembranosus*) e no LD (*Longissimus dorsi*) e medidas da cor objetiva (L^* , a^* e b^*) de suínos de diferentes gêneros e métodos de castração (F=fêmea, IM= macho imunocastrado e CC= macho castrado cirurgicamente) com (CR) ou sem (SR) suplementação com ractopamina na dieta

Variável	Trat.	F	IM	CC	SE
pH SM 45 min	CR	6,30 ^{a; A}	6,50 ^{a; A}	6,40 ^{a; A}	0,073
	SR	6,50 ^{a; A}	6,40 ^{a; A}	6,30 ^{a; A}	
pH SM 24 hs	CR	5,70 ^{a; B}	5,70 ^{a; A}	5,70 ^{a; A}	0,019
	SR	5,80 ^{a; A}	5,70 ^{b; A}	5,60 ^{b; A}	
pH LD 24 hs	CR	5,70 ^{a; A}	5,50 ^{b; A}	5,50 ^{b; A}	0,026
	SR	5,50 ^{a; B}	5,30 ^{b; B}	5,40 ^{a; A}	
L*	CR	55,12 ^{a; A}	54,03 ^{a; B}	54,76 ^{a; A}	0,599
	SR	55,03 ^{a; A}	55,57 ^{a; A}	56,19 ^{a; A}	
a*	CR	9,17 ^{a; A}	9,65 ^{a; A}	9,57 ^{a; A}	0,376
	SR	9,67 ^{a; A}	9,24 ^{a; A}	10,42 ^{a; A}	
b*	CR	3,59 ^{a; A}	3,56 ^{a; A}	3,54 ^{a; A}	0,247
	SR	3,34 ^{a; A}	3,41 ^{a; A}	3,91 ^{a; A}	

Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey; médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey; S.E. = erro padrão; pH SM 45 min = pH *Semimembranosus* mensurado 45min após o abate; pH SM 24 hs = pH *Semimembranosus* mensurado 24hs após o abate; pH LD 24 hs = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24hs após o abate; ; L^* , a^* e b^* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h.

Ainda na Tabela 1, encontram-se descritos os valores de cor instrumental (CIE Lab*) do músculo *Longissimus dorsi* (LD), com os animais imunocastrados com ractopamina apresentando um valor significativamente menor de 4% do valor de L^* quando comparado com os animais que não receberam ractopamina na dieta. Para todos os demais parâmetros da cor objetiva (a^* e b^*) não se constatou diferenças significativas os gêneros e as dietas.

Com relação as características qualitativas descritas na Tabela 2, observam-se diferenças significativas nas condições estudadas (gênero x dieta x método castração) para a força de cisalhamento.

Tabela 2 – Efeito da condição sexual (F = fêmea, IM = macho imunocastrado e CC = macho castrado cirurgicamente) nas características qualitativas da carne de suínos que receberam (CR) ou não (SR) suplementação de ractopamina na dieta

Variável	Trat.	F	IM	CC	S.E.
drip loss (%)	CR	9,11 a; A	8,54 a; A	8,64 a; A	0,679
	SR	9,02 a; A	8,65 a; A	9,28 a; A	
PDESC (%)	CR	8,85 a; A	7,04 a; A	7,98 a; A	0,695
	SR	7,47 a; A	8,69 a; A	7,99 a; A	
PCOC (%)	CR	27,07 a; A	26,20 a; A	27,37 a; A	0,685
	SR	25,35 a; A	25,53 a; A	26,94 a; A	
FC (kgf)	CR	3,14 a; A	3,34 a; A	2,86 a; A	0,392
	SR	1,91 a; B	2,21 a; B	2,24 a; A	

Médias em uma mesma linha e seguidas por uma mesma letra minúscula não diferem entre si, pelo teste de Tukey; médias em uma mesma coluna e seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey; PDESC = perda descongelamento; PCOC = perda por cocção; FC = força de cisalhamento; S.E. = erro padrão.

A diferença verificada dentro dos gêneros e das dietas foi referente a maciez objetiva da carne, onde os lombos das fêmeas e dos machos imunocastrados, que não foram suplementados com ractopamina, tiveram maior maciez objetiva (39,18% e 33,83% respectivamente), quando comparados aos que receberam a suplementação. Esta diferença não foi observada nos machos castrados cirurgicamente. Já para a dieta sem suplementação de ractopamina, não foram verificadas diferenças significativas entre os gêneros e método de castração. Não houve interação entre a suplementação com ractopamina, gênero e tipo de castração nas demais características qualitativas da carne (Tabela 2).

7.2 Perfil proteico da carne *in natura*

O estudo da separação das proteínas totais (mifibrilares e sarcoplasmáticas) pela eletroforese usando *SDS-PAGE*, são apresentados na Tabela 3. Observa-se que o maior peso molecular foi de 197,683kDa e o menor de 16,786kDa.

Em todas as amostras analisadas, as bandas de 1 a 19 (Tabela 3) foram comuns a todos os tratamentos, pois apresentaram o mesmo número de observações (42), nas bandas 20 e 21 foram encontradas 41 observações demonstrando que não

foi verificada em um tratamento. Das bandas 22 a 27 houve variação na repetibilidade de ocorrência, pois o número de observações por banda diminuiu de 36 (banda 22) a 9 (banda 27).

Ainda na Tabela 3, verifica-se que a banda 14 teve o maior volume normalizado (%). Nas bandas 2 e 23 foram observados o maior volume normalizado médio de 2,588 e o menor 0,173, respectivamente. Houve uma variação de 99,86% no volume normalizado entre os valores máximo (banda 14) e mínimo (banda 23).

Tabela 3 – Estimativas de médias, desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV), mínimos (Min.) e máximos (Max.) para peso molecular (PM) e volume das bandas normalizados de cada banda avaliada

(continua)

Banda	N	Peso molecular (kDa)					Volume normalizado				
		Média	DP	CV	Min.	Max.	Média	DP	CV	Min.	Max.
1	42	178,970	6,629	3,704	169,800	197,680	2,435	0,981	40,302	0,910	5,13
2	42	138,930	5,495	3,956	128,870	151,640	2,588	0,981	37,916	1,150	5,32
3	42	106,230	3,969	3,736	98,121	116,870	1,176	0,310	26,331	0,620	1,95
4	42	92,610	4,048	4,371	83,270	101,310	0,197	0,091	46,245	0,040	0,52
5	42	87,938	4,454	5,065	72,745	95,405	0,277	0,123	44,502	0,100	0,69
6	42	80,583	5,493	6,816	61,347	90,104	0,173	0,161	93,123	0,040	0,74
7	42	73,960	5,250	7,098	57,272	83,494	0,402	0,259	64,538	0,040	1,47
8	42	68,897	5,266	7,643	55,030	78,240	0,312	0,241	77,318	0,090	1,16
9	42	62,135	6,037	9,715	43,425	73,447	0,545	0,320	58,695	0,160	1,68
10	42	56,703	7,060	12,451	38,807	65,471	1,092	1,073	98,260	0,090	5,21
11	42	52,135	7,443	14,277	36,147	60,795	0,919	1,074	116,840	0,040	4,45
12	42	47,095	6,548	13,904	33,273	58,171	0,762	1,137	149,230	0,040	4,92
13	42	42,590	5,587	13,119	32,241	52,276	1,133	0,997	88,050	0,040	5,53
14	42	38,803	4,854	12,510	30,309	49,977	2,272	1,845	81,203	0,040	7,01
15	42	35,983	3,897	10,830	27,831	43,601	1,954	1,409	72,122	0,250	4,850
16	42	33,181	4,060	12,236	22,684	38,780	1,490	1,365	91,553	0,250	4,870
17	42	31,173	4,346	13,941	21,488	36,721	0,990	0,937	94,702	0,220	4,640
18	42	29,048	4,795	16,507	18,983	35,216	0,832	0,824	99,069	0,170	3,710
19	42	27,025	4,736	17,526	18,124	33,896	1,501	1,319	87,913	0,020	3,800
20	41	24,499	4,592	18,744	16,723	32,070	1,337	1,349	100,908	0,050	4,680

Análise de Tukey a 5%.

Tabela 3 – Estimativas de médias, desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV), mínimos (Min.) e máximos (Max.) para peso molecular (PM) e volume das bandas normalizados de cada banda avaliada

(conclusão)

Banda	N	Peso molecular (kDa)					Volume normalizado				
		Média	DP	CV	Min.	Max.	Média	DP	CV	Min.	Max.
21	41	22,579	3,770	16,699	16,587	28,336	1,246	0,988	79,317	0,03	3,81
22	36	21,666	3,136	14,475	16,632	27,539	0,884	0,598	67,579	0,03	2,67
23	32	20,941	2,836	13,543	16,632	26,530	0,876	0,624	71,277	0,01	2,65
24	30	19,764	2,726	13,790	16,677	25,972	1,247	0,662	53,115	0,19	2,74
25	22	18,766	2,283	12,167	16,898	25,476	1,641	0,800	48,756	0,27	2,93
26	13	17,777	0,597	3,358	16,867	18,635	1,635	0,858	52,437	0,31	3,28
27	9	17,181	0,380	2,210	16,786	17,692	2,044	0,703	34,400	0,80	2,98

Análise de Tukey a 5%.

Os resultados da ANOVA demonstraram que não houve efeitos significativos ($P > 0,05$) para as fontes de variação condição sexual e interação condição sexual x ractopamina (Tabela 4). Foram observados efeitos principais significativos para a fonte de variação ractopamina nas bandas 1, 2, 3, 9, 15 e 17. Na Tabela 5 verifica-se que o volume de expressão foi maior em animais que receberam ractopamina, com excessão da banda 2.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância das 25 bandas que apresentaram pelos menos três informações válidas, dentro de cada combinação condição sexual (gênero e método de castração) – ractopamina

(continua)

Condição sexual					Ractopamina				Interação CxR				Componentes de variância		
N Banda	GL Num	Valor F	Prob > F		GL Num	Valor F	Prob > F		GL Num	GL Den	Valor F	Prob > F		Géis	Residuo
1	2	1,33	0,2808	ns	1	19,52	0,0001	**	2	30	0,02	0,9772	ns	0,3300	0,4740
2	2	2,07	0,1438	ns	1	7,08	0,0124	**	2	30	1,05	0,3626	ns	0,4352	0,4825
3	2	1,78	0,1855	ns	1	8,12	0,0079	**	2	30	0,54	0,5902	ns	0,0058	0,0763
4	2	0,23	0,7921	ns	1	2,24	0,1450	Ns	2	30	0,09	0,9131	ns	0,0034	0,0057
5	2	1,07	0,3543	ns	1	0,53	0,4710	Ns	2	30	0,25	0,7780	ns	0,0021	0,0140
6	2	0,91	0,4134	ns	1	0,61	0,4400	Ns	2	30	0,17	0,8445	ns	0,0085	0,0196
7	2	0,24	0,7914	ns	1	0,44	0,5123	Ns	2	30	0,73	0,4914	ns	0,0222	0,0510
8	2	0,07	0,9284	ns	1	0,75	0,3920	Ns	2	30	3,00	0,0652	ns	0,0264	0,0335
9	2	0,05	0,9522	ns	1	4,35	0,0457	*	2	30	0,23	0,7941	ns	0,0000	0,1027
10	2	0,76	0,4748	ns	1	1,81	0,1886	Ns	2	30	1,21	0,3113	ns	0,0000	1,1305
11	2	0,06	0,9436	ns	1	1,00	0,3257	Ns	2	30	0,80	0,4573	ns	0,5653	0,6955
12	2	0,80	0,4578	ns	1	0,66	0,4241	Ns	2	30	2,01	0,1514	ns	0,7591	0,6064
13	2	1,34	0,277	ns	1	3,05	0,0910	Ns	2	30	2,60	0,0911	ns	0,0493	0,8315
14	2	0,26	0,7746	ns	1	1,12	0,2976	Ns	2	30	0,43	0,6543	ns	1,3015	2,4075
15	2	1,65	0,2098	ns	1	8,39	0,0070	**	2	30	0,70	0,5029	ns	0,1663	1,5370
16	2	0,15	0,8639	ns	1	0,09	0,7650	Ns	2	30	1,53	0,2337	ns	0,4136	1,5583
17	2	1,12	0,3410	ns	1	5,10	0,0314	*	2	30	0,85	0,4360	ns	0,2507	0,5995
18	2	1,90	0,1678	ns	1	0,05	0,8303	Ns	2	30	1,12	0,3392	ns	0,0000	0,6618

Interação CxR = Condição sexual x Ractopamina; GL num = grau de liberdade do numerador; GL den = grau de liberdade do denominador; Prob = probabilidade; ns = não significativo; * ou ** 5% de significância.

Tabela 4 – Resumo das análises de variância das 25 bandas que apresentaram pelos menos três informações válidas, dentro de cada combinação condição sexual (gênero e método de castração) – ractopamina

(conclusão)

Condição sexual					Ractopamina			Interação C x R				Componentes de variância			
N Banda	GL Num	Valor F	Prob > F		GL Num	Valor F	Prob > F		GL Num	GL Den	Valor F	Prob > F		Géis	Residuo
19	2	1,43	0,2555	ns	1	1,24	0,2739	Ns	2	30	0,77	0,4730	ns	0,1750	1,5627
20	2	0,94	0,4018	ns	1	3,00	0,0939	Ns	2	29	0,69	0,5103	ns	0,6720	1,2128
21	2	0,26	0,7755	ns	1	0,02	0,8887	Ns	2	29	0,51	0,6047	ns	0,1143	0,9582
22	2	1,09	0,3523	ns	1	0,15	0,7062	Ns	2	24	0,92	0,4125	ns	0,2763	0,1610
23	2	3,14	0,0640	ns	1	0,23	0,6396	Ns	2	21	1,84	0,1838	ns	0,3091	0,1626
24	2	1,67	0,2151	ns	1	0,03	0,8643	Ns	2	19	0,31	0,7346	ns	0,0831	0,3734
25	2	0,89	0,4361	ns	1	0,03	0,8737	Ns	2	12	1,53	0,2565	ns	0,2983	0,4035

Interação CxR = Condição sexual x Ractopamina; GL num = grau de liberdade do numerador; GL den = grau de liberdade do denominador; Prob = probabilidade; ns = não significativo; * ou ** 5% de significância.

Tabela 5 – Estimativas de médias e erros padrão (EP) para cada banda avaliada, segundo a suplementação com ractopamina (COM) e sem ractopamina (SEM)

N_Banda	COM			SEM		
	Médias	EP		Médias	EP	
1	2,904	0,264	A	1,965	0,264	B
2	2,302	0,292	B	2,873	0,292	A
3	1,297	0,067	A	1,054	0,067	B
4	0,215	0,027		0,180	0,027	
5	0,291	0,031		0,264	0,031	
6	0,190	0,046		0,156	0,046	
7	0,425	0,075		0,379	0,075	
8	0,288	0,073		0,337	0,073	
9	0,649	0,070	A	0,442	0,070	B
10	1,313	0,232		0,871	0,232	
11	0,791	0,338		1,048	0,338	
12	0,859	0,371		0,664	0,371	
13	0,887	0,216		1,379	0,216	
14	2,018	0,548		2,526	0,548	
15	2,508	0,311	A	1,400	0,311	B
16	1,432	0,365		1,549	0,365	
17	1,260	0,254	A	0,720	0,254	B
18	0,859	0,178		0,805	0,178	
19	1,286	0,315		1,716	0,315	
20	1,666	0,397		1,068	0,392	
21	1,275	0,254		1,232	0,249	
22	0,996	0,221		0,944	0,221	
23	0,902	0,249		0,971	0,250	
24	1,252	0,199		1,291	0,199	
25	1,546	0,314		1,592	0,333	

Médias na mesma linha e seguidas por uma mesma letra maiúscula não diferem entre si, ao nível de significância de 5%.

Pode-se averiguar na Figura 2 que o comportamento das médias do volume normalizado foi semelhante para as bandas 1, 3, 9, 15 e 17, onde foram encontrados maiores volumes de proteínas nos músculos dos animais que receberam a suplementação de ractopamina na dieta. Já na banda 2 a resposta foi inversa do que a observada nas demais bandas.

As maiores médias da suplementação com ractopamina foram de 2,90 e 2,51 nas bandas 1 e 15 respectivamente e, entre as médias sem suplementação com ractopamina as maiores encontram-se nas bandas 2 e 1. Obteve-se nas bandas 15 e 17 os maiores percentuais, 44,18% e 42,83% respectivamente, de

diferença no volume normalizados de proteínas miofibrilares entre os animais que receberam e os que não receberam ractopamina na dieta como pode ser constatado na Figura 2 e na Tabela 5.

Figura 2 – Diferenças observadas para as bandas significativamente alteradas, segundo os níveis do fator ractopamina

Fonte: Própria autoria.

As bandas que apresentaram diferenças significativas na abundância de peptídeos foram avaliadas em relação as variáveis indicadoras da qualidade de carne. O menor volume normalizado médio verificado foi na banda 9 e o maior na banda 2. A maior diferença percentual entre os volumes mínimo e máximo foi de 95,26% e, a menor 68,21% encontradas nas bandas 17 e 3 respectivamente. Entre os valores de volume das bandas, observou-se a variação de 86,09% no volume mínimo e o 68,42% no máximo (Tabela 6).

Tabela 6 – Estimativas de médias, desvios padrão (DP), coeficientes de variação (CV), mínimos (Min.) e máximos (Máx.), para as características relacionadas à qualidade da carne suína e os volumes normalizados das bandas significativamente alteradas

Variável	N	Média	DP	CV	Mín.	Máx.
drip loss %	41	8,64	1,413	16,36	5,61	11,58
pH LD 24 horas	42	5,47	0,123	2,24	5,23	5,72
L*	42	55,11	1,741	3,16	50,41	58,48
a*	42	9,73	1,053	10,82	7,69	12,41
b*	42	3,58	0,693	19,33	1,67	5,27
PDESC %	42	8,13	1,911	23,51	2,73	11,18
PCOC %	42	26,45	1,911	7,23	19,97	29,85
FC (kgf)	41	2,71	1,220	45,05	0,92	6,14
VOL_N_B1	42	2,43	0,981	40,30	0,91	5,13
VOL_N_B2	42	2,59	0,981	37,92	1,15	5,32
VOL_N_B3	42	1,18	0,310	26,33	0,62	1,95
VOL_N_B9	42	0,55	0,320	58,70	0,16	1,68
VOL_N_B15	42	1,95	1,409	72,12	0,25	4,85
VOL_N_B17	42	0,99	0,937	94,70	0,22	4,64

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = porcentagem de perda descongelamento; PCOC % = porcentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento; VOL_N = volume normalizado das bandas.

O fornecimento de ractopamina na dieta teve efeito sobre a maciez da carne (Tabelas 7 a 12). Na banda 2 constatou-se que houve melhoria na maciez ($P < 0,05$), ou seja, para cada 1% de aumento no volume normalizado a força de cisalhamento diminuiu 0,6995 kgf. O mesmo efeito na maciez foi verificado nas bandas 9 e 15 com reduções de 1,0453 e 0,3050 kgf, respectivamente ($P < 0,10$).

Assim como na maciez, a cor foi afetada pela inclusão de ractopamina na alimentação dos animais. A luminosidade diminuiu 3,4112 unidades para cada aumento de 1% no volume normalizado (Tabelas 7 a 12).

A carne dos animais que não receberam a suplementação de ractopamina tiveram diferenças significativas ($P < 0,05$) no *drip loss* como pode ser observado nas Tabelas 7 a 12, onde para cada 1% de volume normalizado as perdas por gotejamento aumentaram em 2,1886% e 1,2688%.

O efeito da inclusão da ractopamina na alimentação pode ser compreendido analisando-se a perda por descongelamento nas bandas 3 e 9 nas Tabelas 9 e 10. Quando não houve a suplementação, para cada 1% de aumento de volume normalizado de perda de água por descongelamento foi

acrescida de 5,8945%. Já quando houve o fornecimento da ractopamina a perda por descongelamento diminuiu 3,2721%.

Tal efeito, na perda de água por descongelamento, pode ser observado também na diferença na perda por descongelamento referente a suplementação com ractopamina na dieta, que foi de 44,49% para cada 1% de aumento no volume normalizado (Tabelas 7 a 12).

Tabela 7 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 1 (B1) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina

VOL_N_B1								
Variável	Racto	Beta 0	EP	Beta 1	EP	GL Den	Valor t	Pr > t
drip loss (%)	COM	8,9253	1,0326	-0,0710	0,3393	37	-0,21	0,8345
	SEM	7,2890	0,8478	0,6397	0,3975	37	1,61	0,1161
pH LD 24 horas	COM	5,5645	0,0772	-0,0080	0,0254	38	-0,30	0,7651
	SEM	5,4189	0,0627	-0,0060	0,0296	38	-0,20	0,8447
L*	COM	55,948	1,2368	-0,4440	0,4064	38	-1,09	0,2818
	SEM	56,478	1,0041	-0,4640	0,4749	38	-0,98	0,3345
a*	COM	9,9493	0,7671	-0,1320	0,2520	38	-0,52	0,6030
	SEM	9,1210	0,6228	0,3893	0,2945	38	1,32	0,1942
b*	COM	4,4335	0,4970	-0,2770	0,1633	38	-1,70	0,0978
	SEM	3,1222	0,4035	0,2120	0,1908	38	1,11	0,2736
PDESC (%)	COM	10,1900	1,3863	-0,7420	0,4555	38	-1,63	0,1118
	SEM	9,0417	1,1255	-0,4190	0,5323	38	-0,79	0,4362
PCOC (%)	COM	26,863	1,3798	0,0260	0,4534	38	0,06	0,9546
	SEM	26,982	1,1202	-0,5200	0,5298	38	-0,98	0,3322
FC (kgf)	COM	3,5849	0,8192	-0,1160	0,2692	37	-0,43	0,6680
	SEM	2,3444	0,6690	-0,1010	0,3147	37	-0,32	0,7494

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = percentagem de perda descongelamento; PCOC % = percentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento.

Tabela 8 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 2 (B2) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina

VOL_N_B2								
Variável	Racto	Beta 0	EP	Beta 1	EP	GL Den	Valor t	Pr > t
drip loss (%)	COM	8,5392	1,0481	0,0776	0,4336	37	0,18	0,8589
	SEM	8,9578	0,9033	-0,1410	0,2947	37	-0,48	0,6348
pH LD 24 horas	COM	5,5519	0,0760	-0,0040	0,0315	38	-0,13	0,8962
	SEM	5,3968	0,0655	0,0037	0,0213	38	0,17	0,8636
L*	COM	53,8860	1,2101	0,3360	0,5007	38	0,67	0,5062
	SEM	54,1280	1,0428	0,5005	0,3396	38	1,47	0,1488
a*	COM	10,1550	0,7570	-0,2560	0,3132	38	-0,82	0,4184
	SEM	10,5350	0,6524	-0,2260	0,2125	38	-1,06	0,2943
b*	COM	4,3808	0,4979	-0,3270	0,2060	38	-1,59	0,1210
	SEM	3,6767	0,4291	-0,0480	0,1397	38	-0,34	0,7329
PDESC (%)	COM	7,4908	1,4025	0,2373	0,5802	38	0,41	0,6849
	SEM	7,1517	1,2086	0,3713	0,3936	38	0,94	0,3514
PCOC (%)	COM	26,5660	1,3684	0,1616	0,5662	38	0,29	0,7768
	SEM	26,5560	1,1792	-0,2080	0,3840	38	-0,54	0,5915
FC (kgf)	COM	4,8575	0,7555	-0,7000	0,3126	37	-2,24	0,0313 *
	SEM	1,7280	0,6593	0,1441	0,2128	37	0,68	0,5026

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = porcentagem de perda descongelamento; PCOC % = porcentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento; * 5% de significância.

Tabela 9 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 3 (B3) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina

VOL_N_B3								
Variável	Racto	Beta 0	EP	Beta 1	EP	GL Den	Valor t	Pr > t
drip loss (%)	COM	10,027	1,4575	-1,009	1,0996	37	-0,92	0,3646
	SEM	6,2236	1,1635	2,1886	1,0537	37	2,08	0,0448 *
pH LD 24 horas	COM	5,6142	0,1116	-0,055	0,0842	38	-0,66	0,5147
	SEM	5,4450	0,087	-0,036	0,0796	38	-0,45	0,6560
L*	COM	59,0850	1,6732	-3,411	1,2623	38	-2,70	0,0102 *
	SEM	56,9360	1,3039	-1,3	1,1929	38	-1,09	0,2828
a*	COM	9,5216	1,1403	0,0338	0,8603	38	0,04	0,9689
	SEM	9,3578	0,8886	0,501	0,813	38	0,62	0,5414
b*	COM	4,7948	0,7269	-0,899	0,5484	38	-1,64	0,1094
	SEM	2,9836	0,5664	0,5265	0,5182	38	1,02	0,3160
PDESC (%)	COM	12,282	1,9773	-3,272	1,4918	38	-2,19	0,0345 *
	SEM	8,8514	1,5409	-0,6	1,4097	38	-0,43	0,6726
PCOC (%)	COM	28,777	1,947	-1,417	1,4689	38	-0,96	0,3407
	SEM	23,624	1,5172	2,2147	1,3881	38	1,60	0,1189
FC (kgf)	COM	4,7358	1,1654	-1,148	0,8792	37	-1,31	0,1998
	SEM	1,6187	0,9206	0,5062	0,8535	37	0,59	0,5568

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = porcentagem de perda descongelamento; PCOC % = porcentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento; * 5% de significância.

