

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO  
COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E  
EXTRATOS CÍTRICOS: DESEMPENHO,  
CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, DA CARNE E  
PRODUTO CURADO**

**TESE DE DOUTORADO**

**Carlos Augusto Rigon Rossi**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2010**

**ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM  
DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS  
CÍTRICOS:**

**DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, DA  
CARNE E PRODUTO CURADO**

**por**

**Carlos Augusto Rigon Rossi**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal - Nutrição de monogástricos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Zootecnia.**

**Orientador: Prof. Dr. Paulo Alberto Lovatto**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2010**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS  
CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS:  
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, DA CARNE E  
PRODUTO CURADO**

Elaborada por

**Carlos Augusto Rigon Rossi**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Zootecnia**

**Comissão Organizadora:**

---

**Paulo Alberto Lovatto, Dr (UFSM)  
(Presidente/Orientador)**

---

**Paulo Santana Pacheco, Dr (UFSM)**

---

**Kenio de Gouvêa Cabral, Dr (QUINABRA)**

---

**Luis Fernando Vilani de Pelegrini, Dr (UFSM)**

---

**Vladimir de Oliveira, Dr (UNIOESTE)**

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2010.

Aos meus pais, sempre presentes em todas  
as etapas de minha vida.

A minha esposa Claudia Badke Rossi e meu filho Eduardo Badke Rossi, pelo amor,  
dedicação, compreensão, apoio e experiência de vida que me propuseram.

***DEDICO***

## **Agradecimentos**

Ao senhor meu deus, pela graça da vida e pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao professor Paulo Alberto Lovatto pelos ensinamentos, incentivo e orientação em minha formação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade.

Aos professores do Departamento de Zootecnia, em especial ao Gerson Guarez Garcia pelos ensinamentos e apoio.

Aos professores Luis Fernando Vilani de Pelegrini e Geder Paulo Hermann, pela amizade, disponibilidade de tempo e confiança a mim depositados.

A empresa Química Natural Brasileira Ltda - Quinabra, na pessoa do Dr. Kenio de Gouvêa Cabral pela infraestrutura para realização do trabalho.

As empresas Cotribá e Aurora pela infraestrutura para realização deste trabalho.

Ao laboratório de Carnes do Colégio Politécnico, aos Laboratórios de Análises Físico-química, Sensoriais e Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) da UFSM, pela infraestrutura para realização deste trabalho.

A equipe do Setor de Suínos, em especial ao Glauber Valentim Porolnik, Cheila Lehnen, Marcos Ceron e Gustavo Lovato pela amizade e responsabilidade.

Aos amigos e colegas da pós-graduação.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA, DA CARNE E PRODUTO CURADO**

AUTOR: CARLOS AUGUSTO RIGON ROSSI

ORIENTADOR: PAULO ALBERTO LOVATTO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 de fevereiro de 2010.

Este trabalho avaliou os efeitos da adição de ractopamina e extratos cítricos a dietas de suínos em terminação sobre o desempenho, características de carcaça, da carne e produto curado. Foram utilizados 108 suínos (54 machos e 54 fêmeas), meio irmãos paternos e peso vivo médio inicial de 61 quilogramas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0 ppm de ractopamina e 0 ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (RAC: ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (EC: extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental, com repetição no tempo. O desempenho dos animais não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos. A espessura de toucinho do grupo controle foi 35% superior ( $P < 0,05$ ) aos níveis de RAC e 10 RAC + 500 EC. A carne magra do controle foi 5,3% inferior ( $P < 0,05$ ) em relação aos níveis de ractopamina. Os teores de proteína do *Longissimus dorsi* para a inclusão de 20 RAC foram 5,5% superiores ( $P < 0,05$ ) aos dois níveis de EC na dieta. A umidade do músculo dos animais que receberam 20 RAC e 500 EC foi 4,3% superior ( $P < 0,05$ ) ao controle e 500 EC. Os teores do ácido linoléico no *Longissimus dorsi* para o grupo 10 RAC + 500 EC foi 18% superior ( $P < 0,05$ ) em relação a 500 EC. O teor do ácido  $\alpha$ -Linolênico do controle foi 33,5% superior ( $P < 0,05$ ) aos níveis de RAC, EC e suas interações. A concentração do ácido araquidônico da interação 20 RAC + 250 EC foi 36% superior ( $P < 0,05$ ) aos teores de 20 RAC. O teor de proteína no salame dos tratamentos com 250 e 10 RAC + 500 EC, foi em média 25% superior ( $P < 0,05$ ) ao controle. O teor de lipídios no salame do controle foi 16% superior ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. Na avaliação da coloração do salame elaborado com carne das fêmeas, o nível de inclusão 10 RAC + 250 EC apresentou melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. Em relação à

característica odor, o salame elaborado com carne das fêmeas com inclusão de 500 EC apresentou melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. O sabor dos salames elaborados com carne de machos e de fêmeas do tratamento com 500 EC apresentaram melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. A textura dos salames elaborados com carne de machos e de fêmeas do tratamento com 20 RAC + 250 EC, apresentaram melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. O desempenho dos animais não foi alterado pelos tratamentos. A ractopamina na dieta de suínos em terminação diminui a espessura de toucinho na carcaça. O tratamento com 20 ppm de ractopamina aumenta o peso e a deposição de carne magra na carcaça. A percentagem de carne magra na carcaça é influenciada pelos tratamentos. A ractopamina nas dietas, comparada aos extratos cítricos, aumenta os teores de proteína no músculo *Longissimus dorsi*. Os extratos cítricos influenciam positivamente os teores do ácido graxo láurico. A interação com 10 ppm de ractopamina e 500 ppm de extratos cítricos aumenta os teores do ácido linoléico. O ácido linolênico é influenciado negativamente pelos níveis de ractopamina, extratos cítricos e suas interações. A interação entre 10 ppm de ractopamina e 250 ppm de extratos cítricos aumenta os teores do ácido araquidônico. O salame elaborado com carne de suínos com adição de ractopamina e extratos cítricos na dieta não afeta a contagem de *Coliformes*, *Staphylococcus* e *Salmonella ssp*, porém reduz a contagem de bactérias lácticas. O salame elaborado com carne de animais que receberam adição de ractopamina e extratos cítricos na dieta possui maior teor de proteína e menor teor de lipídios. O salame elaborado com carne de animais que receberam a adição de 500 ppm de extratos cítricos na dieta apresenta melhor aceitabilidade pela análise sensorial.

## **ABSTRACT**

Doctor's Thesis  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### **FEEDING FINISHING PIGS WITH DIETS CONTAINING RACTOPAMINE AND CITRUS EXTRACTS: PERFORMANCE, CHARACTERISTICS OF CARCASS, MEAT AND SALAMI**

**AUTHOR: CARLOS AUGUSTO RIGON ROSSI**

**ADVISER: PAULO ALBERTO LOVATTO**

**Site and Date of Defence: Santa Maria, february, 26th, 2010.**

This study evaluated the effects of addition of ractopamine and citrus extracts in the diets of finishing pigs on performance, characteristics of carcass, meat and cured product. Hundred eight pigs were used (54 males and 54 females) in a completely randomized design, blocked by sex with nine treatments: T1 - control (C) (0 ppm of ractopamine e 0 ppm of citrus extracts), T2 - C + 10 RAC (RAC: ractopamine, ppm), T3 - C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (EC: citrus extracts, ppm), T5 - C + 500 EC, T6 - C + 250 EC + 10 RAC, T7 - C + 250 EC + 20 RAC, T8 - C + 500 EC + 10 RAC e T9 - C + 500 EC + 20 RAC. Two sexes were used, with four replicates and three animals per experimental unit, with repetition over time. The performance of animals was not affected ( $P>0.05$ ) by treatments. The backfat thickness of the control was 35% higher ( $P<0.05$ ) to levels of RAC and 10 RAC + 500 EC. The lean meat of the control was 5.3% lower ( $P<0.05$ ) compared to levels of ractopamine. The protein content of the *Longissimus dorsi* for the inclusion of 20 RAC was 5.5% higher ( $P<0.05$ ) to two EC levels in the diet. The moisture of muscle samples from the animals that received 20 RAC and 500 EC was 4.3% higher ( $P<0.05$ ) to control and 500 EC. The levels of linoleic acid in *Longissimus dorsi* muscle for the group 10 RAC + 500 EC was 18% higher ( $P<0.05$ ) compared to 500 EC. The levels of  $\alpha$ -linolenic acid of the control was 33.5% higher ( $P<0.05$ ) to levels RAC, EC and their associations. The concentration of arachidonic acid of the interaction 20 RAC + 250 EC was 36% higher ( $P<0.05$ ) for the concentrations of 20 RAC. The protein content in the salami from the treatments with 250 and 10 RAC + 500 EC, was on average 25% higher ( $P<0.05$ ) to control. The fat content of salami for the control was 16% higher ( $P<0.05$ ) compared to other treatments. In sensory analisys the color of salami made with meat from the females for the level of inclusion 10 RAC + 250 EC, the acceptability was



better ( $P < 0.05$ ) compared to other treatments. In relation to the characteristic odor, the salami prepared with meat of females from group 500 EC, the acceptability was better ( $P < 0.05$ ) compared to other treatments. The flavor of salami made with meat from the males and females of treatment with 500 EC, the acceptability was better ( $P < 0.05$ ) compared to other treatments. The texture of the salami made with meat from males and females of treatment with 20 RAC + 250 EC, the acceptability was better ( $P < 0.05$ ) compared to other treatments. The performance of animals was not altered by the treatments. The ractopamine in the diet of finishing pigs decreases the thickness of backfat. The treatment with 20 ppm of ractopamine increases weight in the carcass. The percentage of lean meat is influenced by the treatments. The ractopamine in the diet, compared to citrus extracts, increases the protein content in the *Longissimus dorsi*. The extracts citrus influence positively the levels of the fatty acid lauric. The interaction with 10 RAC + 500 EC increases the levels of linoleic acid. Linolenic acid is negatively influenced by the levels of ractopamine, citrus extracts and their associations. The interaction with 10 RAC + 250 EC increase the concentration of arachidonic acid. The salami made with meat the animals with addition of ractopamine and citrus extracts in the diet does not affect the count of *Coliforms*, *Staphylococcus* and *Salmonella spp*, but reduces the count of bacterial lácticas. O salami made with meat from animals that received addition of ractopamine and citrus extracts in the diet had higher protein levels and lipid content. The salami made with meat from animals that received the addition of 500 ppm of citric extracts in the diet, the acceptability was better by sensory analysis.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - A) estrutura química geral das fenetanolaminas; B) estrutura da ractopamina HCl. *Carbono quiral (assimétrico).....	25
FIGURA 2 - Modo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos .....	30
FIGURA 3 - Estrutura base dos bioflavonóides.....	38
FIGURA 4 - A) Fórmula estrutural do ácido L-ascórbico; B) Fórmula estrutural do ácido L-desidroascórbico .....	40
FIGURA 5 - Representação esquemática do papel antioxidante da vitamina C e fatores que influenciam a formação de formas oxidadas e reduzidas do ácido ascórbico .....	42

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Produção bibliográfica durante o curso de Doutorado .....	140
APÊNDICE B - Identificação da carcaça no abatedouro .....	151
APÊNDICE C - Medidas de carcaça usando a Sonda Hennessy .....	152
APÊNDICE D - Acondicionamento do <i>Longissimus dorsi</i> na câmara de resfriamento	153
APÊNDICE E - Maturação do produto curado na UFSM.....	154
APÊNDICE F - Condições utilizadas na câmara climatizada durante a maturação do produto curado .....	155
APÊNDICE G - Avaliação sensorial.....	156

## LISTA DE ABREVIATURAS

AA	ácido ascórbico
AAR	radical ácido ascórbico (radical ácido monodehidroascórbico)
ABA	agonista beta-adrenérgico
AC	adenilato ciclase
ATP	adenosina trifosfato
$\beta$ AR	receptor $\beta$ -adrenérgico
Beta-ARK	beta-adreno-receptor quinase
DHA	ácido dehidroascórbico
DNA	ácido desoxirribonucléico
E	enzima
EDTA	ácido etilenodiamina tetracético
EPO4	enzima fosforilada
FAS	ácido graxo sintetase
GDPH	glicerol-3-fosfato desidrogenase
G <sub>s</sub>	proteína ativa
GSH	glutaciona (reduzida)
GSSH	glutaciona (oxidada)
GTP	nucleotídeo guanosina trifosfato
LDL	lipoproteínas de baixa densidade
LHS	lipase hormônio sensível
LPL	lipase lipoprotéica
mRNA	RNA mensageiro
NAD	dinucleotídeo de adenina nicotinamida
NADH	dinucleotídeo de adenina nicotinamida (elétron doador)

PDEs	enzimas fosfodiesterases
PPAR $\gamma$	proliferadores de peroxissomas
PKA	proteína quinase A
ROS	espécies reativas de oxigênio
rRNA	RNA ribossomal
tRNA	RNA transportador

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
<b>1. CAPÍTULO 1</b> .....	18
<b>ESTUDO BIBLIOGRÁFICO</b> .....	18
1.1. Fundamentação teórica .....	18
1.1.1. Desenvolvimento celular .....	18
1.1.1.1. Crescimento e diferenciação do tecido muscular .....	18
1.1.1.2. Crescimento e diferenciação do tecido adiposo .....	21
1.1.2. Partição da deposição tecidual no crescimento dos suínos.....	22
1.1.3. Aditivos modificadores do metabolismo animal .....	23
1.1.3.1. Ractopamina.....	24
1.1.3.1.1. Estrutura química e atividade biológica da ractopamina .....	24
1.1.3.1.2. Receptores beta-adrenérgicos.....	26
1.1.3.1.3. Via de transdução intracelular acoplada aos receptores beta-adrenérgicos .....	28
1.1.3.1.4. Vias de sinalização celular pela proteína G .....	28
1.1.3.1.5. Modo de ação da ractopamina.....	29
1.1.3.1.6. Efeito da ractopamina sobre o tecido muscular e adiposo .....	31
1.1.3.1.7. Efeitos da ractopamina e calpastatina sobre a qualidade de carne .....	32
1.1.3.1.8. Fatores que interferem na resposta a ractopamina .....	33
1.1.3.2. Antioxidantes .....	34
1.1.3.2.1. Mecanismo de ação .....	35
1.1.3.3. Antioxidantes sintéticos .....	36
1.1.3.4. Antioxidantes naturais.....	37
1.1.3.4.1. Bioflavonóides .....	37
1.1.3.4.2. Ácido ascórbico.....	39
1.1.3.4.3. Sinergismo entre bioflavonóides e ácido ascórbico .....	43
1.1.3.5. Oxidação lipídica.....	44
1.2. Fundamentação prática .....	45
1.2.1. Respostas ao uso da ractopamina.....	45
1.2.2. Respostas ao uso de extratos cítricos .....	47
1.3. Produto curado.....	48

1.3.1.	Padrões de Identidade e Qualidade para Salames.....	51
1.3.2.	Padrões físico-químicos para salames .....	51
1.3.3.	Padrões microbiológicos para salames .....	52
1.3.4.	Principais características sensoriais dos embutidos fermentados .....	53
2.	<b>CAPÍTULO 2</b> .....	56
	<b>ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA</b> .....	56
	RESUMO .....	57
	ABSTRACT .....	58
	INTRODUÇÃO.....	58
	MATERIAL E MÉTODOS.....	59
	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	60
	CONCLUSÕES .....	63
	AGRADECIMENTOS .....	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
3.	<b>CAPÍTULO 3</b> .....	71
	<b>ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO MÚSCULO <i>LONGISSIMUS DORSI</i></b> .....	71
	RESUMO .....	72
	SUMMARY .....	73
	INTRODUÇÃO.....	74
	MATERIAL E MÉTODOS.....	75
	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	77
	CONCLUSÕES .....	83
	AGRADECIMENTOS .....	84
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84
4.	<b>CAPÍTULO 4</b> .....	94
	<b>ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: AVALIAÇÃO QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DE PRODUTO CURADO</b> .....	94
	RESUMO .....	95
	ABSTRACT .....	96
	INTRODUÇÃO.....	97

MATERIAL E MÉTODOS.....	98
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	99
CONCLUSÕES .....	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
<b>5. CAPÍTULO 5.....</b>	<b>109</b>
<b>DISCUSSÃO GERAL .....</b>	<b>109</b>
<b>6. CAPÍTULO 6.....</b>	<b>119</b>
<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>119</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>120</b>



## INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma atividade importante para a produção de proteína animal, que estimula o desenvolvimento de uma cadeia produtiva extremamente complexa. O Brasil produz anualmente cerca de três milhões de toneladas de carne suína, tendo um consumo per capita médio de 14 quilogramas, dos quais cerca de 70% é sob forma de produtos industrializados.

Nos últimos anos, em decorrência das exigências dos consumidores quanto às preferências e hábitos alimentares, têm-se adotado novas alternativas nutricionais, com destaque para os aditivos modificadores do metabolismo animal. Um exemplo é a ractopamina, agonista beta-adrenérgico, que aumenta a massa muscular e reduz a gordura na carcaça. Outra alternativa para melhorar as características da carne é o uso de extratos vegetais na dieta, dentre os quais os cítricos. Os principais componentes dos extratos cítricos são os bioflavonóides e o ácido ascórbico. Os bioflavonóides são antioxidantes naturais, tendo ações anti-inflamatórias, antimicrobianas, antialérgicas e imuno-estimulantes. O ácido ascórbico é co-fator enzimático e óxi-redutor. Ele atua sobre os radicais livres, na formação do colágeno, na síntese de epinefrina, de corticoesteróides e ácidos biliares, aumenta a absorção de ferro. Os benefícios da utilização terapêutica do ácido ascórbico em suínos são observados no desempenho, no estresse pré-abate e na qualidade da carne.

Pelas propriedades individuais e ação sinérgica de seus princípios ativos, o uso de extratos cítricos nas dietas pode melhorar o desempenho dos suínos na terminação, as características da carcaça, da carne e de produtos elaborados. Embora existam informações positivas relacionadas ao sinergismo dos constituintes dos extratos cítricos, ainda não há pesquisas do uso associado com a ractopamina.

Este estudo teve o objetivo de avaliar o desempenho dos animais, características de carcaça, características químicas da carne e as características químicas, microbiológicas e sensoriais do produto curado de suínos alimentados na terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos. Este documento é estruturado de forma sequencial em seis capítulos, sendo revisão bibliográfica, artigo sobre desempenho e características de carcaça, artigo sobre composição química da carne, artigo sobre produto curado, discussão geral e conclusões gerais.

## 1. CAPÍTULO 1

### ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo, é desenvolvido o tema de estudo abordando os aspectos bioquímicos e fisiológicos do desenvolvimento celular, deposição tecidual no crescimento e aditivos modificadores do metabolismo animal. Esses aspectos permitirão compreender e explicar as respostas de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina, extratos cítricos e suas associações.

#### 1.1. Fundamentação teórica

##### 1.1.1. Desenvolvimento celular

##### 1.1.1.1. Crescimento e diferenciação do tecido muscular

Em sistemas de produção de carne, conhecer os fatores de crescimento e desenvolvimento dos tecidos é fundamental para adequar programas de melhoramento, de manejo nutricional, ambiência e definição da idade de abate. Neste aspecto podemos alterar a quantidade e a qualidade da carne produzida.

Desde a concepção, o desenvolvimento se caracteriza por mudanças morfológicas e funcionais (Samuelson, 2007). O tecido muscular, originado do mesoderma, está relacionado ao mecanismo de locomoção e ao processo de movimentação de substâncias internas do corpo (Samuelson, 2007). Estas ações são decorrentes da capacidade contrátil das fibras musculares em resposta a estímulos nervosos, com consumo energético. As células desse tecido são alongadas, atuando na contração e distensão das fibras musculares, formada por numerosos filamentos protéicos de actina e miosina (Junqueira & Carneiro, 2004). De maneira geral, a

massa muscular é resultante do número e tamanho das fibras musculares, sendo o número de fibras determinado nos estágios iniciais de desenvolvimento embrionário, enquanto o volume das miofibras aumenta durante o período de crescimento pós-natal (Guyton & Hall, 2006).

A miogênese durante a fase embrionária compreende dois eventos distintos: (a) determinação - multiplicação celular por hiperplasia; e (b) diferenciação - os mioblastos unem-se para a formação de células multinucleadas, denominadas miotúbulos (Kokta et al., 2004). A diferenciação ocorre quando os genes dos miotúbulos iniciam sua expressão-específica, a multiplicação celular cessa e as fibras musculares se hipertrofiam (Guyton & Hall, 2006). A hipertrofia ocorre primeiramente no sentido longitudinal da fibra muscular em virtude do aumento do número de sarcômeros e, posteriormente, ocorre um aumento do diâmetro pela deposição de proteínas miofibrilares (Guyton & Hall, 2006).

Durante a miogênese, as fibras musculares se desenvolvem em duas populações distintas (Samuelson, 2007). As fibras que se formam nos primeiros estágios da fusão dos mioblastos são denominadas fibras primárias ou vermelhas (aeróbicas), que apresentam quantidade abundante de mioglobina e mitocôndria, além de realizarem contrações lentas (Kokta et al., 2004). Quando a inervação se estabelece no embrião, ocorre a segunda diferenciação dos mioblastos e, assim, formam-se as fibras secundárias, também conhecidas como brancas (glicolíticas e anaeróbicas), que possuem contrações rápidas (Kokta et al., 2004). Nos suínos, as fibras primárias estão presentes aos 35 dias de gestação e seu número cresce gradualmente até os 60 dias. A formação das fibras secundárias ocorre rapidamente por volta dos 54 a 90 dias de gestação, completando o processo de hiperplasia por volta de 90 dias de gestação (Wigmore & Stickland, 1983).

Uma terceira população de mioblastos não se diferencia em fibras musculares, sendo denominadas células satélites em razão da sua localização anatômica na periferia das fibras multinucleadas maduras (Foschini et al., 2004). As células satélites fazem parte de uma população de células com grande atividade mitogênica que contribuem para o crescimento muscular pós-natal, reparo de fibras musculares danificadas e a manutenção do músculo esquelético adulto (Foschini et al., 2004). São células mononucleadas, cuja membrana basal está em continuidade com a membrana basal da miofibra (Samuelson, 2007). Em resposta a estímulos como hipertrofia muscular, remodelação ou trauma, as células satélites são ativadas, proliferam-se por divisão mitótica e expressam fatores regulatórios de miogênese como *Myod*, *Myf-5*, *MRF-4* e *miogenina* (Kokta et al., 2004). Assim, estas células fundem-se as fibras musculares pré-existent, contribuindo para a hipertrofia do músculo ou às células satélites vizinhas para gerar novas fibras musculares esqueléticas (Junqueira & Carneiro, 2004).

Durante o crescimento muscular ocorre um aumento considerável no número de núcleos das fibras musculares porque as células satélites são incorporadas pelas fibras musculares servindo como fonte extra de núcleo, aumentando a quantidade de DNA (ácido desoxirribonucléico) para a produção de proteína. A quantidade de células satélites pode ser determinante para estipular o tamanho que cada músculo pode crescer. O número de células satélites no músculo varia com a idade, o tipo de músculo, a nutrição e a demanda de esforço. Em geral, os músculos oxidativos (fibras vermelhas) possuem maior densidade de células satélites que os músculos glicolíticos (fibras brancas) (Samuelson, 2007; Bridi et al., 2009b).

Durante o período pós-natal do animal, o crescimento muscular ocorre somente por hipertrofia principalmente pelo acréscimo de proteína e de núcleos originados da proliferação e fusão das células satélites a célula muscular (Samuelson, 2007). Portanto, o aumento do tamanho da fibra muscular está limitado por fatores genéticos, ambientais e nutricionais que irão determinar a capacidade do músculo sintetizar proteínas musculares. A fusão das células satélites nas células musculares é importante porque provoca aumento no número de núcleos celulares, favorecendo a síntese protéica. A taxa de crescimento muscular depende do *turnover protéico*, ou seja, da relação entre o anabolismo e catabolismo protéico (Gonzalez & Da Silva, 2006). O crescimento ocorre quando o incremento anabólico supera as perdas catabólicas. A síntese protéica ocorre no citosol da célula e requer a participação de ribossomos, os quais contêm RNA ribossomal (rRNA), RNA transportador (tRNA) e RNA mensageiro (mRNA), além dos aminoácidos, ATP (adenosina trifosfato), nucleotídeo guanosina trifosfato (GTP) e várias enzimas. A síntese de todos os RNAs ocorre no núcleo. A formação de ribossomos envolve a associação de rRNA com mais ou menos 70 proteínas. Os ribossomos são constituídos por pequenas (40S) e grandes (60S) subunidades. A síntese protéica envolve a ligação das subunidades dos ribossomos pelo mRNA para formar uma unidade de iniciação (80S). O caminho do ribossomo pela cadeia do mRNA determina a extensão da cadeia polipeptídica (alongamento), feita de aminoácidos trazidos pelo tRNA. A liberação da cadeia peptídica após sua formação completa e a liberação do ribossomo do mRNA constitui a terminação (Lehninger et al., 2007). A taxa de síntese protéica é uma função do número de ribossomos e da taxa pela qual esses ribossomos sintetizam a proteína (relação síntese/rRNA). A quantidade de proteína sintetizada pode ser modificada, em longo prazo, por alterações do número de ribossomos e, em curto prazo, por alteração na taxa de síntese pelo ribossomo (Gonzalez & Da Silva, 2006). Portanto, o controle da miogênese para aumentar o número de mioblastos e de fibras musculares é uma estratégia importante quando se deseja aumentar a massa muscular e a produção de carne.

### 1.1.1.2. Crescimento e diferenciação do tecido adiposo

O tecido adiposo é um tipo especial de tecido conjuntivo, de origem mesodérmica, caracterizado por sua capacidade de armazenamento de energia, sob a forma de triglicerídeos (Junqueira & Carneiro, 2004). As células adiposas, comumente denominadas adipócitos, apresentam pequena quantidade de citoplasma funcionante e são adaptadas a estocagem e liberação de energia, contribuindo para a homeostase energética do organismo animal (Fruhbeck et al., 2001). Nos mamíferos, existem dois tipos de tecido adiposo: o branco e o marrom (Junqueira & Carneiro, 2004). O adipócito branco maduro armazena triglicerídeos em uma única e grande gota lipídica que ocupa 85-90% do citoplasma, deslocando o núcleo e uma fina camada de citosol para a periferia da célula (Fonseca-Alaniz et al., 2006). É interessante ressaltar que, durante seu desenvolvimento, a célula jovem contém múltiplas gotículas de lipídios, que coalescem para formar uma inclusão lipídica unitária com o amadurecimento celular. Os adipócitos brancos maduros são células grandes, muitas vezes maiores que hemáceas, fibroblastos e células do sistema imune e, podem alterar seu tamanho (volume e diâmetro) conforme a quantidade de triglicerídeos acumulada (Junqueira & Carneiro, 2004). Praticamente todo o tecido adiposo presente nos animais adultos é branco, enquanto o tecido adiposo marrom, especializado na termogênese, é encontrado nos mamíferos hibernantes, fetos e recém-nascidos (Samuelson, 2007).

Os estudos sobre o processo de diferenciação do tecido adiposo, fenômeno denominado adipogênese, tem sido extensivamente realizado *in vitro*, com o intuito de desvendar a base molecular e celular do desenvolvimento do referido tecido (Gregoire et al., 1998). A partir de estudos morfológicos realizados em embriões de suínos comprovou-se que a adipogênese inicia antes do nascimento (Fonseca-Alaniz et al., 2006). Após o nascimento, ocorre uma expansão rápida do tecido adiposo branco, como resultado do aumento do número e, principalmente, do tamanho das células, sendo que o potencial de gerar novas células adiposas persiste mesmo na fase adulta (Gregoire, 2001). Portanto, ao contrário das fibras musculares, as células adiposas não são previamente estabelecidas sendo continuamente formadas durante o crescimento do animal (Mersmann, 2002).

A diferenciação dos adipócitos indica que precursores de células troncos pluripotentes são capazes de originar células precursoras mesenquimais com o potencial de diferenciarem-

se em mioblastos, condroblastos, osteoblastos e pré-adipócitos (Gregoire et al., 1998). A diferenciação dos pré-adipócitos em adipócitos é um processo altamente controlado por fatores de transcrição adipogênicos, incluindo o receptor gama ativado por proliferadores de peroxissomas (PPAR $\gamma$ ) e as proteínas ligantes ao amplificador CCAAT (C/EBPs) (Fonseca-Alaniz et al., 2006). Estes fatores desempenham um papel-chave na cascata transcricional que ocorre durante a adipogênese. Sinais hormonais e nutricionais afetam a diferenciação do adipócito de maneira positiva e negativa, e componentes envolvidos na interação célula-célula ou na matriz celular também são importantes na regulação do processo de diferenciação. Durante a fase inicial da diferenciação, há intensa proliferação dos pré-adipócitos, bem como expressão da lipase lipoprotéica (LPL) (Kokta et al., 2004). Cessada a proliferação, as células sintetizam glicerol-3-fosfato desidrogenase (GDPH) e ácido graxo sintetase (FAS), caracterizando o término da diferenciação. Com isso, as células começam a acumular lipídios no citosol e apresentam sensibilidade à insulina (Gregoire, 2001).

#### 1.1.2. Partição da deposição tecidual no crescimento dos suínos

O crescimento é resultante da progressiva deposição de nutrientes e seus metabólitos, que se inicia na concepção e vai até a maturidade (Guyton & Hall, 2006). A velocidade de crescimento dos diferentes tecidos do corpo é variável em função da idade e maturidade fisiológica do animal. Dentre os principais tecidos constituintes da carcaça suína, o tecido ósseo é o primeiro a atingir a máxima deposição (Gomes et al., 2007). A proporção de ossos na carcaça diminui lentamente com o aumento do peso, apresentando menor variação percentual. Em contrapartida, os músculos representam alta percentagem do peso total ao nascimento, aumentando ligeiramente, passando a decrescer com o início da fase de deposição lipídica (Lawrence & Fowler, 1998).

O crescimento de um suíno segue normalmente um padrão sigmóide e apresenta características alométricas, sendo este modelo teórico o mais aceito para explicar o crescimento dos animais (De Lange et al., 2001). Fases de aceleração e desaceleração, unidas por um período de crescimento linear antecedem um platô a maturidade. Este comportamento está relacionado a capacidade que o animal tem de depositar, principalmente proteína e lipídios. Durante os estágios precoces do crescimento, a taxa de ganho de peso aumenta (fase de aceleração) até o indivíduo alcançar a puberdade, que corresponde a uma taxa de

crescimento linear, relativamente constante. Depois, a taxa de crescimento diário começa a declinar gradualmente chegando a zero quando o animal atinge o peso corporal adulto (Guyton & Hall, 2006). Na fase de aceleração, a deposição lipídica pode superar a deposição protéica. Portanto, com o avançar do peso vivo do animal, as carcaças apresentam maior porcentagem de gordura em detrimento do menor conteúdo relativo de carne (Bertol et al., 2001).

### 1.1.3. Aditivos modificadores do metabolismo animal

Aditivos são substâncias com propriedades funcionais digestivas ou equilibradoras da flora do trato digestório que são adicionados aos produtos ou a água de bebida dos animais ou administrados diretamente ao animal por via oral (Brasil, 2004). Os aditivos podem ainda ser referenciados como substâncias ou microrganismos adicionados intencionalmente aos alimentos com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades. Dentre os aditivos, os modificadores metabólicos têm utilidade na produção animal, uma vez que possuem a capacidade de alterar o crescimento animal (Guyton & Hall, 2006).

Os aditivos modificadores do metabolismo animal podem alterar as taxas de acreção protéica, modificar a proporção da proteína em relação a gordura, alterar o perfil de ácidos graxos na carne ou alterar o metabolismo *post mortem*. Alguns modificadores metabólicos são compostos por vitaminas, metabólitos vitamínicos (Lawrence & Coppack, 2000) e compostos semelhantes a vitamina, que fornecem benefícios adicionais a carcaça quando adicionados além das exigências dos animais (Heo et al., 2000). Além disso, têm sido utilizados como aditivos modificadores do metabolismo animal, os agonistas beta-adrenérgicos, com destaque para a ractopamina. Este aditivo redireciona os nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico, contribuindo para melhorar as características da carcaça (Schinckel et al., 2003a).

Outras substâncias que podem ser utilizadas como aditivos para prolongar o período de conservação dos alimentos e de matérias-primas para alimentos, protegendo-os contra a deterioração causada pela oxidação são os antioxidantes (Brasil, 2004). Dentre os principais antioxidantes destacam-se os bioflavonóides. A importância dos bioflavonóides, especialmente as flavonas, se deve a presença em diversos alimentos e pelo seu uso em forma purificada em drogas e suplementos alimentares. Além disso, o que tem despertado especial

interesse, são as propriedades antioxidante, antimicrobiana, anti-mutagênica, anticancerígena, antiinflamatória, antiviral, antialérgica, entre outras, observadas nas diferentes pesquisas *in vitro* e *in vivo* (Raj Narayana et al., 2001). Adicionalmente, os antioxidantes naturais, devido seu potencial sequestrante, têm sido extensivamente estudados, como uma alternativa eficaz na prevenção de inúmeras doenças destacando-se as cardiovasculares e o câncer (Kritharides & Stocker, 2002). Outra ação interessante dos bioflavonóides é a ação antioxidante sobre vitaminas. Destaca-se aqui a vitamina C, um poderoso antioxidante, relativamente estável no estado seco e em soluções ácidas, mas se oxida rapidamente em soluções neutras ou básicas na presença do oxigênio (Nijveldt et al., 2001). Estudos *in vitro* e *in vivo* comprovam a proteção que os bioflavonóides conferem a vitamina C (Degáspari & Waszczyński, 2004).

#### 1.1.3.1. Ractopamina

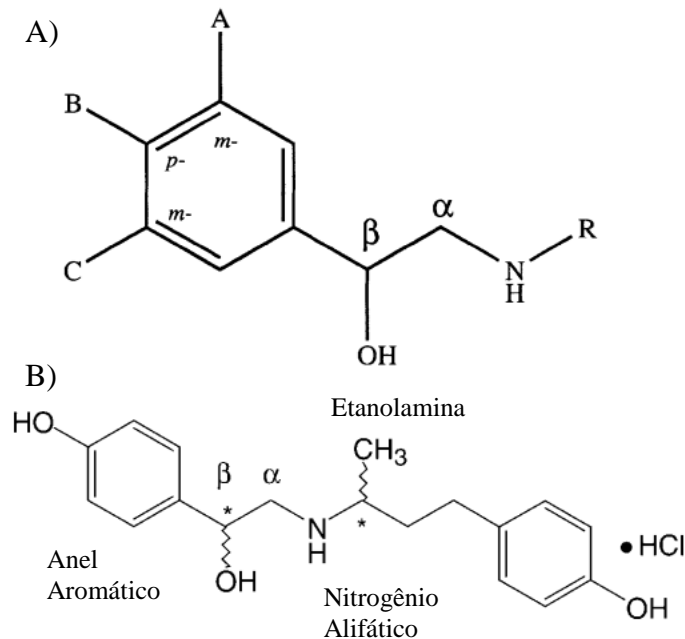
##### 1.1.3.1.1. Estrutura química e atividade biológica da ractopamina

A ractopamina é um agonista beta-adrenérgico pertencente a família das fenetanolaminas, constituída em sua estrutura por um anel aromático substituível, uma cadeia lateral com o grupo etanolamina e um nitrogênio alifático (Figura 1) (Smith, 1998; Mills et al., 2003a). É um agente repartidor fenetanolamina que redireciona nutrientes do tecido adiposo para deposição em tecido magro (Moody et al., 2000). Pela definição fenetanolaminas beta-adrenérgicas agonistas são, combinações quirais, isto é, existe assimetria molecular ao carbono  $\beta$  hidroxilateral a um nitrogênio alifático e  $\alpha$  para um grupo benzil substituído comum a todas as fenetanolaminas (Ricke et al., 1999).

A ractopamina HCl é uma fenetanolamina beta-adrenérgica agonista que contém dois carbonos quirais ligados a quatro estereoisômeros. Assim, para um beta-agonista ter atividade biológica, deve haver um anel aromático com seis membros substituíveis, grupo hidroxil ligado ao carbono  $\beta$  na configuração R e nitrogênio positivamente carregado na cadeia etilamina, e plenamente substituível no nitrogênio alifático para conferir especificidade para o beta-receptor. Estes elementos são comuns a todas as fenetanolaminas beta-agonistas e, com exceção do grupo do nitrogênio alifático, são também comuns a neurotransmissores adrenérgicos naturais epinefrina e norepinefrina (Ricke et al., 1999). A ractopamina por ser



constituída por dois centros quirais é formada de quatro estereoisômeros, RR, RS, SR, SS (Ricke et al., 1999). Dessa forma, a preparação comercial da ractopamina é uma mistura equimolar dos quatro estereoisômeros (Mills et al., 2003a), originando uma mistura racêmica (Ricke et al., 1999).



**FIGURA 1 - A) estrutura química geral das fenetanolaminas. B) estrutura da ractopamina HCl; \*Carbono quiral (assimétrico) (Smith, 1998; Mills et al., 2003a).**

Como atribuições primárias das ações dos agonistas beta-adrenérgicos são conferidas ao anel aromático uma importância ligada a potência, enquanto a cadeia lateral é imputada a seletividade (Dove & Franke, 1991). Os mecanismos químicos envolvidos na potência devem-se, principalmente, as ligações de hidrogênio e a transferência de cargas, enquanto a afinidade para os receptores do tipo beta depende, fundamentalmente, da propriedade estereoseletiva da cadeia lateral aminada (Ramos & da Silveira, 2001). Assim, a atividade biológica de um agonista beta-adrenérgico é dependente do anel aromático com, pelo menos, uma substituição em A/B e/ou C (Smith, 1998). Adicionalmente, é necessário um grupo hidroxila no carbono beta do radical amina em configuração R e um nitrogênio carregado positivamente na cadeia etanolamina, sendo este plenamente substituível no nitrogênio alifático para conferir especificidade aos receptores do tipo beta.

