

ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM TERMINAÇÃO COM DIETAS CONTENDO EXTRATOS CÍTRICOS E RACTOPAMINA: 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. ROSSI¹, P. A. LOVATTO², C. R. LENHEN³, I. ANDRETTA³,
M. S. CERON⁴, G. D. LOVATO⁴

RESUMO

Um experimento foi realizado para avaliar o efeito da adição de extratos cítricos e ractopamina a dietas de suínos em terminação. Foram utilizados 108 suínos (54 machos e 54 fêmeas), homogêneos geneticamente 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 duas repetições e seis animais por unidade experimental. Foram avaliadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* quanto à umidade, cinzas, proteínas, lipídios e perfil de ácidos graxos. 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 500 ppm de EC e 20 ppm de RAC foi 4,3% superior ($P < 0,05$) ao controle e 500 ppm de extratos cítricos. Os teores do ácido linoléico da interação 500 ppm de EC e 10 ppm de RAC foi 18% superior ($P < 0,05$) em relação à inclusão de 500 ppm de extratos cítricos. Os teores do ácido α -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 250 ppm de EC e 20 ppm de RAC foi 36% superior ($P < 0,05$) aos 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 β -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. We used two sexes, with two replications and six animals per experimental unit. 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 500 ppm EC and 20 ppm RAC was 4.3% higher ($P < 0.05$) the control and 500 ppm of citrus extracts. The levels of linoleic acid in the interaction of 500 ppm EC and 10 ppm RAC was 18% higher ($P < 0.05$) compared to the inclusion of 500 ppm of citrus extracts. The levels of α -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 EC 250 ppm and 20 ppm RAC 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. β -adrenergic agonist. Bioflavonoids. Pork meat

¹ 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, autor para correspondência.

² DZ, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

³ PPGZ, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

⁴ Curso de Zootecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

O consumo de carne suína no Brasil tem aumentado nos últimos anos devido às campanhas de informação e esclarecimento ao público, sobretudo em relação às 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 um excelente equilíbrio em 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 proteica (SCHINCKEL et al., 2003b).

Outra alternativa para melhorar os atributos 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 antiinflamatórias, antimicrobianas, antialérgicas 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 também participa de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação do colágeno e síntese de epinefrina, corticosteróides e ácidos biliares (ARANHA et al., 2000). O ácido ascórbico 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, ainda incluem melhora no desempenho animal, diminuição do estresse pré-abate e melhora 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 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 no Brasil. 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.

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) homogêneos geneticamente, 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 de blocos completos ao acaso, sendo o sexo utilizado como fator de bloqueamento. Foram utilizados 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 duas repetições e seis animais por unidade experimental. As dietas foram isonutritivas, formuladas seguindo as exigências nutricionais do NRC (NRC, 1998) com ajuste aminoacídico para animais alimentados 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 à vontade e tiveram livre acesso à água.

Ao atingirem em média 110 kg de peso vivo, os animais foram submetidos a jejum sólido de 12 h antes do transporte para o frigorífico. Os animais no frigorífico permaneceram sob dieta hídrica por 12 h antes do abate. Após o processo de abate, as carcaças foram divididas ao meio no sentido longitudinal, sendo mantidas na câmara de resfriamento do frigorífico a $2 \pm 1^\circ\text{C}$ por 12 horas. Após resfriamento, as meias-carcaças esquerdas foram seccionadas, retirando-se amostras do músculo *Longissimus dorsi* (TOLDRA & FLORES, 2000, ESTÉVEZ et al., 2003, VENTANAS et al., 2006), a partir da última vértebra lombar, em direção à porção cranial. As amostras foram identificadas, acondicionadas e transportadas em caixas térmicas ao laboratório, sendo então armazenadas a -18°C para posteriores análises. As amostras foram avaliadas quanto à percentagem de umidade (LUTZ, 1985), cinzas e 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 obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM em nível de 5% de significância. Os efeitos incluídos no modelo analítico foram tratamentos (T), sexo (S) e interação tratamentos vs sexo (T*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).

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

Tratamentos (ppm)	Variáveis, %			
	Umidade	Cinzas*	Proteína*	Lipídios*
Controle	66,5 ^b	1,02	21,53 ^{ab}	10,4 ^{ab}
RAC 10	68,8 ^{ab}	1,04	21,17 ^{ab}	8,8 ^b
RAC 20	68,8 ^{ab}	1,02	21,54 ^a	9,6 ^{ab}
EC 250	68,4 ^{ab}	1,00	20,37 ^b	10,1 ^{ab}
EC 500	66,8 ^b	1,04	20,33 ^b	10,3 ^{ab}
EC 250+ RAC 10	68,2 ^{ab}	1,02	20,92 ^{ab}	10,8 ^a
EC 250+ RAC 20	69,2 ^{ab}	1,00	21,39 ^{ab}	8,7 ^b
EC 500+ RAC 10	68,7 ^{ab}	1,04	21,35 ^{ab}	8,6 ^b
EC 500+RAC 20	69,7 ^a	1,03	20,47 ^{ab}	9,9 ^{ab}
Sexo				
Macho	67,5	1,03	20,7	10,1
Fêmea	69,3	1,02	21,2	9,3
dpr	2,01	0,06	0,88	1,26
Probabilidade				
T	0,01	0,78	0,01	0,01
S	0,01	0,54	0,01	0,01
T*S	0,01	0,11	0,01	0,01

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

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

Em estudos anteriores sobre a relação da ractopamina com características químicas, do músculo *Longissimus dorsi*, foram encontrados teores 6,1% superiores de proteína muscular nos animais alimentados com dietas com inclusão de 20 ppm de ractopamina (XIAO et al., 1999). O efeito da ractopamina sobre a síntese proteica ocorre pela ligação aos receptores de membranas, aumentando o diâmetro das fibras musculares (AALHUS et al.,

1992). O aumento na síntese proteica 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 β -adrenérgicos redirecionam os nutrientes para o anabolismo proteico em detrimento do lipídico, o que melhora a qualidade de carcaça (RICKS et al., 1984, SCHINCKEL et al., 2003b). 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 β -adrenérgicos estimulam a produção de adenosina monofosfato cíclico (AMPC), os quais ativam quinases que, por sua vez, fosforilam a enzima limitante na lipólise, ou seja, a 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.

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

Por outro lado, a inclusão de extratos cítricos às dietas não altera o percentual de proteína na carcaça (GONZÁLEZ & TEJEDA, 2007). Porém, esses autores trabalharam com 16% de proteína bruta na dieta. Em nosso trabalho, os níveis protéicos utilizados na dieta foram 18 e 17% dos 62 a 84 kg/PV e dos 85 a 110 kg/PV, respectivamente. Assim, os resultados de nosso estudo 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 à 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 aos níveis 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 a ação da ractopamina 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 extratos cítricos e ractopamina são apresentadas nas tabelas 2 e 3. Os ácidos graxos C6:0, C8:0, C10, 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. Os extratos cítricos e a ractopamina na dieta não influenciaram ($P>0,05$) os teores do Láurico (C12:0). No entanto, a interação 250 ppm de extratos cítricos + 20 ppm de ractopamina foi, em média, 13% e 49% superiores ($P<0,05$) em relação aos níveis de extratos cítricos e ractopamina, respectivamente. A inclusão de 250 ppm de extratos cítricos + 20 ppm de ractopamina foi, em média, 31% superior ($P<0,05$) comparado as demais interações entre extratos cítricos e ractopamina.

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

Tratamentos (ppm)	Ácidos Graxos Saturados ¹ (%)			
	C12:0	C14:0	C16:0	C18:0
Controle	0,17 ^c	1,48	26,24	14,40
RAC 10	0,28 ^d	1,34	26,31	14,03
RAC 20	0,31 ^d	1,52	26,54	14,23
EC 250	0,52 ^{ab}	1,47	26,76	14,66
EC 500	0,48 ^{ab}	1,39	25,00	14,42
EC 250+ RAC 10	0,43 ^{bc}	1,53	26,00	13,89
EC 250+ RAC 20	0,58 ^a	1,73	26,81	14,01
EC 500+ RAC 10	0,32 ^{cd}	1,29	26,17	14,16
EC 500+RAC 20	0,45 ^{bc}	1,41	26,48	13,60
Sexo				
Macho	0,40	1,53	26,38	14,32
Fêmea	0,39	1,40	26,18	13,96
dpr	0,10	0,50	1,74	1,26
Probabilidade				
T	0,01	0,39	0,11	0,16
S	0,53	0,23	0,52	0,01
T*S	0,45	0,50	0,72	0,01

RAC- ractopamina; EC- Extratos cítricos; T: tratamentos; S: sexo; T*S: interação; ^{a, b, c, d, e} letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey ($P<0,05$); ¹Nomenclatura 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 extratos cítricos e ractopamina na terminação

Tratamentos (ppm)	Ácidos Graxos insaturados ¹ (%)							
	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 ^{ab}	41,95	9,33 ^a	0,47 ^a	0,44 ^a	0,69 ^b	0,58 ^a	1,40 ^{ab}
RAC 10	2,56 ^{ab}	40,29	10,56 ^a	0,39 ^{bc}	0,32 ^b	0,79 ^{ab}	0,41 ^b	1,29 ^{ab}
RAC 20	2,42 ^b	41,54	10,90 ^a	0,34 ^{cd}	0,24 ^b	0,86 ^a	0,32 ^b	0,98 ^b
EC 250	2,48 ^b	39,98	9,61 ^a	0,40 ^{ab}	0,33 ^b	0,70 ^b	0,39 ^b	1,11 ^b
EC 500	2,89 ^a	41,85	9,06 ^b	0,33 ^{de}	0,25 ^b	0,66 ^b	0,39 ^b	1,24 ^{ab}
EC 250+ RAC 10	2,64 ^{ab}	41,28	9,80 ^a	0,20 ^g	0,25 ^b	0,66 ^b	0,55 ^a	1,30 ^{ab}
EC 250+ RAC 20	2,73 ^{ab}	40,27	10,05 ^a	0,28 ^{ef}	0,34 ^b	0,76 ^{ab}	0,39 ^b	1,54 ^a
EC 500+ RAC 10	2,66 ^{ab}	40,80	11,05 ^a	0,26 ^f	0,33 ^b	0,74 ^{ab}	0,47 ^a	1,27 ^{ab}
EC 500+RAC 20	2,86 ^a	40,99	10,66 ^a	0,45 ^a	0,28 ^b	0,76 ^{ab}	0,38 ^b	1,42 ^{ab}
Sexo								
Macho	2,65	40,93	10,05	0,35	0,31	0,74	0,44	1,26
Fêmea	2,68	40,97	10,20	0,34	0,31	0,73	0,43	1,32
dpr	0,37	2,80	1,81	0,05	0,03	0,11	0,06	0,37
Probabilidade								
T	0,01	0,28	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
S	0,59	0,72	0,45	0,84	0,86	0,83	0,01	0,74
T*S	0,79	0,14	0,01	0,15	0,59	0,01	0,01	0,01

RAC- ractopamina; EC- Extratos cítricos; T: tratamentos; S: sexo; T*S: interação; ^{a, b, c, d, e, f, g} letras diferentes na mesma coluna diferem pelo Teste de Tukey (P<0,05); ¹Nomenclatura 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).

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 250 ppm de extratos cítricos e 10 ppm de ractopamina em relação às demais interações, aos níveis de ractopamina e ao grupo controle. Os teores de ácidos graxos são alterados à 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 500 ppm de extratos cítricos + 10 ppm de ractopamina foi 18% superior (P<0,05) em relação a inclusão de 500 ppm de extratos cítricos. A concentração do ácido γ -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 extratos cítricos e ractopamina. Os teores do ácido α -linolênico (C:3 n-3) do grupo controle foram, em média, 33% superiores (P<0,05) aos demais tratamentos. Os teores do ácido gondóico (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 extratos cítricos, de ractopamina e as interações 250 e 500 ppm de extratos cítricos + 20 ppm de ractopamina. A concentração do ácido araquidônico (C20:4 n-6) da interação 250 ppm de extratos cítricos + 20 ppm de ractopamina 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, flavonóides 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 poliinsaturados essenciais, como o linoléico e linolênico (CARR et al., 2005b). Alterações nos teores dos ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi*, podem ocorrer com níveis mais altos de inclusão da ractopamina (APPLE et al., 2007b). 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., 2005b). Este efeito pode ter acontecido porque a composição dos ácidos graxos do músculo suíno é obtida a partir da 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 (ω -6 ou n-6) e o ácido linolênico ou α -linolênico (ω -3 ou n-3) podem ser metabolizados em ácidos γ -linolênico, dihomog γ -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), ω -6 e ω -3, o que resulta em uma competição metabólica entre os dois grupos. Um excesso de ácido linoléico impede a transformação do α -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 α -linolênico está determinada pela afinidade da enzima delta-6-dessaturase por ambos os ácidos graxos. Como a enzima tem maior especificidade pelos ácidos graxos ω 3, precisará de menores quantidades destes

ácidos que dos ω 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 α -linolênico.

Os ácidos graxos da série ω 3 influenciam várias funções biológicas, devido à 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 triglicerídeos e colesterol plasmático. Já os ácidos graxos ω 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 (KRISTHERTON 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 forma-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 ω 6 e aumentar a concentração de ácidos ω 3 na dieta da população.

Os dados obtidos em nosso estudo indicam que a utilização da ractopamina na alimentação de suínos aumentou as concentrações de proteína e umidade no músculo *Longissimus dorsi*. A quantidade de gordura foi diminuída e o perfil de ácidos graxos alterado. Em relação aos extratos cítricos, como melhoradores da qualidade de carne, mais estudos são necessários para avaliar os níveis a serem utilizados em dietas de suínos em terminação, bem como suas interações com os agonistas β -adrenérgicos.

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 no músculo. Os extratos cítricos influenciam positivamente os teores do ácido graxo láurico.

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

AGRADECIMENTOS

À 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 mestrandia 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

- 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.491S-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**, 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 1-644,969 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.