



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de São José do Rio Preto

Letícia Cristina Costa e Silva

Efeitos da ractopamina e da imunocastração de suínos nas  
características da barriga e na qualidade do bacon

São José do Rio Preto  
2015

Letícia Cristina Costa e Silva

Efeitos da ractopamina e da imunocastração de suínos nas  
características da barriga e na qualidade do bacon

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia em Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Orientador: Prof. Dr. Roger Darros  
Barbosa

Co-orientador: PqC. Dr. Expedito Tadeu  
Facco Silveira (*in memoriam*)

São José do Rio Preto  
2015

Silva, Letícia Cristina Costa e  
Efeitos da ractopamina e da imunocastração de suínos nas  
características da barriga e na qualidade do bacon / Letícia Cristina  
Costa e Silva. – São José do Rio Preto, 2015.  
204 f. : il., tabs.

Orientador: Roger Darros Barbosa  
Coorientador: Expedito Tadeu Facco Silveira (in memorian)  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de  
Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Carne de porco - Indústria. 3.  
Suíno – Alimentação e rações. 4. Carne de porco – Qualidade. 5.  
Físico-química. 6. Processamento de imagens – Técnicas digitais. I.  
Barbosa, Roger Darros. II. Silveira, Expedito Tadeu Facco. III.  
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de  
Biociências, Letras e Ciências Exatas. IV. Título.

CDU – 664.94

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE  
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto

Letícia Cristina Costa e Silva

Efeitos da ractopamina e da imunocastração de suínos nas  
características da barriga e na qualidade do bacon

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Tecnologia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração – Ciência e Tecnologia em Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Roger Darros Barbosa  
UNESP – São José do Rio Preto  
Orientador

Prof. Dr. Júlio Cesar de Carvalho Balieiro  
USP – Pirassununga

Prof. Dr. Marcos Franke Pinto  
UNESP – Araçatuba

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Andrea Carla da Silva Barretto  
UNESP – São José do Rio Preto

Prof. Dr. José Francisco Lopes Filho  
UNESP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto  
06 de fevereiro de 2015

*Dedico este trabalho à minha família e meus amigos, pelo amor,  
companheirismo e compreensão que sempre me dedicaram.*

*Principalmente aos meus pais Leodenir e Leila que são meu porto seguro.*

## AGRADECIMENTOS

A finalização desse trabalho só foi possível graças à colaboração direta e indireta de muitas pessoas e sou muito grata a todas.

Agradeço a Deus e aos Seus Enviados em todas as horas, pela força necessária para suportar os desafios impostos no decorrer do caminho, e por sempre colocar pessoas especiais em minha trajetória.

Aos meus pais, Leodenir e Leila, pelo amor, dedicação e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Além de todo esforço para que eu me tornasse a pessoa quem sou hoje, pessoal e profissionalmente.

A minha irmã Lilian e meu cunhado Arthur pela amizade, amor e apoio em toda minha caminhada.

Agradeço especialmente ao meu querido professor Dr. Pedro Fernando Romanelli (*in memoriam*), pela oportunidade e confiança em mim depositadas.

Ao meu Professor Dr. Roger Darros Barbosa, pela orientação, incentivo, confiança e ensinamentos como professor, profissional e pessoa. Pela amizade e imensa compreensão e paciência, meus mais sinceros e profundos agradecimentos.

Ao meu co-orientador, Professor Dr. Expedito Tadeu Facco da Silveira (*in memoriam*), pela oportunidade, incentivo, orientação, paciência e apoio, muito obrigada por viabilizar a realização desse projeto, pelo seu constante entusiasmo e conhecimentos compartilhados.

À Banca Examinadora e aos Suplentes pela enorme contribuição através das opiniões e valiosas correções.

Aos professores, funcionários e colegas de pós-graduação do IBILCE/Unesp, pelos ensinamentos, convívio e atenção.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) por disponibilizar estrutura, transporte e equipamentos para a realização da parte experimental deste trabalho.

Aos pesquisadores do Centro de Tecnologia de Carnes e do Instituto de Tecnologia de Alimentos Luciana Miyagusku, Eunice A. Yamada e Leonardo Tachibana, pela ajuda, apoio e compreensão durante a execução do projeto.

Aos técnicos do Laboratório de Físico-Química do CTC: Márcia, Eduardo, Rodrigo, pelo auxílio na realização de análises.

Às pesquisadoras da área de Microbiologia Neliane Silvieira e Renata Bromberg, pelo apoio e realização das análises.

Aos funcionários da planta-piloto do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Carnes Larissa, Dirceu e Francis pelo auxílio e apoio durante a parte prática do projeto.

Aos demais funcionários do Centro e Tecnologia de Carnes e do Instituto de Tecnologia de Alimentos, em especial Fabiana, Sérgio, Célia pela compreensão e grande colaboração na parte administrativa e burocrática do CTC.

Aos meus colegas pós-graduandos do nosso grupo de pesquisa no ITAL: Raquel, Andréa, Daniel, Adrieli e Kátia, pelas construtivas discussões no planejamento do projeto, pela intensa dedicação durante a parte experimental do trabalho, pelo apoio e também pelas risadas e momentos de descontração.

A minha grande amiga Giovanna e companheira de projeto pela amizade, confiança e companheirismo.

Aos professores e colegas de pós-graduação do Laboratório de Proteômica da Usp/Pirassununga, pelos ensinamentos, atenção e carinho.

À granja e frigorífico Bressiani e ao frigorífico Mondelli por possibilitar a realização deste experimento em suas instalações.

À Pfizer Saúde Animal por fornecer as vacinas para imunocastração dos animais testados.

À Ourofino Agronegócio pelo apoio financeiro e fornecimento da ractopamina na dieta dos animais.

Ao frigorífico Frigor Hans por disponibilizar as dependências e equipamentos da empresa para o processamento das barrigas.

E claro, aos suínos, meu respeito.

**OBRIGADA!**



*“Você nunca sabe que resultados virão da sua ação. Mas se você não fizer nada, não existirão resultados”*

***Mahatma Gandhi***

## RESUMO

A pesquisa avaliou os efeitos da imunocastração e da adição da ractopamina na dieta de suínos nas características de qualidade físicas e químicas da barriga e da qualidade do bacon obtido de duas linhagens genéticas sob condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate. Cinco barrigas resfriadas de cada tratamento, totalizando 60 barrigas, foram distribuídas em um arranjo fatorial 2x3 utilizando dois níveis de adição de ractopamina na dieta, 0 e 7,5 ppm (durante 21 dias antes do abate), e três gêneros (fêmeas, machos imunocastrados e machos castrados) em um delineamento em blocos para as duas linhagens genéticas de suínos em diferentes granjas comerciais. Após desossa das carcaças, as barrigas foram analisadas quanto ao comprimento, largura, flexibilidade, espessura da barriga, espessura do toucinho, composição centesimal (proteínas, lipídeos, umidade, cinzas e carboidratos), perfil de ácidos graxos da gordura, pH e cor objetiva da carne e da gordura, rendimento na salga e em bacon. Após processamento, foram realizadas as análises de percentagem de carne magra e percentagem de gordura no bacon por análise digital de imagem, perda por cocção, oxidação lipídica, pH e cor objetiva da carne e da gordura (primeiro dia e 30 dias após o processamento do bacon) e análise sensorial para aroma e aparência do bacon. Barrigas de suínos castrados e imunocastrados mostraram maior flexibilidade, o que pode ser uma vantagem quando do fatiamento de bacon. Os animais imunocastrados apresentaram barrigas mais espessas comparadas com as barrigas das fêmeas, porém, as barrigas dos castrados não diferiram das barrigas dos imunocastrados e das fêmeas. Os suínos da granja Bressiani apresentaram barrigas mais pesadas, com maiores comprimentos e larguras, menores teores de gordura e maiores áreas de carne primária. Os conteúdos de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA total), ácido linoleico (C18:2n6), ácido linolênico (C18:3n3), ácido

araquidônico (C20:4n6), total de ômega 3 (n-3) e total de ômega 6 (n-6) foram estatisticamente maiores para os suínos imunocastrados, além de apresentarem valores da relação PUFA:SFA maiores que 0,4, proporcionando barriga de boa qualidade nutricional. As barrigas das fêmeas e imunocastrados apresentaram maiores concentrações do valor de iodo comparado com as barrigas dos castrados, indicando maior grau de insaturação da gordura. A adição de ractopamina na dieta não alterou as características das barrigas, mas aumentou 1,5% no rendimento no processamento do bacon. A adição de ractopamina apresentou uma influência positiva na perda por cozimento de fatias de bacon. Resultados para pH, cor de carne e de gordura e oxidação lipídica no bacon não mostraram interação entre os níveis de gênero e de ractopamina no primeiro dia após o processamento. Os fatores principais ractopamina e imunocastração apresentaram pequeno ou nenhum efeito sobre a cor e pH do bacon. A análise sensorial mostrou aceitação favorável para a aparência e aroma do bacon. Os resultados desse estudo, nas condições experimentais utilizadas, indicam que a adição de ractopamina na dieta de suínos e a imunocastração apresentaram pouca influência sobre as características da barriga e na qualidade do bacon, tendo proporcionado diferenças significativas no teor de proteínas e na proporção de ácidos graxos insaturados das barrigas dos suínos. Não foi observada interação entre ractopamina e condição sexual, indicativo de que as tecnologias utilizadas não apresentaram impacto significativo sobre as características da barriga e qualidade do bacon.

**Palavras-chave:** Bacon, Características da barriga de suínos, Processamento digital de imagem, Ractopamina, Imunocastração, Qualidade de físico-química, Sensorial, Perfil de ácidos graxos.

## **ABSTRACT**

*The study evaluated the effects of immunocastration and the addition of ractopamine in the diet on the physical and chemical quality characteristics of belly and bacon from two crossbred pigs under different conditions of animal production, diet, management and slaughter. Five bellies for each treatment, totaling 60 bellies, were distributed in a 2x3 factorial arrangement using two levels of ractopamine in the diet, 0 and 7.5 ppm (for 21 days before slaughter) and three genders (gilts, immunocastrated males and castrated males) in a block design for the two genetics in different commercial farms. After carcass deboning, bellies were analyzed for length, width, firmness, belly thickness, fat thickness, chemical composition (protein, lipid, moisture, ash and carbohydrates), fatty acids profile, pH and objective color of meat and of fat, dry curing and process yields, during and after processing. After processing, analyzes of lean meat and fat percentage in bacon by digital image analysis, cooking loss, lipid oxidation, pH and objective color of meat and of fat (first day and 30 days after bacon processing) and sensory analysis for bacon odor and appearance were conducted. Bellies of barrow and immunocastrated pigs showed greater firmness, which can be an advantage for bacon processing and slicing. The immunocastrated animals had thicker bellies compared to the bellies of the gilts, however, the bellies of castrated did not differ from the others. Farm Bressiani had heavier bellies, longer lengths and widths, lower fat and higher primary area. The content of polyunsaturated fatty acids (total PUFA), linoleic acid (C18:2n6), linolenic acid (C18:3n3), arachidonic acid (C20:4n6), total omega-3 (n-3) and total omega-6 (n-6) were statistically higher for the immunocastrated pigs, and were higher than 0.4 for PUFA:SFA ratio, providing this belly of good nutritional quality. The bellies of gilts and immunocastrated showed higher concentrations of iodine value compared to the bellies from castrated pigs, indicating a higher content of*

*unsaturated fat. The addition of ractopamine in the diet did not alter the characteristics of bellies, but increased 1.5% in the bacon processing yield; as well as a positive effect on cooking loss of bacon slices. Results for pH, color of meat and of fat and lipid oxidation in bacon showed no interaction between gender and ractopamine levels on the first day after processing. The main factors ractopamine and immunocastration had little or no effect on the color and pH of bacon. The sensory analysis showed favorable acceptance for appearance and aroma of bacon. The results of this study for the experimental conditions used indicate that the addition of ractopamine in the diet and immunocastration of pigs had little influence on belly characteristics and on bacon quality, having provided significant differences in the protein content and in the proportion of unsaturated fatty acids in the bellies.*

*Keywords: Bacon. Belly characteristics. Digital image processing. Ractopamine. Immunocastration. Physico-chemical and sensory quality. Fatty acids profile.*

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 4

Table 4.1.	Results of the analysis of variance for belly characteristics and processing yields.....	96
Table 4.2.	Belly characteristics and processing yield as a function of ractopamine levels.....	96
Table 4.3.	Belly characteristics and processing yield as a function of gender.....	98
Table 4.4.	Belly characteristics and processing yield as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter.....	99
Table 4.5.	Results of the analysis of variance for bacon quality parameters.....	100
Table 4.6.	Quality parameters of bacon as a function of gender.....	101
Table 4.7.	Quality parameters of bacon as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter.....	102

### CAPITULO 5

Table 5.1.	Results of the analysis of variance for the treatment effects on physicochemical quality of bacon during refrigerated storage.....	118
Table 5.2.	pH values of bacon as a function of gender and days of storage.....	123
Table 5.3.	pH values of bacon first day after production as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter.....	123
Table 5.4.	pH values of bacon at 30 days after production as affected by the interaction between gender and ractopamine.....	124
Table 5.5.	Cooking loss of bacon slices as a function of ractopamine levels.....	125
Table 5.6.	Results of the analysis of variance for the treatments effects on sensory quality of bacon.....	126
Table 5.7.	Sensory quality results as a function of gender.....	127

Table 5.8.	Sensory quality results as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter .....	128
------------	---	-----

## **CAPITULO 6**

Tabela 6.1.	Resultado da análise de variância das características físico-químicas de qualidade da barriga.....	144
Tabela 6.2.	Resultados da análise de variância para composição centesimal da barriga e da espessura do toucinho.....	147
Tabela 6.3.	Resultados médios para os teores de proteínas, lipídeos e cinzas em função do gênero.....	147
Tabela 6.4.	Resultados médios para os teores de proteínas, lipídeos, umidade e carboidratos em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	148
Tabela 6.5.	Resultados médios para os teores de proteínas e carboidratos para os efeitos combinados de gênero e ractopamina.....	149
Tabela 6.6.	Resultados médios para a espessura do toucinho em função do gênero.....	150
Tabela 6.7.	Resultado da análise de variância para o perfil dos ácidos graxos da gordura da barriga.....	151
Tabela 6.8.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função do gênero.....	152
Tabela 6.9.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função do nível de ractopamina.....	154
Tabela 6.10.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	154
Tabela 6.11.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	155

## LISTA DE FIGURAS

### CAPITULO 2

- Figura 2.1 – Fatores que afetam os níveis de escatol e androstenona em suínos inteiros..... 40
- Figura 2.2 – Representação esquemático da gonadotrofina (GnRF) natural e de seu análogo sintético da Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal (2015)..... 41
- Figura 2.3 – Representação gráfica dos níveis de imunidade e odor ao longo das aplicações da vacina Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal (2015)..... 43
- Figura 2.4 – Estrutura química da Ractopamina (SMITH, 1998)..... 46
- Figura 2.5 – Ativação adrenérgica da lipólise em tecido adiposo (MERSMANN, 1989)..... 47

### CAPITULO 3

- Figura 3.1 – Linhagem genética “Topigs, Large White x Landrace e Duroc” na granja Água Branca..... 71
- Figura 3.2 – Linhagem genética “Agroceres PIC, Duroc x Landrace x Pietran” na granja Bressiani..... 71
- Figura 3.3 – Vacinação com Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal..... 72
- Figura 3.4 – Tipificação eletrônica Hennessy Grading Probe<sup>®</sup> (Hennessy Grading Systems GP4/BP4, DIDAI)..... 73
- Figura 3.5 – Avaliação da flexibilidade (no original “flex test”) da barriga fresca..... 74
- Figura 3.6 – Localização dos pontos de medidas para a determinação da espessura da barriga..... 74
- Figura 3.7 – Localização dos pontos de medidas para a determinação da espessura do toucinho..... 75
- Figura 3.8 – Barrigas descongeladas (a); salga seca (b); pendura das barrigas (c) e bacon após cozimento, defumação e lavagem (d)..... 80
- Figura 3.9 – Imagem inicial e imagem digitalmente processada da fatia do bacon..... 81
- Figura 3.10 – Pontos (★) pré-determinados para medição de cor objetiva: (a) cor da carne e (b) cor da gordura do bacon..... 82



Figura 3.11 –	Cabine individual móvel utilizada para a análise sensorial do bacon.....	85
<b>CAPITULO 4</b>		
Figure 4.1 –	Belly thichness measurements taken at eight points....	93
Figure 4.2 –	Diagram of initial bacon slice image and outlined image.....	95
<b>CAPITULO 5</b>		
Figure 5.1 –	Results for L*, a* and b* color values for meat (i) and fat (ii) of bacon as a function for gender (gilts, barrow and immunocastrated) at 30 days of storage.....	120
Figure 5.2 –	Results for L*, a* and b* color values for meat of bacon as a function of ractopamine levels at 30 days of storage.....	120
Figure 5.3 –	Results for L*, a* and b* color values for meat (i) and fat (ii) of bacon for the interaction between gender and ractopamine, at 30 days of storage.....	121
Figure 5.4 –	Results for L*, a* and b* color values for fat of bacon as a function of days of storage for the two genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter.....	122
<b>CAPITULO 6</b>		
Figura 6.1 –	Localização dos pontos de medidas para a determinação da espessura do toucinho.....	141
Figura 6.2 –	Resultados dos parâmetros de cor L*, a* e b* para carne da barriga em função do gênero (i) e para carne e gordura para as duas genéticas em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate (ii).....	145
Figura 6.3 –	Resultados dos parâmetros de cor L*, a* e b* para gordura da barriga para a interação de gênero e ractopamina.....	146

## SUMÁRIO

<b>CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>1.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>29</b>
<b>1.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>29</b>
<b>1.3. Organização da Tese.....</b>	<b>30</b>
<b>1.4. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO 2 - REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>35</b>
<b>2.1. Produção e Consumo de Carne Suína.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2. Métodos de Castração.....</b>	<b>37</b>
2.2.1. Castração Cirúrgica.....	37
2.2.2. Compostos Responsáveis pelo Odor Sexual.....	38
2.2.3. Imunocastração.....	40
<b>2.3. Agonistas <math>\beta</math>-Adrenérgicos.....</b>	<b>43</b>
2.3.1. Ractopamina.....	45
2.3.2. Efeitos da Ractopamina Sobre a Carne Suína.....	48
<b>2.4. Aspectos da Qualidade da Carne Suína.....</b>	<b>50</b>
<b>2.5. Aspectos da Produção e Qualidade do Bacon.....</b>	<b>55</b>
<b>2.6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>57</b>
<b>CAPITULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>69</b>
<b>3.1. Animais e Tratamentos.....</b>	<b>70</b>
3.1.1. Abate e Obtenção das Carcaças.....	71
<b>3.2. Análises da Barriga.....</b>	<b>73</b>
3.2.1. Análises da Qualidade da Barriga.....	73
3.2.2. Análise de Espessura do Toucinho.....	75
3.2.3. Análise da Composição Centesimal.....	75
3.2.4. Análises de pH e Cor Objetiva da Barriga.....	76
3.2.5. Análise do Perfil de Ácidos Graxos.....	77
<b>3.3. Processamento do Bacon.....</b>	<b>78</b>
3.3.1. Rendimento e Qualidade do Bacon Produzido.....	79

3.3.1.1.	Análise do Rendimento na Salda das Barrigas.....	79
3.3.1.2.	Análise do Rendimento do Bacon.....	79
3.3.2.	Determinação da Percentagem de Carne Magra e Percentagem de Gordura no Bacon.....	81
3.3.3.	Análise da Perda por Cocção.....	81
3.3.4.	Análises de pH, Cor Objetiva e Oxidação Lipídica do Bacon.....	82
<b>3.4.</b>	<b>Análises Microbiológicas.....</b>	<b>83</b>
<b>3.5.</b>	<b>Análise Sensorial.....</b>	<b>83</b>
<b>3.6.</b>	<b>Análises Estatísticas.....</b>	<b>84</b>
<b>3.7.</b>	<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>86</b>
<b>CAPITULO 4 –</b>	<b>EFFECTS OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE AND IMMUNOLOGICAL CASTRATION IN PIGS. PART 1: FRESH BELLY CHARACTERISTICS FOR BACON PROCESSING.....</b>	<b>88</b>
<b>Abstract.....</b>		<b>89</b>
<b>4.1. Introduction.....</b>		<b>90</b>
<b>4.2. Materials and Methods.....</b>		<b>91</b>
4.2.1.	Animals and Treatments.....	91
4.2.2.	Slaghter and Carcass Cut-Out Analysis.....	92
4.2.3.	Fresh Belly Characteristics.....	93
4.2.4.	Bacon Processing and Measurements.....	93
<b>4.3. Statistical Analysis.....</b>		<b>94</b>
<b>4.4. Results.....</b>		<b>95</b>
<b>4.5. Conclusions.....</b>		<b>102</b>
<b>4.6. References.....</b>		<b>103</b>

<b>CAPITULO 5 – EFFECTS OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE AND IMMUNOLOGICAL CASTRATION IN PIGS. PART 2: PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF BACON.....</b>	<b>110</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>111</b>
<b>5.1. Introduction.....</b>	<b>112</b>
<b>5.2. Materials and Methods.....</b>	<b>113</b>
5.2.1. Animals and Treatments.....	113
5.2.2. Slaughter and Carcass Cut-Out Analysis.....	114
5.2.3. Bacon Processing.....	115
5.2.4. Bacon pH, Color and Lipid Oxidation Measurements.....	115
5.2.5. Cooking Loss Measurement.....	115
5.2.6. Sensory Analysis.....	116
<b>5.3. Statistical Analysis.....</b>	<b>117</b>
<b>5.4. Results.....</b>	<b>117</b>
5.4.1. Physicochemical Quality.....	117
5.4.2. Objective Color Results.....	118
5.4.3. pH and Lipid Oxidation Results.....	122
5.4.4. Cooking Loss Results.....	124
5.4.5. Sensory Quality Results.....	126
<b>5.5. Conclusions.....</b>	<b>128</b>
<b>5.6. References.....</b>	<b>129</b>
<b>CAPITULO 6 – QUALIDADE DA BARRIGA DE SUÍNOS CASTRADOS, IMUNOCASTRADOS E FÊMEAS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA NA DIETA.....</b>	<b>135</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>136</b>
<b>6.1. Introdução.....</b>	<b>137</b>
<b>6.2. Material e Métodos.....</b>	<b>138</b>

6.2.1. Animais e Tratamentos.....	138
6.2.2. Abate e Obtenção das Carcaças.....	139
6.2.3. Análises de pH e Cor Objetiva.....	140
6.2.4. Análise da Composição Centesimal.....	140
6.2.5. Análise da Espessura do Toucinho.....	141
6.2.6. Análise do Perfil de Ácidos Graxos.....	142
<b>6.3. Análises Estatísticas.....</b>	<b>142</b>
<b>6.4. Resultados.....</b>	<b>143</b>
6.4.1. Resultados de pH e Cor Objetiva.....	143
6.4.2. Resultados para Composição Centesimal.....	146
6.4.3. Resultados para Espessura do Toucinho.....	149
6.4.4. Resultados para o Perfil de Ácidos Graxos.....	150
<b>6.5. Conclusão.....</b>	<b>156</b>
<b>6.6. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>157</b>
<b>CAPITULO 7 – CONCLUSÕES FINAIS.....</b>	<b>162</b>
<b>Apêndice 1 – Resultados Completos do Artigo: “Effects of Ractopamine Hydrochloride and Immunological Castration in Pigs. Part 1: Fresh Belly Characteristics for Bacon Processing”.....</b>	<b>166</b>
Tabela A1.1. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função do gênero.....	167
Tabela A1.2. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função dos níveis de ractopamina.....	167
Tabela A1.3. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	168
Tabela A1.4. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	169
Tabela A1.5. Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função do gênero.....	169
Tabela A1.6. Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função dos níveis de ractopamina...	170

Tabela A1.7.	Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	170
Tabela A1.8.	Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	171
<b>Apêndice 2 –</b>	<b>Resultados Completos do Artigo: “Effects of Ractopamine Hydrochloride and Immunological Castration in Pigs. Part 2: Physicochemical and Sensory Quality of Bacon”.....</b>	<b>172</b>
Tabela A2.1.	Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L*; a*; b*) do bacon em função do gênero e do tempo de estocagem.....	173
Tabela A2.2.	Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L*; a*; b*) do bacon em função dos níveis de ractopamina e do tempo de estocagem.....	174
Tabela A2.3.	Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L*; a*; b*) do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate e do tempo de estocagem.....	175
Tabela A2.4.	Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L*; a*; b*) do bacon em função da interação entre o gênero e ractopamina e do tempo de estocagem.....	176
Tabela A2.5.	Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função do gênero e do tempo de estocagem.....	177
Tabela A2.6.	Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função nos níveis de ractopamina e do tempo de estocagem.....	177
Tabela A2.7.	Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate e do tempo de estocagem.....	178
Tabela A2.8.	Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função da interação entre o gênero e ractopamina e do tempo de estocagem.....	178

Tabela A2.9.	Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função do gênero.....	179
Tabela A2.10.	Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função dos níveis de ractopamina.....	179
Tabela A2.11.	Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	179
Tabela A2.12.	Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	180
Tabela A2.13.	Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função do gênero.....	180
Tabela A2.14.	Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função dos níveis de ractopamina.....	180
Tabela A2.15.	Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	181
Tabela A2.16.	Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	181
<b>Apêndice 3 –</b>	<b>Resultados das Análises Microbiológicas do Bacon dos Suínos para as duas Linhagens Genéticas nas Diferentes Granjas Comerciais.....</b>	<b>182</b>
Tabela A3.1.	Resultados das análises microbiológicas do bacon dos suínos da granja Água Branca (genética Topigs).....	183
Tabela A3.2.	Resultados das análises microbiológicas do bacon dos suínos da granja Bressiani (genética Agroceres PIC).....	183
<b>Apêndice 4 –</b>	<b>Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento.....</b>	<b>184</b>
<b>Apêndice 5 –</b>	<b>Arranjo das Amostras para a Realização da Análise Sensorial com Delineamento em Blocos Incompletos.....</b>	<b>187</b>

Tabela A5.1.	Arranjo das amostras apresentadas para a realização da análise sensorial.....	188
<b>Apêndice 6 –</b>	<b>Resultados Completos do Artigo: “Qualidade da Barriga de Suínos Castrados, Imunocastrados e Fêmeas Suplementados com Ractopamina na Dieta” .....</b>	<b>189</b>
Tabela A6.1.	Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função do gênero.....	190
Tabela A6.2.	Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função dos níveis de ractopamina.....	190
Tabela A6.3.	Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	191
Tabela A6.4.	Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	191
Tabela A6.5.	Resultados médios da composição centesimal da barriga em função do gênero.....	192
Tabela A6.6.	Resultados médios da composição centesimal da barriga em função dos níveis de ractopamina.....	192
Tabela A6.7.	Resultados médios da composição centesimal da barriga em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	193
Tabela A6.8.	Resultados médios da composição centesimal da barriga em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	193
Tabela A6.9.	Resultados médios para a espessura do toucinho em função do gênero.....	194
Tabela A6.10.	Resultados médios para a espessura do toucinho em função dos níveis de ractopamina.....	194
Tabela A6.11.	Resultados médios para a espessura do toucinho em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	194



Tabela A6.12.	Resultados médios para a espessura do toucinho em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	195
Tabela A6.13.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função do gênero.....	195
Tabela A6.14.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função dos níveis de ractopamina.....	196
Tabela A6.15.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.....	197
Tabela A6.16.	Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da interação entre o gênero e ractopamina.....	198
Anexo 1 –	Níveis Nutricionais da Ração das duas Linhagens Genéticas nas Diferentes Granjas Comerciais.....	200
Tabela B1.1.	Níveis nutricionais da ração para a granja Água Branca (genética Topigs).....	201
Tabela B1.2.	Níveis nutricionais da ração para a granja Bressiani (genética Agrocere PIC).....	202
Anexo 2 –	Parecer do Comitê de Ética de Uso Animal da UNICAMP-CEUA.....	203

## **CAPITULO 1**

### **INTRODUÇÃO**

A carne suína é a fonte de proteína animal mais importante no mundo, sendo a produção mundial de 107,5 mil toneladas de peso equivalente de carcaça em 2013. O Brasil produziu 3,37 mil toneladas de peso equivalente de carcaça, no mesmo período. Sendo o quarto maior produtor mundial, o Brasil exportou mais de 600 mil toneladas em 2013 (ABIPECS, 2014).

A carne suína de boa qualidade para ser aceita internacionalmente deve possuir garantia de origem, que por sua vez seja uma produção consciente de animais razoavelmente livres de estresse, e com retorno econômico satisfatório para o produtor. Estes são os objetivos permanentes da suinocultura capazes de atender as exigências do mercado consumidor interno e mundial. Neste sentido, a suinocultura brasileira vem, nos últimos anos, investindo na aplicação de inovações tecnológicas associadas ao bem estar animal e à questão do odor desagradável (DUNSHEA et al., 2005). Uma dessas práticas é a castração cirúrgica, realizada com o intuito de evitar a presença do odor sexual na carne de suínos machos. Entretanto, por se tratar de um procedimento invasivo e causar estresse, não é bem visto quando se considera o bem estar destes animais, além de prejudicar o desempenho dos mesmos. Assim, a imunocastração tem sido adotada como prática de rotina para os suínos em fase de terminação (HECK, 2011). Seu princípio consiste na aplicação de vacinas contendo uma forma modificada de gonadotrofina (GnRH) conjugado a uma proteína, que induz a formação de anticorpos direcionados contra a formação do hormônio GnRH inibindo o crescimento dos testículos e a síntese de esteroides, reduzindo então a ocorrência de odores desagradáveis (ZAMARATSKAIA et al., 2008). Outros benefícios da imunocastração constituem em maior deposição de carne magra na carcaça e o fato dos animais não precisarem ser submetidos ao estresse provocado pela castração convencional (BONNEAU; SQUIRES, 2000).

Novas estratégias nutricionais têm sido testadas, visando promover a partição de nutrientes do tecido adiposo em favor da deposição muscular, como o uso de agonistas  $\beta$ -adrenérgicos amplamente utilizados na alimentação de suínos no período de terminação, pelo os quais aumentam a atividade lipolítica e síntese muscular (AALHUS et al., 1992). Estes são compostos com estrutura química semelhante às catecolaminas, com capacidade de inibir a lipogênese e/ou estimular a lipólise, ligam se a receptores especializados e desencadeiam processos bioquímicos que envolvem o monofosfato de adenosina cíclico (AMPc) (PETERS, 1990).

O uso da imunocastração resulta em melhoria de desempenho zootécnico e características quantitativas de carcaça de suínos (DUNSHEA et al., 2001; JAROS et al., 2005), como maior ganho de peso médio diário, melhor conversão alimentar, além de um possível incremento no rendimento de carne magra na carcaça (SILVEIRA et al., 2006). Machado et al. (2010) e Silva et al. (2011) constataram que suínos machos imunocastrados suplementados com ractopamina apresentaram ganho de peso satisfatório e ótima conversão alimentar.

No mercado interno cerca de 70% do consumo de carne suína ocorre através de produtos industrializados como embutidos e defumados e os demais 30% são consumidos na forma de cortes *in natura* (SILVA; SILVA, 2009). O aproveitamento de cortes ou determinadas partes do processo de espostejamento para a fabricação de produtos industrializados é uma estratégia de agregação de valor para a atividade. Mesmo um corte nobre, como o filé mignon suíno, possui valor agregado menor do que o salame, copa, bacon ou presunto.

O bacon, um produto obtido a partir da barriga suína, apresenta sabor e características diferenciadas, oriundos das operações de cura e defumação. O bacon apresenta ampla utilização na culinária brasileira em preparações como feijoada, farofas, tortas, massas, lanches, entre diversos outros. Diferentemente do consumidor americano, o brasileiro não costuma

consumir bacon no café da manhã, mas sim como um ingrediente em diversas preparações.

Ainda existe escassez de informações tecnológicas e científicas a respeito do uso da imunocastração e da ractopamina, bem como o efeito de ambos sobre a qualidade de carne suína. Por esta razão, a importância de se estudar o efeito desses componentes combinadamente. O presente estudo avaliou os efeitos da castração cirúrgica, da imunocastração e da adição de ractopamina na dieta de suínos nas características de qualidade físicas e químicas da barriga e na qualidade do bacon obtido de duas diferentes linhagens genéticas sob condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate.

Essa pesquisa integrou um projeto temático no qual estavam envolvidos outros objetivos com as mesmas tecnologias (adição de ractopamina e castração imunológica) aplicadas em suínos. Esse projeto temático desencadeou estudos sobre o bem estar animal, qualidade e rendimento de cortes anatômicos da carcaça dos suínos, análise sensorial de lombo a partir de provadores treinados para detecção de androstenona e escatol de suínos machos castrados imunologicamente, além de projetos que envolveram cortes específicos vinculados ao estudo de qualidade da carne *in natura* e processada. O lombo foi avaliado quanto ao processo de injeção (marinação), a sobrepaleta obtenção da copa, a paleta foi processada para obtenção de salame, o pernil foi avaliado por meio do processamento para salsicha e a barriga que originou o presente projeto ao qual foi processada para a obtenção do bacon.

### **1.1. Objetivo Geral**

A pesquisa teve como objetivo geral avaliar os efeitos do uso isolado e/ou combinado da castração cirúrgica, da imunocastração e da adição de 7,5 ppm de ractopamina na dieta de suínos 21 dias antes do abate, nas características de qualidade físicas e químicas da barriga e na qualidade do bacon de suínos de duas diferentes linhagens genéticas em diferentes granjas comerciais.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Determinar os efeitos da ractopamina e da castração imunológica nas características físicas da barriga fresca e no rendimento para produção de bacon, bem como na proporção entre carne magra e gordura do bacon obtido de duas linhagens genéticas em diferentes condições de manejo e em granjas comerciais distintas.
- Determinar a qualidade físico-química (cor, pH, oxidação lipídica, perda por cocção) e a aceitação sensorial (aparência e aroma) do bacon, em função da ractopamina na dieta de suínos e da castração imunológica, obtido a partir de duas linhagens genéticas em diferentes granjas comerciais.
- Determinar os efeitos da adição da ractopamina na dieta com variação de gêneros (machos imunocastrados, machos castrados fisicamente e fêmeas) de duas linhagens genéticas em diferentes granjas comerciais na qualidade das barrigas quanto aos parâmetros físico-químicos (cor, pH e espessura do toucinho), composição centesimal e perfil de ácidos graxos.

### **1.3. Organização da Tese**

O Capítulo 1 introduz as principais tecnologias envolvidas no projeto de pesquisa (imunocastração e ractopamina), bem como os aspectos mais importantes relacionados à produção de suínos e produtos derivados, os quais justificam a realização do presente estudo. O mesmo capítulo apresenta claramente os objetivos propostos para o desenvolvimento da investigação.

O Capítulo 2 apresenta a revisão da literatura com ênfase nos tópicos importantes do trabalho como: a suinocultura no Brasil; as razões para se utilizar outra forma de castração em suínos machos diferente da castração cirúrgica, sua funcionalidade e a importância da castração em suínos machos; a estrutura química da ractopamina e seu efeito fisiológico em suínos; aspectos importantes da qualidade da carne suína, parâmetros físico-químicos e qualidade do bacon.

O Capítulo 3 descreve detalhadamente os materiais e métodos utilizados para todas as análises físicas, químicas e sensoriais realizadas, bem como informações das duas linhagens genéticas, da alimentação dos animais, dos locais de criação (granjas comerciais), terminação, abate dos suínos, e, sobre o processamento do bacon. O Anexo 1 mostra os níveis nutricionais da ração administrada para as duas linhagens genéticas nas duas granjas Água Branca e Bressiani. Este capítulo apresenta os detalhes dos procedimentos de vacinação dos machos destinados a imunocastração; como foi realizada a distribuição dos animais para o recebimento ou não da ractopamina na dieta, e, detalhes da amostragem das meias carcaças por meio da tipificação para depois então serem transportadas para o local de desossa e análises posteriores das barrigas e

do bacon obtidos. São apresentados os detalhes sobre as replicatas das amostras para cada análise, imagens dos suínos das duas granjas com suas respectivas linhagens genéticas e das barrigas, para melhor compreensão. Devido ao envolvimento com animais, houve a necessidade de submeter o projeto para aprovação do Comitê de Ética de Uso de Animais. O Anexo 2 consta o parecer final do Comitê de Ética de Uso Animal da UNICAMP-CEUA, o qual informa que o presente trabalho não precisou ser analisado pela comissão devido ao fato dos animais terem sido abatidos em frigoríficos que apresentam conformidade com as normas do Ministério da Agricultura.

No Capítulo 4 está apresentado o artigo com título “Effects of Ractopamine Hydrochloride and Immunological Castration in Pigs. Part 1: Fresh Belly Characteristics for Bacon Processing”, com formatação respeitando os critérios da publicação científica *Meat Science*, para à qual o artigo foi submetido. Esse artigo aborda os efeitos nas barrigas frescas e características do bacon processado a partir de barrigas provenientes de suínos que receberam ractopamina na dieta, além dos efeitos dos gêneros (fêmeas, machos castrados e machos imunocastrados) para as duas linhagens genéticas nas granjas comerciais (Água Branca e Bressiani). O Apêndice 1 complementa o artigo apresentando os resultados completos com os efeitos que apresentaram ou não diferenças significativas para as características da barriga fresca, do rendimento do processamento do bacon e da percentagem de carne magra e de gordura obtidas a partir das imagens digitalizadas.