Para evitar inativação rápida dos agonistas beta-adrenérgicos por ação da enzima catecol-O-metil transferase (COMT), são sintetizados compostos nos quais as hidroxilas do anel aromático foram substituídos por átomos de halogêneos. As substituições que são compatíveis com a ligação aos receptores beta<sub>2</sub>-adrenérgicos previnem a fenetanolamina de uma rápida metabolização, ocasionando uma meia-vida mais longa para os compostos obtidos. Entretanto, pelo fato de a ractopamina apresentar substituição na posição *para* (carbono 4) do anel aromático pelo grupo hidroxila, originando um simples fenol, não é considerada substrato para a COMT, sendo rapidamente hidrolisada por enzimas presentes no fígado e intestino delgado dos animais (Smith, 1998).

#### 1.1.3.1.2. Receptores beta-adrenérgicos

O interesse pelos mecanismos responsáveis pela resposta celular a determinados estímulos extracelulares tem sido motivo de investigação científica. Inicialmente foi proposto que agentes atuando sobre terminações nervosas, não interagem diretamente com as células e sim com substâncias receptoras, que seriam as mediadoras da resposta celular (Limbird, 2004). Ehrlich, em 1913, utilizou o termo receptor para designar um grupo químico específico que reagia a determinada droga. Mais tarde, foi proposto que a estimulação adrenérgica interagia com dois tipos de receptores, os  $\alpha$  e  $\beta$ -adrenérgicos. No entanto, foi Kahn, em 1976, quem melhor definiu o termo receptor, como sendo uma molécula ou complexo de moléculas, capaz de reconhecer e interagir com hormônio, droga ou neurotransmissor e, após esta interação, gerar sinal capaz de iniciar uma cadeia de eventos que resulta em resposta biológica (Limbird, 2004).

Os receptores adrenérgicos (o termo “adrenérgico” reflete o nome alternativo da epinefrina: *adrenalina*) são de quatro tipos gerais, definidos por sutis diferenças nas suas afinidades e respostas a um grupo de agonistas e antagonistas. Os quatro tipos ( $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$ ) são encontrados em tecidos-alvos diferentes e medeiam respostas diferentes a epinefrina (Lehninger et al., 2007). A subdivisão dos receptores  $\beta$  em  $\beta_1$  (prevalente no miocárdio e responsável pelo inotropismo e cronotropismo positivos) e  $\beta_2$  (prevalente nos músculos lisos e esqueléticos, responsável pelo relaxamento muscular) foi baseada em diferenças na potência dos agonistas adrenalina e noradrenalina. Em certos tecidos, como o adiposo e muscular, receptores do tipo beta<sub>1</sub> e beta<sub>2</sub> podem estar presentes quase que na mesma proporção.

Entretanto, outros estudos demonstram que o tecido adiposo dos suínos expressa três tipos de receptores beta-adrenérgicos (beta<sub>1</sub> perfazendo aproximadamente 75%, o beta<sub>2</sub> 20% e o beta<sub>3</sub> 5%) (Mersmann, 2002; Mills, 2002a).

As fenetanolaminas são substâncias com capacidade de ligarem-se aos receptores alfa e/ou beta-adrenérgicos (Smith, 1998). Entre os quatro estereoisômeros da ractopamina, o RR provavelmente é o ligante funcional, uma vez que possui alta afinidade e grande habilidade para gerar resposta celular após seu acoplamento como o receptor (Mills et al., 2003b). Estudo baseado em roedores demonstra que a ractopamina apresenta seletividade para os receptores beta<sub>1</sub>-adrenérgicos (Smith, 1998). Entretanto, nos adipócitos dos suínos, a conformação RR da ractopamina possui afinidade similar para ambos os receptores do tipo beta-adrenérgico, tanto beta<sub>1</sub> como beta<sub>2</sub>, sendo classificada como não-seletiva para estes dois subtipos de receptores (Spurlock et al., 1993; Mills et al., 2003b). Contudo, o sinal transducional é mais eficiente quando o estereoisômero RR da ractopamina se acopla aos receptores beta<sub>2</sub> em relação aos beta<sub>1</sub>-adrenérgicos, presentes nas células do tecido adiposo dos suínos (Mills et al., 2003a). Assim, o estereoisômero RR mostra-se ser um agonista parcial e completo por meio do receptor beta<sub>1</sub> e beta<sub>2</sub>-adrenérgicos, respectivamente (Mills et al., 2003b). A consequência direta deste fato é que, quando o estereoisômero RR comporta-se como agonista completo, seu efeito pode não ser compreendido, particularmente, no tecido adiposo de suínos, onde há predominância de receptores do tipo beta<sub>1</sub> (Mills et al., 2003a).

Os receptores beta<sub>1</sub>-adrenérgicos parecem estar intimamente relacionados com a lipólise, enquanto os receptores beta<sub>2</sub>, possivelmente, não estão envolvidos com a cascata lipolítica (Mills, 2002a). No entanto, apesar do estereoisômero RR da ractopamina ser um agonista parcial mediante os receptores beta<sub>1</sub>, ambos os subtipos de receptores, tanto beta<sub>1</sub> como o beta<sub>2</sub>-adrenérgicos, quando acoplados a configuração RR contribuem para a estimulação da lipólise em suínos (Mills et al., 2003b). Em adição, é possível que haja competição pelos receptores beta<sub>2</sub>-adrenérgicos entre os múltiplos estereoisômeros presentes na mistura racêmica da ractopamina, fato que limita os efeitos da mistura de estereoisômeros em relação ao estereoisômero RR (Mills et al., 2003a).

#### 1.1.3.1.3. Via de transdução intracelular acoplada aos receptores beta-adrenérgicos

Os beta-adrenérgicos são ligados a proteína  $G_s$  e apresentam sete domínios transmembrana (Dixon et al., 1987; Neto et al., 2006). Este modelo assume que cada um dos sete resíduos hidrofóbicos de aminoácidos atravessa a membrana e que a porção N-terminal do receptor é exposta na porção extracelular, enquanto a porção C-terminal é interna a membrana plasmática. Os beta-adrenérgicos têm homologia em cerca de 60% da sequência de aminoácidos dentro dos domínios transmembrana, onde se encontra o sítio de acoplamento do ligante para os agonistas adrenalina e noradrenalina (Jackson, 1991). A expressão protéica dos beta-adrenérgicos é regulada pela ativação ou repressão dos genes que controlam a síntese de proteínas a partir do respectivo RNA mensageiro, além de um controle por mecanismos pós transcricionais (Hadcock & Malbon, 1991). Até há pouco tempo, acreditava-se que todos os beta-adrenérgicos estavam associados apenas a proteína  $G_s$  que ativa a adenilato ciclase (AC), resultando na produção do AMPc (Kenakin, 1995). Entretanto, o acoplamento simultâneo dos beta-adrenérgicos com mais de uma proteína G pode ser evidenciado em modelos de receptores com alta densidade de recombinação como o acoplamento do beta<sub>2</sub>-adrenérgicos a proteína  $G_i$  com mecanismo cardioprotetor em casos de insuficiência cardíaca (Santos et al., 2005).

#### 1.1.3.1.4. Vias de sinalização celular pela proteína G

A proteína G faz parte de uma família de proteínas homólogas e triméricas, consistindo de três subunidades designadas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Diferenças encontradas na subunidade  $\alpha$  permitem a classificação em diferentes tipos de proteína G (Gudermann et al., 1997). Após a ativação do beta-adrenérgico por agonistas, ocorre a ligação do GTP ao complexo  $\alpha\beta\gamma$  da proteína G estimulando a dissociação do complexo  $\alpha$ GTP da subunidade  $\beta\gamma$  e modulando de forma positiva ou negativa várias proteínas que podem modificar a concentração de AMPc (Stephens & Mochida, 2005).

A ativação de receptores adrenérgicos está ligada a diferentes vias de transdução de sinal e produção de segundos mensageiros, que podem levar a uma interação intracelular destas substâncias produzindo alterações na resposta celular (Neto et al., 2006). Isto ocorre

principalmente com agonistas não-seletivos  $\alpha$ -adrenérgicos e beta-adrenérgicos ou hormônios que se ligam a diferentes receptores (Anholt & Rivers, 2002).

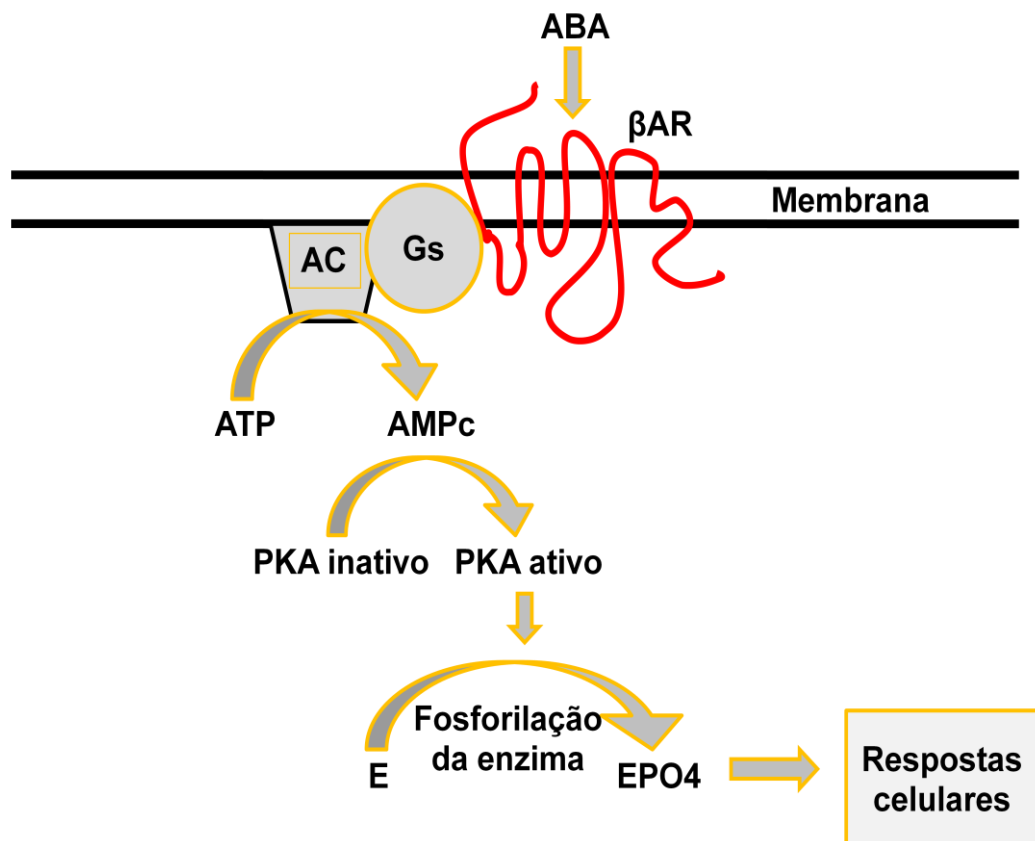
A enzima AC apresenta cerca de 9 isoformas diferentes e estas podem ser ativadas pelo análogo não hidrolisável do GTP (GTP $\gamma$ s) (Vangelis et al., 1995). Em adição, apenas as isoformas I, II e IV podem ser reguladas pela subunidade  $\beta\gamma$  da proteína  $G_i$ . As isoformas I, III e VIII são ativadas pelo complexo  $Ca^{+2}$ -calmodulina e a isoforma VI é inibida em baixas concentrações de  $Ca^{+2}$  e independente de calmodulina (Neto et al., 2006).

O AMPc pode atuar ligando-se diretamente e ativando canais iônicos na membrana plasmática. Porém, o principal mecanismo de ação do AMPc é via ativação da proteína quinase A (PKA), capaz de fosforilar inúmeros substratos (Hanks & Hunter, 1995). As várias isoformas de PKA podem estar localizadas em compartimentos intracelulares distintos. Esta enzima é organizada na forma de um tetrâmero com duas unidades regulatórias (R) e duas unidades catalíticas (C), na forma  $R_2C_2$ . Após a ligação do AMPc nas unidades R da PKA, ocorre a dissociação das subunidades regulatórias e a ativação das subunidades catalíticas (Francis & Corbin, 1994). Por outro lado, a PKA exerce uma função regulatória negativa, fosforilando e dessensibilizando o receptor responsável por sua ativação (Spurlock et al., 1993; Mills, 2002a). A duração e magnitude dos níveis de AMPc produzido pela ativação dos beta-adrenérgicos é altamente regulada pela ação das enzimas fosfodiesterases (PDEs) que hidrolisam o AMPc a 5'-adenosina monofosfato (Beavo, 1995). Múltiplas isoformas das PDEs são caracterizadas pela sua especificidade pelo substrato. Recentemente, foram classificadas em 5 famílias denominadas PDE I, II, III, IV e V. Destas, as PDEs I, II e III podem utilizar como substrato tanto o AMPc como o GMPc. A PDE IV tem como substrato específico o AMPc (Beavo & Reifsnyder, 1990).

#### 1.1.3.1.5. Modo de ação da ractopamina

As ações mediadas pelos beta-adrenérgicos são intracelulares sequenciais a estimulação do receptor beta<sub>2</sub>-agonista (Gonzalez & Da Silva, 2006). O complexo agonista/receptor fixa-se a uma proteína heterotrimérica,  $G_s$ , a qual consiste de subunidades alfa<sub>s</sub>, beta e gama e quando na forma inativa, a subunidade alfa<sub>s</sub> encontra-se acoplada a guanina difosfato (GDP) (Lehninger et al., 2007). Após a ação da ractopamina, que atua como primeiro mensageiro, sobre o receptor beta<sub>2</sub>, a subunidade alfa<sub>s</sub> substitui o GDP por guanina

trifosfato (GTP), dissocia-se das subunidades beta e gama e, conseqüentemente, o complexo  $\alpha_s$ -GTP induz uma modificação na fluidez da membrana, permite o seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da adenilato ciclase (Figura 2) (Barros et al., 1999). Esta, participa da formação do AMPc a partir do ATP, passando a atuar como segundo mensageiro (McGraw & Liggett, 2005). O AMPc, ativa a PKA (Linhart et al., 2001), a qual encontra-se na forma inativa e organizada na forma de tetrâmeros com duas subunidades regulatórias (R) e duas subunidades catalíticas (C) (Mersmann, 1998). Assim, o AMPc interage com a PKA inativa, liga-se as subunidades R e libera as subunidades C, tornando-a ativa, a qual conduz a fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final da célula (Moody et al., 2000; McGraw & Liggett, 2005).



**FIGURA 2 - Modo de ação dos agonistas beta-adrenérgicos. Onde: ABA: agonista beta-adrenérgico,  $\beta$ AR: receptor beta-adrenérgico,  $G_s$ : proteína ativa, AC: enzima adenilato ciclase, ATP: trifosfato de adenosina, AMPc: monofosfato cíclico de adenosina, PKA: proteína quinase A, E: enzima, EPO4: enzima fosforilada (Moody et al., 2000).**

No entanto, sob ação contínua (28 dias) do agonista beta-adrenérgico, o AMPc ativa uma proteína quinase, a beta-adreno-receptor quinase (beta-ARK) que, ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-G<sub>s</sub>-adenilato ciclase (Lundberg et al., 1987). O efector desacoplado passa para o espaço intracitoplasmático, o que diminui o número de receptores disponíveis na membrana. Essa redução no número de receptores é denominada dessensibilização e causa diminuição da resposta a estimulação beta-adrenérgica da ractopamina (Spurlock et al., 1998; Mills, 2002a). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode ser consumido, fenômeno este chamado de seqüestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (Benovic et al., 1988). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada “*down-regulation*” (Barros et al., 1999). Tanto os receptores beta<sub>1</sub> como os beta<sub>2</sub>-adrenérgicos podem sofrer os processos de dessensibilização e *down-regulation*, porém estes fenômenos são mais expressivos com receptores do tipo beta<sub>2</sub> (Mills, 2002a).

#### 1.1.3.1.6. Efeito da ractopamina sobre o tecido muscular e adiposo

Um dos efeitos mais conhecidos da ractopamina em suínos é o incremento da musculatura esquelética pela hipertrofia das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1992). Este efeito está relacionado a maior síntese de proteína e/ou diminuição da degradação protéica (Bark et al., 1992; See et al., 2004). O aumento na síntese de proteína muscular é resultado do aumento na expressão gênica das miofibrilas, pois o incremento na concentração de RNAm da alfa-actina foi observado no músculo de suínos alimentados com ractopamina (Bergen et al., 1989). Por outro lado, as atividades de enzimas associadas com a degradação protéica, catepsina e proteases dependentes de cálcio, não são alteradas quando suínos são suplementados com ractopamina (Beermann, 2002).

Outro efeito da administração da ractopamina é a diminuição da deposição de gordura na carcaça (Marinho et al., 2007a). A eficiência da ractopamina na redução do tecido adiposo do animal pode estar relacionada a atividade desta substância em bloquear a lipogênese do que estimular a lipólise (Mills et al., 2003b). De fato, foi observado que a ractopamina reduz a sensibilidade a insulina nos adipócitos suínos, sendo, portanto, capaz de inibir a lipogênese (Mills, 2002a). Por outro lado, estudos *in vitro* com suínos demonstram que os agonistas beta-

adrenérgicos aumentam a produção de AMPc, os quais ativam quinases, que por sua vez, fosforilam a enzima limitante na lipólise, ou seja, a lipase hormônio sensível (Moody et al., 2000). Em estado ativado, esta enzima quebra os triglicerídios e, conseqüentemente, aumenta a taxa de lipólise (Hermsdorff & Monteiro, 2004). Adicionalmente, foi demonstrado que a ractopamina aumenta a apoptose no tecido adiposo branco de ratos (Page et al., 2004). Isto explicaria parcialmente a razão de suínos suplementados com ractopamina geralmente apresentarem menor quantidade de gordura na carcaça (Weber et al., 2006).

#### 1.1.3.1.7. Efeitos da ractopamina e calpastatina sobre a qualidade de carne

A calpastatina é inibidora das calpaínas impedindo que estas degradem as proteínas musculares por ocasião da estocagem das carcaças e cortes cárneos. A atividade da calpastatina está relacionada a força de cisalhamento e maciez da carne (Rubensam et al., 1998). O coeficiente de correlação entre o nível de atividade de calpastatina (U/g) e a força de cisalhamento após 14 dias de maturação foi de 0,44. Quanto maior a atividade de calpastatina, maior a força necessária para o corte da carne e menor a maciez (Doumit & Koohmaraie, 1999). Quanto maior a atividade da calpastatina maior será a força de cisalhamento da carne. Entre as espécies de carne vermelha, a bovina é a que apresenta maior calpastatina e menor maciez da carne, enquanto a espécie suína apresenta menor calpastatina e maior maciez da carne (Doumit & Koohmaraie, 1999).

A calpastatina possui sítios de fosforilação e sua fosforilação e expressão são dependentes de estímulo beta-adrenérgico (Cong et al., 1998). Assim, animais suplementados com agonistas beta adrenérgicos induzem profundas mudanças no sistema das calpaínas (Parr et al., 2004). Em bovinos, o aumento de 36% na massa muscular em animais tratados com agonistas beta foi seguido de um aumento de 96% nos níveis de calpastatina e 76% de aumento na sua atividade (Doumit & Koohmaraie, 1999).

O beta-adrenérgico se liga ao receptor beta<sub>2</sub> e ativa a PKA dependente de AMPc, sendo a calpastatina um dos alvos desta quinase (Cong et al., 1998). Os elementos de resposta ao AMPc são locais que podem ser fosforilados pela PKA e estes estão presentes em uma extensão do domínio N-terminal L, denominada região XL, do gene da calpastatina. Alguns destes elementos estão presentes no exon 1xa, e quando há deleção deste exon ocorre redução



de 67% na função basal do promotor, indicando que esta região é essencial para a regulação da transcrição da calpastatina e por consequência sua função (Cong et al., 1998).

Os efeitos da ractopamina sobre a qualidade da carne suína são controversos, pois alguns trabalhos indicam que não há impacto significativo na cor, marmorização, firmeza e valores de pH final (Stites et al., 1991; Uttaro et al., 1993). Porém trabalhos mais recentes indicam efeito da ractopamina sobre a cor da carne, que ocorre devido a mudanças na composição das fibras musculares (Depreux et al., 2002; Chang et al., 2003). Assim, a carne de animais tratados com ractopamina apresentam maior força de cisalhamento e menor índice de fragmentação miofibrilar durante o período de amaciamento da carne, coincidentes com o aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (Calp 1 - 1 $\alpha$  e Calp 3 - 1 $\mu$ ) (Parr et al., 2004).

#### 1.1.3.1.8. Fatores que interferem na resposta a ractopamina

Diversos fatores podem influenciar a resposta dos suínos suplementados com ractopamina, dentre os quais a utilização de diferentes populações genéticas, nível de inclusão do agonista nas dietas, período de fornecimento do agonista, nível de lisina, relação lisina/energia metabolizável e programa alimentar (Schinckel et al., 2002). Animais com alto potencial genético apresentam maior taxa de deposição muscular quando suplementados com ractopamina (Bark et al., 1992). Esta resposta pode estar relacionada ao maior número de fibras musculares de suínos selecionados para maior deposição protéica, o que expõe um maior número de células a ação dos agonistas beta-adrenérgicos (Aalhus et al., 1992). Normalmente 10 ou 20 ppm de ractopamina são os níveis de inclusão que proporcionam maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar (Apple et al., 2004). No entanto, é provável que exista uma relação inversa entre potencial de deposição de carne magra e níveis de ractopamina (Schinckel et al., 2002). Em situações práticas, níveis de 5 a 10 ppm resultam em ganho de peso satisfatório, porém níveis maiores, em torno de 20 ppm, proporcionam máxima eficiência alimentar e melhores características quantitativas das carcaças dos suínos (See et al., 2004).

A resposta a ractopamina é influenciada pelo período de fornecimento (Bark et al., 1992). É possível que os suínos com alta deposição de músculo apresentem resposta a ractopamina com uma menor duração de fornecimento (Schinckel et al., 2002). Assim, a

ractopamina é eficaz quando administrada nos últimos 21 dias que antecedem o abate, uma vez que este período é caracterizado pelo aumento na deposição de gordura e piora na conversão alimentar (Marinho et al., 2007b). No entanto, estudos sugerem que a maior resposta a ractopamina ocorre com 14 dias de uso, antes de haver uma redução lenta (Spurlock et al., 1993; Mills, 2002). Isto porque, nas células, ocorre a *down-regulation* dos receptores beta-adrenérgicos, fato que ocasiona atividade parcial do referido agonista (Mills, 2002). Em nosso trabalho, optamos por suplementar a dieta dos animais com ractopamina durante 52 dias, pois se esperava que a associação com extratos cítricos mantivesse a eficiência alimentar.

Os melhores resultados para desempenho e características de carcaça em animais suplementados com ractopamina são obtidos com um aporte suplementar de lisina na dieta em torno de 7% (Schinckel et al., 2003a). Adicionalmente, a relação entre lisina e energia metabolizável é importante, pois a deposição de carne magra em suínos durante a fase de terminação exige 0,69% e 3,26 Mcal/kg, respectivamente, o que equivale a relação lisina/energia de 2,1 g/Mcal (Nrc, 1998).

A restrição alimentar associada a ractopamina melhora o ganho de peso e a conversão alimentar, além de aumentar a área de olho-de-lombo de suínos em terminação (Smith et al., 1995). Além disso, a suplementação de ractopamina associada a restrição alimentar reduz a quantidade e a percentagem de gordura na carcaça de suínos em terminação, sendo uma alternativa importante para ganhos em bonificação (Cantarelli et al., 2009). Todavia, suínos machos castrados em terminação alimentados com ração suplementada com 5 ppm de ractopamina, a vontade ou restrita, apresentam maior peso final, melhora no ganho diário de peso e na conversão alimentar.

#### 1.1.3.2. Antioxidantes

O uso de antioxidantes nos alimentos teve início em meados de 1940, quando algumas substâncias naturais provenientes da casca de árvores, utilizadas por tribos americanas e indianas, mostraram-se úteis na conservação de gorduras animais e vegetais. Posteriormente, descobriu-se que a efetividade destes compostos estava diretamente relacionada ao seu teor de constituintes fenólicos (Madhavi et al., 1996). Atualmente, a utilização de antioxidantes em produtos alimentícios é controlada pela legislação dos países ou padrões internacionais. Deste

modo, apenas alguns compostos reconhecidos como seguros pelas organizações internacionais como a *Food and Agriculture Organization* (FAO), *Joint Expert Committee* (JECFA) e a *World Health Organization* (WHO) são permitidos para o uso em alimentos. Portanto, a aprovação dos antioxidantes para a utilização em alimentos, requer extensivos estudos toxicológicos sob a possibilidade de efeitos mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (Soares, 2002).

Os antioxidantes para serem incorporados em produtos alimentícios estão sob a dependência de alguns requisitos (Madhavi et al., 1996): apresentar solubilidade em meios apolares, ser de fácil incorporação, efetivos a baixas concentrações, estáveis a processamentos térmicos, eficazes ao menos um ano a temperatura de 25 a 30°C, não deve interferir nos caracteres sensoriais de alimentos estocados por um período prolongado, apresentar LD50 menor que 1000 mg/kg do peso corporal humano e não devem exercer efeito significativo no crescimento de animais experimentais, submetidos a um longo tempo de estudo.

#### 1.1.3.2.1. Mecanismo de ação

De acordo com seu modo de ação, os antioxidantes, podem ser classificados em primários e secundários. Os primários atuam interrompendo a cadeia da reação através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis e/ou reagindo com os radicais livres, formando o complexo lípido-antioxidante que pode reagir com outro radical livre. Os antioxidantes secundários atuam retardando o início da autoxidação pela complexação de metais, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para formar espécie não radical, absorção da radiação ultravioleta ou desativação de oxigênio singlete (Adegoke et al., 1998).

De forma genérica, os antioxidantes atuam interagindo com o radical peroxil, o qual se encontra mais prevalente na etapa de propagação da autoxidação e, possui menos energia, se comparado a outros radicais, fato que favorece a abstração de seu hidrogênio (Decker, 1998). O radical fenoxil resultante, embora relativamente estável, pode interferir na reação de propagação, ao reagir com outro radical peroxil e originar novos radicais, por ação da luz ultravioleta e/ou temperaturas elevadas (Angelo & Jorge, 2007). Deste modo, é importante salientar que, a eficácia de um antioxidante no controle da autoxidação, não se restringe apenas a doar elétrons ou hidrogênio, sendo necessário que o radical fenoxil formado possua

uma baixa reatividade, que lhe é conferida pela ressonância de deslocamento do elétron desemparelhado em volta do anel aromático, ausência de sítios capazes de se ligarem ao O<sub>2</sub>, grupos funcionais presentes e posição que ocupam no anel aromático e pelo tamanho da cadeia desses grupos (Shahidi et al., 1992). No entanto, dependendo da sua função, os antioxidantes podem agir especificamente, através de distintos mecanismos (Pinchuk & Lichtenberg, 2002): (a) como agentes capazes de inibir a produção de radicais livres, induzida por metais de transição através da formação de complexos inativos com íons metálicos ou retardando a etapa da iniciação da autoxidação através de decomposição de hidroperóxidos, formando espécies estáveis não-radicalares. Incluem-se nesta categoria, o ácido tiodipropiônico e o dilauriltiodipropionato, o ácido ascórbico, fosfórico e seus derivados, cítrico, palmitato de ascorbila e o ácido etilenodiamina tetracético (EDTA), entre outros. (b) ou agir como inibidores das reações em cadeia mediadas por radicais livres: atuando como agentes sequestrantes; doando elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis; ou interagindo com radicais livres, formando um complexo lípidio-antioxidante, de baixa reatividade, a exemplos do BHT, BHA, TBHQ,  $\alpha$ -tocoferol e bioflavonóides.

#### 1.1.3.3. Antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos mais comumente utilizados nos alimentos são o BHA, BHT e TBHQ. O BHA comercial é constituído de dois isômeros: o 3-butil hidrocianisol e o 2-butil hidroxianisol e, juntamente com o BHT está entre os aditivos mais utilizados em produtos gordurosos, apresentando uma boa resistência a processos de forneamento, embora, inadequados a fritura (de Stafney et al., 1986). Os antioxidantes sintéticos são normalmente utilizados na indústria de óleos e de derivados lipídicos. Entretanto, essas substâncias podem causar efeitos adversos em animais, como por exemplo, hemorragia massiva nas cavidades pleurais e peritoneais (Takahashi & Hiraga, 1978) ou extensa proliferação de células no pulmão, com mudanças bioquímicas, atuando como agente promotor no desenvolvimento de adenomas (Witschi & Lock, 1978). Devido a estes inconvenientes, nos últimos anos tem havido a preocupação de se obter substâncias naturais que tenham a mesma função e eficiência dos antioxidantes sintéticos (Passotto et al., 1998).

#### 1.1.3.4. Antioxidantes naturais

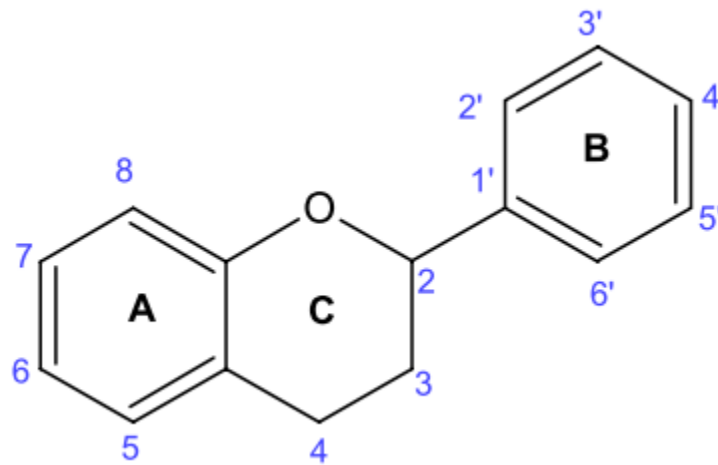
A análise da atividade antioxidante de compostos naturais teve início com Chipault em 1952, trabalhando com especiarias, ingredientes utilizados nos alimentos desde os primórdios da história, não somente para melhorar ou ressaltar suas características sensoriais, mas também, para preservá-los (Exarchou et al., 2002). Antioxidantes naturais são substâncias químicas naturalmente encontradas na composição de alimentos de origem vegetal e que possuem efetiva atividade antioxidante (Rodrigues et al., 2003). A atividade dos antioxidantes naturais é também de interesse tecnológico, pois o processamento e obtenção de alimentos com elevado teor destas substâncias supõem uma redução da utilização de antioxidantes sintéticos, possibilitando a obtenção de alimentos mais saudáveis que podem ser incluídos no grupo dos alimentos funcionais (Therond et al., 2000; Weber & Antipatis, 2001). Entre os antioxidantes que têm recebido maior atenção, por sua possível ação benéfica na glicemia e prevenção da doença aterosclerótica, estão as vitaminas C (ácido ascórbico) e E (tocoferol), os carotenóides e os bioflavonóides (Rodrigues et al., 2003).

##### 1.1.3.4.1. Bioflavonóides

Os bioflavonóides ou flavonóides foram descobertos em 1930, por Szent-György que extraiu a citrina da casca do limão, substância que possui a capacidade de regulação da permeabilidade dos capilares. Assim, esta classe de produtos naturais foi inicialmente denominada de vitamina P (de permeabilidade) e também de vitamina C<sub>2</sub>, pois apresentavam propriedades semelhantes as da vitamina C. Estes compostos podem ser definidos como uma classe de metabólitos secundários das plantas, que derivam da condensação de uma molécula de ácido cinâmico com três grupos malonil-CoA<sub>2</sub> e que participam na fase dependente de luz da fotossíntese, durante a qual catalisam o transporte de elétrons (González-Gallego et al., 2002).

Os bioflavonóides são compostos de baixo peso molecular, com uma estrutura (Figura 3) base C6-C3-C6 (dois anéis fenil A e B ligados através de um anél pirano C). Dependendo

da substituição e do nível de oxidação no anel C3, os bioflavonóides podem ser divididos em 14 classes (flavanóis, flavonóis, flavonas, antocianidinas, isoflavonóides, flavononas, etc.) (González-Gallego et al., 2002). Dentro da mesma classe, os bioflavonóides diferem na substituição dos anéis A e B. Estes se encontram na natureza sob a forma de glicosídeos, o que melhora a absorção intestinal e a bioavaliabilidade destes compostos (Pinelo et al., 2006). Os glicosídeos formam-se através da união de resíduos de D-glucose na posição 3 ou na posição 7 destes bioflavonóides, sendo a primeira substituição a mais frequente. Outros resíduos de açúcares encontrados ligados a estes compostos são a D-galactose, a L-ramanose, a L-arabinose, a D-xilose e o ácido D-glicurônico (González-Gallego et al., 2002).



**FIGURA 3 - Estrutura base dos bioflavonóides (González & Tejada, 2007).**

Vários efeitos biológicos têm sido atribuídos aos bioflavonóides, visto que são capazes, por exemplo, de inibir a peroxidação de lipídios (Ishiwa et al., 2000), a agregação plaquetária e de ativar sistemas enzimáticos, incluindo cicloxigenases e lipoxigenases (Homma et al., 2000). Esses efeitos são devidos a sua capacidade de remover radicais livres e de quelar cátions divalentes (Cook & Samman, 1996; Silva et al., 2001). Outros estudos mostram que os bioflavonóides quercetina, rutina e naringina inibem a biossíntese de eicosanóides (resposta antiprostanóide e antiinflamatória) (Pelzer et al., 1998), protegem a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), previnem agregação plaquetária e estimulam o relaxamento do músculo liso com efeitos anti-hipertensivo e antiarrítmico (Katzung, 2006). Além disso, os bioflavonóides apresentam propriedades antivirais e carcinostáticas. A atividade dos bioflavonóides como inibidores da enzima transcriptase

reversa sugere que esses compostos podem atuar no controle de infecções por retrovírus, como na síndrome de imunodeficiência adquirida (AIDS) (Pelzer et al., 1998).

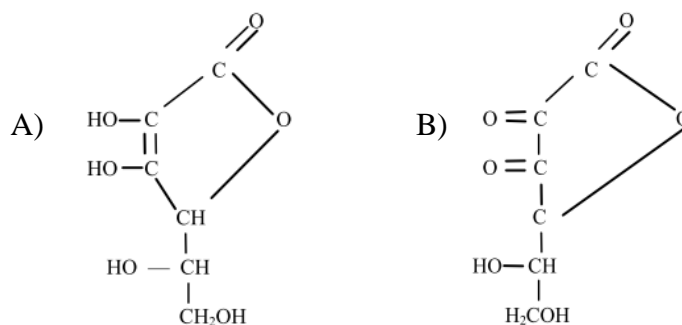
Os bioflavonóides apresentam ainda ações anti-inflamatórias, antimicrobianas, antialérgicas e imuno-estimulantes (Erlund, 2004; Cushnie & Lamb, 2005). A resposta imuno-estimulante dos bioflavonóides ocorre, quando as células imunologicamente competentes são ativadas frente a organismos estranhos ou substâncias antigênicas liberadas durante a resposta inflamatória aguda ou crônica. Muitos dos efeitos antiinflamatórios e cardiovasculares dos bioflavonóides e compostos fenólicos interferem no metabolismo final do araquidonato. O ácido araquidônico é um ácido graxo que serve como precursor de prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos e leucotrienos, os quais são potentes mediadores intracelulares, que controlam uma variedade de processos complexos no organismo. A propriedade apresentada pelos bioflavonóides em inibir tanto a via da ciclooxigenase quanto da 5-lipoxigenase no metabolismo do araquidonato pode contribuir para as propriedades anti-inflamatórias. Os produtos da ação das enzimas ciclooxigenase e lipoxigenase são as prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos, também denominados eicosanóides. Esses compostos são agentes homeostáticos, envolvidos na manutenção da integridade dos sistemas inflamatório, cardiovascular e renal. O desequilíbrio na homeostase dos leucotrienos pode resultar em respostas inflamatórias com distúrbios respiratórios, como asma e rinite alérgica, artrite e desordens inflamatórias no intestino (Harborne & Williams, 2000).

Os bioflavonóides inibem, *in vitro*, a peroxidação lipídica, no estágio de iniciação, por atuar como antioxidante, eliminando o ânion superóxido e radicais hidroxilas. Os bioflavonóides interrompem a reação em cadeia dos radicais livres, doando átomos de hidrogênio ao radical peroxila, formando um radical de bioflavonóide. O radical bioflavonóide, então, reage com o radical livre, terminando, assim, a propagação da reação em cadeia (Cook & Samman, 1996).

Portanto, além dos efeitos antiinflamatórios, os bioflavonóides podem ter efeitos biológicos em diferentes vias, em vários componentes do sangue, como as plaquetas, monócitos, LDL e tecido muscular liso. As plaquetas têm papel chave na aterogênese e são mediadores pró-inflamatórios como os tromboxanos A (Harborne & Williams, 2000).