Tabela 10 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 9 (B9) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina

VOL_N_B9								
Variável	Racto	Beta 0	EP	Beta 1	EP	GL Den	Valor t	Pr > t
drip loss (%)	COM	9,1605	0,6052	-0,6820	0,7958	37	-0,86	0,3968
	SEM	8,1361	1,0215	0,9593	2,222	37	0,43	0,6684
pH LD 24 horas	COM	5,5460	0,0435	-0,0060	0,0572	38	-0,10	0,9225
	SEM	5,4884	0,0730	-0,1830	0,1567	38	-1,17	0,2496
L*	COM	54,388	0,7054	0,4188	0,9275	38	0,45	0,6542
	SEM	53,838	1,1822	3,9053	2,5393	38	1,54	0,1323
a*	COM	9,8978	0,4466	-0,5130	0,5872	38	-0,87	0,3882
	SEM	10,044	0,7485	-0,3570	1,6076	38	-0,22	0,8253
b*	COM	3,5341	0,2988	0,1457	0,3929	38	0,37	0,7128
	SEM	3,3473	0,5007	0,4328	1,0755	38	0,40	0,6897
PDESC (%)	COM	8,0031	0,7846	0,0525	1,0315	38	0,05	0,9597
	SEM	5,6109	1,3148	5,8945	2,8241	38	2,09	0,0436 *
PCOC (%)	COM	26,85	0,7961	0,1368	1,0467	38	0,13	0,8967
	SEM	25,094	1,3341	1,9544	2,8656	38	0,68	0,4994
FC (kgf)	COM	3,9249	0,4518	-1,0450	0,5940	37	-1,76	0,0867 +
	SEM	1,8139	0,7624	0,7454	1,6283	37	0,46	0,6498

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = porcentagem de perda descongelamento; PCOC % = porcentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento; * 5% de significância; + = 10% significância.

Tabela 11 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 15 (B15) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina

VOL_N_B15								
Variável	Racto	Beta 0	EP	Beta 1	EP	GL Den	Valor t	Pr > t
drip loss (%)	COM	8,6766	0,5532	0,0165	0,1884	37	0,09	0,9307
	SEM	6,9747	0,6085	1,2688	0,4276	37	2,97	0,0052 **
pH LD 24 horas	COM	5,5643	0,0433	-0,0090	0,0147	38	-0,59	0,5559
	SEM	5,4525	0,0396	-0,0320	0,0233	38	-1,38	0,1744
L*	COM	55,3930	0,7182	-0,2920	0,2446	38	-1,20	0,2394
	SEM	55,4200	0,6576	0,1038	0,3866	38	0,27	0,7898
a*	COM	9,3444	0,4491	0,0881	0,1530	38	0,58	0,5680
	SEM	9,6725	0,4112	0,1525	0,2418	38	0,63	0,5319
b*	COM	3,8912	0,2910	-0,1050	0,0991	38	-1,06	0,2975
	SEM	3,2593	0,2665	0,1996	0,1567	38	1,27	0,2104
PDESC (%)	COM	8,7828	0,8103	-0,2970	0,2760	38	-1,08	0,2881
	SEM	7,6337	0,7419	0,4177	0,4362	38	0,96	0,3443
PCOC (%)	COM	26,8490	0,8021	0,0355	0,2732	38	0,13	0,8974
	SEM	26,2510	0,7345	-0,2080	0,4318	38	-0,48	0,6321
FC (kgf)	COM	4,0120	0,4490	-0,3050	0,1529	37	-1,99	0,0535 +
	SEM	2,2972	0,4138	-0,1090	0,2418	37	-0,45	0,6544

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = porcentagem de perda descongelamento; PCOC % = porcentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento; ** 5% de significância; + 10% significância.

Tabela 12 – Estimativas de interceptos (Beta 0), coeficientes de regressão (Beta 1), respectivos erros padrão, valores da estatística t e probabilidades obtidas para as regressões das características relacionadas à qualidade da carne suína em função do volume normalizado da banda 19 (B19) significativamente alterada, para cada nível do fator ractopamina

VOL_N_B19								
Variável	Racto	Beta 0	EP	Beta 1	EP	GL Den	Valor t	Pr > t
drip loss (%)	COM	8,6558	0,4767	0,0494	0,2833	37	0,17	0,8626
	SEM	8,9309	0,5113	-0,5290	0,5554	37	-0,95	0,3475
pH LD 24 horas	COM	5,5264	0,0344	0,0127	0,0204	38	0,62	0,5375
	SEM	5,3819	0,0367	0,0354	0,0400	38	0,89	0,3816
L*	COM	54,376	0,5675	0,2252	0,3373	38	0,67	0,5084
	SEM	55,887	0,6061	-0,4470	0,6600	38	-0,68	0,5024
a*	COM	9,6605	0,3441	-0,0760	0,2045	38	-0,37	0,7139
	SEM	9,436	0,3675	0,6250	0,4002	38	1,56	0,1266
b*	COM	3,5711	0,2359	0,0457	0,1402	38	0,33	0,7465
	SEM	3,5030	0,2519	0,0497	0,2743	38	0,18	0,8573
PDESC (%)	COM	7,7288	0,6437	0,2448	0,3826	38	0,64	0,5260
	SEM	8,6494	0,6875	-0,5990	0,7486	38	-0,80	0,4290
PCOC (%)	COM	26,9900	0,6246	-0,0410	0,3712	38	-0,11	0,9130
	SEM	26,4230	0,6671	-0,6440	0,7264	38	-0,89	0,3808
FC (kgf)	COM	3,3021	0,3676	-0,0440	0,2185	37	-0,20	0,8423
	SEM	2,4148	0,4007	-0,3700	0,4290	37	-0,86	0,3946

pH LD 24 horas = pH *Longissimus dorsi* mensurado 24h após o abate; L*, a* e b* = mensuração de cor realizada no *Longissimus dorsi* com 24h; PDESC % = porcentagem de perda descongelamento; PCOC % = porcentagem de perda por cocção; FC = força de cisalhamento.

8 DISCUSSÕES

8.1 Qualidade da carne *in natura*

O pH é uma das características mais importantes referente à qualidade de carne, sendo um parâmetro amplamente utilizado para determinar o nível de acidificação e alcalinidade da carne. Além de ser uma das mensurações mais utilizada atualmente pela indústrias (praticidade e rapidez) para auxiliar na verificação da qualidade de carne, pesquisas demonstram a existência de uma forte associação entre o pH medido na linha de abate e as características qualitativas de carcaças suínas, como a capacidade de retenção de água, cor, maciez, suculência e sabor - propriedades associadas à solubilidade das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas (RÜBENSAM, 2001; BERTOLONI; SILVEIRA, 2003; LUCAS, 2012).

A avaliação do pH na primeira hora *post mortem* no músculo *Semimembranosus* (pH SM_{45 min}) é aceito como um critério importante para diagnosticar a qualidade final da carne. Os resultados para os efeitos da diferença de gênero, do tipo de castração e da suplementação de ractopamina na dieta para o pH SM_{45 min} encontram-se dentro dos valores esperados para carne suína normal, com um valor médio de 6,4. Isto demonstra que nas condições propostas neste projeto, a adição de ractopamina e a utilização de imunocastração simultaneamente não provocaram alterações no início do processo de conversão do músculo em carne. Deve-se ressaltar que outros fatores aleatórios como manejo pré-abate e temperatura ambiente também influenciam este processo. Essa faixa de normalidade é descrita na literatura com valores acima de 5,8 (BENDALL; SWATLAND, 1998). Em suínos, quando o pH atinge níveis inferiores a 5,8 dentro de 45 minutos *post mortem*, tem-se o indício da presença de carne PSE, segundo Hofmann (1988).

O pH final do músculo *Semimembranosus* (pH SM_{24 hs}) obtido demonstrou que a suplementação com ractopamina e a imunocastração não tiveram influência negativa sobre esta característica qualitativa, uma vez que todos os valores encontram-se dentro da faixa de normalidade para a carne suína. Costa, Ludke e Costa (2005) afirmaram que a faixa de pH inicial desejado para a carne suína está entre 6,0-6,5 e pH final entre 5,5-5,8.

Os músculos *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* são os músculos utilizados para a avaliação da qualidade da carne suína, através das medidas de pH inicial e/ou refletância por serem acessíveis em carcaças intactas. Os valores de pH destes músculos, medido no mesmo momento, se correlacionam entre si indicando que o padrão de declínio do pH num músculo é semelhante ao que está acontecendo no outro músculo. Em geral, o pH inicial do *Longissimus dorsi* é sempre um pouco inferior ao *Semimembranosus* (OURIQUE, 1989; RÜBENSAM, 2001), assim como foi verificado nesta investigação científica.

Com relação ao pH 24 horas, medida realizada no músculo *Longissimus dorsi* (pH LD_{24 hs}), o pH mais baixo para os animais sem a suplementação de ractopamina deve-se provavelmente à ausência dos efeitos do agonista β -adrenérgico, que promove a estimulação da glicólise. Tal estimulação no período anterior ao abate dos animais pode levar a redução das reservas de glicogênio muscular. Como consequência, a produção de ácido láctico que leva à acidificação *post mortem* ocorre de forma limitada, gerando assim um pH mais elevado (WARRISS; BROWN, 1987; WILLIAMS et al., 1994; FERNANDES, 1995).

De acordo com Felício (1986), o pH da carne suína, em condições normais, decresce para valores entre 5,3 e 5,7 no período de 24 horas após o abate, porém suínos abatidos em situações de estresse tendem a apresentar uma queda brusca no pH, podendo atingir um pH de 5,3 em 10 minutos.

Deve-se ressaltar que os resultados verificados neste estudo corroboram com os descritos por diversos autores (WARRISS, 2000; O'NEILL et al., 2003) para carne classificada como normal de acordo com o pH. No entanto, o pH mensurado nos animais imunocastrados que receberam a dieta sem a ractopamina apresentaram valores tendendo a carne PSE (5,3), conforme classificação descrita por Swatland (2008), o que permite concluir que o método de castração teve efeito sobre o pH final. Segundo Cronin et al. (2003), dados de literatura indicam que devido ao comportamento dos suínos machos imunocastrados, com maior nível de agressividade e atividade física, as reservas de glicogênio muscular podem reduzir, afetando o pH e qualidade da carne desse tipo de animal.

Tais resultados diferem dos descritos por Warriss e Brown (1987) que observaram que os animais suplementados com ractopamina, através do

mimetismo dos efeitos naturais das catecolaminas, poderiam desenvolver a carne PSE ou, ainda, poderia haver estímulo da glicólise e assim promover o consumo de glicogênio muscular *ante mortem*, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça após o abate.

Sendo assim, compreende-se que a interação entre o fornecimento de ractopamina e o método de castração não alteraram negativamente o pH final da carne de suíno. Isso pode ser comprovado pelo pH final das fêmeas que receberam ractopamina, cujo o pH final ficou em torno de 5,7 e dos machos imunocastrados que não receberam ractopamina com pH final médio de 5,3.

Muitos autores também não encontraram diferenças ($P > 0,05$) nos valores de pH final para alguns cortes cárneos de suínos alimentados com ractopamina, em relação aos animais controle (AALHUS et al., 1992; DUNSHEA; KING; CAMPBELL, 1993; STITES et al., 1994; STOLLER et al., 2003; XIONG et al., 2006; WATANABE, 2009; ATHAYDE, 2010; BOLER et al., 2011). Bridi et al. (2006) também não verificaram aumento da incidência de carne PSE ao estudarem o efeito da adição de ractopamina na dieta de suínos do genótipo halotano heterozigoto e homozigoto. Semelhantemente, Pauly et al. (2009), Gispert et al. (2010), Skrlep et al. (2010) não descreveram diferenças entre o pH de lombos (*Longissimus dorsi*) de fêmeas, machos castrados cirurgicamente e imunocastrados.

Embora os resultados encontrados para o pH inicial das carcaças (pH SM_{45min}) não estarem dentro da faixa considerada PSE, o pH final do LD (pH LD_{24hs}) em torno de 5,5 pode ter uma relação com os valores obtidos para as perdas por gotejamento ou exsudação (*drip loss %*). Esta exsudação possivelmente está relacionada com a queda do pH e consequentemente sua influência na integridade das proteínas miofibrilares no *post mortem*. Garrido (1994) encontrou altas correlações do pH final e de capacidade de retenção de água (CRA) nos músculos *Semimembranosus* e *Longissimus thoracis*.

Judge et al. (1989), Offer (1991), Rosenvold e Andersen (2003) e Ruiz (2007) afirmaram que o efeito mais importante da desnaturação que ocorre no *post mortem* das proteínas musculares é a perda da capacidade de retenção de água, sendo que o ponto de menor capacidade de retenção de água das principais proteínas no músculo (i.e. do ponto isoelétrico) é quando as carnes atingem o pH final em torno de 5,4-5,5. Estas proteínas, neste pH, por terem

cargas positivas e negativas em igual quantidade, encontram-se com aproximação máxima dos filamentos grossos e finos, acarretando na diminuição ou até no desaparecimento do espaço entre eles. Tal condição impossibilita a ligação destas moléculas com a água, reduzindo sua capacidade e estabilidade de retenção de água. E, geralmente é aceito que, quanto menor o pH final no músculo, a capacidade de retenção de água do músculo também diminui, resultando num aumento da superfície de exsudado muscular ou perda por gotejamento.

Embora a avaliação da capacidade de retenção de água, medida pela perda de água por gotejamento (*drip loss* %) verificada, neste estudo, não tenha demonstrado diferença significativa entre gêneros, suplementação com ractopamina e métodos de castração, os valores obtidos encontraram-se dentro uma faixa considerada aceitável como proposto por Warriss e Brown (1993), estando todos os resultados próximos ao limite para carne normal de 10% proposto pelos autores.

Contudo, outros valores para a percentagem de *drip loss* são encontrados na literatura, sendo também adotadas para a classificação da carne como normal a faixa que varia de 2,0 (PROST, 1985; KOCWIN-PODSIADLA, 1993, 1998; NPPC, 1999; KOCWIN-PODSIADLA et al., 2004) a < 5,0 (WARNER; KAUFFMAN; GREASER, 1997; VAN LAACK; KAUFFMAN, 1999; BRIDI et al., 2006; FORMIGHIERI, 2012) aceitando-se até 6,7 (BEATTIE; BRANDT; FEARNLEY, 1999). No entanto, Fisher (2007) afirma que a definição através de limiares é arbitrária e não consistente na literatura.

Assim como neste estudo, outras pesquisas demonstraram que a porcentagem de perda por exsudação (*drip loss*) não foi influenciada pela suplementação com ractopamina, pelos gêneros, ou método de castração (MØLLER; BERTELSEN; OLSEN, 1992; UTTARO et al., 1993; ZAGURY et al., 2002; STOLLER et al., 2003; BRIDI et al., 2006; WEBER et al., 2006; APPLE et al., 2008; PAULY et al., 2009; PAULY et al., 2010; JEONG et al., 2011; ATHAYDE et al., 2012; FORMIGHIERI, 2012; LI et al., 2015; MARTINS; SOARES; STEFFENSI, 2015). Lowe (2013) avaliando a interação da imunocastração e da suplementação de ractopamina também não observou alterações na perda por exsudação (*drip loss*) quando aumentou o nível de ractopamina na dieta, assim como Patience et al. (2009) estudando a inclusão

de 5ppm na dieta, e Athayde et al. (2012), que também não verificaram efeito da inclusão de ractopamina (0,5 e 10ppm) no lombo de machos castrados cirurgicamente e fêmeas.

Ao contrário dos resultados deste trabalho, outras investigações científicas verificaram diferença nos percentuais de *drip loss* entre os gêneros e/ou método de castração, como os conduzidos por D'Souza e Mullan (2002), que obtiveram maior capacidade de retenção de água em lombos de suínos machos imunologicamente castrados, machos castrados cirurgicamente e machos inteiros em comparação com as fêmeas. Škrlep et al. (2012), assim como, Caldara et al. (2013), verificaram menor perda por gotejamento em machos imunocastrados e fêmeas quando comparados aos machos castrados cirurgicamente. Braña et al. (2013) encontraram maior perda por gotejamento nos imunocastrados e, Batorek et al. (2012), constataram menor capacidade de retenção de água no lombo de machos inteiros do que nos machos castrados cirurgicamente e imunocastrados. Porém Jeong et al. (2011) observaram menor capacidade de retenção de água em barrigas de suínos imunocastrados e machos inteiros quando comparados a fêmeas e machos castrados cirurgicamente.

Por outro lado, outros estudos encontraram efeito positivo, diminuindo as perdas por gotejamento com a suplementação com ractopamina (UTTARO et al., 1993; CARR et al.; 2005). Hinson et al. (2014), ao fornecerem 7,4ppm de ractopamina, obtiveram menor *drip loss* quando comparados ao controle. Garbossa et al. (2013), avaliando o efeito de diferentes níveis de inclusão de ractopamina (0, 5, 10, 15 e 20ppm) em machos castrados cirurgicamente e fêmeas, verificaram que a perda de água por gotejamento decresceu linearmente a medida que aumentou a dose de ractopamina na dieta. Rocha et al. (2013), ao investigar o efeito da suplementação com ractopamina, método de castração e o genótipo Piétrain, concluíram que o fornecimento de ractopamina diminuiu as perdas por gotejamento. Os resultados averiguados demonstraram maiores perdas por gotejamento quando comparados a outras pesquisas (BRIDI et al., 2006; PAULY et al. 2009; ATHAYDE et al., 2012; BATOREK et al., 2012; ŠKRLEP et al. 2012; BRAÑA et al., 2013).

As perdas por gotejamento dependem do encurtamento de sarcômeros, que é regulado pela interação da temperatura muscular e desenvolvimento do

rigor mortis. Assim, as condições de resfriamento são muito importantes. No entanto, o ponto principal é a velocidade e a extensão da queda do pH após o abate. Todos os fatores que influenciam a ocorrência de desvios de qualidade como PSE, DFD, carne ácida, RSE, PFN, irão inevitavelmente afetar o grau de perda por gotejamento também. Em estudo realizado por Fisher (2007), um terço dos lombos com perda por gotejamento maior do que a média estavam vermelhos ao invés de pálidos, e um terço dos lombos com uma luminosidade superior à média, foram um pouco exsudativos. Existiu uma pequena tendência para uma maior perda de gotejamento, quando o peso vivo no momento do abate é aumentado de 110 a 160 kg. Isso pode ser o efeito de uma taxa mais lenta de resfriamento, devido provavelmente à camada de gordura mais espessa.

Uma das influências subsequentes da capacidade de retenção de água, pode ser observada na cor da carne, principalmente nos valores da luminosidade. Swatland (1993) e Rosenvold e Andersen (2003) atribuíram a alteração da luminosidade a água fora das células, resultado da exsudação.

A cor é um dos atributos sensoriais mais importantes que influenciam a decisão de compra, sendo, portanto, a luminosidade (L^*) instrumental um dos parâmetros utilizados para a classificação da carne suína em carne normal RFN (carne normal, sem anomalias), PSE (carne pálida, mole e exsudativa), RSE (cor normal, mole e exsudativa) ou DFD (carne dura, escura e firme) medida usando colorímetro. Segundo Puga, Contreras e Turnbull (1999) e Marchiori e Felicio (2003), a verificação da análise instrumental da cor da carne, em amostras de carne de diferentes espécies, é utilizada na determinação de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) operando no sistema *Commission Internationale de l'Éclairage* - CIE (L^* , a^* , b^*). Deve-se ressaltar que na avaliação da qualidade da carne suína é interessante associar os resultados de duas ou mais características de qualidade para uma estimativa mais segura (SILVEIRA, 2007).

A Associação Americana de Ciência da Carne (AMSA – *American Meat Science Association*, 2001) admite os valores de L^* entre 49 e 60 dentro dos padrões normais de qualidade da carne, que foi o padrão comparativo adotado neste estudo, estando, portanto, todos os valores de luminosidade dentro do intervalo do padrão normal de qualidade da carne suína.

Os resultados averiguados nesta investigação científica demonstraram haver significância ($P < 0,05$) entre a imunocastração e a suplementação com ractopamina na luminosidade (L^*), sendo o músculo dos machos imunocastrados que receberam ractopamina na dieta mais escuros do que os que não receberam a suplementação. Contudo, não foi constatada diferença entre os valores da intensidade da cor amarela (b^*) e intensidade da cor vermelha (a^*), indicando que o gênero, o método de castração e a suplementação com ractopamina não tiveram efeito sobre estes parâmetros.

Outros autores não encontraram diferenças nos valores de L^* , no entanto, observaram diferenças nos valores de a^* e b^* , entre machos imunocastrados, fêmeas e machos castrados cirurgicamente, sem a suplementação com ractopamina, diferentemente do observado nesta pesquisa. Silveira et al. (2006) obtiveram diferença estatística na cor instrumental (L^* , a^* e b^*) entre a carne de machos castrados cirurgicamente e imunocastrados, assim como Tonietti (2008) verificou que a imunocastração influenciou nos valores de L^* , a^* e b^* do músculo *Longissimus dorsi*. Já, Caldara et al. (2013) obteve valores mais baixos de L^* para os imunocastrados, sem verificarem diferenças para os valores de a^* e b^* . Škrlep et al. (2012) verificaram diferenças entre os valores de L^* , a^* e b^* de machos inteiros, machos castrados cirurgicamente e imunocastrados.

Contudo, Pauly et al. (2009), Gispert et al. (2010) e Athayde et al. (2012) relataram não haver diferenças significativas entre suínos imunocastrados, fêmeas e castrados fisicamente para os valores de cor objetiva (L^* , a^* e b^*) no músculo *Longissimus dorsi*, bem como Gökdal et al. (2010), ao avaliarem os lombos de suínos imunocastrados, não encontraram nenhum efeito da imunocastração nos parâmetros de cor objetiva. Škrlep et al. (2010) só encontraram diferença nos valores de b^* não notando diferenças significativas nos demais valores de cor (L^* e a^*) entre lombos de suínos imunocastrados e castrados fisicamente, no entanto, Formighieri (2012) verificou diferença nos valores de a^* e b^* entre os gêneros (machos castrados cirurgicamente, imunocastrados e fêmeas). Lowe (2013) encontrou diferença entre os gêneros (fêmeas, machos imunocastrado e castrados cirurgicamente) só nos valores de b^* .

Com relação a suplementação com ractopamina, diferente do que foi averiguado nesta investigação científica, Zagury et al. (2002), Armstrong et al.

(2004), Carr et al. (2005, 2009), Gonzalez et al. (2010), Hinson et al. (2014) e Formighieri (2012) não encontraram diferença significativa na coloração da carne de suínos suplementados com ractopamina. Contudo, Leal et al. (2014), ao estudarem diferentes níveis de ractopamina na dieta (0,3,6,9,12 e 15ppm), verificaram efeito quadrático para os parâmetros a^* e b^* . Aalhus et al. (1992) e Uttaro et al. (1993) também relataram alterações em a^* e b^* no lombo e no presunto de suínos suplementados com 20ppm de ractopamina. Patience et al. (2009) averiguaram que a suplementação com 5 e 10ppm de ractopamina não alteraram L^* , a^* e b^* , mas a suplementação com 20ppm resultaram em alterações na cor da carne. Stahl et al. (1997) obtiveram redução no valor de a^* na suplementação com 5ppm de ractopamina, bem como Athayde et al. (2012), que observaram diferença somente no valor de a^* na carne dos animais que receberam 10 ppm de ractopamina. Li et al. (2015) verificaram que o lombo de suínos alimentados sem ractopamina tiveram coloração mais pálida (maior valor de L^*) mais vermelha e mais amarela do que o lombo dos os alimentados com ractopamina.

Avaliando coloração de carne de suínos alimentados com ração contendo ractopamina, Boler et al. (2011), trabalhando com o músculo *Bíceps femoralis*, e Uttaro et al. (1993), notaram que o músculo dos animais tratados com RAC apresentaram-se mais escuros, menos avermelhados (menores valores de a^*) e com menores valores de b^* , quando comparados aos não tratados. Bem como Carr et al. (2005) e Athayde (2010) averiguaram que a RAC (10mg/kg) diminuiu os valores de a^* e b^* do músculo *Longissimus dorsi* e *Semimembranosus* (neste último em uma concentração de 20mg/kg de RAC), assim como Lowe (2013) que verificou diminuição no valor de a^* com o aumento da inclusão de ractopamina na dieta. Hinson et al. (2014) encontraram menores valores de b^* em lombos de animais tratados com RAC. Entretanto, Stites et al. (1994) e Watanabe (2009) não encontraram diferenças significativas nos valores de cor (L^* , a^* e b^*) para os animais tratados com RAC.

No entanto, para a classificação da qualidade da carne suína, existe na literatura discrepância entre os valores da luminosidade para esses padrões. Autores como Honikel et al. (1986) que reportaram os valores de $L^* > 50$ para PSE, < 50 para RSE, ≤ 50 para RFN e ≤ 43 para DFD, para Van der Wal, Bolink e Merkus (1988), os valores de L^* ao redor de 52,2-54,8 para carne normal, PSE

57,1-61,3 e, DFD 40,9-44,5. Warriss e Brown (1993) propuseram os valores de L^* de 54 em carne sem anomalia, 60-66 para carne PSE e, 42-48 para carne DFD. Kauffman et al. (1993) sugeriram os valores de $L^* > 58$ para carne PSE, 52-58 para RSE ou RFN e < 52 para DFD. Warner, Kauffman e Greaser (1997) classificaram em função da luminosidade (L^*) do lombo PSE 54,9 - 56,1, RSE 46,6 - 48, RFN 44,8 - 46,2 e, DFD 37,6 - 39. Já Van Laack e Kauffman (1999) adotaram os valores de $L^* 55,9 \pm 0,5$ para carne PSE, $47,2 \pm 0,4$ para RSE e $45,1 \pm 0,5$ para RFN. Joo et al. (1999) definiram os valores de L^* de 54,0 para PSE, 46,1 RSE, 44 - 46,5 para RFN e 41,7 para DFD. Já Ramos e Gomide (2009) descrevem os valores de L^* para carne normal estarem dentro da faixa de 45 a 53.

Os valores da maciez instrumental expressos pela força de cisalhamento, mensurados em texturômetro, obtidos neste estudo demonstraram que ocorreram diferença entre os gêneros, método de castração e suplementação com ractopamina. O fornecimento de ractopamina na dieta influenciou negativamente a maciez do lombo dos suínos machos imunocastrados e fêmeas quando comparados aos animais do mesmo gênero que não receberam a suplementação e dos machos castrados cirurgicamente. Contudo, nos machos castrados cirurgicamente tal efeito não foi verificado.

Na literatura são encontrados diversas referências de textura objetiva e maciez subjetiva (sensorial) bem como a correlação entre elas, como parâmetros para a classificação de maciez e dureza variando de 2,24 a 3,01kgf (SILVEIRA, 2007), 3,88kgf (38N) (VAN OECKEL; WARNANTS; BOUCQUÉ, 1999), 4,28kgf (42N) (MILLER et al., 1995) até 6,0kgf (YVERSEN et al., 1995), neste estudo o valor referência adotado foi de 3,2kgf como limite entre maciez e dureza para carne maturada por sete dias (NPPC, 1999). Hamill et al. (2012) relataram que em estudos realizados em laboratório, com painéis sensoriais, indicaram que valores de força de cisalhamento da carne suína superiores a 4,69kgf são considerados "duros". Sendo assim, pode-se classificar como macia a carne de todos os tratamentos, uma vez que o maior valor para a força de cisalhamento encontrada foi de 3,34kgf sem maturação.

O valor obtido para a força de cisalhamento na carne dos animais, que não receberam a suplementação com ractopamina, machos imunocastrados, castrados cirurgicamente e fêmeas, neste estudo foi menor que o verificado por

diversos autores tais como Pauly et al. (2009), que encontraram um efeito significativo da imunocastração na maciez da carne. O uso da imunocastração resultou em valores significativamente mais baixos (3,45kgf) da força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi*, quando comparados com machos castrados (3,70kgf) e inteiros (3,77kgf).

Outros autores também relataram valores maiores na força de cisalhamento tais como Tonietti (2008) que obteve valores de força de cisalhamento de 4,10 e 4,22 para machos imunocastrados e castrados cirurgicamente, respectivamente e, Formighieri (2012) que obteve 3,42kgf para machos imunocastrados, 3,30kgf para machos castrados cirurgicamente e 3,29kgf para as fêmeas. Caldara et al. (2013), que estudando as características da carcaça e qualidade da carne de suínos fêmeas, machos imunocastrados e castrados cirurgicamente, obtiveram valores de 3,61, 4,17 e 3,63kgf, respectivamente e consideraram os valores adequados para a maciez em carne suína. E, Li et al. (2015) verificaram que a imunização contra o GnRF aumentou ligeiramente a força de cisalhamento do lombo.

Diferentemente do verificado por Silveira et al. (2006), que não encontrou diferença na força de cisalhamento do lombo de machos castrados cirurgicamente e imunocastrados e, Athayde et al. (2012), que não observaram diferenças na textura objetiva dos lombos de machos castrados cirurgicamente e fêmeas, encontrado o valor de 5,20kgf.

Elsbernd, Patience e Prusa (2016) também não verificaram diferenças na força de cisalhamento, cor, pH, perda por cocção, quando compararam a qualidade e as características sensoriais (painel sensorial) da carne de suínos de diferentes gêneros e tipo de castração (fêmeas, machos inteiros, castrados cirurgicamente e imunocastrados) e não encontraram diferenças nas características sensoriais (odor e sabor), físicas e químicas entre fêmeas, machos imunocastrados e castrados cirurgicamente, exceto para marmoreio nas amostras congeladas. Os resultados demonstraram que a carne suína oriunda de machos castrados imunologicamente, é semelhante à carne dos machos castrados fisicamente em termos de características de qualidade sensorial e, entre produtos frescos e congelados.

Kristensen et al. (2004) e Bee et al. (2006) explicaram que o aumento na maciez pode estar relacionado ao crescimento compensatório antes do abate,

que é seguido por um aumento no potencial proteolítico (razão calpastatina I-calpaína) e maior taxa de maciez. Albrecht (2011), ao estudar os efeitos da imunocastração na qualidade da carne, encontrou valores de força de cisalhamento com grande variação, tanto entre os grupos tratados, bem como entre indivíduos.

Uma das causas da maior força de cisalhamento em carnes de suínos alimentados com β -adrenérgicos pode estar relacionada ao aumento do diâmetro das fibras musculares e redução da proteólise *post mortem*. Segundo Walker et al. (1989), a força de cisalhamento é dependente da inclusão de beta-agonista, ou seja, quanto maior for o nível de inclusão, mais dura será a carne. Estudos reportaram uma relação inversa da maciez da carne e suplementação das dietas com ractopamina (JONES et al., 1985; WALKER et al., 1989; WARRISS et al., 1990; UTTARO et al., 1993; CARR et al., 2005; XIONG et al., 2006; FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008; LEONARDO, 2008).

Os resultados da força de cisalhamento deste estudo, para a suplementação com 10ppm de ractopamina para fêmeas (3,14kgf), machos castrados cirurgicamente (2,86kgf) e imunocastrados (3,34kgf) quando comparados aos valores do grupo que não recebeu ractopamina, corroboram com os verificados por Formighieri (2012), que não encontrou diferença entre o grupo controle (3,15kgf) e o suplementado com 7,5ppm de ractopamina (3,51kgf).

Leal et al. (2014) constataram aumento linear ($P < 0,05$) na força de cisalhamento do músculo *Longissimus dorsi* dos suínos conforme aumentaram os níveis de ractopamina na dieta, ou seja, a cada 1,0ppm de ractopamina ocorre uma variação de 235,789 gramas na força de cisalhamento. Amin (2013) verificou que a suplementação de 20ppm de ractopamina durante 28 e 35 dias aumenta a força de cisalhamento da carne suína ao estudar o efeito de diferentes níveis e tempo de suplementação com ractopamina na qualidade da carne suína. Silva (2013) também relatou um aumento de 13% na textura da carne de animais suplementados quando comparados aos não suplementados, assim como Athayde et al. (2012), que também encontraram maior força de cisalhamento (5,90kgf) para suplementação com 10ppm de ractopamina quando comparadas a suplementação com 5ppm (5,04kgf) e sem suplementação (4,56kgf).

Por outro lado, outros estudos não encontraram diferenças na maciez da carne de animais suplementados com ractopamina quando comparados ao grupo controle, assim como os desenvolvidos por Merkel et al. (1990); Stites et al. (1991); Stoller et al. (2003) e Apple et al. (2008), que não verificaram em seus resultados diferenças significativas de textura entre lombos do tratamento com ractopamina (10mg/kg) e do controle. Kim et al. (2007) não encontraram diferenças significativas nos valores de força de cisalhamento entre lombos de machos inteiros, castrados cirurgicamente e imunocastrados, Fernández-Dueñas et al. (2008) relataram que embora os valores da força de cisalhamento fossem maiores, os provadores treinados não conseguiram detectar essa diferença, assim como Braña et al. (2013), que reportaram que os consumidores não perceberam diferenças na maciez da carne suína de animais suplementados com diferentes níveis de ractopamina e gêneros diferentes (fêmeas, machos castrados cirurgicamente e imunocastrados).

As perdas por cocção e descongelamento também são indicativos da capacidade de retenção de água do músculo bem como da integridade das proteínas. Segundo Sahrpy e Marsh (1953), e Filho, Braga e Mata et al. (2002) quando os músculos se contraem durante o congelamento, existe o perigo de romper as estruturas celulares que só irão ser percebidas durante o descongelamento sob a forma de exsudado, que é proveniente do rompimento das células da carne. As perdas por descongelamento podem chegar a 47% do peso total, isso em função da severa contração que ocorre durante o processo.

Os mesmos fatores que agem sobre a perda de peso por exsudação, também influenciam a perda de peso da carne cozida, uma vez que as diferenças relativas se mantêm após o aquecimento. A perda por cozimento é devido ao encolhimento das miofibrilas durante o processo, e pode variar ao longo do tempo e temperatura de cozimento, uma vez que temperaturas elevadas podem causar a desnaturação de proteínas e perdas da gordura intermuscular (PARDI et al., 2006; CALDARA et al., 2013).

O gênero, o método de castração e a suplementação com ractopamina não influenciaram nas perdas de água por descongelamento e cocção averiguadas neste trabalho científico. Tais resultados são semelhantes aos verificados por diversos autores que também não observaram diferenças significativas nos percentuais de perda de peso na cocção, quer seja em suínos

suplementados ou não com ractopamina, de gêneros ou métodos de castração diferentes (WARRISS et al., 1990; MØLLER; BERTELSEN; OLSEN, 1992; ZAGURY et al., 2002; STOLLER et al., 2003; APPLE et al., 2004; BRIDI et al., 2006; SILVEIRA et al., 2006; APPLE et al., 2008; FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008; TONIETTI, 2008; PAULY et al., 2009; BETTS, 2011; ATHAYDE et al. 2012; ŠKRLEP et al., 2012; CALDARA et. al., 2013).

Contudo, outros autores reportaram redução nos percentuais das perdas por cocção quando os animais foram suplementados com ractopamina. Uttaro et al. (1993) averiguaram que quando 20mg/kg de ractopamina foram adicionados à dieta, houve diminuição da perda de peso por cocção. Oliveira (2006) encontrou 17,3% a menos de perda por cocção com o uso de ractopamina, mesmo efeito observado por Betts (2011), que observou menores perdas por cocção quando os animais receberam 5 e 10ppm de ractopamina quando comparados ao controle.

Da mesma maneira, Athayde et al. (2012) verificaram que o LM de suínos alimentados com 10 mg/kg tiveram menores percentuais de perda de cozimento do que o lombo dos alimentados com 5mg/kg de RAC e, Leal et al. (2014) verificaram para a perda de líquido no descongelamento do lombo, efeito linear da suplementação de ractopamina nas dietas. O aumento da quantidade de ractopamina proporciona uma diminuição na porcentagem na perda de líquido no descongelamento, atingindo 5,30% com a dose de 15ppm, ou seja a medida que aumentou a quantidade de ractopamina diminuíram as perdas por descongelamento e, nas perdas por cocção, a inclusão de 9ppm de ractopamina apresentou o menor percentual de perda (5,29%).

Resultados inversos foram observados por Ramos e Silveira (2002), que verificaram que suplementação de dietas de suínos com um agonista β -adrenérgico produziu as maiores perdas de cozimento, quando comparado com a carne dos animais do grupo controle. Formighieri (2012) não encontrou diferença para perdas por cocção entre fêmeas, machos castrados cirurgicamente e imunocastrados, no entanto verificou que os lombos de suínos alimentados com 7,5ppm de ractopamina apresentaram maiores valores ($P < 0,0001$) no percentual de perda de cozimento (24,6%) do que no controle (22,4%).

Os percentuais de perdas por cocção encontradas nesta pesquisa foram semelhantes aos relatados por Silveira et al. (2006), Tonietti (2008), Škrlep et al. (2012), Caldara et al. (2013), e Silva (2013). Menores que os verificados por Bridi et al. (2006), Athayde et al. (2012), Leal et al. (2014) e, maiores que os resultados obtidos por Pauly et al. (2009) e Formighieri (2012). E, as perdas por descongelamento foram menores que os descritos por Pauly et al. (2009) e Silva (2013) e, maiores que os observados por Bridi et al. (2006) e Leal et al. (2014).

Embora os valores para a perda por gotejamento (*drip loss*) tenham sido altos, os outros parâmetros usados como indicativos da capacidade de retenção de água (perdas por cocção e descongelamento) encontram-se dentro de uma faixa considerada normal, ou seja, a adição de ractopamina na dieta e o método de castração não influenciaram negativamente estes critérios usados para definir a qualidade tecnológica da carne.

8.2 Perfil proteico da carne *in natura*

No presente estudo, a suplementação com ractopamina resultou em bandas com maiores percentagens de volume normalizado em 83,33% das bandas que apresentaram diferença no volume de expressão (Tabelas 4 e 5, Figura 2), o que significa maior abundância de peptídeos quando comparado à carne dos animais que não receberam a ractopamina na dieta.

Em função desta informação, pode-se inferir que os β -agonistas fornecidos na dieta, contribuíram na mudança do perfil peptídico, corroborando com que foi relatado em várias investigações científicas que verificaram a correlação positiva ($P < 0,05$) entre o fornecimento de ractopamina e o aumento da deposição muscular na carcaça (CONVEY et al., 1987; DUNSHEA; KING; BIDEN, 1991; STITES et al., 1991; STITES et al., 1994; BARK et al., 1992; MØLLER; BERTELSEN; OLSEN, 1992; UTTARO et al., 1993; MITCHELL et al. 1994; CROME et al., 1996; SILVEIRA; TONNIETI; MAYUMI, 2005; SILVEIRA, et al., 2006; SILVEIRA, 2007; MARINHO et al., 2007).

No presente estudo, obteve-se 27 bandas com pesos moleculares variando de 197,683kDa a 17,692kDa (Tabela 3). O número de bandas e a faixa de peso molecular das proteínas contidas nelas pode indicar que houve um intenso processo de proteólise 24h *post mortem* resultando em fragmentos das

proteínas originais, com menor peso molecular, e/ou que pode ter acontecido alguma diferenciação (quantidade, comprimento de polipeptídios), o que alteraria o proteoma.

A identificação de pequenos peptídeos, naturalmente derivados de proteínas miofibrilares como cadeia leve de miosina I, titina e actina, amplia o conhecimento sobre as diferentes proteinases que influenciam as propriedades dos alimentos (Bendixen et al., 2011).

Lametsch, Roepstorff e Bendixen (2002), investigando as alterações *post mortem* no lombo de suínos, identificaram 18 peptídeos oriundos de 9 proteínas diferentes incluindo três proteínas estruturais (actina, miosina de cadeia pesada, e troponina T) e seis proteínas metabólicas (glicogênio-fosforilase, creatina quinase, fosfopiruvato hidratase, miocinase, piruvato-quinase, e di-hidrolipoamida succiniltransferase. O peso molecular e sequência de comprimento estimado dos pontos identificados mostram que estes fragmentos resultam da atividade proteolítica na carne. Semelhantemente, Morzel et al. (2008) relataram 37 *spots* alterados durante 72 horas após abate, incluindo as proteínas estruturais e metabólicas.

Di Luca et al. (2013a), estudando a influência da maturação durante sete dias nas alterações do proteoma de carne suína *post mortem*, verificou que no exsudato muscular existem evidências de degradação de proteínas estruturais. A proteólise provoca alterações do proteoma, comprometendo de proteínas miofibrilares. Neste processo, ocorre a consequente geração de fragmentos, caracterizado pela obtenção de pesos moleculares mais baixo que os verificados em relação a proteína original.

As diferenças no peso molecular observados entre as bandas, demonstra que houve diferença ($P < 0,05$) na abundância de expressão de peptídeos e, isto está correlacionado tanto as características do músculo que são influenciadas pelos fatores *ante mortem*, quanto às mudanças bioquímicas que ocorrem durante o processo de conversão do músculo em carne.

Modificações químicas e físicas ocorrem no músculo nas primeiras 24 horas *post mortem*, determinando as características e as propriedades da carne. A raça ou genótipo, idade ao abate, sexo, alimentação, sistema de criação, uso de agentes hormonais e manejo pré-abate, são fatores *ante mortem* que comprovadamente atuam sobre a qualidade final da carne, bem como a taxa e a

extensão em que os processos metabólicos *post mortem*, que influenciam muito as características qualitativas da carne, tais como maciez, cor, sabor e capacidade de retenção de água (KOOHMARAIE, 1996; LAWRIE, 1998; LAMETSCH; BENDIXEN, 2001; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005; OUALI et al., 2006; TRINDADE; GRESSONI JÚNIOR, 2008; PAREDI et al., 2012).

A expressão do genoma no tecido muscular, incluindo o proteoma é muito flexível ao longo da vida para se adaptar às novas condições que afetam, por exemplo, conteúdo de glicogênio, a capacidade oxidativa, a taxa de degradação protéica no músculo. As características de qualidade de carne são fortemente influenciados pela fisiologia no *post mortem*, que é dependente da composição muscular. A parte metabólica do proteoma do músculo no momento do abate influencia os processos fisiológicos *post mortem* (BECKER et al, 1989; TARRANT, 1989; KEANE; ALLEN, 1998; YOUNG; BERTRAM; OKSBJERG, 2009; TE PAS et al., 2009; TE PAS et al., 2011a, b).

A qualidade tecnológica da carne depende das características estruturais e funcionais das proteínas musculares bem como da sua integridade e metabolismo *post mortem*. Compreender a estrutura básica que forma o sarcômero, bem como seu funcionamento, possibilita o entendimento dos resultados dos eventos *post mortem* dos atributos de qualidade final da carne.

Dentre as proteínas musculares destacam-se as miofibrilares estruturais contráteis (miosina e actina), as reguladoras (troponina, tropomiosina, proteína M, proteína C, proteína F e actininas), as proteínas citoesqueléticas (*scaffolding protein*- titina, nebulina, desmina e proteína Z) e, as proteínas sarcoplasmáticas tais como a mioglobina, hemoglobina, todas as enzimas da glicólise e a maior parte das enzimas da síntese de carboidratos e de proteínas (JUDGE et al., 1989; SGARBIERI, 1996).

A conversão do músculo para carne envolve mudanças drásticas no metabolismo, no qual o proteoma sarcoplasmático desempenha um papel crítico. Compreende proteínas e enzimas solúveis, constituindo aproximadamente um terço do total das proteínas os músculos esqueléticos, e regula os processos bioquímicos que influenciam o metabolismo do músculo (SCOPES, 1970; JIA et al., 2006).

O aparato contrátil é organizado em uma unidade funcional, o sarcômero, que consiste da combinação de filamentos finos e grossos. O filamento fino, que

está ancorado pelo citoesqueleto à linha Z, consiste da polimerização de hélices de actina, com moléculas de tropomiosina ancoradas. Uma molécula de tropomiosina é associada com sete moléculas de actina e um complexo de troponina é associado com cada tropomiosina. A troponina consiste de três subunidades: troponina T, que representa o sítio de ligação à tropomiosina, troponina C, que representa o sítio de ligação ao cálcio e troponina I, que é a subunidade que inibe a formação de pontes cruzadas entre a actina e a miosina quando a concentração de cálcio no meio intracelular está abaixo do limiar de ativação. O filamento grosso consiste de dímeros de CPM (cadeia pesada da miosina) de aproximadamente 200kDa e 4 cadeias leves de 20kDa as quais possuem importante papel durante a contração muscular. A região NH₂-terminal de cada CPM termina em uma cabeça globular denominada região S1 que possui um sítio de ligação para o ATP (atividade ATPásica) e outro para ligação com a actina (EISENBERG; SALMONS, 1981; SCHIAFFINO; REGGIANI, 1996; LIBERA; CARPENE, 1997; LIANG et al., 2007; CAMMARATO et al., 2008).

As proteínas miofibrilares constituem de 40-60% do total de proteínas da carne, sendo que a miosina corresponde a 50-60%, e, a actina que representa 20-25%, sendo as principais responsáveis pelas propriedades funcionais dos produtos cárneos. Numerosos tipos de miosina, constituindo 18 classes distintas, foram descritos. Nas células musculares a miosina presente é a do subgrupo chamado classe II ou miosina convencional, que é uma miosina sarcomérica, estando associada ao processo de contração muscular. Assim, a miosina das células musculares é considerada um “motor molecular” devido à capacidade de converter a energia química liberada pela hidrólise do ATP em força mecânica e sendo, portanto, extremamente importante na contração muscular (GOLL, 1991; SGARBIERI, 1996; LU et al., 1999; LIANG et al., 2007).

Modificações nestas proteínas, quer sejam na estrutura, quantidade, funcionalidade ou expressão, alteram tanto a especificidade do sarcômero quanto a manutenção da sua integridade no *post mortem*. No caso de intervenções *ante mortem*, o fornecimento de ractopamina nas dietas e sua relação no *post mortem* com a redução ou aumento das perdas de água por exsudação (*drip loss* e *cocção*) na qualidade da carne foi demonstrada em investigações científicas (UTTARO et al., 1993; CARR et al., 2005; HINSON et al., 2014; JEONG et al., 2011; LEAL et al., 2014).

Embora não tenham sido verificadas diferenças estatísticas ($P < 0,05$) no fornecimento de ractopamina sobre a característica de capacidade de retenção de água (perdas de água por gotejamento, descongelamento e cocção), o *drip loss* encontrado foi alto (Tabela 2) e, este resultado pode estar ligado com o fornecimento de β -agonistas adrenérgicos na alimentação de suínos. A possibilidade de tal inferência é devida a diferenças na abundância ou perfil de polipeptídeos, que com o aumento percentual do volume da banda, desencadeou o aumento dos percentuais de *drip loss* e de perda por descongelamento quando não houve a suplementação e, a redução do percentual de perda por descongelamento quando houve o fornecimento de ractopamina, verificados no presente estudo, quando foi realizada a análise eletroforética unidimensional na carne (Tabelas 7 a 12), sendo assim os resultados permitem conjecturar que a inclusão de ractopamina na dieta dos animais tem correlação com a capacidade de retenção de água da carne, podendo ser pela sua ação direta no metabolismo proteico, na expressão das proteínas, na desnaturação proteica, na manutenção da integridade das miofibrilas, ou seja, nas alterações do proteoma no *post mortem*.

A influência na qualidade da carne nas modificações *post mortem* de várias proteínas estruturais, tais como actina, miosina, troponina T, e proteínas metabólicas, tais como glicogênio fosforilase, creatina quinase, e di-hidrolipoamida succinil transferase têm sido descritas em *Longissimus dorsi*. Estas alterações *post mortem* iniciais das proteínas musculares, incluindo a taxa e extensão da queda do pH, proteólise e oxidação são fatores chave que influenciam a perda de água na carne, e a degradação proteolítica pode resultar numa diminuição das células musculares e nas perdas por gotejamento (LAMETSCH et al., 2002; BERNEVIC et al., 2011).

A base comparativa dos pesos moleculares das proteínas utilizados são descritos nos bancos de dados de identificação de proteínas, no entanto, também são utilizadas informações de outros mamíferos, uma vez que as informações genômicas são incompletas para as proteínas de suíno.

Investigações científicas como as conduzidas por Lametsch , Roepstorff e Bendixen (2002), Lametsch et al. (2003, 2006), Hwang et al. (2005), Sayd et al. (2006), Xiong et al. (2006), Van de Wiel e Zhang (2007), Kwasiborsk et al. (2008a, b), Choi et al. (2010), Di Luca et al. (2013a, b), Montowska e Pospiech

(2013), Lomiwes et al. (2014), Marino et al. (2013), Canto et al. (2015) e Lima et al. (2015), obtiveram diferenças entre o comprimento da cadeia, peso molecular e/ou o ponto isoelétrico teórico e experimental na identificação de diversas proteínas do proteoma do músculo, relacionadas a maciez, *drip loss* e cor.

Essa divergência entre o banco de dados e os trabalhos desenvolvidos, demonstra que a acurácia da identificação somente é possível quando realizado o aprofundamento no estudo do proteoma utilizando, entre outras tecnologias, a eletroforese bidimensional e espectrometria de massas.

Sendo assim, pode-se inferir que provavelmente, nas bandas 1 a 10 (197,683 a 38,807kDa) estão presentes, possivelmente, as proteínas que fazem parte da estrutura e funcionalidade do sarcômero, ou seja, com o proteoma do músculo e conseqüentemente com as mudanças *post mortem* na sua conversão em carne, relacionadas tanto com a capacidade de retenção de água (*drip loss* e perda de água por descongelamento), como com a maciez objetiva (força de cisalhamento), tais como cadeia pesada da miosina (223,3kDa), filamina (291,2kDa), α -actinina (103,85kDa), vinculina (123,95kDa), integrina (88,25kDa), desmina (53,63kDa), actina (42,05kDa), troponina (43kDa). Na faixa compreendida entre a banda 11 até a 27 (60,795 a 16,786kDa), possivelmente estão presentes a troponina T (31,3kDa), tropomiosina- α (32,71kDa), tropomiosina- β (33,35kDa), tropomiosina (33,37kDa), troponina C (18,42kDa), troponina I (21,33kDa), miosina de cadeia leve I (21,15kDa), miosina de cadeia leve II (18,97kDa), isoformas miosina cadeia pesada (22,40kDa), β -actina (29,41kDa), α -actina (suíno - 19,83kDa), α -actinina (suíno - 11,33kDa), miosina de cadeia lenta- β (20,23kDa), entre outras.

Conforme Di Luca et al. (2016), quando as proteínas identificadas estiverem em um *spot* próximo da proteína original pode-se aludir que degradação das proteínas originais com a acumulo de fragmentos com um peso molecular mais baixo. Quanto maior quantidade de fragmentos, maior foi a ação proteolítica na estrutura do filamento.

A massa muscular magra contém aproximadamente 75% de água, 20% de proteínas), 5% de lipídeos, 1% de carboidratos e 1% vitaminas e minerais. As proteínas miofibrilares respondem por 75% da capacidade de retenção de água e qualquer fator que as afetar, entre eles pH, contração muscular e a desnaturação destas proteínas, produzirá efeitos sobre a capacidade de

retenção de água. Estas proteínas são bem adaptadas para reterem água por causa da sua estrutura de filamento, e as grandes mudanças nessa retenção são resultados das alterações na estrutura dos filamentos, o que resulta em desnaturação dessas proteínas (LAWRIE, 1998; OFFER; TRINICK, 1983; JUDGE et al., 1989; OFFER; COUSINS, 1992; LAMETSCH; ROEPSTORFF; BENDIXEN, 2002).

No músculo vivo, a maioria da água é retida dentro e entre as miofibrilas, entre as miofibrilas e o sarcolema, ou entre as fibras musculares e feixes musculares. Durante o período *post mortem*, a degradação das proteínas miofibrilares, especialmente proteínas do citoesqueleto, podem influenciar o grau de encolhimento das fibras musculares, a qual é, em última instância, convertidos em perda de gotejamento (OFFER et al., 1989; JOO et al., 1999; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

A proteólise das proteínas miofibrilares dentro da miofibrila no *rigor* (pH < 5,7) pode reduzir a resistência dos retículos miofibrilares a forças externas, o que poderia modificar irreversivelmente o espaçamento entre as miofibrilas, resultando num aumento da perda de água por gotejamento, sendo que estas mudanças na estrutura da proteína podem também contribuir para a redução da capacidade de ligação das proteínas musculares com a água (RESS et al., 2003; BOND; WARNER, 2007).

As perdas por gotejamento são maiores onde são encontradas as proteínas em abundância, tais como actina, titina, nebulina e a miosina, que constituem cerca de 80% do total proteínas musculares (Lametsch et al., 2006) e, a taxa e a extensão da degradação das proteínas do citoesqueleto, especialmente desmina, afeta a capacidade de retenção de água durante o armazenamento *post mortem* (ZHANG et al., 2006).

Uma menor quantidade de miosina quando o músculo apresenta alto *drip loss*, pode indicar uma alteração de componentes estruturais na miofibrila, que afeta diretamente a capacidade de retenção de água (OFFER; TRINICK, 1983), assim como a descrição feita por Di Luca et al. (2013b) que averiguaram maior abundância de tropomiosinas no fenótipo alto *drip loss* quando comparado com o baixo *drip loss*.

Os músculos com um maior grau de desnaturação das proteínas tiveram valores de pH mais baixos a 45 min e 24 h *post mortem*, bem como maior *drip*

loss e luminosidade, do que os músculos com um menor grau de desnaturação das proteínas (CHOI et al., 2010). Além da influência do baixo pH, o *drip loss* alto leva a um elevado grau de desnaturação da miosina, suportando a hipótese de que a perda por gotejamento excessivo da carne suína, nestas condições, tem grande influência dessa desnaturação (OFFER, 1991; WARNER; KAUFFMAN; RUSSEL, 1993).

A intensidade da desmina intacta em dois e sete dias *post mortem* foi negativamente correlacionada com o *drip loss* após 5 e 7 dias de armazenamento, demonstrando assim que o nível elevado de degradação da desmina tem correlação com a melhoria da capacidade de retenção de água, ou seja, a degradação do citoesqueleto foi responsável por um aumento na capacidade de retenção de água durante a maturação. A degradação desmina limitada (em comparação com a degradação mais extensa) tem sido proposto como responsável pelo encolhimento das células do músculo que, em última análise, contribui para a formação de lacunas entre as células do músculo e entre feixes musculares, sendo essas lacunas um canal para perda de água por gotejamento durante o armazenamento (OFFER; COUSINS, 1992; HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005; KRISTENSEN; PURSLOW, 2001; PURSLOW et al., 2001; MELODY et al., 2004).

Outra proteína da matriz citoesquelética que tem correlação com capacidade de retenção de água é a integrina, que se liga ao citoesqueleto na matriz extracelular. Evidências apontam sua influência sobre a formação de canais de gotejamento na carne suína e, tais canais contribuem para o *drip loss* no *post mortem*. Existe uma correlação com a redução/inibição da atividade da calpaína com a degradação da integrina e, assim com a formação do canal de gotejamento no músculo. Em carne com proteólise rápida, a perda da integridade do citoesqueleto e, portanto, das ligações extracelulares parece reduzir a abertura de grandes canais de gotejamento. A degradação precoce da integrina teve impacto sobre a distribuição e mobilidade de água durante o *post mortem*. Há uma correlação positiva entre a intensidade integrina no primeiro dia *post mortem* com o conteúdo de água intra-miofibrilar no sétimo dia, indicando que a quantidade de integrina intacta no primeiro dia *post mortem* tem correlação com diminuição do conteúdo de água entre as miofibrilas e/ou com o aumento do

espaçamento entre as miofibrilas (ZHANG et al., 2006; BEE et al., 2007; STRAADT et al., 2007).

Assim como as características estruturais dos tipos de fibras, as isoformas da miosina podem diferir na sua susceptibilidade à desnaturação das proteínas que, por sua vez, aumenta consideravelmente o encurtamento das miofibrilas, provocando a dispersão da luz (aumento da luminosidade) e, aumento do *drip loss*, sendo que maiores graus de desnaturação das proteínas mostraram maior teor de MCP isoforma rápida, sendo assim a MCP e os fragmentos de actina podem ser relacionados a extensão da desnaturação da proteína e assim as características de qualidade da carne suína (BOWKER et al., 2004a, b; CHOI; RUY; KIM, 2007).

A observação de várias proteínas utilizando 2-DE análise proteômica, possibilitaram a Kwasiborski et al. (2008a, b) concluírem que as intensidades dos *spots* destas proteínas tinham correlação com as medidas qualitativas da qualidade da carne, tais como o potencial glicolítico que foi positivamente correlacionado com a intensidade do *spot* da troponina T, e o pH_{24h} muscular foi negativamente correlacionado com a intensidade do *spot* da creatina quinase. Choi et al. (2010) relataram que as mudanças *post mortem* na miosina, actina, isoformas da troponina T e no glicogênio fosforilase podem explicar as variações no grau de desnaturação proteica e, assim as alterações na qualidade final da carne.

Estudando a desnaturação *post mortem* das proteínas musculares em carne suína, com diferentes pH e *drip loss*, Bernevic et al. (2011) verificaram que a concentração de proteínas com alto pH (5,8) e baixo *drip loss* (0,7%) foi mais elevada, o que pode ser explicado pelo aumento significativo de proteínas desnaturadas a um pH baixo (5,5) com elevado *drip loss* (5,1%). Os autores também relataram que os resultados mostraram que a desnaturação de proteínas miofibrilares foi predominante em um pH baixo (elevada perda de gotejamento), enquanto que as proteínas sarcoplasmáticas estavam essencialmente inalteradas. De aproximadamente 250 *spots* de proteínas, apenas 5 proteínas contráteis (actina, actinina, miosina de cadeia leve-1, miosina reguladora da cadeia leve e tropomiosina) foram encontrados desnaturadas.

Silva (2013) estudando o efeito da adição de ractopamina na dieta (14 dias com 7,4mg/kg e 14 dias com 10,0mg/kg), no proteoma sarcoplasmático na

carne de suínos, obtiveram 9 proteínas diferencialmente expressas. Na carne dos animais que não receberam ractopamina observaram grande abundância de 3-fosfato gliceraldeído desidrogenase, 1-fosfoglicomutamase. Estresse induzido fosfoproteína-1 foi verificada nos dois tratamentos. Já na carne dos animais que receberam a ractopamina albumina do soro, anidrase carbônica 3, L-lactato desidrogenase cadeia A, frutose-bisfosfato-aldolase A, cadeia leve de miosina 1/3 foram sobre abundantes. Concluíram que os resultados sugerem que a ractopamina influencia tanto a abundância de enzimas co-chaperonas quanto de enzimas envolvidas no metabolismo glicolítico, e a abundância diferencial das enzimas glicolíticas podem potencialmente influenciar a conversão do músculo em carne.

A maior parte da água do músculo no *post mortem* está ligado as estruturas miofibrilares da célula. Alterações destas estruturas, por exemplo devido a eventos *post mortem* precoces, como a taxa e extensão da queda do pH, proteólise e oxidação de proteínas, irá influenciar a capacidade de carne de reter água (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

Novas teorias sobre o papel das proteínas sarcoplasmáticas vem sendo estudadas, como a proposta sobre a relação da desnaturação das proteínas estruturais nas miofibrilas induzida pelo calor e a redução da capacidade de retenção de água da carne. Liu et al. (2015) propuseram que, em condições de PSE, as proteínas sarcoplasmáticas desnaturadas se agregam e formam uma rede de proteínas sarcoplasmáticas desnaturadas dentro das miofibrilas. Esta rede liga água e restringe o encurtamento da estrutura de filamentos e, assim, melhora a capacidade de retenção de água das miofibrilas. Os resultados demonstraram que a hipótese tem respaldo científico, uma vez que os autores observaram que as miofibrilas sem a presença do sarcoplasma teve as menores capacidades de retenção de água. No entanto, na presença de proteínas sarcoplasmáticas desnaturadas, a capacidade de retenção de água das miofibrilas desnaturadas pelo calor melhorou significativamente. As miofibrilas apresentaram desnaturação induzida pelo calor semelhante, com ou sem a presença do sarcoplasma, como indicado pela atividade de Ca^{2+} ATPase, enquanto a hidrofobicidade superficial foi maior na presença de proteínas sarcoplasmáticas desnaturadas.

A oxidação proteica é outra questão que deve ser considerada quando se estuda a qualidade tecnológica carne, uma vez que sua ocorrência compromete as características qualitativas, podendo afetar a estrutura e/ou metabolismo muscular, alterando as reações bioquímicas *post mortem* e, conseqüentemente o produto final.

A carbonilação é uma modificação irreversível e não-enzimática de proteínas, que envolve a formação de radicais carbonila, induzidas pelo estresse oxidativo e de outros mecanismos. Além da presença de metais de transição, mioglobina e lipídeos oxidantes, a oxidação das proteínas e aminoácidos é afetada por numerosos fatores ambientais, incluindo o pH, a temperatura, a atividade de água e a presença de outros promotores e ou inibidores, além das características intrínsecas, como o perfil metabólico do músculo, sua composição e estrutura (BERLETT; STADTMAN, 1997; XIONG, 2000; VILJANEN et al., 2004; PARK; XIONG; ALDERTON, 2007).

O estresse oxidativo é mensurado pelo nível de carbonilação das proteínas, o que acarreta em prejuízos ao metabolismo mitocondrial do músculo esquelético, afetando a dinâmica contrátil e a integridade das vias metabólicas, podendo provocar a perda da função celular devido alterações no metabolismo das células e, esta carbonilação é aumentada quando o músculo é submetido a exaustão/fadiga, exercícios de longa duração, dano muscular tais como contusão, lesão, tensão (DIAS et al., 2005; TOUMI; BEST, 2006).

A oxidação de proteínas miofibrilares tem um impacto sobre as características da carne, uma vez que envolve a alteração de aminoácidos essenciais, com a formação de resíduos de aminoácidos (ocasionando a perda de grupos sulfídricos) pela fragmentação, agregação e diminuição da solubilidade da proteína e a geração de derivados oxidativos. Além disso, as modificações oxidativas pós-tradução de proteínas miofibrilares podem estar associadas a alterações estruturais e funcionais importantes, tais como o comprometimento da homeostase do Ca^{2+} e da produção de energia nas mitocôndrias (KLEBL; AYOUB; PETTE, 1998; KAASIK et al., 1999; XIONG, 2000; TEREVINTO et al., 2010).

A modificação da estrutura nativa e/ou a integridade das proteínas musculares, como resultado da desnaturação e/ou fenômenos proteolíticos, é conhecido por afetar a qualidade carne, incluindo características de textura

maciez), cor, aroma, sabor, capacidade de retenção de água (por afetar a capacidade de ligação à água de membranas e contribuir para a perda por gotejamento) e funcionalidade biológica. A oxidação proteica provoca várias alterações físico-químicas das proteínas, incluindo a destruição de aminoácidos, com diminuição da solubilidade da proteína, devido à polimerização da proteína, a perda de atividade da enzima e a digestibilidade da proteína prejudicada. Tais alterações dependem da natureza do aminoácido oxidado, da atividade enzimática, da capacidade de retenção de água e, da estrutura da miosina (ARNOLD et al., 1993; TOLDRÁ, 1998; VAN LAACK et al., 2000; XIONG, 2000; HARRIS et al., 2001; FENAILLE; TABET; GUY, 2004; KEMP et al., 2010; ROWE et al., 2004a, b; BERTRAM et al., 2007; LUND et al., 2007; OOIZUMI; XIONG, 2008).

Alterações no nível de carbonilação na carne suína foram verificados por Bernevic et al. (2011), que encontraram correlações entre a perda por gotejamento e as carbonilações de proteínas. Predominantemente, proteínas carboniladas foram encontrados entre proteínas miofibrilares contráteis, como actina, isoformas de miosina e tropomiosina. Enquanto proteínas sarcoplasmáticas como creatina quinase e triosefosfatisomerase não apresentaram diferenças significativas em seu nível carbonilação.

Embora exista na literatura informações de que a inclusão de ractopamina reduz a maciez da carne, isto pode não ter ocorrido neste trabalho, uma vez que, a análise dos dados preliminares, obtidos no presente trabalho, na avaliação das características qualitativas da carne (Tabela 2), foi encontrada uma relação inversa entre maciez objetiva (medida pela força de cisalhamento) com a suplementação com ractopamina na dieta, sendo que esta inclusão diminui a maciez da carne de fêmeas e machos imunocastrados. No entanto, as informações geradas no estudo unidimensional do perfil de polipeptídeos (Tabelas 7 a 12), demonstraram uma correlação positiva da inclusão do β -agonista sobre a maciez, ou seja, houveram alterações no proteoma que levaram a redução da força de cisalhamento, aumentando a maciez quando houve o fornecimento do β -agonista adrenérgico. Tal resultado possibilita inferir que com a inclusão de ractopamina na dieta fez a força de cisalhamento diminuir, o que reflete positivamente na maciez.

Um dos efeitos dos agonistas β -adrenérgicos sobre as fibras foi exposto por Parr et al. (2016), que ressaltaram que as fibras glicolíticas rápidas parecem ser mais receptivas a estímulos de crescimento, ao passo que fibras aeróbicas lentas parecem ser relativamente resistentes a estímulos anabólicos. Uma das principais limitações do crescimento muscular é que o número de fibras, que é essencialmente fixado ao nascimento para a maioria das espécies, o que significa que os agentes anabolizantes pós-natais medeiam os seus efeitos através de hipertrofia. Uma das consequências de hipertrofia é que o oxigênio se torna menos disponível, portanto, o metabolismo o glicolítico se torna mais favorável.

As consequências do fornecimento de β -agonistas na dieta dos animais relacionadas a maciez da carne, foi relatado por Koohmaraie et al. (1996) que verificaram redução substancial da degradação da desmina e troponina-T durante o armazenamento *post mortem* do músculo de cordeiros alimentados β -agonista.

Semelhantemente, Xiong et al. (2006), investigando o efeito da inclusão de ractopamina na maciez e degradação proteica no *post mortem* em lombo suíno, afirmaram que a diferença de maciez entre a carne de suíno tratados com ractopamina e controle está relacionada com a taxa de proteólise, principalmente das proteínas encontradas no intervalo de 15-45kDa. Depreux et al. (2002), estudando carne de suínos que receberam maior concentração de ractopamina (60ppm), verificaram o aumento na abundância relativa do tipo IIB de cadeia pesada de miosina e diminuição do tipo que IIX.

O fornecimento de tratamentos com β -agonistas induz a uma diminuição na capacidade proteolítica da musculatura esquelética, levando a uma menor taxa de degradação proteica e consequentemente a um acréscimo no teor de proteínas de animais tratados com β -agonistas adrenérgicos. Essa capacidade proteolítica reduzida também pode influenciar durante o processo de degradação proteica *post mortem*, com consequente influência no “amaciamento” *post mortem*. Tal influencia resulta do aumento da expressão de calpastatinas que consequentemente inibem a ação das calpaínas, resultando em uma menor proteólise das proteínas miofibrilares (KRETCHMAR et al., 1990; MCDONAGH; FERNANDEZ; ODDY, 1999; XIONG et al., 2006) ou então pela maior quantidade de ligações de colágeno do que o normal.

A inclusão da ractopamina pode levar também ao aumento tanto do diâmetro das fibras quanto do tipo de fibra muscular, o que pode estar associado com a diminuição da maciez independente do tecido conectivo ou da idade do animal, uma vez que o efeito de repartição induzida por agonistas β -adrenérgicos é, em parte, mediado pela alteração da expressão de genes específicos para o tipo de fibra muscular, por meio do receptor B. A ingestão da ractopamina aumentou a área da seção transversal da fibra tipo IIX, diminuiu o potencial glicolítico e a maciez da carne (AALHUS et al., 1992; LAWRIE; LEDWARD, 2006; XIONG et al., 2006; LI et al., 2015).

Com relação as alterações do proteoma que influenciam a maciez da carne, investigações científicas relatam a relação da proteólise de diversas proteínas miofibrilares. Lametsch et al. (2003) estudaram as alterações ocorridas no proteoma relacionadas à maciez da carne de suínos, identificaram seis proteínas envolvidas no processo de maciez e, concluíram que a degradação da cadeia pesada da miosina (CPM) e da actina, influenciam a maciez da carne suína. Os autores verificaram que, durante o processo de maturação, são formados os fragmentos de actina e da cadeia pesada da miosina e, encontraram correlações negativas de 9 fragmentos da actina e um da CPM com a força de cisalhamento e, positivas de 2 fragmentos da actina e 1 da miosina de cadeia leve com a força de cisalhamento. HWANG et al. (2005) também afirmou que há correlação da maciez com a degradação *post mortem* da actina e miosina.

Outras investigações também abordaram degradação da actina e da miosina durante a maturação (LAMETSCH; BENDIXEN, 2001; LAMETSCH; ROEPSTORFF; BENDIXEN, 2002; HWANG et al., 2005), contudo a influência desta degradação na maciez da carne é controversa, portanto ainda é objeto de estudo (PEARCE et al., 2011).

A proteólise de proteínas miofibrilares também tem relação com a maciez da carne, tais como a degradação da troponina T (OUALI, 1992; LAMETSCH; ROEPSTORFF; BENDIXEN, 2002). A diminuição na dureza da carne está correlacionada com a degradação de troponina-T (Tn-T), conforme verificado por Huff-Lonergan, Parrish e Robson (1995) e Taylor et al. (1995). A tropomiosina e a troponina representam, juntas, entre 16 e 20% das proteínas miofibrilares. A tropomiosina é responsável pela sensibilidade do sistema actomiosina ao cálcio e a troponina é receptora deste íon. Ambas estão associadas à actina (DANIELI-

BETTO; BETTO; MIDRIO, 1990). Kolczak et al. (2003) sugeriram que a degradação Tn-T pode estar relacionada com alterações estruturais, tais como o alongamento de sarcômeros miofibrilares, e isto reflete na qualidade final da carne.

Também foram verificadas correlações da degradação da titina e nebulina, ambas localizadas na banda I, com a maciez da carne, uma vez que estudos demonstraram que a maior fragmentação dos miofibrilas ocorre na área de banda I (HUFF-LONERGAN; PARRISH; ROBSON, 1995; TAYLOR et al., 1995).

A titina é uma proteína grande (até 3700kDa) que é essencial para a organização ordenada do sarcômero, interage (ligando) com a miosina e actina. Desmina também liga as proteínas a linha Z entre as miofibrilas, contribuindo para a manutenção da estrutura sarcômero. Integrina é uma proteína de adesão celular que liga a matriz extracelular ao citoesqueleto, que também é importante na contração muscular. Vinculina é responsável pela comunicação entre as células, mantém as células unidas, conferindo ao músculo resistência e vigor necessários, faz a ponte entre o disco Z e a membrana plasmática (LABEIT; KOLMERER, 1995; TAYLOR et al., 1995; MARUYAMA, 1997).

Durante o processo de amaciamento *post mortem*, acontecem grandes alterações na estrutura miofibrilar, principalmente por causa da degradação da miofibrila e das proteínas associadas. As proteínas que são degradadas incluem aquelas envolvidas em internas (desmina e vinculina) e, as intramiofibrilares (titina, nebulina) ligações ou as que unem miofibrilas ao sarcolema via costâmero (vinculina, distrofina), e a fixação das células musculares na lâmina basal. A degradação proteolítica destas provoca o enfraquecimento das miofibrilas, levando ao amaciamento (TAYLOR et al., 1995; KOOHMARAIE, 1996).

Em relação a cor, capacidade de retenção de água e a maciez da carne que são determinantes primários no apelo visual e sensorial, existem muitos fatores que influenciam essas características de qualidade e, o resultado final de sua influência são refletidos nas mudanças fundamentais que acontecem na estrutura das proteínas musculares e no seu arranjo espacial. A água atua como um plastificante de proteínas musculares e é perdida a partir da estrutura reticular miofibrilar como resultado da desnaturação de proteínas e consequentes reduções no volume de fibra muscular com o aumento da

temperatura de cozimento. Mudanças no arranjo da rede dos miofilamentos também afetam as propriedades de dispersão de luz e a palidez pode ser percebida na carne (HUGHES et al., 2014).

Os resultados sobre alterações que a ractopamina ocasiona na luminosidade (L^*), na tabela 2, demonstraram que os suínos imunocastrados que receberam o β -agonista tiveram menor luminosidade. Embora, no estudo eletroforético (Tabelas 7 a 12), não tenha sido observada diferença significativa ($P < 0,05$) entre o método de castração, foi verificada uma correlação negativa entre a inclusão de ractopamina na dieta e a luminosidade, ou seja, a carne fica mais escura, indicando que a ractopamina altera a cor da carne de suínos.

Conforme consulta realizada aos bancos de dados de proteínas, possivelmente na faixa que abrange da banda 4 (101,39kDa) a 11 (36,147kDa), estarão presentes proteínas que possuem interação com a cor da carne, como glicogênio fosforilase (97,29kDa), transferrina (78,90kDa), fosfoglicomutase (61,50kDa), enolase 1 e 3 (47,20 e 47,13kDa), piruvato quinase M1/M2 (58,06/57,94kDa), β -enolase (47,10kDa) e, no intervalo da banda 12 (58,171kDa) até a 27 (16,786kDa) a probabilidade da presença das proteínas 3-fosfato gliceraldeído desidrogenase (35,84kDa), aldose redutase (35,87kDa), frutose bifosfato aldolase isoforma A (39,42kDa), glicerol-3P-desidrogenase (37,42kDa), L-lactato desidrogenase isoforma cadeia A (36,62kDa), malato desidrogenase (36,45kDa), triose fosfato isomerase (26,67kDa), glutational-S-transferase (25,39kDa), fosfatidil etanolamina-proteína de ligação (21,06kDa), miosina de cadeia leve 1/3 (20,93kDa), $\alpha\beta$ -cristalina (20,16kDa), glicose proteína reguladora (17,81kDa), hemoglobina α e β (15,26 e 16,00kDa), miosina cadeia leve 2 (19,01kDa).

As informações da literatura sobre o efeito do fornecimento de β -agonista na característica qualitativa cor objetiva (L^* , a^* , b^*) é muito controversa e, as discussões sobre os processos que são desencadeados e acarretam tais resultados, quando a ractopamina é consumida, ainda não estão totalmente elucidados. Sendo assim, a influencia da suplementação de ractopamina na carne de suínos verificada nesta investigação científica, pode estar ligada a alterações do tipo e quantidade de fibra, do teor e estado dos pigmentos, da oxidação, da proteólise, do grau de solubilização, do proteoma, ou seja, qual ou

quais mecanismos bioquímicos interrelacionados agem neste sistema precisam ser averiguados.

O proteoma sarcoplasmático é responsável por aproximadamente um terço do total das proteínas em músculos esqueléticos e compreende proteínas solúveis e enzimas que interagem com mioglobina e tem influência na cor da carne (SCOPES, 1970; JOSEPH et al., 2012; SUMAN et al., 2014a, b). Hamelin et al. (2005), destacaram que o estudo das proteínas sarcoplasmáticas é importante, pois elas contêm a maioria das enzimas e os reguladores de expressão da proteína.

A quantidade de proteína solúvel da fração sarcoplasmática, que pode ser extraída, pode ser utilizada como um indicativo da quantidade de desnaturação que ocorreu no músculo, uma vez que a solubilidade proteica aumenta conforme o pH final aumenta e, trabalhos encontram maior solubilidade das proteínas sarcoplasmáticas em carne com menor luminosidade, ou seja, mais escuras (JOO et al. 1999; MCKEITH et al., 2016).

Outros estudos científicos, tais como os conduzidos por Joo et al. (1999) e Ryu, Choi e Kim (2005), verificaram que a extensão da desnaturação das proteínas musculares é correlacionada negativamente com a luminosidade. A solubilidade da proteína sarcoplasmática explicou 71% da variação na luminosidade com uma redução linear do valor L^* , assim como os desenvolvidos por Mueller e Domet (2000), que investigaram a correlação entre a abundância de proteínas e fragmentos com os atributos de qualidade da carne como o valor de L^* e perda por gotejamento.

Sayd et al. (2006) encontraram 22 proteínas sarcoplasmáticas diferencialmente em músculos SM de suínos com diferença de luminosidade (claro, $L^* = 61.3 \pm 2.5$ e, escuro, $L^* = 43.2 \pm 4.6$), verificando que a carne com menor luminosidade tinha um metabolismo oxidativo maior, indicado por enzimas mitocondriais mais abundantes da cadeia respiratória, hemoglobina, e chaperonas ou regulador de proteínas (HSP 27, $\alpha\beta$ -cristalina, e glicose proteína reguladora 58kDa). Por outro lado, as enzimas da glicólise foram super expressas no grupo com maior luminosidade (enolase 1 e 3 e o glicerol-3P-desidrogenase), essas amostras também foram caracterizadas por altos níveis de glutathione S-transferase, o que podem ativar os canais de cálcio RyR, e níveis mais elevados de ciclofilina D. Este padrão de proteína poderá acarretar

implicações graves sobre o metabolismo *post mortem*, ou seja, aceleração do esgotamento de ATP, queda do pH e consequentemente aumento da desnaturação proteica, o que é bem conhecido por induzir descoloração.

Em relação a intensidade da cor vermelha, em análise do proteoma sarcoplasmático realizada por Suman et al. (2014a, b), foram identificadas proteínas diferencialmente abundantes no *Longissimus lumborum* (LL) e no *Psoas major*. O LL teve uma superabundância de proteínas positivamente correlacionadas com a intensidade de vermelho (aldose-redutase, creatina quinase, e β -enolase) e a estabilidade da cor (peroxiredoxina-2, peptídeo metionina sulfóxido redutase, e HSP 27kDa), enquanto que *Psoas major* foi verificado superabundância de aconitase mitocondrial que foi negativamente correlacionado com o valor de a^* .

Já Canto et al. (2015) verificaram cinco proteínas (fosfoglicomutase-1, 3-fostato gliceraldeído desidrogenase, piruvato-quinase M2, miosina de cadeia leve reguladora 2 e miosina de cadeia leve 1/3) sobre abundantes no grupo de cor estável e que tiveram correlação positiva com o valor de a^* . Além disso, quatro proteínas (fosfoglicomutase-1, 3-fostato gliceraldeído desidrogenase, piruvato-quinase M2, e miosina de cadeia leve reguladora 2) mais abundante em bifes com cores estáveis foram positivamente correlacionados com reflectância. Por outro lado, fosfatidil etanolamina-proteína de ligação, sobre abundante no grupo de cor instável, demonstrou uma correlação negativa com o valor de a^* e com a reflectância.

Wu et al. (2015) relataram que a L-lactato desidrogenase isoforma- cadeia A foi positivamente correlacionada com valores a^* e atividade redutase da metamioglobina (sistema enzimático que atua na redução do pigmento metamioglobina que confere cor marrom a carne, mantendo assim a cor vermelho cereja). A quantidade expressa desta proteína mostrou uma tendência de diminuição durante o armazenamento, já outras proteínas como frutose-bifosfato aldolase isoforma A, isoenzimas de piruvato-quinase isoformas M1/M2, glicogênio fosforilase, malatao desidrogenase, triose fosfato isomerase e peroxiredoxina-6 tiveram correlação negativa com o valor de a^* e atividade redutase da metamioglobina.

A cor da carne está intimamente relacionada com o tipo de metabolismo predominante no músculo. Renerre (1984) averiguaram que o aumento do

metabolismo oxidativo leva a carne a ter maior intensidade de vermelho, contudo, pode diminuir a estabilidade de cor de carne com alteração da mesma, mudando a coloração para um tom acastanhado, que pode diminuir a aceitabilidade do consumidor.

O metabolismo muscular glicolítico e proporção de fibras glicolíticas do tipo IIb aumentam a luminosidade de carne suína (DULHUNTY et al., 2001). Outra questão de suma importância ligada ao tipo de metabolismo é a constatação da super expressão de transferrina (proteína de ligação do ferro), como um mecanismo para compensar a deficiência de ferro, que foi verificada em músculos com maiores luminosidade e metabolismo glicolítico, com vascularização menos desenvolvida, descritas por Hamelin et al. (2005) em músculos hipertrofiados de cordeiros e, Sayd et al. (2006) em músculo SM de suínos.

A influência do tipo de metabolismo no músculo na cor da carne também foi alvo do estudo conduzido por McKeith et al. (2016), que constataram que o potencial glicolítico e as concentrações de lactato diminuíram à medida que aumentaram DCS (quatro níveis de gravidade/severidade de escuro no corte – severo (intenso), moderado, leve e suspeito) em carne bovina. O glicogênio residual foi maior em carnes de carcaças controle do que as das classes DCS. Geralmente, com o aumento do DCS os bifes de *Longissimus lumborum* estavam mais escuros e com a cor vermelha menos intensa. O maior consumo de oxigênio e a redução da capacidade glicolítica resultaram em maiores concentrações de mioglobina e abundância de mitocôndrias menos eficientes conforme DCS aumentou. Esses dados sugerem que a condição de carne escura é associada com maior metabolismo oxidativo, juntamente com mitocôndrias menos eficientes, resultando em depleção de glicogênio durante o estresse.

Outro fator que está relacionado a cor da carne é a quantidade de pigmentos heme. Os músculos mais escuros possuem quantidade maior de hemoglobina e, quantidades mais abundantes de hemoglobina podem estar associadas a um fluxo sanguíneo maior no músculo, a um maior teor de hemoglobina no sangue, e/ou ao grau de gotejamento. O fluxo de sangue no músculo depende em primeiro lugar da vascularização, que é mais desenvolvida nos músculos oxidativos e, também a fatores como exercício e grau de estresse

(REIS; WOOTEN, 1970; LARZUL et al., 1997; RAUGEI; RAMPONI; CHIARUGI, 2002).

A mioglobina é um pigmento essencial nos músculos *post mortem*, que impõe uma influência crucial na cor da carne. Existem três formas de mioglobina, nomeadamente desoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina que são responsáveis, respectivamente, pelas cores vermelho-púrpura, vermelho-cereja e marrom, juntamente com o efeito sinérgico dos fatores intrínsecos (raça, idade, sexo, o pH final, metabolismo e etc.) e extrínsecos (temperatura, disponibilidade, luz O₂ e etc.) levam ao estado final da cor dos músculos esqueléticos após o abate (BEKHIT; FAUSTMAN, 2005).

A química de mioglobina e suas interações com outras biomoléculas (isto é, ligantes, aldeídos e proteínas), influencia a estabilidade de cor no *post mortem* de músculos esqueléticos. A abundância diferencial das chaperonas e proteínas antioxidantes contribui em um músculo específico para a estabilidade de cor da carne, ou seja, a maior abundância de chaperonas e proteínas antioxidantes na carne de cor estável do músculo *Longissimus lumborum* (LL) do que na carne de cor instável do *Psoas major* parece proteger a mioglobina e assim contribuir para a estabilidade de cor superior dos bifes da carne do LL. (SUMAN; JOSEPH, 2013; SUMAN et al., 2014a, b).

Assim como na caracterização da microestrutura de três músculos de suínos e suas ligações com a qualidade tecnológica (pH, capacidade de retenção de água, cor instrumental), realizada por Realini et al. (2013) que verificaram que o oxidativo *Masseter* (MS) apresentou maior quantidade de pigmento, maior teor de metamioglobina, ferro heme, proteínas e colágeno, e estava mais vermelho com maiores número e diâmetro das fibras, pH e capacidade de retenção de água do que o glicolítico *Longissimus thoracis* (LT). A distribuição do tipo de fibra mostrou predominância do tipo IIB em *Longissimus* e *Semitendinosus* branco, tipo I em *Semitendinosus* vermelho e IIA em *Masseter* e, o tamanho da fibra depende do tipo de músculo. O teor de vermelho no músculo (a*) foi correlacionado positivamente com as características das fibras tipo I, ferro heme e metamioglobina, e negativamente com as características da fibra tipo II, ferro não-heme e oximioglobina. Mais especificamente, o teor de pigmentos e as frações de meta e oximioglobina foram os fatores mais importantes para a variação do valor L*, enquanto que o teor de pigmentos e a fração de

metamioglobina foram os fatores mais importantes para a variação do valor de a^* . O menor teor de ferro heme, mais alto de oximioglobina e menor de metamioglobina no LT resultou em maior valor L^* em comparação ao MS. Em contraste, os maiores teores de ferro heme e da fração metabioglobina no MS resultou em maior valor de a^* em comparação com LT.

O aprofundamento no estudo do proteoma do músculo de animais abre um leque de infinitas possibilidades para a compreensão dos fenômenos que asseguram a qualidade final da carne. Conforme afirmação de Te Pas et al. (2013), as características de qualidade de carne têm baixa herdabilidade e grandes influências ambientais. Para prever, melhorar e controlar a qualidade da carne, os biomarcadores de proteômica são superiores aos marcadores genéticos.

A utilização de marcadores proteômicos para qualidade de produtos cárneos possui grande demanda por permitirem uma melhor classificação e pontuação da matéria-prima. Este *ranking* de qualidade permite aperfeiçoar a utilização dos cortes, proporcionando seu melhor direcionamento de acordo com suas características bioquímicas para o processamento industrial adequado (BENDIXEN et al., 2011).

Interrelacionando os pesos moleculares do banco de dados com a identificação das proteínas contidas na literatura, pode-se conjecturar que existam prováveis biomarcadores para a qualidade de carne, que podem estar contidos na faixa compreendida da banda 3 até a 27, tais como, 3-fosfoglicerato quinase (44,16kDa), 3-hidroxi isobutirato desidrogenase (35,41kDa), ALDHs, anexina A1 (38,76kDa) e A6 (75,91kDa), anidrase carbônica (28,94kDa), anti-quimiotripsina (47,66kDa), lactato desidrogenase (36,62kDa), glioxilase 1 (20,78kDa), leucina aminopeptidase, citocromo C (11,70kDa), enolase 3 (47,13kDa), fosfoglutamase (15,09kDa), GAPDH (35,84kDa), piruvato quinase 2 (58,06kDa), isocitrato desidrogenase (46,79kDa), β -hidroxiacil COA desidrogenase (34,16kDa), transferrina (78,9kDa), triose fosfato isomerase (26,6kDa), glicogênio fosforilase (70,79kDa) mioquinase (23,21kDa), piruvato desidrogenase (36,32kDa), troponina T (43,0kDa), creatina fosfoquinase-tipo M (43,11kDa), desmina (53,63kDa), proteína estresse induzido fosfoproteína 1 (62,4kDa), osteoglicina (34kDa), lactato desidrogenase (37kDa), isocitrato desidrogenase (11kDa), calsequestrina (46kDa), haptoglobina (39kDa), anti-

quimotripsina (47kDa), piruvato quinase (63kDa), e, ainda as HSP (*heat shock protein*) como a HSP 90A (84,76kDa), HSP 90AB1 (83,25kDa), HSP H1 (96,73kDa), HSP 70A (71,21kDa), HSP 70B (71,21kDa), HSP 71A (70,08kDa), HSP 71B (70,10kDa), HSP B1 (22,94kDa), HSP B1 (22,39 kDa), HSP B2 (20,19kDa), HSP B3 (16,73kDa), HSP 60 (12,22kDa), dentre outras.

Os peptídeos resultantes da degradação de enzimas metabólicas podem ser marcadores úteis da atividade proteolítica *post mortem*, embora a proteólise de enzimas metabólicas provavelmente não tenha efeito direto sobre a textura (maciez) da carne. Portanto, eles podem ser indicadores úteis da qualidade da carne tais como glicogênio fosforilase, mioquinase e piruvato desidrogenase, porque a degradação de enzimas metabólicas influencia a taxa e ou extensão do declínio pH muscular e, portanto, afetam os atributos de qualidade da carne (LAMETSCH; ROEPSTORFF; BENDIXEN, 2002; BENDIXEN, 2005; CHOI et al., 2010).

A triose fosfato isomerase é uma enzima glicolítica, com menor abundância no músculo com o fenótipo alto *drip loss*, possivelmente levando a uma redução nos níveis dos ATP no início do período *post mortem*. E, quando as fontes de energia estão esgotadas, as proteínas tendem a desnaturar e, portanto, são mais susceptíveis à proteólise, processos que podem afetar a capacidade de retenção de água (HUFF-LONERGAN; ZHANG; LONERGAN, 2010; DI LUCA et al., 2016).

A enzima triose fosfato isomerase e sua relação com a maciez da carne foi averiguada por Lametsch et al. (2003), que demonstraram que a proteína é um potencial biomarcador para maciez de carne. Laville et al. (2007) averiguaram que a triose fosfato isomerase e outras oito proteínas foram super expressas em carne cozida com características de alta dureza quando comparado com carne macia, e pode também ser usada como biomarcador para a cor da carne (JOO et al., 1999).

Di Luca et al. (2013b) e Di Luca et al. (2016) ressaltaram que a triose fosfato isomerase, a transferrina e a proteína estresse induzido fosfoproteína 1 destacaram-se como biomarcadores potencialmente preditivos de perda de água por gotejamento (*drip loss*).

A maior abundância de transferrinas em baixa perda por gotejamento foi destacada como indicativo de uma resposta muscular diferencial a situações de

hipóxia, que é a condição na qual o fornecimento de oxigênio não é adequado e/ou insuficiente para manter o metabolismo aeróbio, com consequente estimulação do metabolismo anaeróbio para manter o fornecimento adequado de ATP (KOEPPEN; STANTON, 2008), que está ligada à manifestação de uma característica de qualidade, como perda por gotejamento (DI LUCA et al., 2013b; e DI LUCA et. al., 2016).

Os fragmentos de troponina T podem ser marcadores úteis para a análise das variações durante a maturação carne. O conteúdo da troponina T e dos fragmentos de troponina eletroforética (30-32kDa), que é uma banda eletroforética que contém principalmente um produto proteolítico da actina, apresentando correlação positiva com força de cisalhamento e, portanto com a maciez final da carne (LAMETSCH; ROEPSTORFF; BENDIXEN, 2002; MUROYA et al., 2007; BECILA et al., 2010; BERNEVIC et al., 2011).

Kristensen e Purslow (2001) e Van de Wiel e Zhang (2007) propuseram que a creatina fosfoquinase-tipo M (CPK) e a desmina são potenciais biomarcadores para alto percentual de perda por gotejamento. A superexpressão de CPK (indicador de dano do tecido muscular) em amostras de elevada perda por gotejamento leva a uma redução mais rápida do pH que, por sua vez, provoca uma alteração da taxa de contração muscular. O elevado nível de desmina detectados em amostras de altas perdas de gotejamento aumenta o encolhimento lateral das miofibrilas, o principal mecanismo implicado na perda de água por gotejamento.

Para a predição de perda de água por gotejamento (*drip loss*), Van de Wiel e Zhang (2007) também propuseram a desmina como uma potencial proteína biomarcadora para a perda por gotejamento. Maiores abundâncias desta proteína foi observada em amostras com baixa perda por gotejamento. A taxa de degradação da desmina foi correlacionada com a duração e grau de encurtamento miofibrilar e, assim, ao fenômeno da perda por gotejamento.

Te Pas et al. (2013) encontraram biomarcadores relacionados a perda por gotejamento e pH final com acurácia média de aproximadamente 50% e precisão máxima ligeiramente superior a 80%. Entre os preditores estão osteoglicina, lactato desidrogenase, isocitrato desidrogenase, calsequestrina, haptoglobina, anti-quimotripsina, piruvato quinase (fragmento) e uma proteína desconhecida (F1RK48).

Hamill et al. (2012) verificaram que redução da expressão de genes envolvidos na síntese de proteínas e a maior expressão de genes envolvidos na degradação de proteínas estão associados com valores mais baixos de força de cisalhamento no primeiro dia *post mortem*. Especificamente, os genes que codificam proteínas miofibrilares estruturais associadas ao tipo de fibra rápida, por exemplo, cadeia leve de miosina 1 (MYL1), miosina de cadeia pesada 1 e miosina de cadeia pesada de ligação com a proteína 4, estavam supercontroladas (*up regulated*) no músculo com maior força de cisalhamento no primeiro dia *post mortem*. Também encontraram mudanças na expressão dos componentes estruturais da fibra muscular (titina e nebulina) em relação a maciez.

Ouali et al. (2013), em trabalho de revisão sobre biomarcadores, apresentam tabelas com potenciais marcadores, de trabalhos desenvolvidos por diversos autores, para a predição da maciez da carne de acordo com a via a qual pertencem, tais como os relacionados ao metabolismo energético oxidativo (3-hidroxi isobutirato desidrogenase, β -hidroxil COA desidrogenase, citocromo C, succinato desidrogenase, succinil CO-A sintase, isocitrato desidrogenase), via glicolítica (fosfoglutamase, triose fosfato isomerase, GAPDH, 3-fosfoglicerato quinase, ALDH, enolase 3 ou fosfopiruvato hidratase, piruvato quinase e lactato desidrogenase), na desintoxicação de células (anidrase carbônica, glioxilase 1, ALDHs) e as ligadas ao cálcio (anexina A1 e A6).

Estudos científicos relatam relação de diversas proteínas com a cor da carne. Toldrá e Flores (2000) e Sayd et al. (2006) indicaram como indicadores de proteólise relacionadas a cor da carne, a leucina aminopeptidase, pois foi encontrada em maior abundância em músculos com alta luminosidade, sendo correlacionada positivamente com o valor de L*.

A proteína DJ-1 pode ser indicativo de um fenômeno PSE, pois foi verificada correlação negativa entre a abundância de DJ-1, medida 24 h *post mortem* e perda de água por gotejamento. A descoloração e a baixa capacidade de retenção de água estão ligadas através da desnaturação da proteína, em carne PSE (BENDALL; WISMER-PEDERSEN, 1962; HWANG, 2004). Wu et al. (2015) verificaram correlação negativa entre a proteína DJ-1 com valores de a* e com a atividade redutase da metamioglobina.

Os resultados do estudo de proteômica, obtidos por Wu et al. (2015), revelaram que a descoloração da carne ocorreu gradualmente durante períodos de armazenamento, enquanto que o proteoma sarcoplasmático passou por mudanças complexas. As proteínas diferencialmente identificadas, triosefosfato-isomerase, L-lactato desidrogenase isoforma cadeia A, frutose-bisfosfato-aldolase isoforma A, peroxiredoxina-6, e isoenzimas piruvato-quinase M1/M2 isoforma, são altamente relacionadas com os parâmetros de cor de carne, podendo servir como preditores candidatos para monitoramento de descoloração da carne durante *post mortem*.

As proteínas HSP (*Heat Shock Protein*) permitem que as células possam superar condições estressantes, auxiliando o processo de renaturação (trazer novamente ao estado natural) de proteínas deformadas (GOLENHOFEN et al., 2004).

A submissão dos organismos vivos a diversas e contínuas situações estressantes, desencadeiam respostas a esses estímulos, alterando o metabolismo celular e ativando seus mecanismos de defesa. A primeira resposta de um organismo a qualquer estresse ambiental acontece bioquimicamente, a qual advém todos os efeitos de maior nível organizacional. A resposta ao estresse compreende a atuação de proteínas denominadas proteínas de choque térmico (HSP – *Heat Shock Proteins*), sendo esta uma das respostas primárias de proteção celular, e são divididas em famílias de acordo com o seu peso molecular médio. Em condições adversas, como por exemplo, o aumento de temperatura, estresse osmótico ou oxidativo, os níveis de HSP são aumentados, auxiliando, desta forma, a síntese e maturação de novas proteínas que irão substituir aquelas afetadas pelo estresse metabólico (LINDQUIST; GRAIG, 1988; BUKAU; HORWICH, 1998; DI LUCA et al., 2016).

Dentre os genes da família de resposta ao choque térmico, o HSP 70 é um dos genes altamente conservados, e o primeiro a ser induzido em resposta a diversos fatores estressantes (MUKHOPADHYAY; ZHOU; ROSEN, 2003). A família da 70kDa são expressas sob condições de estresse celular. São constitutivamente expressas sem qualquer estímulo de estresse e também sintetizadas em resposta ao crescimento, diferenciação e desenvolvimento celular em resposta ao estresse. Estas proteínas estão envolvidas em funções celulares importantes, protegendo, preservando ou recuperando a conformação

funcional adequada das proteínas. Muitos estudos proteômicos em ciência da carne têm relatado HSPs como potenciais biomarcadores para características de qualidade de carne, tais como a capacidade de retenção de água, maciez, cor e sabor (DWORNICZAK; MIRAULT, 1987; ALMGREN; OLSON, 1999; LIU; PUOLANNE; ERTBJERG, 2015; SAYD et al., 2006; BERNARD et al., 2007).

A função geral das proteínas HSP é oferecer uma proteção contra a desnaturação das proteínas, contudo seu efeito pode continuar por algum tempo *post mortem*. A continuidade da sua ação poderia, portanto, retardar a desnaturação proteica, que é um fenômeno descrito geralmente associado com descoloração, por exemplo, em PSE, em queda rápida do pH carne, como descrito por Sayre e Briskey (1963).

Estudos demonstraram correlação negativa entre a HSP 27 e concentrações $\alpha\beta$ -cristalina e maciez da carne, suculência, cor e sabor (SAYD et al., 2006; BERNARD et al., 2007). Outros estudos como os desenvolvidos por Hagler, Coppes e Herman (1979), Arihara et al. (1995) e Daun et al. (2001), atribuíram a descoloração da carne a enzimas como o citocromo *b5*, a redutase metamioglobina e a glutational peroxidase.

A estabilização de microfilamentos e a transdução de sinal de citoquinas estão entre as principais funções da proteína de choque térmico HSP 27, tendo papel na organização e protegendo a estrutura miofibrilar e, isto foi sugerido pela demonstração da localização de HSP 27 em estruturas específicas, tais como as bandas sarcoméricas Z ou I. A HSP 27 também mostraram expressão regulada no músculo suíno durante o desenvolvimento e em células C2C12, que são as células responsáveis pela maior parte do potencial regenerativo frente a lesão e a adaptação muscular ao estresse (Dogra et al., 2007), durante a diferenciação. As diferentes funções que foram descritas para os dois membros da família das proteínas de choque térmico HSP 70 e HSP 27, indicam que as proteínas podem ter um papel importante no crescimento (hipertrofia) do músculo (SUGIYAMA et al., 2000; LIU; STEINACKER, 2001; LAMETSCH et al., 2006).

Uma maior ou menor abundância das proteínas HSP no centrifugado de gotejamento pode ser devido a alterações na solubilidade das proteínas, e isto levou Di Luca et al. (2016) a concluir que devido a uma condição de estresse maior no fenótipo alto *drip loss*, as HSPs podem ser localizadas no núcleo (menor abundância no centrifugado de gotejamento), enquanto que no fenótipo

baixo *drip loss* a presença destas proteínas poderiam ser ainda elevada no citoplasma. Segundo Gonzalez et al. (2010) e Beere (2004), um possível mecanismo para o papel de proteínas de choque térmico na perda por gotejamento é que estas proteínas são de proteção contra os efeitos de desregulação celulares por estresse e da morte celular, que levam a uma perda de fluido das células e onde estão em maior abundância.

A inibição do processo de morte celular ou apoptose, pelas proteínas de choque térmico (HSP) que protegem a célula do estresse, está positivamente correlacionado com a maciez. Uma família de proteínas de choque térmico (HSP A8, também conhecida como HSP 70) e a proteína de defesa contra a morte celular por apoptose (DAD1), foram sub-regulada em amostras consideradas macias. As proteínas de choque térmico (anti-apoptose), sendo mais abundante nas amostras que tiveram mais tempo para se tornarem macias, são consistentes com um papel do apoptose em inibir o desenvolvimento da maciez na carne suína, sendo que os processos químicos envolvidos na maturação muscular são mais eficientes no músculo que é macio (OUALI et al., 2006; LAVILLE et al., 2007).

As proteínas envolvidas na resposta ao estresse (genes anti-apoptóticos) também tem correlações importantes com a qualidade da carne bovina e suína, inclusive maciez. Vários genes anti-apoptóticos que remodulada em relação à maciez em carne suína e funções mais gerais anti-estresse, por exemplo, a resposta ao estresse oxidativo também foram regulados negativamente no músculo com amaciamento precoce (MORZEL et al., 2008; KWASIBORSKI; ROCHA; TERLOUW, 2009; DI LUCA et al., 2011; INRA, 2012).

E ainda podem existir outras HSP que podem ser biomarcadores para a maciez da carne são HSP 70, HSP 40, HSP 27, CRYAB, HSP 60, como descritas na revisão realizada por OUALI et al. (2013).

9 CONCLUSÕES

De maneira geral, a utilização combinada de imunocastração e ractopamina não causaram grandes alterações na qualidade global da carne *in natura*, podendo serem adotadas como estratégias tecnológicas nos sistemas produtivos, sem prejuízos a qualidade global da carne. Contudo, ressalta-se que embora as diferenças verificadas nos atributos qualitativos da carne possam ser consideradas pequenas, são importantes, sugerindo que o estudo deve ser continuado. Considerando que os indicadores da qualidade de carne podem ser influenciados por modificações, no ambiente produtivo com os efeitos indiretos e diretos das práticas de manejo utilizadas neste experimento propiciaram alterações no perfil proteico significativas. O presente trabalho demonstrou relação das características qualitativas com o perfil proteico, sendo necessárias novas investigações visando compreender e validar os resultados até aqui obtidos. A avaliação sensorial e a identificação dos peptídeos envolvidos nas alterações observadas no proteoma, bem como, suas relações com a qualidade final da carne e dos produtos cárneos são necessárias.

10 IMPLICAÇÕES

A utilização concomitante de imunocastração e ractopamina influenciou o pH _{24 horas} do lombo suíno, a luminosidade (L^*) e a força de cisalhamento, sendo que o pH e a força de cisalhamento foram maiores e a luminosidade menor em imunocastrados que receberam a suplementação de ractopamina na dieta.

Contudo, esse comportamento não foi verificado na análise eletroforética unidimensional. Os resultados indicaram que foi somente o β -agonista adrenérgico o responsável pelas diferenças verificadas. O perfil proteico teve diferença na abundância de peptídeos, sendo verificadas correlações de algumas variáveis qualitativas da carne, tais como maciez, capacidade de retenção de água (*drip loss* e descongelamento) e luminosidade com a suplementação de ractopamina na dieta. Quando houve o aumento do volume normalizado, as perdas de água no descongelamento diminuíram e a maciez aumentou com o fornecimento do β -agonista adrenérgico, enquanto que a perda de água por gotejamento (*drip loss*) aumentou quando não houve a suplementação com ractopamina na dieta. Sendo assim, investigações futuras sobre as alterações que a imunocastração e a ractopamina, utilizadas concomitantemente, desencadearam no proteoma e sua relação com a qualidade da carne devem ser aprofundadas.

REFERÊNCIAS

AALHUS, J. L.; SCHAEFER, A. L.; MURRAY, A. C.; JONES, S. D. M. The effect of ractopamine on myofiber distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 31, n.4, p. 397-409, 1992.

ALMGREN, C. M.; OLSON, L. E. Moderate hypoxia increases heat shock protein 90 expression in excised rat aorta. **Journal of Vascular Research**, Basel, CHE, v. 36, n.5, p. 363-371, Sep.-Out.1999.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Champaign: AMSA, 1995. p. 1-33.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Champaign: AMSA, 2001. p.83-116.

AMIN, M. **Ractopamina na qualidade da carne suína**. 2013. 73f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato do Sul, Campo Grande, 2013.

ANABEL, E. Global control of boar taint - part 3: immunological castration. **Pig Progress**, Doetinchen, NLD, v. 22, n. 5, p. 6-9, 2006.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; BROWN, D. C.; FRIESEN, K. G.; MUSSERT, R. E.; JOHNSON, Z. B.; ARMSTRONG, T.A. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 11; p. 3277-3287, 2004.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; KUTZ, B. R.; RAKES, L. K.; SAWYER, J. T.; JOHNSON, Z. B.; ARMSTRONG, T. A.; CARR, S. N.; MATZAT, P. D. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 86, n.10, p. 2711-2722, Oct. 2008.

ARIHARA, K.; CASSENS, R. G.; GREASER, M. L.; LUCHANSKY, J. B.; MOZDZIAK, P. E. Localization of metmyoglobin-reducing enzyme (NADH-cytochrome b₅ reductase) system components in bovine skeletal muscle. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 39, n. 2, p. 205-213, 1995.

ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D. J.; WAGNER, J. R.; ANDERSON, D. B.; WELDON, W. C.; BERG, E. P. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 11, p. 3245-3253, Nov. 2004.

ARNOLD, R. N.; ARP, S. C.; SCHELLER, K. K.; WILLIAMS, S. N.; SCHAEFER, D.M. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 71, n. 1, p. 105-118, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Estatísticas do mercado interno**: produção brasileira de carne suína por produto. São Paulo, SP: ABPA, 2016. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/mercado-interno/porco>>. Acesso em: 06 mar. 2016.

ATHAYDE, N. B. **Desempenho, qualidade de carne e estresse de suínos suplementados com ractopamina**. 2010, 124 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

ATHAYDE, N. B.; DALLA COSTA, O. A.; ROÇA, R. O.; GUIDONI, A. L.; LUDTKE, C. B.; LIMA, G. J. M. M. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 90, n. 12, p. 4604-4610, 2012.

BABOL, J.; SQUIRES, E. J. & LUNDSTRÖM, K. Hepatic metabolism of skatole in pigs by cytochrome P450E1. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 76, n. 3, p. 822-828. Mar. 1998a.

BABOL, J.; SQUIRES, E. J. & LUNDSTRÖM, K. Relationship between oxidation and conjugation metabolism of skatole in pig liver and concentrations of skatole in fat. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 76, n. 3, p. 829-838, 1998b.

BABOL, J.; ZAMARATSKAIA, G.; JUNEJA, R. K.; LUNDSTRÖM, K. The effect of age on distribution of skatole and indole levels in entire male pigs in four breeds: Yorkshire, Landrace, Hampshire and Duroc. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 67, n. 2, p. 351-358, Jun. 2004.

BARK, L. J.; STAHLY, T. S.; CROMWELL, G. L.; MIYAT, J. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 70, n. 11, p. 3391-3400, Nov. 1992.

BATOREK, N.; ČANDEK-POTOKAR, M.; BONNEAU, M.; VAN MILGEN, J. Meta-analysis of the effect of immunocastration on production performance, reproductive organs, and boar taint compounds in pigs. **Animal**, [S.l.], v. 6, n. 8, p. 1330-1338, Aug. 2012

BEATTIE, V.; BRANDT, R.; FEARNLEY, S. Perceptions of auditor independence: UK evidence. **Journal of International Accounting, Auditing and Taxation**, [S.l.], v. 8, n.1, p. 67- 107, 1999.

BECILA, S.; HERRERA-MENDEZ, C. H.; COULIS, G.; LABAS, R.; ASTRUC, T.; PICARD, B.; BOUDJELLAL, A.; PELISSIER, P.; BREMAUD, L.; OUALI, A. *Postmortem* muscle cells die through apoptosis. **European Food Research and Technology**, Berlin, DEU, v. 231, n. 3, p. 485-493, Jul. 2010.

BECKER, B. A.; MAYES, H. F.; HAHN, G. L.; NIENABER, J. A.; JESSE, G. W.; ANDERSON, M. E.; HEYMANN, H.; HEDRICK, H. B. Effect of fasting and transportation on various physiological parameters and meat quality of slaughter hogs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 67, n. 2, p. 334-341, 1989.

BEE, G.; ANDERSON, A.L.; LONERGAN, S.M.; HUFF-LONERGAN, E. Rate and extent of pH decline effect proteolysis of cytoskeletal proteins and water-holding capacity in pork. **Meat Science**, v. 76, n. 2, p. 359-365, Jun. 2007.

BEE, G., BIOLLEY, C., GUEX, G., HERZOG, H., LONERGAN, S. M., & HUFF-LONERGAN, E. Effects of available dietary carbohydrate and preslaughter treatment on glycolytic potential, protein degradation, and quality traits of pig muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 84, n. 1, p. 191-203, 2006.

BEEKMAN, N. J. C. M.; SCHAAPER, W. M. M.; TURKSTRA, J. A.; MELOEN, R. H. Highly immunogenic and fully synthetic peptide carrier constructs targeting GnRH. **Vaccine**, Kidlington, GBR, v. 17, n. 15-16, p. 2043-2050, Apr. 1999.

BEERE, H. M. "The stress of dying": the role of heat shock proteins in the regulation of apoptosis. **Jornal of Cell Science**, Cambridge, GBR, v. 117, n. 13, p.2641-2651, Jun. 2004.

BEKHIT, A. E.; FAUSTMAN, C. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 71, n. 3, p. 407-439, Nov. 2005.

BENDALL, J. R.; SWATLAND, H. J. Review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 24, n.2 p.85-126, 1988.

BENDALL, J. R.; WISMER-PEDERSEN, J. Some properties of the fibrillar proteins of normal and watery pork muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, USA, v. 27, n. 2, p. 144-157, Mar. 1962.

BENDIXEN, E. The use of proteomics in meat science. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 71, n. 1, p. 138-149, Sep. 2005.

BENDIXEN, E.; DANIELSEN, M.; HOLLUNG, K.; GIANAZZAC, E.; MILLER, I. Farm animal proteomics – A review. **Journal of proteomics**, Martinsried, DEU, v. 74, n. 3, p. 282-293. Mar. 2011.

BENDIXEN, E.; TAYLOR, R.; HOLLUNG, K.; HILDRUM, K. I.; PICARD, B.; BOULEY, J. Proteomics, an approach towards understanding the biology of meat quality. In: HOCQUETTE, J. F.; GIGLI, S. (Eds.). **Indicators of milk and beef quality**. EAAP Publication, 2005. p. 81-94.

BERLETT, B. S.; STADTMAN, E. R. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, USA, v. 272, n. 33, 20313-20316, Aug. 1997.

BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E. T. F. The influence of genetic background and stunning systems on welfare and meat quality of brazilian swine. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 49.; BRAZILIAN CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 2., 2003. Campinas, SP. **Proceedings...** São Paulo: [s.n.], 2003. p. 365-366

BERNARD, C.; CASSAR-MALEK, I.; LE CUNFF, M.; DUBROEUCQ, H.; RENAND, G.; HOCQUETTE, J. F. New indicators of beef sensory quality revealed by expression of specific genes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 55, n. 13, p. 5229-5237, Jun. 2007.

BERNEVIC, B.; PETRE, B. A.; GALETSKIY, D.; WERNER, C.; WICKE, M.; SCHELLANDER, K.; PRZYBYLSKI, M. Degradation and oxidation *postmortem* of myofibrillar proteins in porcine skeleton muscle revealed by high resolution mass spectrometric proteome analysis. **International Journal of Mass Spectrometry**, Amsterdam, NLD, v. 305, n. 2-3, p. 217-227, Aug. 2011.

BERTRAM, H. C.; KRISTENSEN, M.; HENRIK, Ø.; BARON, C. P.; ANDERSEN, H. J. Does oxidation affect the water functionality of myofibrillar proteins? **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 55, n. 6, p. 2342-2348, Feb. 2007.

BETTS, K.S. **The effect of feeding ractopamine on growth performance, carcass composition, muscle quality, and cortisol concentration in purebred Berkshire swine**. Dissertation – Graduate Program in Animal Sciences, Ohio State University, Ohio, USA, 2011.

BOLER, D. D.; HOLMER, S. F.; DUNCAN, D. A.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; STITES, C. R.; PETRY, D. B.; HINSON, R. B.; ALLEE, G. L.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Fresh meat and further processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. **Journal of Animal Science**. Champaign, USA, v. 89, n. 1, p. 210-220, Jan. 2011.

BOND, J. J.; WARNER, R. D. Ion distribution and protein proteolysis affect water holding capacity of *Longissimus dorsi* et lumborum in meat lamb subjected to antemortem exercise. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 75, n. 3, p. 406–414, Feb. 2007.

BONNEAU, M. Compounds responsible for boar taint, with special emphasis on androstenone: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, NLD, v. 9, n. 6, p. 687-705, Dec. 1982.

BONNEAU, M. Use of entire males for pig meat in the European Union. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 49, Supl.1, p. S257-272, 1998.

BONNEAU, M.; DUFOUR, R.; CHOUVET, C.; ROULET, C.; MEADUS, W.; SQUIRES, E. J. The effect of immunization against Luteinizing Hormone-Releasing Hormone on performance, sexual development, and levels of boar taint-related compounds in intact male pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 72, n. 1, p. 14-20, Jan. 1994.

BONNEAU, M.; LEBRET, B. Production systems and influence on eating quality of pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 84, n. 2, p. 293-300, Feb. 2010.

BOWKER, B. C.; BOTREL, C.; SWARTZ, D. R.; GRANT, A. L.; GERRARD, D.E. Influence of myosin heavy chain isoform expression and *post-mortem* metabolism on the ATPase activity of muscle fibers. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 68, n. 4, p. 587-594, Dec. 2004a.

BOWKER, B. C.; SWARTZ, D. R.; GRANT, A. L.; GERRARD, D. E. Method of isolation, rate of *postmortem* metabolism, and myosin heavy chain isoform coeatomposition influence ATPase activity of isolated porcine myofibrils. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 66, n. 3, p.743-752, Mar. 2004b.

BRAÑA, D. V.; ROJO-GÓMEZ, G. A.; ELLIS, M.; CUARON, J. A. Effect of gender (gilt and surgically and immunocastrated male) and ractopamine hydrochloride supplementation on growth performance, carcass, and pork quality characteristics of finishing pigs under commercial conditions. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 91, n. 12, p. 5894-5904, Dec. 2013.

BRASIL. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília: DF, 1952. Seção I, p. 10.785.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Circular nº 47. Ementa: Autorização para abate de suínos não castrados. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 711. Padronização dos Métodos de Elaboração de Produtos de Origem Animal no tocante às Instalações e Equipamentos para Abate e Industrialização de Suínos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1995.

BRAUN, J. A. O bem-estar animal na suinocultura. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2000.

BRIDI, M. A.; OLIVEIRA, R. A.; FONSECA, N. A. N.; MASSAMI, S.; COUTINHO, L. L.; SILVA, A. C. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, BRA, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, 2006.

- BROWN, S. N.; KNOWLES, T. G.; EDWARDS, J. E.; WARRISS, P. D. Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter. **Veterinary Record**, London, GBR, v. 145, n. 22, p. 630-634, 1999.
- BUKAU, B.; HORWICH, A. The Hsp70 and Hsp60 chaperonin machines. **Cell**, Cambridge, USA, v. 92, n. 3, p. 351-366, Feb. 1998.
- CALDARA, F. R.; MOI, M.; SANTOS, L. S. dos; PAZ, I. C. L. A.; GARCIA, R. G.; NÄÄS, I. A.; FERNANDES, A. R. M. Carcass characteristics and qualitative attributes of pork from immunocastration animals. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, [S.l.], v. 26, n. 11, p.1630-1636, Nov. 2013.
- CAMMARATO, A.; DAMBACHER, C. M.; KNOWLES, A. F.; KRONERT, W. A.; BODMER, R.; OCORR, K.; BERNSTEIN, S. I. Myosin transducer mutations differentially affect motor function, myofibril structure, and the performance of skeletal and cardiac muscles. **Molecular Biology of the Cell**, Bethesda, USA, v. 19, n. 2, p. 553-562, Feb. 2008.
- CAMPBELL, R. G.; TAVERNER, M. R. Relationships between energy intake and protein and energy metabolism, growth and body composition of pigs kept at 14 or 32°C from 9 to 20 kg. **Livestock Production Science**, Amsterdam, NLD, v. 18, n. 3-4, p. 289-303, 1988.
- CANTO, A. C. V. C. S.; SUMAN, S. P.; NAIR, M. N.; LI, G. R.; RENTFROW, G.; BEACH, C. M.; SILVA, T. J. P.; WHEELER, T. L.; SCHACKELFORD, S. D.; GRAYSON, A.; MCKEITH, R. O.; KING, D. A. Differential abundance of sarcoplasmic proteome explains animal effect on beef *Longissimus lumborum* color stability. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 102, p. 90-98, Apr. 2015.
- CARATY, A.; BONNEAU, M. Effect of active immunization against gonadorelin on LH and FSH secretion and the fat androstenone level in entire male pigs. **Comptes Rendus de l'Academie des Sciences. Serie III, Sciences de la Vie**, Paris, FRA, v. 303, n. 16, p. 673-676, 1986.
- CARR, S. N.; HAMILTON, D. N.; MILLER, K. D.; SCHROEDER, A. L.; FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.; KILLEFER, J.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean®) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 81, n. 3, p. 533-539, Mar. 2009.
- CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; KILLEFER, J.; BAKER, D. H.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 83, n. 1, p. 223-230, Jan. 2005.

CERVO, G.D. **Métodos de castração associados a adição de ractopamina na dieta suína e seus efeitos no processamento e qualidade de salame tipo italiano.** 2012, 72 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2012.

CHOI, Y. M.; LEE S. H.; CHOE, J. H.; RHEE, M. S.; LEE, S. K.; JOO, S. T.; KIM, B. C. Protein solubility is related to myosin isoforms, muscle fiber types, meat quality traits, and postmortem protein changes in porcine longissimus dorsi muscle. **Livestock Science**, [S.l.], v. 127, n. 2-3, p. 183-191, Feb. 2010.

CHOI, Y. M.; RYU, Y. C.; KIM, B. C. Influence of myosin heavy- and light chain isoforms on early *postmortem* glycolytic rate and pork quality. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 76, n. 2, p. 281-288, Jun. 2007.

CIE. **Recommendations on uniform color spaces-color equations, psychometric color terms.** Commission Internationale de l'Eclairage, Paris. Supplement No. 2 to CIE Publication No. 15 (E-1.3.L) 1971 (9TC-1-3) 1978.

CONVEY, E. M.; RICKES, E.; YANG, Y. T.; MCELLIGOT, M. A.; OLSON, G. **Effects of the beta-adrenergic agonist L-644,969 on growth performance, carcass merit and meat quality.** 1987. Disponível em: <<http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1987/effects-of-the-beta-adrenergic-agonist-l-644-969-on-growth-performance-carcass-merit-and-meat-quality.pdf?sfvrsn=2>> Acesso em: 28 nov. 2015.

COSTA, O. A. D.; LUDKE, J. V.; COSTA, M. J. R. P. Aspectos econômicos e de bem estar animal no manejo dos suínos da granja até o abate. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS – AVESUI, 4., 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2005.

CROME, P. K.; MCKEITH, F. K.; CARR, T. R.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; CANNON, J. E. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 74, n. 4, p. 709-716, Apr. 1996.

CRONIN, G. M.; DUNSHEA, F. R.; BUTLER, K. L.; MCCAULEY, I.; BARNETT, J.L.; HEMSWORTH, P. H. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, Amesterdam, NLD, v. 81, n. 2; p. 111-126, Apr. 2003.

CUVELIER, C.; CABARAUX, J. F.; DUFRASNE, I.; CLINQUART, A.; HOCQUETTE, J. F.; ISTASSE, L.; HORNICK, J. L. Performance, slaughter characteristics and meat quality of young bulls from Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus breeds fattened with a sugar-beet pulp or a cereal-based diet. **Animal Science**, Penicuik, GBR, v. 82, n. 1, p. 125-132, Feb. 2006.

DANIELI-BETTO, D.; BETTO, R.; MIDRIO, M. Calcium sensitivity and myofibrillar protein isoforms of rat skinned skeletal muscle fibres. **Pflügers Archiv**, Berlin, DEU, v. 417, n. 3, 303-308, Nov. 1990.

DAUN, C.; JOHANSSON, M.; ÖNNING, J.; ÅKESSON, B. Glutathione peroxidase activity, tissue and soluble selenium content in beef and pork in relation to meat ageing and pig RN phenotype. **Food Chemistry**, London, GBR, v. 73, n. 3 p. 313-319, May 2001.

DI LUCA, A.; ELIA, G.; HAMILL, R.; MULLEN, A. M. 2D DIGE proteomic analysis of early *post mortem* muscle exudate highlights the importance of the stress response for improved water-holding capacity of fresh pork meat. **Proteomics**, Weinheim, DEU, v. 13, n. 9, p. 1528-1544, May 2013a.

DI LUCA, A.; ELIA, G.; MULLEN, A. M.; HAMILL, R. M. Monitoring post mortem changes in porcine muscle through 2-D DIGE proteome analysis of *Longissimus* muscle exudate. **Proteome Science**, [S.I.], v. 11, n. 9, Mar. 2013b.

DI LUCA, A.; HAMILL, R. M.; MULLEN, A. M.; SLAVOV, N.; ELIA, G. Comparative proteomic profiling of divergent phenotypes for water holding capacity across the *post mortem* ageing period in porcine muscle exudate. **Plos One**, [S.I.], Mar. 2016.

DI LUCA, A.; MULLEN, A. M.; ELIA, G.; DAVEY, G.; HAMILL, R. M. Centrifugal drip is an accessible source for protein indicators of pork ageing and water-holding capacity. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 88, n. 2, p. 261-270, Jun. 2011.

DI LUCCIA, A.; PICARIELLO, G.; CACACE, G.; SCALONI, A.; FACCIA, M.; LIUZZI, V.; ALVITI, G.; MUSSO, S. Proteomic analysis of water soluble and myofibrillar changes occurring in dry-cured hams. **Meat Science**, Braking, GBR, v. 69, n. 3, p. 479-491, Mar. 2005.

DIAS, C. N. K.; SILVA, C. A.; GUIRRO, R.; CANCELLIERO, K. M.; CHINGUI, L. J. Imobilização em flexão plantar do tornozelo induz alteração metabólica em músculo esquelético de ratos. **Fisioterapia Brasil**, Rio de Janeiro, BRA, v. 6, n. 4, Jul.-ago. 2005.

DEPREUX, F. F.; GRANT, A. L.; ANDERSON, D. B.; GERRARD, D.E. Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 80, n. 7, p. 1888-1894, 2002.

DOGRA, C.; HALL, S. L.; WEDHAS, N.; LINKHART, T. A.; KUMAR, A. Fibroblast growth factor inducible-14 (Fn14) is required for the expression of myogenic regulatory factors and differentiation of myoblasts into myotubes: evidence for tweak-independent functions of Fn14 during myogenesis. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, USA, v. 282, n. 20, p. 15000-15010, May 2007.

DORAN, E.; WHITTINGTON, F. W.; WOOD, J. D.; MCGIVAN, J. D.
Cytochrome P450IIE1 (CYP2E1) is induced by skatole and this induction is blocked by androstenone in isolated pig hepatocytes. **Chemico-Biological Interactions**, Limerick, IRL, v. 140, n. 1, p. 81-92, Apr. 2002.

DORAN, E.; WHITTINGTON, F. M.; WOOD, J. D.; MCGIVAN, J. D.
Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. **Chemico-Biological Interactions**, Limerick, IRL, v. 147, n. 2, p.141-149, Mar. 2004.

D'SOUZA, D. N.; MULLAN, B. P. The effect of genotype, sex and management strategy on the eating quality of pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 60, n. 1, p. 95-101, Jan. 2002.

DULHUNTY, A.; GAGE, P.; CURTIS, S.; CHELVANAYAGAM, G.; BOARD, P.
The glutathione transferase structural family induces a nuclear chloride channel and a ryanodine receptor calcium release channel modulator. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, USA, v. 276, n. 5, p. 3319-3323, Feb. 2001.

DUNSHEA, F.R. Emerging technologies with the potential to improve feed efficiency in swine. In: J.F. PATIENCE (Ed.). **Feed efficiency in swine**. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. 2012, p. 259-269.

DUNSHEA, F. R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K.; MCCAULEY, I.; JACKSON, P.; LONG, K. A.; LOPATICKI, S.; NUGENT, E. A.; SIMONS, J. A.; WALKER, J.; HENNESSY, D. P. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac®) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 79, p. 2524-2535, Oct. 2001.

DUNSHEA, F. R.; D'SOUZA, D. N. D.; PETHICK, D. W.; HARPER, G. S.; WARNER, R. D. Effects of dietary factors and other metabolic modifiers on quality and nutritional value of meat. **Meat Science**, Barking, GBR, n. 71, n. 1, p. 8-38, Sep. 2005.

DUNSHEA, F. R.; KING, R. H.; BIDEN, R. S. Temporal response of metabolites to ractopamine treatment in the grow-ing pig. In: E. S. BATTERHAM. **Manipulating Pig Production**. Melbourne: Australasian Pig Science Association, 1991.

DUNSHEA, F. R.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G. Interrelationships between dietary protein and ractopamine on protein and lipid deposition in finishing gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 71, n. 11, p. 2931-2941, 1993.

DWORNICZAK, B., MIRAULT, M. E. Structure and expression of a human gene coding for a 71 kd heat shock 'cognate' protein. **Nucleic Acids Research**, Oxford, GBR, v. 15, n. 13, p. 5181-5197, Jul. 1987.

EISENBERG, B. R.; SALMONS, S. The reorganization of subcellular structure in muscle undergoing fast-to-slow type transformation. **Cell & Tissue Research**, New York, USA, v. 220, n. 3, p. 449-471, Oct. 1981.

ELSBERND, A. J.; PATIENCE, J. F.; PRUSA, K. J. A. Comparison of the quality of fresh and frozen pork from immunologically castrated males versus gilts, physical castrates, and entire males. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 111 p. 110-115, Jan. 2016.

ENGSETH, N. J.; LEE, K. O.; BERGEN, W. G.; HELFERICH, W. G.; KNUDSON, B. K.; MERKEL, R. A. Fatty acid profiles of lipid deposits and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Food Science**, Chicago, USA, v. 57, n. 5, p. 1060-1062, Sep. 1992.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. **Opinion of the scientific panel on animal health and welfare on a request from the commission related to welfare aspects of the castration of piglets**. EFSA, 2004. Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/animals/docs/aw_prac_farm_pigs_cast-alt_research_efsa_opinion.pdf>. Acesso em: 30 jan.16.

FALVO, R. E.; CHANDRASHEKAR, V.; ARTHUR, R. D.; KUENSTLER, A. R.; HASSON, T.; AWONIYI, C.; SCHANBACHER, B. D. Effect of active immunization against LHRH or LH in boars: reproductive consequences and performance traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 63, n. 3, p. 986-994, 1986.

FELÍCIO, P.E. O ABC do PSE/DFD. **Alimentos e tecnologia**, [S.I.], v. 2, n. 10, p. 54-57, 1986.

FENAILLE, F.; TABET, J. C.; GUY, P. A. Identification of 4-hydroxy-2-nonenal-modified peptides within unfractionated digests using matrix-assisted laser desorption/ionization time-of-flight mass spectrometry. **Analytical Chemistry**, Washington, USA, v. 76, n. 4, p. 867-873, 2004.

FERNANDES, T. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em suínos destinados à produção de carne. In: IPPA. **Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne**. Lisboa: IPPA, 1995.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M.; MYERS, A. J.; SCRAMLIN, S. M.; PARKS, C. W.; CARR, S. N.; KILLEFER, J.; MCKEITH, F. K. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 86, n. 12, p. 3544-3550, 2008.

FILHO, A. F. M.; BRAGA, M. E. D.; MATA, M. E. R. M. C. Congelamento de carne suína a temperaturas criogênicas: alterações de algumas características físico-químicas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campinas Grande, BRA, v.4, n.1, p.51-62, 2002.

FISHER, K. Drip loss in pork: influencing factors and relation to further meat quality traits. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlim, DE, v. 124, n. S1, p. 12-18, Nov. 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAO Statistical Yearbook 2013** – World Food and Agriculture. FAO, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>>. Acesso: 30 nov. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015**. FAO, 2015. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook_19991142>. Acesso em 22 fev. 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The state of food and agriculture 2013: Food systems for better nutrition**. FAO, 2014. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **FDA Approved Products**. 2008. Disponível em: <<http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/Products/ApprovedAnimalDrugs/UCM042860.pdf>>. Acesso em: 10 dez.2015.

FORMIGHIERI, R. **Efeito da ractopamina e da imunocastração no bem-estar animal e nas propriedades da carne suína**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

GARBOSSA, C. A. P.; SOUZA, R. V; CANTARELLI, V. S.; PIMENTA, M. E. S. G; ZANGERONIMO, M. G.; SILVEIRA, H.; KURIBAYASHI, T. H.; CERQUEIRA, L. G. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, BRA, v. 42, n. 5, May 2013.

GARRIDO, M. D.; BAÑON, S.; PEDAUYÉ, J.; LAENCINA, J. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughterline. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 37, n. 3, p. 421-428, 1994.

GISPERT, M.; ÀNGELS OLIVER, M.; VELARDE, A.; SUAREZ, P.; PÉREZ, J.; FONT I FURNOLS, M. Carcass and meat quality characteristics of immunocastrated male, surgically castrated male, entire male and female pigs. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 85, p. 664-670, 2010.

GÖKDAL, O.; ATAY, O.; ULKER, H.; KAYAARDI, S.; KANTER, M.; DEAVILA, M. D.; REEVES, J. J. The effects of immunological castration against GnRH with recombinant OL protein (Ovalbumin-LHRH-7) on carcass and meat quality characteristics, histological appearance of testes and pituitary gland in Kıvrıkcık male lambs. **Meat Science**, Barking, GBR, v.86, n. 3, p.692-698, Nov. 2010.

GOLENHOFEN, N.; PERNG, M. D.; QUINLAN, R. A.; DRENCKHAHN, D. Comparison of the small heat shock proteins α B-crystallin, MKBP, HSP25, HSP20, and α HSP in heart and skeletal muscle. **Histochemistry and Cell Biology**, v. 122, n. 5, p. 415-425, Nov. 2004.

GOLL, D. E. Role of proteinases and protein turnover in muscle growth and meat quality. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 44., p.25-36, 1991.

GONZALEZ, J. M.; JOHNSON, S. E.; STELZLENI, A. M.; THRIFT, T. A.; SAVELL, J. D.; WARNOCK, T. M.; JOHNSON, D. D. Effect of ractopamine-HCl supplementation for 28 days on carcass characteristics, muscle fiber morphometrics, and whole muscle yields of six distinct muscles of the loin and round. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 85, n. 3, p. 379-384, Jul. 2010.

GOODSAID, F.; FRUEH, F. Biomarker qualification pilot process at the us food and drug administration. **American Association Pharmaceutical Scientists Journal**, [S.I.], v. 9, n. 1, p. 105-108, Mar. 2007.

GOUBAU, S.; SILVERSIDES, D. W.; GONZALEZ, A.; LAARVELD, B.; MAPLETOFT, R. J.; MURPHY, B. D. Immunization of sheep against modified peptides of gonadotropin releasing hormone conjugated to carriers. **Domestic Animal Endocrinology**, Stoneham, USA, v.6, n.4, p.339-347, 1989.

GRAVES, P. R.; HAYSTEAD, T. A. J. Molecular biologist's guide to proteomics. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, New, York, v. 66, n. 1, p. 39-63, Mar. 2002.

GREENBAUM, D.; LUSCOMBE, N. M.; JANSEN, R.; QIAN, J.; GERSTEIN, M. Interrelating different types of genomic data, from proteome to secretome: Oming in on function. **Genome Research**, New York, USA, v.11, p. 1463-1468, Sep. 2001.

GREGORY, N.G. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 80, n. 1, p. 2-11, Sep. 2008.

HAGLER, L.; COPPES JR., R. I.; HERMAN, R. H. Metmyoglobin reductase. identification and purification of a reduced nicotinamide adenine dinucleotide-dependent enzyme from bovine heart which reduces metmyoglobin. **Journal of Biology Chemistry**, [S.I.], v. 254, p. 6505-6514, 1979.

HAMELIN, M.; CHAMBON, C.; BOUIX, J.; BIBÉ, B.; CLOP, A.; LAVILLE, E. Ovine double-muscling muscle structure and protein pattern. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 51., 2005, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: ICOMST, 2005.

HAMILL, R. M., MCBRYAN, J.; MCGEE, C.; MULLEN, A. M.; SWEENEY, T.; TALBOT, A.; CAIRNS, M. T.; DAVEY, G. C. Functional analysis of muscle gene expression profiles associated with tenderness and intramuscular fat content in pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 92, n. 4, p. 440-450, Dec. 2012.

HARRIS, S. E.; HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M.; JONES, W. R.; RANKINS, D. Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected, **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 79, n. 3, 666- 677, 2001.

HINSON, R. B.; WIEGAND, B. R.; RITTER, M. J.; ALLEE, G. L.; CARR, S. N. Impact of dietary energy level and ractopamine on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 89, n. 11; p. 3572-3579, Dec. 2014.

HOFMANN, K. **El pH: una característica de calidad de la carne.** **Fleischwirtschaft**, Frankfurt, DEU, v.1, p.13-18, 1988.

HOLLUNG, K.; VEISETH, E.; JIA, X.; FAERGESTAD, E. M.; HILDRUM, K. I. Application of proteomics to understand the molecular mechanisms behind meat quality. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 77, n. 1, p. 97-104, Sep. 2007.

HONIKEL, K. O.; KIM, C. J.; HAMM, R.; RONCALES, P. Sarcomere shortening and their influence on drip loss. **Meat Science**, Barking, v. 16, p. 267-282, 1986.

HONIKEL, K.O. Reference Methods for the Assessments of Physical Characteristics of Meat. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 49, n. 4, p. 447-457, 1998.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, S. M. Mechanisms of water holding capacity of meat: the role of *post mortem* biochemical and structural changes. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 71, n. 1; p. 194-204, Sep. 2005.

HUFF-LONERGAN, E.; PARRISH, F.C.; ROBSON, R.M. Effects of *postmortem* aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine *longissimus* muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 73, p. 1064-1073, 1995.

HUFF-LONERGAN, E.; ZHANG, W.; LONERGAN, S. M. Biochemistry of *postmortem* muscle – lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 86, n. 1, p. 184-195, Sep. 2010.

HUGHES, J. M.; OISETH, S. K.; PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 98, n. 3, p. 520-532, Nov. 2014.

HWANG, I. Proteomics approach in meat science: A model study for Hunter L* value and drip loss. **Food Science and Biotechnology**, [S.I.], v.13, p. 208-214, 2004.

HWANG, I. H.; PARK, B. Y.; KIM, J. H.; CHO, J. M.; LEE, S. H. Assessment of *postmortem* proteolysis by gel-based proteome analysis and its relationship to meat quality traits in pig *longissimus*. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 69, n. 1, p. 79-91., Jan. 2005.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE. APIS GENE – INRA. Carine Bernard-Capel, Isabelle Cassar-Malek, Jean-Francois Hocquette. **New genomic marker associated with a phenotype related to tenderness of the meat of a bovine animal comprises a sequence corresponding to DNAJA1, useful for selecting or sorting ruminant animals of the bovine type with tender meat**. EP 1900826-A1; WO 2008031846-A1; EP 2061902-A1; AU 2007296198-A1, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cenário Carnes 2014/2015**. Brasília: IBGE, 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/camaras_setoriais/Aves_e_suinos/25RO/Cen%C3%A1rio%20Carnes%202014%202015.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2016.

JAROS, P.; BÜRGI, E.; STÄRK, K. D. C.; CLAUS, R.; HENNESSY, D.; THUN, R. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, Amesterdam, NLD, v. 92, n. 1, p. 31-38, Jan. 2005.

JEONG, J. Y.; CHOI, J. H.; CHOI, J. H.; HAN, D. J.; KIM, H. Y.; LEE, M. A.; KIM, C. J. The effects of immunocastration on meat quality and sensory properties of pork bellies. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, [S.l.], v. 31, n. 3, p. 372-380, 2011.

JIA, X., HILDRUM, K. I.; WESTAD, F.; KUMMEN, E.; AASS, L.; HOLLUNG, K. Changes in enzymes associated with energy metabolism during the early *post mortem* period in *Longissimus thoracis* bovine muscle analyzed by proteomics. **Journal of Proteome Research**, Washington, USA, v. 5, n. 7, p. 1763-1769, Jul. 2006.

JONES, R. W.; EASTER, R. A.; MCKEITH, F. K.; DARLYNMPLE, R. H.; MADDOCK, H. M.; BECHETEL, P. J. Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (cl 283,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 61, p. 905-913, 1985.

JOO, S. T.; KAUFFMAN, R. G.; KIM, B. C.; PARK, G. B. The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water holding capacity in porcine *longissimus* muscle. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 52, n. 3, p. 291-297, Jul. 1999.

JOSEPH, P.; SUMAN, S. P.; RENTFROW, G.; LI, S.; BEACH, C. M. Proteomics of muscle-specific beef color stability. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Easton, EUA, v. 60, n. 12, p. 3196-3203, Feb. 2012.

JUDGE, M. D.; ABERLE, E. D.; FORREST, J. C.; HEDRICK, H. B.; MERKEL, R. A. **Principles of meat science**. 2. ed. Iowa: Kendall Hunt, 1989. 351p.

KAASIK, A.; MINAJEVA, A.; SOUSA, E.; VENTURA-CLAPIER, R.; VEKSLER, V. Nitric oxide inhibits cardiac energy production via inhibition of mitochondrial creatine kinase. **FEBS Letters**, Amsterdam, NLD, v. 444, n. 1, p. 75-77, Feb. 1999.

KAUFFMAN, R. G.; SYBESMA, W.; SMULDERS, F. J.; EIKELENBOOM G.; ENGEL, B.; VAN LAACK, R. L.; HOVING-BOLINK, A. H.; STERRENBURG P.; NORDHEIM, E. V.; WALSTRA, P.; VAN DER WAL, P. G. The effectiveness of examining early post-mortem musculature to predict ultimate pork quality. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 34, n. 3, p. 283-300, 1993.

KEANE, M. G.; ALLEN, P. Effects of production system intensity on performance, carcass composition and meat quality of beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, NLD, v. 56, n. 3, p. 203-214, Dec.1998.

KEMP, C. M.; SENSKY, P. L.; BARDSLEY, R. G.; BUTTERY, P. J.; PARR, T. Tenderness – An enzymatic view. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 84, n. 2, p. 248-256, Feb. 2010.

KIM, N. K.; JOH, J. H.; PARK, H. R.; KIM, O. H.; PARK, B. Y.; LEE, C. S. Differential expression profiling of the proteomes and their mRNAs in porcine white and red skeletal muscles. **Proteomics**, Weinheim, v. 4, n. 11, p. 3422-3428, Nov. 2004.

KIM, S.; SHILAGARDI, K.; ZHANG, S.; HONG, S. N.; SENS, K. L.; BO, J.; GONZALEZ, G. A.; CHEN, E. H. A critical function for the actin cytoskeleton in targeted exocytosis of perfusion vesicles during myoblast fusion. **Developmental Cell**, Cambridge, USA, v. 12, n. 4, p. 571-586, Apr. 2007

KLEBL, B. M.; AYOUB, A. T.; PETTE, D. Protein oxidation, tyrosine nitration, and inactivation of sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} -ATPase in low-frequency stimulated rabbit muscle. **FEBS Letters**, Amsterdam, NLD, v. 422, p. 381-384, 1998.

KOEPPEN, B. M.; STANTON, B. A. **Berne & Levy Physiology**. 6th ed. Philadelphia: Mosby/Elsevier, 2008.

KOLCZAK, T.; POSPIECH, E.; PALKA, K.; LACKI, J. Changes of myofibrillar and centrifugal drip proteins and shear force of psoas major and minor and semitendinosus muscle from calves, heifers and cows during post-mortem ageing. **Meat Science**, Barking, GBR, v.64, n. 1, p.69-75, May 2003.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 43, supp. 1, p. 193-201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L. Effects of β -adrenergic agonist (L644,969) and male sex condition on muscle growth and meat quality of callipyge lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 74, n. 1, 70-79, Jan. 1996.

KRETCHMAR, D. H.; HATHAWAY, M. R.; EPLEY, R. J.; DAYTON, W. R. Alterations in *postmortem* degradation of myofibrillar proteins in muscle of lambs fed b-adrenergic agonist. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 68, n. 6, p. 1760-1772, Jun. 1990.

KRISTENSEN, L.; PURSLOW, P. P. The effect of ageing on the water-holding capacity of pork: role of cytoskeletal proteins. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 58, n. 1, p. 17-23, May 2001.

KRISTENSEN, L.; THERKILDSSEN, M.; AASLYNG, M. D.; OKSBJERG, N.; ERTBJERG, P. Compensatory growth improves meat tenderness in gilts but not in barrows. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 12, p. 3617-3624, 2004.

KWASIBORSKI, A.; SAYD, T.; CHAMBON, C.; SANTE-LHOUELIER, V.; ROCHA, D.; TERLOUW, C. Pig *Longissimus lumborum* proteome: Part I. Effects of genetic background rearing environment and gender. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 80, n. 4, p. 968-981, Dec. 2008a

KWASIBORSKI, A.; SAYD, T.; CHAMBON, C.; SANTE-LHOUELIER, V.; ROCHA, D.; TERLOUW, C. Pig *Longissimus lumborum* proteome: Part II. Relationships between protein content and meat quality. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 80, n. 4, p. 982-996, Dec. 2008b.

KWASIBORSKI, A.; ROCHA, D.; TERLOUW, C. Gene expression in Large White or Duroc-sired female and castrated male pigs and relationships with pork quality. **Animal Genetics**, Oxford, GBR, v. 40, n. 6, p. 852-862, Dec. 2009.

LABEIT, S.; KOLMERER, B. Titins: giant proteins in charge of muscle ultrastructure and elasticity. **Science**, [S.I.], v. 270, p. 293-296, Oct. 1995.

LAMETSCH, R.; BENDIXEN, E. Proteome analysis applied to meat science: characterizing *post mortem* changes in porcine muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 49, n. 10, p. 4531-4537, Sep. 2001.

LAMETSCH, R.; KARLSSON, A.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J.; ROEPSTORFF, P.; BENDIXEN, E. *Postmortem* proteome changes of porcine muscle related to tenderness. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 51, n. 24, p. 6992-6997, Oct. 2003.

LAMETSCH, R.; KRISTENSEN, L.; LARSEN, M. R.; THERKILDSSEN, M.; OKSBJERG, N.; ERTBJERG, P. Changes in the muscle proteome after compensatory growth in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 84, n. 4, p. 918-924, 2006.

LAMETSCH, R.; LARSEN, M. R.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; JENSEN-WAERN, M.; LUNDSTROM, K.; LINDAHL, G. *Postmortem* changes in pork muscle protein phosphorylation in relation to the RN genotype. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 59, n. 21, p. 11608-11615, Sep. 2011.

LAMETSCH, R.; ROEPSTORFF, P.; BENDIXEN, E. Identification of protein degradation during *post-mortem* storage of pig meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 50, n. 20, p. 5508-5512, Aug. 2002.

LARZUL, C.; LEFAUCHEUR, L.; ECOLAN, P.; GOGUÉ, J.; TALMANT, A.; SELLIER, P.; LEROY, P.; MONIN, G. Phenotypic and genetic parameters for *longissimus* muscle fiber characteristics in relation to growth carcass and meat quality traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 75, n. 12, p. 3126-3137, 1997.

LAVILLE, E.; SAYD, T.; TERLOUW, C.; CHAMBON, C.; DAMON, M.; LARZUL C.; PASCALE, L.; GLÉNISSON, J.; CHÉREL, P. Comparison of sarcoplasmic proteomes between two groups of pig muscles selected for shear force of cooked meat. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 55, n. 14, p. 5834-5841, Jun. 2007.

LAWRIE, R. A. **The eating quality of meat. In Meat Science.** 6. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 1998, p. 212-254.

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. The eating quality of meat. In: **Lawrie's meat science.** 7. ed. USA: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2006, p. 279-341.

LEAL, R. S.; CANTARELLI, V. S.; MATTOS, B. O.; CARVALHO, G. C.; PIMENTA, M. E. S. G.; PIMENTA, C. J. Meat quality of finishing pigs fed with different ractopamine levels. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, COL, v. 63, n. 243, p. 507-518, 2014.

LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos.** 2008. 65 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

LI, H.; GARIÉPY, C.; JIN, Y.; FONT I FURNOLS, M.; FORTIN, J.; ROCHA, L.M.; FAUCITANTO, L. Effects of ractopamine administration and castration method on muscle fiber characteristics and sensory quality of the longissimus muscle in two Piétrain pig genotypes. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 102, p. 27-34, Apr. 2015.

LIANG, C. S.; KOBIYAMA, A.; SHIMIZU, A.; SASAKI, T.; ASAKAWA, S.; SHIMIZU, N. Fast skeletal muscle myosin heavy chain gene cluster of medaka *Oryzias latipes* enrolled in temperature adaptation. **Physiological Genomics**, [S.I.], v. 29, n. 2, p. 201-214, Apr. 2007.

LIBERA, L. D.; CARPENE, E. Myosin heavy and light chains and myosin light chain kinase in skeletal and smooth muscle of some wild avian species. **Comparative Biochemistry and Physiology**, [S.I.], v. 116, n. 1, p. 45-50, Jan. 1997.

LIMA, B. R. C.; SUMAN, S. P.; LI, S.; BEACH, C. M.; SILVA, T. J. P.; SILVEIRA, E. T.; BOHRER, B. M.; BOLER, D. D. Dietary ractopamine influences sarcoplasmic proteome profile of pork *Longissimus thoracis*. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 103, n.7, p. 7-12, May 2015.

LINDQUIST, S.; CRAIG, E. A. The heat-shock proteins. **Annual Review of Genetics**, Palo Alto, USA, v. 22, p. 631-677, 1988.

LIU, J.; DAMON, M.; GUITTON, N.; GUISE, I.; ECOLAN, P.; VINCENT, A.; CHEREL, P.; GONDRET, F. Differentially expressed genes in pig *Longissimus* muscles with contrasting levels of fat, as identified by combined transcriptomic, reverse transcription PCR, and proteomic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 57, n. 9, p. 3808-3817, Mar. 2009.

LIU, J.; PUOLANNE, E.; ERTBJERG, P. A new hypothesis explaining the influence of sarcoplasmic proteins on the water-holding of myofibrils. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 61., 2015, Clermont-Ferrand. **Proceedings ...** Clermont-Ferrand: ICOMST, 2015.

[LIU, Y.; STEINACKER, J.M.](#) Changes in skeletal muscle heat shock proteins: pathological significance. **Frontiers in Bioscience**, [S.I.], v. 6, p. d12-25, Jan. 2001.

LOMIWES, D.; FAROUK, M. M.; WIKLUND, E.; YOUNG, O. A. Small heat shock proteins and their role in meat tenderness: A review. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 96, n. 1, p. 26-40, Jan. 2014.

LOWE, B. K. **Effects of feeding ractopamine (paylean®) to immunologically castrated (improvest®) pigs on growth performance, carcass yields, and further processing characteristics**. Msc Diss. University of Illinois, Urbana-Champaign. 2013.

LU, B. D.; ALLEN, D. L.; LEINWAND, L. A.; LYONS, G. E. Spatial and temporal changes in myosin heavy chain gene expression in skeletal muscle development. **Developmental Biology**, San Diego, USA, v. 216, n. 1, p. 312-326, Dec. 1999.

LUCAS, D.S. **Imunocastração e adição de ractopamina em dieta suína e seus efeitos físicos e bioquímicos na sobrepaleta e na copa Tipo italiana.** 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2012.

LUND, M. N.; LAMETSCH, R.; HVIID, M. S.; JENSEN, O. N.; SKIBSTED, L. H. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine *Longissimus dorsi* during chill storage. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 77, n. 3, p. 295-303, Nov. 2007.

LUNDSTRÖM, K.; ZAMARATSKAIA, G. Moving towards taint-free pork – alternatives to surgical castration. **Acta Veterinaria Scandinavica**, Copenhagen, DNK, v. 48, supp. 1, Aug. 2006.

MARCHANT-FORDE, J. N.; LAY, D. C.; PAJOR, E. A.; RICHERT, B. T.; SCHINCKEL, A. P. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 81, n. 2, p. 416-422, 2003.

MARCHIORI, A. F.; FELICIO, P. E. Qualidade da carne de suíno e de javali comercial. **Scientia agricola**, Piracicaba, BRA, v. 60, n. 1, Jan.-Feb. 2003.

MARINHO, P. C.; FONTES, D. O.; SILVA, F. C. O.; SILVA, M. A.; PEREIRA, F. A.; AROUCA, C. L. C. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, BRA, v. 36, n. 4, p.1061-1068, 2007.

MARINO, R.; ALBENZIO, M.; DELLA MALVA, A.; SANTILLO, A.; LOIZZO, P.; SEVI, A. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 95, n. 2, p. 281-287, Oct. 2013.

MARTINS, D. S.; SOARES, M. A.; STEFFENSI, J. Carcass quality and yield of pork cuts with the use of ractopamine. **Ciência Rural**, Santa Maria, BRA, v. 45, n. 8, p. 1503-1508, Ago. 2015.

MARUYAMA, K. Connectin/titin, giant elastic protein of muscle. The **FASEB Journal**, Bethesda, USA, v. 11, n. 5, p.341-345, Apr. 1997.

MCCAULEY, I.; WATT, M.; SUSTER, D.; KERTON, D. J.; OLIVER, W. T.; HARRELL, R. J.; DUNSHEA, F. R. A GnRF vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin (Reporcin®) have synergistic effects upon growth performance in both boars and gilts. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, AUS, v. 54, p. 11-20, 2003.

MCDONAGH, M.B.; FERNANDEZ, C.; ODDY, V.H. Hind-limb protein metabolism and calpain system activity influence *post-mortem* change in meat quality in lamb. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 52, n. 1, p 9-18, May 1999.

- MCKEITH, R. O.; KING, D. A.; GRAYSON, A. L.; SHACKELFORD, S. D.; GEHRING, K. B.; SAVELL, J. W.; WHEELER, T. L. Mitochondrial abundance and efficiency contribute to lean color of dark cutting beef. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 116, p. 165-173, Jun. 2016.
- MCKEITH, F. K.; MERKEL, R. A. Technology of developing low-fat meat products. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 69, supp. 2, p. 116-124, 1991.
- MELODY, J. L.; LONERGAN, S. M.; ROWE, L. J.; HUIATT, T. W.; MAYES, M. S.; HUFF-LONERGAN, E. Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 4, p. 1195-1205, 2004.
- MERKEL, R.A.; BABIKER, A.S.; SCHROEDER, A.L.; BURNETT, R.J.; BERGEN, W.G. The effect of ractopamine on qualitative properties of porcine *Longissimus* muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 68, p. 336, 1990.
- MILLER, M. F.; HOOVER, L. C.; COOK, K. D.; GUERRA, A. L.; HUFFMAN, K. L.; TINNEY, K. S.; RAMSEY, C. B.; BRITTIN, H. C.; HUFFMAN, L. M. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. **Journal of Food Science**, Champaign, USA, v. 60, n. 5, p. 963-965, Sep. 1995.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Suínos. Brasília: MAPA, 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- MITCHELL, A. D.; STEELE, N. C.; SOLOMON, M. B.; ALILA, H. W.; LINDSEY, T. O.; CRACKNELL, V. Influence of dietary background on the response of pigs to the beta-adrenergic agonist BRL47672. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 72, n. 6, p. 1516-1521, Jun. 1994.
- MØLLER, A. J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork-technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E.; DEMEYER, D. I.; RUUSUNEN, M.; ELLIS, S. (Eds.). **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992, p. 225.
- MONTOWSKA, M.; POSPIECH, E. Species-specific expression of various proteins in meat tissue: Proteomic analysis of raw and cooked meat and meat products made from beef, pork and selected poultry species. **Food Chemistry**, London, GBR, v. 136, n. 3-4, p. 1461-1469, Feb. 2013.
- MORZEL, M.; CHAMBON, C.; HAMELIN, M.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; SAYD, T.; MONIN, G. Proteome changes during pork meat ageing following use of two different pre-slaughter handling procedures. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 67, n. 4, p. 689-696, Aug. 2004.

MORZEL, M.; TERLOUW, C.; CHAMBON, C.; MICOL, D.; PICARD, B. Muscle proteome and meat eating qualities of *Longissimus thoracis* of "Blonde d'Aquitaine" young bulls: A central role of HSP27 isoforms. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 78, n. 3, p. 297-304, Mar. 2008.

MUELLER, T.; DOMEL, G. Physicochemical parameters of muscle meat quality and veterinary assessment of slaughter pig carcasses: incidental conformity or statistical coherence? **Fleischwirtschaft**, Frankfurt, DEU, v. 80, n. 1, 95-98, 2000.

MUKHOPADHYAY, R.; ZHOU, Y.; ROSEN, B.P. Directed evolution of a yeast arsenate reductase into a protein-tyrosine phosphatase. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, USA, v. 278, n. 27, p. 24476-24480, Jul. 2003.

MURGIANO, L.; D'ALESSANDRO, A.; EGIDI, M. G.; CRISA, A.; PROSPERINI, G.; TIMPERIO, A. M.; VALENTINI, A.; ZOLLA, L. Proteomics and transcriptomics investigation on *Longissimus* muscles in Large White and Casertana pig breeds. **Journal of Proteome Research**, Washington, USA, v. 9, n. 12, p. 6450-6466, Oct. 2010.

MUROYA, S.; OHNISHI-KAMEYAMA, M.; OE, M.; NAKAJIMA, I.; CHIKUNI, K. *Postmortem* changes in bovine troponin T isoforms on two-dimensional electrophoretic gel analyzed using mass spectrometry and western blotting: the limited fragmentation into basic polypeptides. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 75, n. 3, p. 506-514, Mar. 2007.

NANNI COSTA, L.; LO FIEGO, D. P.; DALL'OLIO, S.; DAVIOLO, R.; RUSSO, V. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 61, n. 1, p. 41-47, May 2002.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL. **Pork quality standards**. Iowa: NPPC. 1999.

OFFER, G. Modeling of the formation of pale, soft and exudative meat – Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 30, n. 2, p.157-184, 1991.

OFFER, G.; KINGHT, P.; JEACOCKE, R.; ALOMOND, R.; COUSINS, T.; ELSEY, J.; PARSONS, N.; SHARP, R.; STARR, R.; PURSLOW, P. 1989. The structural basis of the water-holding, appearance and toughness of meat and meat-products. **Food Structure**, Chicago, USA, v. 8, n. 1, p. 151-170, 1989.

OFFER, G.; COUSINS, T. The mechanism of drip production: formation of two compartments of extracellular space in muscle *Post mortem*. **Journal of Science Food Agriculture**, [S.I.], v. 58, n. 1, p. 107-116, 1992.

OFFER, G.; TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 8, n. 4, p. 245-281, 1983.

OLIVER, W. T., MCCAULEY, I., HARRELL, R. J., SUSTER, D., KERTON, D. J.; DUNSHEA, F. R. A gonadotropin-releasing factor vaccine (Improvac®) and porcine somatotropin have synergistic and additive effects on growth performance in group-housed boars and gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 81, n. 8, p. 1959-1966, Aug. 2003.

O'NEILL, D. J.; LYNCH, P. B.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J.; KERRY, J. P. Influence of the time of year on the incidence of PSE and DFD in Irish pig meat. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 64, n. 2, p. 105-111, Jun. 2003.

OOIZUMI, T.; XIONG, Y. L. Hydroxyl radical oxidation destabilizes subfragment-1 but not the rod of myosin in chicken myofibrils. **Food Chemistry**, London, GBR, v. 106, n. 2, p. 661-668, Jan. 2008.

OONK, H. B.; TURKSTRA, J. A.; SCHAAPER, W. M. M.; ERKENS, J. H.; SCHUITMAKER-DE-WEERD, M. H.; VAN NES, A.; VERHEIJDEN, J. H.; MELOEN, R. H. New GnRh-like peptide construct to optimize efficient immunocastration of male pigs by immunoneutralization of GnRH. **Vaccine**, Kidlington, GBR, v. 16, n. 11-12, p. 1074-1082, Jul. 1998.

OUALI, A.; HERRERA-MENDEZ, C. H.; COULIS, G.; BECILA, S.; BOUDJELLAL, A.; AUBRY, L.; SENTANDREUM, M. A. Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 74, n. 1, p. 44-58, Sep. 2006.

OUALI, A.; GAGAOUA, M.; BOUDIDA, Y.; BECILA, S.; BOUDJELLAL, A.; HERRERA-MENDEZ, C. H.; SENTANDREU, M. A. Biomarkers of meat tenderness: present knowledge and perspectives in regards to our current understanding of the mechanisms involved. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 95, n. 4, p. 854-870, Dec. 2013.

OURIQUE, J. M. R. **Características físico-químicas e organolépticas e suas relações na avaliação de qualidade da carne suína**. 1989, 104f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

PALTRONIERI, C.E. The addition of ractopamine to the feed of light and heavy swine and its impacts on meat quantitative characteristics. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 51., 2005, Baltimore. **Proceedings...** Baltimore: ICOMST, 2005.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. ed. Goiânia: UFG, 2006. v.1, p. 624.

PAREDI, G.; RABONI, S.; BENDIXEN, E.; ALMEIDA, A. M.; MOZARELLI, A. "Muscle to meat" molecular events and technological transformations: The proteomics insight. **Journal of Proteomics**, Martinsried, DEU, v. 75, n. 14, p. 4275-4289, Jul. 2012.

PARK, B. Y.; KIM, N. K.; LEE, C. S.; HWANG, I. H. Effect of fiber type on *postmortem* proteolysis in *Longissimus* muscle of Landrace and Korean native black pigs. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 77, n. 4, p. 482-491, Dec. 2007.

PARK, D.; XIONG, Y. L.; ALDERTON, A. L. Concentration effects of hydroxyl radical oxidizing systems on biochemical properties of porcine muscle myofibrillar protein. **Food Chemistry**, London, GBR, v. 101, n.3, p. 1239-1246, 2007.

PARR, T.; MAREKO, M. H. D.; RYAN, K. J. P.; HEMMINGS, K. M.; BROWN, D. M.; BRAMELD, J. M. The impact of growth promoters on muscle growth and the potential consequences for meat quality. **Meat Science**, Barking, GBR, 2016, n. 120, p. 93-99, Oct. 2016.

PATIENCE, J. F.; SHAND, P.; PIETRASIK, Z.; MERRILL, J.; VESSIE, G.; ROSS, K. A.; BEAULIEU, A. D. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, CA, v. 89, n. 1, p. 53-66, 2009.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY, J. V.; BEE, G. Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, [S.I.], v. 3. n. 7, p. 1057-1066, Jul. 2009.

PAULY, C.; SPRING-STAEHLI, P.; O'DOHERTY, J. V.; KRAGTEN, S. A., DUBOIS, S.; MESSADÈNE, J.; BEE, G. The effects of method of castration, rearing condition and diet on sensory quality of pork assessed by a trained panel. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 2, p. 498-504, Oct. 2010.

PEARCE, K. L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J.; HOPKINS, D. L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes – A review. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 89, n. 2, p. 111-124, Oct. 2011.

PELOSO, J. V. Influência do jejum pré-abate sobre a condição muscular em suínos e seus efeitos na qualidade final da carne para industrialização. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2002. p. 385-392.

PENNINGTON, S. R.; DUNN, M. J. **Proteomics: from protein sequence to function**. New York: Springer-Verlag e BIOS Scientific Publishers, 2001.

PETERLA, I. A.; SCANES, C. G. Effects of beta-adrenergic agonists on lipolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 68, p. 1024-1029, 1990.

PICARIELLO, G.; DE MARTINO, A.; MAMONE, G.; FERRANTI, P.; ADDEO, F.; FACCIA, M.; SPAGNAMUSSO, S.; DI LUCCIA, A. Proteomic study of muscle sarcoplasmic proteins using AUT-PAGE/SDS-PAGE as two-dimensional gel electrophoresis. **Journal of Chromatography B**, Amsterdam, NLD, v.833; n. 1; p. 101-108, Mar. 2006.

POLEZE, E. Controle global do odor de macho inteiro: a castração imunológica. **Porkworld**, Paulínia, BRA, n. 39, p. 52-55, Jul.-Ago. 2007a.

POLEZE, E. Odor de macho inteiro e impacto do método de castração cirúrgica – Intervenção de controle do risco do odor contém uma perda oculta para os produtos. **Porkworld**, Paulínia, BRA, n. 38, p. 44-49, Mai.-Jun. 2007b.

PORKWORLD. UE acaba com castração cirúrgica de leitões até 2018. **Porkworld**, Campinas, 2010. Disponível em: <<http://www.porkworld.com.br/noticias/post/ue-acaba-com-castracao-cirurgica-de-leitoes-ate-2018>>. Acesso: 29 nov. 2015.

PUGA, D. M. U.; CONTRERAS, C. J. C.; TURNBULL, M. R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Food Science and Technology**, Campinas, BRA, v. 19, n. 1, p. 88-96, 1999.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes:** fundamentos e metodologias. Viçosa: UFV, 2009. 599 p.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: III Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, PRT, v.97, p.51-62, 2002.

RAUGEI, G.; RAMPONI, G.; CHIARUGI, P. Low molecular weight protein tyrosine phosphatases: small, but smart. **Cellular and Molecular Life Science**, [S.l.], v. 59, n. 6, p. 941-949, Jun. 2002.

REIS, D. J.; WOOTEN, G. F. The relationship of blood flow to myoglobin, capillary density, and twitch characteristics in red and white skeletal muscle in cat. **Journal of Physiology**, Paris, FRA, v. 210, n. 1, p. 121-135, Sep. 1970.

RENERRE, M. Variabilité entre muscles et entre animaux de la stabilité de la couleur des viandes bovines. **Sciences des aliments**, Paris, FRA, v. 4, n. 4, 567-584, 1984.

RESS, M.P.; TROUT, G. R.; WARNER, R. D. The influence of the rate of pH decline on the rate of ageing for pork. II: Interaction with chilling temperature. **Meat Science**, Barking, v. 65, n. 2, p. 805-818, Oct. 2003.

RICKS, C. A.; BAKER, P. K.; DALRYMPLE, R. H. Use of repartitioning agents to improve performance and body composition of meat animals. **Reciprocal Meat Conference Proceedings**, [S.I.], v. 37, p. 5-11, 1984.

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H. J. Factors of significance for pork quality: a review. **Meat science**, Barking, USA, v. 64, n. 3, p.219-237, 2003.

ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Influence of early *postmortem* protein oxidation on beef quality. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 3, p. 785-793, 2004a.

ROWE, L. J.; MADDOCK, K. R.; LONERGAN, S. M.; HUFF-LONERGAN, E. Oxidative environments decrease tenderization of beef steaks through inactivation of mu-calpain. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 11, p. 3254-3266, 2004b.

RÜBENSAM, J. M. Transformações *post mortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 253 p. 2001. **Anais...** Concórdia. EMBRAPA. 2001. p. 89-99. Disponível em: <www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais00cv_portugues.pdf> Acesso em: 08 jan. 2016.

RUIZ, J. Ingredients. In: TOLDRÁ, F. (Ed.). **Handbook of fermented Meat and Poultry**. Oxford: Blackwell Publishing, 2007. chap. 7, p. 59-76.

RUTZ, F.; XAVIER, E. G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p. 201-218.

RYU, Y. C.; CHOI, Y. M.; KIM, B. C. Variation in metabolite contents and protein denaturation of the *Longissimus dorsi* muscle in various porcine quality classifications and metabolic rates. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 71, n. 3, p. 522-529, Nov. 2005.

SAHRPY, W. C.; MARSH, D. As economic assessment of plate, soft and exudative musculature in the fresh and cured pig carcass. **Animal Production**, Bletchley, GBR, v. 14, p. 291-299, 1953.

SALVATO, F.; CARVALHO, M. C. C. G. Métodos e estratégias em proteômica e suas aplicações na área vegetal. **Ciência Rural**, Santa Maria, BRA, v. 40, n. 3, p. 727-734, Mar. 2010.

SAYD, T.; MORZEL, M.; CHAMBON, C.; FRANCK, M.; FIGWER, P.; LARZUL, C.; LE ROY, P.; MONIN, G.; CHÉREL, P.; LAVILLE, E. Proteome analysis of the sarcoplasmic fraction of pig *Semimembranosus* muscle: implications on meat color development. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 54, n. 7, p. 2732-2737, Mar. 2006.

SAYRE, R. N.; BRISKEY, E. J. Protein solubility as influenced by physiological conditions in the muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, USA, v. 28, n. 6, p. 675-679, Nov. 1963.

SCHIAFFINO, S.; REGGIANI, C. Molecular diversity of myofibrillar proteins: gene regulation and functional significance. **Physiological Reviews**, Baltimore, USA, v. 76, n. 2, p. 371-423, Apr. 1996.

SCOPES, R. Characterization and study of sarcoplasmic proteins. In: BRISKEY, E. J.; CASSENS, R. G.; MARSH, B. B. (Eds.) **Physiology and biochemistry of muscle as a food**. Madison: University of Wisconsin Press, 1970. p. 474-490.

SEE, M. T.; ARMSTRONG, T. A.; WELDON, W. C. Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 82, n. 8, p. 2474-2480, 2004.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos proteicos**. São Paulo: Varela, 1996. p. 517.

SILVA, L.R. **Ractopamina para machos imunocastrados**. 2013. 128 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, M. L. F.; WOLP, R. C.; AMARAL, N. O.; CARVALHO JÚNIOR, F. M.; PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, V. V.; FIALHO, E. T. Efeito da ractopamina em rações com diferentes níveis de lisina sobre as características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** 2008. p. 111-113.

SILVEIRA, E.T.F. Inovações tecnológicas aplicadas na suinocultura e suas implicações na industrialização da carne. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 4., 2007, Campinas. **Anais...** 2007.

SILVEIRA, E. T. F.; POLEZE, E.; UMEHARA, O. Improvac® immunized boars compared to surgical castration: control of boar taint and growth performance. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 19., 2006, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen, 2006.

ŠKRLEP, M.; BATOREK, N.; BONNEAU, M.; PREVOLNIK, M.; KUBAL, V.; ČANDEKPOTOKAR, M. Effect of immunocastration in group-housed commercial fattening pigs on reproductive organs, malodorous compounds, carcass and meat quality. **Czech Journal of Animal Science**, [S.l.] v. 57, n. 6, p. 290-299, 2012.

ŠKRLEP, M.; ŠEGULA, B.; PREVOLNIK, M.; KIRBIŠ, A.; FAZARINC, G.; ČANDEK-POTOKAR, M. Effect of immunocastration (Improvac®) in fattening pigs II: Carcass traits and meat quality. **Slovenian Veterinary Research**, Ljubljana, YUG, v.47, n. 2, p. 65-72, 2010.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 76, n. 1, p. 173-194, 1998.

SOSNICKI, A. A.; POMMIER, S.; KLONT, R. A.; NEWMAN, S.; PLASTOW, G. Best-cost production of high quality pork: bridging the gap between pig genetics, muscle biology/meat science and consumer trends. In: Proceedings Manitoba Pork Seminar, Jan. 2003. 9–31.

SQUIRES, E. J.; ADEOLA, O.; YOUNG, L.G. The role of growth hormones, β -adrenergic agents and intact males in pork production: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, CAN, v. 73, n. 1, p. 1-23. 1993.

STITES, C. R.; MCKEITH, F. K.; SINGH, S. D.; BECHTEL, P. J.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H. Palatability and visual characteristics of hams and loins chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. **Journal of Muscle Foods**, Trumbull, USA, v. 5, n. 4, p. 367-376, Dec. 1994.

STITES, C. R.; MCKEITH, F. K.; SINGH, S. D.; BECHTEL, P. J.; MOWREY, D. H.; JONES, D.J. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 69, n. 8, p. 3094-3101, 1991.

STOLLER, G. M.; ZERBY, H. N.; MOELLER, S. J.; BAAS, T. J.; JOHNSON, C.; WATKINS, L. E. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on loin quality and sensory characteristics in three genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v.81, n. 6, p.1508-1516, Jun. 2003.

STRAADT, I. K.; RASMUSSEN, M.; ANDERSEN, H. J.; BERTRAM, H.C. Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss - a combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 75, n. 4, p. 687-95, Apr. 2007.

SUGIYAMA, Y.; SUZUKI, A.; KISHIKAWA, M.; AKUTSU, R.; HIROSE, T.; WAYE, M. M.; TSUI, S. K.; YOSHIDA, S.; OHNO, S. Muscle develops a specific form of small heat shock protein complex composed of MKBP/HSPB2 and HSPB3 during myogenic differentiation. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, USA, v. 275, n. 2, p. 1095-1104, Jan. 2000.

SUMAN, S. P.; HUNT, M. C.; NAIR, M. N.; RENTFROW, G. Improving beef color stability: practical strategies and underlying mechanisms. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 98, n. 3, p. 490-504, Nov. 2014a.

SUMAN, S. P.; JOSEPH, P. Myoglobin chemistry and meat color. **Food Science and Technology**, London, GBR, v. 4, p. 79-99, Feb. 2013.

SUMAN, S. P.; RENTFROW, G.; NAIR, M. N.; JOSEPH, P. Proteomics of muscle- and species-specificity in meat color stability. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 92, n. 3, p. 875-882, Nov. 2014b.

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

SWATLAND, H. J. How pH causes paleness or darkness in chicken meat. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 80, n. 2, p. 396-400, Oct. 2008.

TARRANT, P. V. The effects of handling, transport, slaughter and chilling on meat quality and yield in pigs: a review. **Irish Journal of Food Science and Technology**, Dublin, IRL, v. 13, n. 2, 79-107, 1989.

TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D. E. Is Z-disk degradation responsible for post-mortem tenderization? **Journal Animal Science**, Champaign, USA, v. 73, n. 5, p. 1351-1367, May 1995.

TE PAS, M. F. W.; HOEKMAN, A. J. W.; SMITS, M. A. Biomarkers as management tools for the pork production chain industries. **Journal on Chain and Network Science**, [S.l.], v. 11, 155-166, 2011a.

TE PAS, M. F. W.; JANSEN, J.; BROEKMAN, K. C. J. A.; REIMERT, H.; HEUVEN, H. C. M. (2009). *Post mortem* proteome degradation profiles of *Longissimus* muscle in Yorkshire and Duroc pigs and its relationship with pork quality traits. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 83, n. 4, p. 744-751, Dec. 2009.

TE PAS, M. F. W.; KEUNING, E.; VAN DE WIEL, D. J. M.; YOUNG, J. F.; OKSBJERG, N.; KRUIJT, L. Proteome profiles of *Longissimus* and *Biceps femoris* porcine muscles related to exercise and resting. **Journal of Life Science**, [S.l.], v. 5, p. 598-608, 2011b.

TE PAS, M. F.W.; KRUIJT, L.; PIERZCHALA, M.; CRUMP, R.E.; BOEREN, S.; KEUNING, E.; HOVING-BOLINK, R.; HORTÓS, M.; GISPERT, M.; ARNAU, J.; DIESTRE, A.; MULDER, H. A. Identification of proteomic biomarkers in M. *Longissimus dorsi* as potential predictors of pork quality. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 95, n. 3, p. 679-687, Nov. 2013.

TEREVINTO, A.; RAMOS, A.; CASTROMAN, G.; CABRERA, M. C.; SAADOUN, A. Oxidative status, in vitro iron-induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in rhea meat. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 84, n. 4, p. 706-710, Apr. 2010.

TOLDRÁ, F. Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 49, supp. 1, p. S101–S110, 1998.

TOLDRÁ, F.; FLORES, M. The use of muscle enzymes as predictors of pork meat quality. **Food Chemistry**, London, GBR, v. 69, n. 4, p. 387-395, Jun. 2000.

- TONIETTI, A. P. **Avaliações do desempenho zootécnico, qualidade de carcaça e carne em suíno macho inteiro imunocastrado**. 2008, 130 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- TOUMI, H.; BEST, T. M. The inflammatory response: friend or enemy for muscle injury? **British Journal Sport Medicine**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 284-286. Aug. 2006.
- TRINDADE, M. A.; GRESSONI JÚNIOR, I. Bioquímica da Carne: Bases Científicas e Implicações Tecnológicas. In: KOBLITZ, M. G. B. (Org.). **Bioquímica de Alimentos: Teoria e Aplicações Práticas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- TYERS, M.; MANN, M. From genomics to proteomics. **Nature**, London, GBR, v. 422, p.193-197, Mar. 2003.
- UTTARO, B. E.; BALL, R. O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L. E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 71, n. 9, p. 2439-2449, 1993.
- VAN DE PERRE, V.; PERMENTIER, L.; DE BIE, S.; VERBEKE, G.; GEERS, R. Effect of unloading, lairage, pig handling, stunning and season on pH of pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 86, n. 4, p. 931-937, Dec. 2010.
- VAN DE WIEL, D. F. M; ZHANG, W. L. Identification of pork quality parameters by proteomics. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 77, n. 1, p. 46-54, Sep. 2007.
- VAN DER WAL, P. G.; BOLINK, A. H.; MERKUS, G. S. M. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD Pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 24, n. 1, p. 79-84, 1988.
- VAN LAACK, R. L. J. M.; KAUFFMAN, R. G. Glycolytic potencial of red, soft, exudative pork longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 77, n. 11, p.2971-2973, 1999.
- VAN LAACK, R. L. J. M.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, Champaign, USA, v. 79, n.7, p. 1057-1061, 2000.
- VAN OECKEL, M. J., WARNANTS, N.; BOUCQUÉ, C. V. Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 53, n. 4, p. 259-267, Dec. 1999.
- VILJANEN, K.; KYLLI, P.; KIVIKARI, R.; HEINONEN, M. Inhibition of Protein and Lipid Oxidation in Liposomes by Berry Phenolics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, USA, v. 52, n. 24, p. 7419-7424, 2004.

WALKER, W.R., D.D. JOHNSON, J.H. BRENDemuHL, R.H. DALRYMPLE AND G.E. COMBS. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 67, n. 1, p. 168-176, 1989.

WARNER, R.D., KAUFFMAN, R.G., GREASER, M.L. Muscle protein changes *post mortem* in relation to pork quality traits. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 45, n. 3, p. 339-352, Mar. 1997.

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

WARRISS, P. D. **Meat Science**: an introductory text. Oxfordshire: Cabi Publishing, 2000. p.60.

WARRISS, P. D.; BROWN, S.N. Relationship between the subjective assessment of pork quality and objective measures of colour. In.: WOOD, J.D. AND LAWERENCE, T.L.J. (Eds.). **Safety and Quality of Food from Animals**. Edinburg: British Society of Animal Production, 1993. p. 98-101.

WARRISS, P. D.; BROWN, S. N. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. **Meat Science**, Barking, GBR, v.20, n. 1, p. 65-74, 1987.

WARRISS, P. D.; BROWN, S. N.; ROLPH, T. P.; KESTIN, S. C. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 68, n. 11, p. 3669-3676, 1990.

WATANABE, P.H. **Ractopamina em dietas para fêmeas suínas**. 2009, 100f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

WATKINS, L. E.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; ANDERSON, D. B.; VEENHUIZEN, E. L. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 68, n. 11, p. 3588-3595, 1990.

WEBER, T. E.; RICHERT, B. T.; BELURY, M.A.; GU, Y.; ENRIGHT, K.; SCHINCKEL, A. P. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 84, n. 3, p. 720-732, Mar. 2006.

WILKINS, M. R.; PASQUALI, C.; APPEL, R. D.; OU, K.; GOLAZ, O.; SANCHEZ, J.C.; YAN, J. X.; GOOLEY, A. A.; HUGHES, G.; HUMPHERY-SMITH, I.; WILLIAMS, K. L.; HOCHSTRASSER, D. F. From proteins to proteomes: large scale protein identification by two-dimensional electrophoresis and amino acid analysis. **Biotechnology**, Frankfurt, DEU, v. 14, n. 1, p. 61-65, Jan. 1996.

WILLIAMS, N. H.; CLINE, T. R.; SCHINCKEL, A. P.; JONES, D. J. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, Champaign, USA, v. 72, n. 12, p. 3152-3162, 1994.

WOOD, J. D.; WISEMAN, J.; COLE, D. J. A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994. p. 446-448.

WRAY-CAHEN, D. Performance-Enhancing Substances. In LEWIS, J. A.; SOUTHERN, L. L. **Swine Nutrition**. Louisiana: CRC Press, 2001. cap. 19.

WU, W.; GAO, X. G.; DAI, Y.; FU, Y.; LI, X. M.; DAI, R. T. *Post-mortem* changes in sarcoplasmic proteome and its relationship to meat color traits in *M. Semitendinosus* of Chinese Luxi yellow cattle. **Food Research International**, Barking, GBR, v. 72, p. 98-105, Jun. 2015.

XIONG, Y. L. Protein oxidation and implications for muscle foods quality. In: DECKER, E. A.; FAUSTMAN, C.; LOPEZ-BOTE, C. J. (Eds.). **Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality**. New York: John Wiley and Sons, 2000. p. 85-111.

XIONG, Y. L.; GOWER, M. J.; LI, C.; ELMORE, C. A.; CROMWELL, G. L.; LINDEMANN, M. D. Effect of dietary ractopamine on tenderness and *postmortem* protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 73, n. 4, p. 600-604, Aug. 2006.

YOUNG, J. F.; BERTRAM, H. C.; OKSBJERG, N. Rest before slaughter ameliorates pre-slaughter stress-induced increased drip loss but not stress-induced increase in the toughness of pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 83, n. 4, p. 634-641, Dec. 2009.

ZAGURY, F. T. R. **Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos**. 2002. 46 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

ZAGURY, F.T.R.; SILVEIRA, E.T.F.; VELOSO, J.A.F. et al. Effects of ractopamine (Paylean®) on lean meat accretion and pork quality. In: INTERNATIONAL PIG VETERINARY SOCIETY CONGRESS, 17., 2002, Iowa. **Proceedings...** Iowa: 2002. v.2, p.446.

ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, H. K.; CHEN, G.; ANDERSSON, K.; MADEJ, A.; LUNDSTRÖM, K. Effect of a Gonadotropin-releasing Hormone Vaccine (Improvac™) on Steroid Hormones, Boar Taint Compounds and Performance in Entire Male Pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, DEU, v. 43, n. 3, p. 351-359, Jun. 2008.

ZENG, X. Y.; TURKSTRA, J. A.; VAN DE WIEL, D. F. M.; GUO, D. Z.; LIU, X. Y.; MELOEN, R. H.; SCHAAPER, W. M. M.; CHEN, F. Q.; OONK, H. B.; ZHANG, X. Active immunization against gonadotropin-releasing hormone in chinese male pigs. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, DEU, v. 36, n. 2, p. 101-105, Apr. 2001

ZHANG, W. G., LONERGAN, S. M., GARDNER, M. A., HUFF-LONERGAN, E. Contribution of *postmortem* changes of integrin, desmin, and μ -calpain to variation in water holding capacity of pork. **Meat Science**, Barking, GBR, v. 74, n. 3, p. 578-585, Nov. 2006.