O Capítulo 5, apresentado na forma de artigo, com formatação exigida pela publicação científica *Meat Science*, para o qual o artigo foi submetido, sob título “Effects of Ractopamine Hydrochloride and Immunological Castration in Pigs. Part 2: Physicochemical and Sensory Quality of Bacon”. Esse artigo apresenta os efeitos da ractopamina e da castração imunológica nas duas linhagens genéticas sob condições



distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate, das granjas comerciais Água Branca e Bressiani, nas características físico-químicas e aceitação sensorial do bacon obtido. O Apêndice 2 complementa o artigo mostrando todos os resultados tanto para os efeitos que apresentaram diferenças significativas quanto os efeitos que não apresentam diferenças significativas na análise estatística dos parâmetros pH, cor da carne e da gordura e oxidação lipídica no primeiro dia e após 30 dias de estocagem do bacon, perda por cocção e análise sensorial. Antes da avaliação sensorial do bacon as linhagens genéticas das granjas Água Branca e Bressiani foram submetidas às análises microbiológicas (Apêndice 3), apresentando alta contagem microbiológica para a avaliação de sabor, sendo, em função desse fato, realizadas apenas avaliação de aroma e aparência. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento entregue aos consumidores para concordância na participação voluntária é mostrado no Apêndice 4. O arranjo em blocos incompletos para a realização da análise sensorial com três amostras de três diferentes tratamentos apresentadas aos consumidores é mostrado no Apêndice 5.

O Capítulo 6 na forma de artigo, a ser reformatado nas normas exigidas pela publicação científica *Meat Science* para posterior submissão, sob título “Qualidade da Barriga de Suínos Castrados, Imunocastrados e Fêmeas Suplementados com Ractopamina na Dieta”. Esse artigo foca na qualidade da barriga em termos de pH, cor da carne e da gordura, composição centesimal, espessura do toucinho e perfil dos ácidos graxos da gordura de suínos castrados, imunocastrados e fêmeas suplementados com ractopamina na dieta nas duas linhagens genéticas das granjas Água Branca e Bressiani. O Apêndice 6 mostra os resultados completos das análises realizadas.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões finais englobando todos os principais resultados obtidos, incluindo os aspectos positivos e negativos para a utilização das tecnologias inovadoras de imunocastração em

comparação com a castração cirúrgica e da adição de ractopamina na dieta (fase de terminação) de suínos e seus efeitos sobre as características das barrigas e na qualidade do bacon produzido.

#### 1.4. Referências Bibliográficas

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

ABIPECS – Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Carne Suína. Produção Mundial de Carne Suína. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br>>. Acesso em 07 de dezembro de 2014.

BONNEAU, M.; SQUIRES, E. J. O uso de machos inteiros na produção de suínos. 1ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína, 2000. **Anais...** Concórdia, 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*, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.

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*, Collingwood, v.79, n.10, p. 2524-2535, 2001.

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

HECK, A. Immunocastration in swine: a practical approach. In: London Swine Conference - Exploring the future, 11, 2011, Ontario. **Proceedings...** London Swine Conference, 2011. p.135-142.

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*, v.92, p.31-38, 2005.

MACHADO, G. S.; PERONI, L. G.; MATHUR, S.; KING, V. L.; CRANE, J. P. Effects of ractopamine hydrochloride on growth performance of barrows, entire boars and boars vaccinated with Improvac<sup>TM</sup>. In: International Pig Veterinary Society Congress, 21, 2010, Vancouver. **Proceedings...** IPVS, 2010. p.184.

PETERS, A. R.  $\beta$ -agonists and pig nutrition. *Pig News and Information*, Farnham Royal, v.11, n.4, p.519-525, 1990.

SILVA, J. P.; SILVA, L. P. G. Estudo e avaliação do consumidor de carne suína "in natura" e industrializada na microrregião de Guarabira. *Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.5, p.57-61, 2009.

SILVA, M. A.; BARBARINO JR, P.; GUASTALE, S. R. Recomendações nutricionais para machos inteiros submetidos à imunocastração. In: International Symposium on Nutritional requirements of Poultry and Swine, 3, 2011, Viçosa. **Proceedings...** Universidade Federal de Viçosa, 2011. p.353-375.

SILVEIRA, E. T. F.; POLEZE, E.; UMEHARA, O.; TONIETTI, A. P.; BUZELLI, M. L. T.; HAGUIWARA, M. M. H.; MIYAGUSKUL L.; HENNESSY, D. Improvac<sup>®</sup> Immunized boars compared to surgical castrates: control of boar taint and growth performance. In: 52nd International Congress of Meat Science and Technology, 2006, Dublin. **Proceedings...** INCOMST, 2006. p. 211-213.

ZAMARATSKAIA, G.; RYDHMERB, H.; ANDERSON, K. H.; CHEN, G.; LOWAGIE, S.; ANDERSON, K.; LUNDSTRÖN, K. Long-term effect of vaccination against gonadotropinreleasing hormone, using Improvac<sup>®</sup> on hormonal profile and behaviour of male pigs. *Animal Reproduction Science*, v.108, p.37-48, 2008.

## **CAPITULO 2**

### **REVISÃO DE LITERATURA**

## 2.1. Produção e Consumo de Carne Suína

Apesar da grande demanda pelo produto brasileiro no exterior, a carne suína é ainda pouco consumida no Brasil, quando comparada à carne bovina e à carne de frango. Havia no passado um forte estigma de que a carne suína não era saudável (SWATLAND, 2010). Esse conceito, no entanto, foi modificado e atualmente o consumidor brasileiro não tem mais receio em consumi-la. O clima tropical poderia interferir no consumo da carne suína *in natura* (pernil, feijoada e lombo) favorecendo o consumo dos industrializados tais como presunto, bacon, linguiça e salame.

A carne suína é a mais consumida no mundo, devido à participação populacional majoritária da China e da União Européia. Na Europa, consome-se uma maior proporção de carne suína, comparada à carne de frango e bovina, representando 37,5% do consumo e da produção mundial de carnes. No Brasil ocorre o inverso. A produção brasileira de carne suína é estimada em cerca de 2.77 mil toneladas por ano, das quais mais de 600.000 são exportadas para países como Rússia, Ucrânia, Cingapura, Hong Kong e África do Sul. Esses números classificam o Brasil como quarto maior produtor e quarto maior exportador de carne suína do mundo (ABIPECS, 2014).

Por sua vez, o mercado consumidor está cada vez mais exigente, demandando um produto de melhor qualidade, produzido sob critérios de respeito ao meio ambiente e ao bem estar animal. De acordo com Warriss (2010), as pessoas desejam comer carne com qualidade e que seja oriunda de animais criados, tratados e abatidos em sistemas que promovam o seu bem-estar, e que sejam sustentáveis e ambientalmente corretos.

Neste contexto, os profissionais da agroindústria de suínos e a comunidade científica trabalham incessantemente para melhorar a

eficiência na produção de carne e atender as exigências crescentes do mercado consumidor. O desafio para este novo modelo de suíno é combinar, adequadamente, o binômio qualidade e quantidade de carne, com o objetivo de garantir a viabilidade econômica da indústria de carne. Este esforço evidencia a evolução tecnológica do setor, graças a um forte trabalho nas áreas de genética, nutrição e manejo melhorando a produtividade e o peso de abate (SILVEIRA, 2011).

## **2.2. Métodos de Castração**

### **2.2.1. Castração Cirúrgica**

O método de castração cirúrgica em suínos machos tem sido amplamente utilizado ao longo dos anos. Essa prática permite uma maior facilidade de manejo dos animais, pois estes se tornam mais dóceis. No entanto, a principal razão para a castração cirúrgica é a garantia de qualidade de uma carne livre de odores sexuais. Por outro lado, este método ocasiona profundas alterações no metabolismo animal, como a diminuição da eficiência alimentar, desenvolvimento muscular lento, menor retenção de nitrogênio, maior deposição proporcional de gordura e menor desenvolvimento de massa muscular, em comparação com machos inteiros, o que aumenta o custo de produção (BONNEAU, 1998; OLIVER et al., 2003). Além disso, a castração cirúrgica de leitões causa impacto na qualidade de vida e no rendimento do produto final, pois esta é realizada sem anestesia o que provoca dor e angústia, quantificados pelos aspectos de frequência cardíaca, atividade cerebral, vocalização e liberação de hormônios relacionados ao estresse (ZENG et al., 2002; HAYA et al., 2003). Podem causar também, aumento na mortalidade de animais

(DUNSHEA et al., 2001) e inflamações crônicas ou infecções nos leitões (POLEZE, 2007).

A produção de suíno macho inteiro oferece diversas vantagens para o complexo agroindustrial. Os machos inteiros, comparados com fêmeas e castrados, têm melhor eficiência alimentar, crescem mais rapidamente, produzem carcaças mais magras, diminuem a excreção de nitrogênio no meio ambiente, além de evitar o cruento método de castração cirúrgica (BONNEAU; SQUIRES, 2000). Entretanto, o principal problema em produzir suínos machos inteiros está relacionado à qualidade da carne, devido ao aparecimento de odor sexual na carcaça. Por esse motivo, no Brasil, o abate generalizado de suínos machos inteiros é proibido pela legislação brasileira, conforme consta no artigo 121 do RIISPOA, Decreto 30.691 de 29-03-1952 e Circular 47 de 04-05-1988 alterado pelo Decreto 1255 de 25-06-1962 (BRASIL, 1952; BRASIL, 1988), que determina que “é proibida a matança de suínos não castrados ou que mostrem sinais de castração recente”. Além disso, o artigo 172 da Portaria 210 de 10-11-1998 define carnes repugnantes: “são assim consideradas e condenadas as carcaças que apresentam mau aspecto, coloração anormal ou que exalem odores medicamentosos, excrementícios, sexuais e outros considerados anormais” (BRASIL, 1998).

### 2.2.2. Compostos Responsáveis pelo Odor Sexual

O principal problema na produção de macho inteiro se refere à existência do odor sexual ou odor de cachaço (BONNEAU; SQUIRES, 2000; ANNOR-FREMPONG et al., 1997; OLIVEIRA et al., 1997). Tal odor, desagradável, é causado por acúmulo de hormônios esteróides 16-androstena, principalmente pela androstenona ( $5\alpha$ -androst-16-ene-3-ona), que através da via espermática é secretada na corrente sanguínea,

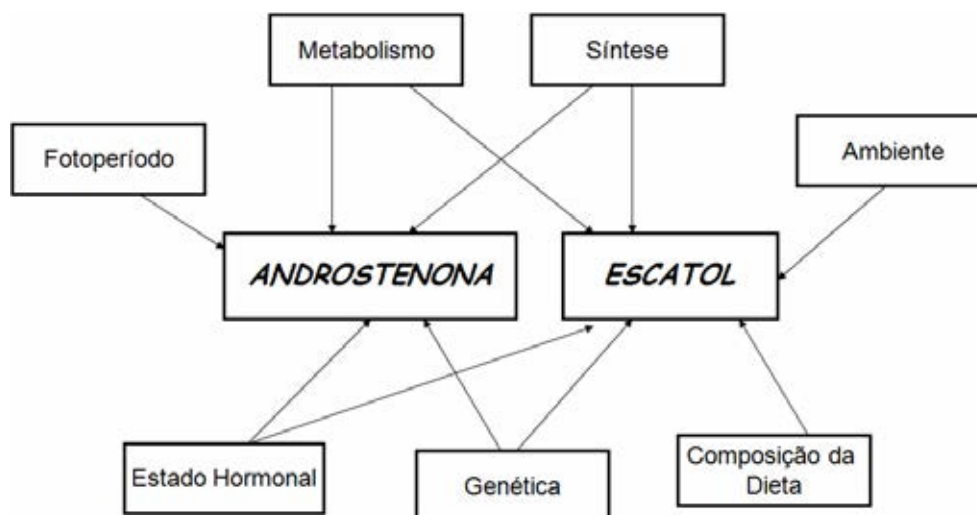
transportada e armazenada no tecido adiposo, de maneira reversível, e que se acumula também nas glândulas salivares, devido a sua afinidade com a proteína feromaxeína, sintetizada nestas glândulas (GOWER, 1972). Em contato com o ar, estes compostos se desligam da proteína e se volatilizam (LUNDSTRÖM; ZAMARATSKAIA, 2006). O esteróide androstenona é associado ao odor de urina e a percepção de odor malcheiroso é aumentada com a presença de escatol na gordura. O escatol (3-metilindol) é uma substância não específica dos animais machos, associado ao odor fecal, esterco e naftaleno; é produto da degradação microbiológica do triptofano no cólon do intestino. O escatol é absorvido pelo trato gastrointestinal, e através da corrente sanguínea, uma parte é transportada e armazenada no tecido adiposo e a outra é eliminada pela urina (BONNEAU; SQUIRES, 2000). Sabe-se que os hormônios sexuais e de crescimento favorecem sua formação (LUNDSTRÖM; ZAMARATSKAIA, 2006).

A Figura 2.1 ilustra, segundo Lundström e Zamaratskaia (2006), os fatores de desenvolvimento dos compostos causadores dos odores desagradáveis na carne. Ambos compostos, a androstenona e o escatol, são lipofílicos e acumulam-se no tecido adiposo, causando odores desagradáveis e sabores estranhos, quando presentes em concentrações elevadas (BABOL, 1996).

Uma alternativa para melhorar a qualidade da carne e ao mesmo tempo representando um método para influenciar as características de reprodução e de comportamento de suínos é baseada na vacinação contra os efeitos do hormônio gonadotrofina (GnRH) (JAROS et al., 2005), que metaboliza substâncias desagradáveis, reduzindo níveis de escatol e androstenona e ainda permite o efeito benéfico da testosterona no desenvolvimento dos suínos e na composição da carcaça, antes destes serem imunizados (DUNSHEA et al., 2001).



Figura 2.1 - Fatores que afetam os níveis de escatol e androstenona em suínos inteiros



### 2.2.3. Imunocastração

A castração imunológica surgiu como uma alternativa, uma possibilidade de se evitar a castração cirúrgica, o aparecimento do odor desagradável, e ainda aproveitar-se dos efeitos dos anabolizantes naturais produzidos ao longo da vida produtiva nos testículos dos machos inteiros (BONNEAU; SQUIRES, 2000; SILVEIRA et al., 2006) e sem a necessidade de machucar o animal. Este método interfere nas características de comportamento do animal ao diminuir a agressividade e a atividade sexual; influencia fatores de produtividade ao melhorar a conversão alimentar, a velocidade de crescimento e aumentar a gordura intramuscular (JAROS et al., 2005).

A imunocastração é uma ferramenta que suprime temporariamente a produção de esteroides pelos testículos antes do abate. Funciona como uma vacina que contém uma forma modificada de gonadotrofina (GnRF) (Figura 2.2), análogo sintético incompleto em veículo aquoso conjugado a

uma proteína carreadora inerte, que atua estimulando o sistema imunológico dos suínos a produzir anticorpos naturais contra o fator de liberação de gonadotrofinas (GnRF) (JAROS et al., 2005; ZAMARATSKAIA et al., 2008).

A biossíntese de androstenona é baixa em suínos machos jovens, mas aumenta na puberdade assim como outros esteróides do testículo, cuja produção é controlada pelo sistema neuroendócrino, particularmente pelo hormônio luteinizante (LH). A secreção do LH é principalmente regulada pelo GnRH (hormônio regulador da gonadotropina, também referenciado como hormônio luteinizante - hormônio regulador, LHRH), resultando na indução esteroendogênica de enzimas e aumento dos níveis de esteróides do testículo (ZAMARATSKAIA, 2004).

Figura 2.2 - Representação esquemática da gonadotrofina (GnRF) natural e de seu análogo sintético da Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal (2015)



O hormônio regulador da gonadotrofina (GnRH) é um pequeno peptídeo (decapeptídeo) originado no hipotálamo, que chega à hipófise através da corrente sanguínea agindo na porção anterior da glândula pituitária onde se liga ao seu receptor específico, para induzir a secreção de LH (hormônio luteinizante) e FSH (hormônio folículo estimulante), que agem sobre as gônadas para estimular o crescimento dos testículos e a produção de esteróides. A imunização contra a GnRH irá romper a linha central hipotálamo-pituitária-gonada, dessa forma inibindo o crescimento dos testículos e a síntese de esteroides, que finalmente irá reduzir a ocorrência de odor sexual (JAROS et al., 2005).

A primeira dose da vacina não tem efeito fisiológico sobre o funcionamento testicular. Após a segunda dose, o comportamento sócio sexual e de alimentação é semelhante ao dos animais castrados duas semanas antes do abate (Figura 2.3) (EINARSSON, 2006).

Os componentes da vacina devem ser seguros e aceitos pelos consumidores (DUNSHEA et al., 2001). Esta vacinação foi desenvolvida na Austrália e comercializada desde 1998, mas não na União Européia (PRUNIER et al., 2006).

No Brasil a produção comercial de animais imunocastrados foi legislada através da Informação N°061/2007/CGI/DIPOA (BRASIL, 2007), a qual autoriza o abate de suínos imunocastrados pela vacina VIVAX/PFIZER e estabelece procedimentos a serem adotados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), a partir de 23 de Maio de 2007. Esta vacina foi aprovada pelo Departamento de Fiscalização de Insumos Pecuários - DFIP/SDA sob N°9186/2005. Dessa forma a vacina Improvac<sup>®</sup> ou VIVAX<sup>®</sup>, como é registrada no Brasil, tem seu uso permitido de acordo com o Regulamento de Fiscalização de Produtos de Uso Veterinário e dos Estabelecimentos – Decreto 5053, de 22 de Abril de 2004 (BRASIL, 2004).

Figura 2.3 - Representação gráfica dos níveis de imunidade e odor ao longo das aplicações da vacina Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal (2015)



### 2.3. Agonistas $\beta$ -Adrenérgicos

Agonistas  $\beta$ -adrenérgicos têm sido estudados por décadas na produção animal com o intuito de melhorar a produtividade. Cunningham (1963) observou que a epinefrina poderia aumentar o ganho de peso diário e a retenção de nitrogênio em suínos. Entretanto, parece ter havido uma diminuição no interesse pela ação destas substâncias, sendo somente retomado na década de 1980, quando diversos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos foram desenvolvidos. Alguns dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos mais utilizados os quais mostram aumentar a síntese proteica na carcaça de animais são: ractopamina, cimaterol, L-644-969, salbutamol, clenbuterol e zilpaterol (WRAY-CAHEN, 2001; ANDERSON et al., 2005).

A eficiência dos  $\beta$ -adrenérgicos 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  $\beta$ -adrenérgicos (MERSMANN, 1998; HALSEY et al., 2011).

O efeito fisiológico de mobilização das reservas de energia, incluindo glicogênio e gordura, depende não só do hormônio atuante, mas também da afinidade do tecido com o mesmo, determinando assim o nível de limitação da lipogênese e quanto da lipólise será estimulada (MERSMANN, 1998). Nesse sentido, os receptores adrenérgicos, presentes nas membranas das células dos tecidos adiposo ou muscular, são os responsáveis pela resposta às catecolaminas, sendo divididos em  $\alpha$  e  $\beta$  (RAMOS; SILVEIRA, 2000).

Os receptores  $\beta_1$  predominam nos tecidos cardíacos e sistema nervoso central, enquanto os  $\beta_2$  encontram-se principalmente nos tecidos não-neuronais. Contudo, diferentes tecidos podem apresentar os receptores  $\beta_1$  e  $\beta_2$  em proporções variáveis, o que permite que compostos  $\beta$ -adrenérgicos exerçam efeitos metabólicos sobre o tecido adiposo e nos músculos esqueléticos (WEINER, 1987; FIEMS, 1987). Deste modo, receptores  $\alpha$  são associados com a vasoconstrição do útero e músculo liso,  $\beta_1$  com o aumento dos batimentos cardíacos, lipólise e glicogenólise e  $\beta_2$  receptores com o relaxamento dos brônquios, traqueias, musculatura lisa vascular e útero; e com contração do músculo estriado (LAWRIE; LEDWARD, 2006). Após a complexação entre agonista e receptor, o complexo gerado fixa-se sobre uma proteína de ligação, que transforma trifosfato de adenosina (ATP) em monofosfato de adenosina cíclico (AMPc) (Figura 2.5). Os receptores  $\beta_1$  e  $\beta_2$  estimulam o sistema da adenil ciclase e promovem aumento na produção de monofosfato de adenosina cíclico (AMPc). Este, por sua vez, promove a ativação de quinases que fosforilam e modificam a atividade de diversas enzimas, modulando processos

metabólicos como contração muscular, lipólise e lipogênese (LEONARDO, 2008; HALSEY et al., 2011).

### 2.3.1. Ractopamina

A ractopamina apresenta estrutura análoga e propriedades químicas e farmacológicas similares as catecolaminas, grupo no qual se enquadram a epinefrina e a norepinefrina, as quais, dentre outros efeitos, estimulam o catabolismo e inibem o anabolismo do tecido adiposo (MILLS, 2002). A administração é basicamente por via oral na ração. Após absorvida, é metabolizada pelo fígado e sua eliminação é predominantemente urinária.

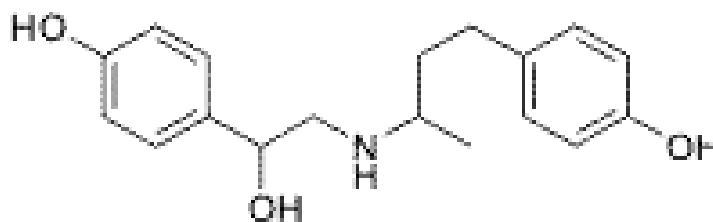
A estrutura da ractopamina é caracterizada pela presença de anel aromático, cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático, como mostra a Figura 2.4 (SMITH, 1998).

Os principais efeitos da ractopamina, sob o ponto de vista metabólico, estão relacionados ao tecido muscular esquelético e à gordura corporal dos animais, havendo pouca influência sobre o metabolismo glicídico (RAMOS; SILVEIRA, 2000). Embora alguns autores defendam que haja aumento na síntese protéica, particularmente numa fase inicial (GREIFE et al., 1989; BARK et al., 1992), a diminuição da proteólise, por outro lado, apresenta-se como fator importante para o aumento da quantidade de carne magra nas carcaças de animais alimentados com dietas contendo ractopamina, sendo comprovada por meio do decréscimo da excreção de 3-metil-histidina, produto resultante do catabolismo protéico (MOLONEY; BEERMANN, 1996).

Segundo Aalhus et al. (1992) e Silva et al. (2008) a ractopamina liga-se aos receptores de membranas celulares ocorrendo vários eventos que

levam a um aumento no diâmetro das fibras musculares, em específico nas fibras brancas e intermediárias.

Figura 2.4 - Estrutura química da Ractopamina (SMITH, 1998)

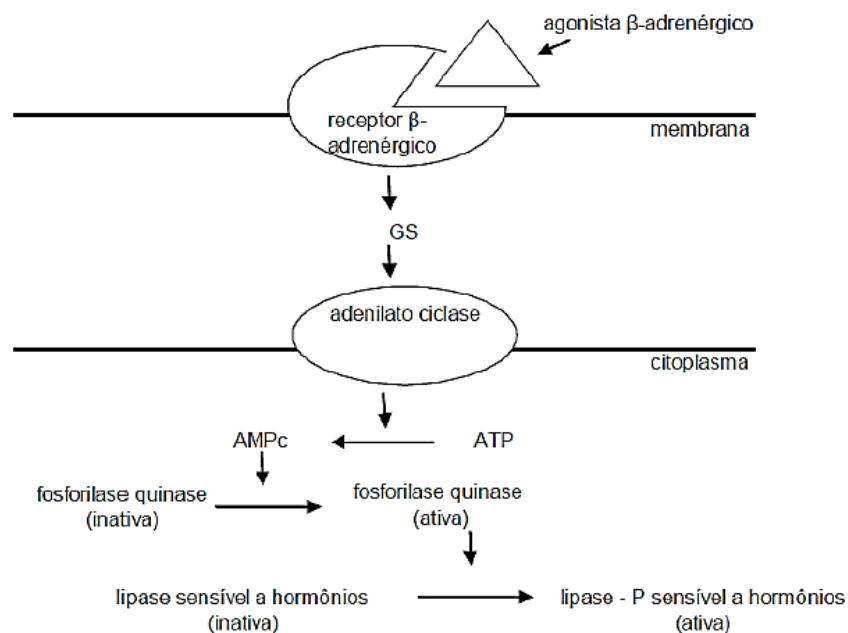


As diminuições das gorduras corporais, particularmente a subcutânea e a intermuscular, são os efeitos mais visíveis quando há uso de ractopamina em dietas para suínos (WILLIANS et al., 1994; CARR et al., 2005). Alguns autores afirmaram que a lipólise é o principal efeito da ractopamina sobre o tecido adiposo, em consequência do acréscimo das concentrações plasmáticas de ácidos graxos livres e de glicerol, embora não tenha sido observado tal resultado em suínos (RULE et al., 1987). Na ausência deste efeito da ractopamina sobre a lipólise nestes animais, alguns autores concluíram que a redução na lipogênese passa a ser um importante efeito sobre o metabolismo lipídico, ocasionado pela ação deste agonista  $\beta$ -adrenérgico em suínos, que ocorre devido à hipo-insulinemia (QUIRKE et al., 1988). Bellaver et al. (1991) e Haese e Bünzen (2005) afirmaram ainda que a ractopamina pode inibir a ação da insulina no receptor adrenérgico dos adipócitos, e assim antagonizar a ação deste hormônio, o que diminui a síntese e a deposição de gordura nos suínos.

A ractopamina na dieta de suínos proporciona um melhor desempenho zootécnico quando administradas no período final da engorda ou terminação. Principalmente em suínos melhorados geneticamente para produção de carne com abate efetuado próximo de 114 kg de peso vivo

(LEONARDO, 2008). Ainda, as melhorias no desempenho do crescimento parecem ser maiores durante as primeiras semanas de administração e tendem a diminuir conforme a variação da dose (ATHAYDE et al., 2012; LANFERDINI et al., 2013). Assim, a suplementação de ractopamina é mais eficiente no período antes do abate (21 dias) em animais que já tenham atingido a maturidade, uma vez que diminuem a capacidade de síntese proteica, ampliando assim a eficiência da ractopamina (MARTINS, 2012).

Figura 2.5 - Ativação adrenérgica da lipólise em tecido adiposo (MERSMANN, 1989).



Entretanto, segundo Marchant-Forde et al. (2003) o uso de ractopamina na dieta pode causar impacto no desenvolvimento do estresse suíno, acarretando maior dificuldade no manejo, aumento dos batimentos cardíacos e estresse durante o transporte. Formighieri (2012) avaliou a vocalização de suínos que receberam 7,5 ppm de ractopamina na dieta,



tendo observado aumento na intensidade e amplitude do som dos suínos machos imunocastrados e fêmeas, contudo, não foram encontradas diferenças nas lesões nos cascos. O autor não associou a dificuldade de manejo dos animais com a adição de ractopamina da dieta.

### 2.3.2. Efeitos da Ractopamina sobre a Carne Suína

Estudos sobre a inclusão de ractopamina em dietas para suínos em terminação têm sido realizados, demonstrando os efeitos positivos deste agonista  $\beta$ -adrenérgico sobre a retenção de nitrogênio, o desempenho e as características de carcaça (WILLIANS et al., 1994; SEE et al., 2004), por redirecionar nutrientes que seriam depositados no tecido adiposo, transferindo-os para o tecido muscular.

Estudo realizado pela empresa Elanco do Brasil (citado por SILVEIRA, 2007) observou que a percentagem de carne magra em suínos do grupo alimentado com 5 ppm de ractopamina foi de 53,9% em relação aos 51,8% dos animais do grupo controle. O grupo de animais que recebeu 10 ppm de ractopamina obteve 55,6% e o grupo com 20 ppm obteve 57,5%. Em outro experimento, observou-se incremento de 2,63% de carne magra em animais com adição de 5 ppm na ração, correspondendo a uma valorização econômica da carcaça comercializada (SILVEIRA, 2007).

Martins (2012), em estudo utilizando ractopamina em machos castrados cirurgicamente, machos imunocastrados e fêmeas, avaliou os cortes anatômicos da carcaça, onde observou maior proporção de carne magra e maior percentagem no rendimento da barriga em animais imunocastrados que receberam 7,5 ppm de ractopamina na dieta.

Segundo Cantarelli et al. (2008), a percentagem de carne magra dos principais cortes da carcaça suína (pernil, paleta, sobrepaleta, carré,

filezinho e barriga) aumentou quando os suínos machos castrados foram suplementados com 5 ppm de ractopamina na dieta, sem afetar o peso dos principais cortes, como a barriga.

Em estudo envolvendo castrados e fêmeas suplementados com ractopamina na dieta, foi observado que as fêmeas responderam melhor a inclusão de ractopamina, provavelmente devido à maior capacidade de mobilizar lipídeos, cuja magnitude foi evidente principalmente no tecido adiposo subcutâneo, porém com menor efeito no tecido adiposo intramuscular (RAMOS; SILVEIRA, 2000). No entanto, Moraes et al. (2010) observaram que a adição de ractopamina à dieta foi capaz de melhorar a conversão alimentar dos animais independentemente da categoria sexual. Porém, salientaram que a inclusão de ractopamina em dietas de suínos machos imunocastrados, prejudicou o ganho de peso destes animais, quando comparados com fêmeas e machos castrados, sem afetar as características quantitativas de carcaça (rendimento de carcaça quente e percentagem de carne magra).

Watanabe (2009) avaliou suínos fêmeas com adição de 0, 5, 10 e 15 ppm de ractopamina na dieta, não observando efeito da ractopamina sobre o pH, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento, cor e oxidação lipídica no lombo. Entretanto, o autor observou aumento gradativo nas perdas por cocção da carne com concentrações crescentes de ractopamina nas dietas, porém não encontrou efeito do músculo *Longissimus* para a avaliação sensorial e na composição em ácidos graxos e na proporção entre ácidos graxos saturados e insaturados. Weber et al. (2006) observaram que a adição de 10 ppm de ractopamina reduziu a quantidade de lipídeos totais contidos no músculo, porém sem alterar o perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular. Esses autores concluíram que o aumento da relação entre ácidos graxos insaturados e saturados, embora possa tornar a carne suína um alimento ainda mais saudável para o homem, pode torná-la uma matéria-prima ou produto menos vantajoso

para a indústria de transformação, devido à maior susceptibilidade à oxidação dessa gordura contida na carne.

Além do melhor desempenho produtivo e da maior deposição de tecido muscular em detrimento do adiposo, a utilização de ractopamina em dietas para suínos pode levar também ao menor impacto ambiental, principalmente pela redução da quantidade de nitrogênio excretado (SILLENCE, 2004).

Entretanto, a maioria dos estudos relacionados à ractopamina é direcionada ao seu efeito no desempenho zootécnico do animal. As atenções também deveriam ser direcionadas 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. Por exemplo, na avaliação da coloração de carne de suínos alimentados com ractopamina (20 ppm), Uttaro et al. (1993) observaram diferenças de cor nos animais que não receberam ractopamina na dieta; em outra pesquisa não foi verificada diferenças na cor da carne de suínos alimentados com dietas contendo 0, 4, 5, 9 e 18 ppm de ractopamina (STITES et al., 1994).

#### **2.4. Aspecto da Qualidade da Carne Suína**

Um conjunto de características organolépticas e de processamento é importante para a competitividade e lucratividade da suinocultura. Diferentemente do volume de carne, a qualidade é um conceito composto e muito difícil de definir e medir de modo simples e único. As principais características relacionadas à qualidade da carne suína abrangem fatores como: pH, cor, capacidade de retenção de água - CRA, teor proteico e lipídico e composição de ácidos graxos e também aspectos subjetivos, tais

como: sabor, aroma, aparência, maciez e suculência. Estas características são influenciadas pelo processo bioquímico que acontece durante a conversão do músculo em carne. Todas estas características são importantes, pois estão relacionadas à aceitabilidade, palatabilidade e perdas que ocorrem durante o processamento e armazenamento. Portanto, a qualidade da carne suína deve ser aperfeiçoada para que satisfaça igualmente ao consumidor e ao processador de carne, assegurando sua aceitação (TOLDRÁ; FLORES, 2000).

O pH é uma característica altamente relacionada com a qualidade da carne, uma vez que influencia a cor, a capacidade de retenção de água e a textura (ZAGURY, 2002). O metabolismo do glicogênio tem importante papel na expressão do pH. Um dos principais problemas que acomete a carne suína é a carne *pale, soft e exudative* (PSE), estando associado ao estresse dos suínos pouco antes do abate. Nos casos de estresse prolongado, pode ocorrer o fenômeno *dark, firm e dry* (DFD), causado pela falta de glicogênio no momento do abate, impedindo a adequada acidificação da carne (PRÄNDL et al., 1994; LAWRIE, 2005). Durante o desenvolvimento do *rigor mortis* e da maturação da carne, o pH influencia na contração, proteólise e desnaturação proteica, o que modifica a estrutura da carne e conseqüentemente a qualidade (BRIDI; SILVA, 2009).

De acordo com Felicio (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.

A cor é muito importante, porque, na carne fresca, tem a função de atrair o consumidor e determinar a primeira impressão. No caso de carnes embaladas a vácuo, a coloração é o principal fator de avaliação da qualidade efetuado pelos consumidores no momento da compra, daí a importância desse atributo (LINDAHL et al., 2006).

A cor da superfície do músculo é influenciada pela quantidade do pigmento mioglobina (Mb), pela relativa quantidade dos estados redox da mioglobina nas suas formas presentes: mioglobina (púrpura), oximioglobina (vermelho-brilhante) e metamioglobina (marrom-acinzentado) e pela perda de água (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A medida instrumental de cor pode ser objetivamente caracterizada utilizando-se colorímetros os quais apresentam os resultados em termos dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (AMSA, 1991), ou, subjetivamente, utilizando um padrão para cor de carne suína como o descrito por NPPC (1991) e NPPC (1999), ou ainda, utilizando o padrão de cor Japonês (TAN et al., 2000). O parâmetro  $L^*$  é definido como claridade ou luminosidade (variando entre 0 - preto puro e 100 – branco puro), enquanto os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  representam os níveis de tonalidade,  $+a$  (vermelho),  $-a$  (verde),  $+b$  (amarelo) e  $-b$  (azul) (FRANCIS; CLYDESDALE, 1975), os quais são determinados de acordo com a International Commission on Illumination (CIE, 1976). Os resultados obtidos pela avaliação de cor também podem ser correlacionados à percepção humana, permitindo a compreensão do significado dessas características na avaliação da qualidade sensorial do alimento.

Em pesquisas envolvendo a adição de ractopamina em suínos, Armstrong et al. (2004), Carr et al. (2005) e Stahl et al. (2007) observaram não ter influência no parâmetro  $L^*$  na cor do lombo. O componente  $a^*$  da cor, medida da tonalidade vermelha, pode ser usado como uma indicação da quantidade de oximioglobina presente no período de *blooming* da carne, fenômeno que ocorre quando a carne está em contato com o oxigênio (JOHANSSON, 1989). Portanto, a diminuição no valor de  $a^*$  sugere redução na quantidade de oximioglobina na carne produzida por suínos alimentados com ractopamina (UTTARO et al., 1993; AALHUS et al., 1990). Em outro estudo, Apple et al. (2008), observaram que a ractopamina diminuiu os valores dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  do lombo suíno.

Entretanto o efeito da ractopamina na qualidade da carne é controverso. Moller et al. (1992) e Wood et al. (1994) encontraram uma tonalidade levemente mais escura (valores de L\*) em lombo de suínos tratados com ractopamina quando comparados à animais que não receberam o mesmo tratamento na dieta.

A perda da qualidade da carne pode ocorrer em função dos odores e sabores estranhos resultantes da degradação dos lipídeos, que pode ocorrer devido à oxidação lipídica, hidrólise ou polimerização (ARAÚJO, 2008). Ocorre também a redução de seu valor nutritivo, destruição de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA et al., 2005; LUND et al., 2007). A carne suína, devido ao seu alto teor de ácidos graxos insaturados, oxida-se mais rapidamente que as carnes de outras espécies animais, o que faz com que o controle de sua rancificação seja ainda mais importante (McCARTHY et al., 2001).

A rancificação gera o malonaldeído e outros compostos que formam complexos com as proteínas, intensificando a oxidação e resultando em prejuízos para a textura do músculo e para as propriedades funcionais das proteínas miofibrilares (XIA et al., 2009).

Poucos estudos foram realizados para constatar o efeito da ractopamina na oxidação lipídica. Leal (2011) trabalhou com diferentes níveis de ractopamina na dieta de suínos (0, 3, 6, 9, 12 e 15 ppm) em lombo sob refrigeração por 4, 8 e 12 dias, nos quais observou que a adição de ractopamina (6, 9, 12 e 15 ppm) auxiliou na prevenção da oxidação lipídica.

Watanabe (2009) analisou o músculo *Longissimus* de fêmeas suínas alimentadas com dietas com 0, 5, 10 e 15 ppm. O autor não observou efeito da adição de ractopamina na oxidação lipídica para a carne submetida à refrigeração por 24 horas.

Os ácidos graxos possuem uma cadeia carbônica que varia de 2 a 36 ou mais átomos de carbono além de um grupo metílico ( $\text{CH}_3$ ) e um grupo carboxílico ( $-\text{COOH}$ ) em extremos opostos (ASSIS; NAHAS, 1999; GÓMEZ, 2003). Os ácidos graxos insaturados seguem o mesmo padrão dos ácidos graxos saturados, exceto pela existência de uma ou mais duplas ligações ao longo da cadeia. A dupla ligação ocorre entre carbonos de forma alternada, isto é, um único átomo de carbono só forma uma dupla ligação (WARDLAW, 2002). Alimentos contendo ácidos graxos insaturados podem sofrer, por exposição prolongada ao ar, oxidação nas ligações duplas, resultando na quebra da cadeia de carbonos na zona dessa ligação e conseqüente formação de aldeídos de cadeia curta, de sabor e odor desagradável.