#### 1.1.3.4.2. Ácido ascórbico

As vitaminas são substâncias orgânicas que agem em pequenas doses, sem qualquer valor energético intrínseco (Penteado, 2000). A descoberta do ácido ascórbico (Vitamina C, ácido Cevitâmico) foi originada dos estudos realizados para detectar a substância existente nas frutas e verduras, que impedia a proliferação do escorbuto entre os marinheiros em longas viagens (Aranha et al., 2000). Durante vários anos tentou-se isolar a vitamina C na sua forma pura. Foi o médico Albert Szentgyorgyi que, em 1928, conseguiu isolar esta vitamina, dando-lhe o nome de ácido hexurônico. Ele descobriu ainda que sua fórmula é  $C_6H_8O_6$ . Em 1932, o isolamento da vitamina C em forma cristalina pura foi obtido independentemente por dois grupos de pesquisadores. A estrutura química foi identificada e o produto sintetizado sob a forma fisiologicamente ativa pouco depois. Em 1938 o ácido ascórbico foi oficialmente aceito como nome químico da vitamina C (Aranha et al., 2000). Ele ocorre naturalmente em alimentos sob duas formas: a forma reduzida (geralmente designada como ácido ascórbico) e a forma oxidada (ácido desidroascórbico) (Figura 4).



**FIGURA 4 - A) Fórmula estrutural do ácido L-ascórbico; B) Fórmula estrutural do ácido L-desidroascórbico (Bobbio & Bobbio, 1992).**

A absorção do ácido ascórbico ocorre no jejuno e no íleo, que são porções distais do intestino delgado, sendo para isto necessária a presença de sódio na luz intestinal (Krinsky et al., 2000). A vitamina C é transportada no plasma sob a forma de um ânion livre, sendo transferida por difusão simples no interior dos leucócitos e dos eritrócitos. Quando a oferta de ácido ascórbico aumenta, a ascorbemia também aumenta, para se conseguir um nível da vitamina compreendido entre 1,2 e 1,5 mg/dl (68-85  $\mu\text{mol/l}$ ) (Penteado, 2000). O ácido ascórbico administrado em altas doses, após atingir concentração máxima nos tecidos, sofre eliminação do excesso através da urina. Os principais metabólitos do ácido ascórbico



excretados na urina, além do ácido ascórbico inalterado, são o ácido desidroascórbico, o ácido oxálico e o ácido 2,3-dicetogulônico, sendo que seus teores na urina estão relacionados com as espécies animais e, também com o teor de ácido ascórbico administrado (Aranha et al., 2000; Krinsky et al., 2000).

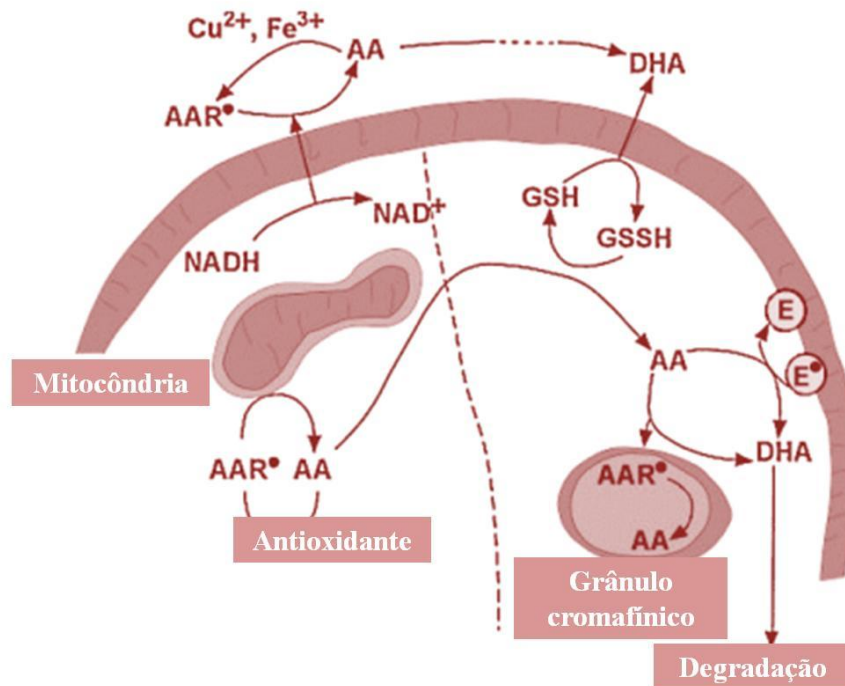
O ácido ascórbico se distribui em todos os tecidos do organismo. Embora o fígado seja o local de síntese do ácido ascórbico no suíno, sua concentração nos tecidos varia consideravelmente. Concentrações mais elevadas (>1 mg/g de tecido) do ácido ascórbico são observadas nas glândulas pituitária e adrenal e humor aquoso do olho; concentrações moderadas (0,25-0,75 mg/g de tecido) são observadas no baço, timo, tireóide, paratireóide, no cérebro e na íris; concentrações menores (<0,25 mg/g de tecido) estão no fígado, rins, pulmões, coração, olho de lombo e plasma sanguíneo (Mahan et al., 2004).

O ácido ascórbico é uma molécula usada como antioxidante e na síntese do colágeno, processos de hidroxilação e secreção hormonal. Como antioxidante envolve as espécies reativas de oxigênio (ROS) tornando-as menos reativas, mas também está envolvido no desenvolvimento do esqueleto fetal e no crescimento e manutenção do tecido gonadal (Mahan et al., 2004). Atua na formação dos glóbulos vermelhos do sangue, absorção e utilização do ferro e na manutenção e integridade das paredes dos capilares. No plasma pode doar elétrons para várias espécies reativas, retornando facilmente ao seu estado reduzido, eliminando-as antes que reajam com as membranas e lipoproteínas biológicas (Whitehead & Keller, 2003).

O ácido ascórbico atua como antioxidante através de dois mecanismos: (a) pode ser facilmente oxidado a ácido desidroascórbico em uma reação reversível. Assim, o sistema redox forma uma interconversão entre ambas as moléculas. Esta interconversão forma a base para muitas das ações fisiológicas do ácido ascórbico. (b) pode formar um radical ascorbato formando mais uma rota de atividade antioxidante, a qual destrói os radicais livres originados a partir do oxigênio, como o hidroxil, o oxigênio simples e o superóxido. Neste mecanismo pode apresentar ação sinérgica com outras enzimas protetoras como superóxido dismutase, glutathione peroxidase e catalase (Whitehead & Keller, 2003).

Dentro da célula, o ascorbato remove moléculas de oxigênio reativo, superóxidos, hidroxila e radicais livres, produzidos pelo metabolismo normal. O ascorbato perde um elétron na presença de um agente oxidante (elétron receptor) e forma um radical ascorbato livre. Embora o radical ascorbato livre possa ser reversivelmente reduzido a ascorbato e dinucleotídeo de adenina nicotinamida semidesidroascorbato, são formados o ácido hidroascórbico ou ácido semidesidroascórbico (Figura 5) (Mahan et al., 2004). De qualquer forma podem ser reversivelmente convertidos em ácido ascórbico, ou a estrutura do ácido

desidroascórbico do anel pode ser quebrada formando o 2,3 diceto-1-ácido gulônico e excretado pelos rins (Lehninger et al., 2007).



**FIGURA 5 - Representação esquemática do papel antioxidante da vitamina C e fatores que influenciam a formação de formas oxidadas e reduzidas do ácido ascórbico. AA: ácido ascórbico; AAR: radical ácido ascórbico (radical ácido monodehidroascórbico); DHA: ácido dehidroascórbico; E: vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol); GSH: glutationa (reduzida); GSSH: glutationa (oxidada); NAD: dinucleotídeo de adenina nicotinamida; NADH: dinucleotídeo de adenina nicotinamida (elétron doador) (Mahan et al., 2004).**

O antioxidante lipídeo-solúvel nas membranas celulares é o  $\alpha$ -tocoferol que pela peroxidação é convertido em quinona tocoferol e então reconvertido a sua forma ativa pela doação de elétrons ou da glutaciona ascorbato. Se localizado na bicamada da membrana, os elétrons podem ser transferidos a partir do ascorbato para o espaço extracelular. Não há evidência de que a peroxidação lipídica ocorre a partir dos análogos do ácido ascórbico (Berger et al., 1997). Adicionalmente, o ácido ascórbico facilmente perde seus elétrons, sendo um dos antioxidantes mais eficazes solúveis em água (Mahan et al., 2004). A vitamina C desempenha um papel central no controle de reações oxidativas na célula em função do acúmulo de ROS, os quais podem afetar a estabilidade do DNA, do processo de transcrição,

ou da integridade da membrana. O ascorbato extracelular pode evitar a oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (Lehninger et al., 2007). Na presença de  $\text{Fe}^{3+}$  livre ou  $\text{Cu}^{2+}$ , ácido ascórbico reduz cada um desses metais para  $\text{Fe}^{2+}$ , ou  $\text{Cu}^{1+}$ , respectivamente (Stadtman, 1991). Estes elementos são sequestrados biologicamente (por exemplo, Fe em ferritina), impedindo assim a forma mais oxidada de ter efeitos nocivos sobre os tecidos (Mahan et al., 2004).

Os efeitos da vitamina C sobre a qualidade da carne suína ocorrem por alterações no metabolismo da glicose e glicogênio (Pion et al., 2004). Um dos produtos de degradação da vitamina C é o ácido oxálico, que retarda a degradação da glicose. Isso pode resultar em uma redução da produção de ácido láctico a partir da glicose após o abate e pode impedir a rápida queda no pH associado com a qualidade da carne (Mourot et al., 1992). Além disso, a vitamina C pode diminuir a resposta de estresse pré-abate, o que reduz ainda mais a quantidade de glicose e glicogênio disponível para a produção de ácido láctico (Heugten, 2009). Entretanto, Kremer et al. (1999) suplementaram suínos com 783 ou 2348 ppm de vitamina C quatro horas antes do abate. Observaram melhora na coloração da carne e reduzida perda por gotejamento. Já a administração de vitamina C na água por 48 horas, aumenta as concentrações plasmáticas de ácido ascórbico, porém esses níveis rapidamente retornam aos valores fisiológicos, sem alterar a cor do músculo, a perda por gotejamento ou a oxidação lipídica. Uma possível explicação para a rápida excreção da vitamina C na urina está relacionada a maior oferta na dieta, o que aumenta as concentrações plasmáticas da vitamina. Uma vez que a concentração plasmática da vitamina C ultrapasse o limiar renal, rapidamente é excretada na urina (Pion et al., 2004).

#### 1.1.3.4.3. Sinergismo entre bioflavonóides e ácido ascórbico

O sinergismo entre os bioflavonóides e ácido ascórbico, presentes nos extratos cítricos, estão relacionados a redução do dano oxidativo (Nijveldt et al., 2001). A ação antioxidante destes compostos aumenta a imunidade mediada ou não por células, o que diminui a susceptibilidade dos animais às doenças causadas pelo estresse (Peterson & Dwyer, 1998). Estudos demonstram melhora no pH, na capacidade de retenção de água e na cor do músculo (por redução da peroxidação lipídica) durante o armazenamento da carne de suínos suplementados com ácido ascórbico e bioflavonóides na dieta. Os efeitos dos extratos cítricos

observados sobre o pH ocorrem por alterações no metabolismo da glicose e do glicogênio (Jamilah et al., 2009). Especificamente, o ácido oxálico, metabólito do ácido ascórbico, é considerado um inibidor glicolítico, com efeitos sobre a produção de ácido láctico pós-morte.

#### 1.1.3.5. Oxidação lipídica

Os processos de oxidação de substâncias orgânicas são uma das principais causas da redução da vida de prateleira dos produtos alimentícios industrializados bem como das matérias-primas em geral. Dentre as principais reações de oxidação em produtos alimentícios se destacam o escurecimento enzimático e a oxidação de lipídios (Degáspari & Waszczyński, 2004).

No caso das reações de oxidação de lipídios, os principais problemas decorrentes são as alterações sensoriais envolvendo o desenvolvimento de notas aromáticas desagradáveis, denominadas de uma forma generalizada de “ranço”. Estas reações ocorrem com substratos específicos que são os ácidos graxos, encontrados normalmente na constituição dos glicerídios. Esta alteração na qualidade de um produto é o principal parâmetro de controle físico-químico (ponto crítico de controle) que define o prazo de validade de diversos produtos alimentícios processados, principalmente quando os mesmos apresentam valores de atividade de água ( $a_w$ ) inferiores a 0,3 (Degáspari & Waszczyński, 2004). Nesta faixa de valores de atividade de água, atinge-se a zona de adsorção primária ou a monocamada, que propicia a ação catalítica de metais, favorecendo o desenvolvimento das reações de oxidação dos lipídios (Bobbio & Bobbio, 1992).

A oxidação lipídica ocorre devido a ação dos radicais livres no organismo (Soares, 2002). Estas moléculas têm um elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron e, por isso são extremamente reativas. Elas podem ser geradas por fontes endógenas ou exógenas. Por fontes endógenas, originam-se de processos biológicos que normalmente ocorrem no organismo, tais como: redução de flavinas e tióis; resultado da atividade de oxidases, cicloxigenases, lipoxigenases, desidrogenases e peroxidases; presença de metais de transição no interior da célula e de sistemas de transporte de elétrons. Esta geração de radicais livres envolve várias organelas celulares, como mitocôndrias, lisossomos, peroxissomos, núcleo, retículo endoplasmático e membranas (Machlin & Bendich, 1987). As fontes

exógenas geradoras de radicais livres incluem tabaco, poluição do ar, solventes orgânicos, anestésicos, pesticidas e radiações (Soares, 2002).

Nos processos biológicos há formação de vários radicais livres (Rice-Evans & Burdon, 1993): radicais do oxigênio ou espécies reativas do oxigênio (íon superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ )); hidroxila ( $OH^{\cdot}$ ); peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ); alcoxila ( $RO^{\cdot}$ ); peroxila ( $ROO^{\cdot}$ ); peridroxila ( $HOO^{\cdot}$ ); oxigênio singlete ( $^1O_2$ ); complexos de metais de transição ( $Fe^{+3}/Fe^{+2}$ ;  $Cu^{+2}/Cu^{+}$ ); radicais de carbono (triclorometil ( $CCl_3^{\cdot}$ )); radicais de enxofre; tiol ( $RS^{\cdot}$ ); radicais de nitrogênio (fenildiazina ( $C_6H_5N = N^{\cdot}$ ); óxido nítrico ( $NO^{\cdot}$ )).

Os mecanismos de reação para explicar a ocorrência destes processos de deterioração em lipídios ainda não estão totalmente esclarecidos. Sabe-se, no entanto que, os mesmos podem se oxidar por meio de mecanismos enzimáticos ou não enzimáticos (Degáspari & Waszczyński, 2004). Estes radicais irão causar alterações nas células, agindo diretamente sobre alguns componentes celulares. Os ácidos graxos poliinsaturados das membranas, por exemplo, são muito vulneráveis ao ataque de radicais livres (Soares, 2002). Estas moléculas desencadeiam reações de oxidação nos ácidos graxos da membrana lipoprotéica, denominadas de peroxidação lipídica, que afetarão a integridade estrutural e funcional da membrana celular, alterando sua fluidez e permeabilidade (Lee et al., 2004). Além disso, os produtos da oxidação dos lipídios da membrana podem causar alterações em certas funções celulares (Rice-Evans & Burdon, 1993). Os radicais livres podem provocar também modificações nas proteínas celulares, resultando em sua fragmentação, *cross linking*, agregação e, em certos casos, ativação ou inativação de certas enzimas devido a reação dos radicais livres com aminoácidos constituintes da cadeia polipeptídica (Lee et al., 2004). A reação de radicais livres com ácidos nucleicos também foi observada, gerando mudanças em moléculas de DNA e acarretando certas aberrações cromossômicas (McClements & Decker, 2000). Além destes efeitos indiretos, há a ação tóxica resultante de altas concentrações de íon superóxido e peróxido de hidrogênio na célula (Lee et al., 2004).

## 1.2. Fundamentação prática

### 1.2.1. Respostas ao uso da ractopamina

Grandes empresas de suínos têm enfatizado maximizar a deposição protéica no músculo por meio de seleção genética e pesquisas em nutrição. O objetivo é diminuir a deposição de gordura e aumentar a deposição de músculo nas carcaças de suínos melhorados geneticamente, como forma de atender o mercado consumidor e abater animais mais pesados (Marinho et al., 2007a). Assim, a ractopamina, alternativa como repartidora de nutrientes, tem proporcionado melhora significativa no desempenho e características de carcaça de suínos em terminação, por aumentar a taxa de deposição e eficiência do tecido muscular (Moody et al., 2000; Schinckel et al., 2003b). O ganho de peso aumenta em 10 a 12% quando a ractopamina é administrada para um ganho de 40 kg antes do abate. Com pequenas reduções (0 - 5%) na ingestão diária, a ractopamina melhora o peso e a eficiência de carne magra (Schinckel et al., 2002).

A resposta a ractopamina é dose dependente, pois com baixa taxa de inclusão (5 ppm), os animais apresentam melhora no ganho, na eficiência alimentar e em menor grau nos parâmetros de carcaça (Moody et al., 2000). Por outro lado, altas doses (20 ppm) demonstram melhora do ganho, na eficiência e melhorias adicionais na carcaça. No entanto, considera-se que o ganho de peso é otimizado a baixas doses e, diminuída a doses maiores que 20 ppm devido a redução no consumo alimentar (Crome et al., 1996). Estima-se que as concentrações de 10 ou 20 ppm de ractopamina nas dietas no período de seis a 34 dias aumentem o peso de carcaça quente (Armstrong et al., 2004).

Apesar dos benefícios na eficiência alimentar, na taxa de crescimento e na produção de carne magra, a ractopamina pode alterar a qualidade da carne. A suplementação com ractopamina pode reduzir em 25% o teor de gordura na carne (Stites et al., 1991). O teor de gordura intramuscular está relacionado com padrões sensoriais como maciez, suculência e sabor envolvidos com a aceitabilidade do consumidor (McKeith & Merkel, 1991). A inclusão de ractopamina às dietas reduz em 10% o teor de colesterol no *Longissimus dorsi*. Entretanto, não influencia a composição dos ácidos graxos do músculo ou da gordura subcutânea (Stites et al., 1991). Isto sugere poucas alterações na vida de prateleira ou na estabilidade da carne fresca ou processada (Keeton, 1983). A administração de 10 ppm de ractopamina, não altera as perdas por gotejamento, perdas por cozimento e valores de L\* (brilho) (Stoller et al., 2003). A utilização de 20 ppm de ractopamina na dieta diminui as perdas por gotejamento e aumenta a força de cisalhamento na carne (Uttaro et al., 1993).

A redução do teor de gordura abaixo de 15% para produtos curados influencia a aceitabilidade do consumidor, pois os produtos desenvolvem aspecto de “borracha” ao corte (Keeton, 1983). Alterações na textura é resultado do aumento das concentrações de proteínas

miofibrilares. Na carne triturada, gotículas de gordura são revestidas e aprisionadas em uma matriz solúvel (sal-proteína), que atua como um agente emulsificante. As porções hidrofóbicas das proteínas interagem com os lipídios e, as porções hidrofílicas das proteínas são atraídas para a fase aquosa. As proteínas e as gotículas lipídicas são dispersas em fase aquosa e impedem a coalescência durante o processamento e cozimento (McKeith & Merkel, 1991). Assim, a desnaturação da matriz protéica pelo cozimento resulta em alteração na textura.

### 1.2.2. Respostas ao uso de extratos cítricos

Em nossa sociedade há muitas alterações nos hábitos alimentares, principalmente a busca por alimentos funcionais que ajudem a manter a saúde. Dentro desta tendência, destaca-se o uso dos extratos vegetais e frutas na alimentação animal melhorando a qualidade de produção de forma segura e respeitosa a natureza (Navarro et al., 2008). Na nutrição moderna, os extratos vegetais têm sido avaliados pelas atividades antimicrobianas, sobre os sistemas enzimáticos, estruturas celulares e moléculas biológicas. Porém, os efeitos biológicos dos antioxidantes naturais são potencializados pelas interações entre os constituintes da fórmula (Middleton et al., 2000). Por exemplo, a biodisponibilidade e eficácia da vitamina C e dos bioflavonóides são inferiores se administrados de forma isolada (Navarro et al., 2008). Entre as várias ações, os antioxidantes protegem o sistema imunológico. Os bioflavonóides modulam algumas respostas inflamatórias, como a inibição da PGE<sub>2</sub>, IgE e inibição da fagocitose da membrana de mielina no processo de esclerose múltipla (Flórez et al., 2002 ). Na Universidade de Iowa foi quantificado o efeito do bioflavonóide genisteína sobre o crescimento de suínos e resposta imune durante a exposição ao vírus da síndrome respiratória e reprodutiva dos suínos. Os resultados indicam que a suplementação com genisteína agiu como um modulador imune ativo, estimulando a eliminação sistêmica do vírus no soro e auxiliando no crescimento dos animais pós-infecção (Navarro et al., 2008).

No metabolismo fisiológico dos seres vivos são produzidas reações com produção de radicais livres, que podem ameaçar a integridade celular. Nesse sentido, a modulação dos radicais livres por antioxidantes reduz muitos processos patológicos e melhora o desempenho animal (Sebastián, 2003). A inclusão de doses elevadas de alguns antioxidantes na alimentação animal pode afetar o status oxidativo *in vivo* e as características de qualidade da

carne, bem como sua conservação e transformação (estabilidade oxidativa, estabilidade da cor, diminuição da concentração de compostos indesejáveis, diminuição da perda de líquidos, etc.). Estes fenômenos ocorrem principalmente após o abate dos animais, pois os processos fisiológicos, que evitam a presença de radicais livres e oxidação dos produtos nos tecidos, são inativados. Entre os parâmetros de qualidade mais importantes, destacam-se aqueles associados ao acúmulo de compostos oxidativos, pois determinam a gênese dos sabores, dos odores anormais e acúmulo de compostos tóxicos (óxidos de colesterol, radicais livres). Nesse sentido, foi avaliado o uso de extratos cítricos bioestabilizados em relação ao efeito sinérgico da vitamina C com os bioflavonóides. O uso em galinhas poedeiras estimulou a resposta imune contra a doença de *Newcastle*, reduzindo as taxas de mortalidade. A inclusão de extratos cítricos na dieta de suínos melhorou o consumo e ganho médio diário de peso (Sebastián, 2003). Em outro estudo, amostras de carne foram colhidas após o abate de animais suplementados com extratos cítricos na dieta. Foram avaliadas a capacidade de retenção de água, cor, pH e oxidação. Os resultados mostram uma atividade altamente protetora contra a oxidação da carne (valores de TBARS) nos animais suplementados com os extratos cítricos (Sebastián, 2003). Em outro estudo com inclusão de extratos cítricos para suínos na fase de engorda, foi observada longa vida de prateleira da carne, reduções da oxidação e perda por exsudação da carne (Navarro et al., 2008).

### 1.3. Produto curado

A industrialização e o processamento de carnes consistem em transformá-las em produtos cárneos, sendo as provenientes de bovinos, suínos e aves preferencialmente utilizadas pelas indústrias como matérias-primas. Entre os mais variados produtos obtidos pela industrialização da carne destacam-se linguiças, mortadelas, salsichas, apresuntados, presuntos, hambúrgueres, charque e os salames (Terra, 1998).

Os processos de secagem, fermentação e defumação podem ser considerados como os mais antigos métodos de conservação da carne. Esses processos eram utilizados nas regiões onde, por razões climáticas, não poderiam ser aplicadas outras técnicas de conservação (Fanco et al., 2002; Hansen, 2002). Embutido é um alimento que se prepara com carne picada e condimentada, proporcionando forma simétrica. A palavra embutido deriva de *salsus* que em latim significa salgado ou carne conservada por sal. A elaboração de embutidos iniciou



com o processo de salga e secagem para conservar a carne fresca que não poderia ser consumida imediatamente. Os antepassados descobriram que esses produtos tinham sua conservação e sabor favorecidos com a adição de especiarias e outros condimentos. Dependendo da região geográfica, o produto ganha textura e sabores específicos para agradar o paladar local, sendo que muitos produtos atualmente conhecidos devem seus nomes aos locais de procedência. Os embutidos atuais surgiram de precursores do velho mundo. Os cozidos procedem do norte da Europa, onde o clima é suficientemente frio para permitir sua conservação e armazenamento. Os secos, por outro lado, se estabeleceram na Europa Meridional, onde o produto mais estável a temperaturas moderadas é mais apropriado. Os embutidos crus, curados e fermentados, como o salame, encaixam-se perfeitamente nas tendências atuais de consumo da população devido a sua facilidade de preparação (prontos para consumo), facilidade de conservação, versatilidade de uso individual ou como acompanhamento em preparações culinárias, caráter nutritivo e variadas formas de apresentação e sabor (Hansen, 2002).

O salame é um produto cárneo industrializado obtido de carne suína ou suína e bovina, adicionado de toucinho e ingredientes, embutido em envoltórios naturais e/ou artificiais, curado, fermentado, maturado, defumado ou não e dessecado (Brasil, 2000). É preparado com a mistura de carnes moídas, com variações quanto a composição e adição de condimentos e aditivos responsáveis pelas variações de salames produzidos no país. Diferencia-se dos demais embutidos pelo baixo teor de umidade e pela presença de ácido láctico, que confere sabor característico (Scheid et al., 2003).

A fabricação do salame ocorre em duas fases: (a) a fermentação com a ocorrência simultânea de acidificação e formação da cor por sete dias; (b) a maturação, a qual consiste na desidratação por fermentação. No final do processo, o salame apresenta pH 5,2 - 5,4 e atividade de água de 0,87. Ambas as fases acima ocorrem em câmara de maturação dotada de controles de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (Fernández et al., 2000).

A maturação ou fermentação consiste em manter o produto durante um período de tempo sob condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar. Nessa etapa ocorre o desenvolvimento do aroma, modificações na textura, dessecação, endurecimento do produto e finalizam-se as reações de cura (Fanco et al., 2002). Os processos bioquímicos, microbiológicos e físicos que ocorrem durante a maturação trazem, em consequência, fenômenos de cor, desdobraimento e transformação das proteínas, das gorduras e hidratos de carbono. Os produtos de degradação são os principais responsáveis pelo odor e sabor característicos dos embutidos crus maturados. Na maturação ou fermentação dos salames

ocorre o crescimento da flora bacteriana que fermenta o açúcar, produz ácido lático e reduz o pH das proteínas da carne até seu ponto isoelétrico, tornando-as menos capazes de se unir a água. Esse fenômeno auxilia a perda de água durante a secagem do produto (Terra, 1998; Fernández et al., 2000). A acidificação gerada contribui para a liga e o aumento da consistência do produto, permitindo uma estrutura sólida propícia ao fatiamento, além de contribuir na formação do odor e sabor típicos do salame (Holzapfel, 2002). Durante a secagem, os embutidos perdem de 30 a 40% de seu peso inicial, sendo importante que a perda de umidade seja gradual, a fim de evitar a formação de rugosidade, ressecamento excessivo da casca e desprendimento da tripa. A crosta ressecada no produto impede a saída de água de seu interior, tornando o embutido "macio" principalmente aqueles com maior calibre, podendo causar prejuízo a sua conservação (Garcia et al., 2000).

Os salames possuem uma longa vida de prateleira em função do baixo pH que causa alterações na homeostase das células dos microrganismos patogênicos e deteriorantes (Urso et al., 2006). Os valores baixos de pH, da atividade água, as concentrações moderadas de cloreto de sódio (em torno de 3%) e de outros aditivos, geram uma condição ambiental seletiva ao desenvolvimento microbiano na massa cárnea (García-Varona et al., 2000). Cabe ressaltar que várias espécies de bactérias lácticas possuem a capacidade de produzir bacteriocinas. Estas substâncias são ativas frente a vários microrganismos e também contribuem com a segurança e estabilidade microbiológicas dos salames fermentados (O'Sullivan et al., 2002).

A atividade metabólica das bactérias lácticas contribui com a qualidade final do produto. A redução do pH cria condições para que ocorram reações responsáveis pela formação da coloração típica dos salames e, também leva a coagulação das proteínas solúveis contribuindo com a formação da textura característica dos salames (García-Varona et al., 2000). O catabolismo dos carboidratos, as atividades proteolíticas e lipolíticas durante o processamento também contribuem com o desenvolvimento do flavour característicos dos salames (Montel et al., 1998).

O tipo da microbiota que se desenvolve em salames tradicionais, sem a adição de culturas *starter*, está relacionado com a diversidade de formulações e com as práticas de fermentação e maturação utilizadas (Lebert et al., 2007). As bactérias lácticas predominantes em salames pertencem ao gênero *Lactobacillus* e entre as mais frequentemente isoladas estão o *L. curvatus*, *L. sakei* e *L. plantarum* (Drosinos et al., 2005).

Bactérias da família *Micrococcaceae* também fazem parte da microbiota responsável pelas transformações benéficas que ocorrem durante a produção de salames. Esses microrganismos são importantes devido as suas características metabólicas, como atividade

lipolítica, proteolítica e redução do nitrato, que contribuem com a formação da cor e do *flavour* dos salames (Sondergaard & Stahnke, 2002).

Na elaboração de salames, a redução do nitrato a nitrito é uma etapa fundamental para o desenvolvimento da coloração, reação que é catalisada pela enzima nitrato redutase, produzida por membros da família *Micrococcaceae*. O nitrito posteriormente é transformado por uma série de reações a óxido nitroso que reage com a mioglobina formando o complexo nitrosomioglobina responsável pela coloração típica dos produtos curados (Mauriello et al., 2004). O nitrito adicionado na massa cárnea ou originado a partir do nitrato limita a oxidação lipídica, que ocorre por três mecanismos indiretos: (a) liga-se ao ferro heme e previne a liberação do íon ferro, (b) liga-se ao ferro livre e assim inibe sua ação catalítica e (c) estabiliza lipídios saturados evitando a oxidação (Mauriello et al., 2004).

A proteólise e a lipólise ocasionadas por enzimas endógenas, ou devido ao metabolismo das *Micrococcaceae*, liberam vários ácidos orgânicos e substâncias aromáticas. Assim, o catabolismo de proteínas e gorduras influencia tanto no desenvolvimento da textura como do *flavour*, devido a formação de compostos de baixo peso molecular, incluindo peptídeos, aminoácidos, aldeídos, aminas e ácidos graxos livres, que são importantes componentes do *flavour* ou precursores destas moléculas (Mauriello et al., 2004).

### 1.3.1. Padrões de Identidade e Qualidade para Salames

A instrução normativa nº 22, de 31 de julho de 2000, conforme o art. 83, inciso IV do Regimento Interno da Secretaria, aprovado pela Portaria Ministerial nº 574, de 8 de dezembro de 1998, institui medidas que normatizam a industrialização de produtos de origem animal, garantindo condições de igualdade entre os produtores e assegurando a transparência na produção, processamento e comercialização (Brasil, 2001).

### 1.3.2. Padrões físico-químicos para salames

As características físicas e químicas dos salames além de fornecer informações nutricionais também são utilizadas como um dos parâmetros para avaliar a qualidade do

produto. Os requisitos máximos e mínimos, em relação às características físico-químicas, estipuladas pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade, que os produtos denominados de “Salame Tipo Milano” devem atender são: atividade água ( $A_w$ ) máximo 0,9; umidade (%) máxima 35; gordura (%) máxima 35; proteína (%) mínima 23 e carboidratos totais (%) máximo 4,0 (Brasil, 2000).

### 1.3.3. Padrões microbiológicos para salames

Os microrganismos possuem um papel central quando se trata de alimentos. Algumas espécies podem ser utilizadas como promotoras de um processo tecnológico, sendo responsáveis pela produção de diversos tipos de alimentos, como leites fermentados, queijos, pães e salames. Também podem causar a deterioração dos alimentos, alterando as características do produto, devido as suas atividades metabólicas durante o crescimento. Algumas espécies de microrganismos ou suas toxinas quando presentes nos alimentos podem causar danos a saúde do homem (Franco & Landgraf, 2003).

Visando preservar a saúde dos consumidores, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio do Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos, estabelece limites para a presença de alguns grupos ou espécies de microrganismos, nas diferentes categorias de alimentos. Os padrões microbiológicos que os diferentes tipos de salames devem atender, para que o produto seja próprio para o consumo humano são os seguintes: tolerância por amostra indicada para *Coliformes* a 45°C é  $10^3$  NMP.G<sup>-1</sup>; *Staphylococcus coagulase* positiva é  $5 \times 10^3$  UFC.g<sup>-1</sup> e *Salmonella sp.* ausência em 25 g (Brasil, 2001).

O controle dos microrganismos deteriorantes e patogênicos depende de cuidados em toda a cadeia produtiva, desde a produção da matéria-prima, durante o processamento, incluindo temperatura adequada, equipamentos e utensílios higienizados, assim como condições higiênico-sanitárias dos manipuladores e no armazenamento do produto acabado (Siqueira Júnior et al., 2004).

Em salames, a produção de ácido láctico pelas bactérias lácticas, reduzindo o pH, desempenha um papel importante no controle do desenvolvimento microbiano e na produção de toxinas. Entretanto, o processo fermentativo isolado nem sempre impede o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Tem sido destacada a importância de

carnes fermentadas como fonte de microrganismos patogênicos, resultando em toxinfecções de origem alimentar. Dentre os patógenos encontrados em salames fermentados destacam-se a *Listeria monocytogenes*, *Salmonella sp.*, *E. coli* O157:H7 e *Staphylococcus aureus* (Moore, 2004). O grupo denominado de coliformes totais é composto por bactérias da família *Enterobacteriaceae*, onde os gêneros predominantes são o *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* e *Klebsiella*. Dentre eles, apenas a *Escherichia coli* tem como habitat primário o trato intestinal do homem e animais, sendo assim indicador de contaminação fecal (Franco & Landgraf, 2003).

#### 1.3.4. Principais características sensoriais dos embutidos fermentados

A avaliação sensorial com bases científicas iniciou nos Estados Unidos, durante a 2ª Guerra Mundial, diante da necessidade de estabelecer os motivos pelos quais as tropas rejeitavam um grande volume de ração balanceada. Após entrevistas concluíram que a rejeição havia ocorrido em função de deterioração do alimento. Assim, através de hipóteses determinaram as causas da deterioração, considerando todas as fases da cadeia alimentar. Nesse sentido, a análise sensorial é realizada em função de respostas individuais, originadas de reações fisiológicas e interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado. Nesta avaliação, os indivíduos, por meio dos próprios órgãos sensoriais, numa percepção somato-sensorial, utilizam os sentidos da visão, olfato, audição, tato e gosto (Zenebon et al., 2008).

Entre os métodos de análise sensorial, os testes usando escalas indicam o tipo ou a intensidade de uma resposta sensorial (Zenebon et al., 2008). A escala hedônica é uma escala de intervalo que expressa o grau de “gostar” ou “desgostar” de uma amostra pelo consumidor. As escalas mais utilizadas são as de sete e nove pontos, com termos definidos entre “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo” contendo um ponto intermediário com o termo “nem gostei nem desgostei” (Dutcosky, 2007).

Entre as características avaliadas, a cor agrega valor a carne e seus derivados. Diversas são as alterações que podem ocorrer na cor, afetando sua qualidade e aceitação. Existem diferentes teorias sobre o desenvolvimento da reação de cor nas carnes curadas, sendo aceito dois modelos de reação, um que se caracteriza pela ação de enzimas da carne e outro que se

baseia em reações puramente químicas. Na teoria das reações enzimáticas, há formação de nitrosometamioglobina a partir da ação do nitrito sobre substâncias da célula cárnea, originando no final do processo o pigmento nitrosomioglobina (Prändl et al., 1994). A cor vermelho-rósea brilhante, típica de produtos cárneos curados, é devido ao pigmento nitrosomioglobina. Em produtos cárneos obtidos por salga e desidratação, é importante a ação protetora do nitrito no início do processo, uma vez que os demais fatores inibitórios ao desenvolvimento microbiano indesejável não estão plenamente estabelecidos (Terra et al., 2004a). Busca-se reduzir o tempo de cura dos produtos com a adição direta de nitrito, que reage rapidamente, possibilitando o controle da coloração do produto e da quantidade de nitrito residual (Faria et al., 2001). No entanto, o uso abusivo de nitrito, além de escurecer o produto, poderá causar intoxicação, o que ocasiona cianose. A oxidação pelo nitrito determina a coloração esverdeada ou escurecida a carne sendo resultado da combinação de níveis elevados de nitrito em pH reduzido (Terra et al., 2004b).

O odor é perceptível pelo órgão olfativo quando certas substâncias voláteis são aspiradas. O julgador deve aproximar a amostra da narina e dar cheiradas curtas, evitando longas inalações que cansem o olfato pela adaptação. Nesta avaliação, são realizadas comparações com padrões de referência conhecidos, identificados e descritos pelos seus odores ou aromas peculiares (Zenebon et al., 2008).

O sabor é considerado como uma experiência mista, mas unitária de sensações olfativas, gustativas e táteis percebidas durante a degustação. O sabor é percebido, principalmente, através dos sentidos do gosto e olfato, também influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e/ou cinestésicos (Zenebon et al., 2008). O sabor característico dos embutidos fermentados secos é uma combinação de vários componentes voláteis e não-voláteis. Alguns têm origem nos condimentos adicionados e nos metabólitos derivados dos carboidratos, dos lipídios e das proteínas que se formam durante o período de fermentação e secagem. O crescimento de microrganismos não-patogênicos, associado a atividade enzimática da carne e dos ácidos graxos é, indubitavelmente, responsável pela maioria destes componentes. Outro fator de grande importância são as reações oxidativas, iniciadas por componentes metálicos presentes (Hierro et al., 1997).

A textura é relacionada com as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) dos produtos. Geralmente é percebida por três ou quatro sentidos: os receptores mecânicos, táteis e, eventualmente, os visuais e auditivos. Relaciona-se com a sensibilidade térmica e cinestésica (Zenebon et al., 2008). A textura identificada em salames é definida por características mecânicas, como dureza, coesividade e plasticidade. A dureza e a coesividade

são definidas como características mecânicas primárias de textura e, podem ser descritas como físicas e sensoriais. A física define a dureza como uma força necessária para estabelecer deformação. A coesividade, em conceito físico, representa o quanto a amostra pode deformar antes de romper. Quanto às definições sensoriais, a dureza é a força requerida para comprimir uma substância entre os dentes molares e, a coesividade é o grau de quanto se comprime a substância entre os dentes antes que ela se rompa (Anzaldúa-Morales, 1994; Sauvageot, 2001).

Em embutidos fermentados secos, o corte “cheio”, a fatiabilidade e a firmeza no corte são algumas características desejáveis de textura (Kenneally et al., 1998). Esta característica está associada a aderência e ao aumento da consistência das partículas, o que é atribuído a solubilização e gelatinização das proteínas e a remoção da água. Desta forma, a textura do produto pode ser atribuída a rápida acidificação, a valores de pH próximos ao ponto isoelétrico das proteínas, o que acelera a secagem do produto, compactando e agregando as estruturas protéicas (Hierro et al., 1997).

## **2. CAPÍTULO 2**

### **ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: DESEMPENHO E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA**

Artigo submetido em outubro de 2009 ao Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, sendo apresentado segundo suas normas de publicação.



**Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça**

*[Feeding of pigs fed diets containing ractopamine and citrus extracts: performance and carcass characteristics]*

Carlos Augusto Rigon Rossi<sup>1</sup> Paulo Alberto Lovatto<sup>3</sup>, Gerson Guarez Garcia<sup>3</sup>, Cheila Roberta Lehnen<sup>2</sup>, Glauber Valentim Porolnik<sup>2</sup>, Marcos Speroni Ceron<sup>4</sup>, Gustavo Dias Lovato<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Aluno de pós-graduação - UFSM - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail:

[carlos.rossi@hotmail.com](mailto:carlos.rossi@hotmail.com), autor para correspondência.

<sup>2</sup> Aluno de pós-graduação - UFSM - Santa Maria, RS

<sup>3</sup> Departamento de Zootecnia - UFSM - Santa Maria, RS

<sup>4</sup> Aluno de graduação - UFSM - Santa Maria, RS

## RESUMO

Um experimento avaliou a adição de ractopamina e extratos cítricos a dietas de suínos em terminação. Foram utilizados 54 suínos castrados e 54 fêmeas, meio irmãos paternos e peso vivo de 61 quilogramas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0ppm de ractopamina e 0ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental, com repetição no tempo. O peso vivo final ( $109,9 \pm 3,6\text{kg}$ ), consumo de ração ( $2,6 \pm 0,2\text{kg/d}$ ), ganho de peso ( $1,0 \pm 0,1\text{kg/d}$ ), conversão alimentar ( $2,7 \pm 0,2$ ), comprimento de carcaça ( $97,0 \pm 2,7\text{cm}$ ), profundidade de músculo ( $56,1 \pm 5,6\text{mm}$ ) e pH ( $5,9 \pm 0,3$ ) não foram influenciados ( $P > 0,10$ ) pelos tratamentos. Sobre peso de carcaça, o efeito foi somente do tratamento com 20ppm de ractopamina em relação a 10ppm de ractopamina, sendo 5,7% superior ( $P < 0,05$ ). A espessura de toucinho do grupo controle foi 35% superior ( $P < 0,05$ ) aos níveis de ractopamina e a interação 500ppm de extratos cítricos e 10ppm de ractopamina. A carne magra do controle foi 5,3% inferior ( $P < 0,05$ ) em relação aos níveis de ractopamina. A alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina, extratos cítricos e suas interações não altera o desempenho, mas influencia algumas características de carcaça.

**Palavras-chave:** ácido ascórbico, agonista beta-adrenérgico, bioflavonóides, nutrição

### ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the effect of the addition of the ractopamine and citrus extracts in finishing pig diets. Hundred eight pigs were used (54 males and 54 females) in a completely randomized design, blocked by sex and distributed in nine treatments: T1. control (C) (0ppm of the ractopamine e 0ppm of the citrus extracts), T2. C + 10 RAC (ractopamine, ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (citrus extracts, ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Two sexes were used, with four replicates and three animals per experimental unit, with repetition over time. The final body weight ( $109.9 \pm 3.60\text{kg}$ ), feed intake ( $2.6 \pm 0.24\text{kg d}^{-1}$ ), body weight gain ( $1.01 \pm 0.09\text{kg d}^{-1}$ ), feed conversion ratio ( $2.7 \pm 0.25$ ), carcass length ( $97 \pm 2.71\text{cm}$ ), depth muscle ( $56.1 \pm 5.63\text{mm}$ ), and pH ( $5.9 \pm 0.33$ ) were not affected ( $P > 0.05$ ) by treatments. There was a significant effect, 5.7% higher ( $P < 0.05$ ) for treatment with 20ppm of ractopamine in relation to 10ppm ractopamine. The backfat thickness of the control group was 35% higher ( $P < 0.10$ ) levels of ractopamine and interaction 10ppm of ractopamine and 500ppm of citrus extracts. The lean meat in the control group was on average 5.3% lower ( $P < 0.10$ ) levels of ractopamine. Feed finishing pigs with diets containing ractopamine, citrus extracts and as their interactions do not affect performance, however affect some carcass characteristics.

**Key words:** ascorbic acid, beta-adrenergic agonist, bioflavonoids, nutrition

### INTRODUÇÃO

Aumentar a quantidade de carne na carcaça de suínos tem sido o objetivo da indústria e do suinocultor, pois melhora a rentabilidade e diminui os custos de produção. Na fase de terminação a composição da carcaça muda, principalmente o aumento da deposição lipídica, o que reduz a eficiência alimentar. Isso exige adequação da nutrição e do manejo alimentar. Para tanto diversas alternativas nutricionais ou de regulação metabólica têm sido avaliadas. Uma delas é o uso da ractopamina, que atua sobre a partição de nutrientes, melhorando o desempenho e as características de carcaça de suínos em terminação (Moody et al., 2000). Essa melhora se dá pela maior taxa de deposição protéica (Schinckel et al., 2003b). Outra alternativa é o uso de extratos vegetais na dieta, com destaque para os cítricos (Craig, 1999; Mason et al., 2005).

Os principais componentes dos extratos cítricos são os compostos fenólicos (bioflavonóides ou flavonóides) e o ácido ascórbico. Os bioflavonóides são antioxidantes naturais, com ações anti-inflamatórias, antimicrobianas, antialérgicas e imuno-estimulantes (Erlund, 2004; Cushnie & Lamb, 2005). O ácido ascórbico participa de diversos processos metabólicos, como a formação do colágeno e síntese de epinefrina, corticoesteróides e ácidos biliares (Aranha et al., 2000). Além de co-fator enzimático, o ácido ascórbico participa dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (Padayatty et al., 2003). Os benefícios da utilização terapêutica do ácido ascórbico em suínos são observados no desempenho, estresse pré-abate e na qualidade da carne (Pion et al., 2004).

Pelas propriedades individuais e ação sinérgica de seus princípios ativos, o uso de extratos cítricos nas dietas pode melhorar o desempenho dos suínos na terminação e as características de carcaça. Embora existam informações positivas relacionadas ao sinergismo dos constituintes dos extratos cítricos, ainda não há relatos do uso associado com a ractopamina. Este trabalho foi conduzido, portanto, com o objetivo de estudar o desempenho e características de carcaça de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina, extratos cítricos e suas interações.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi realizado no Setor de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, de julho a outubro de 2008. Foram utilizados 108 suínos (54 machos castrados e 54 fêmeas) meio irmãos paternos, oriundos de criação comercial e com peso vivo inicial de 61 quilogramas. Os animais foram alojados em 18 baias (1,5 x 3,0m/baia) equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0ppm de ractopamina e 0ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental, com repetição no tempo.

Os animais consumiram uma dieta isonutritiva (Tab. 1), seguindo as exigências nutricionais do NRC (NRC, 1998), com ajustes dos níveis suplementares de aminoácidos recomendados para animais alimentados com ractopamina (Apple et al., 2004). Os animais receberam alimentação a vontade e tiveram livre acesso a água.

Os dados de ganho de peso foram obtidos por pesagens semanais e individuais dos animais. O consumo diário de ração foi obtido pela pesagem da ração fornecida menos as sobras diárias presentes nos comedouros. A conversão alimentar foi estimada a partir das variáveis anteriores. As características de carcaça foram estimadas da meia carcaça esquerda com ultrassom, na posição P2, a 65mm da linha de corte da carcaça. As medidas foram realizadas com aparelho Hennessy (HGP4 - *Hennessy Grade Probe 4*).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo GLM com 10% de significância. Os efeitos incluídos no modelo foram os tratamentos, sexo e a interação tratamento \* sexo. As diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab (Mckenzie & Goldman, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desempenho são apresentados na Tab. 2. O peso vivo, o consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar não foram afetados ( $P>0,05$ ) pela adição de ractopamina e extratos cítricos nas dietas. Estes resultados de desempenho para animais suplementados com ractopamina são condizentes com outros estudos (Crome et al., 1996; Brumm et al., 2004; Mimbs et al., 2005). Porém, outros trabalhos demonstraram que a ractopamina melhora o desempenho animal (Armstrong et al., 2004; Carr et al., 2005). Essas respostas divergentes são comuns na literatura e podem ser explicadas pela utilização de diferentes populações genéticas, nível de inclusão do agonista, período de fornecimento, nível de lisina e relação lisina/energia metabolizável (Smith et al., 1995).

Animais com alto potencial genético apresentam maior taxa de deposição muscular quando suplementados com ractopamina (Bark et al., 1992). Esta resposta pode estar relacionada ao maior número de fibras musculares de suínos selecionados para maior deposição protéica, o que expõe um maior número de células a ação dos agonistas beta-adrenérgicos (Aalhus et al., 1992). No entanto, em nosso estudo trabalhamos com animais meio irmãos paternos, o que provavelmente não influenciou na resposta a ractopamina. Normalmente níveis de inclusão entre 10 ou 20ppm de ractopamina proporcionam maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar (Apple et al., 2004). No entanto, é provável que exista uma relação inversa entre potencial de deposição de carne magra e níveis de ractopamina (Schinckel et al., 2002). Porém, neste estudo foi possível observar que níveis de inclusão entre 10 ou 20ppm de ractopamina não influenciam o desempenho dos animais na terminação. Os melhores resultados para desempenho e características de carcaça em animais

suplementados com ractopamina são obtidos com um aporte suplementar de lisina na dieta de cerca 7%, (Schinckel et al., 2003a). As exigências de lisina e energia metabolizável para a deposição de carne magra em suínos durante a fase de terminação é de 0,69% e 3,26Mcal/kg, o que equivale a relação lisina/energia de 2,1g/Mcal (NRC, 1998). Em nosso trabalho, os animais receberam níveis suplementares de aminoácidos para animais alimentados com ractopamina e desempenho não foi afetado pelos tratamentos.

O período de utilização prolongado da ractopamina pode explicar a ausência de efeito no desempenho, pois em nosso estudo, o período experimental foi de 52 dias. Isto pode ser explicado pelas ações da ractopamina, as quais são intracelulares sequenciais a estimulação dos receptores beta-agonistas (Gonzalez & Da Silva, 2006). O complexo agonista/receptor se fixa a uma proteína de ligação que modifica a fluidez da membrana, permite o seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da adenilato ciclase (Lehninger et al., 2007). Esta, participa da formação do AMPc a partir do ATP, passando a atuar como segundo mensageiro. O AMPc, ativa a proteína quinase, que conduz a fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final (estimulação da lipólise, aumento da neoglicogênese, glicogenólise, aumentos da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca) (Moody et al., 2000).

No entanto, sob ação contínua do agonista beta-adrenérgico, o AMPc ativa uma proteína quinase, que ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-proteína de ligação-adenilato ciclase (Lundberg et al., 1987). O efector desacoplado passa para o espaço intracitoplasmático, o que diminui o número de receptores disponíveis na membrana. Essa redução no número de receptores é denominada dessensibilização e causa diminuição da resposta a estimulação beta-adrenérgica da ractopamina (Spurlock et al., 1993; Mills, 2002). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode ser consumido, fenômeno este chamado de sequestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (Benovic et al., 1988). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada “*down-regulation*” (Barros et al., 1999). Portanto, é possível que esses fenômenos possam ter ocorrido neste estudo.

O consumo alimentar dos animais suplementados com ractopamina foi semelhante e está de acordo com resultados obtidos em outras pesquisas (Aalhus et al., 1992; Marinho et al., 2007). Estes resultados diferem, no entanto, daquele com redução de 7% no consumo diário de ração dos animais suplementados com ractopamina (Mimbs et al., 2005). A ingestão alimentar é influenciada por vários hormônios, dentre eles a leptina (Chen et al., 1999). A síntese de leptina é diretamente proporcional ao acúmulo de tecido adiposo (Havel, 2000). As

ações catabólicas do tecido adiposo são reguladas pelo sistema nervoso simpático (Pénicaud et al., 2000). Assim, se a inervação simpática for ativada pelos agonistas beta-adrenérgicos, há redução da expressão gênica da leptina (Gettys et al., 1996). Essa inibição da expressão gênica da leptina pelo uso da ractopamina pode ter acontecido neste trabalho, justificando a ausência de redução no consumo alimentar.

Entretanto, os diversos fatores abordados anteriormente para explicar o consumo alimentar estão em desacordo com outras pesquisas, pois o uso da ractopamina na dieta reduz o consumo de alimento (Apple et al., 2007), mas não influencia o ganho de peso (Bark et al., 1992; Mimbs et al., 2005). Esta redução no consumo estaria relacionada a maior densidade energética das dietas, as quais não alteram o ganho médio diário, mas deprimem o consumo de alimentos (Weber et al., 2006). Porém, foi observado em outro estudo que a densidade energética não altera o consumo de animais suplementados com ractopamina (Apple et al., 2004). Apesar de haver algumas discordâncias com relação ao efeito da suplementação de ractopamina sobre o consumo alimentar, de modo geral, maiores ganhos de peso foram observados (Gu et al., 1991; Stoller et al., 2003). No presente estudo, porém, o ganho de peso não foi afetado pela ractopamina.

As características de carcaça obtidas são apresentadas na Tab. 3. O comprimento de carcaça (CC), a profundidade de músculo e o pH não foram afetados ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos. Os animais suplementados com 20ppm de ractopamina apresentaram peso de carcaça 5,7% superior ( $P < 0,10$ ) em relação ao grupo com 10ppm de ractopamina. A espessura de toucinho do grupo controle foi em média 35% superior ( $P < 0,05$ ) em relação aos animais com ractopamina e com a interação 10ppm de ractopamina + 500ppm de extratos cítricos. A percentagem de carne magra do grupo controle foi inferior ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos. Em relação aos níveis de ractopamina, a percentagem de carne magra do grupo controle foi 5,1 e 5,5% inferior ( $P < 0,05$ ) aos tratamentos com 10ppm e 20ppm de ractopamina, respectivamente.

As características de carcaça obtidas, em nosso trabalho, podem ser explicadas pelos efeitos da inclusão da ractopamina e interações com extratos cítricos nas dietas. A ractopamina além de estimular a síntese protéica pode aumentar a apoptose no tecido adiposo, o que explicaria a menor deposição de gordura na carcaça (Weber et al., 2006). Por outro lado, a inibição da ligação da insulina aos receptores adrenérgicos dos adipócitos, antagoniza a ação da insulina, aumenta a atividade lipolítica, diminui a síntese e a deposição de gordura na carcaça (Liu & Mills, 1990). Em consequência dessas alterações metabólicas, há um aumento da síntese protéica, o que melhora a qualidade de carcaça (Ricks et al., 1984).

A ractopamina e outras fenatolaminas aumentam a percentagem de carne por serem substâncias que estimulam a deposição de nutrientes na carcaça em relação a deposição nos órgãos internos (Etherton & Smith, 1991). Assim, pode-se sugerir que, no presente estudo, a deposição muscular aumentou numa proporção maior que o crescimento dos órgãos viscerais, de maneira a aumentar o rendimento de carcaça nos suínos suplementados com ractopamina. Estas observações sugerem uma resposta positiva na carcaça pela inclusão de níveis mais altos de ractopamina.

Os tratamentos com inclusão de extratos cítricos às dietas não melhorou o desempenho e algumas características de carcaça. Em nosso estudo, a percentagem de carne magra foi afetada pela inclusão da ractopamina, extratos cítricos e suas interações comparadas ao grupo controle. De acordo com a literatura, a ação dos extratos cítricos está relacionada com o sinergismo entre os bioflavonóides e ácido ascórbico com efeitos sobre a redução do dano oxidativo (Nijveldt et al., 2001). A ação antioxidante destes compostos aumenta a imunidade mediada ou não por células, o que diminui a susceptibilidade dos animais às doenças causadas pelo estresse (Peterson & Dwyer, 1998). Estudos demonstram melhora no pH, na capacidade de retenção de água e na cor do músculo (por redução da peroxidação lipídica) durante o armazenamento da carne de suínos suplementados com ácido ascórbico e bioflavonóides na dieta (Jamilah et al., 2009).

Em nosso estudo, embora a espessura de toucinho tenha sido afetada apenas pela ractopamina e 10ppm de ractopamina + 500ppm de extratos, a percentagem de carne magra foi influenciada por todos os tratamentos comparados ao controle. Isto demonstra o efeito positivo da ractopamina, extratos cítricos e suas interações sobre a percentagem de carne magra na carcaça. As demais variáveis de desempenho e carcaça possivelmente não sejam influenciadas pela inclusão de extratos cítricos às dietas.

## CONCLUSÕES

A adição de ractopamina, extratos cítricos e suas interações às dietas de suínos em terminação não alteram o desempenho dos animais. A inclusão de ractopamina a dieta de suínos em terminação diminui a espessura de toucinho na carcaça. Os níveis de 20ppm de ractopamina aumentam o peso e a deposição de carne magra na carcaça. A inclusão de ractopamina, extratos cítricos e suas interações nas dietas aumentam a percentagem de carne magra na carcaça.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa ao mestrando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Glauber Valentim Porolnik e doutorandos Carlos Augusto Rigon Rossi e Cheila Roberta Lenhen. Ao Setor de Suínos (UFSM) pela infra-estrutura para realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J. L., SCHAEFER, A. L.,** et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. *Meat Science*, v.31, n. 4, p.397-409. 1992.
- APPLE, J. K., MAXWELL, C. V.,** et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science*, v.82, n. 11, p.3277-3287. 2004.
- APPLE, J. K., RINCKER, P. J.,** et al. Review: Meta-Analysis of the Ractopamine Response in Finishing Swine. *Professional Animal Scientist*, v.23, n. 3, p.179-196. 2007.
- ARANHA, F. Q., BARROS, Z. F.,** et al. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. *Revista de Nutrição*, v.13, n. 2. 2000.
- ARMSTRONG, T. A., IVERS, D. J.,** et al. 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, n. 11, p.3245-3253. 2004.
- BARK, L. J., STAHLY, T. S.,** et al. 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, n. 11, p.3391-3400. 1992.
- BARROS, R. D. A., OKOSHI, M. P.,** et al. Via Beta-Adrenérgica em Corações Normais e Hipertrofiados. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v.72, n. 5, p.641-648. 1999.
- BENOVIC, J. L., BOUVIER, M.,** et al. Regulation of Adenylyl Cyclase-Coupled beta-Adrenergic Receptors. *Annual Review of Cell Biology*, v.4, n. 1, p.405-428. 1988.
- BRUMM, M. C., MILLER, P. S.,** et al. Response of barrows to space allocation and ractopamine. *Journal of Animal Science*, v.82, n. 11, p.3373-3379. 2004.
- CARR, S. N., IVERS, D. J.,** et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. *Journal of Animal Science*, v.83, n. 12, p.2886-2893. 2005.



- CHEN, X. L., DEAN, R. G., et al.** Expression of leptin mRNA and CCAAT-enhancer binding proteins in response to insulin deprivation during preadipocyte differentiation in primary cultures of porcine stromal-vascular cells. *Domestic Animal Endocrinology*, v.17, n. 4, p.389-401. 1999.
- CRAIG, W. J.** Health-promoting properties of common herbs. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.70, n. 3, p.491-499. 1999.
- CROME, P. K., MCKEITH, F. K., et al.** 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, n. 4, p.709-716. 1996.
- CUSHNIE, T. P. e LAMB, A. J.** Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v.26, p.343-356. 2005.
- ERLUND, I.** Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Research*, v.24, n. 10, p.851-874. 2004.
- ETHERTON, T. D. e SMITH, S. B.** Somatotropin and beta-adrenergic agonists: Their efficacy and mechanisms of action. *Journal of Animal Science*, v.69, n. suppl\_2, p.2-26. 1991.
- GETTYS, T. W., HARKNESS, P. J., et al.** The beta 3-adrenergic receptor inhibits insulin-stimulated leptin secretion from isolated rat adipocytes. *Endocrinology*, v.137, n. 9, p.4054-4057. 1996.
- GONZALEZ, F. H. D. e DA SILVA, S. C.** Introdução a Bioquímica Clínica Veterináriaed, v.2. 2006. 360 p.
- GU, Y., SCHINCKEL, A. P., et al.** Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: I. Growth performance and carcass merit. *Journal of Animal Science*, v.69, n. 7, p.2685-2693. 1991.
- HAVEL, P. J.** Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptin production and energy balance. *Proceedings of the Nutrition Society*, v.59, p.359-371. 2000.
- JAMILAH, B., MOHAMED, A., et al.** A review on the effect of animal diets and presence of selected natural antioxidants on lipid oxidation of meat. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v.7, n. 2, p.76-81. 2009.
- LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L., et al.** *Princípios de Bioquímica*.4. ed. São Paulo-Brasil, 2007, 1232 p.
- LIU, C. Y. e MILLS, S. E.** Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. *Journal of Animal Science*, v.68, n. 6, p.1603-1608. 1990.

- LUNDBERG, L. L. M., COTECCHIA, S.,** et al. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1-adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. *Journal of Biological Chemistry*, v.262, n. 7, p.3098-3105. 1987.
- MARCHANT, J. N. F., LAY, D. C., JR.,** et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 2, p.416-422. 2003.
- MARINHO, P. C., DALTON DE OLIVEIRA FONTES,** et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n. 4, p.1061-1068. 2007.
- MASON, L. M., HOGAN, S. A.,** et al. Effects of restricted feeding and antioxidant supplementation on pig performance and quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle from Landrace and Duroc pigs. *Meat Science*, v.70, n. 2, p.307-317. 2005.
- MCKENZIE, J. e GOLDMAN, R. N.** The student edition of minitab for windows manual Release 12. ed. Belmont., v. 12. Softcover ed. Addison-Wesley Longman, Incorporated, Belmont. 1999. 592 p.
- MILLS, S. E.** Biological basis of the ractopamine response. *Journal of Animal Science*, v.80, n. 2, p.28-32. 2002.
- MIMBS, K. J., PRINGLE, T. D.,** et al. 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.
- MOODY, D. E., HANCOK, D. L.,** et al. Phenethanolamine repartitioning agents. In: J. P. F. D. Mello (Ed.). *Farm Animal Metabolism and nutrition* New York: CAB, 2000. Phenethanolamine repartitioning agents, p.65-95.
- NIJVELDT, R. J., NOOD, E. V.,** et al. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *American of Journal and Clinical Nutritional*, v.74, p.418-425. 2001.
- NRC. Nutrient Requirements of Swine.** v.10, n. **Washington: National academy**, p.189. 1998.
- PADAYATTY, S. J., KATZ, A.,** et al. Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. *Journal of the American College of Nutrition*, v.22, n. 1, p.18-35. 2003.
- PÉNICAUD, L., COUSIN, B.,** et al. The autonomic nervous system, adipose tissue plasticity, and energy balance. *Nutrition*, v.16, n. 10, p.903-908. 2000.

- PETERSON, J. e DWYER, J.** Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research*, v.18, n. 12, p.1995-2018. 1998.
- PION, S. J., VAN HEUGTEN, E., et al.** Effects of vitamin C supplementation on plasma ascorbic acid and oxalate concentrations and meat quality in swine. *Journal of Animal Science*, v.82, n. 7, p.2004-2012. 2004.
- RICKS, C. A., DALRYMPLE, R. H., et al.** Use of a beta-Agonist to Alter Fat and Muscle Deposition in Steers. *Journal of Animal Science*, v.59, n. 5, p.1247-1255. 1984.
- SCHINCKEL, A. P., HERR, C. T., et al.** Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 1, p.16-28. 2003b.
- SCHINCKEL, A. P., LI, N., et al.** Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 5, p.1106-1119. 2003a.
- SCHINCKEL, A. P., RICHERT, B. T., et al.** Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. *Journal of Animal Science*, v.80, suppl, 2, p.85-89. 2002.
- SMITH, W. C., PURCHAS, R. W., et al.** Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, v.38, p.373-380. 1995.
- SPURLOCK, M. E., CUSUMANO, J. C., et al.** The affinity of ractopamine, clenbuterol, and L-644,969 for the beta-adrenergic receptor population in porcine adipose tissue and skeletal muscle membrane. *Journal of Animal Science*, v.71, n. 8, p.2061-2065. 1993.
- STOLLER, G. M., ZERBY, H. N., et al.** The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 6, p.1508-1516. 2003.
- WEBER, T. E., RICHERT, B. T., et al.** 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, n. 3, p.720-732. 2006.

Tabela 1 - Composição centesimal e calculada das dietas de suínos em crescimento e terminação

Ingrediente	Dieta	
	Inicial (60-84kg)	Final (84-110kg)
Farelo de milho (%)	67,70	70,70
Farelo de soja (%)	28,27	25,42
Óleo de soja (%)	1,02	0,88
L-Lys HCl (%)	0,01	0,01
Premix vitamínico <sup>1</sup> (%)	3,00	3,00
Ractopamina (ppm)*	0/10/20	0/10/20
Extratos cítricos (ppm)**	0/250/500	0/250/500
Valores nutricionais calculados <sup>2</sup>		
MS (%)	89,37	89,36
EM (kcal/kg)	3.300	3.300
PB (%)	18,00	17,00
Ca (%)	0,67	0,67
P (%)	0,54	0,53
P disponível (%)	0,18	0,18
Lisina digestível (%)	1,02	0,95
Metionina (%)	0,33	0,32
Triptofano digestível (%)	0,21	0,19

<sup>1</sup>Suplemento mineral e vitamínico por quilograma do produto - P Max, 57g; P Mín, 54g; Na, 51g; Lis, 12g; Met, 15g; Ca, 188g, Ca Máx, 214g; K3, 80mg; Ác. Fólico, 10mg; Co, 10mg; Cu, 433mg; Cr, 6,67mg; Mn, 1000mg; Vit B12, 116,6mg; Vit B1, 26,6mg; Vit B6, 33mg; Vit E, 335mg; I, 33,4; Ác nicotínico, 600mg; Se, 8,3mg; Colistina, 4,157mg; Antioxidante, 250mg; Ác Pantotênico, 400mg; Zn, 2332mg; Fe, 2500mg; Flúor, 760mg; Vit B12, 400mcg; Vit D3, 30.000UI; Vit A, 113.000UI.

<sup>2</sup>Com base no alimento.

\*Níveis de ractopamina nas dietas. \*\* Níveis de extratos cítricos nas dietas.

Tabela 2 - Desempenho de suínos em terminação alimentados com ractopamina e extratos cítricos

Tratamentos	Variáveis			
	PV, kg	CMDR, kg	GMDP, kg	CA
Controle	108,3	2,72	0,96	2,85
10 RAC	109,0	2,65	1,02	2,58
20 RAC	112,2	2,60	0,98	2,85
250 EC	107,3	2,66	0,95	3,03
500 EC	109,0	2,77	1,01	2,85
10 RAC + 250 EC	111,8	2,73	1,05	2,64
20 RAC + 250 EC	109,7	2,58	1,04	2,55
10 RAC + 500 EC	113,6	2,70	1,05	2,64
20 RAC + 500 EC	112,2	2,60	1,07	2,52
dpr	3,23	0,17	0,08	0,22
Probabilidade				
T	0,12	0,57	0,45	0,06
S	0,01	0,01	0,01	0,01

RAC - ractopamina; EC - extratos cítricos; T - tratamentos; S - sexo; PV - peso vivo; CMDR - consumo médio diário de ração; GMDP - ganho médio diário de peso; CA - conversão alimentar.

Tabela 3 - Peso de carcaça (PCarc), comprimento de carcaça (CC), profundidade de músculo (PM), espessura de tocinho (ET), carne magra (CM%) e (CMkg), pH 45min e pH 24h

Tratamentos	Variáveis							
	PCarc, kg	CC, cm	PM, mm	ET, mm	CM, %	CM, kg	pH, 45'	pH, 24h
Controle	80,8 <sup>a</sup>	97,6	52,6	15,8 <sup>a</sup>	56,0 <sup>b</sup>	45,2 <sup>a</sup>	5,93	6,05
10 RAC	76,4 <sup>b</sup>	96,3	54,2	11,9 <sup>b</sup>	58,9 <sup>a</sup>	44,7 <sup>b</sup>	5,88	6,06
20 RAC	82,0 <sup>a</sup>	97,0	57,8	11,1 <sup>b</sup>	59,1 <sup>a</sup>	48,5 <sup>a</sup>	5,90	6,00
250 EC	78,4 <sup>a</sup>	97,3	57,3	14,6 <sup>ab</sup>	57,6 <sup>a</sup>	45,1 <sup>a</sup>	5,82	6,07
500 EC	79,6 <sup>a</sup>	99,6	54,9	14,4 <sup>ab</sup>	57,2 <sup>a</sup>	45,6 <sup>a</sup>	5,89	6,04
10 RAC + 250 EC	80,1 <sup>a</sup>	96,5	56,7	12,5 <sup>ab</sup>	58,6 <sup>a</sup>	47,0 <sup>a</sup>	5,94	5,88
20 RAC + 250 EC	81,2 <sup>a</sup>	95,1	57,0	12,9 <sup>ab</sup>	58,5 <sup>a</sup>	47,5 <sup>a</sup>	5,89	6,13
10 RAC + 500 EC	80,8 <sup>a</sup>	97,7	56,9	12,0 <sup>b</sup>	58,9 <sup>a</sup>	47,7 <sup>a</sup>	5,80	6,04
20 RAC + 500 EC	81,7 <sup>a</sup>	96,4	57,7	12,4 <sup>ab</sup>	58,9 <sup>a</sup>	48,7 <sup>a</sup>	6,02	6,11
dpr	2,21	2,51	4,7	1,35	1,35	1,75	0,17	0,13
Probabilidade								
T	0,01	0,47	0,79	0,01	0,01	0,01	0,78	0,38
S	0,10	0,16	0,10	0,01	0,01	0,17	0,51	0,73

RAC - Ractopamina; EC - Extratos cítricos; T - tratamentos; S - sexo; <sup>a, b</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

### **3. CAPÍTULO 3**

## **ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO MÚSCULO *LONGISSIMUS DORSI***

Artigo submetido em outubro de 2009 à ARS Veterinária, sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

**ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO MÚSCULO *LONGISSIMUS DORSI***

FEEDING FINISHING PIGS WITH DIETS CONTAINING RACTOPAMINE AND CITRUS EXTRACTS: CHEMICAL CHARACTERISTICS AND FATTY ACID PROFILE OF *LONGISSIMUS DORSI* MUSCLE

**C. A. R. ROSSI<sup>1</sup>, P. A. LOVATTO<sup>2</sup>, C. R. LENHEN<sup>3</sup>, I. ANDRETTA<sup>3</sup>, M. S. CERON<sup>4</sup>, G. D. LOVATO<sup>4</sup>**

**RESUMO:**

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito da adição de ractopamina e extratos cítricos a dietas de suínos em terminação. Foram utilizados 108 suínos (54 machos e 54 fêmeas), meio irmãos paternos e peso vivo médio inicial de 61 quilogramas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0 ppm de ractopamina e 0 ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental, com repetição no tempo. Amostras do músculo *Longissimus dorsi* foram avaliadas e o teor de umidade, cinzas, proteínas, lipídios e perfil de ácidos graxos determinados. Os teores de proteína para a inclusão de 20 ppm de RAC foram em média 5,5% superiores ( $P < 0,05$ ) aos dois níveis de EC na dieta. A umidade do músculo nas amostras dos animais que receberam 20 ppm de RAC e 500 ppm de EC foi 4,3% superior ( $P < 0,05$ ) ao controle e 500 ppm de extratos cítricos. Os teores do ácido linoléico da interação 10 ppm de RAC e 500 ppm de EC foi 18% superior ( $P < 0,05$ ) em relação a inclusão de 500 ppm de extratos cítricos. O teor do ácido  $\alpha$ -linolênico do controle foi 33,5% superior ( $P < 0,05$ ) aos níveis de extratos cítricos, ractopamina e suas interações. A concentração do ácido araquidônico da interação 20 ppm de RAC e 250 ppm de EC foi 36% superior ( $P < 0,05$ ) aos

---

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia (DZ), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Programa de Pós-graduação em Zootecnia (PPGZ), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: [carlos.rossi.mv@gmail.com](mailto:carlos.rossi.mv@gmail.com), autor para correspondência.

<sup>2</sup> DZ, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>3</sup> PPGZ, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>4</sup> Curso de Zootecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.



teores de 20 ppm de ractopamina. Níveis mais altos de ractopamina às dietas influenciam os teores de proteína e umidade do músculo. Os extratos cítricos influenciam os teores do ácido graxo láurico. A adição de ractopamina altera o perfil de alguns ácidos graxos insaturados do músculo *Longissimus dorsi*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácido ascórbico. Agonista beta-adrenérgico. Bioflavonóides. Carne suína

**SUMMARY:**

This study was carried out to evaluate the effect of the addition of the citrus extracts and ractopamine in finishing pig diets. Hundred eight pigs were used (54 males and 54 females) in a completely randomized design, blocked by sex and distributed in nine treatments: T1. control (C) (0 ppm of the ractopamine e 0 ppm of the citrus extracts), T2. C + 10 RAC (ractopamine, ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (citrus extracts, ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Two sexes were used, with four replicates and three animals per experimental unit, with repetition over time. Samples of the *Longissimus dorsi* muscle were evaluated for moisture, ash, proteins, lipids and fatty acids. The levels of protein for the inclusion of 20 ppm of RAC were on average 5.5% higher ( $P < 0.05$ ) the two EC levels in the diet. The moisture in the muscle samples from the animals that received 20 ppm RAC and 500 ppm EC was 4.3% higher ( $P < 0.05$ ) the control and 500 ppm of citrus extracts. The levels of linoleic acid in the interaction of 10 ppm RAC and 500 ppm EC was 18% higher ( $P < 0.05$ ) compared to the inclusion of 500 ppm of citrus extracts. The levels of  $\alpha$ -linolenic acid of the control was 33.5% higher ( $P < 0.05$ ) of citrus extracts levels, ractopamine and their interactions. The concentration of arachidonic acid from the interaction of 20 ppm RAC and EC 250 ppm was 36% higher ( $P < 0.05$ ) to levels of 20 ppm of ractopamine. Higher levels of ractopamine in the diet influence the levels of protein and moisture of the muscle. Citrus extracts influence the levels of the fatty acid lauric acid. The addition of ractopamine change the profile of some unsaturated fatty acids of the *Longissimus dorsi*.

**KEY WORDS:** Ascorbic acid. beta-adrenergic agonist. Bioflavonoids. Meat swine

## INTRODUÇÃO

O consumo de carne suína no Brasil tem aumentado nos últimos anos devido as campanhas de informação e esclarecimento ao público, sobretudo em relação as questões de interesse para a saúde do consumidor. Outro aspecto é a qualidade do produto cárneo, de interesse industrial e sensorial. Nesse contexto, o consumidor busca adquirir um produto com qualidade satisfatória utilizando como critério de qualidade a alta quantidade de carne magra em detrimento da gordura.

A carne suína apresenta concentração equilibrada entre ácidos graxos insaturados e saturados (BRAGAGNOLO & RODRIGUEZ-AMAYA, 2002). Porém, os ácidos graxos da alimentação são depositados diretamente nos tecidos sem modificação química (SANTOS et al., 2005). Dessa forma, é possível influenciar a composição de ácidos graxos da carne pelo controle da alimentação dos animais. Para tanto diversas alternativas nutricionais ou de regulação metabólica têm sido avaliadas. Uma delas é a ractopamina, que atua sobre a partição de nutrientes, melhorando o desempenho e as características de carcaça de suínos em terminação (MOODY et al., 2000). Essa melhora se dá pela maior taxa de deposição protéica (SCHINCKEL et al., 2003).