Os ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) não são sintetizados pelas células do organismo e devem ser adquiridos através da alimentação (GARLAND et al., 1998). Os ácidos graxos ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6) consistem de ácidos graxos poli-insaturados e são considerados ácidos graxos essenciais. A designação de ômega tem relação com a posição da primeira dupla ligação, contando a partir do grupo metílico final da molécula de ácidos graxos (EWIN, 1997). Os principais ácidos graxos n-3 são os ácidos linolênico, eicosapentaenoico e docosahexaenóico, enquanto os principais n-6 são os ácidos linoléico e araquidônico (KINSELLA, 1990; MAYSER et al., 1998).

No entanto, o consumo exclusivo e constante de gorduras contendo grandes quantidades de ômega-6 pode resultar em produção excessiva de eicosanóides e peróxidos da série leucotrienos. Em um organismo sadio, quantidades extremamente baixas de eicosanóides são produzidas, enquanto que em tecidos alterados e em condições patológicas, como inflamações, artrites, hemorragias, lesões vasculares e oncogêneses, grandes quantidades são sintetizadas (HEARN et al., 1987; SIMOPOULOS, 1990; SANDER, 2000).

## 2.5. Aspectos da Produção e Qualidade do Bacon

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bacon (BRASIL, 2000), entende-se por bacon, o produto cárneo industrializado, obtido do corte torácico-abdominal de suínos (barriga), com ou sem costela, com ou sem pele, adicionado de ingredientes e submetido ao processo térmico adequado com defumação. O produto deve ser manuseado em um ambiente próprio que não apresente riscos de contaminação e nem de adição de substâncias nocivas ao consumo humano.

Na defumação é utilizada fumaça oriunda da queima controlada da madeira, contudo, pode-se ainda utilizar fumaça líquida obtida do destilado concentrado desta queima. Este é um ingrediente de alto valor agregado, possibilita uniformidade de coloração, além de reduzir o impacto ambiental do processo, por não gerar resíduos sólidos e odoríficos (PACHECO, 2006).

A seleção da matéria-prima está relacionada com a parte da barriga, suína, a qual deve ter parte de suas gorduras aparadas e apresentar uma camada de carne. A etapa subsequente consiste na injeção da salmoura (água, sal, condimentos e agentes químicos de preservação), que pode ser realizada por meio de injetora com agulhas múltiplas ou pela salga seca, assegurando uma distribuição homogênea dos ingredientes de cura nas peças. Após esta etapa, a barriga passa por processo de massageamento, por 24 horas, que tem como função promover melhor uniformidade da salmoura (SARCINELLI et al., 2007). Em seguida, as peças são lavadas e levadas para estufas de cozimento e defumação, onde o sabor e aroma característicos são adquiridos.

A defumação é considerada o processo final da elaboração do bacon e tem como objetivo provocar efeito bacteriostático na superfície do



produto, inibindo o crescimento de bactérias e melhorando desta forma a estabilidade do produto. Além disso, a defumação é responsável por conferir aroma e sabor desejados ao produto (ROÇA, 2000). Segundo Bressan et al. (2008), o processo de defumação, de modo geral, é dividido em três etapas. A primeira etapa consiste na secagem, que remove a umidade superficial e também contribui para o desenvolvimento da cor do produto. Na segunda etapa, a fumaça é aplicada enquanto a temperatura da câmara é elevada. Na etapa final, que corresponde ao cozimento, a peça de bacon é cozida no próprio defumador. Posteriormente, as peças são resfriadas, embaladas e armazenadas em temperatura ambiente.

A qualidade do bacon depende fortemente da qualidade da matéria-prima que é inerentemente sujeita a variabilidade. O entendimento das características das matérias-primas, da função de cada operação e da transição entre matéria-prima e produto final é de fundamental importância para a qualidade do produto elaborado, seja química, física, biológica ou sensorial. Pesquisa realizada por Person et al. (2005) na qual foi analisada a influência da espessura da barriga suína no rendimento do processamento e aceitação sensorial do bacon, os autores observaram que as barrigas mais espessas apresentaram melhor desempenho no fatiamento e barrigas com espessura média e finas foram as de melhor aceitação sensorial, em termos visuais (proporção entre tecido magro/gordura) e na intenção de compra. A proporção entre tecido magro e gordura é um dos fatores predominantes na compra do bacon e esta característica, afeta a aparência do bacon cozido e sua palatabilidade.

O uso de ractopamina na alimentação de suínos, e sua relação com o rendimento no processamento e características de qualidade do bacon foram observados por Scramlin et al. (2008) onde mostraram melhores características da qualidade do bacon, aumentando o rendimento do processamento da barriga em bacon e obtendo bacon com melhor firmeza, parâmetro responsável pelo bom desempenho de fatiabilidade.

## 2.6. Referências Bibliográficas

AALHUS, J. L.; JONES, S. D.; SCHAEFER, S. D. M. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.70, n.5, p.943-952, 1990.

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

ABIPECS. Associação Brasileira das Indústrias Produtoras e Exportadora de Carne Suína. Nutrientes da carne suína – Padrões de Consumo. Carne Suína Brasileira. São Paulo. Disponível em: <<http://carnesuinabrasileira.org.br/nutrientes.html>> Acesso em: 07 de dezembro 2014.

AMSA. American Meat Science Association. Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago. p.48, 1991.

ANNOR-FREMPONG, I. E.; NUTE, G. R.; WHITTINGTON, F. W.; WOOD, J. D. The problem of taint in pork: Detection thresholds and odour profiles of androstenone and skatole in a model system. *Meat Science*, v.46, n.1, p.45-55, 1997.

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

ARAÚJO, J. M. A. Conseqüência biológica da oxidação de lipídios. In: Química de alimentos: teoria e prática. 2008, Viçosa. **Anais...** MG: UFV, 2008. p.161-208.

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*, v.82, p.3245-3253, 2004.

ASSIS, M. A. A.; NAHAS, M. V. Motivational aspect in programs of nutritional behavior changes. *Revista de Nutrição*, v.12, n.1, p.33-41, 1999.

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*, v.90, p.4604-4610, 2012.

BABOL, J.; SQUIRES, E. J.; GULLETTB, E. A. Investigation of factors responsible for the development of boar taint. *Food Research International*, v.28, n.6, p.573-581, 1996.

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 on pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.70, p.3391-3400, 1992.

BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; FÁVERO, J.; AJALA, L. C.; MENDES, J. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF., v.26, p.1795-1802, 1991.

BONNEAU, M. Use of Entire Males for Pig Meat in the European Union. *Meat Science*, v.49, n.1, p.257-272, 1998.

BONNEAU, M.; SQUIRES, E. J. O uso de machos inteiros na produção de suínos. 1ª Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade da Carne Suína, 2000. **Anais...** Concórdia, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (1952). Decreto nº 30.691. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 10.785. Seção1, 1952.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (1988). Circular n° 47. Ementa: Autorização para abate de suínos não castrados. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (1998). Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria n° 210 de 10 de novembro de 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2000). Instrução Normativa N° 21, de 31 de julho de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Bacon ou Barriga Defumada.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2004). Regulamentos de fiscalização de produtos de uso veterinário e dos estabelecimentos que os fabriquem ou comerciem. Aprovado pelo decreto n°5053, 22 abr. 2004. Brasília.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2007). Informação Diversa n°061, de 23 de Abril de 2007. Autorização para Abate de Suínos Imunocastrados. Brasília, 2007.

BRESSAN, M. C.; ODA, S. H. I.; FARIA, P. B.; RODRIGUES, G. H.; MIGUEL, G. Z.; VIEIRA, J. O.; MARTINS, F. M. Produtos cárneos curados e defumados: mais sabor e maior valor agregado. (2008). Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br>>. Acesso em 23 de dezembro de 2014.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Avaliação da Carne Suína. Londrina: Midiograf, 2009. 120p.

CANTARELLI, V. S.; ZANGERONIMO, M. G.; ALMEIDA, E. C.; WOLP, R. C.; PEREIRA, L. M.; FIALHO, E. T. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. *Acta Scientiarum Animal Science*, v.2, p.165-171, 2008.

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, v.83, p.223-230, 2005.

CARR, S. N.; HAMILTON, D. N.; SCHROEDER, A. L.; FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.; KILLEFER, J.; ELLIS, M.; MCKEITH, F. K. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylean<sup>®</sup>) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. *Meat Science*, v.81, p.533–539, 2009.

CIE - Commission Internationale de l'Éclairage. Colorimetry. Vienna: CIE publication, 2 ed., 1996.

CUNNINGHAM, H. M. Effect of epinephrine, norepinephrine and nicotine on growth and carcass composition of chicks. *Poultry Science*, v.42, p.1197, 1963.

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*, Collingwood, v.79, n.10, p. 2524-2535, 2001.

EINARSSON, S. Vaccination against GnRH: pros and cons. *Acta Veterinaria Scandinavica*, v.48, n.1, 2006.

EWIN, J. O lado sadio das gorduras: ácidos graxos essenciais para uma vida e uma aparência saudáveis. Rio de Janeiro: Campus, p.17-44, 1997.

FELÍCIO, P. E. O ABC do PSE/DFD. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.2, n.10, p.54-57, 1986.

PFIZER Inc, 2015. VIVAX<sup>®</sup> é a primeira vacina comercial contra o odor de macho inteiro. Disponível em: <http://improvac.com/sites/improvac/pt-br/pages>. Acesso em 02 de fevereiro de 2015.

FIEMS, L. O. Review: effect of  $\beta$ -adrenergic agonists in animal production and their mode of action. *Annales de Zootechnie*, Paris, v.36, p.271-290, 1987.

FORMIGUIERI, R. Efeito da ractopamina e da imunocastração no bem-estar animal e nas propriedades da carne suína. Campinas, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, 2012.

GÓMEZ, M. E. D. B. Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta.I. Estabilidade oxidativa. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Bromatologia). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2003.

GOWER, D. B. 16-unsaturated C19 steroids: a review of their chemistry, biochemistry and possible physiological role. *Journal of Steroid Biochemistry*, v.3, p.45-103, 1972.

GREIFE, H. A.; KLOTZ, G.; BERSCHAUER, F. Effects of the phenethylamine clenbuterol on protein and lipid metabolism in growing rats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Berlin, v.61, p.19-27, 1989.

HAESE, D.; BÜNZEN, S. Ractopamina. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, n.2, p.176-182, 2005.

HALSEY, C. H. C.; WEBER, P. S.; REITER, S. S.; STRONACH, B. N.; BARTOSH, J. L.; BERGEN, W. G. The effect of ractopamine hydrochloride on gene expression in adipose tissues of finishing pigs. *Journal of animal Science*, v.89, p.1011-1019, 2011.

HAYA, M.; VULIN, A.; GÉNIN, S.; SALES, P.; PRUNIER, A. Assessment of pain induced by castration in piglets: behavioral and physiological responses over the subsequent 5 days. *Applied Animal Behaviour Science*, v.82, p.201-218, 2003.

HEARN, T. L.; SGOUTAS, S. A.; HEARN, J. A.; SGOUTAS, D. S. Polyunsaturated fatty acids and fat in fish flesh for selecting species for health benefits. *Journal of Food Science*, v.52, p.1209-1211, 1987.

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*, v.92, p.31-38, 2005.

JOHANSSON, G. Relationships between different colour parameters from reflectance measurements on bovine muscles. In: 35<sup>th</sup> Int. Congress of Meat Science and Technolgy, 1989, **Anais...** Copenhagen, Denmark, 1989. p.601.

KINSELLA, J. E. Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v.52, p.1-28, 1990.

LANFERDINI, E.; LOVATTO, P. A.; MELCHIOR, R.; ORLANDO, U. A. D.; CECCANTINI, M.; POLEZE, E. Feeding surgically castrated, entire male and immunocastrated pigs with different levels of amino acids and energy at constant protein to energy ratio with or without ractopamine. *Livestock Science*, v.151, p.246–251, 2013.

LAWRIE, R. A. *Ciência da Carne*. Porto Alegre: Artmed, p.384, 2005.

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. Factors influencing the growth and development of meat animals. In: *Lawrie's Meat Science*. ed. Woodhead Publishing Limited. p.35-39, 2006.

LEAL, R. S. Desempenho, características químicas, físicas e sensoriais da carne de suínos recebendo diferentes níveis de ractopamina na dieta. Lavras, 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinária), Faculdade de Lavras, 2011.

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. Piracicaba, 2008, 64f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Universidade de São Paulo/Escola Superior "Luiz de Queiroz", 2008.

LINDAHL, G.; KARLSSON, A. H.; LUNDSTRÖM, K.; ANDERSEN, H. J. Significance of storage time on degree of blooming and colour stability of pork loin from different crossbreeds. *Meat Science*, v.72, n.4, p.603-612, 2006.

LUND, M. N.; HVIID, M. S.; CLAUDI-MAGNUSSEN, C.; SKIBSTE, L. H. Effects of dietary soybean oil on lipid and protein oxidation in pork patties during chill storage. *Meat Science*, v.79, n.4, p.727-733, 2007.

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

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

MARTINS, A. Influência da ractopamina adicionada à dieta de suínos machos e fêmeas e da imunocastração de machos nas características e composição física das carcaças. Campinas, 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, 2012.

MAYSER, P.; MROWIETZ, U.; ARENBERGER, P.; BARTAK, P.; BUCHVALD, J., CRISTHOPHER, E.; JABLONSKA, S.; SALMOHOFER, W.; SCHILL, W. B.; KRAMER, H. J.; SCHLOTZER, E.; MAYER, K.; SEEGER, W.; GRIMMINGER, F. Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial. *Journal of the American Academy of Dermatology*, v.38, p.421, 1998.

McCARTHY, T. L.; KERRY, J. P.; KERRY, J. F.; LYNCH, P. B.; BUCKLEY, D. J. Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science*, v.57, n.1, p.45-52, 2001.

MERSMANN, H. J. Potential mechanisms for repartition of growth – adrenergic agonists. In: Champion, D. R.; Hausmann, G. J.; Martin, R. J. (Org.). Current concepts of animal growth regulation, 1989. **Proceedings...** Plenum Publishing Corporation, 1989. p.337-357.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of  $\beta$ -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.76, p.160-172, 1998.

MOLLER, 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. et. al. (Eds.) Pork quality: genetic and metabolic factors, 1992. **Proceedings...** Wallingford: Redwood Books, 1992. p.225.



MOLONEY, A. P.; BEERMANN, D. H. Mechanisms by which  $\beta$ -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In: Enne, G.; Kuiper, H. A.; Valentini, Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products, 1996. **Proceedings...** Wageningen: Wageningen Press, 1996. p.124-136.

MORAES, E.; KIEFER, C.; SILVA, I. S. Ractopamine in diets for immunocastrated, barrows and females. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.2, p.379-384, 2010.

MILLS, S. E. Biological basis of the ractopamine response. *Journal of Animal Science*, v.80, p.28-32, 2002.

NPPC. Procedures to Evaluate Market Hogs (3rd edition). National Pork Production Council, Des Moines, IA. 1991.

NPPC. Pork Quality Standards. National Pork Production Council, Des Moines, IA. 1999.

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

OLIVEIRA, J. J. V.; SILVEIRA, E. T. F.; VIANA, A. G. Determinação de androstenona e escatol em toucinho costal-lombar e glândula salivar submaxilar de suínos. *Revista Brasileira de Análise de Alimentos*, v.5, n.1, p.12-20, 1997.

OSAWA, C. C.; FELICIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*, v.28, n.4, p.655-663, 2005.

PACHECO, J. W. Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno). São Paulo: CETESB, 2006.

PERSON, R. C.; MCKENNA, D. R.; GRIFFIN, D. B.; MCKEITH, F. K.; SCANGA, J. A.; BELK, K. E.; SMITH, G. C.; SAVELL, J. W. Benchmarking value in the pork supply chain: Processing characteristics and consumer evaluations of pork bellies of different thicknesses when manufactured into bacon. *Meat Science*, v.70, p.121-131, 2005.

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

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. Tecnologia e Higiene de la Carne. Zaragoza: Editorial Acribia, 1994. 854p.

PRUNIER, A.; BONNEAU, M.; VON BORELL, E. H.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, B.; GIERSING, M.; MORTON, D. B.; TUYTTENS, F. A. M.; VELARDE, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation of non-surgical methods. *Animal Welfare*, v.15, p.277-289, 2006.

QUIRKE, J. F.; ALLEN, P.; MOLONEY, A. P.; SOMMER, M.; HANRAHAN, J. P.; SHEEHAN, W.; ROCHE, J. Effects of the beta-agonist cimaterol on blood metabolite and hormone concentrations, growth and carcass composition in finishing friesland steers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Berlin, v.60, p.128-136, 1988.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias. Viçosa, MG, Ed. UFV, 2007. 599 p.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal. I – Mecanismo de ação. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, Coimbra, v.95, p.99-110, 2000.

ROÇA, R. O. Defumação. Botucatu: FCA-UNESP, 2000 (artigo técnico).

RULE, D. C.; SMITH, S. B.; MERSMANN, H. J. Effects of adrenergic agonists and insulin on porcine adipose tissue metabolism in vitro. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.65, p.136-140, 1987.

SANDER, A. B. T. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v.71, p.176-178, 2000.

SARCINELLI, F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Processamento da carne suína. *Boletim Técnico da UFES*. Espírito Santo, 2007.

SCRAMLIN, S. M.; CARR, S. N.; PARKS, C. W.; FERNANDEZ-DUEÑAS, D. M.; LEICK, C. M.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. *Meat Science*, v.80, p.1218-1221, 2008.

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, v.82, p.2474-2480, 2004.

SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *The Veterinary Journal*, v.167, p.242-257, 2004.

SILVA, M. L. F.; WOLP, R. C.; AMARAL, N. O.; CARVALHO JR, F. M.; PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, V. V.; FILHO, E. T. Efeito da ractopamina em rações com diferentes níveis de lisina sobre as características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. In: PorkExpo & IV Fórum Internacional de Suinocultura, 2008, Curitiba. **Anais...** Estação Embratel Convention Center, 2008. p.111-113.

SILVEIRA, E. T. F.; POLEZE, E.; UMEHARA, O.; TONIETTI, A. P.; BUZELLI, M. L. T.; HAGUIWARA, M. M. H.; MIYAGUSKUL L.; HENNESSY, D. Improvac<sup>®</sup> Immunized boars compared to surgical castrates: control of boar taint and growth performance. In: 52nd International Congress of Meat Science and Technology, 2006, Dublin. **Proceedings...** INCOMST, 2006. p.211-213.

SILVEIRA, E. T. F. Inovações tecnológicas aplicadas na suinocultura e suas implicações na industrialização da carne, 2007, Campinas. In: IV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. **Anais...** ITAL, 2007. p.41-50.

SILVEIRA, E. T. F. Inovações tecnológicas aplicadas na suinocultura e suas implicações na industrialização da carne. I. Ractopamina e imunocastração e seus efeitos na qualidade de carcaça e carne. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes, 2011, São Pedro, **Anais...** CTC-ITAL, 2011. p.131-143.

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

SIMOPOULOS, A. Omega-3 fatty acids in health and disease. *Nutrition and Aging*, v.1, p.129-156, 1990.

STAHL, C. A.; CARLSON-SHANNON, M. S.; WIEGAND, B. R.; MEYER, D. L.; SCHMIDT, T. B.; BERG, E. P. The influence of creatine and a high glycemic carbohydrate on the growth performance and meat quality of market hogs fed ractopamine hydrochloride. *Meat Science*, v.75, p.143-149, 2007.

SWATLAND, H. J. Meat products and consumption culture in the West. *Meat Science*, v.86, n.1, p.80-85, 2010.

TAN, F. J.; MORGAN, M. T.; LUDAS, L. I.; FORREST, J. C.; GERRARD, D. E. Assessment of fresh pork color with color machine vision. *Journal Animal Science*, v.78, p.3078-3085, 2000.

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

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*, v.71, n.9, p.2439-2449, 1993.

WATANABE, P. H. Ractopamina em dietas para fêmeas suínas. Jaboticabal, 2009. Tese (Doutorado em Ciências Agrária e Veterinárias) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

WARDLAW, M. G. Perspectives in nutrition. 5<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill. St. Louis, v.612, p.266, 2002.

WARRISS, P. D. Meat Science: an introductory text. 2.ed. Wallingford: CABI Publishing. p.384, 2010.

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*, v.84, p.720-732, 2006.

WEINER, N. Noradrenalina, adrenalina e aminas simpaticomiméticas. In: Gilman, A. G., Goodman, L. S.; Rall, T. W.; Murad, F. As bases farmacológicas de terapêutica, 1987. **Anais...** Rio de Janeiro: Guanabara, 1987, p.96-118.

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, v.72, 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, 1994. **Proceeding...** London: Nottingham University Press, 1994, p.446-448.

WRAY-CAHEN, D. Performance-Enhancing Substances. In: Lewis, J. A.; Southern, L. L. Swine Nutrition. Louisiana, EUA: CRC Press, ed.2, cap.19, 2001.

XIA, X.; KONG, B.; LIU, Q.; LIU, J. Physicochemical change and protein oxidation in porcine longissimus dorsi as influenced by different freeze-thaw cycles. *Meat Science*, v.83, n.2, p.239-245, 2009.

ZAGURY, R. T. F. Efeito da ractopamina na ração sobre o crescimento, composição da carcaça e qualidade de carne de suínos. Belo Horizonte, 2002. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, 2002.

ZAMARATSKAIA, G. Factors involved in the development of boar taint. *The Animal Consortium*, v.98, n.3, p.14-28, 2004.

ZAMARATSKAIA, G.; RYDHMERB, H.; ANDERSON, K. H.; CHEN, G.; LOWAGIE, S.; ANDERSON, K.; LUNDSTRÖN, K. Long-term effect of vaccination against gonadotropinreleasing hormone, using Improvac<sup>®</sup> on hormonal profile and behaviour of male pigs. *Animal Reproduction Science*, v.108, p.37-48, 2008.

ZENG, X. Y.; TURKSTRA, J. A.; JONGBLOED, A. W.; DIEPEN VAN, J. TH. M.; MELOEN, R. H.; OONK, H. B.; GUO, D. Z.; WIEL VAN, D. F. M. Performance and hormone levels of immunocastrated, surgically castrated and intact male pigs fed ad libitum high- and lowenergy diets. *Livestock Production Science*, v.77, p.1-11, 2002.

## **CAPITULO 3**

### **MATERIAL E MÉTODOS**

### 3.1 Animais e Tratamentos

Todos os procedimentos que envolveram animais vivos neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética de Uso Animal da Universidade Estadual de Campinas, (Anexo 2) considerando que o abate foi realizado seguindo os procedimentos industriais comumente utilizados por frigorífico comercial assegurando o bem-estar de suínos (BRASIL, 2000).

O estudo partiu de trezentos e dez animais (95 fêmeas, 107 imunocastrados e 108 castrados cirurgicamente) na fase de terminação, provenientes de duas linhagens genéticas "Topigs, Large White x Landrace e Duroc" (202) na granja Água Branca, localizada em Fartura, SP (Figura 3.1), e "Agroceres PIC, Duroc x Landrace x Pietran" (108) na granja Bressiani, localizada em Capivari, SP (Figura 3.2), número determinado de acordo com o tamanho das baias disponíveis em cada granja comercial. Os machos (inteiros) designados a serem imunocastrados receberam a primeira dose de vacina (Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal) oito semanas antes do abate, e a segunda dose com quatro semanas da data programada para o abate (Figura 3.3), enquanto que os leitões (machos) já haviam sido castrados fisicamente entre o terceiro e o quinto dia de vida. Com 21 dias antes do abate os animais foram realojados para o recebimento de dois diferentes níveis de ractopamina na dieta (0 e 7,5 ppm; Ractosuin<sup>®</sup>, Ourofino Agronegócio) em dieta convencional à base de milho e soja, formuladas com 16% de proteína e 0,91% de lisina, conforme estabelecido pela nutricionista responsável da empresa Ourofino Agronegócio (Anexo 1).

### 3.1.1 Abate e Obtenção das Carcaças

Ao final do período de terminação, os animais da linhagem genética Topigs foram transportados para o abatedouro comercial Frigorífico Mondelli em Bauru, SP (SIF 1758) e os animais da linhagem genética Agroceres PIC foram transportados para o Frigorífico Bressiani em Capivari, SP (SIF 112). Os animais pesavam em média 108 a 129 kg, respectivamente (peso vivo).

Figura 3.1 - Linhagem genética "Topigs, Large White x Landrace e Duroc" na granja Água Branca

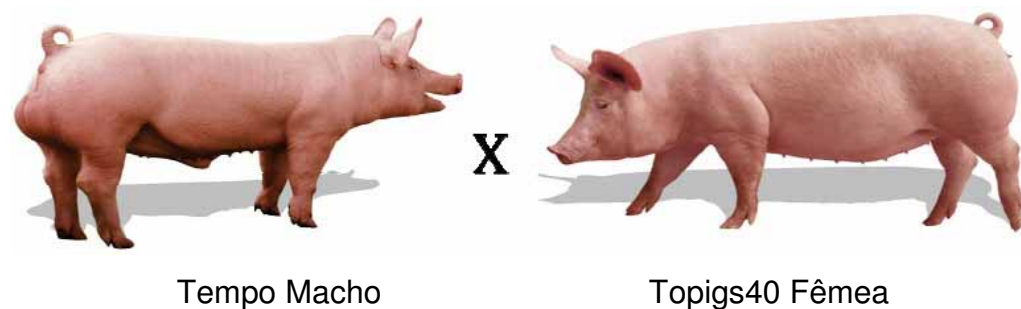
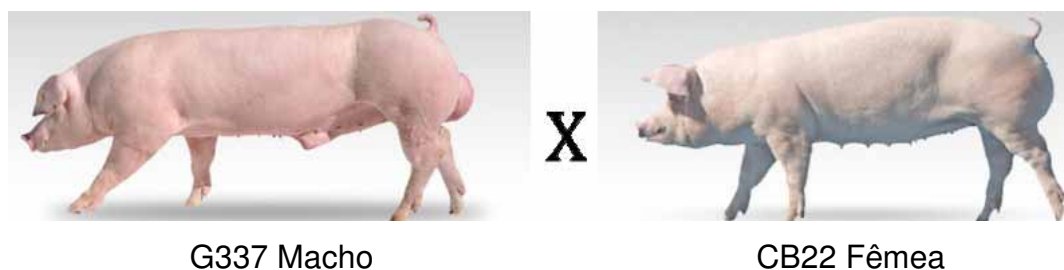


Figura 3.2 - Linhagem genética "Agroceres PIC, Duroc x Landrace x Pietran" na granja Bressiani





Após 12 horas de período de descanso, conforme exigido pela Inspeção Federal do Brasil (BRASIL, 2000), os animais foram abatidos de forma humanitária conforme o Regulamento de Inspeção Sanitária e Industrial de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1997) seguindo o regulamento do frigorífico. Após 24 horas de resfriamento em câmara a  $2 \pm 1^\circ\text{C}$ , por meio de instrumentação ótica para tipificação eletrônica Hennessy Grading Probe<sup>®</sup> (Hennessy Grading Systems GP4/BP4, DIDAI), as carcaças foram selecionadas com base na média ( $\pm 2$  desvios padrões) do peso de meia carcaça quente variando de 46 a 51 kg e espessuras de toucinho e músculo de 15 a 20 mm e 64 a 68 mm, respectivamente para as duas genéticas investigadas, representando meias carcaças de cinco suínos para cada tratamento, totalizando 60 meias carcaças. As carcaças foram transportadas em veículo refrigerado para o Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL, Campinas, SP). As carcaças foram desossadas e as barrigas identificadas para posterior realização das análises de qualidade da barriga e processamento do bacon.

Figura 3.3 - Vacinação com Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal



### 3.2. Análises da Barriga

As análises físico-químicas e da qualidade das barrigas foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas do Centro de Tecnologia de Carnes (CTC), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em Campinas, SP.

Figura 3.4 - Tipificação eletrônica Hennessy Grading Probe® (Hennessy Grading Systems GP4/BP4, DIDAI)



#### 3.2.1. Análises da Qualidade da Barriga

Cinco barrigas resfriadas de cada tratamento foram analisadas quanto ao comprimento e a largura por meio de 3 medidas lineares em posições distintas longitudinais e transversais, respectivamente, e o resultado expresso como média. A flexibilidade (no original “flex test”) das barrigas foi determinada por método indireto colocando-se a barriga (pele voltada para baixo) sobre uma barra cilíndrica de cloreto de polivinila (PVC) de 7,6 cm de diâmetro afixada numa superfície vertical, medindo-se a

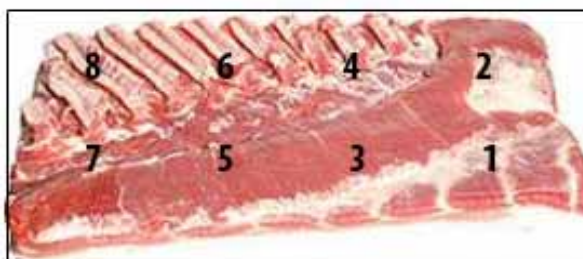
distância (cm) entre bordas com o auxílio de uma régua milimetrada, conforme metodologia Rentfrow et al. (2003) (Figura 3.5). A espessura da barriga foi medida utilizando um micrômetro dotado de um instrumento afiado para penetração, com o lado da pele voltado para baixo em oitos diferentes localizações (Figura 3.6) e o resultado expresso como média.

Após medições das análises de comprimento, largura, flexibilidade e espessura, as barrigas foram identificadas, embaladas a vácuo, encaixotadas, e congeladas a  $-31 \pm 1^\circ\text{C}$  para posterior processamento e realização de outras análises.

Figura 3.5 - Avaliação da flexibilidade (no original “flex test”) da barriga fresca



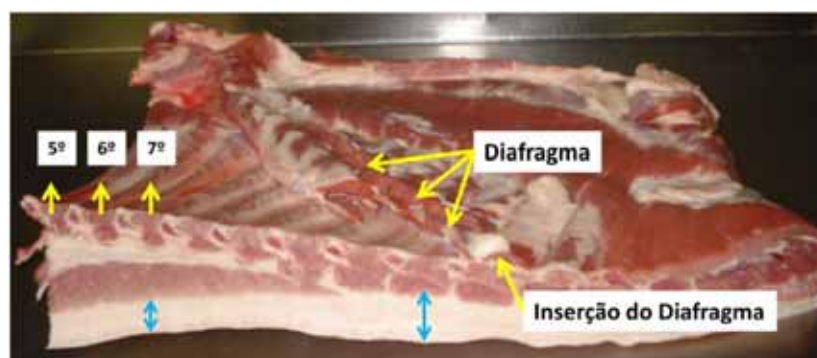
Figura 3.6 – Localização dos pontos de medidas para a determinação da espessura da barriga



### 3.2.2. Análise de Espessura do Toucinho

A determinação de espessura do toucinho foi realizada logo após o descongelamento das barrigas a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (24 horas) por meio da metodologia comercial sugerida pela empresa Elanco do Brasil. A espessura do toucinho foi obtida utilizando um paquímetro, medindo-se em dois pontos distintos, o primeiro ponto de medida na altura do 7º espaço intercostal e o segundo ponto de medida no espaço intercostal anterior a inserção do diafragma (Figura 3.7), a partir de quatro barrigas de cada tratamento.

Figura 3.7 – Localização dos pontos de medidas para a determinação da espessura do toucinho



### 3.2.3 Análise da Composição Centesimal

O teor de proteína foi analisado por meio da metodologia Kjeldahl utilizando o fator de conversão 6,25 (AOAC, 2005). A extração da gordura foi realizada em equipamento Soxhlet com éter de petróleo. A umidade foi

determinada pelo método de secagem em estufa a 105°C até peso constante, o teor de cinzas foi determinado pelo método de incineração em mufla a 550°C (AOAC, 2005) e o teor de carboidrato foi calculado por diferença. Uma barriga proveniente de cada tratamento foi homogeneizada e amostras em triplicata foram analisadas.

### 3.2.4 Análises de pH e Cor Objetiva da Barriga

A cor objetiva e o pH das barrigas foram medidos logo após descongelamento a  $4 \pm 1$  °C (24 horas). A cor (da carne e da gordura) foi obtida de quatro medidas em pontos específicos pré-determinados na superfície de cinco fatias de cada tratamento. A avaliação da cor, sistema CIELab\*, foi realizada utilizando colorímetro Minolta (modelo CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., New Jersey, EUA), com iluminante D65 e ângulo de 10° calibrado com padrão branco, avaliando os parâmetros L\* (claridade ou luminosidade), a\* (vermelho-verde) e b\* (amarelo-azul). Os valores finais para cada parâmetros (L\*, a\* e b\*) foram expressos como média das quatro medidas. O pH foi determinado utilizando um pHmetro de punção direta Hanna Instrumentos (modelo HI99163, Woonsocket, EUA) calibrado em pH 4,0 e 7,0. Os valores foram obtidos a partir de quatro medições de fatias de quatro barrigas provenientes de cada tratamento, com os valores finais de pH expressos como média.

### 3.2.5 Análise do Perfil de Ácidos Graxos

As amostras de gordura (tecido adiposo subcutâneo), coletadas a partir de três barrigas de cada tratamento foram descongeladas a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (24 horas), contendo as três camadas de gordura formadas durante o crescimento do animal (entre a 6° e 7° costela, Figura 3.7) foram cuidadosamente removidas para análise de ácidos graxos. As amostras foram homogeneizadas com hexano e solução de KCl 0,72%, submetidas a metilação e removida e seca sob gás  $\text{N}_2$ . Ésteres metílicos de ácidos graxos foram preparados para uso subsequente em cromatografia gasosa de acordo com a metodologia de Hartman e Lago (1973). As amostras de gordura foram analisadas em cromatógrafo gasoso equipado com coluna capilar BPX-70 (70% cyanopropyl polysilphenylene-siloxane) com dimensões de 60 m  $\times$  0,32 mm de diâmetro interno em fase estacionária sílica-base com espessura do filme de 0,25  $\mu\text{m}$ . A temperatura do forno em  $210^\circ\text{C}$ , temperatura de injeção a  $230^\circ\text{C}$  e do detector a  $260^\circ\text{C}$ . As identificações dos picos foram verificadas por comparação com os tempos de retenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos padrões. O perfil dos ácidos graxos foi determinado pela determinação da concentração de cada ácido graxo utilizando a Equação 1. O valor de iodo (IV) dos ácidos graxos foi analisado aplicando a Equação 2, conforme normativa AOCS (1998).

$$C_{ag} = \frac{(\%A_{ag})(L)(FC)}{100} \quad (1)$$

onde:

$C_{ag}$  = concentração em g ácido graxo/ 100 g amostra

$\%A_{ag}$  = % de área do pico do ácido graxo

L = Teor de lipídios da amostra em g/100 g

FC = Fator de conversão de gordura para os ácidos graxos (0,956)

$$IV = (0,95)(C16 :1) + (0,86)(C18 :1n9) + (1,732)(C18 : 2n6) + (2,616)(C18 : 3n3) + (9,785)(C20 :1) + (0,785)(C22 :1) \quad (2)$$

onde:

IV = Valor de Iodo

C16:1 = Ácido Palmitoleico

C18:1n9 = Ácido Oleico

C18:2n6 = Ácido Linoleico

C18:3n3 = Ácido Linolênico

C20:1 = Ácido Gadoleico

C22:1 = Ácido Erúcico

### 3.3 Processamento do Bacon

Quatro barrigas de cada tratamento foram transportadas para o Frigorífico Frigor Hans Indústria e Comércio de Carnes Ltda (SIF 004), em Jundiaí, SP, onde foram descongeladas ( $4 \pm 1$  °C) por 24 h. As barrigas foram pesadas antes e após a cura seca, realizada com NaCl, NaNO<sub>2</sub> e alho por 72 h. As barrigas foram penduradas em ganchos, cozidas e defumadas até atingirem temperatura interna de  $71 \pm 1$  °C de acordo com o protocolo comercial da planta industrial. As peças de bacon foram lavadas com água por 10 minutos e secas durante a noite para resfriamento até atingir temperatura de  $2 \pm 1$  °C, como mostra a Figura 3.8.

### 3.3.1. Rendimento e Qualidade do Bacon Produzido

#### 3.3.1.1 Análise do Rendimento na Salga das Barrigas

As barrigas foram pesadas antes e após o processamento da cura seca com NaCl, NaNO<sub>2</sub> e alho por 72 h para a avaliação da absorção no processo da salga, conforme Equação 3.

$$\text{Rendimento na salga} = \frac{\text{peso do bacon após salga seca}}{\text{peso da barriga fresca}} 100 \quad (3)$$

#### 3.3.1.2. Análise do Rendimento do Bacon

As peças de bacon resfriadas foram pesadas para determinar o rendimento do processo pela diferença de peso da barriga fresca seguindo a Equação 4.

$$\text{Rendimento do bacon} = \frac{\text{peso do bacon}}{\text{peso da barriga fresca}} 100 \quad (4)$$

Após pesagens, as peças de bacon foram cortadas em três partes: frontal, medial e caudal, e embaladas a vácuo, devidamente identificadas e armazenadas a temperatura de 10 ±1 °C.