Outra alternativa para melhorar as características da carne é o uso de extratos vegetais na dieta, com destaque para os cítricos (CRAIG, 1999; MASON et al., 2005). Os principais componentes dos extratos derivados de frutas cítricas são os compostos fenólicos (bioflavonóides) e o ácido ascórbico. Os bioflavonóides são antioxidantes naturais, com ações anti-inflamatórias, antimicrobianas, antialergênicas e imuno-estimulantes (ERLUND, 2004; CUSHNIE & LAMB, 2005). Esses compostos, pela ação inibitória sobre algumas enzimas e propriedade quelante a metais, inibem as reações em cadeia induzidas por radicais livres (Erlund, 2004). O ácido ascórbico participa de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação do colágeno e síntese de epinefrina, corticoesteróides e ácidos biliares (ARANHA

et al., 2000). Atua também como co-fator enzimático nos processos de oxirredução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (PADAYATTY et al., 2003). Os benefícios da utilização terapêutica do ácido ascórbico, em estudos com suínos, pode ainda melhorar o desempenho animal, diminuir o estresse pré-abate e melhorar a qualidade da carne (PION et al., 2004).

Pelas propriedades individuais e ação sinérgica de seus princípios ativos, o uso de extratos cítricos nas dietas pode melhorar as características organolépticas e qualidade de carne. Embora existam informações positivas relacionadas ao sinergismo dos constituintes dos extratos cítricos, ainda não há relatos do uso associado com a ractopamina. Este trabalho foi conduzido, portanto, com o objetivo de estudar as características químicas e perfil de ácidos graxos da carne de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina, extratos cítricos e suas interações.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Setor de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, de julho a outubro de 2008. Foram utilizados 108 suínos (54 machos castrados e 54 fêmeas) meio irmãos paternos, oriundos de criação comercial e com peso vivo inicial de 61 quilogramas. Os animais foram alojados em 18 baias (1,5 x 3,0 m/baia) equipadas com comedouros semi-automáticos e bebedouros tipo chupeta. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0ppm de ractopamina e 0ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental, com repetição no tempo.

As dietas foram isonutritivas, formuladas seguindo as exigências nutricionais do NRC (NRC, 1998) com ajuste aminoacídico para animais suplementados com ractopamina (APPLE et al., 2004). Para tanto, a dieta inicial (62 a 84 kg/PV), foi formulada com 18% de PB; 1,02% de lisina e 3,3 Mcal/EM (relação Lis:EM de 3,09) (Tabela 1). A dieta final (85 a 110 kg/PV), foi formulada com 17% de PB; 0,94% de lisina e 3,3 Mcal/EM (relação Lis:EM de 2,84). Os animais receberam alimentação a vontade e tiveram livre acesso a água.

Ao atingirem em média 110 kg de peso vivo, os animais foram submetidos a jejum sólido de 12 h e então transportados ao frigorífico, onde permaneceram consumindo apenas água 12 h antes do abate. Após o abate, as carcaças foram divididas ao meio, no sentido longitudinal e mantidas na câmara de resfriamento do frigorífico ( $2 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por um período de 12 horas. Então, as meias-carcaças esquerdas foram seccionadas, retirando-se amostras do músculo *Longissimus dorsi* (TOLDRÁ & FLORES, 2000; ESTÉVEZ et al., 2003; VENTANAS et al., 2006), a partir da última vértebra lombar, em direção a porção cranial. As amostras foram identificadas, acondicionadas e transportadas em caixas térmicas ao laboratório, onde permaneceram armazenadas a  $-18^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises. Foram avaliadas a percentagem de umidade (LUTZ, 1985), cinzas, proteínas (AOAC, 1995), lipídios (BLIGH & DYER, 1959) e perfil de ácidos graxos (MAIA et al., 1994; METCALFE et al., 2002). As análises foram realizadas no Laboratório de Análises físico-químicas e no Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo procedimento GLM e o nível de 5% de significância foi usado para indicar diferença. Os efeitos incluídos no modelo estatístico foram tratamentos (T), sexo (S) e período. As eventuais diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab (MCKENZIE & GOLDMAN, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da avaliação química de amostras do músculo *Longissimus dorsi* são apresentados na tabela 1. Em relação a umidade, o nível de 20 ppm de ractopamina + 500 ppm de extratos cítricos foi 4,3% superior ( $P < 0,05$ ) ao controle e dietas com 500 ppm de extratos cítricos. Os teores de cinzas não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos. Os teores de proteína do músculo *Longissimus dorsi* dos animais que receberam 20 ppm de ractopamina foram, em média, 5,5% superiores ( $P < 0,05$ ) aos observados nos animais com inclusão de 250 e 500 ppm de extratos cítricos na dieta. O conteúdo de proteína muscular para as associações entre ractopamina e extratos cítricos não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos. Os teores de lipídios do músculo *Longissimus dorsi* dos animais que receberam dietas com adição de 10 ppm de ractopamina + 250 ppm de extratos cítricos foram em média 19,4% superiores ( $P < 0,05$ ) a 10 ppm de ractopamina e as interações entre 10 e 20 ppm de ractopamina + os dois níveis de extratos cítricos.

Em estudos anteriores avaliando a relação entre ractopamina e características químicas do músculo *Longissimus dorsi* foram encontrados teores 6,1% superiores de proteína muscular nos animais alimentados com dietas contendo 20 ppm de ractopamina (XIAO et al., 1999). O efeito da ractopamina sobre a síntese protéica ocorre pela ligação aos receptores de membranas, aumentando o diâmetro das fibras musculares (AALHUS et al., 1992). O aumento na síntese protéica pode ser o resultado da maior expressão gênica das miofibrilas observadas em suínos geneticamente melhorados para produção de carne magra (AALHUS et al., 1992). Além disso, a ractopamina pode aumentar a apoptose no tecido adiposo, o que explicaria a menor deposição de gordura na carcaça (WEBER et al., 2006). Por outro lado, a inibição da ligação entre a insulina e os receptores adrenérgicos dos adipócitos, antagoniza a ação da insulina, aumenta a atividade lipolítica, diminui a síntese e a deposição de gordura na carcaça (LIU & MILLS, 1990). Em consequência dessas alterações metabólicas, os beta-

adrenérgicos redirecionam os nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico, o que melhora a qualidade de carcaça (RICKS et al., 1984; SCHINCKEL et al., 2003). Esse efeito foi observado em suínos suplementados com 20 ppm de ractopamina na dieta, sendo os teores de lipídios no músculo *Longissimus dorsi* 16% inferiores aos animais não suplementados (BARK et al., 1992). Entretanto, estudos *in vitro* com suínos demonstram que os agonistas beta-adrenérgicos estimulam a produção de adenosina monofosfato cíclico (AMPC), os quais ativam quinases que, por sua vez, fosforilam a enzima lipase hormônio sensível (LHS) (SPURLOCK et al., 1993; MILLS et al., 2003). Em estado ativado, esta enzima quebra os triglicerídeos e aumenta a taxa de lipólise (FAIN & GARCIA-SAINZ, 1983; HERMSDORFF & MONTEIRO, 2004). Assim, a ractopamina contribui positivamente para maiores concentrações de proteína no músculo, enquanto reduz a deposição de gordura. Fato esse observado em nosso estudo, especialmente com níveis mais elevados de ractopamina às dietas.

Em nosso trabalho foi observada a relação inversa entre os teores de lipídios e umidade no músculo. A umidade média do músculo *Longissimus dorsi* é 73% (ESTÉVEZ et al., 2003; VIRGILI et al., 2003). A deposição de água no músculo esta relacionada com a deposição de proteína, o que não ocorre com a deposição de gordura, que apresenta baixa quantidade de água (PENA et al., 2008). Assim, com a inclusão de ractopamina às dietas, ocorre maior deposição protéica e maiores teores de umidade no músculo. Para tanto, foi observado maior percentagem de umidade do músculo com a inclusão de 20 ppm de ractopamina + 500 ppm de extratos cítricos na dieta de suínos em terminação (UTTARO et al., 1993; DUNSHEA et al., 1993; APPLE et al., 2007b). A ractopamina sozinha não influenciou os teores de umidade do *Longissimus dorsi*.

Por outro lado, a inclusão de extratos cítricos às dietas não altera o percentual de proteína na carcaça (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Em nosso estudo, a adição de extratos

cítricos nas dietas afetou os teores de proteína. Assim, esses resultados demonstram que os animais suplementados com extratos cítricos, provavelmente utilizaram os níveis suplementares de aminoácidos e proteína bruta da dieta para a deposição de lipídios em detrimento a tecido magro. Em relação a inclusão de extratos vegetais na dieta, a concentração de lipídios do músculo *Longissimus dorsi* é 8% (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Os resultados obtidos por esses autores são próximos aos encontrados em nosso estudo. Porém, os percentuais de lipídios nos tratamentos com extratos cítricos foram maiores em relação a 20 ppm de ractopamina. A adição de extratos vegetais às dietas confere umidade média ao lombo suíno de 68% (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Em nosso estudo, a umidade do músculo *Longissimus dorsi* foi superior nas interações entre extratos cítricos e ractopamina. Esse efeito pode ser atribuído ao sinergismo entre a ractopamina e extratos vegetais sobre a deposição de proteína e consequente percentual de umidade do músculo.

As concentrações de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alimentados com ractopamina e extratos cítricos são apresentados nas tabelas 2 e 3. Os ácidos graxos C6:0, C8:0, C:10, C15:0, C17:0, C20:0, C21:0, C14:1, C17:1, e C20:3 foram desconsiderados da análise os que apresentaram traços na análise laboratorial. Na avaliação dos ácidos graxos saturados, os teores do Mirístico (C14:0), Palmítico (C16:0) e Esteárico (C18:0) não apresentaram variações ( $P > 0,05$ ) entre os níveis de inclusão dos extratos cítricos e ractopamina.

Em relação aos teores do Láurico (C12:0), a interação 20 ppm de ractopamina + 250 ppm de extratos cítricos foi, em média, 49 e 13% superiores ( $P < 0,05$ ) em relação aos níveis de ractopamina e extratos cítricos, respectivamente. A inclusão de 20 ppm de ractopamina + 250 ppm de extratos cítricos foi, em média, 31% superior ( $P < 0,05$ ) comparado as demais interações entre ractopamina e extratos cítricos.

O ácido láurico (C12:0) pode estimular o sistema imunológico pela ativação da interleucina 2 (WALLACE et al., 2000) e agir como antiinflamatório pela inibição da síntese local de prostaglandinas (PGE2) e interleucina 6 que são substâncias pró-inflamatórias presentes em quadros reumáticos, artrites e inflamações musculares. A inclusão de ractopamina às dietas de suínos em terminação não influencia os teores dos ácidos graxos saturados no músculo *Longissimus dorsi* (WEBER et al., 2006; APPLE et al., 2007a). Adicionalmente, a suplementação da dieta com extratos vegetais não influencia a composição dos ácidos graxos no músculo (VENTANAS et al., 2006; GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Em nosso trabalho, os teores do ácido láurico foram influenciados pela interação 10 ppm de ractopamina e 250 ppm de extratos cítricos, em relação as demais interações, aos níveis de ractopamina e ao grupo controle. Os teores de ácidos graxos são alterados a medida que o conteúdo de gordura e de músculo aumenta com a idade dos animais (WOOD et al., 2004). Assim, o tipo de gordura da dieta constitui a maior fonte de variação na composição em ácidos graxos dos lipídios de depósito (GATLIN et al., 2002). De maneira geral, a composição dos ácidos graxos depende dos teores de carboidratos e gordura da dieta, da sua composição em ácidos graxos e do período de terminação (SANTOS et al., 2005). Assim, dietas energéticas apresentam elevada concentração em hidratos de carbono, o que estimula a síntese *de novo* de gordura, responsável por um teor elevado de ácidos graxos saturados (CAVA et al., 1997). Este efeito pode ter ocorrido em nosso trabalho, o que ocasionou o maior teor dos ácidos graxos saturados.

As concentrações de ácidos graxos insaturados no músculo *Longissimus dorsi* de suínos alimentados com extratos cítricos e ractopamina são apresentadas na tabela 3. Os teores do ácido palmitoléico (C16:1 n-7) com 500 ppm de extratos cítricos foram 16 e 14% superiores ( $P < 0,05$ ) em relação a inclusão de 20 ppm de ractopamina e 250 ppm de extratos cítricos, respectivamente. Os teores do ácido linoléico (C18:2 n-3) da interação 10 ppm de



ractopamina + 500 ppm de extratos cítricos foi 18% superior ( $P < 0,05$ ) em relação a inclusão de 500 ppm de extratos cítricos. A concentração do ácido  $\gamma$ -linolênico (C18:3 n-6) do grupo controle foi, em média, 26% superior ( $P < 0,05$ ) aos níveis de ractopamina e 500 ppm de extratos cítricos. Adicionalmente, o grupo controle foi em média 47% superior ( $P < 0,05$ ) em relação às interações entre ractopamina e extratos cítricos. Os teores do ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3) do grupo controle foram, em média, 33% superiores ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos. Os teores do ácido gordoico (C20:1 n-9), do grupo com inclusão de 20 ppm de ractopamina foram, em média, 20% superiores ( $P < 0,05$ ) aos níveis de extratos cítricos e ao grupo controle. Os teores do ácido 11,14-eicosadienóico (C20:2 n-6) do grupo controle foram, em média, 34% superiores ( $P < 0,05$ ) em relação aos níveis de ractopamina, de extratos cítricos e as interações 20 ppm de ractopamina + 250 e 500 ppm de extratos cítricos. A concentração do ácido araquidônico (C20:4 n-6) da interação 20 ppm de ractopamina + 250 ppm de extratos cítricos foram 36 e 28% superiores ( $P < 0,05$ ) a 20 ppm de ractopamina e 250 ppm de extratos cítricos, respectivamente.

A suplementação de antioxidantes (naturais ou sintéticos, extrato de tocoferol, bioflavonóides ou extratos de fenóis) não altera a composição dos ácidos graxos do lombo suíno (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Da mesma forma, a inclusão de 10 ppm de ractopamina às dietas de suínos em terminação não influencia a composição dos ácidos graxos (WEBER et al., 2006). Níveis de 10 ppm de inclusão de ractopamina influenciam os teores de ácidos graxos na gordura subcutânea, com maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, como o linoléico e linolênico (CARR et al., 2005). Alterações nos teores dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*, podem ocorrer com níveis mais altos de inclusão da ractopamina (APPLE et al., 2007b). Ao contrário da literatura, em nosso trabalho a inclusão de ractopamina e suas interações com os extratos cítricos aumentaram os teores do ácido linoléico em relação aos demais tratamentos. No entanto, os teores médios do

ácido linoléico encontrados em nosso estudo foram 34% inferiores aos observados em outro trabalho com a suplementação de ractopamina (CARR et al., 2005). Este efeito pode ter acontecido porque a composição dos ácidos graxos do músculo suíno é influenciada pela dieta. Assim, provavelmente, os teores dos ácidos graxos fornecidos pela dieta não foram suficientes para aumentar a composição média dos ácidos graxos linoléico e linolênico.

O ácido linoléico ( $\omega$ -6 ou n-6) e o ácido linolênico ou  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3 ou n-3) podem ser metabolizados em ácidos  $\gamma$ -linolênico, dihomo- $\gamma$ -linolênico e araquidônico e ácidos eicosapentaenóico, docosahexaenóico e docosapentaenóico, respectivamente (LEHNINGER et al., 2007). Este processo metabólico é mediado pelas enzimas elongases e dessaturases, as quais participam na formação dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA),  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3, o que resulta em uma competição metabólica entre os dois grupos. Um excesso de ácido linoléico impede a transformação do  $\alpha$ -linolênico em seus derivados. O mesmo acontecerá no caso contrário, quando com um menor consumo do ácido linoléico haverá uma diminuição da formação do ácido araquidônico (GONZALEZ & DA SILVA, 2006). Em nosso trabalho foi observado teores mais altos do ácido araquidônico. Isto justificaria os teores mais baixos do ácido linoléico, que pode ter sido utilizado na transformação deste ácido. Adicionalmente, os teores do ácido linoléico podem ter contribuído para os níveis mais baixos do ácido linolênico e seus derivados.

A concorrência entre os ácidos linoléico e  $\alpha$ -linolênico está determinada pela afinidade da enzima delta-6-dessaturase por ambos os ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos ômega-3, precisará de menores quantidades destes ácidos que dos ômega-6 para produzir a mesma quantidade de produto (LEHNINGER et al., 2007). Isto significa que deve existir uma proporção maior de ácido linoléico que de  $\alpha$ -linolênico.

Do ponto de vista prático, os ácidos graxos da série ômega-3 influenciam várias funções biológicas, devido a associação dos mesmos na incorporação ou formação de parte das

membranas celulares e serem essenciais para o crescimento e funcionamento do organismo humano. Eles atuam sobre os fatores circulatórios e parietais (FILHO et al., 2001) e uma dessas funções é reduzir a taxa de triglicérides e colesterol plasmático. Já os ácidos graxos ômega-6 diminuem o colesterol sanguíneo pelo aumento da excreção fecal dos esteróides e sais biliares, pela diminuição na síntese hepática de VLDL e HDL ou devido ao aumento do catabolismo das apolipoproteínas A-1 e A-2 (KRIS-ETHERTON et al., 1988). No entanto, altas quantidades de ácido linoléico n-6, podem favorecer os processos inflamatórios que conduzem a arteriosclerose, uma vez que este tende a aumentar a agregação plaquetária. Adicionalmente, altas taxas plasmáticas deste ácido graxo aumentam a entrada e concentração nas lipoproteínas o que facilita a peroxidação do LDL-colesterol. Como consequência formam-se placas ateromatosas, as quais podem ser responsáveis por distúrbios circulatórios (REAVEN et al., 1993). Assim, devemos salientar a importância de reduzir os níveis de ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 e aumentar a concentração de ômega-3 na dieta da população.

## CONCLUSÕES

A ractopamina nas dietas, comparada aos extratos cítricos, aumenta os teores de proteína no músculo *Longissimus dorsi* e não afeta a composição dos ácidos graxos saturados. Os extratos cítricos influenciam positivamente os teores do ácido graxo láurico.

A interação com 10 ppm de ractopamina e 500 ppm de extratos cítricos, aumenta os teores do ácido linoléico. O ácido linolênico é influenciado negativamente pelos níveis de ractopamina, extratos cítricos e suas interações. A interação 10 ppm de ractopamina e 250 ppm de extratos cítricos aumenta os teores do ácido araquidônico.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa aos doutorandos Carlos Augusto Rigon Rossi e Cheila Roberta Lenhen e a mestrandas Ines Andretta do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Ao Setor de Suínos (UFSM) pela infra-estrutura para realização do trabalho.

## 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, n.4, p.397-409, 1992.
- AOAC. Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis: of the AOAC international**, v.42, n.1, 1995.
- APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; BROWN, D. C.; FRIESEN, K. G.; MUSSER, R. E.; JOHNSON, Z. B.; ARMSTRONG, T. A. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.82, n.11, p.3277-3287, 2004.
- 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, n.10, p.2682-2690, 2007a.
- APPLE, J. K.; RINCKER, P. J.; MCKEITH, F. K.; CARR, S. N.; ARMSTRONG, T. A.; MATZAT, P. D. Review: Meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **Professional Animal Scientist**, v.23, n.3, p.179-196, 2007b.

ARANHA, F. Q.; BARROS, Z. F.; MOURA, L. S. A.; GONÇALVES, M. D. C. R.; BARROS, J. C. D.; METRI, J. C.; SOUZA, M. S. D. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, v.13, n.2, 2000.

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

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911, 1959.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 22, n.1, p.98-104, 2002.

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**, v.83, n.1, p.223-230, 2005.

CAVA, R.; RUIZ, J.; LÓPEZ-BOTE, C.; MARTÍN, L.; GARCÍA, C.; VENTANAS, J.; ANTEQUERA, T. Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the iberian pig. **Meat Science**, v.45, n.2, p.263-270, 1997.

CRAIG, W. J. Health-promoting properties of common herbs. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.70, n.3, p.491-499, 1999.

CUSHNIE, T. P.; LAMB, A. J. Antimicrobial activity of flavonoids. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v.26, p.343-356, 2005.

DUNSHEA, F. R.; KING, R. H.; CAMPBELL, R. G.; SAINZ, R. D.; KIM, Y. S. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, n.11, p.2919-2930, 1993.

ERLUND, I. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. **Nutrition Research**, West Lafayette, IN 47907-2009, E.U.A., v.24, n.10, p. 851-874, 2004.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; CAVA LÓPEZ, R. Physico-chemical characteristics of m. *Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: A comparative study. **Meat Science**, v.64, n.4, p.499-506, 2003.

FAIN, J. N.; GARCIA-SAINZ, J. A. Adrenergic regulation of adipocyte metabolism. **Journal of Lipid Research**, v.24, n.8, p.945-966, 1983.

FILHO, J. M. D. S.; MORAIS, S. M. D.; BESERRA, F. J.; ZAPATA, J. F. F. Lipídios em carnes de animais utilizado para consumo humano: Uma revisão. **Ciência Animal**, v.11, n.2, p.87-100, 2001.

GATLIN, L. A.; SEE, M. T.; LARICK, D. K.; LIN, X.; ODLE, J. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. **The Journal of Nutrition**, v.132, n.10, p.3105-3112, 2002.

GONZÁLEZ, E.; TEJEDA, J. F. Effects of dietary incorporation of different antioxidant extracts and free-range rearing on fatty acid composition and lipid oxidation of iberian pig meat. **Animal**, v.1, n.7, p.1060–1067, 2007.

GONZALEZ, F. H. D.; DA SILVA, S. C. **Introdução a Bioquímica Clínica Veterinária**. 2006, 360 p.

HERMSDORFF, H. H. M.; MONTEIRO, J. B. R. Gordura visceral, subcutânea ou intramuscular: Onde está o problema? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v.48, n.6, p.803-811, 2004.

KRIS-ETHERTON, P. M.; KRUMMEL, D.; RUSSELL, M. E.; DREON, D.; MACKEY, S.; BORCHERS, J.; WOOD, P. D. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins, and coronary heart disease. **Journal of the American Dietetic Association**, v.88, n.11, p.1373-1400, 1988.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo-Brasil, 2007, 1232 p.

LIU, C. Y.; MILLS, S. E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, v.68, n.6, p.1603-1608, 1990.

LUTZ, I. A. **Normas analíticas: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. v.1, 1985.

MAIA, E. L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; FRANCO, M. R. B. Fatty acids of the total, neutral, and phospholipids of the brazilian freshwater fish prochilodus scrofa. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.7, n.4, p.240-251, 1994.

MASON, L. M.; HOGAN, S. A.; LYNCH, A.; O'SULLIVAN, K.; LAWLOR, P. G.; KERRY, J. P. Effects of restricted feeding and antioxidant supplementation on pig performance and quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle from landrace and duroc pigs. **Meat Science**, v.70, n.2, p.307-317, 2005.

MCKENZIE, J.; GOLDMAN, R. N. **The student edition of minitab for windows manual** Belmont, 1999, 592 p.

METCALFE, L. D.; SCHMITZ, A. A.; PELKA, J. R. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. **Analytical Chemistry**, v.38, n.3, p.514-515, 2002.

MILLS, S. E.; SPURLOCK, M. E.; SMITH, D. J. Beta-adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, v.81, n.3, p.662-668, 2003.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition** ed. New York: CAB, 2000. p.65-95.

NRC. **Nutrient requirements of swine**. v.10, **Washington: National academy**, 1998, 189 p.

PADAYATTY, S. J.; KATZ, A.; WANG, Y.; ECK, P.; ORAN KWON; JE-HYUK LEE; SHENGLIN CHEN; CHRISTOPHER CORPE; ANAND DUTTA; SUDHIR K DUTTA; MARK LEVINE. Vitamin c as an antioxidant: Evaluation of its role in disease prevention. **Journal of the American College of Nutrition**, v.22, n.1, p.18-35, 2003.

PENA, S. D. M.; LOPES, D. C.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, F. C. D. O.; DONZELE, J. L. Relações metionina mais cistina digestível: Lisina digestível em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.11, p.1978-1983, 2008.

PION, S. J.; VAN HEUGTEN, E.; SEE, M. T.; LARICK, D. K.; PARDUE, S. Effects of vitamin c supplementation on plasma ascorbic acid and oxalate concentrations and meat quality in swine. **Journal of Animal Science**, v.82, n.7, p.2004-2012, 2004.

REAVEN, P.; PARTHASARATHY, S.; GRASSE, B. J.; MILLER, E.; STEINBERG, D.; WITZTUM, J. L. Effects of oleate-rich and linoleate-rich diets on the susceptibility of low density lipoprotein to oxidative modification in mildly hypercholesterolemic subjects. **The Journal of Clinical Investigation**, v.91, n.2, p.668-676, 1993.

RICKS, C. A.; DALRYMPLE, R. H.; BAKER, P. K.; INGLE, D. L. Use of a beta-agonist to alter fat and muscle deposition in steers. **Journal of Animal Science**, v.59, n.5, p.1247-1255, 1984.



SANTOS, R.; RIBEIRO, M. G. R.; FARINHA, N.; BARRADAS, A.; NEVES, J. A.; BENTO, P. Estudo da influência de diferentes alimentos sobre características quantitativas e qualitativas da gordura em porcos de raça alentejana. **Revista de Ciências Agrárias**, p.5-16, 2005.

SCHINCKEL, A. P.; HERR, C. T.; RICHERT, B. T.; FORREST, J. C.; EINSTEIN, M. E. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.16-28, 2003.

SPURLOCK, M. E.; CUSUMANO, J. C.; MILLS, S. E. The affinity of ractopamine, clenbuterol, and l-644,969 for the beta-adrenergic receptor population in porcine adipose tissue and skeletal muscle membrane. **Journal of Animal Science**, v.71, n.8, p.2061-2065, 1993.

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.

VENTANAS, S.; ESTEVEZ, M.; TEJEDA, J. F.; RUIZ, J. Protein and lipid oxidation in *Longissimus dorsi* and dry cured loin from iberian pigs as affected by crossbreeding and diet. **Meat Science**, v.72, n.4, p.647-655, 2006.

VIRGILI, R.; DEGNI, M.; SCHIVAZAPPA, C.; FAETI, V.; POLETTI, E.; MARCHETTO, G.; PACCHIOLI, M. T.; MORDENTI, A. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of italian heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, n.10, p.2448-2456, 2003.

WALLACE, F. A.; MILES, E. A.; CALDER, P. C. Activation state alters the effect of dietary fatty acids on pro-inflammatory mediator production by murine macrophages. **Cytokine**, v.12, n.9, p.1374-1379, 2000.

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, n.3, p.720-732, 2006.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**, v.66, n.1, p.21-32, 2004.

XIAO, R.-J.; XU, Z.-R.; CHEN, H.-L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, n.1-2, p.119-127, 1999.

Tabela 1 - Características físico-químicas do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alimentados com ractopamina e extratos cítricos na terminação

Tratamentos (ppm)	Variáveis, %			
	Umidade	Cinzas*	Proteína*	Lipídios*
Controle	66,5 <sup>b</sup>	1,02	21,53 <sup>ab</sup>	10,4 <sup>ab</sup>
10 RAC	68,8 <sup>ab</sup>	1,04	21,17 <sup>ab</sup>	8,8 <sup>b</sup>
20 RAC	68,8 <sup>ab</sup>	1,02	21,54 <sup>a</sup>	9,6 <sup>ab</sup>
250 EC	68,4 <sup>ab</sup>	1,00	20,37 <sup>b</sup>	10,1 <sup>ab</sup>
500 EC	66,8 <sup>b</sup>	1,04	20,33 <sup>b</sup>	10,3 <sup>ab</sup>
10 RAC + 250 EC	68,2 <sup>ab</sup>	1,02	20,92 <sup>ab</sup>	10,8 <sup>a</sup>
20 RAC + 250 EC	69,2 <sup>ab</sup>	1,00	21,39 <sup>ab</sup>	8,7 <sup>b</sup>
10 RAC + 500 EC	68,7 <sup>ab</sup>	1,04	21,35 <sup>ab</sup>	8,6 <sup>b</sup>
20 RAC + 500 EC	69,7 <sup>a</sup>	1,03	20,47 <sup>ab</sup>	9,9 <sup>ab</sup>
dpr	2,18	0,06	1,12	2,81
Probabilidade				
T	0,01	0,59	0,01	0,01
S	0,01	0,35	0,01	0,01

RAC - ractopamina; EC - Extratos cítricos; \*Médias ajustadas (LSM) pela umidade; <sup>a, b</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2 - Ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alimentados com ractopamina e extratos cítricos na terminação

Tratamentos (ppm)	Ácidos Graxos Saturados <sup>1</sup> (%)			
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0
Controle	0,17 <sup>e</sup>	1,48	26,24	14,40
10 RAC	0,28 <sup>d</sup>	1,34	26,31	14,03
20 RAC	0,31 <sup>d</sup>	1,52	26,54	14,23
250 EC	0,52 <sup>ab</sup>	1,47	26,76	14,66
500 EC	0,48 <sup>ab</sup>	1,39	25,00	14,42
10 RAC + 250 EC	0,43 <sup>bc</sup>	1,53	26,00	13,89
20 RAC + 250 EC	0,58 <sup>a</sup>	1,73	26,81	14,01
10 RAC + 500 EC	0,32 <sup>cd</sup>	1,29	26,17	14,16
20 RAC + 500 EC	0,45 <sup>bc</sup>	1,41	26,48	13,60
dpr	0,10	0,50	1,76	1,29
Probabilidade				
T	0,01	0,27	0,77	0,22
S	0,69	0,18	0,55	0,07

RAC - ractopamina; EC - Extratos cítricos; T - tratamentos; S - sexo; <sup>a, b, c, d, e</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); <sup>1</sup>Nomenclatura IUPAC; C12:0, Láurico; C14:0, Mirístico; C16:0, Palmítico; C18:0, Esteárico; C20:0, Araquídico.

Tabela 3 - Ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de suínos alimentados com ractopamina e extratos cítricos na terminação

Tratamentos (ppm)	Ácidos Graxos insaturados <sup>1</sup> (%)							
	C16:1 n-7	C18:1 n-9	C18:2 n-6	C18:3 n-6	C18:3 n-3	C20:1 n-9	C20:2 n-6	C20:4 n-6
Controle	2,74 <sup>ab</sup>	41,95	9,33 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	0,44 <sup>a</sup>	0,69 <sup>b</sup>	0,58 <sup>a</sup>	1,40 <sup>ab</sup>
10 RAC	2,56 <sup>ab</sup>	40,29	10,56 <sup>a</sup>	0,39 <sup>bc</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,79 <sup>ab</sup>	0,41 <sup>b</sup>	1,29 <sup>ab</sup>
20 RAC	2,42 <sup>b</sup>	41,54	10,90 <sup>a</sup>	0,34 <sup>cd</sup>	0,24 <sup>b</sup>	0,86 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>	0,98 <sup>b</sup>
250 EC	2,48 <sup>b</sup>	39,98	9,61 <sup>a</sup>	0,40 <sup>ab</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,70 <sup>b</sup>	0,39 <sup>b</sup>	1,11 <sup>b</sup>
500 EC	2,89 <sup>a</sup>	41,85	9,06 <sup>b</sup>	0,33 <sup>de</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,39 <sup>b</sup>	1,24 <sup>ab</sup>
10 RAC + 250 EC	2,64 <sup>ab</sup>	41,28	9,80 <sup>a</sup>	0,20 <sup>g</sup>	0,25 <sup>b</sup>	0,66 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup>	1,30 <sup>ab</sup>
20 RAC + 250 EC	2,73 <sup>ab</sup>	40,27	10,05 <sup>a</sup>	0,28 <sup>ef</sup>	0,34 <sup>b</sup>	0,76 <sup>ab</sup>	0,39 <sup>b</sup>	1,54 <sup>a</sup>
10 RAC + 500 EC	2,66 <sup>ab</sup>	40,80	11,05 <sup>a</sup>	0,26 <sup>f</sup>	0,33 <sup>b</sup>	0,74 <sup>ab</sup>	0,47 <sup>a</sup>	1,27 <sup>ab</sup>
20 RAC + 500 EC	2,86 <sup>a</sup>	40,99	10,66 <sup>a</sup>	0,45 <sup>a</sup>	0,28 <sup>b</sup>	0,76 <sup>ab</sup>	0,38 <sup>b</sup>	1,42 <sup>ab</sup>
dpr	0,38	2,90	1,91	0,05	0,03	0,12	0,06	0,41
Probabilidade								
T	0,01	0,67	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
S	0,71	0,83	0,70	0,67	0,83	0,87	0,01	0,45

RAC - ractopamina; EC - extratos cítricos; T - tratamentos; S - sexo; <sup>a, b, c, d, e, f, g</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); <sup>1</sup>Nomenclatura IUPAC; C16:1 n-7, Palmitoléico; C18:1 n-9, Oléico; C18:2 n-6, Linoléico; C18:3 n-6, Gama-linolênico; C18:3 n-3, Alfa-linolênico; C20:1 n-9, Gondóico; C20:2 n-6, 11,14 –eicosadienóico; C20:4 n-6, Araquidônico (AA).

#### **4. CAPÍTULO 4**

### **ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO RACTOPAMINA E EXTRATOS CÍTRICOS: AVALIAÇÃO QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DE PRODUTO CURADO**

Artigo submetido em fevereiro de 2010 ao Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, sendo apresentado segundo suas normas de publicação.

**Características químicas, microbiológicas e sensoriais de produto curado elaborado com carne de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos**

*[Chemical, microbiological and sensory quality of cured product prepared with meat from pigs fed diets containing ractopamine and citrus extracts]*

Carlos Augusto Rigon Rossi<sup>1</sup> Paulo Alberto Lovatto<sup>3</sup>, Gerson Guarez Garcia<sup>3</sup>, Volmir Antonio Polli<sup>4</sup>, Cheila Roberta Lehnen<sup>2</sup>, Bruno Neutzling Fraga<sup>2</sup>, Marcos Speroni Ceron<sup>5</sup>, Gustavo Dias Lovato<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Aluno de pós-graduação - UFSM - Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: [carlos.rossi.mv@gmail.com](mailto:carlos.rossi.mv@gmail.com), autor para correspondência.

<sup>2</sup> Aluno de pós-graduação - UFSM - Santa Maria, RS

<sup>3</sup> Departamento de Zootecnia - UFSM - Santa Maria, RS

<sup>4</sup> Colégio Politécnico - UFSM - Santa Maria, RS

<sup>5</sup> Aluno de graduação - UFSM - Santa Maria, RS

**RESUMO**

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito da adição de ractopamina, extratos cítricos e suas interações às dietas de suínos em terminação. Foram utilizados 108 suínos (54 machos e 54 fêmeas) em um delineamento inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0 ppm de ractopamina e 0 ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental, com repetição no tempo. O teor de proteína no salame das interações com 10 RAC + 250 e 500 EC, foi em média 25% superior ( $P < 0,05$ ) comparadas ao grupo controle. O teor de lipídios do salame do grupo controle foi 16% superior ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. A aceitabilidade da coloração do salame elaborado com carne de suínos machos castrados do controle foi melhor ( $P < 0,05$ ) em relação a 20 RAC + 250 EC e 10 RAC + 500 EC. O sabor do salame do grupo 10 RAC + 250 EC, foi melhor ( $P < 0,05$ ) em relação ao controle e 10 RAC + 500 EC. A coloração do salame elaborado com carne das fêmeas com inclusão de 20 RAC foi melhor ( $P < 0,05$ ) em relação a 10 RAC + 250 EC. O odor e sabor do tratamento com 20 RAC foi melhor ( $P < 0,05$ ) em relação a 500 EC. O salame elaborado com carne de suínos que receberam ractopamina e extratos cítricos na dieta apresenta alto teor de proteína e baixo teor de lipídios. O salame elaborado com níveis mais altos de ractopamina na dieta apresenta menor aceitabilidade na análise sensorial.

**Palavras-chave:** ácido ascórbico, agonista beta-adrenérgico, bioflavonóides, salame

### **ABSTRACT**

This study was carried out to evaluate the effect of the addition of the ractopamine and citrus extracts in finishing pig diets. Hundred eight pigs were used (54 males and 54 females) in a completely randomized design, blocked by sex and distributed in nine treatments: T1. control (C) (0 ppm of the ractopamine e 0 ppm of the citrus extracts), T2. C + 10 RAC (ractopamine, ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (citrus extracts, ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Two sexes were used, with four replicates and three animals per experimental unit, with repetition over time. The count of lactic bacteria from salami in the control group was on averaged 56% higher ( $P<0.05$ ) than other treatments. The protein content in the salami of interactions with 10 ppm ractopamine + 250 and 500 ppm of citrus extract, was on average 25% higher ( $P<0.05$ ) compared to the control group. The fat content of salami in the control group was 16% higher ( $P<0.05$ ) compared to other treatments. The acceptability of the color of salami made with meat from barrows of the control was better ( $P<0.05$ ) compared to the interactions 20 ppm of RAC + 250 ppm EC and 10 ppm of RAC + 500 ppm EC. The flavor of the salami from the interaction 10 ppm of RAC + 250 ppm EC, was better ( $P<0.05$ ) compared to other treatments and the interaction of 10ppm of RAC + 500 ppm EC, respectively. The coloring of salami made with meat from females with inclusion of 20 ppm of RAC had higher ( $P<0.05$ ) for the interaction between 10 ppm of RAC + 250ppm EC. The odor and taste of treatment with 20 ppm RAC was better ( $P<0.05$ ) compared to 500 ppm of EC. The salami made with meat from animals with the addition of citrus extracts and ractopamine in the diet does not affect the microbiological analysis. There is an increase in protein and decrease levels of lipids in the salami. Higher levels of ractopamine in the diet result in lower acceptability of salami in the sensory analysis.

**Key words:** ascorbic acid, beta-adrenergic agonist, bioflavonoids, sausage



## INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos tem como principais objetivos atender as expectativas do consumidor quanto a qualidade e a segurança alimentar. A oxidação lipídica e protéica são os principais mecanismos que podem comprometer a qualidade dos produtos cárneos, por perdas de nutrientes e redução de sua vida de prateleira. A maioria dos antioxidantes sintéticos inibe os processos de oxidação, mas apresentam propriedades tóxicas a saúde. Assim, o consumidor demonstra resistência a utilização dos aditivos sintéticos nos alimentos (Hermsdorff & Monteiro, 2004).