Figura 3.8 – Barrigas descongeladas (a); salga seca (b); pendura das barrigas (c) e bacon após cozimento, defumação e lavagem (d)



(a)



(b)



(c)



(d)

### 3.3.2. Determinação da Percentagem de Carne Magra e Percentagem de Gordura no Bacon

As peças de bacon foram fatiadas com espessura de 1,30 cm aproximadamente, das partes frontal, medial e caudal, embaladas a vácuo e armazenadas a  $2 \pm 1$  °C. Foram obtidas digitalmente imagens das três fatias de três peças de bacon provenientes de cada tratamento e as imagens analisadas utilizando Adobe Photoshop CS4 extended (SCRAMLIN et al., 2008). As imagens foram avaliadas em computador usando a ferramenta laço magnético para delinear a área total, área de carne primária, área de carne secundária, percentual de carne e percentual de gordura (Figura 3.9).

Figura 3.9 – Imagem inicial e imagem digitalmente processada da fatia do bacon



### 3.3.3 Análise da Perda por Cocção

Três fatias de bacon (cerca de 1,30 cm de espessura), das partes frontal, medial e caudal, de três peças de bacon provenientes de cada tratamento, totalizando nove replicatas, foram pesadas e cozidas em um grill elétrico (Modelo GBZ31SB, George Foreman Grill) conforme metodologia de Rentfrow et al. (2003). As fatias foram colocadas em grelha

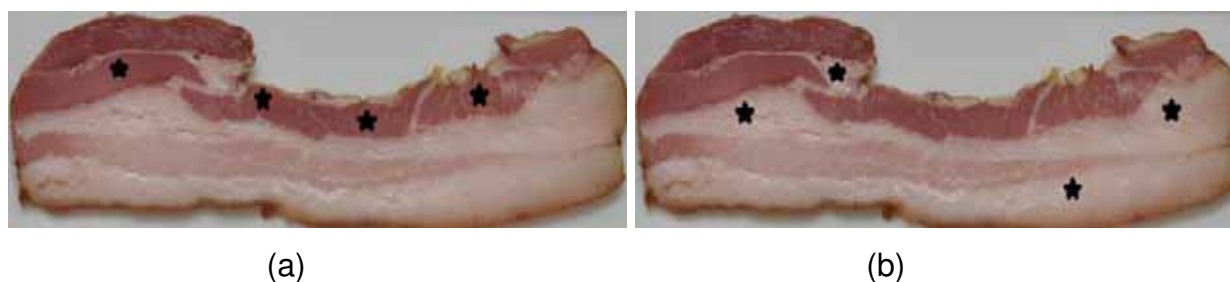
pré-aquecida a 180°C por 10 minutos. Após cocção as fatias de bacon foram colocadas sobre papel toalha durante 10 minutos para remover o excesso de gordura e pesadas novamente. A perda por cocção foi calculada pela Equação 5.

$$\text{Perda por cocção} = \frac{(\text{peso da fatia crua} - \text{peso da fatia cozida})}{\text{peso da fatia crua}} 100 \quad (5)$$

### 3.3.4. Análises de pH, Cor Objetiva e Oxidação Lipídica do Bacon

A cor objetiva e o pH das peças de bacon foram obtidas utilizando as mesmas metodologias utilizadas para a medição das barrigas a partir de quatro medidas em pontos específicos pré-determinados na superfície de três fatias de três peças de bacon, provenientes de cada tratamento, como mostra a Figura 3.10. A avaliação da cor (da carne e da gordura), pH e oxidação lipídica foram medidos no primeiro dia e 30 dias após o processamento do bacon. A oxidação lipídica foi analisada por medição do valor do ácido tiobarbitúrico, expresso em mg de malonaldeído/kg de amostra, de acordo com Vyncke et al. (1970), em triplicata para cada tratamento (uma peça de bacon).

Figura 3.10. Pontos (★) pré-determinados para medição de cor objetiva: (a) cor da carne e (b) cor da gordura do bacon



### **3.4. Análises Microbiológicas**

Previamente à análise sensorial de sabor do bacon, foram realizadas as análises microbiológicas conforme RDC nº 12 (ANVISA, 2001), preconizadas pela Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003), compreendendo contagem de bactérias lácticas, bolores e leveduras, *Enterobactérias*, *Staphylococcus aureus* e pesquisa de *Salmonella sp.*

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Centro de Tecnologia de Carnes (CTC), Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em Campinas, SP. Os resultados das análises microbiológicas (Apêndice 3) apresentaram alto índice de crescimento microbiológico e, portanto não foi autorizada a realização da análise de sabor por se tratar de um alimento que pode ser consumido somente com ligeiro aquecimento posterior a fabricação.

### **3.5. Análise Sensorial**

A análise sensorial foi realizada em cabine móvel (Figura 3.11) num período de quatro dias junto a consumidores em termos da capacidade de percepção de aroma ou aparência para análise do bacon, em um hipermercado de grande circulação na cidade de Campinas, SP. Foi solicitado aos consumidores que preenchessem um questionário para caracterizar o perfil dos participantes, segundo o Critério de Classificação Econômica Brasil (ABEP, 2012), juntamente com um Termo de Consentimento de Participação Voluntária (Apêndice 4).

Cento e sessenta e quatro consumidores foram selecionados aleatoriamente, com cotas de gênero (48% homens e 52% mulheres) e idade (de 15 a 45 anos). Cada consumidor avaliou três amostras de três diferentes tratamentos. Por conseguinte, cada tratamento foi avaliado quarenta e uma vezes. Amostras, marcadas com números aleatórios de três dígitos, foram servidas aos consumidores de uma forma monádica e em diferentes ordens seguindo um delineamento em blocos incompletos (Apêndice 5). As amostras foram cortadas em fatias de 0,5 mm e aquecidas em forno micro-ondas por 1 minuto até atingir temperatura de  $40 \pm 1^\circ\text{C}$ , e os consumidores foram orientados a cheirar o bacon mantido em copinhos descartáveis brancos e selados com folha de alumínio para avaliar o aroma. Após a avaliação do aroma, os consumidores foram orientados a avaliar a aparência do bacon apresentados em fatias cruas embaladas a vácuo. Os julgamentos foram assinalados individualmente para cada amostra para o aroma e a aparência, utilizando uma escala hedônica de 9 pontos codificada: desgostei muitíssimo (1); desgostei bastante (2); desgostei moderadamente (3); desgostei pouco (4); nem gostei nem desgostei (5); gostei pouco (6); gostei moderadamente (7); gostei bastante (8); gostei muitíssimo (9). Os consumidores também avaliaram a intenção de compra para cada amostra em uma escala de cinco pontos [certamente compraria (1); provavelmente compraria (2); talvez compraria/talvez não compraria (3); provavelmente não compraria (4); certamente não compraria (5)].

### **3.6. Análises Estatísticas**

Para a avaliação dos resultados das análises das características da barriga e da qualidade do bacon, considerou-se um delineamento em blocos inteiramente casualizados em um arranjo fatorial 2x3. O modelo

estatístico incluiu os principais efeitos da adição de dois níveis de ractopamina na dieta (0,0 vs 7,5 ppm) e três gêneros (fêmea vs macho castrado vs macho imunocastrado), além da interação dupla entre os efeitos principais (ractopamina vs gênero), em um arranjo fatorial em blocos das duas linhagens genéticas sob condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate, nas duas granjas Água Branca e Bressiani. Em caso de efeitos significativos ( $P < 0,05$ ), utilizando ANOVA, procedeu-se o teste de Tukey para comparação múltipla das médias. As análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando o software Statistica 7 (STATSOFT, 2004).

Figura 3.11 – Cabine individual móvel utilizada para a análise sensorial do bacon



### 3.7. Referências Bibliográficas

ABEP. Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Disponível em: <<http://aberp.org.br>> Acesso em 10 de julho 2012.

ANVISA. Resolução – RDC n° 12, de 2 de janeiro de 2001. Disponível em <[www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm)>. Acesso em 10 de julho de 2010.

AOAC. Official Methods of Analysis. 18<sup>th</sup> Edition ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA, 2005.

AOCS. Recommended practice Cd 1c-85. In Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, (5th ed.). American Oil Chemists Society, Champaign, Il, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. (Aprovado pelo decreto n°30.691 de 29 de março de 1952, modificado pelo decreto n°1.255 de 25 de junho de 1962, 1.236 de 02 de setembro de 1994, n°1.812 de 08 de fevereiro de 1996 e n°2.244 de 05 de junho de 1997). Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. DIPOA – MAPA, Brasília-DF, p.241, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Instrução Normativa. n.3, de janeiro 17, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n° 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Brasília, 2003.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, v.22, n.8, p.475-481, 1973.

RENTFROW, G.; SAUBERB, T. E.; ALLEEA, G. L.; BERGA, E. P. The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Science*, v.64, n.4, p.459-466, 2003.

SCRAMLIN, S. M.; CARR, S. N.; PARKS, C. W.; FERNANDEZ-DUEÑAS, D. M.; LEICK, C. M.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. *Meat Science*, v.80, n.4, p.1218-1221, 2008.

STATSOFT, Inc. STATISTICA Data Analysis Software System, versão 7. Tulsa, OK, USA, 2004.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Seifen Anstrichmittel*, Hamburg, v.72, p.1084-1087, 1970.



## **CAPITULO 4**

### **EFFECTS OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE AND IMMUNOLOGICAL CASTRATION IN PIGS. PART 1: FRESH BELLY CHARACTERISTICS FOR BACON PROCESSING**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação na revista *Meat Science*

## EFFECTS OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE AND IMMUNOLOGICAL CASTRATION IN PIGS. PART 1: FRESH BELLY CHARACTERISTICS FOR BACON PROCESSING

L.C.C. Silva<sup>a</sup>, R. Darros-Barbosa<sup>a</sup>, D.D. Boler<sup>b</sup>, E.T.F. Silveira<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Food Engineering and Technology, São Paulo State University, São José do Rio Preto, SP, Brazil

<sup>b</sup>Department of Animal Sciences, University of Illinois at Urbana-Champaign, 205 Meat Science Lab, 1503 S. Maryland Drive, Urbana, IL 61801, USA

<sup>c</sup>Meat Technology Centre, Institute of Food Technology, Campinas, SP, Brazil

\*Corresponding author: leticiacos12@gmail.com. Pedro Goes, 3450 15035-170, São José do Rio Preto, SP, Brazil. (55)17-996092932

### **Abstract:**

The effects of ractopamine in the diet and immunological castration on belly characteristics and bacon quality were investigated from two crossbred pigs under different conditions of animal production, diet, management and slaughter arranged in factorial design using 2 ractopamine levels (0 and 7.5 ppm) and 3 genders (barrows, immunocastrated and gilts). Before processing, belly dimension, firmness, weight, length, width and thickness were measured. After processing, bacon slices were digitally imaged and analyzed for lean meat and fat areas. The addition of ractopamine did not alter belly characteristics, but significantly increased the process yield. Animals from Bressiani presented heavier bellies with higher lengths and widths and bacon slices with lower fat content and higher primary meat area. Barrows and immunocastrated pigs showed firmer bellies, which could be an advantage for bacon processing and slicing. Barrows presented the highest total area of bacon slices. The results of this study indicate that the ractopamine in the diet and immunocastration of pigs had little influence on belly characteristics and on bacon quality.

**Keywords:** Bacon; Belly characteristics; Digital imaging; Immunological castration; Ractopamine hydrochloride

#### 4.1. Introduction

Physical castration is a common practice used in several parts of the world to reduce the occurrence of boar taint in male pigs. Boar taint is mainly caused by high concentrations of androstenone, skatole and/or indole in the adipose tissue (Vold, 1970, cited by Font i Furnols et al., 2008). However, physical castration of young male piglets without anesthesia is prohibited in several European countries such as Switzerland, Sweden, The Netherlands, Belgium, Denmark and Germany. An alternative to physical castration, immunological castration is gaining popularity in the Brazilian pork industry. Immunological castration is a technique used to induce the pig's body to produce antibodies against gonadotropin releasing factor (GnRF). This causes a cascade of events that stops testosterone production and ultimately leads to the elimination of boar taint compounds (Hardy & Braid, 2007; Fayrer-Hosken, 2008) and is just as effective as physical castration at protecting against boar taint (Dunshea et al., 2001). Additionally, immunologically castrated pigs have greater feed conversion rates (Dunshea et al., 2012), increased carcass leanness (Jaros et al., 2005; Fuchs et al., 2009; Pauly et al., 2009) and greater carcass cutability (Boler et al., 2011a) than physically castrated males. On the other hand, bellies from immunologically castrated males are thinner (Boler et al., 2011b) and have a greater polyunsaturated fatty acid (PUFA) concentrations (Pauly et al., 2009; Boler et al., 2012) than bellies from physically castrated barrows males.

Ractopamine hydrochloride is a repartitioning agents, orally administered (dietary)  $\beta$ -adrenergic agonist that improves growth (Apple et al., 2007) and increases carcass cutability (Bohrer et al., 2012), but does not affect lean meat quality characteristics (Athayde et al., 2012) of finishing pigs. At the same time, ractopamine decreases saturated fatty acid concentration (Wiegand et al., 2011; Pompeu et al., 2012; Tavárez et al., 2012), increases polyunsaturated fatty acid (PUFA) concentration, (Carr et

al., 2005b), increases iodine values of various fat deposits by about 1.9 units (Bohrer et al., 2012), and ractopamine does not negatively affect belly characteristics such as length, width, thickness, flop distance (Scramlin et al., 2008; Leick et al., 2010), belly proportion as it relates to chilled carcass side weight (Carr et al., 2005a; Scramlin et al., 2008), or processing yields (Leick et al., 2010).

Although much is known about the effects of ractopamine on growth and carcass characteristics and new information continues to become available for immunological castration, little is known about the interactive effects between the two technologies. One available study reported a 9% improvement in feed efficiency, a 5.8% unit increase in carcass lean, and a 37% decrease in belly fat in immunological castration fed ractopamine in a step-up feed program when compared with immunological castration not fed ractopamine (Rikard-Bell et al., 2009). Still, little is known about fresh belly and processing characteristics of immunological castration fed ractopamine. Therefore, the objective of this study was to determine the effects of ractopamine hydrochloride on fresh belly characteristics and bacon quality of immunologically castrated males originated from two different genetic lines of crossbred pigs under different conditions of animal production, diet, management and slaughter.

## **4.2. Materials and Methods**

### **4.2.1. Animals and Treatments**

All procedures involving live animals in this study were approved by the Animal and Use Committees at University of Campinas, Brazil, considering that the slaughter was carried out following modifications from the commonly used industry procedures, in order to improve pig welfare under commercial conditions (Brazil, 2000).

The experimental study started with 310 pigs (95 gilts, 107 immunocastrates and 108 barrows) crossbred pigs housed in mixed-sex pens of approximately 20 pigs per pen, weighing on average of 108–129 kg. Pigs were from two commercially available genetic lines. The first line was “Topigs, Large White x Landrace x Duroc” (202) in Agua Branca farm, located in Fartura, SP. The second cross was “Agroceres PIC, Duroc x Landrace x Pietran” (108) in Bressiani farm, located in Capivari, SP.

The factorial arrangement applied was as follows: 2 dietary ractopamine levels 0 and 7.5 ppm (Ractosuin<sup>®</sup>, Ourofino Agribusiness) and 3 genders (physically castrated males, immunologically castrated males and gilts) of animals blocked into two different farms (Água Branca and Bressiani) of two different genetic crossbred pigs under different conditions of production (management, nutrient intake, environment) and slaughter. Animals were randomly placed in different pens with approximately 20 pigs each. Ractopamine was administered during 21 days before slaughter in conventional diet based on corn and soybean formulated with 16% protein and 0.91% lysine. Within each sex group, animals were allocated to get different levels of dietary ractopamine, to be immunocastrated (Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health, doses at 8 and 4 weeks before slaughter) and physically castrated male (performed in piglets aged 3 to 5 days).

#### 4.2.2. Slaughter and Carcass Cut-Out Analysis

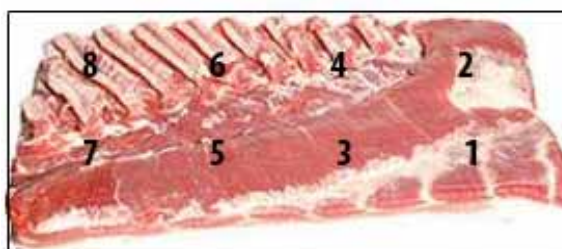
The animals were transported to an abattoir and slaughtered 12 h after arrival, as required by the Brazilian Federal Inspection (Brazil, 2000) the slaughter of animals occurred according to the Regulation of the Industrial and Sanitary Inspection of Animal Products (Brazil, 1997) and followed the regular production flow of the plant. At 24 h post mortem, using the Hennessy Grading Probe<sup>®</sup> (Hennessy Grading Systems GP4/BP4, DIDAI), hot half carcasses were evaluated by weight ranging from 46 to 51 kg, fat thickness from 15 to 20 mm and muscle thickness from 64 to 68 mm,

respectively from the two commercial farms. Sixty bellies were selected (five from each treatment) weighed whole, without spareribs, and trimmed due to Brazilian standards specifications, and transported in a refrigerated vehicle to the Institute of Food Technology, Campinas, Brazil, for fresh belly characteristics evaluations (length, width, thickness, weight and firmness).

#### 4.2.3. Fresh Belly Characteristics

Belly length and width were measured into 3 rows (back, middle and front end) from caudal to cranial. Belly firmness was determined by a non-direct measurement, placing the belly skin side down on a 7.6 cm diameter polyvinyl chloride (PVC) rod, and measuring the distance (cm) from each edge (Rentfrow et al., 2003). Thickness was measured using a sharp micrometer instrument with the skin side down at eight different locations (Figure 4.1). After measurements, the fresh bellies were identified, vacuum-packaged, boxed, and frozen at  $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$  for later processing. Then, the fresh bellies were transported to a commercial processing facility for further processing in an industrial plant.

Figure 4.1 - Belly thickness measurements taken at eight points.



#### 4.2.3. Bacon Processing and Measurements

Bellies were transported to an industrial plant where they were thawed ( $4 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) for 24 h. The bellies were weighed before (green weight) and after dry curing with NaCl,  $\text{NaNO}_2$  and garlic for 72 h to evaluate

process uptake (dry curing yield %). Bellies were hung in a smokehouse rack, and cooked to an internal temperature of  $71 \pm 1$  °C according to the plant commercial protocol. Bacon was water washed for 10 min, drip dried for 15 min, and then chilled overnight at  $2 \pm 1$  °C. Next morning, each bacon was weighed to determine process yield (4 replications) using Equation 1.

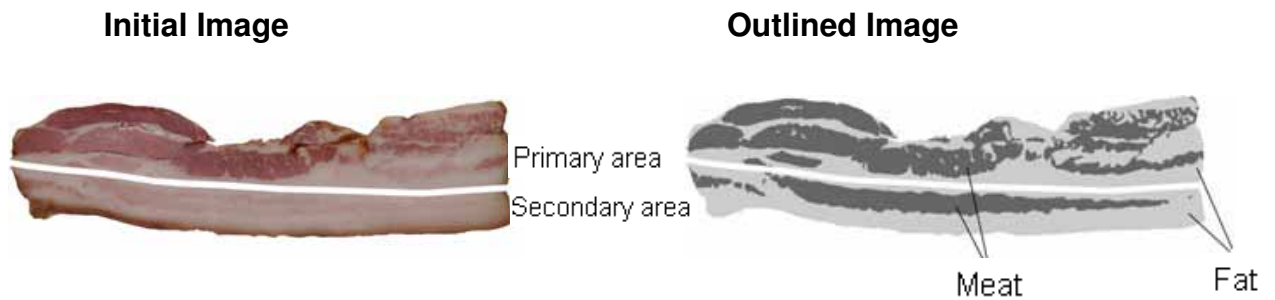
$$\text{Process Yield} = \frac{\text{cooked weight}}{\text{green weight}} 100 \quad (1)$$

Each bacon was then cut at back, middle and front end. At each location a 1.30 cm slice was removed, vacuum packaged, and stored at 2°C. Slices were digitally imaged and pictures were analyzed using Adobe Photoshop CS4 extended (Scramlin et al., 2008). The images were analyzed using the magnetic lasso tool to outline the primary and secondary lean meat area and the total area (Figure 4.2). The results were expressed as total area (cm<sup>2</sup>) of bacon slice, primary and secondary lean meat areas (cm<sup>2</sup>), percentage of meat area and percentage of fat area.

### 4.3. Statistical Analysis

For belly characteristics and bacon quality, a randomized factorial 2x3 block design was used. The statistical model included the main effects of adding two dietary ractopamine levels (0 vs 7.5 ppm) and the three genders (barrows vs immunocastrated vs gilts) besides interaction between main effects (ractopamine and gender), in blocks of two different genetics and conditions of production and slaughter from the farms Agua Branca and Bressiani. In case of significant interactions ( $P < 0.05$ ) in ANOVA analysis, it was proceeded the *Tukey* test for multiple comparison of means. Statistical data analysis were carried out using Statistica 7 (StartSoft, 2004).

Figure 4.2 - Diagram of initial bacon slice image and outlined image.



#### 4.4. Results

Table 4.1 presents the analysis of variance for the belly characteristics and processing yields. There was a significant effect ( $P < 0.05$ ) due to gender for dry curing yield, firmness, thickness and weight, and due to ractopamine for dry curing and process yields. There was no interaction ( $P > 0.05$ ) between ractopamine and gender. Comparisons among means are shown in Tables 4.2, 4.3 and 4.4.

Ractopamine level as affected of process yield is depicted in Table 4.2. The addition of ractopamine did not alter ( $P > 0.05$ ) length, width, firmness, thickness and belly weight, however, ractopamine increased significantly ( $P < 0.05$ ) dry curing yield and the process yield to about 1.5% compared to pigs with no dietary ractopamine, with benefits to the bacon industry. Similar results were reported by Scramlin et al. (2008), who studied pigs with different dietary ractopamine levels, where no differences were observed in average belly thickness, length, weight and firmness between the control and ractopamine (7.4 ppm) group.



Table 4.1. Results of the analysis of variance for belly characteristics and processing yields

	Firmness (cm)	Length (cm)	Width (cm)	Thickness (cm)	Belly weight (Kg)	Dry curing yield (%)	Process yield (%)
Gender x Ractopamine	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Gender	*	ns	ns	*	*	*	ns
Ractopamine	ns	ns	ns	ns	ns	*	*
Genetic/Conditions	*	*	*	ns	*	*	ns
CV (%) <sup>†</sup>	26.6	7.29	7.91	9.52	17.8	0.72	2.62

(\*) Values differ from each other at 5 % significance level

(ns) Values do not differ at 5 % significance level, represented by "ns" (non-significant)

<sup>†</sup> CV - Coefficient of variation (100 x Standard deviation/ mean)

In the same study, belly yield during processing showed no differences ( $P > 0.05$ ), which might be due to the processing method used, where curing was carried out with the injection of brine at approximately 110% of the original green weight. Similarly, other results reported by Leick et al. (2010) and Stites et al. (1991), showed no impact of ractopamine (at 5 or 10 ppm) on belly length, width and thickness, as well as no impact on firmness. Carr et al. (2005a) reported that feeding diets with 10 or 20 ppm of ractopamine had no effect on belly firmness. These authors reported that higher belly firmness indicates a firmer, higher-quality belly.

Table 4.2. Belly characteristics and processing yield as a function of ractopamine levels

	Ractopamine (ppm)		SEM
	0.0	7.5	
Dry curing yield (%)	100.6 <sup>B</sup>	101.1 <sup>A</sup>	0.141
Process yield (%)	82.44 <sup>B</sup>	83.68 <sup>A</sup>	0.430

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for ractopamine levels

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

Uttaro et al. (1993) reported no interaction effect (gender and ractopamine) on process yield ( $P > 0.05$ ) in barrows and gilts fed with 20 ppm of ractopamine compared to pigs not fed with repartitioning agents. Scramlin et al. (2008), in a study of ractopamine on diets observed a trend in reducing the positive effects of ractopamine on bacon and belly quality as the level increases from 5 to 7.4 ppm. This may result from either saturation of the  $\beta$ -agonist receptors or a decrease in receptor density due to down regulations, thereby reducing the impact of the ractopamine on diet.

The differences obtained in the belly process yield of the pigs (Table 4.2) that received dietary ractopamine showed possibly effect to retain exudate with observed results of loss cooking by Silva et al. (2015). There is also a major concern in the use of repartitioning agents since the belly may possibly become thinner and consequently reducing process yield (Crome et al., 1996). The current data obtained showed a positive effect on process yield without requiring an increase in belly thickness which would be beneficial to the bacon industry. According to Stites et al. (1991) and Cantarelli et al. (2008), besides the process yield issue, other concern relates to the firmness, by which less firm bellies can be difficult for processing, especially in bacon slicing.

The influence of gender on belly characteristics is a concern since it was observed a significant effect at 5% level of significance on firmness, thickness, belly weight and dry curing yield (Table 4.3). Barrow pigs had greater firmness and dry curing yield ( $P < 0.05$ ) compared to gilts, and barrows pigs also showed heavier boneless bellies compared to gilts and immunocastrated pigs. However, no significant difference was found due to immunological castration comparing to barrows and gilts on firmness and dry curing yield, even though, thickness was affected ( $P > 0.05$ ).

Scramlin et al. (2008) in a study with 5 and 7.4 ppm of ractopamine observed a significant effect ( $P < 0.05$ ) of gender (gilts and barrows) on belly characteristics. Similarly to this study, barrow had greater firmness,

making them more favorable for bacon slicing. They found no significant differences ( $P > 0.05$ ) on thickness, length and process yield.

Table 4.3. Belly characteristics and processing yield as a function of gender

	Gender			SEM
	Gilt	Barrow	Immunocastrated	
Firmness (cm)	11.59 <sup>B</sup>	14.61 <sup>A</sup>	13.59 <sup>AB</sup>	0.798
Thickness (cm)	3.454 <sup>AB</sup>	3.668 <sup>A</sup>	3.396 <sup>B</sup>	0.075
Belly weight (Kg)	3.647 <sup>B</sup>	4.332 <sup>A</sup>	3.884 <sup>B</sup>	0.145
Dry curing yield (%)	100.1 <sup>B</sup>	101.7 <sup>A</sup>	100.4 <sup>AB</sup>	0.175

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for gender

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ ), where S = standard deviation; n = number of replicates)

Accordingly, Rikard-Bell et al. (2009) also found no difference ( $P > 0.05$ ) in gilts and immunocastrated pig bellies weight fed with different ractopamine levels (0 ppm for one treatment and 2 combination of 5 and 10 ppm for the other treatment). Similar results were reported by Uttaro et al. (1993), studying gender (barrows and gilts) with different dietary ractopamine levels (0 and 10 ppm) in pigs. The authors also observed increased belly weight and thickness of barrows compared to gilts, regardless of ractopamine level.

The influence of genetic and the condition of production and slaughter on belly characteristics was showed by the results on length, width, firmness, weight and dry curing yield ( $P < 0.05$ ) (Tables 4.1 and 4.4). Previous research by Brewer et al. (1995) has connected belly weight with thickness, which was not observed in the present study. Animals from Agua Branca (genetic Topigs) seem to have a positive influence on the majority of belly characteristics (firmness and dry curing yield) compared to farm Bressiani (genetic Agroceres PIC), suggesting those bellies would be more desirable for bacon slicing. Apparently, higher quality bellies may have

occurred because the Agroceres PIC animals have high immunological resistance and the genetic Topigs turns out to produce high meat quality (Fuller et al., 1995).

In contrast with the results obtained in this study, Maw et al. (2001) reported in their study with different genotypes of pigs, on which crossbreds Large White x Landrace showed favorable results on bacon quality, and that factors such as breed type (genotype) and environmental conditions are difficult to reproduce consistently under experimental conditions which may influence the results.

Table 4.4. Belly characteristics and processing yield as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter

	Genetic/Conditions		SEM
	Agua Branca	Bressiani	
Firmness (cm)	14.65 <sup>A</sup>	11.35 <sup>B</sup>	0.612
Length (cm)	35.83 <sup>B</sup>	38.44 <sup>A</sup>	0.487
Width (cm)	24.08 <sup>B</sup>	26.84 <sup>A</sup>	0.295
Belly weight (kg)	3.637 <sup>B</sup>	4.270 <sup>A</sup>	0.114
Dry curing yield (%)	101.8 <sup>A</sup>	100.0 <sup>B</sup>	0.126

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for genetic/ conditions

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

The results for interactions between gender and ractopamine showed no significant differences ( $P > 0.05$ ) to belly characteristics and processing yields.

Table 4.5 presents the analysis of variance for bacon quality parameters, determined using digitally imaged data. There was a significant effect ( $P < 0.05$ ) due to gender on total area. No interaction was found between gender and ractopamine ( $P < 0.05$ ). Comparisons between means are shown on Tables 4.6 and 4.7.

Results showed by Bark et al. (1992), evaluating two different genetics, representing genotypes with a low and high capacity for lean tissue, with 20 ppm ractopamine on the diet of pigs, for which ractopamine increased the amount of carcass muscle in both genotypes. They concluded that ractopamine has a better capacity for lean meat and tissue growth compared to the other genetic that has low growth capacity of lean tissue, however, this mechanism is not totally clarified yet, in a way that different responses can be obtained, depending on the genetics.

Table 4.5. Results of the analysis of variance for bacon quality parameters

	Primary lean meat area (cm <sup>2</sup> )	Secondary lean meat area (cm <sup>2</sup> )	Total area of slice (cm <sup>2</sup> )	Meat area (%)	Fat area (%)
Gender x Ractopamine	ns	ns	ns	ns	ns
Gender	ns	ns	*	ns	ns
Ractopamine	ns	ns	ns	ns	ns
Genetic/Conditions	*	ns	*	*	*
CV (%) <sup>1</sup>	19.1	28.0	14.7	11.3	9.64

(\*) Values differ from each other at 5 % significance level

(ns) Values do not differ at 5 % significance level, represented by "ns" (not significant)

<sup>1</sup> CV - Coefficient of variation (100 x Standard deviation/ mean)

Sillence (2004) reported an anabolic effect for this diet additive, ractopamine, which is more selective for muscle cells than to a possible catabolic action in adipose cells, since the tissue has small concentration of  $\beta$ 3-adrenergic receptors, specifically those related to lipid catabolism.

A research conducted by Scramlin et al. (2008) using digital imaging to determine secondary lean meat area, showed significant difference ( $P < 0.05$ ) for pigs fed with ractopamine (7.4 ppm) compared to the control.

The gender effect on bacon quality parameters can be seen in Table 4.6. Total area of slice was the only significant difference response ( $P < 0.05$ ). Immunocastrated and gilts had the lowest area of slice compared to barrows, which also had heavier bellies (Table 4.3). Scramlin et al. (2008), found different results, on which an increase in meat area and secondary lean meat area of bacon slice were observed from gilts, even though genetic were not the same.

Table 4.6. Quality parameters of bacon as a function of gender

	Gender			SEM
	Gilt	Barrow	Immunocastrated	
Total area of slice (cm <sup>2</sup> )	89.34 <sup>B</sup>	99.23 <sup>A</sup>	89.03 <sup>B</sup>	2.163

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for gender

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

The genetic and conditions of production and slaughter showed significant effect on total area, primary lean meat area, and meat and fat contents of sliced bacon (Table 4.5). Animals from Bressiani (Agroceres PIC) showed higher lean meat and lower fat percent than bacon slices from Agua Branca pigs (Table 4.7). According to Fuller et al. (1995), the Pietrain breed animals have higher bellies weight and lower fat percent, which explains the largest primary lean meat area, highest meat percent and the lowest fat percent on bacon slice from Agroceres PIC crossed with Pietrain. The importance of these results of genetic improvement in pigs related to quality meat refers to the consumer preference to bacon slices with higher lean meat content (Jabaay et al., 1976), which has led the pork slaughterhouses and the pork processing industries to emphasize on this demand (Barbut et al., 2008).

Table 4.7. Quality parameters of bacon as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter

	Genetic/Conditions		SEM
	Agua Branca	Bressiani	
Primary lean meat area (cm <sup>2</sup> )	26.24 <sup>B</sup>	31.59 <sup>A</sup>	0.667
Total area of slice (cm <sup>2</sup> )	87.72 <sup>B</sup>	97.63 <sup>A</sup>	1.751
Meat area (%)	44.60 <sup>B</sup>	47.31 <sup>A</sup>	0.697
Fat area (%)	55.39 <sup>A</sup>	52.69 <sup>B</sup>	0.697

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for genetic/ conditions

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

The interaction between gender and ractopamine showed no significant difference ( $P > 0.05$ ) on bacon quality parameters. The same results were obtained for Scramlin et al. (2008), for which there were no interactions for bacon characteristics due to gender and ractopamine levels (0, 5 and 7.4 ppm).

#### 4.5. Conclusions

The results obtained from this study would suggest that ractopamine may improve belly characteristics, increased both dry curing and process yields, not adversely affecting belly thickness, regardless of gender. Barrow and immunocastrated pigs had great belly characteristics (firmness) compared to gilts, with no significant effect on process yield. These results for immunocastrated pigs indicate that it could be an alternative for physical castration and reduce the occurrence of boar taint, which contributes to a high level of stress to the animal. No interaction was found between ractopamine and immunocastration for belly characteristics and bacon quality.

#### 4.6. References

Apple, J. K., Rincker, P. J., McKeith, F. K., Carr, S. N., Armstrong, T. A. & Matzat, P.D. (2007). Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. *The Professional Animal Scientist*, v.23, n.3, p.179-196.

Athayde, N. B., O. A. Dalla Costa, R. O. Roça, A. L. Guidoni, C. B. Ludtke, & G. J. M. M. Lima (2012). Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. *Journal of Animal Science*, v.90, n.12, p.4604-4610.

Barbut, S., Sosnicki, A. A., Lonergan, S. M., Knapp, T., Ciobanu, D. C., Gatcliffe, L. J., Huff-Lonergan, E., & Wilson, E. W. (2008). Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, v.79, p.46–63.

Bark, L. J., Stahly, T. S., Cromwell, G. L., & Miyat, J. (1992). Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3391–3400.

Bohrer, B. M., Kyle, J. M., Boler, D. D., Rincker, P. J., Ritter, M. J. & Carr, S. N. (2012). Review: Meta-analysis of the effects of ractopamine hydrochloride on carcass cutability and primal yields of finishing pigs. *Journal of Animal Science*. DOI: 10.2525/jas.2012-5647.

Boler, D. D., Kutzler, L. W., Meeuwse, D. M., King, V. L., Campion, D. R., McKeith, F. K., & Killefer, J. (2011a). Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. *Journal of Animal Science*, v.89, n.7, p.2189-2199.



Boler, D. D., Clark, D. L., Baer, A. A., Meeuwse, D. M., King, V. L., McKeith, F. K., & Killefer, J. (2011b). Effects of increasing lysine on further processed product characteristics from immunologically castrated male pigs. *Journal of Animal Science*, v.89, n.7, p.2200-2209.

Boler, D. D., Killefer, J., Meeuwse, D. M., King, V. L., McKeith, F. K., & Dilger, A. C. (2012). Effects of slaughter time post-second injection on carcass cutting yields and bacon characteristics of immunologically castrated male pigs. *Journal of Animal Science*, v.90, n.1, p.334-344.

Brazil (1997). Brazilian Secretariat of Agriculture and Livestock. Brazilian National Department of Agricultural Protection. Regulation of Industrial and Sanitary Inspection of Animal Products (Approved by Decree no.30.691 of March 29, 1952, modified by Decrees nos. 1.255 of June 25, 1962, 1.236 of September 02, 1994, no. 1.812 of February 08,1996 and no. 2.244 of June 05, 1997). Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. DIPOA-MAPA, Brasília-DF,p.241.

Brazil (2000). Brazilian Secretariat of Agriculture and Livestock. Stunning Methods Technical Regulation for Humane Slaughter of Meat Animals. Normative Instruction no. 3, of January 17, 2000 (approved by Ministry Ordinance no. 574, of December 8, 1998, process no. 21000.003895/99-17). Ministry of Agriculture, Livestock and Supply.

Brewer, M. S., Stites, C. R., McKeith, F. K., Bechtel, P. J., Novakofski, J. E., & Bruggen, K. A. (1995). Belly thickness effects on the proximate composition, processing, and sensory characteristics of bacon. *Journal of Muscle Foods*, v.6, p.283-296.

Cantarelli, V. S., Zangeronimo, M. G., Almeida, E. C., Wolp, R. C., Pereira, L. M., & Fialho, E. T. (2008). Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. *Acta Scientiarum Animal Science*, v.2, p.165-171.

Carr, S. N., Ivers, D. J., Anderson, D. B., Jones, D. J., Mowrey, D. H., England, M. B., Killefer, J., Rincker, P. J., & McKeith, F. K. (2005a). The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. *Journal of Animal Science*, v.83, p.2886–2893.

Carr, S. N., Rincker, P. J., Killefer, J., Baker, D. H., Ellis, M., & McKeith, F. K. (2005b). Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.83, p.223-230.

Crome, P. K., McKeith, F. K., Carr, T. R., Jones, D. J., Mowrey, D. H., & Cannon, J. E. (1996). Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. *Journal of Animal Science*, v.74, p.709-716.

Dunshea, F. R., Colantoni, C., Howard, K., McCauley, I., Jackson, P. Long, K. A., Lopticki, Nugent, E. A., Simons, J. A., Walker, J. & Hennessy, D. P. (2001). Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. *Journal of Animal Science*, v.79, n.10, p.2524-2535.

Dunshea, F. R., Allison, J. R. D. Bertram, M., Boler, D. D., Brossard, L., Campbell, R., Crane, J. P., Hennessy, D. P., DeLange, C., Ferguson, N., Matzat, P., McKeith, F., Moraes, P., Mullan, B. P., Noblet, J., Quiniou, & Tokach, M. (2012). The effect of immunization on nutrient requirements of male pigs: A review. *Animal*, under review.