O uso de aditivos modificadores do metabolismo animal via nutrição, é uma alternativa que pode melhorar a qualidade do produto final. Os aditivos podem alterar as taxas de acreção protéica, modificar a proporção da proteína em relação a gordura, alterar o perfil de ácidos graxos na carne ou alterar o metabolismo *post mortem* (Lawrence & Coppack, 2000). Entre os aditivos modificadores do metabolismo animal, podemos citar os agonistas beta-adrenérgicos, como a ractopamina (See et al., 2004). Este aditivo atua sobre a partição de nutrientes, aumentando taxa de deposição protéica. Em suínos a ractopamina reduz o conteúdo de ácidos graxos saturados e aumenta o de ácidos graxos insaturados, em especial os poliinsaturados (Moody et al., 2000).

Como forma de atender as exigências do mercado consumidor, outras tecnologias nutricionais como os antioxidantes naturais estão sendo estudadas. Os antioxidantes são substâncias químicas naturalmente encontradas na composição de alimentos de origem vegetal e são capazes de retardar ou inibir a oxidação de compostos oxidáveis (Rodrigues et al., 2003). A atividade dos antioxidantes naturais é também de interesse tecnológico, pois, o processamento e obtenção de produtos com elevado teor destas substâncias possibilitam a obtenção de alimentos mais saudáveis que podem ser incluídos no grupo dos alimentos funcionais (Therond et al., 2000; Weber & Antipatis, 2001). Entre os antioxidantes que têm recebido maior atenção na prevenção da oxidação lipídica e crescimento microbiano estão a vitaminas C (ácido ascórbico) e os compostos fenólicos (bioflavonóides) (Rodrigues et al., 2003).

O ácido ascórbico participa de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação do colágeno e a síntese de epinefrina, de corticoesteróides e de ácidos biliares (Aranha et al., 2000). Além de ser um co-fator enzimático participa dos processos de óxido-redução, o que aumenta a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (Padayatty et al., 2003). Os benefícios da utilização terapêutica do ácido ascórbico, em estudos com suínos, ainda incluem melhora no desempenho animal, diminuição do estresse pré-abate e melhora na qualidade da

carne (Pion et al., 2004). Os compostos fenólicos são antioxidantes naturais, com ações anti-inflamatórias, antimicrobianas, antialérgicas e imuno-estimulantes (Erlund, 2004; Cushnie & Lamb, 2005). Esses compostos inibem as reações em cadeia induzidas por radicais livres pela ação inibitória sobre algumas enzimas e propriedade quelante a metais (Erlund, 2004).

Pelas propriedades individuais e ação sinérgica de seus princípios ativos, a adição de extratos cítricos nas dietas pode melhorar as características químicas, microbiológicas e sensoriais do salame. Embora existam informações positivas relacionadas ao sinergismo dos constituintes dos extratos cítricos, ainda não há relatos do uso associado com a ractopamina. Este trabalho foi conduzido, portanto, com o objetivo de avaliar as características químicas, microbiológicas e sensoriais de produto elaborado com carne de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos na terminação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Setor de Suínos do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, de julho a outubro de 2008. Foram utilizados 108 suínos (54 machos castrados e 54 fêmeas) meio irmãos paternos, oriundos de criação comercial e com peso vivo inicial de 61 quilogramas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, bloqueado por sexo e com nove tratamentos: T1. controle (C) (0ppm de ractopamina e 0ppm de extratos cítricos), T2. C + 10 RAC (ractopamina, em ppm), T3. C + 20 RAC, T4. C + 250 EC (extratos cítricos, em ppm), T5. C + 500 EC, T6. C + 250 EC + 10 RAC, T7. C + 250 EC + 20 RAC, T8. C + 500 EC + 10 RAC e T9. C + 500 EC + 20 RAC. Foram utilizados dois sexos, com quatro repetições e três animais por unidade experimental.

Após o abate, as carcaças foram resfriadas a 3°C por um período de 24 horas. Na sequência, foi retirado o *Longissimus dorsi* da meia carcaça direita, em seguida, embalado em filme plástico, identificado, acondicionado em caixa térmica e transportado aos Laboratórios da Universidade Federal de Santa Maria. Foi utilizado o *Longissimus dorsi* na elaboração do salame (Harms et al., 2003; Saccani et al., 2005; Sammet et al., 2006), pois é o músculo comumente usado nas avaliações qualitativas da carne. Na elaboração do salame tipo milano, além da massa cárnea do *Longissimus dorsi*, foram utilizados os seguintes ingredientes não-cárneos. Para cada quilograma de massa cárnea, foram adicionados 13% de gordura lombar, 2,5 (g kg<sup>-1</sup>) de cura comercial para produtos maturados (sal refinado, nitrato e nitrito de sódio), 28 g de sal, 2,5 g de *new cor* (açúcar refinado, eritorbato de sódio, acidulante ácido cítrico), 1,5 g de pimenta moída, 3 g de açúcar, 5 g de vinho tinto, 2,5 g de alho e 3 g de

glicose. Após a moagem do *Longissimus dorsi*, correspondente a cada tratamento, a carne foi previamente misturada aos condimentos para elaboração do salame. O salame permaneceu por 28 dias em câmara de maturação com temperatura (°C) e umidade relativa (%) controladas (Terra, 1998). Em seguida, amostras foram separadas e embaladas a vácuo para análises químicas e microbiológicas. Foram avaliados os teores de umidade, cinzas, proteína e lipídios (AOAC, 1995), contagem (UFC g<sup>-1</sup>) de *Coliformes* a 35°C, *Coliformes* a 45°C, *Staphylococcus* Coagulase Positiva, *Salmonella ssp* (Brasil, 2003) e bactérias lácticas (Silva et al., 2007). A aceitabilidade do salame milano foi avaliada usando a escala hedônica de sete pontos (Dutcosky, 2007). Foram utilizadas 30 pessoas não treinadas na avaliação das características de cor, odor, sabor e textura em escala que variou de “gostei muitíssimo” a “desgostei muitíssimo”.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância pelo procedimento GLM em nível de 5% de significância. Os efeitos incluídos no modelo analítico foram tratamentos (T) e sexo (S). As eventuais diferenças entre as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico Minitab (Mckenzie & Goldman, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A contagem de *Coliformes*, *Staphylococcus* e *Salmonella ssp* não foi influenciada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos (dados não apresentados). Os dados obtidos estão dentro das especificações padrões para alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Brasil, 2001).

Os resultados da contagem de bactérias lácticas do salame elaborado da carne de suínos alimentados com ractopamina e extratos cítricos são apresentados na tabela 1. A contagem de bactérias lácticas do salame do grupo controle foi em média 56% superior ( $P<0,05$ ) aos tratamentos com níveis de ractopamina, extratos cítricos e suas interações. As bactérias lácticas são microrganismos anaeróbios, anaeróbios facultativos ou microaerófilos e que, portanto apresentam melhor desenvolvimento em meios com baixas tensões de oxigênio. As bactérias lácticas têm importante papel na produção e preservação da maioria dos alimentos fermentados, dentre os quais os embutidos cárneos. Tais bactérias possuem fundamental importância não só na obtenção desses produtos, mas também na sua preservação (Carolissen-Mackay et al., 1997). Em nosso estudo, com exceção do grupo 10 RAC, a contagem de bactérias lácticas foi afetada pelos tratamentos.

O teor de umidade do salame elaborado dos animais que receberam 10 RAC + 500 EC na dieta foi, em média, 7,5% superior ( $P < 0,05$ ) ao controle, para 20ppm de ractopamina e aos níveis de extratos cítricos. O teor de cinzas no salame elaborado dos animais que receberam 10 RAC + 500 EC na dieta foi, em média, 9,5% superior ( $P < 0,05$ ) ao controle, 20 RAC + 250 EC e 250 EC. O teor de proteína no salame elaborado dos animais que receberam 10 RAC + 250 EC na dieta foi 10,2% superior ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos. Os teores de lipídios do salame do grupo controle foram 16,6% superiores ( $P < 0,05$ ) aos demais tratamentos.

Em nosso estudo, as variações na composição química do salame podem ser explicadas pelos efeitos das interações entre ractopamina e extratos cítricos adicionados às dietas. Um dos efeitos mais conhecidos da ractopamina em suínos é o incremento da musculatura esquelética por meio da hipertrofia das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1992). Outro efeito da administração da ractopamina é a diminuição da deposição de gordura na carcaça (Marinho et al., 2007a), que pode estar relacionado ao bloqueio da lipogênese (Mills et al., 2003b). Por outro lado, estudos *in vitro* com suínos demonstram que os agonistas beta-adrenérgicos aumentam a produção de adenosina monofosfato cíclico (AMPc), os quais ativam quinases, que por sua vez, fosforilam a lipase hormônio sensível (LHS) (Moody et al., 2000). Em estado ativado, esta enzima quebra os triglicerídios e, conseqüentemente, aumenta a taxa de lipólise. Como a ractopamina atua sobre a partição de nutrientes aumentando a deposição protéica no músculo (Schinckel et al., 2003b), há estímulo a deposição de água no músculo, o que não ocorre com a deposição de gordura, que absorve baixa quantidade de água (Pena et al., 2008). Assim, com a inclusão de ractopamina às dietas, ocorre maior deposição protéica e maiores teores de umidade no músculo. Esses efeitos foram observados em nosso estudo, com ênfase nos tratamentos com as interações entre ractopamina e extratos cítricos, os quais apresentaram teores mais altos de proteína e umidade, porém baixos em lipídios.

Em relação a inclusão de extratos cítricos nas dietas, o sinergismo entre os constituintes da fórmula dos extratos cítricos, está relacionado a redução do dano oxidativo na superfície dos fibroblastos (Nijveldt et al., 2001). Os antioxidantes ao sequestrarem os radicais livres, ajudam a preservar as características organolépticas e a qualidade da carne (Peterson & Dwyer, 1998). Estudos demonstram melhora no pH, na capacidade de retenção de água e na cor (por redução da peroxidação lipídica) durante o armazenamento da carne de suínos suplementados com 200 ppm de produto comercial a base de bioflavonóides e ácido ascórbico na dieta (JAMILAH et al., 2009). Os extratos cítricos podem alterar o metabolismo da glicose e do glicogênio. Especificamente, o ácido oxálico, metabólito do ácido ascórbico, é

considerado um inibidor glicolítico, com efeitos sobre a produção de ácido láctico pós-mortem (Jamilah et al., 2009). Assim, o rápido declínio do pH no pós-mortem é reduzido e os efeitos deletérios sobre a carne utilizada na elaboração de produtos elaborados são minimizados.

Os resultados encontrados em nosso estudo nos permitem estimar que os teores de umidade no salame sejam reduzidos com a inclusão de extratos cítricos. Os teores de proteína no salame são afetados pelas interações entre 10 RAC + 250 e 500 EC. Adicionalmente, a ractopamina e os extratos cítricos utilizados de forma isolada reduzem os teores de proteína no salame. Já os teores de lipídios no salame, são afetados pela ractopamina, pelos extratos cítricos e suas interações. De acordo com esses resultados é possível sugerir que as variáveis químicas do salame sejam melhoradas pela inclusão de ractopamina, extratos cítricos e pela interação 20 RAC + 500 EC. Porém, mais estudos são necessários para avaliar a forma de ação dos extratos cítricos e suas interações com a ractopamina.

A avaliação sensorial de aceitabilidade (escala hedônica de sete pontos) do salame tipo milano, elaborado com carne de suínos machos castrados e fêmeas alimentados na terminação com ractopamina e extratos cítricos são apresentados na tabela 2. Na avaliação da coloração do salame elaborado com carne das fêmeas, o nível de inclusão 10 RAC + 250 EC apresentou melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. Em relação à característica odor, o salame elaborado com carne das fêmeas do tratamento 500 EC apresentou melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. O sabor dos salames elaborados com carne de machos e de fêmeas do tratamento com 500 EC apresentaram melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos. A textura dos salames elaborados com carne de machos e de fêmeas do tratamento com 20 RAC + 250 EC, apresentaram melhor aceitabilidade ( $P < 0,05$ ) em relação aos demais tratamentos.

O salame elaborado com a carne das fêmeas que receberam 20 RAC na dieta apresentou menor aceitabilidade sensorial, comparados aos tratamentos com 500 EC e 250 EC + interações com ractopamina. É interessante salientar que os efeitos da ractopamina sobre a qualidade da carne são controversos, pois alguns trabalhos indicam que não há impacto significativo sobre a qualidade da carne suína, inclusive na cor, na marmorização, na firmeza e nos valores de pH final (Stites et al., 1991; Uttaro et al., 1993). Em relação a elaboração de produtos curados, o uso de ractopamina na dieta estimula a deposição protéica, a qual esta relacionada com a deposição de água no músculo (Pena et al., 2008). Durante a maturação do salame ocorrem processos bioquímicos, microbiológicos e físicos relacionados a cor, desdobramento e transformação das proteínas, das gorduras e hidratos de carbono (Fanco et

al., 2002). Os produtos de degradação são os principais responsáveis pelo odor e sabor característicos dos embutidos crus maturados. Na maturação dos salames ocorre o crescimento da flora bacteriana que fermenta o açúcar, produz ácido lático e abaixa o pH das proteínas da carne até seu ponto isoelétrico, tornando-as menos capazes de se unir a água. Esse fenômeno auxilia a perda de água durante a secagem do produto (Terra, 1998; Fernández et al., 2000). A acidificação gerada contribui para a liga e o aumento da consistência do produto, permitindo uma estrutura sólida propícia ao fatiamento, além de contribuir na formação do odor e sabor típicos do salame (Fanco et al., 2002). Nesse sentido, em nosso trabalho, é provável que a adição de ractopamina na dieta aumente a deposição protéica e umidade no músculo. Assim, é provável que a perda de umidade durante a maturação do salame não ocorra de forma gradual, o que leva a formação de rugosidade, ressecamento excessivo da casca e desprendimento da tripa. É alterada a textura do produto e as reações enzimáticas catalisadas por enzimas tissulares e microbianas, as quais originam substâncias que contribuem para o sabor e aroma do produto. Este fenômeno pode ter influenciado os resultados de aceitabilidade do produto elaborado. Este resultado é evidenciado no salame elaborado com a carne das fêmeas, onde a melhor aceitabilidade para as características odor e sabor foi observado nos tratamentos com adição de 500 EC nas dietas. A melhor aceitabilidade do salame elaborado com a carne de animais suplementados com extratos vegetais se deve a capacidade antioxidante de preservar as características organolépticas e a qualidade da carne (Peterson & Dwyer, 1998).

O sucesso de um produto alimentício é resultado, principalmente, da aceitação do consumidor. Antes, a grande preocupação era somente em relação a qualidade do produto final. Contudo, atualmente, há a preocupação com todo o processo de obtenção, somando cada um dos diferentes aspectos que abordam a qualidade nutricional, higiênica, microbiológica e ambiental. Neste sentido, a ractopamina contribui positivamente para maiores concentrações de proteína em detrimento aos teores de lipídios no salame. Esse aspecto está diretamente relacionado com as exigências do mercado consumidor, o qual busca garantir uma saúde satisfatória conhecendo o valor nutricional de seus componentes. No entanto, a aceitabilidade do salame elaborado com a carne de animais suplementados com altos níveis de ractopamina apresenta maior índice de rejeição. Em relação aos extratos cítricos, como melhoradores da qualidade de carne, mais pesquisas são necessárias para avaliar os níveis a serem utilizados em dietas de suínos em terminação, bem como suas interações com os agonistas beta-adrenérgicos.

## CONCLUSÕES

Os tratamentos não alteram a contagem de *coliformes*, *Staphylococcus* e *Salmonella ssp*, porém reduz a contagem de bactérias lácticas.

O salame elaborado com carne de animais que receberam adição de ractopamina e extratos cítricos na dieta possui maior teor de proteína e menor teor de lipídios. O salame elaborado com carne de animais que receberam a adição de 500 ppm de extratos cítricos na dieta apresenta melhor aceitabilidade pela análise sensorial.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa aos doutorandos Carlos Augusto Rigon Rossi e Cheila Roberta Lenhen e ao mestrando Bruno Neutzling Fraga do Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Ao Setor de Suínos e Colégio Politécnico (UFSM) pela infra-estrutura para realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AALHUS, J. L., SCHAEFER, A. L., et al.** The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. *Meat Science*, v.31, n. 4, p.397-409. 1992.

**AOAC.** Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis: of the AOAC international, v.42, n. 1. 1995.

**ARANHA, F. Q., BARROS, Z. F., et al.** O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. *Revista de Nutrição*, v.13, n. 2. 2000.

**BRASIL.** Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Regulamento técnico de identidade e qualidade do salame tipo milano. Ministério da Agricultura e do Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa n.º 22, de 31 de julho de 2000. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000.

\_\_\_\_\_. Resolução - RDC n.º 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA, n. 2001.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 62, de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de produtos de Origem Animal e Água. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, n. 2003.

- CAROLISSEN-MACKAY, V., ARENDSE, G., et al.** Purification of bacteriocins of lactic acid bacteria: problems and pointers. *International Journal of Food Microbiology*, v.34, n. 1, p.1-16. 1997.
- CUSHNIE, T. P. e LAMB, A. J.** Antimicrobial activity of flavonoids. *International Journal of Antimicrobial Agents*, v.26, p.343-356. 2005.
- DUTCOSKY, S. D.** *Análise Sensorial de Alimentos*. 1. ed. Curitiba: Champagnat, v.2. 2007. 239 p.
- ERLUND, I.** Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Research*, v.24, n. 10, p.851-874. 2004.
- FANCO, I., PRIETO, B., et al.** Study of the biochemical changes during the processing of Androlla, a Spanish dry-cured pork sausage. *Food Chemistry*, v.78, n. 3, p.339-345. 2002.
- FERNÁNDEZ, M., ORDÓÑEZ, J. A., et al.** Accelerated ripening of dry fermented sausages. *Trends in Food Science & Technology*, v.11, n. 6, p.201-209. 2000.
- HARMS, C., FUHRMANN, H., et al.** Effect of dietary vitamin E supplementation on the shelf life of cured pork sausage. *Meat Science*, v.63, n. 1, p.101-105. 2003.
- HERMSDORFF, H. H. M. e MONTEIRO, J. B. R.** Gordura Visceral, Subcutânea ou Intramuscular: Onde Está o Problema? *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, v.48, n. 6, p.803-811. 2004.
- JAMILAH, B., MOHAMED, A., et al.** A review on the effect of animal diets and presence of selected natural antioxidants on lipid oxidation of meat. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v.7, n. 2, p.76-81. 2009.
- LAWRENCE, V. J. e COPPACK, S. W.** The endocrine function of the fat cell-regulation by the sympathetic nervous system. *Horm. Metab. Res.*, v.32, p.453. 2000.
- MARINHO, P. C., DALTON DE OLIVEIRA FONTES, et al.** Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n. 4, p.1061-1068. 2007a.
- MCKENZIE, J. e GOLDMAN, R. N.** *The student edition of minitab for windows manual Release 12*. ed. Belmont., v. 12. Softcover ed. Addison-Wesley Longman, Incorporated, Belmont. 1999. 592 p.
- MILLS, S. E.** Biological basis of the ractopamine response. *Journal of Animal Science*, v.80, n. 2, p.28-32. 2002a.



- MILLS, S. E., SPURLOCK, M. E., et al.** Beta-Adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lipolysis. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 3, p.662-668. 2003b.
- MOODY, D. E., HANCOK, D. L., et al.** Phenethanolamine repartitioning agents. In: J. P. F. D. Mello (Ed.). *Farm Animal Metabolism and nutrition* New York: CAB, 2000. Phenethanolamine repartitioning agents, p.65-95
- NIJVELDT, R. J., NOOD, E. V., et al.** Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *American of Journal and Clinical Nutritional*, v.74, p.418-425. 2001.
- PADAYATTY, S. J., KATZ, A., et al.** Vitamin C as an Antioxidant: Evaluation of Its Role in Disease Prevention. *Journal of the American College of Nutrition*, v.22, n. 1, p.18-35. 2003.
- PENA, S. D. M., LOPES, D. C., et al.** Relações metionina mais cistina digestível: lisina digestível em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n. 11,p.1978-1983. 2008.
- PETERSON, J. e DWYER, J.** Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research*, v.18, n. 12, p.1995-2018. 1998.
- PION, S. J., VAN HEUGTEN, E., et al.** Effects of vitamin C supplementation on plasma ascorbic acid and oxalate concentrations and meat quality in swine. *Journal of Animal Science*, v.82, n. 7, p.2004-2012. 2004.
- RODRIGUES, H. G., DINIZ, Y. S., et al.** Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. *Revista de Nutrição*, v.16, n. 3, p.315-320. 2003.
- SACCANI, G., TANZI, E., et al.** Determination of niacin in fresh and dry cured pork products by ion chromatography: experimental design approach for the optimisation of nicotinic acid separation. *Food Chemistry*, v.92, n. 2, p.373-379. 2005.
- SAMMET, K., DUEHLMEIER, R., et al.** Assessment of the antioxidative potential of dietary supplementation with alpha-tocopherol in low-nitrite salami-type sausages. *Meat Science*, v.72, n. 2, p.270-279. 2006.
- SCHINCKEL, A. P., HERR, C. T., et al.** Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. *Journal of Animal Science*, v.81, n. 1, p.16-28. 2003b.
- SEE, M. T., ARMSTRONG, T. A., et al.** Effect of a ractopamine feeding program on growth performance and carcass composition in finishing pigs. *Journal of Animal Science*, v.82, n. 8, p.2474-2480. 2004.

**SILVA, N., JUNQUEIRA, V. C. A., et al.** Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. ed. São Paulo, v.3. 2007. 552 p.

**STITES, C. R., MCKEITH, F. K., et al.** The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. *Journal of Animal Science*, v.69, n. 8, p.3094-3101. 1991.

**TERRA, N. N.** Apontamentos de Tecnologia de Carnes. ed. São Leopoldo: UNISINOS. 1998. 216 p.

**THEROND, P., BONNEFONT-ROUSSELOT, D., et al.** Biomarkers of oxidative stress: an analytical approach. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, v.3, n. 5, p.373-384. 2000.

**UTTARO, B. E., BALL, R. O., et al.** 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.

**WEBER, G. M. e ANTIPATIS, C.** Qualidade da Carne Suína e Dieta de Vitamina E. In:2a Conferência Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 2001, Concórdia, SC,. *Anais*. Concórdia, SC, 2001.

Tabela 1 - Contagem de bactérias lácticas (UFC g<sup>-1</sup>) e avaliação química (%) do salame tipo milano elaborado com carne de suínos alimentados com ractopamina e extratos cítricos na terminação.

Tratamentos (ppm)	Variáveis				
	Bact. Lácticas	Umidade	Cinzas*	Proteína*	Lipídios*
Controle	9,2x10 <sup>7a</sup>	34,96 <sup>c</sup>	5,62 <sup>b</sup>	27,80 <sup>b</sup>	28,85 <sup>a</sup>
10 RAC	7,3x10 <sup>7ab</sup>	37,45 <sup>ab</sup>	6,07 <sup>a</sup>	32,69 <sup>b</sup>	24,27 <sup>b</sup>
20 RAC	7,0x10 <sup>7b</sup>	36,07 <sup>b</sup>	6,11 <sup>a</sup>	33,25 <sup>b</sup>	23,95 <sup>b</sup>
250 EC	6,1x10 <sup>7b</sup>	35,34 <sup>c</sup>	5,87 <sup>b</sup>	29,84 <sup>b</sup>	26,64 <sup>b</sup>
500 EC	3,2x10 <sup>7c</sup>	37,00 <sup>b</sup>	6,07 <sup>a</sup>	31,33 <sup>b</sup>	26,32 <sup>b</sup>
10 RAC + 250 EC	3,1x10 <sup>7c</sup>	37,45 <sup>ab</sup>	6,03 <sup>a</sup>	34,86 <sup>a</sup>	21,59 <sup>b</sup>
20 RAC + 250 EC	4,0x10 <sup>7c</sup>	37,52 <sup>ab</sup>	5,89 <sup>b</sup>	32,53 <sup>b</sup>	24,73 <sup>b</sup>
10 RAC + 500 EC	2,6x10 <sup>7c</sup>	38,77 <sup>a</sup>	6,40 <sup>a</sup>	34,80 <sup>a</sup>	20,98 <sup>b</sup>
20 RAC + 500 EC	2,4x10 <sup>7c</sup>	37,11 <sup>b</sup>	6,28 <sup>a</sup>	32,11 <sup>b</sup>	23,93 <sup>b</sup>
dpr	254	1,08	0,33	1,48	1,85
Probabilidade					
Tratamentos (T)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sexo (S)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

RAC - ractopamina; EC - extratos cítricos; \*Médias ajustadas (LSM) pela umidade. <sup>a, b, c</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2 - Avaliação sensorial (escala hedônica de sete pontos) do salame tipo milano, elaborado com carne de suínos machos castrados e fêmeas alimentados na terminação com ractopamina e extratos cítricos

Tratamentos (ppm)	Características de qualidade							
	Cor		Odor		Sabor		Textura	
	M	F	M	F	M	F	M	F
Controle	2,6	2,7 <sup>a</sup>	2,8	2,9 <sup>a</sup>	3,0 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>
10 RAC	2,9	2,8 <sup>a</sup>	2,7	2,7 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,7 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>
20 RAC	3,1	3,3 <sup>a</sup>	3,0	3,0 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,3 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>
250 EC	2,9	2,9 <sup>a</sup>	2,8	2,8 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>
500 EC	2,8	2,8 <sup>a</sup>	2,5	2,3 <sup>b</sup>	2,5 <sup>b</sup>	2,4 <sup>b</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>
10 RAC + 250 EC	2,8	2,6 <sup>b</sup>	2,6	2,6 <sup>a</sup>	3,3 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>
20 RAC + 250 EC	2,9	2,8 <sup>a</sup>	2,5	2,4 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,6 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	2,5 <sup>b</sup>
10 RAC + 500 EC	3,1	3,0 <sup>a</sup>	3,1	2,8 <sup>a</sup>	3,1 <sup>a</sup>	2,9 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>	2,8 <sup>a</sup>
20 RAC + 500 EC	3,2	3,2 <sup>a</sup>	3,0	3,0 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	3,1	3,1 <sup>a</sup>
dpr	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,1
Probabilidade								
Tratamento (T)	0,19	0,01	0,06	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

RAC - ractopamina; EC - extratos cítricos; <sup>a, b</sup> letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05). Escala hedônica (1 = gostei muitíssimo; 2 = gostei muito; 3 = gostei moderadamente; 4 = não gostei nem desgostei; 5 = desgostei moderadamente; 6 = desgostei muito; 7 = desgostei muitíssimo). M - macho; F - fêmea.

## **5. CAPÍTULO 5**

### **DISCUSSÃO GERAL**

Os resultados de desempenho para animais suplementados com ractopamina são condizentes com alguns estudos (Crome et al., 1996; Brumm et al., 2004; Mimbs et al., 2005), mas divergentes de outros (Armstrong et al., 2004; Carr et al., 2005). Essas respostas são comuns na literatura e pode ser explicado pela utilização de diferentes populações genéticas, nível de inclusão do agonista, período de fornecimento, nível de lisina e relação lisina/energia metabolizável (Smith et al., 1995).

Animais com alto potencial genético apresentam maior taxa de deposição muscular quando suplementados com ractopamina (Bark et al., 1992). Esta resposta pode estar relacionada ao maior número de fibras musculares de suínos selecionados para maior deposição protéica, o que expõe um maior número de células a ação dos agonistas beta-adrenérgicos (Aalhus et al., 1992). No entanto, em nosso estudo trabalhamos com animais meio irmãos paternos, o que provavelmente não influenciou na resposta a ractopamina. Normalmente níveis de inclusão entre 10 ou 20ppm de ractopamina proporcionam maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar (Apple et al., 2004). No entanto, é provável que exista uma relação inversa entre potencial de deposição de carne magra e níveis de ractopamina (Schinckel et al., 2002). Porém, em nosso estudo foi possível observar que os níveis de inclusão entre 10 ou 20ppm de ractopamina não influenciam o desempenho dos animais na terminação. Os melhores resultados para desempenho e características de carcaça em animais suplementados com ractopamina são obtidos com um aporte suplementar de lisina na dieta de cerca 7%, (Schinckel et al., 2003a). As exigências de lisina e energia metabolizável para a deposição de carne magra em suínos durante a fase de terminação é de 0,69% e 3,26Mcal/kg, o que equivale a relação lisina/energia de 2,1g/Mcal (NRC, 1998). Em nosso trabalho, os animais receberam níveis suplementares de aminoácidos para animais alimentados com ractopamina e o desempenho não foi afetado pelos tratamentos.

O período de utilização prolongado da ractopamina pode explicar a ausência de efeito no desempenho, pois em nosso estudo, o período experimental foi de 52 dias. Isto pode ser explicado pelas ações da ractopamina, as quais são intracelulares sequenciais a estimulação dos receptores beta-agonistas (Gonzalez & Da Silva, 2006). O complexo agonista/receptor se fixa a uma proteína de ligação que modifica a fluidez da membrana, permite o seu deslocamento lateral e estimula a ação catalítica da adenilato ciclase (Lehninger et al., 2007). Esta, participa da formação do AMPc a partir do ATP, passando a atuar como segundo mensageiro. O AMPc, ativa a proteína quinase, que conduz a fosforilação de enzimas, responsáveis pela resposta final (estimulação da lipólise, aumento da neoglicogênese, glicogenólise, aumentos da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca) (Moody et al., 2000).

No entanto, sob ação contínua do agonista beta-adrenérgico, o AMPc ativa uma proteína quinase, que ao fosforilar o receptor, o torna inativo e desacopla o complexo receptor-proteína de ligação-adenilato ciclase (Lundberg et al., 1987). O efector desacoplado passa para o espaço intracitoplasmático, o que diminui o número de receptores disponíveis na membrana. Essa redução no número de receptores é denominada dessensibilização e causa diminuição da resposta a estimulação beta-adrenérgica da ractopamina (Spurlock et al., 1993; Mills, 2002). Além disso, no espaço intracitoplasmático, o receptor beta-adrenérgico pode ser consumido, fenômeno este chamado de sequestro, o que acarreta diminuição do número de receptores celulares (Benovic et al., 1988). Esta variação no número de receptores por unidade de sarcolema é denominada “*down-regulation*” (Barros et al., 1999). Portanto, é possível que esses fenômenos possam ter ocorrido em nosso estudo.

O consumo alimentar dos animais suplementados com ractopamina foi semelhante e está de acordo com resultados obtidos em outras pesquisas (Aalhus et al., 1992; Marinho et al., 2007). Estes resultados diferem, no entanto, daquele com redução de 7% no consumo diário de ração dos animais suplementados com ractopamina (Mimbs et al., 2005). A ingestão alimentar é influenciada por vários hormônios, dentre eles a leptina (Chen et al., 1999). A síntese de leptina é diretamente proporcional ao acúmulo de tecido adiposo (Havel, 2000). As ações catabólicas do tecido adiposo são reguladas pelo sistema nervoso simpático (Pénicaud et al., 2000). Assim, se a inervação simpática for ativada pelos agonistas beta-adrenérgicos, há redução da expressão gênica da leptina (Gettys et al., 1996). Essa inibição da expressão gênica da leptina pelo uso da ractopamina pode ter acontecido neste trabalho, justificando a ausência de redução no consumo alimentar.

Entretanto, os diversos fatores abordados anteriormente para explicar o consumo alimentar estão em desacordo com outras pesquisas, pois o uso da ractopamina na dieta reduz o consumo de alimento (Apple et al., 2007), mas não influencia o ganho de peso (Bark et al., 1992; Mimbs et al., 2005). Esta redução no consumo estaria relacionada a maior densidade energética das dietas, as quais não alteram o ganho médio diário, mas deprimem o consumo de alimentos (Weber et al., 2006). Porém, foi observado em outro estudo que a densidade energética não altera o consumo de animais suplementados com ractopamina (Apple et al., 2004). Apesar de haver algumas discordâncias com relação ao efeito da suplementação de ractopamina sobre o consumo alimentar, de modo geral, maiores ganhos de peso foram observados (Gu et al., 1991; Stoller et al., 2003). No presente estudo, porém, o ganho de peso não foi afetado pela ractopamina.

As características de carcaça obtidas, em nosso trabalho, podem ser explicadas pelos efeitos da inclusão da ractopamina e interações com extratos cítricos nas dietas. A ractopamina além de estimular a síntese protéica pode aumentar a apoptose no tecido adiposo, o que explicaria a menor deposição de gordura na carcaça (Weber et al., 2006). Por outro lado, a inibição da ligação da insulina aos receptores adrenérgicos dos adipócitos, antagoniza a ação da insulina, aumenta a atividade lipolítica, diminui a síntese e a deposição de gordura na carcaça (Liu & Mills, 1990). Em consequência dessas alterações metabólicas, há um aumento da síntese protéica, o que melhora a qualidade de carcaça (Ricks et al., 1984).

A ractopamina e outras fenotolaminas aumentam a percentagem de carne por serem substâncias que estimulam a deposição de nutrientes na carcaça em relação a deposição nos órgãos internos (Etherton & Smith, 1991). Assim, pode-se sugerir que, no presente estudo, a deposição muscular aumentou numa proporção maior que o crescimento dos órgãos viscerais, de maneira a aumentar o rendimento de carcaça nos suínos suplementados com ractopamina. Estas observações sugerem uma resposta positiva na carcaça pela inclusão de níveis mais altos de ractopamina.

Os tratamentos com inclusão de extratos cítricos às dietas não melhorou o desempenho e algumas características de carcaça. Em nosso estudo, a percentagem de carne magra foi afetada pela inclusão da ractopamina, extratos cítricos e suas interações comparadas ao grupo controle. De acordo com a literatura, a ação dos extratos cítricos está relacionada com o sinergismo entre os bioflavonóides e ácido ascórbico com efeitos sobre a redução do dano oxidativo (Nijveldt et al., 2001). A ação antioxidante destes compostos aumenta a imunidade mediada ou não por células, o que diminui a susceptibilidade dos animais às doenças causadas pelo estresse (Peterson & Dwyer, 1998). Estudos demonstram melhora no pH, na capacidade

de retenção de água e na cor do músculo (por redução da peroxidação lipídica) durante o armazenamento da carne de suínos suplementados com ácido ascórbico e bioflavonóides na dieta (Jamilah et al., 2009).

Em nosso estudo, embora a espessura de toucinho tenha sido afetada apenas pela ractopamina e 10ppm de ractopamina + 500ppm de extratos, a percentagem de carne magra foi influenciada por todos os tratamentos, se comparados ao controle. Isto demonstra o efeito positivo da ractopamina, extratos cítricos e suas interações sobre a percentagem de carne magra na carcaça. As demais variáveis de desempenho e carcaça possivelmente não sejam influenciadas pela inclusão de extratos cítricos às dietas.

Em estudos anteriores avaliando a relação entre ractopamina e características químicas do músculo *Longissimus dorsi* foram encontrados teores 6,1% superiores de proteína muscular nos animais alimentados com dietas contendo 20 ppm de ractopamina (XIAO et al., 1999). O efeito da ractopamina sobre a síntese protéica ocorre pela ligação aos receptores de membranas, aumentando o diâmetro das fibras musculares (AALHUS et al., 1992). O aumento na síntese protéica pode ser o resultado da maior expressão gênica das miofibrilas observadas em suínos geneticamente melhorados para produção de carne magra (AALHUS et al., 1992). Além disso, a ractopamina pode aumentar a apoptose no tecido adiposo, o que explicaria a menor deposição de gordura na carcaça (WEBER et al., 2006). Por outro lado, a inibição da ligação entre a insulina e os receptores adrenérgicos dos adipócitos, antagoniza a ação da insulina, aumenta a atividade lipolítica, diminui a síntese e a deposição de gordura na carcaça (LIU & MILLS, 1990). Em consequência dessas alterações metabólicas, os beta-adrenérgicos redirecionam os nutrientes para o anabolismo protéico em detrimento do lipídico, o que melhora a qualidade de carcaça (RICKS et al., 1984; SCHINCKEL et al., 2003). Esse efeito foi observado em suínos suplementados com 20 ppm de ractopamina na dieta, sendo os teores de lipídios no músculo *Longissimus dorsi* 16% inferiores aos animais não suplementados (BARK et al., 1992). Entretanto, estudos *in vitro* com suínos demonstram que os agonistas beta-adrenérgicos estimulam a produção de adenosina monofosfato cíclico (AMPc), os quais ativam quinases que fosforilam a enzima lipase hormônio sensível (LHS) (SPURLOCK et al., 1993; MILLS et al., 2003). Em estado ativado, esta enzima quebra os triglicerídeos e aumenta a taxa de lipólise (FAIN & GARCIA-SAINZ, 1983; HERMSDORFF & MONTEIRO, 2004). Assim, a ractopamina contribui positivamente para maiores concentrações de proteína no músculo, enquanto reduz a deposição de gordura. Fato esse observado em nosso estudo, especialmente com níveis mais elevados de ractopamina às dietas.



Em nosso trabalho foi observada a relação inversa entre os teores de lipídios e umidade no músculo. A umidade média do músculo *Longissimus dorsi* é 73% (ESTÉVEZ et al., 2003; VIRGILI et al., 2003). A deposição de água no músculo esta relacionada com a deposição de proteína, o que não ocorre com a deposição de gordura, que apresenta baixa quantidade de água (PENA et al., 2008). Assim, com a inclusão de ractopamina às dietas, ocorre maior deposição protéica e maiores teores de umidade no músculo. Para tanto, foi observado maior percentagem de umidade do músculo com a inclusão de 20 ppm de ractopamina + 500 ppm de extratos cítricos na dieta de suínos em terminação (UTTARO et al., 1993; DUNSHEA et al., 1993; APPLE et al., 2007b). A ractopamina sozinha não influenciou os teores de umidade do *Longissimus dorsi*.

Por outro lado, a inclusão de extratos cítricos às dietas não altera o percentual de proteína na carcaça (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Em nosso estudo, a adição de extratos cítricos nas dietas afetou os teores de proteína. Assim, esses resultados demonstram que os animais suplementados com extratos cítricos, provavelmente utilizaram os níveis suplementares de aminoácidos e proteína bruta da dieta para a deposição de lipídios em detrimento a tecido magro. Em relação a inclusão de extratos vegetais na dieta, a concentração de lipídios do músculo *Longissimus dorsi* é 8% (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Os resultados obtidos por esses autores são próximos aos encontrados em nosso estudo. Porém, os percentuais de lipídios nos tratamentos com extratos cítricos foram maiores em relação a 20 ppm de ractopamina. A adição de extratos vegetais às dietas confere umidade média ao lombo suíno de 68% (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Em nosso estudo, a umidade do músculo *Longissimus dorsi* foi superior nas interações entre extratos cítricos e ractopamina. Esse efeito pode ser atribuído ao sinergismo entre a ractopamina e extratos vegetais sobre a deposição de proteína e consequente percentual de umidade do músculo.

Em relação aos teores de ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi*, o ácido láurico (C12:0) pode estimular o sistema imunológico pela ativação da interleucina 2 (WALLACE et al., 2000) e agir como antiinflamatório pela inibição da síntese local de prostaglandinas (PGE2) e interleucina 6 que são substâncias pró-inflamatórias presentes em quadros reumáticos, artrites e inflamações musculares. A inclusão de ractopamina às dietas de suínos em terminação não influencia os teores dos ácidos graxos saturados no músculo *Longissimus dorsi* (WEBER et al., 2006; APPLE et al., 2007a). Adicionalmente, a suplementação da dieta com extratos vegetais não influencia a composição dos ácidos graxos no músculo (VENTANAS et al., 2006; GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Entretanto, em nosso trabalho, os teores do ácido láurico foram influenciados pela interação 10 ppm de ractopamina e 250

ppm de extratos cítricos, em relação as demais interações, aos níveis de ractopamina e ao grupo controle. Os teores de ácidos graxos são alterados a medida que o conteúdo de gordura e de músculo aumenta com a idade dos animais (WOOD et al., 2004). Assim, o tipo de gordura da dieta constitui a maior fonte de variação na composição em ácidos graxos dos lipídios de depósito (GATLIN et al., 2002). De maneira geral, a composição dos ácidos graxos depende dos teores de carboidratos e gordura da dieta, da sua composição em ácidos graxos e do período de terminação (SANTOS et al., 2005). Assim, dietas energéticas apresentam elevada concentração em hidratos de carbono, o que estimula a síntese *de novo* de gordura, responsável por um teor elevado de ácidos graxos saturados (CAVA et al., 1997). Este efeito pode ter ocorrido em nosso trabalho, o que ocasionou o maior teor dos ácidos graxos saturados.

A suplementação de antioxidantes (naturais ou sintéticos, extrato de tocoferol, bioflavonóides ou extratos de fenóis) não altera a composição dos ácidos graxos do lombo suíno (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Da mesma forma, a inclusão de 10 ppm de ractopamina às dietas de suínos em terminação não influencia a composição dos ácidos graxos (WEBER et al., 2006). Níveis de 10 ppm de inclusão de ractopamina influenciam os teores de ácidos graxos na gordura subcutânea, com maiores proporções de ácidos graxos poli-insaturados essenciais, como o linoléico e linolênico (CARR et al., 2005). Alterações nos teores dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*, podem ocorrer com níveis mais altos de inclusão da ractopamina (APPLE et al., 2007b). Ao contrário da literatura, em nosso trabalho a inclusão de ractopamina e suas interações com os extratos cítricos aumentaram os teores do ácido linoléico em relação aos demais tratamentos. No entanto, os teores médios do ácido linoléico encontrados em nosso estudo foram 34% inferiores aos observados em outro trabalho com a suplementação de ractopamina (CARR et al., 2005). Este efeito pode ter acontecido porque a composição dos ácidos graxos do músculo suíno é influenciada pela dieta. Assim, provavelmente, os teores dos ácidos graxos fornecidos pela dieta não foram suficientes para aumentar a composição média dos ácidos graxos linoléico e linolênico.

O ácido linoléico ( $\omega$ -6 ou n-6) e o ácido linolênico ou  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ -3 ou n-3) podem ser metabolizados em ácidos  $\gamma$ -linolênico, dihomog $\gamma$ -linolênico e araquidônico e ácidos eicosapentaenóico, docosahexaenóico e docosapentaenóico, respectivamente (LEHNINGER et al., 2007). Este processo metabólico é mediado pelas enzimas elongases e dessaturases, as quais participam na formação dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFA),  $\omega$ -6 e  $\omega$ -3, o que resulta em uma competição metabólica entre os dois grupos. Um excesso de ácido linoléico impede a transformação do  $\alpha$ -linolênico em seus derivados. O mesmo acontecerá no caso

contrário, quando com um menor consumo do ácido linoléico haverá uma diminuição da formação do ácido araquidônico (GONZALEZ & DA SILVA, 2006). Em nosso trabalho foi observado teores mais altos do ácido araquidônico. Isto justificaria os teores mais baixos do ácido linoléico, que pode ter sido utilizado na transformação deste ácido. Adicionalmente, os teores do ácido linoléico podem ter contribuído para os níveis mais baixos do ácido linolênico e seus derivados.

A concorrência entre os ácidos linoléico e  $\alpha$ -linolênico está determinada pela afinidade da enzima delta-6-dessaturase por ambos os ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos ômega-3, precisará de menores quantidades destes ácidos que dos ômega-6 para produzir a mesma quantidade de produto (LEHNINGER et al., 2007). Isto significa que deve existir uma proporção maior de ácido linoléico que de  $\alpha$ -linolênico.

Do ponto de vista prático, os ácidos graxos da série ômega-3 influenciam várias funções biológicas, devido a associação dos mesmos na incorporação ou formação de parte das membranas celulares e serem essenciais para o crescimento e funcionamento do organismo humano. Eles atuam sobre os fatores circulatórios e parietais (FILHO et al., 2001) e uma dessas funções é reduzir a taxa de triglicérides e colesterol plasmático. Já os ácidos graxos ômega-6 diminuem o colesterol sanguíneo pelo aumento da excreção fecal dos esteróides e sais biliares, pela diminuição na síntese hepática de VLDL e HDL ou devido ao aumento do catabolismo das apolipoproteínas A-1 e A-2 (KRIS-ETHERTON et al., 1988). No entanto, altas quantidades de ácido linoléico n-6, podem favorecer os processos inflamatórios que conduzem a arteriosclerose, uma vez que este tende a aumentar a agregação plaquetária. Adicionalmente, altas taxas plasmáticas deste ácido graxo aumentam a entrada e concentração nas lipoproteínas o que facilita a peroxidação do LDL-colesterol. Como consequência formam-se placas ateromatosas, as quais podem ser responsáveis por distúrbios circulatórios (REAVEN et al., 1993). Assim, devemos salientar a importância de reduzir os níveis de ácidos graxos poliinsaturados ômega-6 e aumentar a concentração de ômega-3 na dieta da população.

A contagem de bactérias lácticas do salame do grupo controle foi em média 56% superior ( $P < 0,05$ ) aos tratamentos com níveis de ractopamina, extratos cítricos e suas interações. As bactérias lácticas são microrganismos anaeróbios, anaeróbios facultativos ou microaerófilos e que, portanto apresentam melhor desenvolvimento em meios com baixas tensões de oxigênio. As bactérias lácticas têm importante papel na produção e preservação da maioria dos alimentos fermentados, dentre os quais os embutidos cárneos. Tais bactérias possuem fundamental importância não só na obtenção desses produtos, mas também na sua

preservação (Carolissen-Mackay et al., 1997). Em nosso estudo, com exceção do grupo 10 RAC, a contagem de bactérias lácticas foi afetada pelos tratamentos.

Em nosso estudo, as variações na composição química do salame podem ser explicadas pelos efeitos das interações entre ractopamina e extratos cítricos adicionados às dietas. Um dos efeitos mais conhecidos da ractopamina em suínos é o incremento da musculatura esquelética por meio da hipertrofia das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (Aalhus et al., 1992). Outro efeito da administração da ractopamina é a diminuição da deposição de gordura na carcaça (Marinho et al., 2007a), que pode estar relacionado ao bloqueio da lipogênese (Mills et al., 2003b). Por outro lado, estudos *in vitro* com suínos demonstram que os agonistas beta-adrenérgicos aumentam a produção de adenosina monofosfato cíclico (AMPC), os quais ativam quinases, que por sua vez, fosforilam a lipase hormônio sensível (LHS) (Moody et al., 2000). Em estado ativado, esta enzima quebra os triglicerídios e, conseqüentemente, aumenta a taxa de lipólise. Como a ractopamina atua sobre a partição de nutrientes aumentando a deposição protéica no músculo (Schinckel et al., 2003b), há estímulo a deposição de água no músculo, o que não ocorre com a deposição de gordura, que absorve baixa quantidade de água (Pena et al., 2008). Assim, com a inclusão de ractopamina às dietas, ocorre maior deposição protéica e maiores teores de umidade no músculo. Esses efeitos foram observados em nosso estudo, com ênfase nos tratamentos com as interações entre ractopamina e extratos cítricos, os quais apresentaram teores mais altos de proteína e umidade, porém baixos em lipídios.

Em relação a inclusão de extratos cítricos nas dietas, o sinergismo entre os constituintes da fórmula dos extratos cítricos, está relacionado a redução do dano oxidativo na superfície dos fibroblastos (Nijveldt et al., 2001). Os antioxidantes ao sequestrarem os radicais livres, ajudam a preservar as características organolépticas e a qualidade da carne (Peterson & Dwyer, 1998). Estudos demonstram melhora no pH, na capacidade de retenção de água e na cor (por redução da peroxidação lipídica) durante o armazenamento da carne de suínos suplementados com 200 ppm de produto comercial a base de bioflavonóides e ácido ascórbico na dieta (JAMILAH et al., 2009). Os extratos cítricos podem alterar o metabolismo da glicose e do glicogênio. Especificamente, o ácido oxálico, metabólito do ácido ascórbico, é considerado um inibidor glicolítico, com efeitos sobre a produção de ácido láctico pós-mortem (Jamilah et al., 2009). Assim, o rápido declínio do pH no pós-mortem é reduzido e os efeitos deletérios sobre a carne utilizada na elaboração de produtos elaborados são minimizados.

Os resultados encontrados em nosso estudo nos permitem estimar que os teores de umidade no salame sejam reduzidos com a inclusão de extratos cítricos. Os teores de proteína no salame são afetados pelas interações entre 10 RAC + 250 e 500 EC. Adicionalmente, a ractopamina e os extratos cítricos utilizados de forma isolada reduzem os teores de proteína no salame. Já os teores de lipídios no salame, são afetados pela ractopamina, pelos extratos cítricos e suas interações. De acordo com esses resultados é possível sugerir que as variáveis químicas do salame sejam melhoradas pela inclusão de ractopamina, extratos cítricos e pela interação 20 RAC + 500 EC. Porém, mais estudos são necessários para avaliar a forma de ação dos extratos cítricos e suas interações com a ractopamina.

O salame elaborado com a carne das fêmeas que receberam 20 RAC na dieta apresentou menor aceitabilidade sensorial, comparados aos tratamentos com 500 EC e 250 EC + interações com ractopamina. É interessante salientar que os efeitos da ractopamina sobre a qualidade da carne são controversos, pois alguns trabalhos indicam que não há impacto significativo sobre a qualidade da carne suína, inclusive na cor, na marmorização, na firmeza e nos valores de pH final (Stites et al., 1991; Uttaro et al., 1993). Em relação a elaboração de produtos curados, o uso de ractopamina na dieta estimula a deposição protéica, a qual esta relacionada com a deposição de água no músculo (Pena et al., 2008). Durante a maturação do salame ocorrem processos bioquímicos, microbiológicos e físicos relacionados a cor, desdobramento e transformação das proteínas, das gorduras e hidratos de carbono (Fanco et al., 2002). Os produtos de degradação são os principais responsáveis pelo odor e sabor característicos dos embutidos crus maturados. Na maturação dos salames ocorre o crescimento da flora bacteriana que fermenta o açúcar, produz ácido lático e abaixa o pH das proteínas da carne até seu ponto isoelétrico, tornando-as menos capazes de se unir a água. Esse fenômeno auxilia a perda de água durante a secagem do produto (Terra, 1998; Fernández et al., 2000). A acidificação gerada contribui para a liga e o aumento da consistência do produto, permitindo uma estrutura sólida propícia ao fatiamento, além de contribuir na formação do odor e sabor típicos do salame (Fanco et al., 2002). Nesse sentido, em nosso trabalho, é provável que a adição de ractopamina na dieta aumente a deposição protéica e umidade no músculo. Assim, é provável que a perda de umidade durante a maturação do salame não ocorra de forma gradual, o que leva a formação de rugosidade, ressecamento excessivo da casca e desprendimento da tripa. É alterada a textura do produto e as reações enzimáticas catalisadas por enzimas tissulares e microbianas, as quais originam substâncias que contribuem para o sabor e aroma do produto. Este fenômeno pode ter influenciado os resultados de aceitabilidade do produto elaborado. Este resultado é evidenciado no salame

elaborado com a carne das fêmeas, onde a melhor aceitabilidade para as características odor e sabor foi observado nos tratamentos com adição de 500 EC nas dietas. A melhor aceitabilidade do salame elaborado com a carne de animais suplementados com extratos vegetais se deve a capacidade antioxidante de preservar as características organolépticas e a qualidade da carne (Peterson & Dwyer, 1998).

O sucesso de um produto alimentício é resultado, principalmente, da aceitação do consumidor. Antes, a grande preocupação era somente em relação a qualidade do produto final. Contudo, atualmente, há a preocupação com todo o processo de obtenção, somando cada um dos diferentes aspectos que abordam a qualidade nutricional, higiênica, microbiológica e ambiental. Neste sentido, a ractopamina contribui positivamente para maiores concentrações de proteína em detrimento aos teores de lipídios no salame. Esse aspecto está diretamente relacionado com as exigências do mercado consumidor, o qual busca garantir uma saúde satisfatória conhecendo o valor nutricional de seus componentes. No entanto, a aceitabilidade do salame elaborado com a carne de animais suplementados com altos níveis de ractopamina apresenta maior índice de rejeição. Em relação aos extratos cítricos, como melhoradores da qualidade de carne, mais pesquisas são necessárias para avaliar os níveis a serem utilizados em dietas de suínos em terminação, bem como suas interações com os agonistas beta-adrenérgicos.

## 6. CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES GERAIS

A adição de ractopamina, extratos cítricos e suas interações às dietas de suínos em terminação não alteram o desempenho dos animais. A inclusão de ractopamina na dieta de suínos em terminação diminui a espessura de toucinho na carcaça. Os níveis de 20 ppm de ractopamina aumentam o peso e a deposição de carne magra na carcaça. A inclusão de ractopamina, extratos cítricos e suas interações nas dietas aumentam a percentagem de carne magra na carcaça.

A ractopamina nas dietas, comparada aos extratos cítricos, aumenta os teores de proteína no músculo *Longissimus dorsi* e não afeta a composição dos ácidos graxos saturados. Os extratos cítricos influenciam positivamente os teores do ácido graxo láurico.

A interação com 10 ppm de ractopamina e 500 ppm de extratos cítricos, aumenta os teores do ácido linoléico. O ácido linolênico é influenciado negativamente pelos níveis de ractopamina, extratos cítricos e suas interações. A interação 10 ppm de ractopamina e 250 ppm de extratos cítricos aumenta os teores do ácido araquidônico.

O salame elaborado com carne de suínos com adição de ractopamina e extratos cítricos na dieta não afeta a contagem de *coliformes*, *Staphylococcus* e *Salmonella ssp*, porém reduz a contagem de bactérias lácticas.

O salame elaborado com carne de animais que receberam adição de ractopamina e extratos cítricos na dieta possui maior teor de proteína e menor teor de lipídios. O salame elaborado com carne de animais que receberam a adição de 500 ppm de extratos cítricos na dieta apresenta melhor aceitabilidade pela análise sensorial.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALHUS, J. L. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 31, n. 4, p. 397-409, 1992.

ADEGOKE, G. O. et al. Antioxidants and lipid oxidation in foods: a critical appraisal. **Journal of Food Science and Technology**, Danvers, E.U.A., v. 35, n. 4, p. 283-298, 1998.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos - uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.

ANHOLT, R. R. H.; RIVERS, A. M. Olfactory transduction: Cross-talk between second-messenger systems. **Biochemistry**, Nashville, E.U.A., v. 29, n. 17, p. 4049-4054, 2002.

ANZALDUA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza, Espanha: Acribia, 1994. 198 p.

AOAC. Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis: of the AOAC international**, Gaithersburg, E.U.A., v. 42, n. 1, 1995.

APPLE, J. K. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 82, n. 11, p. 3277-3287, 2004.

\_\_\_\_\_. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on quality characteristics of fresh pork bellies. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 85, n. 10, p. 2682-2690, 2007a.

\_\_\_\_\_. Review: meta-analysis of the ractopamine response in finishing swine. **Professional Animal Scientist**, Champaign, E.U.A., v. 23, n. 3, p. 179-196, 2007b.

ARANHA, F. Q. et al. O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, v. 13, n. 2, p. 89-97, 2000.



ARMSTRONG, T. A. et al. 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**, Philadelphia, E.U.A., v. 82, n. 11, p. 3245-3253, 2004.

BARK, L. J. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 70, n. 11, p. 3391-3400, 1992.

BARROS, R. D. A.; OKOSHI, M. P.; CICOGNA, A. C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 72, n. 5, p. 641-648, 1999.

BEAVO, J. A. Cyclic nucleotide phosphodiesterases: Functional implications of multiple isoforms. **Physiological Reviews**, Bethesda, E.U.A., v. 75, n. 4, p. 725-748, 1995.

\_\_\_\_\_; REIFSNYDER, D. H. Primary sequence of cyclic nucleotide phosphodiesterase isozymes and the design of selective inhibitors. **Trends in Pharmacological Sciences**, Londres, Inglaterra, v. 11, n. 4, p. 150-155, 1990.

BEERMANN, D. H. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, p. 18-23, 2002. Suppl. 1.

BENOVIC, J. L. et al. Regulation of adenyl cyclase-coupled beta-adrenergic receptors. **Annual Review of Cell Biology**, Palo Alto, E.U.A., v. 4, n. 1, p. 405-428, 1988.

BERGEN, W. G. et al. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 67, n. 9, p. 2255-2262, 1989.

BERGER, T. M. et al. Antioxidant activity of vitamin C in iron-overloaded human plasma. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, E.U.A., v. 272, p. 15656-15660, 1997.

BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; BELLAVAR, C. Efeito do peso do suíno em terminação ao início da restrição alimentar sobre o desempenho e a qualidade da carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, MG, v. 30, n. 2, p. 417-424, 2001.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a química de alimentos**. São Paulo: Varela, 1992. 190 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução normativa n. 22, de 31 de julho de 2000. **Regulamento técnico de identidade e qualidade do salame tipo milano**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento técnico de identidade e qualidade do salame tipo milano. Resolução - rdc n. 12, de 2 de janeiro de 2001. **Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2001.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 62, de 26 de agosto de 2003. **Métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água**. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2003.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução normativa n. 13, de 30 de novembro de 2004. **Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados a alimentação animal**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2004.

BRIDI, A. M. et al. Efeito da ractopamina e do gênero no desempenho e na carcaça de suínos de diferentes genótipos halotano. **Ciências Agrárias**, Londrina, PR, v. 29, p. 713-722, 2008.

\_\_\_\_\_. **Manipulação do número e tipo de fibra muscular e a produção de carne suína**. 2009. Disponível em:  
[http://www2.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas\\_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf](http://www2.uel.br/pessoal/ambridi/Carnes%20e%20Carcacas_arquivos/Desenvolvimento%20das%20fibras%20musculares.pdf). Acesso em: 3 dez. 2009.

BRUMM, M. C.; MILLER, P. S.; THALER, R. C. Response of barrows to space allocation and ractopamine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 82, n. 11, p. 3373-3379, 2004.

BRUN, R. P. et al. Differential activation of adipogenesis by multiple PPAR isoforms. **Genes Development**, New York, E.U.A., v. 10, p. 974, 1996.

CANTARELLI, V. D. S. et al. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação a vontade ou restrita. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 3, p. 844-851, 2009.

CAROLISSEN-MACKAY, V.; ARENDSE, G.; HASTINGS, J. W. Purification of bacteriocins of lactic acid bacteria: problems and pointers. **International Journal of Food Microbiology**, Norwich, Inglaterra, v. 34, n. 1, p. 1-16, 1997.

CARR, S. N. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 83, n. 12, p. 2886-2893, 2005a.

\_\_\_\_\_. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 83, n. 1, p. 223-230, 2005b.

CAVA, R. et al. Influence of finishing diet on fatty acid profiles of intramuscular lipids, triglycerides and phospholipids in muscles of the iberian pig. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 45, n. 2, p. 263-270, 1997.

CHANG, K. C. et al. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 64, n. 1, p. 93-103, 2003.

CHEN, X. L.; DEAN, R. G.; HAUSMAN, G. J. Expression of leptin mRNA and CCAAT-enhancer binding proteins in response to insulin deprivation during preadipocyte differentiation in primary cultures of porcine stromal-vascular cells. **Domestic Animal Endocrinology**, Texas, E.U.A., v. 17, n. 4, p. 389-401, 1999.

CICHOSKI, A. J.; TERRA, N. N. Lipólise e a qualidade sensorial dos produtos cárneos. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 15, n. 85, p. 36-40, 2001.

CONG, M.; THOMPSON, V. F.; GOLL, D. E. The bovine calpastatin gene promoter and a new N-terminal region of the protein are targets for cAMP-dependent protein kinase activity. **The journal of Biological Chemistry**, Bethesda, E.U.A., v. 273, n. 1, p. 660-666, 1998.

COOK, N. C.; SAMMAN, S. Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Lexington, E.U.A., v. 7, n. 2, p. 66-76, 1996.

CRAIG, W. J. Health-promoting properties of common herbs. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, E.U.A., v. 70, n. 3, p. 491-499, 1999.

CROME, P. K. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 74, n. 4, p. 709-716, 1996.

CUSHNIE, T. P.; LAMB, A. J. Antimicrobial activity of flavonoids. **International Journal of Antimicrobial Agents**, Philadelphia, E.U.A., v. 26, p. 343-356, 2005.

DE ABREU, M. L. T. et al. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético, dos 30 aos 60 kg. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v. 36, n. 1, p. 62-67, 2007.

DE LANGE, C. F. M.; BIRKETT, S. H.; MOREL, P. C. H. Protein, fat, and bone tissue growth in swine. In: LEWIS, A. J. S., L.L. (Ed.). **Swine nutrition**. Flórida, E.U.A: Ed. CRC Press LLC, 2001. p. 65-81.

DECKER, E. A. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, Inglaterra, v. 9, n. 6, p. 241-248, 1998.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, PR, v. 5, n. 1, p. 33-40, 2004.

DEPREUX, F. F. S. et al. Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, n. 7, p. 1888-1894, 2002.

DESTAFNEY, C. M. et al. Studies related to the mechanism of 3-BHA-induced neoplasia of the rat forestomach. **Food and Chemical Toxicology**, Richmond, E.U.A., v. 24, n. 10-11, p. 1149-1157, 1986.

DIXON, R. A. F. et al. Structural features required for ligand binding to the beta-adrenergic receptor. **The EMBO Journal**, Heidelberg, Alemanha, v. 6, p. 3269-3275, 1987.

DOUMIT, M. E.; KOOHMARAIE, M. Immunoblot analysis of calpastatin degradation: evidence for cleavage by calpain in postmortem muscle. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 77, n. 6, p. 1467-1473, 1999.

DOVE, S.; FRANKE, R. Model-based Ifer parameters and qsar of ligand beta-adrenoceptor interactions II. Estimation and QSAR of agonistic potency and receptor affinity in a series of beta-adrenergic phenethanolamines. **Quantitative Structure-Activity Relationships**, Bethesda, E.U.A., v. 10, n. 1, p. 23-30, 1991.

DROSINOS, E. H. et al. Characterization of the microbial flora from a traditional greek fermented sausage. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 69, n. 2, p. 307-317, 2005.

DUNSHEA, F. R. et al. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 71, n. 11, p. 2919-2930, 1993.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 1. ed. Curitiba, PR: Ed. Champagnat, 2007. 239 p.

ECKHARDT, O. H. O. et al. Iniciativas do sistema agroindustrial da carne suína para sinalizar excelência. **Revista PorkWorld**, Campinas, SP, v. 46, p. 156-162, 2008.

ERLUND, I. Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. **Nutrition Research**, West Lafayette, E.U.A., v. 24, n. 10, p. 851-874, 2004.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; CAVA LÓPEZ, R. Physico-chemical characteristics of m. *Longissimus dorsi* from three lines of free-range reared iberian pigs slaughtered at 90 kg live-weight and commercial pigs: a comparative study. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 64, n. 4, p. 499-506, 2003.

ETHERTON, T. D.; SMITH, S. B. Somatotropin and beta-adrenergic agonists: their efficacy and mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 69, p. 2-26, 1991. Suppl. 2.

EXARCHOU, V. et al. Antioxidant activities and phenolic composition of extracts from greek oregano, greek sage, and summer savory. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Cidade do Porto, Portugal, v. 50, n. 19, p. 5294-5299, 2002.

FAIN, J.; GARCIA-SAINZ, J. Adrenergic regulation of adipocyte metabolism. **Journal of Lipids Research**, Madison, E.U.A., v. 24, p. 945, 1983.

FANCO, I. et al. Study of the biochemical changes during the processing of androlla, a spanish dry-cured pork sausage. **Food Chemistry**, Cidade do Porto, Portugal, v. 78, n. 3, p. 339-345, 2002.

FARIA, J. D. A. F. et al. Formação e estabilidade da cor de produtos cárneos curados. **Revista TeC Carnes**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 16-22, 2001.

FERNÁNDEZ, M. et al. Accelerated ripening of dry fermented sausages. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, Inglaterra, v. 11, n. 6, p. 201-209, 2000.

FILHO, J. M. D. S. et al. Lipídios em carnes de animais utilizados para consumo humano: Uma revisão. **Ciência Animal**, Goiás, v. 11, n. 2, p. 87-100, 2001.

FLÓREZ, S. M. et al. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición Hospitalaria**, Ciudad Industrial Venecia, Madrid, Espanha, v. 17, n. 6, p. 271-278, 2002.

FONSECA-ALANIZ, M. H. et al. O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 50, p. 216-229, 2006.

FOSCHINI, R. M. S. A.; RAMALHO, F. S.; BICAS, H. E. A. Células satélites musculares. **Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, São Paulo, v. 67, n. 4, p. 681-687, 2004.

FRANCIS, S. H.; CORBIN, J. D. Structure and function of cyclic nucleotide-dependent protein kinases. **Annual Review of Physiology**, Stanford, E.U.A., v. 56, n. 1, p. 237-272, 1994.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003. 182 p.

FRUHBECK, G. et al. The adipocyte: a model for integration of endocrine and metabolic signaling in energy metabolism regulation. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, Stanford, E.U.A., v. 280, n. 6, p. 827-847, 2001.

GARCÍA-VARONA, M. et al. Characterisation of micrococcaceae isolated from different varieties of chorizo. **International Journal of Food Microbiology**, Norwich, Inglaterra, v. 54, n. 3, p. 189-195, 2000.

GARCIA, F. T.; GAGLEAZZI, U. A.; SOBRAL, P. J. A. Variação das propriedades físicas e químicas do salame tipo italiano durante secagem e fermentação. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, São Paulo, v. 3, n. 48, p. 151-158, 2000.

GATLIN, L. A. et al. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, E.U.A., v. 132, n. 10, p. 3105-3112, 2002.

GETTYS, T. W.; HARKNESS, P. J.; WATSON, P. M. The beta 3-adrenergic receptor inhibits insulin-stimulated leptin secretion from isolated rat adipocytes. **Endocrinology**, Stanford, E.U.A., v. 137, n. 9, p. 4054-4057, 1996.

GOMES, J. D. F. et al. Morfologia de órgãos digestivos e não digestivos de suínos de linhagens modernas durante as fases de crescimento, terminação e pós-terminação. **Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v. 29, n. 3, p. 261-266, 2007.

GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S.; TUÑÓN, M. J. Propiedades anti-inflamatórias de los flavonoides de la dieta. **Nutrición Hospitalaria**, Ciudad Industrial Venecia, Madrid, Espanha, v. 22, n. 3, p. 287-293, 2002.

GONZÁLEZ, E.; TEJEDA, J. F. Effects of dietary incorporation of different antioxidant extracts and free-range rearing on fatty acid composition and lipid oxidation of iberian pig meat. **Animal**, Cambridge, E.U.A., v. 1, n. 7, p. 1060-1067, 2007.

GONZALEZ, F. H. D.; DA SILVA, S. C. **Introdução a bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2006. 360 p.

GREGOIRE, F. M. Adipocyte differentiation: From fibroblast to endocrine cell. **Experimental Biology and Medicine**, Maywood, E.U.A., v. 226, p. 997, 2001.

\_\_\_\_\_; SMAS, C. M.; SUL, H. S. Understanding adipocyte differentiation. **Physiological Reviews**, Bethesda, E.U.A., v. 78, n. 3, p. 783-809, 1998.

GU, Y. et al. Effects of ractopamine, genotype, and growth phase on finishing performance and carcass value in swine: I. Growth performance and carcass merit. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 69, n. 7, p. 2685-2693, 1991.

GUDERMANN, T.; SCHÄNEBERG, T.; SCHULTZ, G. N. Functional and structural complexity of signal transduction via G-protein-coupled receptors. **Annual Review of Neuroscience**, Cambridge, E.U.A., v. 20, n. 1, p. 399-427, 1997.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1264 p.

HADCOCK, J. R.; MALBON, C. C. Regulation of receptor expression by agonists: transcriptional and post-transcriptional controls. **Trends in Neurosciences**, Maryland Heights, E.U.A., v. 14, n. 6, p. 242-247, 1991.

HANKS, S. K.; HUNTER, T. Protein kinases 6. The eukaryotic protein kinase superfamily: kinase (catalytic) domain structure and classification. **The FASEBJ Journal**, Stanford, E.U.A., v. 9, n. 8, p. 576-596, 1995.

HANSEN, E. B. Commercial bacterial starter cultures for fermented foods of the future. **International Journal of Food Microbiology**, Norwich, Inglaterra, v. 78, n. 1-2, p. 119-131, 2002.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, Londres, Inglaterra, v. 55, n. 6, p. 481-504, 2000.

HAVEL, P. J. Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanisms regulating leptin production and energy balance. **Proceedings of the Nutrition Society**, Maastricht, Inglaterra, v. 59, p. 359-371, 2000.

HEO, K. et al. Dietary l-carnitine improves nitrogen utilization in growing pigs fed low energy, fat-containing diets. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, E.U.A., v. 130, n. 7, p. 1809-1814, 2000.

HERMSDORFF, H. H. M.; MONTEIRO, J. B. R. Gordura visceral, subcutânea ou intramuscular: onde está o problema? **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 48, n. 6, p. 803-811, 2004.

HIERRO, E.; DE LA HOZ, L.; ORDONEZ, J. A. Contribution of microbial and meat endogenous enzymes to the lipolysis of dry fermented sausages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Cidade do Porto, Portugal, v. 45, n. 8, p. 2989-2995, 1997.

HOLZAPFEL, W. H. Appropriate starter culture technologies for small-scale fermentation in developing countries. **International Journal of Food Microbiology**, Norwich, Inglaterra, v. 75, p. 197-212, 2002.

HOMMA, M. et al. Inhibitory effects of lignans and flavonoids in saiboku-to, a herbal medicine for bronchial asthma, on the release of leukotrienes from human polymorphonuclear leukocytes. **Planta Medica**, New York, E.U.A., v. 66, n. 1, p. 88-91, 2000.



ISHIWA, J. et al. A citrus flavonoid, nobiletin, suppresses production and gene expression of matrix metalloproteinase 9/gelatinase B in rabbit synovial fibroblasts. **The Journal of Rheumatology**, Toronto, Canadá, v. 27, n. 1, p. 20-25, 2000.

JACKSON, T. Structure and function of g protein coupled receptors. **Pharmacology & Therapeutics**, Kansas City, E.U.A., v. 50, n. 3, p. 425-442, 1991.

JAMILAH, B. et al. A review on the effect of animal diets and presence of selected natural antioxidants on lipid oxidation of meat. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, Finlândia, v. 7, n. 2, p. 76-81, 2009.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 533 p.

KATZUNG, B. G. **Farmacologia básica & clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2006. 991 p.

KEETON, J. T. Effects of fat and NaCl/phosphate levels on the chemical and sensory properties of pork patties. **Journal of Food Science**, Chicago, E.U.A., v. 48, n. 3, p. 878-881, 1983.

KENAKIN, T. Agonist-receptor efficacy I: mechanisms of efficacy and receptor promiscuity. **Trends in Pharmacological Sciences**, Londres, Inglaterra, v. 16, n. 6, p. 188-192, 1995.

KENNEALLY, P. M. et al. Lipolytic starter culture effects on production of free fatty acids in fermented sausages. **Journal of Food Science**, Chicago, E.U.A., v. 63, n. 3, p. 538-543, 1998.

KOKTA, T. A. et al. Intercellular signaling between adipose tissue and muscle tissue. **Domestic Animal Endocrinology**, Texas, E.U.A., v. 27, n. 4, p. 303-331, 2004.

KRINSKY, N. I. et al. **Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids**, Washington, E.U.A.: Ed. National Academy Press, 2000. p 95-185.

KRIS-ETHERTON, P. M. et al. The effect of diet on plasma lipids, lipoproteins, and coronary heart disease. **Journal of the American Dietetic Association**, Philadelphia, E.U.A., v. 88, n. 11, p. 1373-1400, 1988.

KRITHARIDES, L.; STOCKER, R. The use of antioxidant supplements in coronary heart disease. **Atherosclerosis**, Amsterdam, Inglaterra, v. 164, n. 2, p. 211-219, 2002.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. Growth of farm animals. **Tropical Animal Health and Production**, Heidelberg, Germany, v. 30, n. 3, p. 148-148, 1998.

LAWRENCE, V. J.; COPPACK, S. W. The endocrine function of the fat cell-regulation by the sympathetic nervous system. **Hormone and Metabolic Research**, New York, E.U.A., v. 32, p. 453, 2000.

LEBERT, I. et al. Diversity of microorganisms in the environment and dry fermented sausages of small traditional french processing units. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 76, n. 1, p. 112-122, 2007.

LEE, J.; KOO, N.; MIN, D. B. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, E.U.A., v. 3, p. 21-33, 2004.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo, Ed. Sarvier, 2007. 1232 p.

LIMBIRD, L. E. The receptor concept: a continuing evolution. **Molecular interventions**, Bethesda, E.U.A., v. 4, n. 6, p. 326-336, 2004.

LINHART, H. G. et al. C/EBPalpha is required for differentiation of white, but not brown, adipose tissue. **Proceedings of the National Academy of the Sciences of the United States of America**, Stanford, E.U.A., v. 98, p. 12532, 2001.

LIU, C. Y.; MILLS, S. E. Decreased insulin binding to porcine adipocytes in vitro by beta-adrenergic agonists. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 68, n. 6, p. 1603-1608, 1990.

LUNDBERG, L. L. M. et al. Regulation of adrenergic receptor function by phosphorylation. I. Agonist-promoted desensitization and phosphorylation of alpha 1-adrenergic receptors coupled to inositol phospholipid metabolism in DDT1 MF-2 smooth muscle cells. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, E.U.A., v. 262, n. 7, p. 3098-3105, 1987.

LUTZ, I. A. **Normas analíticas**: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. [S.l.]: Laboratório de Saúde Pública, 1985. v. 1. Disponível em: <<http://www.ial.sp.gov.br/>>. Acesso em: 13 dez. 2009.

MACHLIN, L. J.; BENDICH, A. Free radical tissue damage: Protective role of antioxidant nutrients. **The FASEB Journal**, Stanford, E.U.A., v. 1, n. 6, p. 441-445, 1987.

MADHAVI, D. L.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. **Food antioxidants: technological, toxicological, and health perspectives**, New York, E.U.A.: Ed. Marcel Decker, 1996. 490 p.

MAHAN, D. C.; CHING, S.; DABROWSKI, K. Developmental aspects and factors influencing the synthesis and status of ascorbic acid in the pig. **Annual Review of Nutrition**, Florida, E.U.A., v. 24, p. 79-103, 2004.

MARCHANT, J. N. F. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 2, p. 416-422, 2003.

MARINHO, P. C. et al. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v. 36, n. 4, p. 1061-1068, 2007a.

\_\_\_\_\_. Efeito dos níveis de lisina digestível e da ractopamina sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v. 36, n. 6, p. 1791-1798, 2007b.