Fayrer-Hosken, R. (2008). Controlling animal populations using anti-fertility vaccines. *Reproduction in Domestic Animals*, v.43, p.179-185.

Font i Furnols, M., Gispert, M., Guerrero, L., Velarde, A., Tibau, J., Soler, J., Hortos, M., Garcia-Regueiro, J. A., Pérez, J., Suarez, P., & Oliver, M. A. (2008). Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. *Meat Science*, v.80, p.1013–1018.

Fuchs, T., Nathues, H, Koehrmann, A., Andrews, S., Brock, F. Sudhaus, N., Klein, G., & Grosse Beilage, E. (2009). A comparison of the carcass characteristics of pigs immunized with a 'gonadotropin-releasing factor (GnRF) vaccine against boar taint with physically castrated pigs. *Meat Science*, v.83, n.4, p.702-705.

Fuller, M. F., Franklin, M. F., McWilliam, R., Pennie, K. (1995). The responses of growing pigs, of different Sex and genotype, to dietary energy and protein. *Animal Science*, v.60, p.291-298.

Hardy, C. M., & Braid, A. L. (2007). Vaccines for immunological control of fertility in animals. *Revue Scientifique Et Technique: Office International Des Epizooties*, v.26, p.461–470.

Jabaay, R. W., Forrest, J. C., Aberle, E. D., Courtenay, H. V., & Judge, M. D. (1976). Bacon quality criteria and associated carcass traits. *Journal of Food Science*, v.41, p.431-437.

Jaros, P., Burgi, E., Stark, K. D. C., Claus, R. Hennessy, D., & Thun, R. (2005). Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance, and carcass quality in intact male pigs. *Livestock Production Science*, v,92, n.1, p.31-38.

Leick, C.M., Puls, C.L., Ellis, M., Killefer, J., Carr, T.R., Scramlin, S.M., England, M.B., Gaines, A.M., Wolter, B.F., Carr, S.N., & McKeith, F.K. (2010). Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *Journal of Animal Science*, v.88, n.8, p.2751-2766.

Maw, S. J., Fowler, V. R., Hamilton, M., & Petchey, A. M. (2001). Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon. *Livestock Production Science*, v.68, p.119-130.

Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J. V., Ampuero Kragten, S. & Bee, G. (2009). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac<sup>®</sup>) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. *The Animal Consortium*, v.3, n.7, p.1057-1066.

Pompeu, D., Wiegand, B. R., Evans, H. L., Rickard, J. W., Gerlemann, G. D., Hinson, R. B., Carr, S. N., Ritter, M. J., Boyd, R. D., & Allee, G. L. (2012). Effect of corn dried distillers grains with solubles, conjugated linoleic acid and ractopamine (Paylean) on growth performance and fat characteristics of late finishing pigs. *Journal of Animal Science*. DOI: 10.2527/jas.2012-5257.

Rentfrow, G.; Sauberb, T. E.; Alleea, G. L. & Berga, E. P. (2003) The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Science*, v.64, n.4, p.459-466.

Rikard-Bell, C., Curtis, M. A., van Barneveld, R. J., Mullan, B. P., Edwards, A. C., Gannon, N. J., Henman, D. J., Hughes, P. E., & Dunshea, F. R. (2009). Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, entire boars, and gilts. *Journal of Animal Science*, v.87, n.11, p.3536-3543.

Scramlin, S. M., Carr, S. N., Parks, C. W., Fernandez-Dueñas, D. M., Leick, C. M., McKeith, F. K., & Killefer, J. (2008). Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. *Meat Science*, v.80, n.4, p.1218-1221.

Sillence, M. N. (2004). Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *The Veterinary Journal*, v.167, p.242-257.

Silva, L. C. C., Lucas, D. S., Darros-Barbosa, R., Silveira, E. T. F. (2015). Effects of ractopamine hydrochloride and immunological castration in pigs. Part 2. Physicochemical and sensory quality of bacon. *Meat Science*. Submitted.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Stites, C. R., McKeith, F. K., Singh, S. D., Bechtel, P. J., Mowrey, D. H., & Jones, D. J. (1991). The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, v.69, p.3094–3101.

Tavárez, M. A., Boler, D. D., Carr, S. N., Ritter, M. J., Petry, D. B., Souza, C. M., Killefer, J., McKeith, F. K., & Dilger, A. C. (2012). Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *Journal of Animal Science*. DOI: 10.2527/jas.2012-5392.

Uttaro, B. E., Ball, R. O., Dick, P., Rae, W., Vessie, G., & Jeremiah, L. E. (1993). Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science*, v.71, p.2439-2449.

Vold, E. (1970). Fleischproduktionseigenschaften bei Ebern und Kastraten. IV. Organoleptische und gaschromatografische Untersuchungen wasserdampf-flüchtiger Stoffe des Rückenspeckes von Ebern. *Meldinger fra Norges Landbrukshøgskole*, v.49, p.1–25.

## **CAPITULO 5**

### **EFFECTS OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE AND IMMUNOLOGICAL CASTRATION IN PIGS. PART 2: PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF BACON**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação na revista *Meat Science*

**EFFECTS OF RACTOPAMINE HYDROCHLORIDE AND  
IMMUNOLOGICAL CASTRATION IN PIGS. PART 2:  
PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY QUALITY OF BACON**

Silva, L. C. C.<sup>a</sup>; Lucas, D. S.<sup>b</sup>; Darros-Barbosa, R.<sup>a</sup>; Silveira, E. T. F.<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Department of Food and Engineering Technology, São Paulo State University (UNESP), São José do Rio Preto, SP, Brazil

<sup>b</sup> Department of Food Technology, Federal Fluminense University (UFF), Niterói, RJ, Brazil

<sup>c</sup> Meat Technology Centre, Institute of Food Technology (ITAL), Campinas, SP, Brazil

\*Corresponding author: leticiacos12@gmail.com. Pedro Goes, 3450 15035-170, São José do Rio Preto, SP, Brazil. (55)17-996092932

**Abstract:**

The effect of immunological castration and ractopamine in the diet was evaluated on sensory and quality characteristics of bacon obtained from two crossbred pigs under different conditions of animal production, diet, management and slaughter. The animals were arranged in a factorial design using 2 dietary ractopamine levels, 0 e 7.5 ppm, and 3 genders (barrows, immunocastrated and gilts). Bacon samples were analyzed for pH, instrumental color of meat and fat, lipid oxidation, cooking loss, and sensory quality. Ractopamine had a positive influence by reducing cooking loss of bacon slices. Results for pH, color of meat and fat and lipid oxidation showed no interaction between gender and ractopamine at first day after production. The main factors of ractopamine and immunocastration had only small or no effects on color and pH of bacon. Results for sensory analysis showed a favorable acceptance for appearance and odor of bacon. The results of this study suggest that the gender condition and the addition of ractopamine on diet had no important adverse impact on bacon quality, making these innovative technologies applicable for that purpose.

**Keywords:** Ractopamine hydrochloride; Immunological castration; Bacon; Physicochemical quality; Sensory



## 5.1. Introduction

Ractopamine hydrochloride (RAC) is a  $\beta$ -adrenergic agonist added to finishing diets to improve swine growth performance. It acts as a modifier of animal metabolism, changing the partition of nutrient by diverting and promoting growth and deposition of lean tissue and reducing fat in the carcass of finishing pigs (Apple et al., 2004) and improving carcass quality (Gonzalez et al., 2010). Immunocastration, an alternative to the physical castration, is a technology that has been developed to reduce boar taint compounds in pork by temporary suppression of testicular function through vaccination against gonadotrophin releasing hormone (GnRH) (Pauly et al., 2009). Boar taint affects the acceptability of pork meat by consumers. Studies reported the influence of the sex of pigs, the levels of androstenone or skatole, on the acceptability of pork by consumers and the gender and age of consumers (Font i Furnols et al., 2003; Matthews et al., 2000; Weiler et al., 2000). The effects of immunocastration and ractopamine feeding on pork have been studied showing positive results of these technologies on feed conversion efficiency and quantity of lean meat, which may result in economic benefits (See, Armstrong & Weldon, 2004; Brumatti & Kiefer, 2010). Additionally, ractopamine has been reported to have beneficial or non-detrimental impact on processing characteristics in hams (Boler et al., 2010), belly (Silva et al., 2014; Tavárez et al., 2012); loin and belly (Scramlin et al., 2008) and higher concentration of essential fatty acids as linoleic and linolenic acid (Apple et al., 2004; Tavárez et al., 2012).

Bacon consumption has experienced extensive growth throughout the 1990s. This trend has had an important effect on the pork industry by increasing demand for and value of fresh pork bellies. The genetic potential of commercial swine operations has changed drastically over the last decades in selecting pigs by genotype, by which positive results have been found to reduce fat and increase lean meat in swine carcasses as well as to improve growth rate and efficiency (Robles, 2004; Person et al., 2005).

These changes have resulted in decreasing the thickness of bellies. This is a cause of concern because thicker bellies have been found to have higher processing yields than thinner bellies (Jabaay et al., 1976), which were not related to weight (Stites et al., 1991). However, compositional changes in the pork carcass may indicate a need to change the existing fabrication techniques in order to accommodate leaner pigs.

Few studies have been carried out investigating fresh bellies and its further processed meat products characteristics obtained from immunocastrated and ractopamine fed pigs. There is a need for scientific information combined with the Meat Industry concerns related to the influence of immunocastration and ractopamine feeding technologies on processed products as well as further studies to clarify the impact and interaction of these two technologies on processed pork meat quality characteristics. Therefore, the purpose of this study was to characterize the sensory and quality characteristics of bacon, as affected by ractopamine on diet and immunological castration, obtained from two different genetic lines of crossbred pigs under different conditions of animal production, diet, management and slaughter.

## **5.2. Materials and Methods**

### **5.2.1. Animals and Treatments**

All procedures involving live animals in this study were approved by the Animal and Use Committees at University of Campinas, Brazil, considering that the slaughter was carried out following modifications from the commonly used industry procedures, in order to improve pig welfare under commercial conditions (Brazil, 2000).

The experimental study started with 310 pigs (95 gilts, 107 immunocastrates and 108 barrows), weighing on average of 108–129 kg,

separated by gender, 20 pigs per pen, from two commercially available genetic lines, “Topigs, Large White x Landrace x Duroc” (202) in Agua Branca farm, located in Fartura, and “Agrocercos PIC, Duroc x Landrace x Pietran” (108) in Bressiani farm, located in Capivari, both in the State of São Paulo, Brazil. The immunocastration (Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Animal Health) was conducted with doses injected in males at 8 and 4 weeks before slaughter and the physical castration was performed in piglets aged 3 to 5 days. Within each gender group, animals were allocated to get two different levels (0 and 7.5 ppm) of ractopamine (Ractosuin<sup>®</sup>, Ourofino Agribusiness), during 21 days before slaughter (termination), in conventional diet, based on corn and soybean, formulated with 16% protein and 0.91% lysine.

#### 5.2.2. Slaughter and Carcass Cut-Out Analysis

The animals were transported to an abattoir and slaughtered 12 h after arrival, as required by the Brazilian Federal Inspection (Brazil, 2000) the slaughter of animals occurred according to the Regulation of the Industrial and Sanitary Inspection of Animal Products (Brazil, 1997) and followed the regular production flow of the plant. At 24 h post mortem, using the Hennessy Grading Probe<sup>®</sup> (Hennessy Grading Systems GP4/BP4, DIDAI), hot half carcasses were evaluated by weight ranging from 46 to 51 kg and fat thickness and muscle of 15 to 20 mm and 64 to 68 mm respectively. Half carcasses of five from each treatment for the two genetic lines studied, totaling sixty half carcass, were transported in a refrigerated vehicle to the Institute of Food Technology, Campinas, State of São Paulo, Brazil. The carcasses were boned and bellies frozen at  $-31 \pm 1$  °C for further processing in an industrial plant.

### 5.2.3. Bacon Processing

Bellies were transported to an industrial plant where they were thawed ( $4 \pm 1$  °C) for 24 h. The bellies were dry cured for 72 h for total diffusion of NaCl, NaNO<sub>2</sub> and garlic. Bellies were hung in a smokehouse rack, and cooked to an internal temperature of  $71 \pm 1$  °C, according to the plant industrial protocol. Bacon was water washed for 10 min, drip dried for 15 min, and then chilled overnight at  $2 \pm 1$  °C. Bacon was then vacuum packed and stored under refrigeration ( $8 \pm 1$  °C).

### 5.2.4. Bacon pH, Color and Lipid Oxidation Measurements

Objective color, pH and lipid oxidation were measured in the first day and 30 days after bacon processing. The color score was obtained from four measurements (fat and meat) taken on the same surface points of bacon slices. Objective CIELab\* color scores were collected using Minolta Chroma Meter (model CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., New Jersey, USA) with illuminant D65 and a 10° observer angle calibrated with standard white ceramic tile. The color parameters lightness (L\*), redness – greenness (a\*) and yellowness – blueness (b\*) were recorded. The pH was determined using Hanna Instruments (model HI99163, Woonsocket, USA), calibrated at pH 4.0 and 7.0; the results were averaged among four measurements of bacon slices for each treatment. Lipid oxidation was analyzed by measuring thiobarbituric acid value, expressed as mg malondialdehyde/kg, according to Vyncke et al. (1970), in triplicate for each treatment.

### 5.2.5. Cooking Loss Measurement

Three slices (approximately 1.30 cm thickness) of bacon were cut, one from back, one from middle and one from the front end of each

treatment, then weighed and cooked on an electric grill (model GBZ31SB, George Foreman Grill) following the methodology described by Rentfrow et al. (2003). Bacon slices were placed on the preheated grill at 180°C for 10 min. Immediately after removal from the grill, the slices were placed on paper towel for 10 minutes to remove excess fat and weighed again. The cooking loss was calculated using Equation 1.

$$\text{Cooking loss (\%)} = \frac{\text{raw weight (g)} - \text{cooked weight (g)}}{\text{raw weight (g)}} 100 \quad (1)$$

#### 5.2.6. Sensory Analysis

Sensory analysis was carried out (during four days) by consumers in a supermarket in the city of Campinas, Brazil. One hundred sixty four consumers were randomly selected, with quotas for gender (48% men and 52% women) and age (from 15 to 45 years). There was no pre-selection of consumers for any ability for perception of odor or appearance of bacon. Every consumer evaluated three samples from three different treatments. Consequently, each treatment was evaluated forty one times. Samples, labeled with three-digit random numbers, were served to the consumers in a monadic way and in different orders following an incomplete block design. Consumers were asked to evaluate the product appearance and odor. Samples were cut into 0.5 mm slices, microwave heated for 1 minute, and the consumers were instructed to smell the bacon kept in a aluminum foil sealed container to evaluate odor. They were then requested to evaluate bacon appearance. The judgments were expressed individually by scoring each sample for odor and appearance on a modified 9-point hedonic scale: 'dislike extremely' (1), 'dislike very much' (2), 'dislike moderately' (3), 'dislike slightly' (4), 'neither like nor dislike' (5), 'like slightly' (6), 'like moderately'

(7), 'like very much' (8) and 'like extremely' (9). Consumers were also requested to respond about their purchase intention.

### 5.3. Statistical Analysis

A randomized factorial 2x3 block design was used for bacon quality responses (pH, color, lipid oxidation, cooking loss, and sensory attributes for odor and appearance). The statistical model included the main effects of adding two dietary ractopamine levels (0 vs 7.5 ppm) and three genders (barrows vs immunocastrated vs gilts), besides interactions between main effects (ractopamine and gender), in blocks of two different farms (Agua Branca and Bressiani) of different genetic crossbred pigs under different conditions of production (management, nutrient intake, environment) and slaughter. In case of significant interactions ( $P < 0.05$ ) in ANOVA analysis, multiple comparison of means was conducted using Tukey test. Statistical data analysis were carried out using Statistica 7 (StatSoft, 2004).

### 5.4. Results

#### 5.4.1. Physicochemical Quality

Table 5.1 presents the results for the effects of the treatments for the physicochemical quality characteristics of bacon at the first day and 30 days after production. At first day after processing, the results show significant effect ( $P < 0.05$ ) only for gender on pH. After 30 days of bacon processing there were significant effects ( $P < 0.05$ ) for gender on pH, meat color ( $b^*$  value) and fat color ( $a^*$  value), and for ractopamine fed pigs on meat color ( $b^*$  value) and on cooking loss. The results also show a significant ( $P < 0.05$ ) interaction between gender and ractopamine effects after 30 days of bacon processing on pH, meat color ( $a^*$  and  $b^*$  values) and

fat color ( $a^*$  value). Table 5.1, also shows a high coefficient of variation for lipid oxidation results; yet considering the high deviation among replicates. The two genetic, the condition of production and slaughter studied had almost no influence on the physicochemical quality of bacon, except for pH and the color of fat in terms of  $L^*$  value at first day and  $b^*$  value after 30 days processing.

Table 5.1. Results of the analysis of variance for the treatment effects on physicochemical quality of bacon during refrigerated storage

		Meat Color			Fat Color			pH	Lipid Oxidation (mg malondialdehyde/ kg)	Cooking Loss (%)
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$			
Gender x	1 day	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Ractopamine	30 days	ns	*	*	ns	*	ns	*	ns	nd
Gender	1 day	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
	30 days	ns	ns	*	ns	*	ns	*	ns	nd
Ractopamine	1 day	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	30 days	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	nd
Genetic/ Conditions	1 day	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
	30 days	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	nd
CV (%) <sup>1</sup>		11.2	14.5	27.7	11.6	34.1	18.3	2.13	34.8	9.70

(\*) Values differ from each other at 5% significance level

(ns) Values do not differ at 5% significance level, represented by "ns" (not-significant)

(nd) Values not determined

<sup>1</sup> CV - Coefficient of variation (100 x standard deviation / mean)

( $L^*$ ) Lightness; ( $a^*$ ) Redness; ( $b^*$ ) Yellowness

#### 5.4.2. Objective Color Results

Figure 5.1 shows  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values for meat and fat colors of bacon as affected by gender at 30 days of storage. Bacon from immunocastrated pigs after 30 days processing presented higher  $b^*$  values (yellowness) for meat color than bacon from gilts, although barrows did not differ from gilts. Bacon slices after 30 days from barrows and gilts presented

redder ( $a^*$  values) fat than from immunocastrated, which indicates the contribution of oxymyoglobin content. The  $a^*$  values of bacon meat were not influenced by gender. Slight significant differences among gender was observed for objective color in terms of  $b^*$  value (Figure 5.1i) and of  $a^*$  value for fat color after 30 days processing (Figure 5.1ii).

Tavarez et al. (2012) concluded that ractopamine can be included in the diet of swine with minimal effects during storage of fresh meat, as measured by color change expressed by a small reduction on  $a^*$  value. The authors also observed different results in terms of the interaction between ractopamine and gender for  $a^*$  values (redness) of bacon. Barrows that received 7.4 ppm of ractopamine in the diet showed reduction on  $a^*$  value of bacon meat compared to gilts fed with or without ractopamine. Control (no ractopamine) barrows had greater  $b^*$  value of bacon than control gilts. Uttaro et al. (1993) indicated that this could be due to differences in fiber muscles type between ractopamine fed pigs and control pigs, as ractopamine causes a shift in intermediate fiber, which may turn the muscle whiter. In our study, the magnitude of the differences in  $a^*$  values between ractopamine fed and control is likely of no practical implication. The addition of 7.5 ppm of ractopamine in the diet of finishing pigs did not affect color of either meat or fat of the bacon slices first day after processing, although, ractopamine had influenced meat color ( $b^*$  value) of bacon at 30 days after production (Figure 5.2).

The higher  $a^*$  values (redness) of bacon after processing is known to be due to the nitrite action and the later lowering on redness may be due to oxidation of nitrosylmyoglobin ( $MbFe(II)NO$ ) to metmyoglobin, which could be responsible for meat browning, causing color fading (Lindahl et al., 2001). This trend was not observed in the present study (Table 5.1) as seen on  $a^*$  values of bacon first day and 30 days after production, indicating that the nitrosylmyoglobin compound was not oxidated during the storage period.



Figure 5.1 - Results for L\*, a\* and b\* color values for meat (i) and fat (ii) of bacon as a function of gender (gilt, barrow and immunocastrated) at 30 days of storage.

Standard errors ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ ), where S = standard deviation; n = number of replicates) of vertical bars for L\*; a\*; b\*. Least squares means that do not have a common superscript letter differ at 5% significance level.

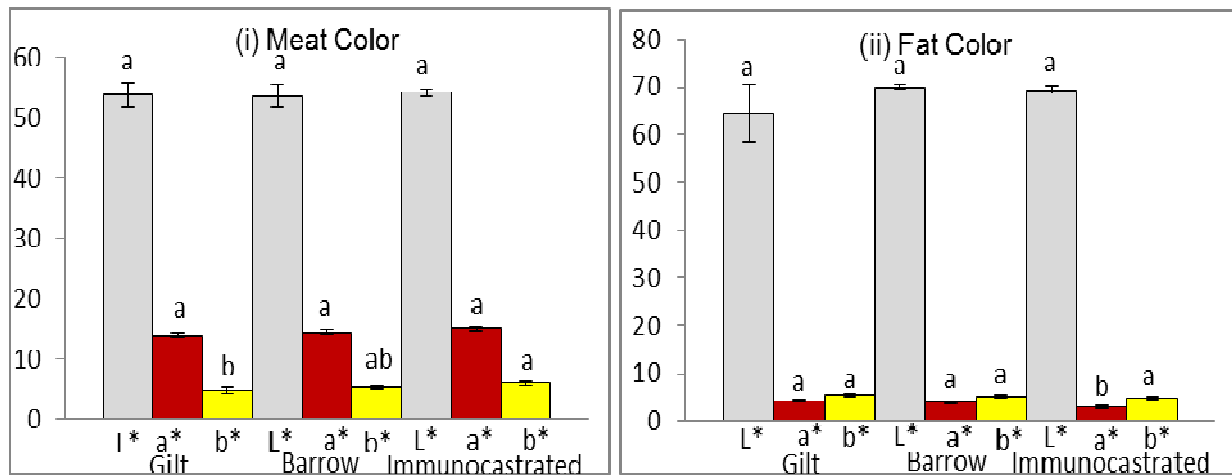
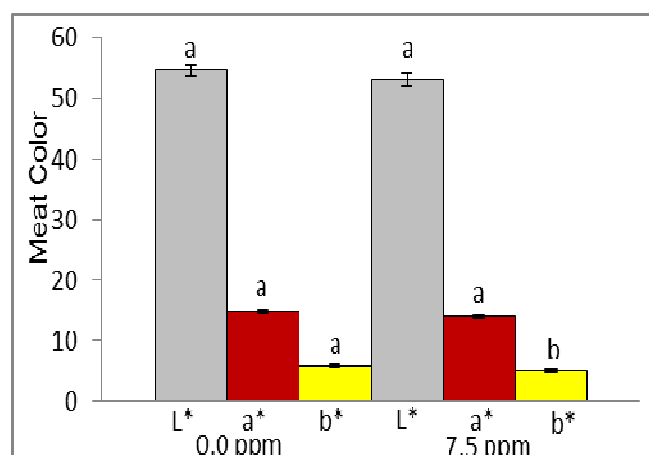


Figure 5.2 - Results for L\*, a\* and b\* color values for meat of bacon as a function of ractopamine levels at 30 days of storage.

Standard errors ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ ), where S = standard deviation; n = number of replicates) of vertical bars for L\*; a\*; b\*. Least squares means that do not have a common superscript letter differ at 5% significance level.



Bacon 30 days after processing, obtained from immunocastrated pigs and with ractopamine in the diet had redder meat color (higher a\* values) than bacon from gilts ( $P < 0.05$ ). Immunocastrated and ractopamine fed pigs has also synergistically influenced yellowness b\* values of bacon meat color (Figure 5.3i).

Bacon slices obtained of animals from Agua Branca (genetic Topigs) presented higher L\* values for fat color at first day after production, and lower b\* value at 30 days after production than from Bressiani (genetic Agroceres PIC) (Figure 5.4), which does not affect negatively bacon quality.

Figure 5.3 - Results for L\*, a\* and b\* color values for meat (i) and fat (ii) of bacon for the interaction between gender and ractopamine levels, at 30 days of storage.

Standard errors ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ )<sup>1/2</sup>, where S = standard deviation; n = number of replicates) of vertical bars for L\*; a\*; b\*.

<sup>AB</sup> Least squares means that do not have a common superscript capitalized letter differ at 5% significance level of ractopamine levels.

<sup>ab</sup> Least squares means that do not have a common superscript letter differ at 5% significance level of gender.

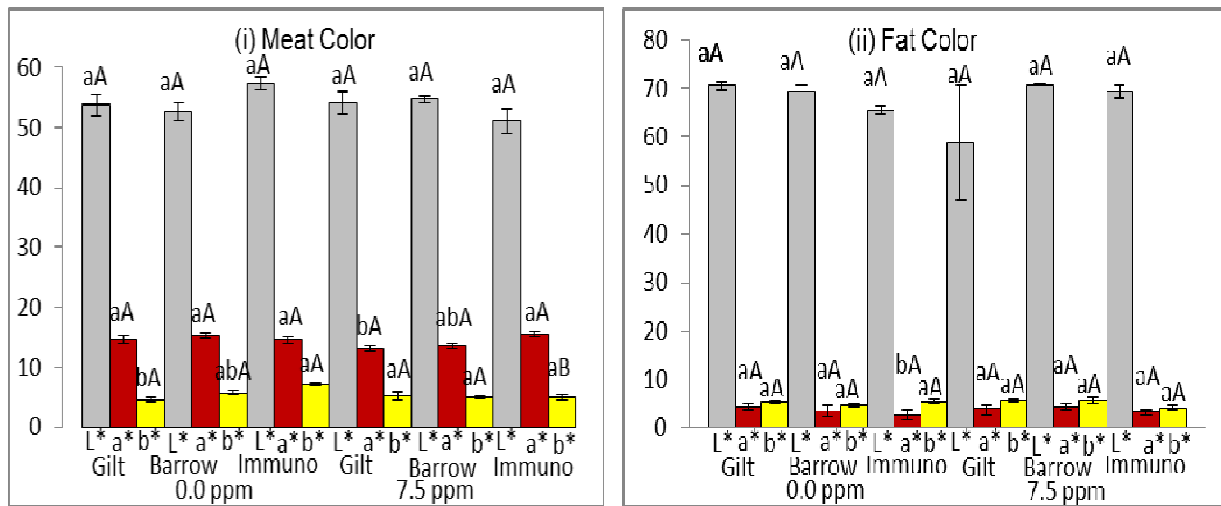
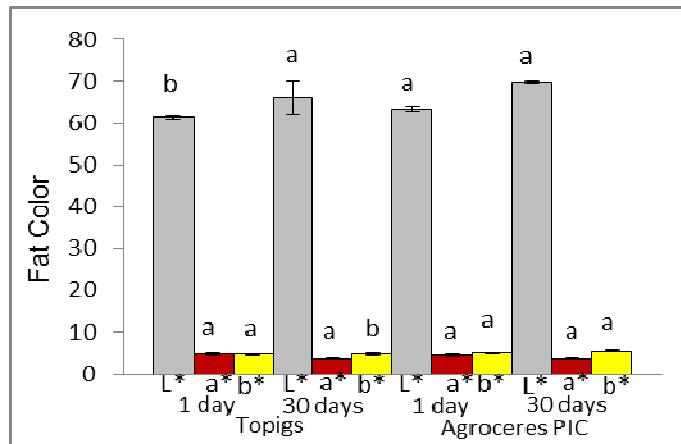


Figure 5.4 - Results for L\*, a\* and b\* color values for fat of bacon as a function of days of storage for the two genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter.

Standard errors ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates) of vertical bars for L\*; a\*; b\*. Least squares means that do not have a common superscript letter differ at 5% significance level



#### 5.4.3. pH and Lipid Oxidation Results

As expected, lipid oxidation expressed by mg malonaldehyde/ kg of sample was not affected by any of the treatments at  $P > 0.05$  (Table 5.1). It is well known the effect of the nitrite to minimize or to retard the oxidative reactions of lipid components of cured meat products (Pearson et al., 1977; Aguirrezábal et al., 2000), which may explain the low and unaltered thiobarbituric acid values of bacon slices from all treatments during the 30 days period. No interactions between ractopamine and gender for the results of lipid oxidation were detected for bacon at first day after production ( $P > 0.05$ ).

Mazhar et al. (1990) analyzing lipid oxidation of bacon from gilts and barrows, stored for 0 and 4 weeks, also obtained no differences for pigs that received 20% of canola in their diet which is a source of unsaturated fatty acids, which in turn would increase lipid oxidation, but did not. Results from the present experiment demonstrated that the addition of 7.5 ppm of

ractopamine in the diet of finishing pigs did not affect pH and lipid oxidation of bacon 30 days after processing.

Bacon from barrow pigs 30 days after processing, presented higher pH than bacon from gilts and immunocastrated pigs. Bacon obtained of animals from Agua Branca had higher pH at first day after production than from Bressiani (Table 5.2 and 5.3).

Table 5.2. pH values of bacon as a function of gender and days of storage

		Gender			SEM
		Gilt	Barrow	Immunocastrated	
pH	1 day	5.970 <sup>A</sup>	5.916 <sup>AB</sup>	5.860 <sup>B</sup>	0.034
	30 days	6.189 <sup>B</sup>	6.230 <sup>A</sup>	6.120 <sup>C</sup>	0.012

<sup>ABC</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% levels of significance for gender

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

Table 5.3. pH values of bacon first day after production as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter

	Genetic/ Conditions		SEM
	Agua Branca	Bressiani	
pH	6.030 <sup>A</sup>	5.799 <sup>B</sup>	0.023

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% levels of significance for genetic/ conditions

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

The combined effect of ractopamine for barrows (Table 5.4) showed the highest pH values after 30 days of processing, which can be explained by the  $\beta$ -agonist (ractopamine) stimulation action over glycolysis and consequently a muscle glycogen depletion followed by a decreasing on lactic acid production as well as a limiting on the post-mortem acidification,

causing pH change in the range of 0.3 to 0.4 pH units (Pardi et al., 2001). However, Watanabe (2009) found no significant differences in the pH values of longissimus muscle from gilts pigs fed with 0, 5, 10 and 15 ppm of ractopamine in the diet, and Boler et al. (2010) researching the *Semimembranosus* muscle also obtained no significant differences between pH values of ractopamine fed pigs (barrows and gilts) and of the control group.

Table 5.4. pH values of bacon at 30 days after production as affected by the interaction between gender and ractopamine

	Ractopamine (ppm)	Gender			SEM
		Gilt	Barrow	Immunocastrated	
pH	0.0	6.230 <sup>aA</sup>	6.189 <sup>abB</sup>	6.090 <sup>bA</sup>	0.014
	7.5	6.158 <sup>bB</sup>	6.270 <sup>aA</sup>	6.136 <sup>bA</sup>	0.011

<sup>ab</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% levels of significance for gender

<sup>AB</sup> Means within the same column with different superscripts differ significantly at 5% levels of significance for ractopamine levels

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ ), where S = standard deviation; n = number of replicates)

#### 5.4.4. Cooking Loss Results

Cooking loss was not affected ( $P > 0.05$ ) by gender; however, ractopamine influenced positively (Table 5.5) by decreasing cooking loss of bacon slices, which may suggest a better palatability, acceptance and less dry appearance. In contrast, Leick et al. (2010) observed no difference for cooking loss of bacon obtained from gilts and barrows pigs fed with different ractopamine levels in the diet (0 and 5 ppm).

Table 5.5. Cooking loss of bacon slices as a function of ractopamine levels

	Ractopamine (ppm)		SEM
	0.0	7.5	
Cooking loss (%)	50.68 <sup>A</sup>	47.50 <sup>B</sup>	0,996

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for ractopamine levels

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \frac{SE}{\sqrt{n}}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

Brewer et al. (1995) observed an increase in cooking loss of sliced bacon due to an increase in belly thickness, corresponding to an increase in fat, which is the main component lost during cooking. Results from Silva et al. (2015) studying the same crossbred lines, of the present work, showed higher belly thickness from barrows and gilts than from immunocastrated pigs, however, in the current study no difference was found on cooking loss due to gender. Immunocastrated pigs showed differences between genders due to lower fat content because these pigs remained longer period as entire males resulting in less fat and more lean tissue deposition, plus the action of ractopamine fed animals, resulting in less fat in carcass and muscle cuts (Boler et al., 2010). Kemp et al. (1969), on the other hand, stated that the fat shrinks more than lean meat during cooking due to rendering of fat. The authors concluded that quality of lean meat would have less effect on cooking loss, than the amount of fat. Differences in percentage of fat and percentage of lean meat of bacon, determined using digital image processing technique (Silva et al., 2015), from the same two genetic lines of the present study, Topigs (55.4% fat) versus Agroceres PIC (52.7% fat), did not result in differences on cooking loss for these crossbred pigs.

In contrast, Robles (2004) also correlated belly thickness with cooking loss of bacon slices from different crossbred pigs; on which bacon slices were cooked at 204.4°C for 40 seconds. The author observed that the genetic with higher fat content (Berkshire and Poland China) had lower

cooking loss and leaner pigs such as Duroc and Yorkshire had the highest cooking loss. This result support other author's hypothesis that the cooking loss is inversely related to the fat content of the bacon slice (McEver, 2000, Saffle and Bratzler, 1959).

#### 5.4.5. Sensory Quality Results

The results of sensory quality are shown on Tables 5.6, 5.7 and 5.8. The statistical results showed significant differences ( $P < 0.05$ ) on appearance and odor due to gender. Consumer test results revealed preference for bacon from gilts and barrows for both attributes odor and appearance ( $P < 0.05$ ); however, acceptability was above 6 for all treatments (Table 5.7). Bacon from immunocastrated pigs had significantly lower score for odor than bacon from gilts and barrows (score 6, "liked slightly"). Although, odor perception of bacon is a difficult task considering its cured, cooked and smoked steps. Font i Furnols et al. (2008) using trained panelists sensitive to androstenone and skatole, found no significant differences in acceptability among meat from gilts, barrows and immunocastrated pigs.

Table 5.6. Results of the analysis of variance for the treatments effects on sensory quality of bacon

	Appearance	Odor
Gender	*	*
Ractopamine	ns	ns
Genetic/ Conditions	*	ns
Gender x Ractopamine	ns	ns
CV (%) <sup>1</sup>	24.0	30.2

(\*) Values differ from each other at 5% significance level

(ns) Values do not differ at 5% significance level, represented by "ns" (not-significant)

<sup>1</sup> CV - Coefficient of variation (100 x standard deviation / mean)

The results for the effects of gender (Table 5.7) on the appearance and odor of bacon showed that barrow had higher scores than immunocastrated pigs. On the other hand, bacon from barrows had thicker bellies (3.7 cm) than from immunocastrated pigs (3.4 cm), results obtained in another study with the same animals of the present study (Silva et al., 2015). However, Person et al. (2005) evaluated the appearance of bacon by consumers as affected by belly thickness. The authors observed that thicker bellies (3.0 cm) produced less attractive bacon than thinner bellies (2.5 cm).

Tavárez et al. (2012) evaluating bacon obtained from pigs fed with ractopamine (7.4 ppm) in the diet, the untrained sensory panel results showed lower juiciness and lower salty compared with bacon from control pigs, and also, the authors observed that bacon from gilts had intense flavor than bacon from barrows; while, our results (Table 5.5) suggests that bacon obtained from ractopamine fed pigs would have less dry appearance due to reduced cooking loss, even though, our sensory results indicated no differences among treatments due to ractopamine (Table 5.6).

Table 5.7. Sensory quality results as a function of gender

	Gender			SEM
	Gilt	Barrow	Immunocastrated	
Appearance	6.618 <sup>AB</sup>	6.999 <sup>A</sup>	6.399 <sup>B</sup>	0.123
Odor	6.630 <sup>A</sup>	6.518 <sup>A</sup>	6.000 <sup>B</sup>	0.149

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for gender

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

Bacon from Bressiani animals (genetic Agroceres PIC) had higher score for appearance than bacon from Agua Branca animals (genetic Topigs) (Table 5.8), suggesting more attractive bacon by consumers. Maw et al. (2001) studied 23 farms in the north east of Scotland to test for different genetics; the authors observed that the genotype appears to be an



important factor in meat quality, despite the fact that they found structural and chemical composition differences among breeds and pig lines, suggesting that these parameters would affect bacon quality.

Table 5.8. Sensory quality results as a function of genetic in conditions of animal production, diet, management and slaughter

	Genetic/ Conditions		SEM
	Agua Branca	Bressiani	
Appearance	6.451 <sup>B</sup>	6.899 <sup>A</sup>	0.101

<sup>AB</sup> Means within the same row with different superscripts differ significantly at 5% level of significance for genetic/ conditions

SEM - Standard error of the mean of all treatments ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , where S = standard deviation; n = number of replicates)

In the present study, the average purchase intention of 57% indicated that all bacon analyzed could be classified as definitely or probably would buy; however in another study, consumers showed a higher preference and intention to purchase for meat obtained from immunocastrated pigs compared to meat obtained from barrows (Font i Furnols et al., 2009).

## 5.5. Conclusion

The addition of ractopamine in the diet positively affected the cooking loss of bacon, which might suggests that bacon slices would have higher palatability and acceptance by presenting less dry appearance. The effects of ractopamine and immunocastration had low or no influence on pH, meat and fat color, and on lipid oxidation. The sensory panel results demonstrated that the consumers showed acceptability to all treatments. Overall, our data suggest that the gender condition, gilts, barrow and immunocastration, and the addition of ractopamine on diet had no significant impact on bacon quality.

## 5.6. References

Aguirrezábal, M. M., Mateo, J., Domínguez, M. C., & Zumalacárregui, J. M. (2000). The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausages. *Meat Science*, v.54, p.77-81.

Apple, J. K., Kutz, B. R., Maxwell, C. V., Davis, M. E., Rakes, L. K., Johnson, Z. B., & Armstrong, T. A. (2004). Effects of ractopamine and dietary fat source on quality characteristics of growing and finishing swine. *Journal of Animal Science*, v.82 (suppl. 1), p.135.(abstr.).

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. (2010). Fresh meat and further processing characteristics of ham muscles from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride. *Journal of Animal Science*, v.89, p.210-220.

Brazil (1997). Brazilian Secretariat of Agriculture and Livestock. Brazilian National Department of Agricultural Protection. Regulation of Industrial and Sanitary Inspection of Animal Products (Approved by Decree no.30.691 of March 29, 1952, modified by Decrees nos. 1.255 of June 25, 1962, 1.236 of September 02, 1994, no. 1.812 of February 08,1996 and no. 2.244 of June 05, 1997). Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. DIPOA-MAPA, Brasília-DF,p.241.

Brazil (2000). Brazilian Secretariat of Agriculture and Livestock. Stunning Methods Technical Regulation for Humane Slaughter of Meat Animals. Normative Instruction no. 3, of January 17, 2000 (approved by Ministry Ordinance no. 574, of December 8, 1998, process no. 21000.003895/99-17). Ministry of Agriculture, Livestock and Supply.

Brewer, M. S., Stites, C. R., McKeith, F. K., Bechtel, P. J., Novakofski, J. E., & Bruggen, K. A. (1995). Belly thickness effects on the proximate composition, processing, and sensory characteristics of bacon. *Journal of Muscle Foods*, v.6, p.283-296.

Brumatti, R. C., & Kiefer, C. (2010). Simulação técnico-econômica da inclusão de ractopamina em dietas de suínos em terminação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.1, p.163-171.

Font i Furnols, M., Gispert, M., Diestre, A., & Oliver, M. A. (2003). Acceptability of boar meat by consumers depending on their age, gender, culinary habits, sensitivity and appreciation of androstenone smell. *Meat Science*, v.64, p.433–440.

Font i Furnols, M., Gispert, M., Guerrero, L., Velarde, A., Tibau, J., Soler, J., Hortos, M., Garcia-Regueiro, J. A., Pérez, J., Suarez, P., & Oliver, M. A. (2008). Consumers' sensory acceptability of pork from immunocastrated male pigs. *Meat Science*, v.80, p.1013–1018.

Font i Furnols, M., González, J., Gispert, M., Oliver, M. A., Hortós, M., Pérez, J., Suarez, P., & Guerrero, L. (2009). Sensory characterization of meat from pigs vaccinated against gonadotropin releasing factor compared to meat from surgically castrated, entire male and female pigs. *Meat Science*, v.83, p.438-442.

Gonzalez, J. M., Johnson, S. E., Stelzleni, A. M., Thrift, T. A., Savell, J. D., Warnock, T. M., & Johnson, D. D. (2010). 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*, v.85, p.379–384.

Jabaay, R. W., Forrest, J. C., Aberle, E. D., Courtenay, H. V., & Judge, M. D. (1976). Bacon quality criteria and associated carcass traits. *Journal of Food Science*, v.41, p.431-437.

Kemp, J. D., Moody W. O., & Fox, J. D. (1969). Effect of fatness and fresh pork quality on yield and quality of bacon and yield of ham. *Journal of Animal Science*, v.28, p.612-619.

Leick, C. M., Puls, C. L., Ellis, M., Killefer, J., Carr, T. R., Scramlin, S. M., England, M. B., Gaines, A. M., Wolter, B. F., Carr, S. N., & McKeith, F. K. (2010). Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *Journal of Animal Science*, v.88, p.2751-2766.

Lindahl, G., Lundstrom, K., & Tornberg, E. (2001). Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science*, v.59, p.141-151.

Matthews, K., Homer, D. B., Punter, P., Béague, M. P., Gispert, M., Kempster, A. J., & Bonneau, M. (2000). An international study on the importance of androstenone and skatole for boar taint: III. Consumer survey in seven European countries. *Meat Science*, v.54, p.271–283.

Maw, S. J., Fowler, V. R., Hamilton, M., & Petchey, A. M. (2001). Effect of husbandry and housing of pigs on the organoleptic properties of bacon. *Livestock Production Science*, v.68, p.119-130.

Mazhar, A., Busboom, J. R., Field, R. A., Rule, D. C., Heald, T., Russell, W. C., & McCormick, R. J. (1990). Functional characteristics, fatty acid composition, and palatability of bacon from pigs fed canola. *Journal of Food Science*, v.55, n.2, p.575-576.

McEver, E. M. (2000). Precooked bacon manufacture by microwave and double belt conveyor cooking systems. M.S. Thesis. University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE.

Pardi, M. C., Santos, I. F., Souza, E. R., & Pardi, H. S. (2001). Fundamentos da ciência da carne. In: Ciência, higiene e tecnologia da carne. 2.ed. Goiânia: Editora Universidade Federal de Goiás, v.2, p.80 - 87.

Pauly, C., Spring, P., O'Doherty, J. V., Ampuero Kragten, S., & Bee, G. (2009). Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac<sub>R</sub>) and entire male pigs and individually penned entire male pigs (2009). *The Animal Consortium*, v.3, n.7, p.1057–1066.

Pearson, A. M., Love, J. D., & Shorland, F. B. (1977). Warmed-over flavor in meat, poultry and fish. *Advances in Food Research*, São Diego, v.23, n.1, p.1-74.

Person, R. C., McKenna, D. R., Griffin, D. B., McKeith, F. K., Scanga, J. A., Belk, K. E., Smith, G. C., & Savell, J. W. (2005). Benchmarking value in the pork supply chain: Processing characteristics and consumer evaluations of pork bellies of different thickness when manufactured into bacon. *Meat Science*, v.70, p.121-131.

Rentfrow, G., Sauberb, T. E., Alleea, G. L.; Berga, E. P. (2003). The influence of diets containing either conventional corn, conventional corn with choice white grease, high oil corn, or high oil high oleic corn on belly/bacon quality. *Meat Science*, v.64, n.4, p.459-466.

Robles, C. C. (2004). The effect of fresh and frozen bellies on bacon processing characteristics and bacon quality. Thesis: Presented to the Faculty of The Graduate College at the University of Nebraska In Partial Fulfillment of the Requirements For the Degree of Master of Science. Lincoln, Nebraska.

Saffle, R. L.; L. J. Bratzler. 1959. The effect of fatness on some processing and palatability characteristics of pork carcasses. *Food Technology*, v.13, p.236-239.

Scramlin, S. M., Carr, S. N., Parks, C. W., Fernández-Dueñas, D. M., Leick, C. M., McKeith, F. K.; Killefer, J. (2008). Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. *Meat Science*, v.80, p.1218-1221.

See, M. T., Armstrong, T. A.; Weldon, W. C. (2004). Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.82, p.2474-2480.

Silva, L. C. C., Darros-Barbosa, R., Boler, D. D.; Silveira, E. T. F. (2015). Effects of ractopamine hydrochloride and immunological castration in pigs. Part 1: Fresh belly characteristics for bacon processing. *Meat Science*, submitted.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis software system), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

Stites, C. R., McKeith, F. K., Singh, S. D., Bechtel, P. J., Mowrey, D. H.; Jones, D. J. (1991). The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, v.69, p.3094–3101.

Tavárez, M. A., Boler, D. D., Carr, S. N., Ritter, M. J., Petry, D. B., Souza, C. M., Killefer, J., McKeith, F. K.; Dilger, A. C. (2012). Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *Journal of Animal Science*, v.5.

Vyncke, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette-Seifen Anstrichmittel*, Hamburg, v.72, p.1084-1087.

Uttaro, B. E., Ball, R. O., Dick, P., Rae, W., Vessie, G.; Jeremiah, L. E. (1993). Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. *Journal of Animal Science*, v.71, p.2439–2449.

Watanabe, P. H. (2009). Ractopamina em dietas para fêmeas suínas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias Câmpus de Jaboticabal, São Paulo.

Weiler, U., Font i Furnols, M., Fischer, K., Kemmer, H., Oliver, M. A., Gispert, M. A., Dobrowolski, A.; Claus R. (2000). Influence of differences in sensitivity of Spanish and German consumers to perceive androstenone on the acceptance of boar meat differing in skatole and androstenone concentrations. *Meat Science*, v.54, p.297–304.

## **CAPITULO 6**

### **QUALIDADE DA BARRIGA DE SUÍNOS CASTRADOS, IMUNOCASTRADOS E FÊMEAS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA NA DIETA**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação na revista *Meat Science*



## QUALIDADE DA BARRIGA DE SUÍNOS CASTRADOS, IMUNOCASTRADOS E FÊMEAS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA NA DIETA

SILVA, L. C. C.<sup>1</sup>; DARROS-BARBOSA, R.<sup>1</sup>; SILVEIRA, E. T. F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de São Paulo, São José do Rio Preto, SP, Brasil

<sup>2</sup> Centro de Tecnologia de Carnes, Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, Brasil

\* Autor para correspondência: leticiacos12@gmail.com. Pedro Goes, 3450 15035-170, São José do Rio Preto, SP, Brasil. (55) 17-99609-2932

### Resumo:

Esse estudo avaliou os efeitos da imunocastração e da adição de ractopamina na dieta na qualidade da barriga de suínos de duas linhagens genéticas sob condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate. Cinco barrigas de cada tratamento foram distribuídas em um arranjo fatorial 2 x 3 utilizando dois níveis de adição de ractopamina na dieta, 0 e 7,5 ppm, e três gêneros (fêmeas, machos imunocastrados e machos castrados). A qualidade das barrigas foram analisadas quanto a composição centesimal, pH, cor da carne e da gordura, espessura do toucinho e perfil de ácidos graxos da gordura. A adição da ractopamina na dieta não mostrou influência significativa para pH, cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e composição centesimal para os tratamentos estudados nas duas linhagens genéticas em diferentes granjas comerciais. Os animais imunocastrados apresentaram barrigas mais espessas comparadas com as barrigas das fêmeas, porém, as barrigas dos castrados não diferiram das barrigas dos imunocastrados e das fêmeas. Os conteúdos de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA total), ácido linoleico (C18:2n6), ácido linolênico (C18:3n3), ácido araquidônico (C20:4n6), total de ômega 3 (n-3) e ômega 6 (n-6) foram estatisticamente maiores para os suínos imunocastrados, além de apresentar valores maiores que 0,4 na relação PUFA:SFA proporcionando assim uma barriga de boa qualidade nutricional. As barrigas das fêmeas e imunocastrados apresentaram maiores concentrações para valor de iodo comparado com as barrigas dos castrados, indicando maior teor de insaturação na gordura. Os resultados desse estudo indicaram que a adição de ractopamina e a imunocastração apresentaram pouca influência nas características das barrigas sugerindo a continuidade da aplicação das mesmas.

**Palavra chave:** Ractopamina, Imunocastração, Qualidade da barriga, Ácidos graxos

## 6.1. Introdução

A ractopamina é um aditivo beta-adrenérgico utilizado na nutrição de suínos devido a sua capacidade em aumentar o rendimento e deposição de tecido muscular nas carcaças. Possui estrutura semelhante a das catecolaminas, epinefrina e norepinefrina, que agem alterando o metabolismo animal. Assim, a redução na síntese lipídica, acompanhada de acréscimo de proteína e desenvolvimento muscular, proporciona melhora no desempenho e conseqüentemente nas características de carcaça dos suínos (WARRISS, 2010).

A castração cirúrgica, ou castração física, não atende aos quesitos de bem estar animal, mas é eficaz na prevenção do odor de macho inteiro, contudo existem outras desvantagens ao se utilizar a técnica de castração. Os machos castrados fisicamente, em relação aos machos inteiros, crescem mais lentamente, consomem mais ração, apresentam carcaças com maior teor de gordura e apresentam maior índice de mortalidade na maternidade (PRUNIER et al., 2006). A imunocastração surgiu como uma alternativa para se evitar a castração cirúrgica, podendo ser considerada voltada ao bem estar animal por ser uma técnica praticamente indolor aos animais, com ganhos de qualidade e rendimento (DUNSHEA et al., 2005).

A barriga resfriada é um dos principais componentes da carcaça suína e contribui substancialmente para o valor total do suíno abatido. O consumo de bacon é muito elevado, constituindo-se em um corte de alto valor agregado para a indústria (CANTARELLI et al., 2008). Ainda segundo esse autor, de um modo geral, o consumidor prefere carnes com menor quantidade de gordura, independentemente da forma de apresentação. Assim, os lipídios depositados em menores quantidades na carcaça podem transformar o corte em um alimento mais atraente, além de propiciar maior tempo de conservação do produto, em função da menor oxidação lipídica

(FERNANDES, 1995). Por outro lado, Jabaay et al. (1976) demonstraram que consumidores preferem bacon mais magro, o qual é originado de barrigas mais finas, ou que contém menos gordura. Dentre os fatores que interferem nas características da barriga pode-se citar a linhagem genética, sexo, peso no abate e nutrição. Para proporcionar barrigas de melhor qualidade, sugere-se a utilização de ractopamina, a qual, segundo o autor reduz a quantidade de tecido adiposo em função da atividade lipolítica e/ou lipogênese (HALSEY et al. 2011). Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adição da ractopamina na dieta com variação de gêneros, ou seja, imunocastrados, castrados fisicamente e fêmeas em duas linhagens genéticas sob condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate, na qualidade das barrigas quanto aos parâmetros físico-químicos, composição centesimal e perfil de ácidos graxos.

## **6.2. Material e Métodos**

### **6.2.1. Animais e Tratamentos**

Todos os procedimentos que envolveram animais vivos neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética de Uso Animal da Universidade Estadual de Campinas, SP, considerando que o abate foi realizado seguindo os procedimentos industriais comumente utilizados por frigorífico comercial assegurando o bem-estar de suínos (BRASIL, 2000).

Este estudo partiu de trezentos e dez animais (95 fêmeas, 107 imunocastrados e 108 castrados) na fase de terminação, com peso médio entre 108 a 129 Kg, separados por gênero, proveniente de duas linhagens genéticas "Topigs, Large White x Landrace e Duroc" (202) na granja Água

Branca em Fartura, SP, e "Agroceres PIC, Duroc x Landrace x Pietran" (108) na granja Bressiani em Capivari, SP. Os machos (inteiros) designados a serem imunocastrados receberam a primeira dose de vacina (Vivax<sup>®</sup>, Pfizer Saúde Animal) com oito semanas antes do abate, e a segunda dose com quatro semanas da data programada para o abate, enquanto que os leitões (machos) já haviam sido castrados fisicamente entre o terceiro e o quinto dia de vida. Com 21 dias antes do abate os animais foram realojados para o recebimento de dois diferentes níveis de ractopamina na dieta (0 e 7,5 ppm; Ractosuin<sup>®</sup>, Ourofino Agronegócio) em dieta convencional à base de milho e soja, formuladas com 16% de proteína e 0,91% de lisina.

#### 6.2.2. Abate e Obtenção das Carcaças

No fim do período de terminação, os animais pesando em média 115 kg (peso vivo), foram transportados para um abatedouro comercial. Após 12 horas de período de descanso, conforme exigido pela Inspeção Federal do Brasil (BRASIL, 2000), os animais foram abatidos de forma humanitária conforme o Regulamento de Inspeção Sanitária e Industrial de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1997) seguindo o regulamento do frigorífico. Após 24 horas de resfriamento em câmara a  $2 \pm 1$  °C, por meio de instrumentação ótica para tipificação eletrônica Hennessy Grading Probe<sup>®</sup> (Hennessy Grading Systems GP4/BP4, DIDAI), as carcaças foram selecionadas com base na média ( $\pm 2$  desvio padrão) do peso de meia carcaça quente variando de 46 a 51 kg e espessuras de toucinho e músculo de 15 a 20 mm e 64 a 68 mm, respectivamente para as duas genéticas investigadas, representando meias carcaças de cinco suínos para cada tratamento, totalizando 60 meias carcaças, as quais foram transportadas em veículo refrigerado para o Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Instituto de

Tecnologia de Alimentos (ITAL, Campinas, SP). As carcaças foram desossadas e as barrigas congeladas a  $-31 \pm 1$  °C para posterior realização das análises de qualidade da barriga em termos de composição centesimal, pH, cor da carne e cor da gordura, espessura do toucinho e ácidos graxos da gordura.

### 6.2.3. Análises de pH e Cor Objetiva

A cor objetiva e o pH das barrigas foram medidos logo após descongelamento a  $4 \pm 1$  °C por 24 horas. A cor (da carne e da gordura) foi obtida de quatro medidas em pontos específicos pré-determinados na superfície de cinco fatias de cada tratamento. A avaliação da cor, sistema CIELab\*, foi realizada utilizando um colorímetro Minolta (modelo CR-400, Konica Minolta Sensing. Inc., New Jersey, EUA), com iluminante D65 e ângulo de 10° calibrado com padrão branco, avaliando os parâmetros L\* (claridade), a\* (vermelho-verde) e b\* (amarelo-azul). O pH foi determinado utilizando um pHmetro de punção direta Hanna Instrumentos (modelo HI99163, Woonsocket, EUA) calibrado em pH 4,0 e 7,0, com os valores obtidos a partir de quatro medições de três fatias de barriga de cada tratamento.

### 6.2.4. Análise da Composição Centesimal

O teor de proteína foi analisado por meio da metodologia Kjeldahl utilizando o fator de conversão 6,25 (AOAC, 2005). A extração da gordura foi realizada em equipamento Soxhlet com éter de petróleo. A umidade foi determinada pelo método de secagem em estufa a 105°C até peso

constante e o teor de cinzas foi determinado pelo método de incineração em mufla a 550 °C (AOAC, 2005).

#### 6.2.5. Análise da Espessura do Toucinho

A determinação de espessura do toucinho foi realizada por meio da metodologia comercial sugerida pela empresa Elanco do Brasil. A espessura do toucinho foi obtida utilizando um paquímetro, medindo-se em dois pontos distintos, o primeiro ponto de medida na altura do 7° espaço intercostal e o segundo ponto de medida no espaço intercostal anterior a inserção do diafragma (Figura 6.1), a partir de quatro barrigas de cada tratamento.

Figura 6.1 – Localização dos pontos de medidas para a determinação da espessura do toucinho



### 6.2.6. Análise do Perfil de Ácidos Graxos

As amostras de gordura (tecido adiposo subcutâneo) das barrigas contendo as três camadas de gordura formadas durante o crescimento do animal (entre a 6° e 7° costela, Figura 6.1) foram cuidadosamente removidas e homogeneizadas para análise de ácidos graxos. A amostra foi removida e seca sob gás N<sub>2</sub> e submetida a metilação. Ésteres metílicos de ácidos graxos foram preparados para uso subsequente em cromatografia gasosa de acordo com Hartman e Lago (1973). As amostras de gordura foram analisadas em cromatógrafo gasoso equipado com coluna capilar BPX-70 (70% cyanopropyl polysilphenylene-siloxane) com dimensões de 60 m × 0,32 mm de diâmetro interno em fase estacionária sílica-base com espessura do filme de 0,25 µm. Temperatura do forno em 210°C, temperatura de injeção a 230°C e do detector a 260°C. As identificações dos picos foram verificadas por comparação com os tempos de retenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos padrões. A área de cada pico dos ácidos graxos foi representada como percentagem da área total. O valor de iodo (IV) dos ácidos graxos foi analisado utilizando a Equação 1, conforme normativa AOCS (1998).

$$IV = (0,95)(C16 : 1) + (0,86)(C18 : 1n9) + (1,732)(C18 : 2n6) + (2,616)(C18 : 3n3) + (9,785)(C20 : 1) + (0,785)(C22 : 1) \quad (1)$$

### 6.3. Análises Estatísticas

O arranjo fatorial 2x3 com delineamento em blocos casualizados foi utilizado para analisar os resultados da qualidade da barriga (pH, cor da carne e cor da gordura, composição centesimal, espessura do toucinho e

perfil dos ácidos graxos da gordura). O modelo estatístico incluiu os principais efeitos da adição de dois níveis de ractopamina na dieta (0 e 7,5 ppm) e três gêneros (fêmea e macho castrado e macho imunocastrado) além da interação dupla entre os efeitos principais (ractopamina vs gênero), em um arranjo fatorial em blocos das duas linhagens genéticas sob condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate, nas granjas Água Branca e Bressiani. Em caso de interações significativas ( $P < 0,05$ ) utilizando ANOVA, procedeu-se o teste de Tukey para comparação múltipla das médias. As análises dos dados estatísticos foram realizadas utilizando o software Statistica 7 (STATSOFT, 2004).

## 6.4. Resultados

### 6.4.1. Resultados de pH e Cor Objetiva

Os resultados para pH não apresentaram diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para os efeitos de gênero e adição de ractopamina na dieta, como mostra a Tabela 6.1. Esses resultados são favoráveis para a adição de ractopamina em suínos, uma vez que, o uso de agonistas  $\beta$  poderiam desenvolver a carne PSE (Pálida, Flácida e Exsudativa) 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 (WARRISS, 1989; FERNANDES-DUEÑAS et al., 2008; BOLER et al., 2010).

A adição da ractopamina na dieta também não apresentou diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para todos os parâmetros ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) de cor objetiva analisados como mostra a Tabela 6.1. Resultados similares ao presente estudo foram obtidos por Apple et al. (2007), os quais não



encontraram diferença significativa para a cor da carne e cor da gordura nas barrigas de suínos que receberam 0 e 10 ppm de ractopamina na dieta. Leick et al. (2010) analisando barrigas provenientes de suínos que receberam 0 e 5 ppm de ractopamina, não observaram mudanças na cor da gordura nos parâmetros L\*, a\* e b\* com a adição de ractopamina; resultados similares foram encontrados por Carr et al. (2005).

Tabela 6.1. Resultado da análise de variância das características físico-químicas de qualidade da barriga

	pH	Cor da carne			Cor da gordura		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Gênero x Ractopamina	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Gênero	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Ractopamina	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Genética/ Condições	ns	*	*	*	*	*	ns
CV (%) <sup>1</sup>	1,96	15,6	30,2	16,8	4,12	33,8	16,8

Valores de  $p < 0,05$  diferem entre si ao nível de 5 % de significância, representados com um asterisco (\*).

Valores de  $p > 0,05$  não diferem entre si ao nível de 5 % de significância, representados com a sigla ns (não-significativo)

<sup>1</sup> CV - Coeficiente de Variação (100 x desvio padrão / média)

A Figura 6.2(i) mostra a cor da carne da barriga em função do gênero, na qual observa-se que a barriga dos suínos castrados e imunocastrados apresentaram menores valores para o parâmetro a\* comparado com a barriga da fêmea, fato este que segundo Carr et al. (2005) indica baixos índices de oximioglobina presente nas barrigas, possivelmente devido ao efeito da diluição causada pela hipertrofia da fibra muscular.

Valores mais elevados para os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  para a cor da carne e cor da gordura foram obtidos para a barriga da granja Água Branca (genética Topigs) comparado com a granja Bressiani (genética Agroceres PIC). Diferentemente do que ocorreu com a cor da carne da barriga para o parâmetro  $b^*$  o qual se apresentou mais elevado para a granja Bressiani (Figura 6.2(ii)).

A cor da gordura da barriga dos animais castrados fisicamente que não receberam ractopamina na dieta apresentou menor valor de  $L^*$  ( $L^* = 69$ ), portanto mais escura, quando comparada com as fêmeas ( $L^* = 72$ ); porém, a cor da gordura da barriga dos animais imunocastrados ( $L^* = 71$ ) não diferiu da cor da barriga dos castrados e das fêmeas, como mostra a Figura 6.3.

Figura 6.2 - Resultados dos parâmetros de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para carne da barriga em função do gênero (i) e para carne e gordura para as duas genéticas em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate (ii).

Erro Padrão ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio padrão; n = número de replicatas) está indicado na vertical das barras para  $L^*$ ;  $a^*$ ;  $b^*$ . Letras minúsculas diferentes nas barras diferem significativamente entre si a nível de 5%.

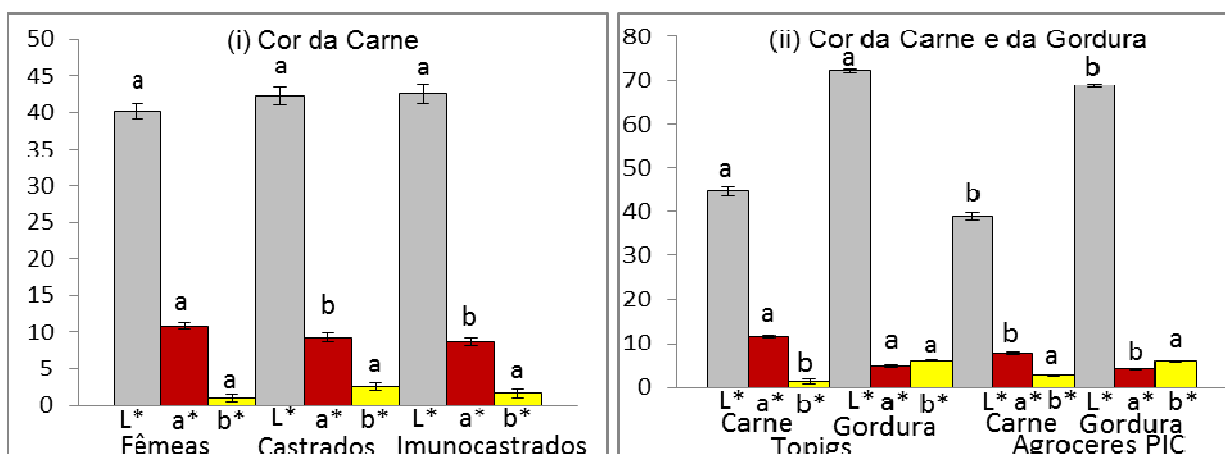
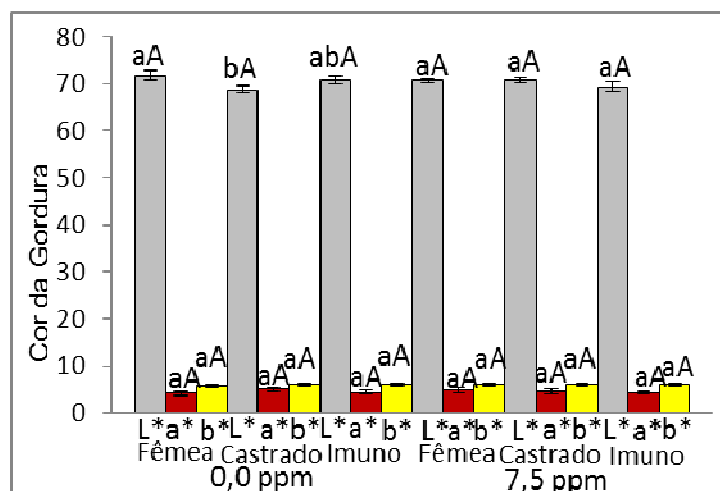


Figura 6.3 - Resultados dos parâmetros de cor L\*, a\* e b\* para gordura da barriga para a interação de gênero e ractopamina.

Erro Padrão ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ ), onde S = Desvio padrão; n = número de replicatas) está indicado na vertical das barras para L\*; a\*, b\*.

<sup>AB</sup> Letras maiúsculas diferentes nas barras diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina.

<sup>ab</sup> Letras minúsculas diferentes nas barras diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero.



#### 6.4.2. Resultados para Composição Centesimal

As Tabelas 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 apresentam os resultados das análises de composição centesimal da barriga. Na Tabela 6.2 observa-se que o gênero apresentou diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para as análises de proteínas e lipídeos. A Tabela 6.3 mostra os resultados para os teores de proteínas, lipídeos e cinzas em função do gênero. As barrigas dos animais imunocastrados apresentaram menor teor de lipídeos e maior conteúdo de proteínas. Os animais castrados que receberam ractopamina na dieta apresentaram maiores quantidades de proteínas comparados com os castrados que não receberam ractopamina na dieta (Tabela 6.5).

Tabela 6.2. Resultados da análise de variância para composição centesimal da barriga e da espessura do toucinho

	Proteínas (%)	Lipídeos (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Carboidratos (%)	Espessura do toucinho (cm)
Gênero x Ractopamina	*	ns	ns	ns	*	ns
Gênero	*	*	ns	*	ns	*
Ractopamina	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Genética/ Condições	*	*	*	ns	*	ns
CV (%) <sup>1</sup>	12,9	15,8	9,35	9,38	14,0	17,9

Valores de  $p < 0,05$  diferem entre si ao nível de 5 % de significância, representados com um asterisco (\*).

Valores de  $p > 0,05$  não diferem entre si ao nível de 5 % de significância, representados com a sigla ns (não-significativo)

<sup>1</sup> CV - Coeficiente de Variação (100 x desvio padrão / média)

Tabela 6.3. Resultados médios para os teores de proteínas, lipídeos e cinzas em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Proteínas (%)	13,98 <sup>A</sup>	12,07 <sup>B</sup>	12,79 <sup>AB</sup>	0,537
Lipídeos (%)	30,01 <sup>AB</sup>	33,40 <sup>A</sup>	26,57 <sup>B</sup>	1,344
Cinzas (%)	0,793 <sup>A</sup>	0,719 <sup>AB</sup>	0,705 <sup>B</sup>	0,019

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM – Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ ), onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Hoffman et al. (2005) em estudo com diferentes genéticas (suínos Kolbroek e africanos) encontraram diferenças significativas para os teores de lipídeos e proteínas, os quais observaram que a quantidade de proteínas e lipídeos na barriga estava diretamente relacionada com a genética. No presente estudo, as barrigas da granja Bressiani (genética Agroceres PIC) apresentaram maior quantidade de proteínas e menor teor

de lipídeos em relação a granja Água Branca (genética Topigs) (Tabela 6.4).

Tabela 6.4. Resultados médios para os teores de proteínas, lipídeos, umidade e carboidratos em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Proteínas (%)	12,37 <sup>B</sup>	13,52 <sup>A</sup>	0,449
Lipídeos (%)	31,87 <sup>A</sup>	28,11 <sup>B</sup>	1,278
Umidade (%)	50,84 <sup>B</sup>	56,38 <sup>A</sup>	1,181
Carboidratos (%)	4,182 <sup>A</sup>	1,235 <sup>B</sup>	0,875

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Scramlin et al. (2008) encontraram maior teor de umidade e menor teor de lipídeos para as fêmeas comparadas com os machos com diferentes níveis de ractopamina na dieta dos suínos (0, 5 e 7,4 ppm). Na mesma pesquisa, as fêmeas também demonstraram maior quantidade de carne na fatia das barrigas, por meio, da análise de área utilizando Adobe Photoshop, cujo resultado refletiu na composição centesimal. Esses pesquisadores, de modo semelhante ao presente estudo, não encontraram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para a adição de ractopamina na dieta dos suínos (Tabela 6.2).

Tabela 6.5. Resultados médios para os teores de proteínas e carboidratos para os efeitos combinados de gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Proteínas (%)	0,0	14,94 <sup>aA</sup>	10,82 <sup>bB</sup>	12,21 <sup>bA</sup>	0,533
	7,5	13,01 <sup>aA</sup>	13,33 <sup>aA</sup>	13,37 <sup>aA</sup>	0,615
Carboidratos (%)	0,0	2,963 <sup>aA</sup>	0,396 <sup>bA</sup>	7,869 <sup>aA</sup>	1,555
	7,5	2,431 <sup>aA</sup>	2,020 <sup>aA</sup>	0,582 <sup>aB</sup>	0,570

<sup>aB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

#### 6.4.3. Resultados para Espessura do Toucinho

A análise para espessura de toucinho da barriga demonstrou haver diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) somente em função do gênero, como mostrado nas Tabelas 6.2 e 6.6. A barriga das fêmeas apresentou menor espessura de toucinho comparada com a barriga dos imunocastrados. As fêmeas apresentaram menor peso da barriga, como mostrou Silva et al. (2015) em pesquisa anterior utilizando os mesmos animais, podendo ter influenciado na espessura do toucinho desses animais. Entretanto, Correa et al. (2008) encontrou menor espessura da barriga das fêmeas dos suínos da genética Duroc x (Landrace x Yorkshire) comparado com a barriga dos castrados. Não foram encontradas diferenças entre as duas genéticas nas diferentes granjas comerciais estudadas, possivelmente considerando que os cruzamentos Duroc x Landrace estejam presentes nas duas linhagens genéticas.

Tabela 6.6. Resultados médios para a espessura do toucinho em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Espessura do toucinho (cm)	2,262 <sup>B</sup>	2,320 <sup>AB</sup>	2,652 <sup>A</sup>	0,979

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Ferreira et al. (2011) relataram que houve redução na espessura de toucinho da barriga de fêmeas e castrados com a adição de até 15 ppm de ractopamina na dieta. Diversos autores relataram a diminuição da deposição de gordura na carcaça de suínos alimentados com ractopamina (MIMBS et al., 2005; SEE et al., 2004), porém, ainda não há consenso se esta diminuição deve-se à redução da lipogênese ou ao aumento da lipólise. Entretanto, nenhuma influência foi encontrada no presente estudo devido a adição da ractopamina na espessura do toucinho.

#### 6.4.4. Resultados para o Perfil de Ácidos Graxos

Os resultados do perfil de ácidos graxos da barriga em função do gênero, dos níveis de ractopamina, da interação (gênero e ractopamina) para as duas granjas estudadas estão apresentadas nas Tabelas 6.7, 6.8, 6.9, 6.10 e 6.11.

As barrigas provenientes dos suínos imunocastrados apresentaram maiores teores de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA total), ácido linoleico (C18:2n6), ácido linolênico (C18:3n3), ácido araquidônico (C20:4n6), ômega-3 (total n-3) e ômega-6 (total n-6) e menor teor de ácido palmítico (C16:0), quando comparado com as barrigas dos animais

castrados (Tabela 6.8). Segundo Furman et al. (2010), alto teor de ácidos graxos insaturados ocorre em paralelo com menor teor de lipídeos totais (Tabela 6.3), porque suínos mais magros sintetizam pequenas quantidades de ácidos graxos nos tecidos provocando um aumento da proporção de ácidos graxos insaturados recebidos na dieta.

Tabela 6.7. Resultado da análise de variância para o perfil dos ácidos graxos da gordura da barriga

	Gênero x Ractopamina	Gênero	Ractopamina	Genética/ Condições	CV (%) <sup>1</sup>
Total SFA	*	*	ns	*	5,71
Mirístico (C14:0)	ns	*	ns	ns	10,3
Palmítico (C16:0)	ns	*	ns	*	5,17
Esteárico (C18:0)	ns	ns	ns	*	10,5
Araquídico (C20:0)	ns	ns	ns	*	13,7
Total MUFA	*	*	ns	ns	3,62
Palmitoleico (C:16:1c)	ns	ns	ns	ns	11,6
Oleico (C18:1n9)	*	*	ns	ns	3,60
Vaccênico (C18:1trans11)	ns	ns	ns	*	6,69
Gadoléico (C20:1w9)	ns	ns	ns	*	12,9
Total PUFA	ns	*	ns	*	12,1
Linoleico (C18:2n6)	ns	*	ns	*	12,3
Linolênico (C18:3n3)	ns	*	ns	*	13,9
Araquidônico (C20:4n6)	ns	*	*	*	16,0
Outros ácidos graxos	ns	*	ns	ns	9,80
Total n-3	ns	*	ns	*	13,9
Total n-6	ns	*	ns	*	12,1
Total trans	ns	*	ns	*	26,8
Valor de iodo	ns	*	ns	*	4,93

Valores de  $p < 0,05$  diferem entre si ao nível de 5 % de significância, representados com um asterisco (\*).

Valores de  $p > 0,05$  não diferem entre si ao nível de 5 % de significância, representados com a sigla ns (não-significativo)

<sup>1</sup> CV - Coeficiente de Variação (100 x desvio padrão / média)



A barriga das fêmeas apresentou menor concentração de ácidos graxos saturados (SFA total), para ácido mirístico (C14:0) e para ácido palmítico (C16:0) comparada com a barriga de suínos castrados (Tabela 6.8).

Houben e Krol (1983) sugerem que um tecido adiposo de boa qualidade nutricional deve conter menos de 15% de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA total) e mais de 12% ácido linoleico (C18:2n-6). As barrigas dos animais imunocastrados, no presente estudo, apresentaram 15,7% de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA total) e 14,7% de ácido linoleico (C18:2n-6) valores acima dos níveis sugeridos.

Tabela 6.8. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmeas	Castrados	Imunocastrados	
Total SFA	35,87 <sup>B</sup>	37,57 <sup>A</sup>	36,45 <sup>AB</sup>	2,012
Mirístico (C14:0)	1,301 <sup>B</sup>	1,453 <sup>A</sup>	1,400 <sup>AB</sup>	0,122
Palmítico (C16:0)	23,18 <sup>B</sup>	24,43 <sup>A</sup>	23,33 <sup>B</sup>	1,083
Total MUFA	46,37 <sup>A</sup>	45,25 <sup>AB</sup>	44,66 <sup>B</sup>	1,452
Oleico (C18:1n9)	40,73 <sup>A</sup>	39,57 <sup>B</sup>	39,13 <sup>B</sup>	1,233
Total PUFA	14,89 <sup>AB</sup>	14,08 <sup>B</sup>	15,66 <sup>A</sup>	1,717
Linoleico (C18:2n6)	13,97 <sup>AB</sup>	13,24 <sup>B</sup>	14,68 <sup>A</sup>	1,637
Linolênico (C18:3n3)	0,637 <sup>B</sup>	0,601 <sup>B</sup>	0,694 <sup>A</sup>	0,082
Araquidônico (C20:4n6)	0,290 <sup>A</sup>	0,239 <sup>B</sup>	0,283 <sup>A</sup>	0,037
Outros ácidos graxos	2,867 <sup>B</sup>	3,095 <sup>AB</sup>	3,215 <sup>A</sup>	0,829
Total n-3	0,637 <sup>B</sup>	0,601 <sup>B</sup>	0,694 <sup>A</sup>	0,082
Total n-6	14,24 <sup>AB</sup>	13,48 <sup>B</sup>	14,97 <sup>A</sup>	1,632
Total trans	0,232 <sup>A</sup>	0,191 <sup>AB</sup>	0,188 <sup>B</sup>	0,051
Valor de iodo	63,55 <sup>A</sup>	61,30 <sup>B</sup>	63,57 <sup>A</sup>	2,968

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

A adição da ractopamina isoladamente como um dos fatores principais não afetou o perfil de ácidos graxos na gordura da barriga, exceto para o ácido araquidônico (C20:4n6), o qual apresentou maior teor para os suínos que não receberam ractopamina na dieta (Tabela 6.9). Leick et al. (2010) e Apple et al. (2007) encontraram resultados similares para a gordura da barriga proveniente de suínos que receberam 5 e 10 ppm de ractopamina na dieta. Shook (2006) sugere que na fase do recebimento da ractopamina na dieta os suínos já estariam com as camadas externas de gordura formadas e conseqüentemente essa tecnologia não teria grandes impactos, não encontrando influência devido a adição de 10 ppm de ractopamina no perfil de ácidos graxos na barriga das fêmeas e machos castrados. Porém, em pesquisa utilizando grande quantidade de ractopamina na dieta (20 ppm) foram observadas reduções das enzimas lipogênicas e na síntese “de novo” dos ácidos graxos (Mills et al., 1990). A síntese “de novo” de ácidos graxos ocorre através de uma série de reações enzimáticas iniciadas pela presença do acetil-Coenzima no citossol (CURI et al., 2001).

As barrigas da granja Bressiani (genética Agrocere PIC) apresentaram teores de ácidos poli-insaturados (PUFA total) e valor de iodo em maior proporção do que a granja Água Branca (genética Topigs) (Tabela 6.10), indicando maior concentração de gordura benéfica à saúde. É fato que a seleção genética de suínos tem contribuído muito para uma mudança no grau de saturação da gordura subcutânea para uma forma menos saturada, desde estudos antigos (SCOTT et al., 1981).

Tabela 6.9. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função do nível de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Araquidônico (C20:4n6)	0,280 <sup>A</sup>	0,259 <sup>B</sup>	0,042

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela 6.10. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Total SFA	37,82 <sup>A</sup>	35,40 <sup>B</sup>	0,350
Palmítico (C16:0)	24,21 <sup>A</sup>	23,18 <sup>B</sup>	0,226
Esteárico (C18:0)	12,07 <sup>A</sup>	10,73 <sup>B</sup>	0,204
Araquídico (C20:0)	0,161 <sup>B</sup>	0,183 <sup>A</sup>	0,004
Vaccênico (C18:1trans11)	2,508 <sup>A</sup>	2,410 <sup>B</sup>	0,033
Gadoléico (C20:1w9)	0,666 <sup>B</sup>	0,757 <sup>A</sup>	0,016
Total PUFA	13,63 <sup>B</sup>	16,15 <sup>A</sup>	0,266
Linoleico (C18:2n6)	12,75 <sup>B</sup>	15,20 <sup>A</sup>	0,247
Linolênico (C18:3n3)	0,597 <sup>B</sup>	0,702 <sup>A</sup>	0,014
Araquidônico (C20:4n6)	0,298 <sup>A</sup>	0,251 <sup>B</sup>	0,008
Total n-3	0,597 <sup>B</sup>	0,702 <sup>A</sup>	0,014
Total n-6	13,14 <sup>B</sup>	15,44 <sup>A</sup>	0,253
Total trans	0,223 <sup>A</sup>	0,184 <sup>B</sup>	0,010
Valor de iodo	60,60 <sup>B</sup>	65,18 <sup>A</sup>	0,441

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Os animais imunocastrados que receberam ractopamina na dieta (efeito combinado) apresentaram menores teores de ácidos graxos saturados (SFA total) comparado com os castrados. As fêmeas que

receberam ractopamina na dieta apresentaram maior teor de ácido oleico (C18:1n9) comparado com os castrados (Tabela 6.11).

Na alimentação humana, o teor de ácidos graxos insaturados (PUFA total), ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6) são importantes. Porém, a alta ingestão de ômega-6 pode impactar negativamente a saúde humana, resultando em uma produção excessiva de eicosanoides, a qual, eventualmente, poderia conduzir à hipertensão arterial, inflamação e risco para o desenvolvimento de doenças (CURTI et al. 2001). A proporção entre total ômega-6 (n-6) : total ômega-3 (n-3) em todos os grupos foi maior do que o recomendado ou comumente aceito (4:1) para a carne suína (WOOD et al., 2008). O principal ácido graxo fonte de ômega-3 (n-3) encontrado foi o ácido linolênico (C18:3n3), enquanto os principais ácidos como fontes de ômega-6 (n-6) foram o ácido linoléico (C18:2n6) e o ácido araquidônico (C20:4n6).

Tabela 6.11. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da interação entre o gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmeas	Castrados	Imunocastrados	
Total SFA	0,0	35,71 <sup>aA</sup>	36,98 <sup>aA</sup>	37,14 <sup>aA</sup>	2,230
	7,5	36,03 <sup>abA</sup>	38,15 <sup>aA</sup>	35,66 <sup>bA</sup>	1,712
Total MUFA	0,0	46,16 <sup>aA</sup>	45,99 <sup>aA</sup>	43,73 <sup>bA</sup>	1,072
	7,5	46,57 <sup>aA</sup>	44,51 <sup>aA</sup>	45,73 <sup>aA</sup>	1,519
Oleico (C18:1n9)	0,0	40,61 <sup>aA</sup>	40,20 <sup>aA</sup>	38,37 <sup>bA</sup>	0,775
	7,5	40,85 <sup>aA</sup>	38,94 <sup>bA</sup>	39,99 <sup>abA</sup>	1,420

<sup>aB</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \sqrt{\frac{S^2}{n}}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

A relação PUFA:SFA na dieta é usada como parâmetro de risco para doenças cardiovasculares em humanos. Todos os valores obtidos para a relação PUFA:SFA mostraram próximos da aceitável ( $\geq 0,4$ ); com exceção da relação para os animais castrados (0,37) e para a granja Água Branca (0,36), os quais apresentaram limites inferiores ao recomendado nutricionalmente (WHO, 2003; FURMAN et al., 2010).

O valor de iodo mostrou influência significativa ( $P < 0,05$ ) para o gênero (Tabela 6.8). As barrigas dos animais fêmeas e imunocastrados apresentaram maiores valores de iodo comparativamente com as barrigas dos animais castrados. A alteração no valor de iodo ocorre principalmente com a diminuição na concentração do ácido palmítico (C16:0), ácido mirístico (C14:0) e ácidos saturados totais (SFA total), observada nos animais imunocastrados. O valor do iodo é uma medida do grau de insaturação presente na gordura e, portanto, é um indicador de firmeza da gordura. Os resultados obtidos no presente estudo não ultrapassaram o máximo de 70 para o valor de iodo, índice normalmente aceito por indústrias como padrão e considerado como referência para a gordura ser classificada como de alta qualidade (LEA et al., 1970). O teor de ácidos graxos insaturados na barriga é uma grande preocupação para a indústria, uma vez que barrigas muito moles podem prejudicar no fatiamento do bacon e na separação da gordura da carne durante o fatiamento, além de eventualmente poder causar aumento na taxa de oxidação (NPPC, 1999).

## 6.5. Conclusão

A adição de ractopamina não influenciou a espessura do toucinho, diferentemente, o gênero para as duas linhagens genéticas nas diferentes granjas comerciais investigadas resultou em diferenças significativas. As barrigas das fêmeas apresentaram menores espessuras, resultados já

esperados por serem animais mais leves do que os machos castrados e imunocastrados.

As características de pH e cor da carne e cor da gordura das barrigas também não foram influenciadas pela adição de ractopamina, porém, as duas linhagens genéticas nas diferentes granjas comerciais estudadas tiveram algum efeito na cor da carne e na cor da gordura.

A adição de 7,5 ppm de ractopamina na dieta influenciou somente na redução do teor de ácido araquidônico (C20:4n6). Os conteúdos de ácidos graxos poli-insaturados totais (PUFA total), ácido linoleico (C18:2n6), ácido linolênico (C18:3n3), ácido araquidônico (C20:4n6), ômega-3 (total n-3) e ômega-6 (total n-6) foram maiores para os animais imunocastrados e menor teor de ácido palmítico (C16:0) quando comparados com as barrigas dos animais castrados. Os resultados sugerem que a técnica da imunocastração proporciona um perfil de ácidos graxos de boa qualidade nutricional, indicada pela relação PUFA:SFA maior do que 0,4. Esses resultados apresentados para os suínos imunocastrados indicam que essa tecnologia pode ser utilizada como uma alternativa de substituição da castração cirúrgica contribuindo também para um menor índice de estresse para os animais machos.

## **6.6. Referências Bibliográficas**

AOAC. Official Methods of Analysis. 18<sup>th</sup> Edition ed. Assoc. Off. Anal. Chem. Arlington, VA, 2005.

AOCS. Recommended practice Cd 1c-85. In Official Methods and Recommended Practices of the AOCS, (5th ed.). American Oil Chemists Society, Champaign, Il, 1998.

APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; SAWYER, J. T.; KUTZ, B. R.; RAKES, L. K.; DAVIS, M. E.; JOHNSON, Z. B.; CARR, S. N.; ARMSTRONG, T. A. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on quality characteristics of fresh pork bellies. *Journal of Animal Science*, v.85, p.2682-2690, 2007.

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*, v.89, p.210-220, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. (Aprovado pelo decreto nº30.691 de 29 de março de 1952, modificado pelo decreto nº1.255 de 25 de junho de 1962, 1.236 de 02 de setembro de 1994, nº1.812 de 08 de fevereiro de 1996 e nº2.244 de 05 de junho de 1997). Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. DIPOA – MAPA, Brasília-DF, p.241, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Instrução Normativa. n.3, de janeiro 17, 2000.

CANTARELLI, V. S.; ZANGERONIMO, M. G.; ALMEIDA, E. C.; WOLP, R. C.; PEREIRA, L. M.; FIALHO, E. T. Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. *Acta Scientiarum Animal Science*, v.2, p.165-171, 2008.

CARR, S. N.; IVERS, D. J.; ANDERSON, D. B.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; ENGLAND, M. B.; KILLEFER, J.; RINCKER, P. J.; MCKEITH, F. K. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. *Journal of Animal Science*, v.83, p.2886–2893, 2005.

CORREA, J. A.; GARIEPY, C.; MARCOUX, M.; FAUCITANO, L. Effects of growth rate, sex and slaughter weight on fat characteristics of pork bellies. *Meat Science*, v. 80, p.550-554, 2008.

CURI, R.; POMPÉIA, C.; MIYASAKA, C. K.; PROCOPIO, J. Entendendo a gordura. Os ácidos graxos. 1 ed. Manole Ltda, 2001.

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

FERNANDES, T. Utilização de beta-agonistas como estimuladores do crescimento em animais destinados à produção de carne. In: IPPA-Instituto de Protecção da Produção Agro-Alimentar. Utilização dos promotores de crescimento (beta-agonistas) em animais destinados à produção de carne, 1995. **Anais...** Lisboa: IPPA, 1995. p.39-49.

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

FERREIRA, M. S. S.; SOUSA, R. V.; SILVA, V. O.; ZANGERÔNIMO, M. G.; AMARAL, N. O. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v.33, n.1, p.25-32, 2011.

FURMAN, M.; MALOVRH, S.; LEVART, A.; KOVAC, M. Fatty acid composition of meat and adipose tissue from Krskopolje pigs and commercial fatteners in Slovenia. *Archiv Tierzucht*, v.1, p.73-84, 2010.

HALSEY, C. H. C.; WEBER, P. S.; REITER, S. S.; STRONACH, B. N.; BARTOSH, J. L.; BERGEN, W. G. The effect of ractopamine hydrochloride on gene expression in adipose tissues of finishing pigs. *Journal of animal Science*, v.89, p.1011-1019, 2011.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory Practice*, v.22, n.8, p.475-481, 1973.

HOFFMAN, L. C.; STYGER, E.; MULLER, M.; BRAND, T. S. Sensory, physical and chemical quality characteristics of bacon derived from South African indigenous and commercial pig breeds. *Journal of Animal Science*, v.6, p.36-48, 2005.

HOUBEN, J. H.; KROL, B. Pig fats and the manufacture and storage of meat products. In *Fat Quality in Lean Pigs, Workshop in EEC programme*, Brussels, p.15-26, 1983.



JABAAY, R. W.; FORREST, J. C.; ABERLE, E. D.; COURTENAY, H. V.; JUDGE, M. D. Bacon quality criteria and associated carcass traits. *Journal of Food Science*, v.41, p.431-437, 1976.

LEA, C. H.; SWOBODA P. A. T.; GATHERUM D. P. A chemical study of soft fat in crossbred pigs. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, v.74, p.1-11, 1970.

LEICK, C. M.; PULS, C. L.; ELLIS, M.; KILLEFER, J.; CARR, T. R.; SCRAMLIN, S. M.; ENGLAND, M. B.; GAINES, A. M.; WOLTER, B. F.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *Journal of Animal Science*, v.88, p.2751-2766, 2010.

MILLS, S. E.; LIU, C. Y.; SCHINCKEL, A. P. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. *Domestic Animal Endocrinology*, v.7, p.251-264, 1990.

MIMBS, K. J.; PRINGLE, T. D.; AZAIN, M. J.; MEERS, S. A.; ARMSTRONG, T. A. (2005) Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. *Journal of Animal Science*, v.83, n.6, p.1361-1369, 2005.

NPPC. National Pork Production Council. Pork composition and quality assessment procedures. Des Moines, IA, 1999.

PRUNIER, A.; BONNEAU, M.; VON BORELL, E. H.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, B.; GIERSING, M.; MORTON, D. B.; TUYTTENS, F. A. M.; VELARDE, A. The review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and the evaluation of non-surgical methods. *Journal Animal Welfare*, v.15, n.1, p.277-289, 2006.

SCOTT, R. A.; CORNELIUS, S. G.; MERSMANN, H. J. Fatty acid composition of adipose tissue from lean and obese swine. *Journal of Animal Science*. v.53, p.977-981, 1981.

SCRAMLIN, S. M.; CARR, S. N.; PARKS, C. W.; FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M.; LEICK, C. M.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. *Meat Science*, v.80, p.1218-1221, 2008.

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*, v.82, p.2474–2480, 2004.

SHOOK, J. N. The interaction of ractopamine hydrochloride, protein, and gender, on live animal performance, carcass cut-ability, quality, belly firmness, and fatty acid composition in swine. 2006. Tese (PhD). Universidade de Georgia, 2006.

SILVA, L. C. C.; DARROS-BARBOSA, R.; BOLER, D. D.; SILVEIRA, E. T. F. Effects of ractopamine hydrochloride and immunological castration in pigs. Part 1: Fresh belly characteristics for bacon processing. *Meat Science*, submetido, 2015.

STATSOFT, Inc. STATISTICA Data Analysis Software System, versão 7. Tulsa, OK, USA, 2004.

WARRISS, P. D. Meat Science: na introductory text. 2 ed. Wallingford: CABI Publishing, p.384, 2010.

WARRISS, P. D. Beta-adrenergic agonist for pigs: development and commercial aspects. Society of Feed Technologist's Conference on New Development in Pig Nutrition and Feeding, 1989.

WHO, J. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series 916, Geneva:56, 2003.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, v.78, p.343-58, 2008.

## **CAPITULO 7**

### **CONCLUSÕES FINAIS**

De modo geral, não foi observada interação entre ractopamina e condição sexual, indicativo de que as tecnologias utilizadas não apresentaram impacto significativo sobre a característica da barriga e qualidade do bacon. Porém alguns aspectos pontuais foram favoráveis aos animais que receberam ractopamina na dieta e aos animais imunocastrados.

As barrigas dos animais imunocastrados apresentaram menor teor de lipídeos e maior conteúdo de proteínas. Os suínos castrados cirurgicamente que receberam ractopamina na dieta apresentaram maiores quantidades de proteínas comparados com os castrados que não receberam ractopamina na dieta.

A adição de ractopamina da dieta de suínos melhorou as características da barriga aumentando o rendimento na salga e o rendimento do processamento do bacon, não influenciando negativamente na espessura da barriga e na espessura do toucinho, independentemente das duas linhagens genéticas de suínos nas diferentes granjas comerciais.

Os animais castrados e imunocastrados apresentaram barrigas com maior flexibilidade (“flex test”) em comparação com as das fêmeas, sem efeito significativo sobre o rendimento do processamento do bacon. As barrigas das fêmeas apresentaram menores espessuras do toucinho, resultados já esperados por serem animais mais leves do que os machos castrados e imunocastrados.

A adição de ractopamina na dieta também afetou positivamente a perda de cocção do bacon, sugerindo que as fatias de bacon teriam maior palatabilidade e aceitação pelos consumidores.

As características de pH e cor da carne e cor da gordura das barrigas não foram influenciadas pela adição de ractopamina, porém, as duas linhagens genéticas nas diferentes granjas comerciais estudadas

tiveram efeitos diferentes sobre a cor da carne e a cor da gordura das barrigas.

A adição de ractopamina na dieta e combinada com a imunocastração não influenciou ou apresentou pouca influência nos valores de pH, na cor da carne e da gordura, e na oxidação lipídica no primeiro dia e após 30 dias de estocagem do bacon para as duas linhagens genéticas nas diferentes granjas comerciais estudadas, não afetando os parâmetros de qualidade do bacon.

Os suínos da linhagem genética Topigs (granja Água Branca) mostraram ter influência positiva sobre a maioria das características da barriga (flexibilidade e rendimento na salga) em comparação com a genética Agroceres PIC (granja Bressiani), fato este provavelmente relacionado à sua alta resistência imunológica associada a essa linhagem. A genética Agroceres PIC, por sua vez, desenvolvida para produzir maior deposição de carne magra, tal como observado no presente estudo, cujo bacon produzido apresentou maior quantidade de carne e menor de gordura, mostrando serem barrigas mais desejáveis para as indústrias e para os consumidores.

A técnica de processamento digital das imagens da barriga mostrou ser satisfatória como método de avaliação rápido e eficiente para caracterização da quantidade de carne e gordura presentes na fatia do bacon, parâmetros esses de grande importância para avaliação da qualidade.

Quanto ao perfil de ácidos graxos, a adição de ractopamina na dieta influenciou somente na redução do teor de ácido araquidônico (C20:4n6). Os conteúdos de ácidos graxos poli-insaturados totais (PUFA total), ácido linoleico (C18:2n6), ácido linolênico (C18:3n3), ácido araquidônico (C20:4n6), ômega-3 (total n-3) e ômega-6 (total n-6) foram maiores para os animais imunocastrados e menor teor de ácido palmítico (C16:0) quando comparados com as barrigas dos animais castrados cirurgicamente. Os

resultados demonstraram que a técnica da imunocastração proporciona um perfil de ácidos graxos de boa qualidade nutricional, indicada pela relação PUFA:SFA maior do que 0,4, proporcionando um perfil de ácidos graxos favorável para a melhor qualidade da barriga.

Os resultados da análise sensorial demonstraram aceitação pelos consumidores para as barrigas dos suínos para todos os tratamentos, independentemente da adição ou não de ractopamina ou do gênero.

## **Apêndice 1**

Resultados Completos do Artigo:

“Effects of Ractopamine Hydrochloride and Immunological Castration in Pigs. Part 1: Fresh Belly Characteristics for Bacon Processing”

## Apêndice 1.

Tabela A1.1. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Flexibilidade (cm)	11,59 <sup>B</sup>	14,61 <sup>A</sup>	13,59 <sup>AB</sup>	0,798
Comprimento (cm)	36,40 <sup>A</sup>	37,76 <sup>A</sup>	37,25 <sup>A</sup>	0,675
Largura (cm)	25,17 <sup>A</sup>	25,92 <sup>A</sup>	25,30 <sup>A</sup>	0,506
Espessura (cm)	3,454 <sup>AB</sup>	3,668 <sup>A</sup>	3,396 <sup>B</sup>	0,075
Peso da barriga (kg)	3,647 <sup>B</sup>	4,332 <sup>A</sup>	3,884 <sup>B</sup>	0,145
Rendimento na salga (%)	100,2 <sup>B</sup>	101,7 <sup>A</sup>	100,3 <sup>AB</sup>	0,175
Rendimento após processamento do bacon (%)	82,63 <sup>A</sup>	83,97 <sup>A</sup>	82,59 <sup>A</sup>	0,479

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A1.2. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Flexibilidade (cm)	12,87 <sup>A</sup>	13,53 <sup>A</sup>	0,687
Comprimento (cm)	36,51 <sup>A</sup>	37,76 <sup>A</sup>	0,543
Largura (cm)	25,64 <sup>A</sup>	25,29 <sup>A</sup>	0,413
Espessura (cm)	3,430 <sup>A</sup>	3,579 <sup>A</sup>	0,064
Peso da barriga (kg)	3,863 <sup>A</sup>	4,031 <sup>A</sup>	0,129
Rendimento na salga (%)	100,6 <sup>B</sup>	101,1 <sup>A</sup>	0,141
Rendimento após processamento do bacon (%)	82,44 <sup>B</sup>	83,68 <sup>A</sup>	0,430

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)



Tabela A1.3. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Flexibilidade (cm)	14,65 <sup>A</sup>	11,35 <sup>B</sup>	0,612
Comprimento (cm)	35,83 <sup>B</sup>	38,44 <sup>A</sup>	0,487
Largura (cm)	24,08 <sup>B</sup>	26,84 <sup>A</sup>	0,295
Espessura (cm)	3,552 <sup>A</sup>	3,452 <sup>A</sup>	0,065
Peso da barriga (kg)	3,637 <sup>B</sup>	4,270 <sup>A</sup>	0,114
Rendimento na salga (%)	101,8 <sup>A</sup>	100,0 <sup>B</sup>	0,126
Rendimento após processamento do bacon (%)	83,22 <sup>A</sup>	82,91 <sup>A</sup>	0,427

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A1.4. Resultados médios das características da barriga e rendimento do processamento, em função da interação entre o gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Flexibilidade (cm)	0,0	11,53 <sup>aA</sup>	13,97 <sup>aA</sup>	13,27 <sup>aA</sup>	1,208
	7,5	11,64 <sup>aA</sup>	15,13 <sup>aA</sup>	13,91 <sup>aA</sup>	1,109
Comprimento (cm)	0,0	36,52 <sup>aA</sup>	36,76 <sup>aA</sup>	36,27 <sup>aA</sup>	0,951
	7,5	36,29 <sup>aA</sup>	38,77 <sup>aA</sup>	38,23 <sup>aA</sup>	0,901
Largura (cm)	0,0	25,36 <sup>aA</sup>	26,49 <sup>aA</sup>	25,06 <sup>aA</sup>	0,775
	7,5	24,97 <sup>aA</sup>	25,36 <sup>aA</sup>	25,54 <sup>aA</sup>	0,636
Espessura (cm)	0,0	3,412 <sup>aA</sup>	3,546 <sup>aA</sup>	3,335 <sup>aA</sup>	0,119
	7,5	3,491 <sup>aA</sup>	3,765 <sup>aA</sup>	3,457 <sup>aA</sup>	0,089
Peso da barriga (kg)	0,0	3,640 <sup>aA</sup>	4,341 <sup>aA</sup>	3,654 <sup>aA</sup>	0,196
	7,5	3,654 <sup>aA</sup>	4,324 <sup>aA</sup>	4,114 <sup>aA</sup>	0,209
Rendimento na salga (%)	0,0	99,78 <sup>aA</sup>	101,6 <sup>aA</sup>	100,1 <sup>aA</sup>	0,212
	7,5	101,6 <sup>aA</sup>	101,8 <sup>aA</sup>	100,5 <sup>aA</sup>	0,251
Rendimento após processamento do bacon (%)	0,0	82,62 <sup>aA</sup>	83,47 <sup>aA</sup>	81,24 <sup>aA</sup>	0,663
	7,5	82,63 <sup>aA</sup>	84,46 <sup>aA</sup>	83,96 <sup>aA</sup>	0,625

<sup>aB</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A1.5. Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Área da carne primária (cm <sup>2</sup> )	28,56 <sup>A</sup>	29,99 <sup>A</sup>	28,07 <sup>A</sup>	0,929
Área da carne secundária (cm <sup>2</sup> )	13,04 <sup>A</sup>	13,70 <sup>A</sup>	13,66 <sup>A</sup>	0,641
Área total da fatia (cm <sup>2</sup> )	89,34 <sup>B</sup>	99,23 <sup>A</sup>	89,03 <sup>B</sup>	2,163
Área da carne (%)	46,62 <sup>A</sup>	44,31 <sup>A</sup>	46,96 <sup>A</sup>	0,851
Área da gordura (%)	53,37 <sup>A</sup>	55,69 <sup>A</sup>	53,04 <sup>A</sup>	0,851

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A1.6. Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Área da carne primária (cm <sup>2</sup> )	28,36 <sup>A</sup>	29,40 <sup>A</sup>	0,760
Área da carne secundária (cm <sup>2</sup> )	13,29 <sup>A</sup>	13,66 <sup>A</sup>	0,521
Área total da fatia (cm <sup>2</sup> )	91,05 <sup>A</sup>	94,18 <sup>A</sup>	1,867
Área da carne (%)	45,94 <sup>A</sup>	45,95 <sup>A</sup>	0,713
Área da gordura (%)	54,05 <sup>A</sup>	54,06 <sup>A</sup>	0,753

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A1.7. Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Área da carne primária (cm <sup>2</sup> )	26,24 <sup>B</sup>	31,59 <sup>A</sup>	0,667
Área da carne secundária (cm <sup>2</sup> )	12,80 <sup>A</sup>	14,17 <sup>A</sup>	0,512
Área total da fatia (cm <sup>2</sup> )	87,72 <sup>B</sup>	97,63 <sup>A</sup>	1,751
Área da carne (%)	44,60 <sup>B</sup>	47,31 <sup>A</sup>	0,697
Área da gordura (%)	55,39 <sup>A</sup>	52,69 <sup>B</sup>	0,697

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A1.8. Resultados médios dos parâmetros de qualidade do bacon em função da interação entre gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Área da carne primária (cm <sup>2</sup> )	0,0	28,02 <sup>aA</sup>	29,09 <sup>aA</sup>	27,94 <sup>aA</sup>	1,321
	7,5	29,11 <sup>aA</sup>	30,89 <sup>aA</sup>	28,19 <sup>aA</sup>	1,326
Área da carne secundária (cm <sup>2</sup> )	0,0	13,28 <sup>aA</sup>	14,59 <sup>aA</sup>	11,92 <sup>aA</sup>	0,854
	7,5	12,80 <sup>aA</sup>	12,82 <sup>aA</sup>	15,31 <sup>aA</sup>	0,894
Área total da fatia (cm <sup>2</sup> )	0,0	88,14 <sup>aA</sup>	96,93 <sup>aA</sup>	87,74 <sup>aA</sup>	2,956
	7,5	90,53 <sup>aA</sup>	101,5 <sup>aA</sup>	90,25 <sup>aA</sup>	3,063
Área da carne (%)	0,0	46,91 <sup>aA</sup>	45,31 <sup>aA</sup>	45,66 <sup>aA</sup>	1,046
	7,5	46,34 <sup>aA</sup>	43,31 <sup>aA</sup>	48,18 <sup>aA</sup>	1,329
Área da gordura (%)	0,0	53,09 <sup>aA</sup>	54,69 <sup>aA</sup>	54,34 <sup>aA</sup>	1,046
	7,5	53,66 <sup>aA</sup>	56,69 <sup>aA</sup>	51,81 <sup>aA</sup>	1,329

<sup>aB</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{n}$ )<sup>1/2</sup>, onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

## **Apêndice 2**

Resultados Completos do Artigo:

“Effects of Ractopamine Hydrochloride and Immunological Castration in Pigs. Part 2: Physicochemical and Sensory Quality of Bacon”

## Apêndice 2

Tabela A2.1. Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L\*; a\*; b\*) do bacon em função do gênero e do tempo de estocagem

		Gênero			SEM	
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado		
Cor da carne	1 dia	L*	47,55 <sup>A</sup>	45,66 <sup>A</sup>	47,07 <sup>A</sup>	1,147
		a*	11,02 <sup>A</sup>	11,87 <sup>A</sup>	11,54 <sup>A</sup>	0,358
		b*	4,889 <sup>A</sup>	5,061 <sup>A</sup>	4,734 <sup>A</sup>	0,172
	30 dias	L*	53,93 <sup>A</sup>	53,69 <sup>A</sup>	54,23 <sup>A</sup>	1,144
		a*	13,89 <sup>A</sup>	14,42 <sup>A</sup>	14,99 <sup>A</sup>	0,397
		b*	4,829 <sup>B</sup>	5,381 <sup>AB</sup>	6,009 <sup>A</sup>	0,349
Cor da gordura	1 dia	L*	61,51 <sup>A</sup>	62,92 <sup>A</sup>	63,54 <sup>A</sup>	0,745
		a*	4,803 <sup>A</sup>	5,040 <sup>A</sup>	3,889 <sup>A</sup>	0,374
		b*	3,921 <sup>A</sup>	3,938 <sup>A</sup>	3,839 <sup>A</sup>	0,196
	30 dias	L*	64,63 <sup>A</sup>	70,05 <sup>A</sup>	69,40 <sup>A</sup>	2,401
		a*	4,239 <sup>A</sup>	3,955 <sup>A</sup>	3,000 <sup>B</sup>	0,263
		b*	5,497 <sup>A</sup>	5,154 <sup>A</sup>	4,853 <sup>A</sup>	0,288

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.2. Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L\*; a\*; b\*) do bacon em função dos níveis de ractopamina e do tempo de estocagem

		Ractopamina (ppm)		SEM	
		0,0	7,5		
Cor da carne	1 dia	L*	46,80 <sup>A</sup>	46,71 <sup>A</sup>	0,939
		a*	11,39 <sup>A</sup>	11,58 <sup>A</sup>	0,292
		b*	4,942 <sup>A</sup>	4,837 <sup>A</sup>	0,141
	30 dias	L*	54,63 <sup>A</sup>	53,05 <sup>A</sup>	0,936
		a*	14,82 <sup>A</sup>	14,05 <sup>A</sup>	0,324
		b*	5,814 <sup>A</sup>	4,998 <sup>B</sup>	0,294
Cor da gordura	1 dia	L*	63,05 <sup>A</sup>	62,27 <sup>A</sup>	0,617
		a*	4,766 <sup>A</sup>	4,329 <sup>A</sup>	0,301
		b*	4,019 <sup>A</sup>	3,776 <sup>A</sup>	0,158
	30 dias	L*	69,81 <sup>A</sup>	66,24 <sup>A</sup>	2,220
		a*	3,578 <sup>A</sup>	3,869 <sup>A</sup>	0,245
		b*	5,170 <sup>A</sup>	5,165 <sup>A</sup>	0,241

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.3. Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L\*; a\*; b\*) do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate e do tempo de estocagem

		Genética/ Condições			
		Água Branca	Bressiani	SEM	
Cor da carne	1 dia	L*	45,96 <sup>A</sup>	47,53 <sup>A</sup>	0,931
		a*	11,23 <sup>A</sup>	11,73 <sup>A</sup>	0,294
		b*	4,780 <sup>A</sup>	4,985 <sup>A</sup>	0,140
	30 dias	L*	53,64 <sup>A</sup>	54,26 <sup>A</sup>	0,944
		a*	14,14 <sup>A</sup>	14,73 <sup>A</sup>	0,327
		b*	5,219 <sup>A</sup>	5,593 <sup>A</sup>	0,303
Cor de gordura	1 dia	L*	61,53 <sup>B</sup>	63,67 <sup>A</sup>	0,593
		a*	4,687 <sup>A</sup>	4,438 <sup>A</sup>	0,313
		b*	3,841 <sup>A</sup>	3,956 <sup>A</sup>	0,159
	30 dias	L*	66,24 <sup>A</sup>	69,81 <sup>A</sup>	2,158
		a*	3,722 <sup>A</sup>	3,725 <sup>A</sup>	0,248
		b*	4,833 <sup>B</sup>	5,503 <sup>A</sup>	0,224

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)



Tabela A2.4. Resultados médios dos parâmetros de cor da carne e da gordura (L\*; a\*; b\*) do bacon em função da interação entre o gênero e ractopamina e do tempo de estocagem

	Ractopamina (ppm)		Gênero			SEM
			Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Cor da carne	1 dia	L*	47,02 <sup>aA</sup>	45,67 <sup>aA</sup>	47,71 <sup>aA</sup>	1,690
		a*	10,58 <sup>aA</sup>	12,00 <sup>aA</sup>	11,58 <sup>aA</sup>	0,567
		b*	4,955 <sup>aA</sup>	5,054 <sup>aA</sup>	4,844 <sup>aA</sup>	0,234
		L*	48,12 <sup>aA</sup>	45,66 <sup>aA</sup>	46,42 <sup>aA</sup>	1,546
		a*	11,49 <sup>aA</sup>	11,73 <sup>aA</sup>	11,50 <sup>aA</sup>	0,430
		b*	4,822 <sup>aA</sup>	5,066 <sup>aA</sup>	4,624 <sup>aA</sup>	0,290
	30 dias	L*	53,80 <sup>aA</sup>	52,70 <sup>aA</sup>	57,39 <sup>aA</sup>	1,430
		a*	14,62 <sup>aA</sup>	15,28 <sup>aA</sup>	14,56 <sup>aA</sup>	0,545
		b*	4,570 <sup>bA</sup>	5,774 <sup>abA</sup>	7,099 <sup>aA</sup>	0,315
		L*	54,05 <sup>aA</sup>	54,68 <sup>aA</sup>	51,08 <sup>aA</sup>	1,530
		a*	13,16 <sup>bA</sup>	13,56 <sup>abA</sup>	15,43 <sup>aA</sup>	0,488
		b*	5,087 <sup>aA</sup>	4,989 <sup>aA</sup>	4,919 <sup>abB</sup>	0,536
Cor da Gordura	1 dia	L*	61,00 <sup>aA</sup>	64,13 <sup>aA</sup>	64,29 <sup>aA</sup>	0,809
		a*	4,871 <sup>aA</sup>	4,245 <sup>aA</sup>	3,850 <sup>aA</sup>	0,413
		b*	3,798 <sup>aA</sup>	4,054 <sup>aA</sup>	4,206 <sup>aA</sup>	0,270
		L*	62,01 <sup>aA</sup>	62,01 <sup>aA</sup>	62,80 <sup>aA</sup>	1,145
		a*	4,735 <sup>aA</sup>	5,637 <sup>aA</sup>	3,927 <sup>aA</sup>	0,604
		b*	4,052 <sup>aA</sup>	3,821 <sup>aA</sup>	3,472 <sup>aA</sup>	0,278
	30 dias	L*	70,48 <sup>aA</sup>	69,39 <sup>aA</sup>	69,55 <sup>aA</sup>	0,909
		a*	4,435 <sup>aA</sup>	3,517 <sup>aA</sup>	2,783 <sup>bA</sup>	0,359
		b*	5,393 <sup>aA</sup>	5,627 <sup>aA</sup>	5,437 <sup>aA</sup>	0,338
		L*	58,78 <sup>aA</sup>	70,70 <sup>aA</sup>	69,25 <sup>aA</sup>	4,439
		a*	4,043 <sup>aA</sup>	4,353 <sup>aA</sup>	3,212 <sup>aA</sup>	0,345
		b*	5,600 <sup>aA</sup>	4,682 <sup>aA</sup>	4,270 <sup>aA</sup>	0,428

<sup>abD</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{n}^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.5. Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função do gênero e do tempo de estocagem

		Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
pH	1 day	5,970 <sup>A</sup>	5,916 <sup>AB</sup>	5,860 <sup>B</sup>	0,034
	30 days	6,189 <sup>B</sup>	6,230 <sup>A</sup>	6,120 <sup>C</sup>	0,012
Oxidação lipídica (mg malonaldeído/kg)	1 day	0,120 <sup>A</sup>	0,109 <sup>A</sup>	0,126 <sup>A</sup>	0,012
	30 days	0,100 <sup>A</sup>	0,109 <sup>A</sup>	0,119 <sup>A</sup>	0,011

<sup>ABC</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{SE}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.6. Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função dos níveis de ractopamina e do tempo de estocagem

		Ractopamina (ppm)		SEM
		0,0	7,5	
pH	1 dia	5,920 <sup>A</sup>	5,910 <sup>A</sup>	0,029
	30 dias	6,168 <sup>A</sup>	6,190 <sup>A</sup>	0,014
Oxidação lipídica (mg malonaldeído/kg)	1 dia	0,119 <sup>A</sup>	0,118 <sup>A</sup>	0,010
	30 dias	0,110 <sup>A</sup>	0,100 <sup>A</sup>	0,045

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{SE}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.7. Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate e do tempo de estocagem

		Genética/ Condições		
		Água Branca	Bressiani	SEM
pH	1 dia	6,030 <sup>A</sup>	5,799 <sup>B</sup>	0,023
	30 dias	6,189 <sup>A</sup>	6,170 <sup>A</sup>	0,014
Oxidação lipídica (mg malonaldeído/kg)	1 dia	0,120 <sup>A</sup>	0,118 <sup>A</sup>	0,010
	30 dias	0,110 <sup>A</sup>	0,110 <sup>A</sup>	0,009

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.8. Resultados médios para pH e oxidação lipídica do bacon em função da interação entre o gênero e ractopamina e do tempo de estocagem

		Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
			Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
pH	1 dia	0,0	5,948 <sup>aA</sup>	5,930 <sup>aA</sup>	5,878 <sup>aA</sup>	0,029
		7,5	5,979 <sup>aA</sup>	5,918 <sup>aA</sup>	5,837 <sup>aA</sup>	0,059
	30 dias	0,0	6,230 <sup>aA</sup>	6,189 <sup>abB</sup>	6,090 <sup>bA</sup>	0,014
		7,5	6,158 <sup>bB</sup>	6,270 <sup>aA</sup>	6,136 <sup>bA</sup>	0,011
Oxidação lipídica (mg malonaldeído/kg)	1 dia	0,0	0,130 <sup>aA</sup>	0,100 <sup>aA</sup>	0,140 <sup>aA</sup>	0,016
		7,5	0,109 <sup>aA</sup>	0,117 <sup>aA</sup>	0,118 <sup>aA</sup>	0,017
	30 dias	0,0	0,079 <sup>aA</sup>	0,110 <sup>aA</sup>	0,118 <sup>aA</sup>	0,017
		7,5	0,110 <sup>aA</sup>	0,100 <sup>aA</sup>	0,110 <sup>aA</sup>	0,014

<sup>ab</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.9. Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Perda por cocção (%)	47,30 <sup>A</sup>	50,09 <sup>A</sup>	49,30 <sup>A</sup>	1,271

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.10. Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Perda por cocção (%)	50,68 <sup>A</sup>	47,50 <sup>B</sup>	0,996

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.11. Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Perda por cocção (%)	49,57 <sup>A</sup>	48,33 <sup>A</sup>	1,058

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na linha diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.12. Resultados médios para perda por cocção da fatia do bacon em função da interação entre gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Perda por cocção (%)	0,0	49,39 <sup>aA</sup>	49,90 <sup>aA</sup>	52,67 <sup>aA</sup>	1,687
	7,5	45,68 <sup>aA</sup>	50,22 <sup>aA</sup>	46,40 <sup>aA</sup>	1,515

<sup>ab</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.13. Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Aparência	6,618 <sup>AB</sup>	6,999 <sup>A</sup>	6,399 <sup>B</sup>	0,123
Aroma	6,630 <sup>A</sup>	6,518 <sup>A</sup>	6,000 <sup>B</sup>	0,149

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.14. Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Aparência	6,630 <sup>A</sup>	6,708 <sup>A</sup>	0,102
Aroma	6,409 <sup>A</sup>	6,350 <sup>A</sup>	0,123

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.15. Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Aparência	6,451 <sup>B</sup>	6,899 <sup>A</sup>	0,101
Aroma	6,207 <sup>A</sup>	6,554 <sup>A</sup>	0,122

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A2.16. Resultados médios do grau de aceitação para os atributos sensoriais aparência e aroma em função da interação entre gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Aparência	0,0	6,461 <sup>abA</sup>	6,910 <sup>abA</sup>	6,511 <sup>abA</sup>	0,169
	7,5	6,778 <sup>abA</sup>	7,070 <sup>abA</sup>	6,290 <sup>abA</sup>	0,180
Aroma	0,0	6,739 <sup>abA</sup>	6,401 <sup>abA</sup>	6,100 <sup>abA</sup>	0,208
	7,5	6,521 <sup>abA</sup>	6,629 <sup>abA</sup>	5,901 <sup>abA</sup>	0,214

<sup>abD</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \frac{S}{\sqrt{n}}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

### **Apêndice 3**

Resultados das Análises Microbiológicas  
do Bacon dos Suínos para as duas  
Linhagens Genéticas nas Diferentes  
Granjas Comerciais

## Apêndice 3

Tabela A3.1. Resultados das análises microbiológicas do bacon dos suínos da granja Água Branca (genética Topigs)

	Ractopamina (ppm)					
	0,0			7,5		
	Fêmea	Castrado	Imunocastrados	Fêmea	Castrado	Imunocastrado
Bactérias lácticas (UFC/g)	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>
<i>Enterobactérias</i> (UFC/g)	<10 <sup>1</sup>	10 <sup>3</sup>	<10 <sup>1</sup>	<10 <sup>1</sup>	<10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>
<i>S. aureus</i> (UFC/g)	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella sp</i> (em 25g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bolores e leveduras (UFC/g)	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup>

UFC/ g – Unidade formadora de colônia por grama

Tabela A3.2. Resultados das análises microbiológicas do bacon dos suínos da granja Bressiani (genética Agroceres PIC)

	Ractopamina (ppm)					
	0,0			7,5		
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	Fêmea	Castrado	Imunocastrado
Bactérias lácticas (UFC/g)	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>
<i>Enterobactérias</i> (UFC/g)	10 <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup>	<10 <sup>1</sup>	<10 <sup>1</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
<i>S. aureus</i> (UFC/g)	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>
<i>Salmonella sp</i> (em 25g)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Bolores e leveduras (UFC/g)	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>

UFC/ g – Unidade formadora de colônia por grama



**Apêndice 4**

Termo de Consentimento Livre e  
Esclarecimento

## Apêndice 4

### PARA CONSUMIDORES DE BACON

#### PROJETO DE PESQUISA

### **EFEITOS DA RACTOPAMINA E DA IMUNOCASTRACÃO DE SUÍNOS NAS CARACTERÍSTICAS DA BARRIGA E NA QUALIDADE DO BACON**

RESPONSÁVEL PELA PESQUISA: Letícia Cristina Costa e Silva

#### **JUSTIFICATIVA E OBJETIVO**

Estudos científicos demonstram que a tecnologia de imunocastração é eficaz no controle dos compostos responsáveis pelo odor desagradável além de favorecer o desempenho zootécnico (conversão alimentar e ganho de peso) e apresentar em alguns casos um maior conteúdo de gordura intramuscular, melhorando assim suas características sensoriais. A ractopamina atua no metabolismo protéico, aumentando a quantidade de tecido magro na carcaça e diminuindo a deposição de tecido adiposo, promovendo uma carne suína mais saudável, devido à menor conteúdo de gordura subcutânea. Este estudo tem como objetivo determinar os efeitos das inovações tecnológicas (imunocastração e adição de ractopamina) na industrialização da barriga suína.

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIMENTO**

Declaro que os objetivos e detalhes desse estudo foram-me completamente explicados, conforme seu texto descritivo. Entendo que não sou obrigado a participar do estudo e que posso descontinuar minha

participação, a qualquer momento, sem ser em nada prejudicado. Meu nome não será utilizado nos documentos pertencentes a este estudo e a confidencialidade dos meus registros será garantida. Desse modo, concordo em participar do estudo e cooperar com o pesquisador.

Participam do teste apenas pessoas que tenham hábito de consumir carne suína pelo menos mensalmente. Além disso, o provador terá, durante a execução do projeto, toda a liberdade para questionamento de qualquer dúvida e esclarecimento sobre a pesquisa a ser realizada. A equipe deixa claro ao provador que não haverá qualquer risco com a sua participação na pesquisa com bacon, a menos que o provador tenha alergia a produtos cárneos e/ou algum dos ingredientes, deverá ser informado previamente à equipe responsável pela pesquisa.

Membro da equipe:

Msc. Letícia Cristina Costa e Silva – [leticiacos@yahoo.com.br](mailto:leticiacos@yahoo.com.br)

Pqc. Dr. Exedito Tadeu Facco da Silveira – [tfacco@ital.sp.gov.br](mailto:tfacco@ital.sp.gov.br)

Comitê de Ética – Fone: (19) 3343-6777

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do responsável pela pesquisa:

\_\_\_\_\_

**Declaro participar voluntariamente da pesquisa.**

**Assinatura do provador: \_\_\_\_\_ RG:**

\_\_\_\_\_

**Apêndice 5**

Arranjo das Amostras para a Realização da  
Análise Sensorial com Delineamento em  
Blocos Incompletos

## Apêndice 5

Arranjo das amostras para a realização da análise sensorial com delineamento em blocos incompletos (a cada 4 consumidores) totalizando 164 consumidores, sendo que cada tratamento foi avaliado 41 vezes (blocos).

Tabela A5.1. Arranjo das amostras apresentadas para a realização da análise sensorial

	Provador	FR-GA	F-GA	CR-GA	C-GA	IR-GA	I-GA	FR-GB	F-GB	CR-GB	C-GB	IR-GB	I-GB
Bloco 1	1	X		X		X							
	2		X		X		X						
	3							X		X		X	
	4								X		X		X
Bloco 2	5	X		X		X							
	6		X		X		X					X	
	7							X		X			
	8								X		X		X
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
Bloco 40	157	X		X		X							
	158		X		X		X					X	
	159							X		X			
	160								X		X		X
Bloco 41	161	X		X		X							
	162		X		X		X					X	
	163							X		X			
	164								X		X		X

FR-GA – Fêmea que recebeu 7,5 ppm de ractopamina na dieta da genética Topigs

F-GA – Fêmea que não recebeu ractopamina na dieta da genética Topigs

CR-GA – Castrado que recebeu 7,5 ppm de ractopamina na dieta da genética Topigs

C-GA – Castrado que não recebeu ractopamina na dieta da genética Topigs

IR-GA – Imunocastrado que recebeu 7,5 ppm de ractopamina na dieta da genética Topigs

I-GA – Imunocastrado que não recebeu ractopamina na dieta da genética Topigs

FR-GB – Fêmea que recebeu 7,5 ppm de ractopamina na dieta da genética Agroceres PIC

F-GB – Fêmea que não recebeu ractopamina na dieta da genética Agroceres PIC

CR-GB – Castrado que recebeu 7,5 ppm de ractopamina na dieta da genética Agroceres PIC

C-GB – Castrado que não recebeu ractopamina na dieta da genética Agroceres PIC

IR-GB – Imunocastrado que recebeu 7,5 ppm de ractopamina na dieta da genética Agroceres PIC

I-GB – Imunocastrado que não recebeu ractopamina na dieta da genética Agroceres PIC

**Apêndice 6**

Resultados Completos do Artigo:

“Qualidade da Barriga de Suínos  
Castrados, Imunocastrados e Fêmeas  
Suplementados com Ractopamina na  
Dieta”

## Apêndice 6

Tabela A6.1. Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função do gênero

		Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
pH		5,905 <sup>A</sup>	5,903 <sup>A</sup>	5,908 <sup>A</sup>	0,017
	L*	40,23 <sup>A</sup>	42,28 <sup>A</sup>	42,57 <sup>A</sup>	1,230
Cor da carne	a*	10,86 <sup>A</sup>	9,213 <sup>B</sup>	8,596 <sup>B</sup>	0,520
	b*	1,013 <sup>A</sup>	2,582 <sup>A</sup>	1,589 <sup>A</sup>	0,541
Cor da gordura	L*	71,26 <sup>A</sup>	69,85 <sup>A</sup>	70,13 <sup>A</sup>	0,585
	a*	4,429 <sup>A</sup>	4,761 <sup>A</sup>	4,248 <sup>A</sup>	0,315
	b*	5,847 <sup>A</sup>	5,959 <sup>A</sup>	6,000 <sup>A</sup>	0,208

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.2. Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função dos níveis de ractopamina

		Ractopamina (ppm)		SEM
		0,0	7,5	
pH		5,897 <sup>A</sup>	5,913 <sup>A</sup>	0,013
	L*	41,93 <sup>A</sup>	41,47 <sup>A</sup>	1,011
Cor da carne	a*	9,951 <sup>A</sup>	9,200 <sup>A</sup>	0,446
	b*	2,243 <sup>A</sup>	1,260 <sup>A</sup>	0,446
Cor da gordura	L*	70,39 <sup>A</sup>	70,38 <sup>A</sup>	0,494
	a*	4,482 <sup>A</sup>	4,480 <sup>A</sup>	0,256
	b*	5,855 <sup>A</sup>	6,014 <sup>A</sup>	0,168

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.3. Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

		Genética/ Condições		
		Água Branca	Bressiani	SEM
pH		5,903 <sup>A</sup>	5,907 <sup>A</sup>	0,014
	L*	44,66 <sup>A</sup>	39,00 <sup>B</sup>	0,913
Cor da carne	a*	11,59 <sup>A</sup>	7,710 <sup>B</sup>	0,331
	b*	0,717 <sup>B</sup>	2,647 <sup>A</sup>	0,410
Cor da gordura	L*	72,15 <sup>A</sup>	68,52 <sup>B</sup>	0,382
	a*	4,863 <sup>A</sup>	4,076 <sup>B</sup>	0,247
	b*	5,980 <sup>A</sup>	5,891 <sup>A</sup>	0,168

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.4. Resultados médios das características físico-químicas de qualidade da barriga em função da interação entre o gênero e ractopamina

		Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
			Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
pH		0,0	5,912 <sup>aA</sup>	5,903 <sup>aA</sup>	5,878 <sup>aA</sup>	0,027
		7,5	5,898 <sup>aA</sup>	5,912 <sup>aA</sup>	5,937 <sup>aA</sup>	0,015
L*		0,0	39,41 <sup>aA</sup>	43,65 <sup>aA</sup>	42,37 <sup>aA</sup>	1,716
		7,5	40,85 <sup>aA</sup>	40,90 <sup>aA</sup>	42,77 <sup>aA</sup>	1,798
Cor da carne	a*	0,0	11,39 <sup>aA</sup>	9,912 <sup>aA</sup>	8,761 <sup>aA</sup>	0,794
		7,5	10,47 <sup>aA</sup>	8,514 <sup>aA</sup>	8,431 <sup>aA</sup>	0,652
b*		0,0	0,550 <sup>aA</sup>	3,965 <sup>aA</sup>	1,971 <sup>aA</sup>	0,728
		7,5	1,361 <sup>aA</sup>	1,198 <sup>aA</sup>	1,206 <sup>aA</sup>	0,751
L*		0,0	71,82 <sup>aA</sup>	68,82 <sup>bA</sup>	70,78 <sup>abA</sup>	0,917
		7,5	70,80 <sup>aA</sup>	70,87 <sup>aA</sup>	69,47 <sup>aA</sup>	0,679
Cor da gordura	a*	0,0	4,089 <sup>aA</sup>	4,977 <sup>aA</sup>	4,316 <sup>aA</sup>	0,410
		7,5	4,712 <sup>aA</sup>	4,546 <sup>aA</sup>	4,181 <sup>aA</sup>	0,476
b*		0,0	5,688 <sup>aA</sup>	5,927 <sup>aA</sup>	5,922 <sup>aA</sup>	0,268
		7,5	5,980 <sup>aA</sup>	5,990 <sup>aA</sup>	6,072 <sup>aA</sup>	0,313

<sup>ab</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)



Tabela A6.5. Resultados médios da composição centesimal da barriga em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Proteínas (%)	13,98 <sup>A</sup>	12,07 <sup>A</sup>	12,79 <sup>B</sup>	0,537
Lipídeos (%)	30,01 <sup>AB</sup>	33,40 <sup>A</sup>	26,57 <sup>B</sup>	1,344
Umidade (%)	52,52 <sup>A</sup>	52,60 <sup>A</sup>	55,71 <sup>A</sup>	1,604
Cinzas (%)	0,793 <sup>A</sup>	0,719 <sup>AB</sup>	0,705 <sup>B</sup>	0,019
Carboidratos (%)	2,697 <sup>A</sup>	1,203 <sup>A</sup>	4,226 <sup>A</sup>	1,057

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.6. Resultados médios da composição centesimal da barriga em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Proteínas (%)	12,66 <sup>A</sup>	13,24 <sup>A</sup>	0,469
Lipídeos (%)	28,98 <sup>A</sup>	31,01 <sup>A</sup>	1,362
Umidade (%)	53,89 <sup>A</sup>	53,32 <sup>A</sup>	1,459
Cinzas (%)	0,731 <sup>A</sup>	0,747 <sup>A</sup>	0,020
Carboidratos (%)	3,739 <sup>A</sup>	1,678 <sup>A</sup>	0,934

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.7. Resultados médios da composição centesimal da barriga em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Proteínas (%)	12,37 <sup>B</sup>	13,52 <sup>A</sup>	0,449
Lipídeos (%)	31,87 <sup>A</sup>	28,11 <sup>A</sup>	1,278
Umidade (%)	50,84 <sup>B</sup>	56,38 <sup>A</sup>	1,181
Cinzas (%)	0,729 <sup>A</sup>	0,749 <sup>A</sup>	0,020
Carboidratos (%)	4,182 <sup>A</sup>	1,235 <sup>B</sup>	0,875

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.8. Resultados médios da composição centesimal da barriga em função da interação entre o gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Proteínas (%)	0,0	14,94 <sup>aA</sup>	10,82 <sup>dB</sup>	12,21 <sup>bA</sup>	0,533
	7,5	13,01 <sup>aA</sup>	13,33 <sup>aA</sup>	13,37 <sup>aA</sup>	0,615
Lipídeos (%)	0,0	28,97 <sup>aA</sup>	33,22 <sup>aA</sup>	24,75 <sup>aA</sup>	1,912
	7,5	31,05 <sup>aA</sup>	33,59 <sup>aA</sup>	28,39 <sup>aA</sup>	1,900
Umidade (%)	0,0	52,32 <sup>aA</sup>	50,87 <sup>aA</sup>	54,49 <sup>aA</sup>	2,784
	7,5	52,71 <sup>aA</sup>	50,33 <sup>aA</sup>	56,93 <sup>aA</sup>	1,547
Cinzas (%)	0,0	0,802 <sup>aA</sup>	0,712 <sup>aA</sup>	0,679 <sup>aA</sup>	0,022
	7,5	0,784 <sup>aA</sup>	0,726 <sup>aA</sup>	0,732 <sup>aA</sup>	0,030
Carboidratos (%)	0,0	2,963 <sup>aA</sup>	0,396 <sup>bA</sup>	7,869 <sup>aA</sup>	1,555
	7,5	2,431 <sup>aA</sup>	2,020 <sup>aA</sup>	0,582 <sup>aB</sup>	0,570

<sup>ab</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.9. Resultados médios para a espessura do toucinho em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Espessura do toucinho (cm)	2,262 <sup>B</sup>	2,320 <sup>AB</sup>	2,652 <sup>A</sup>	0,979

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.10. Resultados médios para a espessura do toucinho em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Espessura do toucinho (cm)	2,460 <sup>A</sup>	2,362 <sup>A</sup>	0,883

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.11. Resultados médios para a espessura do toucinho em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Espessura do toucinho (cm)	2,445 <sup>A</sup>	2,377 <sup>A</sup>	0,888

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.12. Resultados médios para a espessura do toucinho em função da interação entre gênero e ractopamina

	Ractopamina	Gênero			SEM
	(ppm)	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Espessura do toucinho (cm)	0,0	2,445 <sup>abA</sup>	2,426 <sup>abA</sup>	2,510 <sup>abA</sup>	1,436
	7,5	2,078 <sup>abA</sup>	2,214 <sup>abA</sup>	2,793 <sup>abA</sup>	1,183

<sup>ab</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.13. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função do gênero

	Gênero			SEM
	Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Total SFA	35,87 <sup>B</sup>	37,57 <sup>A</sup>	36,45 <sup>AB</sup>	2,012
Mirístico (C14:0)	1,301 <sup>B</sup>	1,453 <sup>A</sup>	1,400 <sup>AB</sup>	0,122
Palmítico (C16:0)	23,18 <sup>B</sup>	24,43 <sup>A</sup>	23,33 <sup>B</sup>	1,083
Esteárico (C18:0)	11,23 <sup>A</sup>	11,50 <sup>A</sup>	11,52 <sup>A</sup>	0,304
Araquídico (C20:0)	0,167 <sup>A</sup>	0,177 <sup>A</sup>	0,171 <sup>A</sup>	0,006
Total MUFA	46,37 <sup>A</sup>	45,25 <sup>AB</sup>	44,66 <sup>B</sup>	1,452
Palmitoleico (C:16:1c)	2,217 <sup>A</sup>	2,332 <sup>A</sup>	2,227 <sup>A</sup>	0,063
Oleico (C18:1n9)	40,73 <sup>A</sup>	39,57 <sup>B</sup>	39,13 <sup>B</sup>	1,233
Vaccênico (C18:1trans11)	2,485 <sup>A</sup>	2,456 <sup>A</sup>	2,416 <sup>A</sup>	0,039
Gadoléico (C20:1w9)	0,704 <sup>A</sup>	0,694 <sup>A</sup>	0,705 <sup>A</sup>	0,023
Total PUFA	14,89 <sup>AB</sup>	14,08 <sup>B</sup>	15,66 <sup>A</sup>	1,717
Linoleico (C18:2n6)	13,97 <sup>AB</sup>	13,24 <sup>B</sup>	14,68 <sup>A</sup>	1,637
Linolênico (C18:3n3)	0,637 <sup>B</sup>	0,601 <sup>B</sup>	0,694 <sup>A</sup>	0,082
Araquidônico (C20:4n6)	0,290 <sup>A</sup>	0,239 <sup>B</sup>	0,283 <sup>A</sup>	0,037
Outros ácidos graxos	2,867 <sup>B</sup>	3,095 <sup>AB</sup>	3,215 <sup>A</sup>	0,829
Total n-3	0,637 <sup>B</sup>	0,601 <sup>B</sup>	0,694 <sup>A</sup>	0,082
Total n-6	14,24 <sup>AB</sup>	13,48 <sup>B</sup>	14,97 <sup>A</sup>	1,632
Total trans	0,232 <sup>A</sup>	0,191 <sup>AB</sup>	0,188 <sup>B</sup>	0,051
Valor de iodo	63,55 <sup>A</sup>	61,30 <sup>B</sup>	63,57 <sup>A</sup>	2,968

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.14. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função dos níveis de ractopamina

	Ractopamina (ppm)		SEM
	0,0	7,5	
Total SFA	36,61 <sup>A</sup>	36,66 <sup>A</sup>	0,435
Mirístico (C14:0)	1,358 <sup>A</sup>	1,412 <sup>A</sup>	0,029
Palmítico (C16:0)	23,50 <sup>A</sup>	23,82 <sup>A</sup>	0,253
Esteárico (C18:0)	11,59 <sup>A</sup>	11,24 <sup>A</sup>	0,245
Araquídico (C20:0)	0,172 <sup>A</sup>	0,171 <sup>A</sup>	0,005
Total MUFA	45,30 <sup>A</sup>	45,60 <sup>A</sup>	0,342
Palmitoleico (C:16:1c)	2,225 <sup>A</sup>	2,295 <sup>A</sup>	0,054
Oleico (C18:1n9)	39,73 <sup>A</sup>	39,92 <sup>A</sup>	0,298
Vaccênico (C18:1trans11)	2,443 <sup>A</sup>	2,463 <sup>A</sup>	0,034
Gadoléico (C20:1w9)	0,697 <sup>A</sup>	0,705 <sup>A</sup>	0,019
Total PUFA	14,96 <sup>A</sup>	14,76 <sup>A</sup>	0,375
Linoleico (C18:2n6)	14,04 <sup>A</sup>	13,86 <sup>A</sup>	0,356
Linolênico (C18:3n3)	0,649 <sup>A</sup>	0,637 <sup>A</sup>	0,018
Araquidônico (C20:4n6)	0,280 <sup>A</sup>	0,259 <sup>B</sup>	0,042
Outros ácidos graxos	3,127 <sup>A</sup>	2,981 <sup>A</sup>	0,060
Total n-3	0,649 <sup>A</sup>	0,640 <sup>A</sup>	0,018
Total n-6	14,30 <sup>A</sup>	14,12 <sup>A</sup>	0,356
Total trans	0,197 <sup>A</sup>	0,212 <sup>A</sup>	0,011
Valor de iodo	62,84 <sup>A</sup>	62,74 <sup>A</sup>	0,643

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.15. Resultados médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da genética em condições distintas de criação, dieta alimentar, manejo e abate

	Genética/ Condições		SEM
	Água Branca	Bressiani	
Total SFA	37,82 <sup>A</sup>	35,40 <sup>B</sup>	0,350
Mirístico (C14:0)	1,374 <sup>A</sup>	1,395 <sup>A</sup>	0,029
Palmítico (C16:0)	24,21 <sup>A</sup>	23,18 <sup>B</sup>	0,226
Esteárico (C18:0)	12,07 <sup>A</sup>	10,73 <sup>B</sup>	0,204
Araquídico (C20:0)	0,161 <sup>B</sup>	0,183 <sup>A</sup>	0,004
Total MUFA	45,54 <sup>A</sup>	45,34 <sup>A</sup>	0,342
Palmitoleico (C:16:1c)	2,314 <sup>A</sup>	2,203 <sup>A</sup>	0,053
Oleico (C18:1n9)	39,85 <sup>A</sup>	39,80 <sup>A</sup>	0,299
Vaccênico (C18:1trans11)	2,508 <sup>A</sup>	2,410 <sup>B</sup>	0,033
Gadoléico (C20:1w9)	0,666 <sup>B</sup>	0,757 <sup>A</sup>	0,016
Total PUFA	13,63 <sup>B</sup>	16,15 <sup>A</sup>	0,266
Linoleico (C18:2n6)	12,75 <sup>B</sup>	15,20 <sup>A</sup>	0,247
Linolênico (C18:3n3)	0,597 <sup>B</sup>	0,702 <sup>A</sup>	0,014
Araquidônico (C20:4n6)	0,298 <sup>A</sup>	0,251 <sup>B</sup>	0,008
Outros ácidos graxos	3,016 <sup>A</sup>	3,097 <sup>A</sup>	0,062
Total n-3	0,597 <sup>B</sup>	0,702 <sup>A</sup>	0,014
Total n-6	13,14 <sup>B</sup>	15,44 <sup>A</sup>	0,253
Total trans	0,223 <sup>A</sup>	0,184 <sup>B</sup>	0,010
Valor de iodo	60,60 <sup>B</sup>	65,18 <sup>A</sup>	0,441

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função da genética/ condições

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \left(\frac{S^2}{n}\right)^{1/2}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)

Tabela A6.16. Resultado médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da interação entre o gênero e ractopamina

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Total SFA	0,0	35,71 <sup>aA</sup>	36,98 <sup>aA</sup>	37,14 <sup>aA</sup>	2,230
	7,5	36,03 <sup>abA</sup>	38,15 <sup>aA</sup>	35,66 <sup>bA</sup>	1,712
Mirístico (C14:0)	0,0	1,272 <sup>aA</sup>	1,382 <sup>aA</sup>	1,419 <sup>aA</sup>	0,035
	7,5	1,330 <sup>aA</sup>	1,524 <sup>aA</sup>	1,377 <sup>aA</sup>	0,047
Palmítico (C16:0)	0,0	23,04 <sup>aA</sup>	24,01 <sup>aA</sup>	23,44 <sup>aA</sup>	0,393
	7,5	23,32 <sup>aA</sup>	24,86 <sup>aA</sup>	23,20 <sup>aA</sup>	0,385
Estearico (C18:0)	0,0	11,24 <sup>aA</sup>	11,41 <sup>aA</sup>	12,11 <sup>aA</sup>	0,459
	7,5	11,21 <sup>aA</sup>	11,60 <sup>aA</sup>	10,85 <sup>aA</sup>	0,384
Araquídico (C20:0)	0,0	0,161 <sup>aA</sup>	0,181 <sup>aA</sup>	0,174 <sup>aA</sup>	0,009
	7,5	0,172 <sup>aA</sup>	0,172 <sup>aA</sup>	0,168 <sup>aA</sup>	0,007
Total MUFA	0,0	46,16 <sup>aA</sup>	45,99 <sup>aA</sup>	43,73 <sup>bA</sup>	1,072
	7,5	46,57 <sup>aA</sup>	44,51 <sup>aA</sup>	45,73 <sup>aA</sup>	1,519
Palmitoleico (C:16:1c)	0,0	2,176 <sup>aA</sup>	2,339 <sup>aA</sup>	2,160 <sup>aA</sup>	0,091
	7,5	2,257 <sup>aA</sup>	2,325 <sup>aA</sup>	2,304 <sup>aA</sup>	0,080
Oleico (C18:1n9)	0,0	40,61 <sup>aA</sup>	40,20 <sup>aA</sup>	38,37 <sup>bA</sup>	0,775
	7,5	40,85 <sup>aA</sup>	38,94 <sup>bA</sup>	39,99 <sup>abA</sup>	1,420
Vaccênico (C18:1trans11)	0,0	2,456 <sup>aA</sup>	2,524 <sup>aA</sup>	2,349 <sup>aA</sup>	0,058
	7,5	2,514 <sup>aA</sup>	2,387 <sup>aA</sup>	2,493 <sup>aA</sup>	0,038
Gadoléico (C20:1w9)	0,0	0,692 <sup>aA</sup>	0,726 <sup>aA</sup>	0,671 <sup>aA</sup>	0,028
	7,5	0,715 <sup>aA</sup>	0,662 <sup>aA</sup>	0,743 <sup>aA</sup>	0,036
Total PUFA	0,0	15,21 <sup>aA</sup>	13,84 <sup>aA</sup>	15,83 <sup>aA</sup>	0,630
	7,5	14,57 <sup>aA</sup>	14,32 <sup>aA</sup>	15,47 <sup>aA</sup>	0,626
Linoleico (C18:2n6)	0,0	14,23 <sup>aA</sup>	13,00 <sup>aA</sup>	14,84 <sup>aA</sup>	0,604
	7,5	13,67 <sup>aA</sup>	13,49 <sup>aA</sup>	14,51 <sup>aA</sup>	0,594
Linolênico (C18:3n3)	0,0	0,651 <sup>aA</sup>	0,590 <sup>aA</sup>	0,707 <sup>aA</sup>	0,028
	7,5	0,622 <sup>aA</sup>	0,614 <sup>aA</sup>	0,680 <sup>aA</sup>	0,031
Araquidônico (C20:4n6)	0,0	0,297 <sup>aA</sup>	0,257 <sup>aA</sup>	0,285 <sup>aA</sup>	0,010
	7,5	0,279 <sup>aA</sup>	0,221 <sup>aA</sup>	0,281 <sup>aA</sup>	0,014
Outros ácidos graxos	0,0	2,914 <sup>aA</sup>	3,179 <sup>aA</sup>	3,290 <sup>aA</sup>	0,100
	7,5	2,821 <sup>aA</sup>	3,011 <sup>aA</sup>	3,128 <sup>aA</sup>	0,085

Tabela A6.16. Resultado médios para o perfil dos ácidos graxos (%) em função da interação entre o gênero e ractopamina. Continuação da Tabela A6.16

	Ractopamina (ppm)	Gênero			SEM
		Fêmea	Castrado	Imunocastrado	
Total n-3	0,0	0,651 <sup>aA</sup>	0,589 <sup>aA</sup>	0,707 <sup>aA</sup>	0,028
	7,5	0,622 <sup>aA</sup>	0,614 <sup>aA</sup>	0,680 <sup>aA</sup>	0,031
Total n-6	0,0	14,53 <sup>aA</sup>	13,26 <sup>aA</sup>	15,12 <sup>aA</sup>	0,600
	7,5	13,95 <sup>aA</sup>	13,71 <sup>aA</sup>	14,79 <sup>aA</sup>	0,595
Total trans	0,0	0,224 <sup>aA</sup>	0,189 <sup>aA</sup>	0,177 <sup>aA</sup>	0,017
	7,5	0,240 <sup>aA</sup>	0,194 <sup>aA</sup>	0,200 <sup>aA</sup>	0,020
Valor de iodo	0,0	63,96 <sup>aA</sup>	61,42 <sup>aA</sup>	63,13 <sup>aA</sup>	1,164
	7,5	63,14 <sup>aA</sup>	61,19 <sup>aA</sup>	64,08 <sup>aA</sup>	1,001

<sup>aB</sup> Médias seguidas por letras minúsculas diferentes nas linhas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função do gênero

<sup>AB</sup> Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem significativamente entre si a nível de 5% em função dos níveis de ractopamina

SEM - Erro Padrão da media de todos os tratamentos ( $= \sqrt{\frac{S^2}{n}}$ , onde S = Desvio Padrão; n = número de replicatas)



**Anexo 1**

Níveis Nutricionais da Ração das duas  
Linhagens Genéticas nas Diferentes  
Granjas Comerciais

## Anexo 1

Tabela B1.1. Níveis nutricionais da ração para a granja Água Branca (genética Topigs)

		Níveis Nutricionais				
		Inicial	Crescimento 1	Crescimento 2	Engorda	Engorda com ractopamina
Energia Metabolizada	Kcal/kg	3.384,87	3.356,56	3.377,47	3.320,75	3.372,05
Energia Líquida	Kcal/kg	2.450,00	2.440,00	2.440,00	2.420,00	2.440,00
Proteína Bruta	%	20,00	18,00	17,20	15,00	17,00
Isoleucina	%	0,76	0,69	0,62	0,51	0,60
Lisina Digestível	%	1,20	1,10	0,90	0,75	0,95
Metionina Digestível	%	0,35	0,32	0,26	0,22	0,28
Metionina + Cistina Digestível	%	0,64	0,60	0,53	0,46	0,55
Treonina Digestível	%	0,78	0,73	0,60	0,48	0,62
Triptofano Digestível	%	0,21	0,20	0,16	0,13	0,15
Fibra Bruta	%	3,17	3,09	2,85	2,65	2,80
Fibra D. Ácida (FDA)	%	3,97	3,82	3,82	3,45	3,73
Fibra D. Neutra (FDN)	%	9,82	9,99	10,70	10,71	10,68
Amido	%	37,92	41,33	43,55	48,41	44,47
Gordura Total	%	5,10	4,20	4,97	3,76	4,73
Cinzas	%	4,47	4,28	4,10	3,55	3,78
Cálcio Total	%	0,70	0,70	0,70	0,60	0,60
Fósforo Disponível	%	0,44	0,32	0,32	0,39	0,37
Fósforo Digestível	%	0,35	0,26	0,25	0,30	0,29
Cloro	%	0,44	0,47	0,43	0,43	0,45
Sódio	%	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal	%	0,82	0,76	0,67	0,56	0,65
Troca - Peso Vivo	kg	< 25	25 - 45	45 - 75	< 75	últimos 21 dias
Consumo/ Fase	kg/ animal	a vontade	35	68		

Tabela B1.2. Níveis nutricionais da ração para a granja Bressiani (genética Agroceres PIC)

		Níveis Nutricionais				
		Inicial	Crescimento 1	Crescimento 2	Engorda	Engorda com ractopamina
Energia Metabolizada	Kcal/ kg	3.324,42	3.269,03	3.264,55	3.248,51	3.268,52
Energia Líquida	Kcal/ kg	2.450,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00	2.400,00
Proteína Bruta	%	19,00	18,35	17,64	15,00	17,00
Isoleucina	%	0,74	0,68	0,64	0,53	0,63
Lisina Digestível	%	1,10	1,00	0,95	0,85	0,95
Metionina Digestível	%	0,35	0,25	0,23	0,20	0,27
Metionina + Cistina Digestível	%	0,63	0,49	0,46	0,39	0,49
Treonina Digestível	%	0,72	0,64	0,61	0,55	0,62
Triptofano Digestível	%	0,18	0,17	0,16	0,13	0,16
Fibra Bruta	%	3,33	3,48	3,80	2,67	2,88
Fibra D. Ácida (FDA)	%	3,94	5,55	6,27	5,24	5,41
Fibra D. Neutra (FDN)	%	9,82	10,52	11,38	9,45	9,54
Gordura Total	%	4,72	4,68	5,30	3,26	3,68
Cinzas	%	5,08	5,29	5,51	4,44	4,45
Cálcio Total	%	0,80	0,80	0,80	0,70	0,60
Fósforo Disponível	%	0,45	0,37	0,38	0,32	0,31
Fósforo Digestível	%	0,35	0,30	0,30	0,25	0,25
Cloro	%	0,40	0,41	0,41	0,42	0,44
Sódio	%	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22
Sal	%	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50
Troca – Dias de Vida	dias	47 - 70	71 - 91	92 - 112	113 – 119	últimos 21 dias
Consumo/ Fase	kg/ animal	21	28	53	16	

**Anexo 2**

Parecer do Comitê de Ética de Uso Animal  
da UNICAMP-CEUA

## Anexo 2 – Parecer do Comitê de Ética de Uso Animal da UNICAMP-CEUA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**Comissão de Ética no Uso de Animais**



CEUA/UNICAMP

Carta CEEA 03/2012


Cidade Universitária "Zeferino Vaz",  
05 de janeiro de 2012.

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício  
Adrieli Martins  
Departamento de Tecnologia de Alimentos  
Faculdade de Engenharia de Alimentos  
UNICAMP

Prezado Senhor:

A Comissão de Ética no Uso de Animais da UNICAMP - CEUA/UNICAMP - esclarece que não há necessidade do projeto intitulado **"INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE RACTOPAMINA E DA IMUNOCASTRÃO NA COMPOSIÇÃO DA CARÇA SUÍNA"** ser analisado por esta Comissão, tendo em vista que envolve abate em matadouro que ocorre conforme normas do Ministério da Agricultura em frigoríficos credenciados e submetidos à fiscalização pelas leis vigentes, não se aplicando a emissão de um certificado pela CEUA, pois a eutanásia já faz parte de um outro sistema produtor, controlado por médico veterinário que atua nesta linha de produção.

Atenciosamente,

  
Prof.ª Dra. ANA MARIA A. GUARALDO  
Presidente da CEUA/UNICAMP