MASON, L. M. et al. Effects of restricted feeding and antioxidant supplementation on pig performance and quality characteristics of *Longissimus dorsi* muscle from landrace and duroc pigs. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 70, n. 2, p. 307-317, 2005.

MAURIELLO, G. et al. Isolation and technological properties of coagulase negative staphylococci from fermented sausages of southern Italy. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 67, n. 1, p. 149-158, 2004.

MCCLEMENTS, D. J.; DECKER, E. A. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. **Journal of Food Science**, Chicago, E.U.A., v. 65, n. 8, p. 1270-1282, 2000.

MCGRAW, D. W.; LIGGETT, S. B. Molecular mechanisms of beta2-adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, Stanford, E.U.A., v. 2, n. 4, p. 292-296, 2005.

MCKEITH, F. K.; MERKEL, R. A. Technology of developing low-fat meat products. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 69, p. 116-124, 1991. Suppl. 2.

MERSMANN, H. J. Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 76, n. 1, p. 160-172, 1998.

\_\_\_\_\_. Beta-adrenergic receptor modulation of adipocyte metabolism and growth. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, p. 24-29, 2002. Suppl. 1.

MIDDLETON, E.; KANDASWAMI, C.; THEOHARIDES, T. C. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. **Pharmacological Reviews**, Bethesda, E.U.A., v. 52, n. 4, p. 673-751, 2000.

MILLS, S. E. Implications of feedback regulation of beta-adrenergic signaling. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, p. 30-35, 2002. Suppl. 1.

\_\_\_\_\_. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, n. 2, p. 28-32, 2002a.

\_\_\_\_\_. Stereoselectivity of porcine beta-adrenergic receptors for ractopamine stereoisomers. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 1, p. 122-129, 2003a.

\_\_\_\_\_; SPURLOCK, M. E.; SMITH, D. J. Beta-adrenergic receptor subtypes that mediate ractopamine stimulation of lipolysis. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 3, p. 662-668, 2003b.

MIMBS, K. J. et al. Effects of ractopamine on performance and composition of pigs phenotypically sorted into fat and lean groups. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 83, n. 6, p. 1361-1369, 2005.

MONTEL, M. C.; MASSON, F.; TALON, R. Bacterial role in flavour development. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 49, p. 111-123, 1998. Suppl. 1.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D. L.; ANDERSON, D. B. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. **Farm animal metabolism and nutrition**. CAB, E.U.A.: Ed. New York, 2000. p. 65-95.

MOORE, J. E. Gastrointestinal outbreaks associated with fermented meats. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 67, n. 4, p. 565-568, 2004.

MOUROT, J. et al. Effet de l'apport de vitamine c sur les performances de croissance et la qualité de la viande chez des porcs large-white et croisés large-white piétrain. **Journées Recherche Porcine en France**, Rennes, França, v. 24, p. 55-64, 1992.

NAVARRO, M.; GRANIZO, J.; SEBASTIÁN, M. Publicación para veterinarios y técnicos del sector de animales de producción - extractos vegetales como fuente de antioxidantes naturales en la alimentación animal. **Albëitar - Foro empresas: Provena, S.L.**, Zaragoza, Espanha, n. 116, p. 64-65, 2008.

NETO, M. A.; RASCADO, R. R.; BENDHACK, L. M. Receptores beta-adrenérgicos no sistema cardiovascular - X simpósio brasileiro de fisiologia cardiovascular. **Medicina**, Ribeirão Preto, Brasil, v. 39, n. 1, p. 3-12, 2006.

NGAPO, T. M.; MARTIN, J. F.; DRANSFIELD, E. International preferences for pork appearance: I. Consumer choices. **Food Quality and Preference**, Rotterdam, Holanda, v. 18, n. 1, p. 26-36, 2007.

NIJVELDT, R. J. et al. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. **American of Journal and Clinical Nutritional**, Houston, E.U.A., v. 74, p. 418-425, 2001.

NRC. **Nutrient requirements of swine**. Washington, E.U.A.: National Academy, 1998. v. 10, p. 189.

O'SULLIVAN, L.; ROSS, R. P.; HILL, C. Potential of bacteriocin-producing lactic acid bacteria for improvements in food safety and quality. **Biochimie**, Paris, França, v. 84, n. 5-6, p. 593-604, 2002.

PADAYATTY, S. J. et al. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. **Journal of the American College of Nutrition**, Detroit, E.U.A., v. 22, n. 1, p. 18-35, 2003.

PAGE, K. A. et al. Beta-adrenergic receptor agonists increase apoptosis of adipose tissue in mice. **Domestic Animal Endocrinology**, Texas, E.U.A., v. 26, n. 1, p. 23-31, 2004.

PARR, T. et al. Expression of calpastatin isoforms in muscle and functionality of multiple calpastatin promoters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, San Diego, E.U.A., v. 427, n. 1, p. 8-15, 2004.

PASSOTTO, J. A.; PENTEADO, M. D. V. C.; MANCINI-FILHO, J. Atividade antioxidante do beta-caroteno e da vitamina A. Estudo comparativo com antioxidante sintético. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 18, n. 1, 1998.

PELZER, L. E. et al. Acute and chronic antiinflammatory effects of plant flavonoids. **II Farmaco**, Società chimica italiana, Itália, v. 53, n. 6, p. 421-424, 1998.

PENA, S. D. M. et al. Relações metionina mais cistina digestível: lisina digestível em dietas suplementadas com ractopamina para suínos em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Minas Gerais, v. 37, n. 11, p. 1978-1983, 2008.

PÉNICAUD, L. et al. The autonomic nervous system, adipose tissue plasticity, and energy balance. **Nutrition**, New York, E.U.A., v. 16, n. 10, p. 903-908, 2000.

PENTEADO, M. V. C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. Barueri, SP: Manole, 2000. 600 p.

PETERSON, J.; DWYER, J. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. **Nutrition Research**, West Lafayette, E.U.A., v. 18, n. 12, p. 1995-2018, 1998.

PINCHUK, I.; LICHTENBERG, D. The mechanism of action of antioxidants against lipoprotein peroxidation, evaluation based on kinetic experiments. **Progress in Lipid Research**, Norwich, Inglaterra, v. 41, n. 4, p. 279-314, 2002.

PINELO, M.; ARNOUS, A.; MEYER, A. S. Upgrading of grape skins: Significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, Inglaterra, v. 17, n. 11, p. 579-590, 2006.

PION, S. J. et al. Effects of vitamin c supplementation on plasma ascorbic acid and oxalate concentrations and meat quality in swine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 82, n. 7, p. 2004-2012, 2004.

PRÄNDL, O. et al. **Tecnología e higiene de la carne**. Zaragoza, Espanha: Ed. Acribia, 1994. 854 p.

RAJ NARAYANA, K. et al. Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. **Indian Journal of Pharmacology**, Ahmedabad, Índia, v. 33, p. 2-16, 2001.

RAMOS, F.; DA SILVEIRA, M. I. N. Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal: II - relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, Portugal, v. 96, n. 540, p. 167-175, 2001.

REAVEN, P. et al. Effects of oleate-rich and linoleate-rich diets on the susceptibility of low density lipoprotein to oxidative modification in mildly hypercholesterolemic subjects. **The Journal of Clinical Investigation**, Michigan, E.U.A., v. 91, n. 2, p. 668-676, 1993.

RICE-EVANS, C.; BURDON, R. Free radical-lipid interactions and their pathological consequences. **Progress in Lipid Research**, Norwich, Inglaterra, v. 32, n. 1, p. 71-110, 1993.

RICKE, E. A. et al. Effects of ractopamine Hcl stereoisomers on growth, nitrogen retention, and carcass composition in rats. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 77, n. 3, p. 701-707, 1999.

RICKS, C. A. et al. Use of a beta-agonist to alter fat and muscle deposition in steers. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 59, n. 5, p. 1247-1255, 1984.

RODRIGUES, H. G. et al. Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, v. 16, n. 3, p. 315-320, 2003.

RUBENSAM, J. M.; FELÍCIO, P. E. D.; TERMIGNONI, C. Influência do genótipo bos indicus na atividade de calpastatina e na textura da carne de novilhos abatidos no sul do Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v. 18, n. 4, 1998.

SAMUELSON, D. A. **Tratado de histologia veterinária**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 527 p.

SANTOS, I. N. et al. Evidence for two atypical conformations of beta-adrenoceptors and their interaction with gi proteins. **European Journal of Pharmacology**, Utrecht, Inglaterra, v. 513, n. 1-2, p. 109-118, 2005.

SAUVAGEOT, F. Les caractéristiques d'une réponse sensorielle. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, Embloux, Bélgica, v. 5, n. 3, p. 171-179, 2001.

SCHEID, G. A. et al. Avaliação físico-química e sensorial de salame tipo italiano contendo diferentes concentrações de cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllus*). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, MG, p. 1576-1583, 2003.

SCHINCKEL, A. P. et al. Ractopamine treatment biases in the prediction of pork carcass composition. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 1, p. 16-28, 2003b.

\_\_\_\_\_. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 5, p. 1106-1119, 2003a.

\_\_\_\_\_; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 80, p. 85-89, 2002. Suppl\_2.

SCHLINDWEIN, M. M.; KASSOUF, A. L. Análise da influência de alguns fatores socioeconômicos e demográficos no consumo domiciliar de carnes no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 44, n. 3, p. 549-572, 2006.

SCHNÜRER, J.; MAGNUSSON, J. Antifungal lactic acid bacteria as biopreservatives. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, Inglaterra, v. 16, p. 70-78, 2005.

SEBASTIÁN, M. Antioxidantes biomoleculares en nutrición animal-calidad de la carne con bioflavonoides. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO, MERCADO E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS**, 2, 2003, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis, SC: [s.n.], 2003, p. 5-9.

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**, Philadelphia, E.U.A., v. 82, n. 8, p. 2474-2480, 2004.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Amherst, E.U.A., v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SILVA, R. R. D. et al. Efeito hipolipidêmico dos flavonóides naringina e rutina. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, Venezuela, v. 51, n. 3, p. 258-264, 2001.

SIQUEIRA JÚNIOR, W. M. et al. Qualidade microbiológica de equipamentos, utensílios e manipuladores de uma indústria de processamento de carnes. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, n. 326, p. 36-46, 2004.

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



SMITH, W. C. et al. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, Nova Zelândia, v. 38, p. 373-380, 1995.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, v. 15, n. 1, 2002.

SONDERGAARD, A. K.; STAHNKE, L. H. Growth and aroma production by *Staphylococcus xylosum*, *S. Carnosus* and *S. Equorum*-a comparative study in model systems. **International Journal of Food Microbiology**, Norwich, Inglaterra, v. 75, n. 1-2, p. 99-109, 2002.

SPURLOCK, M. E.; CUSUMANO, J. C.; MILLS, S. E. The affinity of ractopamine, clenbuterol, and 1-644,969 for the beta-adrenergic receptor population in porcine adipose tissue and skeletal muscle membrane. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 71, n. 8, p. 2061-2065, 1993.

SPURLOCK, M. E. et al. Obese gene expression in porcine adipose tissue is reduced by food deprivation but not by maintenance or submaintenance intake. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, E.U.A., v. 128, n. 4, p. 677-682, 1998.

STADTMAN, E. R. Ascorbic acid and oxidative inactivation of proteins. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, E.U.A., v. 54, n. 6, p. 1125-1128, 1991.

STEPHENS, G. J.; MOCHIDA, S. G protein  $\beta\gamma$  subunits mediate presynaptic inhibition of transmitter release from rat superior cervical ganglion neurones in culture. **The Journal of Physiology**, Cambridge, Londres, v. 563, n. 3, p. 765-776, 2005.

STITES, C. R. et al. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 69, n. 8, p. 3094-3101, 1991.

STOLLER, G. M. et al. The effect of feeding ractopamine (paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 6, p. 1508-1516, 2003.

TAKAHASHI, O.; HIRAGA, K. Dose-response study of hemorrhagic death by dietary butylated hydroxytoluene (BHT) in male rats. **Toxicology and Applied Pharmacology**, Raleigh, E.U.A., v. 43, n. 2, p. 399-406, 1978.

TERRA, A. B. M.; FRIES, L. L. M.; TERRA, N. N. **Particularidades na fabricação de salame**. São Paulo: Livraria Varela, 2004a. 152 p.

TERRA, N. N. **Apontamentos de tecnologia de carnes**. São Leopoldo, RS: Ed. Unisinos, 1998. 216 p.

\_\_\_\_\_; TERRA, A. B. M.; TERRA, L. M. **Defeitos nos produtos cárneos: origens e soluções**. São Paulo: Livraria Varela, 2004b. 88 p.

THEROND, P. et al. Biomarkers of oxidative stress: an analytical approach. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, Paris, França, v. 3, n. 5, p. 373-384, 2000.

TIEPPO, J. et al. Evaluation of the protective effects of quercetin in the hepatopulmonary syndrome. **Food and Chemical Toxicology**, Richmond, E.U.A., v. 45, n. 7, p. 1140-1146, 2007.

URSO, R. et al. Technological characterization of a bacteriocin-producing lactobacillus sakei and its use in fermented sausages production. **International Journal of Food Microbiology**, Norwich, Inglaterra, v. 110, n. 3, p. 232-239, 2006.

UTTARO, B. E. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 71, n. 9, p. 2439-2449, 1993.

VANGELIS, G. M.; MARK, M. S.; PETER, I. L. D. Regulation of the adenylyl cyclase signaling system in various types of cultured endothelial cells. **Journal of Cellular Biochemistry**, California, E.U.A., v. 57, n. 4, p. 590-598, 1995.

VENTANAS, S. et al. Protein and lipid oxidation in *Longissimus dorsi* and dry cured loin from iberian pigs as affected by crossbreeding and diet. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 72, n. 4, p. 647-655, 2006.

VIRGILI, R. et al. Effect of age at slaughter on carcass traits and meat quality of italian heavy pigs. **Journal of Animal Science**, Philadelphia, E.U.A., v. 81, n. 10, p. 2448-2456, 2003.

WEBER, G. M.; ANTIPATIS, C. Qualidade da carne suína e dieta de vitamina E. In: **Anais CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA**, Concórdia, SC, Anais... Concórdia, SC: [s.n.], 2001.

WEBER, T. E. et al. 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**, Philadelphia, E.U.A., v. 84, n. 3, p. 720-732, 2006.

WHITEHEAD, C. C.; KELLER, T. An update on ascorbic acid in poultry. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, Inglaterra, v. 59, n. 02, p. 161-184, 2003.

WIGMORE, P. M.; STICKLAND, N. C. Muscle development in large and small pig fetuses. **Journal of Anatomy**, Oxford, E.U.A., v. 137, n. 2, p. 235-245, 1983.

WITSCHI, H.; LOCK, S. Toxicity of butylated hydroxytoluene in mouse following oral administration. **Toxicology**, Hamburg, Alemanha, v. 9, n. 1-2, p. 137-146, 1978.

WOOD, J. D. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, Champaign, E.U.A., v. 66, n. 1, p. 21-32, 2004.

XIAO, R. J.; XU, Z. R.; CHEN, H. L. Effects of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Davis, E.U.A., v. 79, n. 1-2, p. 119-127, 1999.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

## APÊNDICE A - Produção bibliográfica durante o curso de Doutorado

### Artigos completos em periódicos

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., LANFERDINI, E., LEHNEN, C. R., *ROSSI, C. A. R.*, HAUSCHILD, L., FRAGA, B.N., GARCIA, G.G., MALLMANN, C.A. Alimentação de leitões pré-púberes com dietas contendo aflatoxinas ou zearalenona. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.123-130, 2010.

*ROSSI, C. A. R.*, LOVATTO, P. A., LEHNEN, C. R., GUILARDI, P.H., MAZZUTTI, A., PIRES, B.P. Indução e sincronização de estro em porcas lactantes através de gonadotrofinas eCG e hCG. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.617-620, 2009.

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., LEHNEN, C. R., HAUSCHILD, L., *ROSSI, C. A. R.* Ácido linoléico conjugado na alimentação de suínos: uma meta-análise. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Online), v.44, p.1-8, 2009.

LOVATTO, P. A., WESCHENFELDER, V. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I. Porcas lactantes alimentadas com dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácidos orgânicos. **Ciência Rural**, p.1, 2009.

*ROSSI, C. A. R.*, LOVATTO, P. A., WESCHENFELDER, V. A., LEHNEN, C. R. Metanálise da relação entre espessura de tocinho e variáveis corporais e reprodutivas. **Ciência Rural**, v.38, p.206-212, 2008.

*ROSSI, C. A. R.*, LOVATTO, P. A., WESCHENFELDER, V. A., LEHNEN, C. R., FRAGA, B. N., ANDRETTA, I., CERON, M. S. Metanálise da relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes. **Ciência Rural**, v.38, p.1085-1091, 2008.

### Artigos completos submetidos

POROLNIK, G. V., LOVATTO, P. A., ROSSI, C. A. R., LEHNEN, C. R., GARCIA, G. G., ANDRETTA, I. Suplementação de aminoácidos para suínos castrados e inteiros em crescimento: desempenho e custo de alimento. **Ciência Rural**, encaminhado em fevereiro/2010.

ROSSI, C. A. R., LOVATTO, P. A., GARCIA, G.G., LEHNEN, C. R., POROLNIK, G.V., CERON, M. S., LOVATO, G.D. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: desempenho e características de carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, encaminhado em novembro/2009.

ROSSI, C. A. R., LOVATTO, P. A., LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I., CERON, M. S., LOVATO, G.D. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*. **ARS Veterinária**, encaminhado em dezembro/2009.

ROSSI, C. A. R., LOVATTO, P. A., GARCIA, G.G., POLLI, V.A., LEHNEN, C. R., FRAGA, B.N., CERON, M. S., LOVATO, G.D. Características químicas, microbiológicas e sensoriais de produto curado elaborado com carne de suínos alimentados com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, encaminhado em fevereiro/2010.

LEHNEN, C. R.; LOVATTO, P. A.; ANDRETTA, I.; ROSSI, C. A. R.; CAVAZINI, N. C.; HAUSCHILD, L.; FRAGA, B. N. Alimentação de leitões com dietas contendo extratos cítricos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, encaminhado em fevereiro/2009.

LEHNEN, C. R.; LOVATTO, P. A.; ZANELLA, I.; ROSSI, C. A. R.; HAUSCHILD, L.; MELCHIOR, R. Alimentação de porcas lactantes com dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácido fumárico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, encaminhado em junho/2009.

LEHNEN, C. R.; LOVATTO, P. A.; ZANELLA, I.; *ROSSI, C. A. R.*; HAUSCHILD, L.; MELCHIOR, R. Conservação de dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácido fumárico. **Ciência Rural**, encaminhado em agosto/2009.

LEHNEN, C. R.; LOVATTO, P. A.; *ROSSI, C. A. R.*; ANDRETTA, I.; HAUSCHILD, L.; FRAGA, B. N.; GARCIA, G.G. Digestibilidade das dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo bentonita sódica. **Ciência Rural**, encaminhado em fevereiro/2010.

#### **Trabalhos publicados em anais de eventos (resumo)**

FRAGA, B. N., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.*, ANDRETTA, I., CERON, M. S., RIFFEL, R. E. Uso de levedura desidratada na dieta de leitões desmamados em substituição ao farelo de soja: meta-análise sobre morfologia intestinal In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

TAFFAREL, T. R., LOVATTO, P. A., FRAGA, B. N., *ROSSI, C. A. R.*, LANFERDINI, E., RIFFEL, R. E. Desempenho e espessura de toucinho em suínos alimentados In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

RIFFEL, R. E., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., KLEIN, C. C., POROLNIK, G. Inclusão de leveduras desidratadas na dieta de suínos em crescimento: uma meta-análise In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

COSTA, S. T., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, MELCHIOR, R., RIFFEL, R. E., TAFFAREL, T. R. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo antioxidantes naturais e ractopamina: análise físico-química e contagem de bactérias lácticas no salame tipo milano In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

TONIN, T. J., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LANFERDINI, E., ANDRETTA, I., MELCHIOR, R. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo antioxidantes

naturais e ractopamina: avaliação do desempenho In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

AZEVEDO, A. F., QUADROS, A. R. B., *ROSSI, C. A. R.*, ZALTRON, C. M., ANDRETTA, I., TAFFAREL, T. R. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo antioxidantes naturais e ractopamina: perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria: UFSM, 2009.

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, POROLNIK, G., SILVA, M. K., TAFFAREL, T. R. Meta-análise da relação entre contaminação das dietas com micotoxinas e desempenho de suínos In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

POROLNIK, G., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., GARCIA, G. G., ANDRETTA, I. Suplementação de aminoácidos para suínos castrados ou inteiros em crescimento e terminação In: XXIV Jornada Acadêmica Integrada, 2009, Santa Maria. **XXIV Jornada Acadêmica Integrada**, 2009.

CERON, M. S., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I., LOVATO, G.D. Adição de antimicrobianos sintéticos na dieta de leitões In: XXIII Jornada Acadêmica Integrada, 2008, Santa Maria. **Anais da XXIII Jornada Acadêmica Integrada**, 2008.

LOVATO, G.D., ZANELLA, I., LEHNEN, C. R., *ROSSI, C. A. R.*, POROLNIK, G., GARCIA, G. G. Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: XXIII Jornada Acadêmica Integrada, 2008, Santa Maria. **Anais da XXIII Jornada Acadêmica Integrada**, 2008.

POROLNIK, G., ZANELLA, I., LEHNEN, C. R., *ROSSI, C. A. R.*, LOVATO, G.D., KLEIN, C. C. Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: XXIII Jornada Acadêmica Integrada, 2008, Santa Maria. **Anais da XXIII Jornada Acadêmica Integrada**, 2008.

LEHNEN, C. R., ZANELLA, I., *ROSSI, C. A. R.*, POROLNIK, G., GARCIA, G. G. Avaliação do pH do leite e da urina de porcas lactantes alimentadas com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: XXIII Jornada Acadêmica Integrada, 2008, Santa Maria. **Anais da XXIII Jornada Acadêmica Integrada**, 2008.

KLEIN, C. C., ZANELLA, I., LEHNEN, C. R., MELCHIOR, R., *ROSSI, C. A. R.*, POROLNIK, G. Conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: XXIII Jornada Acadêmica Integrada, 2008, Santa Maria. **Anais da XXIII Jornada Acadêmica Integrada**, 2008.

LEHNEN, C. R., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, CARVALHO, D.A., GARCIA, G. G., ANDRETTA, I., FRAGA, B. N., LANFERDINI, E. Digestibilidade das dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo bentonita sódica natural In: II Jornada Tecnológica de Zootecnia, 2008, São Vicente do Sul. **II Jornada Tecnológica de Zootecnia**, 2008.

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., LANFERDINI, E., POROLNIK, G. Meta-análise da relação do ácido linoléico conjugado com componentes nutricionais e qualidade de carcaça e carne em suínos In: XXIII Jornada Acadêmica Integrada, 2008, Santa Maria. **Anais da XXIII Jornada Acadêmica Integrada**, 2008.

#### **Trabalhos publicados em anais de eventos (resumo expandido)**

CERON, M. S., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, GARCIA, G. G., LEHNEN, C. R. Adição de extratos cítricos e ractopamina na dieta de suínos em terminação: análises físico-químicas e microbiológicas de salame tipo Milano In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

ZALTRON, C. M., LOVATTO, P. A., LOVATO, G.D., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I., CERON, M. S. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina In: ZOOTECH, 2009, Rio Claro-SP. **Anais da ZOOTECH**, 2009.



CERON, M. S., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, FRAGA, B. N., MELCHIOR, R. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características de carcaça In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

LOVATO, G.D., *ROSSI, C. A. R.*, LOVATTO, P. A., POROLNIK, G., CERON, M. S. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

CERON, M. S., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., LOVATO, G.D. Desempenho de suínos em fase de terminação suplementados com extratos cítricos e ractopamina In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

LEHNEN, C. R., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, ANDRETTA, I., SILVA, M. K. Digestibilidade ideal de nutrientes em suínos alimentados com dietas contendo fitase: uma meta-análise In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, SILVA, M. K. Níveis de lisina digestível em componentes nutricionais de suínos em crescimento e terminação: uma meta-análise In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

TAFFAREL, T. R., *ROSSI, C. A. R.*, ANDRETTA, I., GARCIA, G. G., KLEIN, C. C. Qualidade de carcaça e de carne em suínos alimentados com dietas contendo complexos enzimáticos In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., TAFFAREL, T. R., POROLNIK, G., *ROSSI, C. A. R.*

Relação da toxicidade individual ou combinada de aflatoxinas e fumonisinas com avaliações clínicas e peso de órgãos de leitões em creche In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

POROLNIK, G., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I. Suplementação de aminoácidos para suínos castrados ou inteiros em crescimento e terminação In: III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia, 2009, Dois Vizinhos-PR. **III Seminário: Sistemas de Produção Agropecuária - Zootecnia**, 2009.

LOVATO, G.D., LOVATTO, P. A., ANDRETTA, I., *ROSSI, C. A. R.*, CARVALHO, A. D., LEHNEN, C. R., POROLNIK, G. Uso de ácido linoléico conjugado na dieta de suínos em crescimento: metanálise dos componentes nutricionais e desempenho In: 46ª reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009, Maringá-PR. **Anais da 46ª reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2009.

TAFFAREL, T. R., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.*, GUILARDI, P.H., LOVATO, G.D. Alimentação de leitões na fase de creche com dietas contendo complexo enzimático In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

LEHNEN, C. R., ZANELLA, I., *ROSSI, C. A. R.*, GARCIA, G. G., POROLNIK, G. Alimentação de porcas lactantes com dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

FRAGA, B. N., ANDRETTA, I., LEHNEN, C. R., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.* Avaliação da acidificação da água de beber para leitões In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

LOVATO, G.D., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.*, TAFFAREL, T. R., ANDRETTA, I. Avaliação de carcaça de suínos alimentados na terminação com dietas contendo complexo enzimático In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

CERON, M. S., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., POROLNIK, G., GARCIA, G. G. Avaliação de carne de suínos alimentados com dietas contendo complexo enzimático In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

SANTOS, G. B., FRAGA, B. N., ANDRETTA, I., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.* Comportamento de matrizes suínas nas primeiras vinte e quatro horas pós-parto In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

ANDRETTA, I., FRAGA, B. N., LOVATTO, P. A., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.* Comportamento diurno de leitões no período final de creche In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

LEHNEN, C. R., ZANELLA, I., *ROSSI, C. A. R.*, GARCIA, G. G., POROLNIK, G. Conservação de dietas elaboradas com silagem de grãos úmidos de milho contendo ácido fumárico In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

CERON, M. S., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I., FRAGA, B. N. Indução e sincronização de estro em porcas lactantes através de gonadotrofinas eCG e hCG In: 45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008, Lavras-MG. **45ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2008.

*ROSSI, C. A. R.*, WESCHENFELDER, V. A., LEHNEN, C. R., POROLNIK, G., MELCHIOR, R. Porcas lactantes alimentadas com dietas contendo silagem de grãos úmidos de milho e ácidos orgânicos In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

*ROSSI, C. A. R.*, WESCHENFELDER, V. A., LEHNEN, C. R., SANTOS, G.B. dos, TAFFAREL, T. R. Uso de acidificantes na silagem de grãos úmidos de milho em dietas para porcas lactantes: avaliação de leitegadas In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

FRAGA, B. N., ANDRETTA, I., LEHNEN, C. R., GARCIA, G. G., *ROSSI, C. A. R.* Uso de complexo enzimático na dieta de suínos: avaliação da digestibilidade, metabolismo e balanços de nitrogênio e fósforo In: Exposição da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2008, Dois Vizinhos. **Anais da ExpoUT**, 2008.

FRAGA, B. N., LOVATTO, P. A., GARCIA, G. G., QUADROS, A.R.B., CERON, M. S., *ROSSI, C. A. R.* Avaliação de leitoas pré-púberes submetidas a dietas com zearalenona In: 13º Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis-SC. **13º Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos**. SC: Embrapa, 2007.

MOMBACH, G., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, SANTOS, G.B. dos, ANDRETTA, I., GUILARDI, P.H. Avaliação de órgãos de leitoas alimentadas com dietas contendo aflatoxina, fumonisina ou zearalenona In: 22ª Jornada Acadêmica Integrada, 2007, Santa Maria. **22 Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria: UFSM, 2007.

MELCHIOR, R., LOVATTO, P. A., GARCIA, G. G., ANDRETTA, I., *ROSSI, C. A. R.* Desempenho de leitões com dietas contendo funonisina In: 13º Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis-SC. **13º Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos**. Embrapa, 2007.

LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, GARCIA, G. G., ZANELLA, I. Digestibilidade das dietas e metabolismo de suínos alimentados com dietas contendo bentonita In: 44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Unesp-Jaboticabal. **44ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2007.

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., LEHNEN, C. R., FRAGA, B. N., *ROSSI, C. A. R.* Leitoas alimentadas com dietas contendo aflatoxina, fumonisina ou zearalenona: avaliação de alguns órgãos In: 13º Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis-SC. **13º Congresso da ABRAVES -Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos**. SC: EMBRAPA, 2007.

CERON, M. S., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.* Leitões em fase de creche alimentados com dietas contendo ácido ascórbico e bioflavonóides In: 22<sup>a</sup> Jornada Acadêmica Integrada, 2007, Santa Maria. **22<sup>a</sup> Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria: UFSM, 2007.

LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., WESCHENFELDER, V. A., ANDRETTA, I. Meta-análise da relação entre espessura de tocinho e variáveis corporais e reprodutivas de porcas In: 44<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Unesp-Jaboticabal. **44<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2007.

LOVATO, G.D., LOVATTO, P. A., FRAGA, B. N., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., ANDRETTA, I. Modelagem da ingestão de excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha: uma interface vegetal In: 22<sup>a</sup> Jornada Acadêmica Integrada, 2007, Santa Maria. **22<sup>a</sup> Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria: UFSM, 2007.

ANDRETTA, I., LOVATTO, P. A., *ROSSI, C. A. R.*, LEHNEN, C. R., LOVATO, G.D. Modelagem do fluxo de suínos destinados ao abate no Rio Grande do Sul In: 22 Jornada Acadêmica Integrada, 2007, Santa Maria. **22<sup>a</sup> Jornada Acadêmica Integrada**. Santa Maria: UFSM, 2007.

CERON, M. S., *ROSSI, C. A. R.*, LOVATTO, P. A., WESCHENFELDER, V. A., LEHNEN, C. R., FRAGA, B. N., ANDRETTA, I. Relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes: um estudo meta-analítico In: 13 Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos, 2007, Florianópolis-SC. **13<sup>o</sup> Congresso da ABRAVES - Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em Suínos**. SC: EMBRAPA, 2007.

CERON, M. S., *ROSSI, C. A. R.*, LOVATTO, P. A., WESCHENFELDER, V. A., LEHNEN, C. R., FRAGA, B. N., ANDRETTA, I. Relação entre espessura de tocinho e variáveis nutricionais de porcas gestantes e lactantes: um estudo meta-analítico In: 13<sup>o</sup> Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em suínos-Abraives, 2007, Florianópolis-SC. **13<sup>o</sup> Congresso da Associação Brasileira de Veterinários Especialistas em suínos-ABRAVES**, 2007.

HAUSCHILD, L., Amanda, D.A., CAVAZINI, N. C., *ROSSI, C. A. R.* Dietas com enzimas

para porcas lactantes: desempenho dos leitões In: Pork Expo, 2006, Foz do Iguaçu. **Anais do 3º congresso latino-americano de suinocultura**. Concórdia: embrapa suínos e aves: EMBRAPA, 2006. p.609

ROSSI, C. A. R., HAUSCHILD, L., WESCHENFELDER, V. A., LOVATTO, P. A. Relação entre espessura de toicinho ao parto e peso ao desmame de porcas gestantes e lactantes: um estudo meta-analítico In: Pork Expo, 2006, Foz do Iguaçu. **Anais do 3º congresso latino-americano de suinocultura**. Concórdia: embrapa suínos e aves: EMBRAPA, 2006. p.963

KUNRATH, M. A., LOVATTO, P. A., ROSSI, C. A. R., WESCHENFELDER, V. A. Relação entre espessura de toicinho, peso vivo, proteína corporal e gordura corporal de porcas gestantes e lactantes: um estudo meta-analítico In: XXI Jornada Acadêmica Integrada, 2006, Santa Maria. **XXI Jornada Acadêmica Integrada**, 2006.

CAVAZINI, N. C., LOVATTO, P. A., WESCHENFELDER, V. A., ROSSI, C. A. R. Relação entre espessura de toicinho, variáveis nutricionais e corporais de porcas gestantes e lactantes: um estudo meta-analítico In: XXI Jornada Acadêmica Integrada, 2006, Santa Maria. **XXI Jornada Acadêmica Integrada** 2006.

**APÊNDICE B - Identificação da carcaça no abatedouro**

Foto: Carlos Rossi, 2008

### APÊNDICE C - Medidas de carcaça usando a Sonda Hennessy

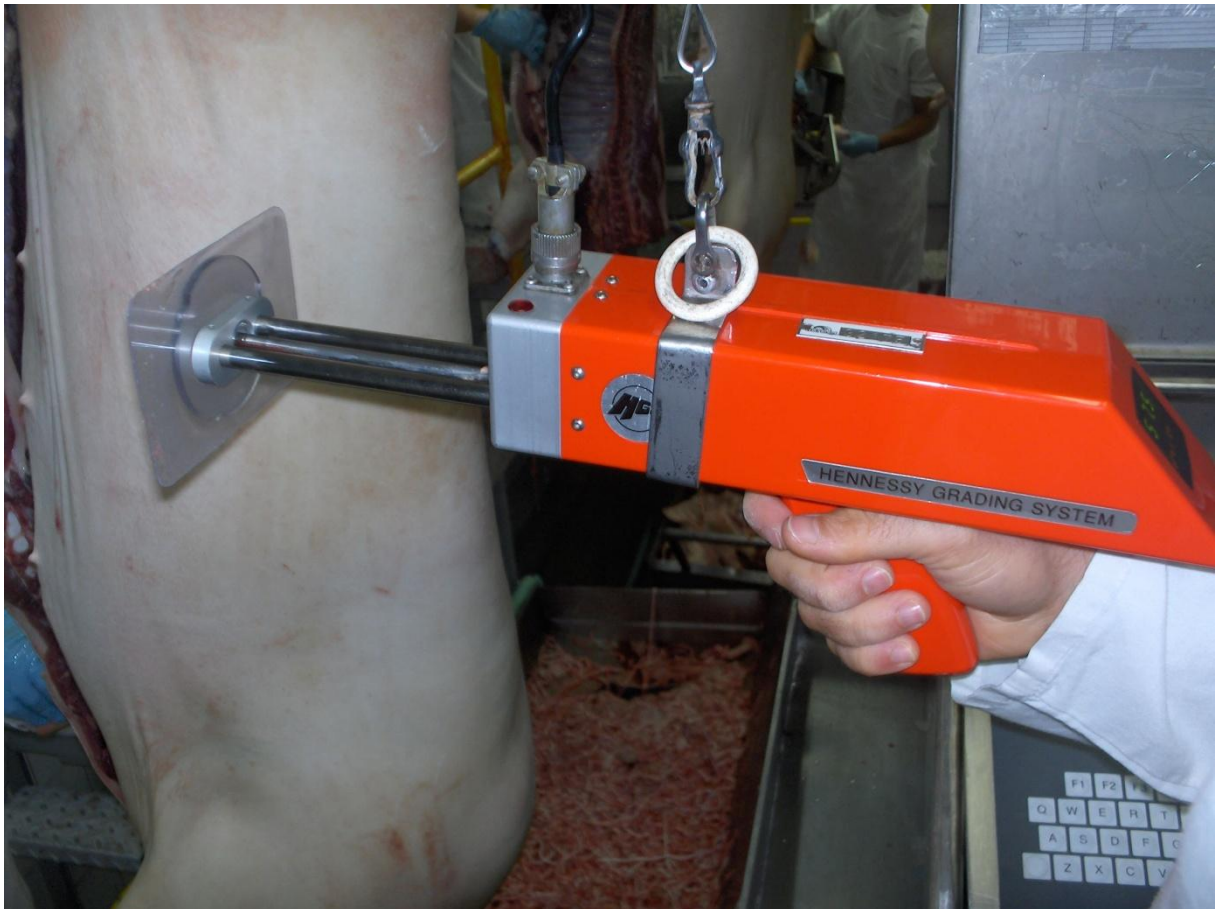


Foto: Carlos Rossi, 2008



**APÊNDICE D - Acondicionamento do *Longissimus dorsi* na câmara de resfriamento**



Foto: Carlos Rossi, 2008

**APÊNDICE E - Maturação do produto curado na UFSM**

Foto: Carlos Rossi, 2008

**APÊNDICE F - Condições utilizadas na câmara climatizada durante a maturação do produto curado**

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)
1	25	95
2	24	93
3	23	90
4	22	85
5	21	80
6	20	75
7	18	75
↓	↓	↓
25	18	75

Fonte: (Terra, 1998).



R831a

Rossi, Carlos Augusto Rigon, 1971-

Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho, características de carcaça, da carne e produto curado / Carlos Augusto Rigon Rossi. - 2010.

156 f. ; il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Paulo Alberto Lovatto”

1. Zootecnia 2. Suínos 3. Dietas 4. Ractopamina 5. Extratos cítricos I. Lovatto, Paulo Alberto II. Título III. Título: Desempenho, características de carcaça, da carne e produto curado

CDU: 636.03

Ficha catalográfica elaborada por  
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM