



# El cromo-levadura y la ractopamina afectan el perfil de ácidos grasos y la calidad de la carne en cerdos

## Chromium-yeast and ractopamine affect the profile of fatty acids and quality of meat in pigs

Luis G. Trujillo<sup>1</sup>; Juan C. Rincón<sup>2</sup>; Sindy L. Caivio<sup>3</sup>; Juan C. González<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Zootecnista, M.Sc. Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de investigación Producción Pecuaría Sostenible. Pereira – Risaralda, Colombia; e-mail: luisguillermo.trujillo@utp.edu.co; <https://orcid.org/0000-0002-4772-8993>

<sup>2</sup>Zootecnista, M.Sc., Ph.D. Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de investigación Producción Pecuaría Sostenible. Pereira – Risaralda, Colombia; e-mail: rincon.juan@utp.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-6769-6407>

<sup>3</sup>MVZ, Estudiante de maestría en Biología Molecular y Biotecnología. Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo Producción Pecuaría Sostenible. Pereira – Risaralda, Colombia; e-mail: sindy93566@utp.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-8700-0278>

<sup>4</sup>MVZ, Ph.D. Universidad Tecnológica de Pereira. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Grupo de investigación Producción Pecuaría Sostenible. Pereira – Risaralda, Colombia; e-mail: juancorrales@utp.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-6408-7315>

**Cómo citar:** Trujillo, L.G.; Rincón, J.C.; Caivio, S.L.; González, J.C. 2020. El cromo-levadura y la ractopamina afectan el perfil de ácidos grasos y la calidad de la carne en cerdos. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 23(1):e1178. <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1178>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** Febrero 27 de 2019

**Aceptado:** Abril 3 de 2020

**Editado por:** Ingeborg Zenner de Polanía

## RESUMEN

Los consumidores de cerdo demandan productos bajos en grasa y sin aditivos que afecten la salud humana. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del cromo-levadura o ractopamina adicionadas a la dieta de cerdos, sobre el rendimiento, las características de la canal y la calidad de la carne. Se distribuyeron 20 cerdos de manera aleatoria en cuatro tratamientos: sin adición de cromo-levadura, ni ractopamina (T1); 10ppm de ractopamina (T2); 0,2ppm de cromo-levadura (T3) y 0,4ppm de cromo-levadura (T4). Se determinó el espesor de la grasa dorsal al inicio, al intermedio y al final del estudio. El rendimiento en canal caliente y fría se estimó en el frigorífico. Muestras de la cabeza del lomo fueron tomadas para

evaluar pH, resistencia al corte, goteo, temperatura, retención de agua y contenido de ácidos grasos. Se realizó un análisis descriptivo de los datos y de Kruskal-Wallis, para determinar el efecto del tratamiento sobre las variables medidas. Ninguna suplementación afectó la ganancia de peso, peso final, conversión alimenticia, consumo alimento, rendimiento en canal caliente, rendimiento canal fría y grasa dorsal ( $P>0,05$ ). La resistencia al corte aumentó con la ractopamina, pero disminuyó con el cromo-levadura. Las pérdidas por goteo fueron significativas con 0,2ppm de cromo-levadura, pero no lo fueron con 0,4ppm de cromo-levadura o ractopamina. No se encontró efecto de la ractopamina sobre los ácidos grasos, pero sí del cromo-levadura. Tanto el cromo-levadura

como la ractopamina modifican características de la carne, como la dureza y el perfil de ácidos grasos.

Palabras clave: retención de agua; carcasa; grasa dorsal; pérdidas por goteo; resistencia al corte.

## ABSTRACT

The consumers of pork demand products low in fat and free of additives that affect the human health. The objective of this study was to evaluate the effect of chromium-yeast or ractopamine added to the diet of pigs on the performance, characteristics of the carcass and meat quality. Twenty pigs were randomized to four treatments: without the addition of chromium-yeast or ractopamine (T1); 10ppm of ractopamine (T2); 0.2ppm of chromium-yeast (T3) and 0.4ppm of chromium-yeast (T4). The backfat thickness was evaluated at the beginning, at the intermediate and at the end of the experiment. Hot carcass yield and cold carcass yield was evaluated in the slaughter house. Loin samples were taken to evaluate pH, shear force, drip loss, temperature, water retention and fatty acid composition. A descriptive analysis of the data and Kruskal-Wallis was carried out to determine the effect of the treatment on the measured variables. Any supplementation affected significantly weight gain, final weight, feed conversion, feed intake, hot carcass yield, cold carcass yield and backfat thickness ( $P>0,05$ ). Shear force increased with ractopamine, but decreased with chrome-yeast. Drip losses were significant at 0.2ppm chromium-yeast, but were not significant at 0.4ppm chromium-yeast or ractopamine. There was no effect of ractopamine on fatty acids, but with chromium-yeast was significant. Both chrome-yeast and ractopamine modify meat characteristics such as hardness and fatty acid profile.

Keywords: backfat; carcass; drip loss; shear force; water holding capacity.

## INTRODUCCIÓN

Las investigaciones recientes de mercado revelan que los consumidores están preocupados por su estado de salud y que buscan productos bajos en grasa (León, 2014). Los consumidores, cada vez son más exigentes al seleccionar lo que van a comprar, por lo tanto, es importante mejorar las piezas de mayor valor comercial y así suplir, de manera eficiente, estos nuevos mercados. Avances importantes se han producido por la mejora genética y los cruzamientos dirigidos; sin embargo, los programas nutricionales han jugado un papel determinante, incluyendo aditivos en la alimentación animal para mejorar características productivas y de calidad de la carne.

Los programas nutricionales, se han enfocado en el uso de alternativas, que permitan manipular las características de la carcasa, ayudando a reducir la grasa y aumentar la deposición de músculo, lo cual, ha tenido un impacto directo en el consumidor, sin traer pérdidas productivas, ni económicas para el productor (Andretta *et al.* 2012). Algunas de estas sustancias son de origen químico, pue-

den tener efecto sobre la salud humana y han sido prohibidas en muchos países (Rochfort *et al.* 2008). Además, la creciente demanda de alimentos orgánicos y el aumento en la preocupación sobre los posibles riesgos para la salud han disminuido su uso (Gheisar & Kim, 2017).

La ractopamina es un beta adrenérgico (beta agonista), que actúa redirigiendo los nutrientes, desde el tejido adiposo hacia la deposición de músculo, trayendo como resultado mejoras sustanciales en la ganancia de peso, la conversión, el rendimiento en canal y el contenido magro de la carcasa (Rikard-Bell *et al.* 2009). En la actualidad, su uso en la alimentación animal está prohibido en alrededor de 160 países, incluyendo la Comunidad Europea, Rusia y China; solamente está aprobada en 27 países, como Japón, Estados Unidos, Canadá, Brasil, Corea de Sur (Niño *et al.* 2015) y Colombia.

Otra alternativa para mejorar la calidad de la carne y de la carcasa de los cerdos es a través de la suplementación dietaria de cromo. Se ha presentado evidencia que la suplementación con Cr puede mejorar la tasa de crecimiento, las características de la canal y el rendimiento reproductivo de los cerdos; incluso, un meta-análisis reciente concluyó que la suplementación de cromo disminuye la grasa de la décima costilla, incrementa el porcentaje de carcasa magra y aumenta el tamaño del lomo (Sales & Jančík, 2011) effects of Cr supplementation on performance and economically important carcass and meat quality characteristics varied considerably among studies. Therefore, a meta-analysis was designed to quantitatively describe effects obtained in several independent studies. To accommodate differences in methodology among studies, standardized effect sizes (Hedges's  $g$ ; sin embargo, los efectos de la suplementación con Cr sobre el rendimiento y las características de la carcasa y de la calidad de la carne varían de manera importante entre los estudios, ya que dependen de otros aspectos, como el manejo, la línea genética, los sistemas de producción, el tiempo al sacrificio y la fuente de cromo empleada (Sales & Jančík, 2011)

El cromo trivalente ( $Cr^{3+}$ ) es un componente del factor de tolerancia a la glucosa y tiene un rol importante en el metabolismo de lípidos, carbohidratos, proteínas, ácidos nucleicos y colesterol (Bučko *et al.* 2015), pero esta forma es absorbida por el organismo de los animales en niveles bajos (EFSA, 2012). Por otro lado, las fuentes orgánicas de cromo presentan una muy buena absorción intestinal (Lindemann *et al.* 2008), siendo las más usadas el picolinato de Cr, el Cr niacina, el Cr-levadura y el Cr metionina (Moreno, 2007).

En Colombia, no se encuentran trabajos publicados acerca del efecto de la suplementación con cromo de levadura y ractopamina en cerdos sobre la calidad de la carne. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la suplementación con cromo orgánico de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y ractopamina, sobre las características de la carcasa y la calidad de la carne en cerdos en finalización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Aspectos éticos.** El proyecto contó con el aval del Comité de Ética de la Universidad Tecnológica de Pereira (CBE – UTP), 23 de noviembre del 2015.

**Sitio de estudio y animales.** El experimento, se realizó en la Porcícola Los Alpes, ubicada en el municipio de Balboa (Risaralda, Colombia), a una altura de 1.150m s.n.m., con coordenadas entre N4°56'48.4" W75°55'25.9", con temperatura promedio de 20°C. La granja presenta corrales con piso de concreto de 11m<sup>2</sup>, cada corral cuenta con un comedero de concreto tipo canoa y un bebedero tipo chupete.

Se usaron 20 cerdos TOPIGS TRAXX x TOPIGS 40 (16 hembras y 4 machos), con un peso inicial de 63,17 ± 7,60kg. La edad inicial de la fase experimental fue de 118 días de vida. Los cerdos fueron pesados de manera individual y distribuidos al azar a cada uno de los tratamientos.

**Tratamientos.** La base del alimento balanceado fue igual en todos los casos; se usó un alimento comercial a base de soya y maíz. El cromo, se adicionó a la micromezcla, para después ser mezclada con el núcleo base de la formulación (Tabla 1). Cada alimento cumplió con los requerimientos nutricionales para la etapa en la que estaban los animales; las dietas fueron formuladas para ser isocalóricas (3255kcal/kg) e isoproteicas (16% PC). Los tratamientos evaluados fueron: dieta control negativo (CTL -), alimento balanceado de finalización, sin suplementación de cromo, ni ractopamina (T1); dieta control positivo (CTL +), consistía en el mismo alimento balanceado suplementado con 10ppm de ractopamina, en el alimento balanceado (T2); dieta con 0,2ppm de cromo orgánico de levadura por cada kilogramo de alimento balanceado, sin adición de ractopamina (T3); dieta con 0,4ppm de cromo orgánico de levadura por cada kilogramo de alimento balanceado, sin adición de ractopamina (T4).

**Toma de muestras.** Para cada uno de los tratamientos, se tomó el peso de forma individual de los animales al inicio del tratamiento, en la mitad (día 14) y al final (día 28), con ayuda de una báscula electrónica.

La grasa dorsal, se midió con un ecógrafo Esaote Aquila Pro (Esaote, Genova, Italia), usando una sonda lineal de 12cm a 7,5MHz, al inicio, en la mitad y al final de los tratamientos. La medición, se hizo a la altura de la décima costilla; A todos los animales, se les midió el espesor en milímetros de cada una de las capas de grasa: capa externa, capa media y capa interna, después se sumaron para obtener el espesor total de grasa dorsal (Ayuso *et al.* 2013).

Los animales llevados a la planta de beneficio de La Virginia (Risaralda) fueron pesados de nuevo con otra báscula electrónica, antes de ser sacrificados. Después del sacrificio, se registró el peso de la canal en caliente y un día después de la canal en frío. Además,

se tomó una muestra de 500g de la cabeza del lomo de cada animal, para realizar los análisis de calidad.

**Análisis de calidad.** A las muestras de lomo, se les realizaron las pruebas de pérdida por goteo 24 y 48 horas post-mortem, capacidad de retención de agua (CRA) y medición de pH, usando un pHmetro electrónico SI Analytics Lab 845 (Xylem Inc., Weilheim, Alemania). Las mediciones anteriores, se efectuaron según lo descrito por Braña *et al.* (2011).

La dureza/terneza de la carne, se midió 10 días postmortem; se evaluaron las 20 muestras de lomo, según lo definido por la American Meat Science Association (AMSA, 2015), mediante una máquina de ensayos universal Instron (Illinois Tool Works Inc., Barcelona, España), con una celda de carga, adaptada para registrar cargas inferiores a los 100kg.

Los perfiles de los ácidos grasos saturados, los ácidos grasos monoinsaturados y los ácidos grasos poliinsaturados, se obtuvieron por medio de cromatografía de gases (GLC), en el laboratorio del Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana, de la Universidad de Antioquia.

**Análisis estadístico.** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 4 tratamientos y cinco repeticiones. La evaluación de los supuestos para el análisis de varianza y algunas de las variables no cumplieron el supuesto de normalidad, evaluado por la prueba de Shapiro Wilk. Por este motivo y teniendo en cuenta que el número de datos de este trabajo era pequeño, se utilizó estadística no paramétrica, mediante Kruskal-Wallis, para el análisis de varianza. Cuando alguna variable reportó diferencia significativa ( $P < 0,05$ ), se realizó la prueba *a posteriori*, mediante el test de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis, del paquete estadístico ggirmess, del software R. Antes del análisis, se evaluó la homocedasticidad con el test de Levene y todas las variables cumplieron con el supuesto, de acuerdo con los tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Desempeño animal.** No se encontraron diferencias significativas de los tratamientos sobre el peso de los animales, ni la ganancia diaria de peso (GDP) (Tabla 2). Los tratamientos T2 y T3 reportaron un menor consumo de alimento (8kg/animal promedio acumulado en el experimento) y una menor conversión (2,5 y 3,0, respectivamente), mientras que los tratamientos T1 y T4 reportan mayores consumos y conversiones (3,2 y 3,1, respectivamente), pero no se pudo realizar sobre estas variables el análisis de varianza, ya que estas no fueron tomadas de forma individual, sino que se obtuvo un solo dato por grupo, debido al manejo en corrales con comederos comunes.

No se encontró un efecto positivo del cromo-levadura sobre el desempeño productivo del animal, lo cual, concuerda con lo reportado por Lindemann *et al.* (2008), quienes encontraron que para cerdos suplementados con cromo orgánico de levadura (5000ppb),

Tabla 1. Ingredientes utilizados en los diferentes tratamientos.

Ingredientes (%)	T1	T2	T3	T4
Maíz USA	58,44	58,55	58,43	58,42
Torta soya importada	20,69	20,74	20,69	20,69
Galleta	8	8	8	8
Mogolla Trigo	6,12	5,91	6,12	6,12
Ac. Recuperado	3,5	3,5	3,5	3,5
CaCO <sub>3</sub>	1,05	1,04	1,05	1,05
BM cerdos nutritec	0,8	0,8	0,8	0,8
Lisina	0,43	0,42	0,43	0,43
Sal	0,3	0,3	0,3	0,3
Fosbicalcico	0,27	0,27	0,27	0,27
Treonina	0,18	0,18	0,18	0,18
DL-Metionina	0,17	0,17	0,17	0,17
Cloruro de colina 60%	0,05	0,05	0,05	0
Pig light 4000	0	0,05	0	0,05
Levacrom	0	0	0,01	0,02

Tabla 2. Efecto del tratamiento sobre el desempeño animal<sup>1</sup>.

	Tratamientos <sup>2</sup>				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Peso Inicial, kg	67,50	59,30	64,10	61,80	3,318
Peso Intermedio, kg	77,70	71,70	75,60	75,00	3,553
Peso Final, kg	87,70	81,70	82,80	82,30	4,010
Día 0 al 14					
GDP, kg	0,714	0,885	0,821	0,942	0,074
Día 14 al 28					
GDP, kg	0,729	0,714	0,514	0,521	0,050
Total, fase experimental					
GDP, kg	0,721	0,800	0,667	0,732	0,062
CDA, kg	2,286	2,000	2,000	2,286	3
Conversión, kg/kg	3,17	2,50	2,99	3,11	3

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10ppm ractopamina (T2), 0,2ppm Cr orgánico (T3) y 0,4ppm Cr orgánico (T4).

<sup>3</sup>No se tiene valor SEM, porque solamente se tomó un dato por grupo y no por individuo.

entre los 60kg y 90kg de peso vivo, no hay efecto sobre la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento, la conversión alimenticia, ni sobre el peso final de los animales. Por otra parte, Lemme *et al.* (1999) encontraron que, al suplementar cerdos con 200ppb de cromo orgánico de levadura, la ganancia diaria de peso

aumentó 44g y la conversión disminuyó 0,17, mostrando resultados positivos con respecto a aquellos cerdos que no recibieron ningún tipo de suplementación, hecho que se puede justificar, puesto que los cerdos de dicho experimento fueron suplementados, desde los 24,5kg hasta los 105,5kg de peso vivo; de esta forma, consumieron

el suplemento mucho más tiempo y fueron sacrificados con un peso mucho mayor al de este trabajo. Asimismo, Lindemann *et al.* (2008) encontraron un efecto positivo sobre la ganancia diaria de peso, cuando los animales fueron suplementados, desde los 90kg hasta los 114,6kg de peso vivo (peso final), lo que sugiere, de nuevo, que el cromo orgánico de levadura presenta mejores resultados cuando los animales son sacrificados a un peso mayor a los obtenidos en este trabajo (83,63kg) y cuando empiezan a ser suplementados con un alto peso.

Es posible que los cerdos suplementados con cromo de levadura, que son sacrificados antes de los 100kg de peso vivo, no alcancen a evidenciar resultados significativos, ya que la literatura encontrada sugiere que los mejores resultados se obtienen al suplementar animales, cuyo peso final supere los 100kg de peso vivo (Lindemann *et al.* 2008). Pompeu *et al.* (2017) evidenciaron que la suplementación con ractopamina es más efectiva cuando los cerdos empiezan la suplementación con altos pesos iniciales; el peso final y la ganancia diaria de peso no se vieron afectados cuando suplementaron animales, con un peso inicial de 68,4kg.

**Espesor grasa dorsal.** Al inicio de la fase experimental no se observaron diferencias en el espesor de la grasa dorsal total ( $P>0,05$ ), ni en su distribución (Tabla 3). Al intermedio del experimento (14 días), se encontró diferencia significativa ( $P=0,0299$ ) y para el espesor de la grasa externa ( $P=0,0294$ ), siendo el T2 el que obtuvo menos grasa, mientras el T3 presentó mayor espesor, siendo estadísticamente diferentes entre ellos. La diferencia registrada en la fase intermedia del trabajo, entre el T2 (menor espesor de grasa) y el T3 (mayor diámetro de grasa), se puede ver justificado, ya que el T2 fue el grupo que menor peso registró al intermedio del trabajo y que tuvo una importante variación en el espesor de grasa dorsal durante la primera fase experimental, puesto que la respuesta a la ractopamina es más pronunciada durante las dos primeras semanas de suministro (Rikard-Bell *et al.* 2009), mientras que el alto espesor de grasa dorsal del T3, se puede explicar en el hecho de que fue uno de los tratamientos que presentó mayor diámetro de grasa dorsal al inicio de la investigación (14,5mm) y, a pesar de que el tratamiento sí tuvo efecto positivo sobre la grasa dorsal, no alcanzó a reducirla en forma significativa (1,2mm de reducción promedio).

Durante la primera mitad de la fase experimental, se encontró diferencia significativa ( $P<0,05$ ) para la variación en el espesor de grasa dorsal total (VGT), mostrando diferencias entre T1 y T4, siendo el primero el que más grasa disminuyó (3,68mm) y, el segundo, el que más grasa ganó (Tabla 3). El T4 no mostró diferencias significativas con los demás tratamientos suplementados (T2 y T3). En cuanto a VGT, durante la primera mitad de la fase experimental, las diferencias obtenidas entre los T1 y T4 se pueden justificar, porque los animales del T1 fueron los que presentaron una mayor disminución de grasa, al ser el grupo que empezó con un mayor espesor, mientras que el T4 fue el único grupo que tuvo un leve incremento, que se puede explicar en el hecho de que fue el tratamiento que menor espesor de grasa dorsal presentó al inicio del trabajo, lo cual, está asociado a un bajo peso al comienzo de la fase experimental y también porque la respuesta a la suplementación con

cromo orgánico de levadura es importante, cuando se suplementan animales con pesos superiores a los trabajados en esta investigación (Lindemann *et al.* 2008).

En la fase final, no se encuentra ninguna diferencia significativa para ninguno de los tratamientos, tanto en el espesor de la grasa dorsal total como en su distribución, aunque el tratamiento suplementado con ractopamina (T2) presenta una menor media para el espesor de grasa total y de grasa externa (Tabla 3), lo que evidencia que no se conservan las diferencias encontradas a los 14 días de tratamiento.

El peso final de los animales puede explicar el por qué ninguno de los tratamientos reporta diferencias entre ellos, dado que todos los tratamientos tuvieron un peso promedio inferior a los 90kg de peso vivo y la acumulación de grasa ocurre cuando los animales son sacrificados por encima de los 100kg de peso vivo. El efecto de la suplementación se hace más importante, cuando se pasa el punto de inflexión de la deposición de grasa, donde la acumulación de lípidos es más dominante (Van de Ligt *et al.* 2002). Es común encontrar en Colombia que productores no lleven sus cerdos a pesos muy altos al sacrificio, para evitar, de esta forma, un engrasamiento indeseable, que hace que sus animales no sean bien valorados en el mercado; por lo tanto, suelen sacrificar cerdos por debajo de los 100kg de peso vivo, punto donde el uso de estos aditivos no encuentra justificación; sin embargo, se deben seguir realizando estudios para dar una recomendación final.

A pesar de que en un principio el tratamiento con ractopamina marcaba una tendencia de disminuir el espesor de grasa dorsal, al final, se vio igualado por los demás tratamientos, hecho que se encuentra justificado en que los mayores efectos de la ractopamina se presentan durante las dos primeras semanas de suministro (Rikard-Bell *et al.* 2009). De la misma forma, la VGT durante la segunda mitad de la fase experimental y durante todo el periodo de investigación, no reportó efecto estadísticamente significativo, pero sí se evidenció un efecto del sexo de los animales ( $P<0,05$ ), lo que muestra que los machos variaron más su espesor de grasa dorsal que las hembras.

**Características de la canal.** El peso de la canal caliente, el rendimiento en canal caliente, el peso de la canal fría y el rendimiento en canal frío, no presentaron diferencia significativa por parte del tratamiento ( $P>0,05$ ). Los valores medios para cada tratamiento se presentan en la tabla 4. Estas características no se vieron afectadas por los tratamientos, porque el peso inicial y final de los animales no es muy alto y el mayor efecto de la suplementación, se observa cuando los cerdos se encuentran en una etapa final, donde la acumulación de grasa es mayor (Van de Ligt *et al.* 2002).

**Calidad de la carne.** Se registró efecto significativo del tratamiento con respecto a la resistencia al corte ( $P=0,0138$ ), hallando que el T4 presentó la menor resistencia (16,51kg/cm<sup>3</sup>), mientras que el T2, la mayor (22,14kg/cm<sup>3</sup>). La adición de cromo no afectó la resistencia al corte, mientras que la ractopamina sí la afectó negativamente y aumentó su valor (Tabla 4). Al igual que en este trabajo, Sales & Jančík (2011) concluyeron en su estudio, que la suplementación

Tabla 3. Efecto del tratamiento sobre el espesor de la grasa dorsal<sup>1</sup>.

	Tratamientos <sup>2</sup>				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Grasa inicial, mm	16,12	11,64	14,50	11,48	1,048
Externa	5,52	4,26	6,66	4,56	0,623
Media	6,76	4,50	5,06	4,32	0,523
Interna	3,84	2,88	2,78	2,60	0,445
Grasa intermedia, mm	12,32 <sup>ab</sup>	9,80 <sup>a</sup>	13,66 <sup>b</sup>	11,78 <sup>ab</sup>	0,730
Externa	4,20 <sup>ab</sup>	3,48 <sup>a</sup>	5,98 <sup>b</sup>	4,70 <sup>ab</sup>	0,440
Media	5,12	3,64	4,72	4,06	0,395
Interna	3,00	2,68	2,96	3,02	0,310
VGT día 0 al 14	-3,80 <sup>b</sup>	-1,84 <sup>ab</sup>	-0,84 <sup>ab</sup>	0,30 <sup>a</sup>	0,995
Grasa final, mm	12,44	9,72	13,30	11,20	1,115
Externa	5,04	3,72	6,36	5,16	0,543
Media	4,52	3,48	4,46	3,60	0,523
Interna	2,88	2,52	2,48	2,44	0,390
VGT día 14 al 28, mm	0,12	-0,08	-0,36	-0,58	1,083
VGT día 0 al 28, mm	-3,68	-1,92	-1,20	-0,28	1,378

<sup>a,b</sup> Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, P < 0,05.

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10ppm ractopamina (T2), 0,2ppm Cr orgánico (T3) y 0,4ppm Cr orgánico (T4).

Tabla 4. Efecto del tratamiento sobre la canal y la calidad de la carne<sup>1</sup>.

	Tratamientos <sup>2</sup>				SEM
	T1	T2	T3	T4	
Peso canal caliente, kg	76,44	71,20	70,44	70,36	3,680
Rendimiento canal caliente, %	88,02	88,14	86,62	88,42	0,845
Peso canal fría, kg	73,86	68,88	68,08	67,96	3,578
Rendimiento canal fría, %	85,06	85,25	83,68	85,38	0,905
Resistencia al corte, kg/cm <sup>3</sup>	17,66 <sup>ab</sup>	22,14 <sup>b</sup>	16,75 <sup>ab</sup>	16,51 <sup>a</sup>	0,860
Goteo 24H, gr	2,02 <sup>ab</sup>	1,98 <sup>ab</sup>	3,45 <sup>b</sup>	1,95 <sup>a</sup>	0,288
Goteo 48 H, gr	2,19 <sup>a</sup>	3,39 <sup>ab</sup>	4,41 <sup>b</sup>	2,62 <sup>ab</sup>	0,313
Retención agua, %	64	58,60	32,20	27,20	10,553
Temperatura, °C	23,60	23,00	23,20	22,80	0,445
pH	5,78	5,76	5,68	5,67	0,078

<sup>a,b</sup> Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, P < 0,05.

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10ppm ractopamina (T2), 0,2ppm Cr orgánico (T3) y 0,4ppm Cr orgánico (T4).

con cromo no afecta las características de la calidad de la carne, como la resistencia al corte, mientras que la ractopamina sí afectó negativamente la resistencia al corte, coincidiendo con lo reportado

en otras investigaciones (Dikeman, 2007; Li *et al.* 2015). Aunque la literatura también menciona que, a medida que pasan los días post mortem, la carne de cerdos alimentados con ractopamina, reduce la

resistencia al corte e, incluso, alcanza valores similares a la de cerdos no suplementados con dicha sustancia (Xiong *et al.* 2006)and (2; en este trabajo, se encontró que, incluso al realizar las mediciones 10 días después del sacrificio, la carne de cerdos suplementados con ractopamina fue más dura que aquellos que no fueron suplementados con este aditivo. Un trabajo mostró que cerdos alimentados con ractopamina incrementan la proporción de fibras musculares blancas a expensas de las intermedias, lo que ocasiona el aumento en el tamaño de ambas y trae como consecuencia el incremento a la resistencia al corte de la carne (Li *et al.* 2015). El incremento de la dureza de la carne afecta de forma negativa la calidad de ésta, ya que la terneza es uno de los principales factores de palatabilidad, que determinan la aceptación del consumidor de productos cárnicos frescos (Xiong *et al.* 2006)and (2; a pesar que en el mercado de Colombia es una característica que aún pasa inadvertida, las tendencias actuales del consumidor muestran que este es cada vez más exigente, que se preocupa más por la calidad de los productos que adquiere, por lo tanto, es necesario ofrecer un producto que cumpla con sus exigencias, no solo en cuanto al contenido de grasa, sino que presente una alta palatabilidad.

El goteo a las 24 horas mostró un efecto significativo ( $P=0,0115$ ) de los tratamientos; el T4 presentó la menor pérdida, mientras que el T3, la mayor, existiendo diferencia significativa entre ellos. El goteo a las 48 horas tuvo diferencia significativa ( $P=0,0081$ ); el T1 tuvo la menor pérdida de agua y el T3 la mayor, existiendo diferencia significativa entre ellos. La ractopamina no tuvo efecto significativo sobre el goteo de la carne (Tabla 4), lo cual, coincide con lo reportado en otra investigación (Athayde *et al.* 2012). El efecto de la suplementación con cromo para las pérdidas por goteo no fue consistente en este trabajo, ya que para el T3 se tuvo un efecto significativo ( $P<0,05$ ), incrementando las pérdidas, mientras que para el T4, no se obtuvo efecto alguno. Algunas investigaciones realizadas con cromo no muestran ningún tipo de efecto de la suplementación sobre las pérdidas por goteo, mientras que en otros casos, se observa un efecto, pero positivo (Peres *et al.* 2014). La retención de agua, la temperatura y el pH no tuvieron diferencia significativa en ninguno de los tratamientos (Tabla 4).

**Contenido ácidos grasos.** Se encontró efecto significativo de los tratamientos sobre todos los ácidos grasos saturados, excepto para el ácido caprílico. En aquellos donde hubo diferencia fue siempre el T2, el que tuvo la menor cantidad y el T4, la mayor, excepto para el ácido cáprico, en donde el T3 tuvo una concentración más alta (Tabla 5). Lo encontrado en esta investigación coincide con lo reportado por Rossi *et al.* (2010), quienes evidenciaron que la ractopamina tiene una leve influencia sobre los ácidos grasos saturados, solamente mostrando un efecto sobre el ácido laurico, mientras que no muestra efecto sobre ninguno de los demás. Tavárez *et al.* (2012) también encontraron un efecto leve de la inclusión de ractopamina sobre los ácidos grasos saturados, solamente mostrando efecto significativo sobre el ácido araquídico (C20:0), mermando su cantidad, mientras que no mostró efecto significativo sobre los ácidos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0). Watanabe *et al.* (2012), al igual que este trabajo, no encontraron efecto de la ractopamina sobre ninguno de los ácidos grasos saturados.

Adicionalmente, se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre los ácidos grasos monoinsaturados, excepto para el ácido miristoleico. El T2 fue siempre el que presentó una menor cantidad de ácidos grasos y el T4, tuvo la mayor, existiendo diferencia significativa ( $P<0,05$ ) entre ellos (Tabla 5). Rossi *et al.* (2010) y Tavárez *et al.* (2012) tampoco evidenciaron efecto significativo sobre la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados, al adicionar 10ppm y 7,5ppm de ractopamina, respectivamente. Watanabe *et al.* (2012) tampoco hallaron efecto de la ractopamina sobre ninguno de los ácidos grasos monoinsaturados.

Por otra parte, se encontró diferencia significativa de los tratamientos sobre todos los ácidos grasos poliinsaturados, excepto, para el ácido cis-11, 14, 17-eicosatrienoico (C20:3n3). Para los ácidos grasos, donde se encontró diferencia, fue siempre el T2 el que presentó una menor cantidad y el T4, la mayor (Tabla 5). Watanabe *et al.* (2012), al igual que este trabajo, no registraron efecto de la ractopamina sobre ninguno de los ácidos grasos poliinsaturados, mientras que Rossi *et al.* (2010), solamente encontraron efecto al adicionar 10ppm de ractopamina sobre ácido cis-11, 14-eicosadienoico (C20:2). Tavárez *et al.* (2012) no evidenciaron efecto sobre los ácidos grasos linoleico (C18:2n6c) y araquidónico (C20:4n6), pero sí encontraron efecto sobre el ácido linoléico (C18:3n3).

Finalmente, se registraron diferencias de los tratamientos sobre todas las grasas ( $P>0,05$ ), en todos los casos; el T2 fue el que presentó una menor cantidad y el T4, la mayor, siendo estadísticamente diferentes entre ellos (Tabla 6). También, se apreció un efecto positivo de los tratamientos para la relación GPT/GST, siendo estadísticamente diferentes el T1 del T2 (Tabla 6). Tavárez *et al.* (2012) y Watanabe *et al.* (2012) tampoco encontraron ningún efecto sobre la grasa saturada total (GST), grasa monoinsaturada total (GMT) y grasa poliinsaturada total (GPT), al adicionar ractopamina a la dieta, mientras que Bučko *et al.* (2015) evidenciaron efecto sobre la GST y GMT, al adicionar cromo orgánico en la forma de cromo inactivo de levadura, pero no encontraron efecto significativo sobre GPT. Lo anterior, ratifica el hecho que adicionar cromo orgánico a la dieta de cerdos en la etapa de finalización modifica los perfiles de ácidos grasos de la carne.

Los resultados obtenidos en este estudio son muy relevantes, ya que la cantidad de grasa saturada total (GST) en la carne es un factor de calidad organoléptica importante, debido a que una mayor cantidad de grasa saturada puede influenciar la palatabilidad y sabor de la carne. Las carnes con menos grasa saturada tienen ácidos grasos con enlaces dobles, que serán fácilmente oxidados; la tasa de auto oxidación incrementará, aumentando la probabilidad de afectar el sabor y olor de la carne (Webb & O'Neill, 2008).

La suplementación con ractopamina incrementó la relación GPT/GST, lo cual, coincide con los resultados reportados por Tavárez *et al.* (2012). A pesar de que no se registró diferencia estadística para los tratamientos con cromo, sí hay una tendencia que, a medida que incrementa el nivel de cromo en la dieta, la relación aumenta; además, no se encontró diferencia significativa de los tratamientos con Cr-lev y ractopamina. La relación GPT/GST recomendada, debería

Tabla 5. Efecto del tratamiento sobre la cantidad de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados<sup>1</sup>.

	Tratamientos <sup>2</sup>				P
	T1	T2	T3	T4	
Ácidos Grasos Saturados					
A. caprílico (C8:0)	7,80E-05	0,00E+00	2,04E-04	3,22E-04	N.S
A. cáprico (C10:0)	2,33E-03 <sup>ab</sup>	1,55E-03 <sup>a</sup>	5,50E-03 <sup>b</sup>	4,76E-03 <sup>ab</sup>	0,0058
A. laurico (C12:0)	3,16E-03 <sup>ab</sup>	1,82E-03 <sup>a</sup>	3,89E-03 <sup>ab</sup>	4,08E-03 <sup>b</sup>	0,0154
A. mirístico (C14:0)	1,78E-02 <sup>ab</sup>	8,48E-03 <sup>a</sup>	3,35E-02 <sup>ab</sup>	3,87E-02 <sup>b</sup>	0,0096
A. pentadecanoico (C15:0)	7,84E-04 <sup>ab</sup>	2,80E-04 <sup>a</sup>	1,20E-03 <sup>ab</sup>	1,68E-03 <sup>b</sup>	0,00398
A. palmítico (C16:0)	3,31E-01 <sup>ab</sup>	1,58E-01 <sup>a</sup>	6,19E-01 <sup>ab</sup>	7,66E-01 <sup>b</sup>	0,00398
A. heptadecanoico (C17:0)	2,81E-03 <sup>ab</sup>	1,50E-03 <sup>a</sup>	4,20E-03 <sup>ab</sup>	7,16E-03 <sup>b</sup>	0,00348
A. esteárico (C18:0)	1,63E-01 <sup>ab</sup>	6,79E-02 <sup>a</sup>	2,86E-01 <sup>ab</sup>	3,64E-01 <sup>b</sup>	0,00248
A. araquídico (C20:0)	2,70E-03 <sup>ab</sup>	1,37E-03 <sup>a</sup>	5,08E-03 <sup>ab</sup>	5,76E-03 <sup>b</sup>	0,00399
Ácidos Grasos Monoinsaturados					
A. miristoleico (C14:1)	8,40E-05	0,00E+00	2,32E-04	0,00E+00	-
A. palmitoleico (C16:1)	3,46E-02 <sup>ab</sup>	1,82E-02 <sup>a</sup>	7,00E-02 <sup>ab</sup>	7,38E-02 <sup>b</sup>	0,00967
A. oleico (C18:1n9c)	5,66E-012 <sup>ab</sup>	2,76E-01 <sup>a</sup>	1,09E+002 <sup>ab</sup>	1,30E+00 <sup>b</sup>	0,00967
A. cis-11-eicosenoico (C20:1n9)	8,60E-032 <sup>ab</sup>	5,34E-03 <sup>a</sup>	1,61E-022 <sup>ab</sup>	1,86E-02 <sup>b</sup>	0,00967
Ácidos Grasos Poliinsaturados					
A. linoleico (C18:2n6c)	1,81E-01 <sup>ab</sup>	1,12E-01 <sup>a</sup>	3,51E-01 <sup>ab</sup>	5,02E-01 <sup>b</sup>	0,00508
A. cis-11, 14-eicosadienoico (C20:2)	5,75E-03 <sup>ab</sup>	3,54E-03 <sup>a</sup>	1,08E-02 <sup>ab</sup>	1,53E-02 <sup>b</sup>	0,00760
A. cis-8, 11, 14-eicosatrienoico (C20:3n6)	2,58E-03 <sup>ab</sup>	1,43E-03 <sup>a</sup>	4,53E-03 <sup>ab</sup>	6,29E-03 <sup>b</sup>	0,00293
A. cis-11, 14, 17-eicosatrienoico (C20:3n3)	7,70E-04	3,84E-04	7,32E-04	0,00E+00	-
A. araquidónico (C20:4n6)	2,02E-02 <sup>ab</sup>	9,93E-03 <sup>a</sup>	3,14E-02 <sup>ab</sup>	4,37E-02 <sup>b</sup>	0,00293

<sup>ab</sup>Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos,  $P < 0,05$ . N.S, no significativo.

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10ppm ractopamina (T2), 0,2ppm Cr orgánico (T3) y 0,4ppm Cr orgánico (T4).

Tabla 6. Efecto del tratamiento sobre la cantidad de ácidos grasos totales<sup>1</sup>.

	Tratamientos <sup>2</sup>				SEM	P
	T1	T2	T3	T4		
GST <sup>3</sup>	5,24E-01 <sup>ab</sup>	2,41E-01 <sup>a</sup>	9,59E-01 <sup>ab</sup>	1,19E+00 <sup>b</sup>	0,163	0,0040
GMI <sup>4</sup>	6,09E-01 <sup>ab</sup>	2,99E-01 <sup>a</sup>	1,18E+00 <sup>ab</sup>	1,39E+00 <sup>b</sup>	0,205	0,00967
GPT <sup>5</sup>	2,10E-01 <sup>ab</sup>	1,27E-01 <sup>a</sup>	3,99E-01 <sup>ab</sup>	5,67E-01 <sup>b</sup>	0,060	0,00508
Grasa Total	1,40E+00 <sup>ab</sup>	6,98E-01 <sup>a</sup>	2,65E+00 <sup>ab</sup>	3,31E+00 <sup>b</sup>	0,450	0,0076
GPT/GST	0,40 <sup>a</sup>	0,53 <sup>b</sup>	0,42 <sup>ab</sup>	0,48 <sup>ab</sup>		

<sup>ab</sup>Medias dentro de una fila sin una letra superíndice común son diferentes,  $P < 0.05$ .

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10ppm ractopamina (T2), 0,2ppm Cr orgánico (T3) y 0,4ppm Cr orgánico (T4).

<sup>3</sup>GST, grasa saturada total.

<sup>4</sup>GMI, grasa monoinsaturada total.

<sup>5</sup>GPT, grasa poliinsaturada total.

estar por encima de 0,4; algunas carnes tienen una relación cercana a 0,1 y han sido consideradas las responsables en el desbalance en los ácidos grasos, ingeridos por los consumidores (Wood *et al.* 2003). En este trabajo, la carne de cerdo no suplementada (T1), se encuentra en el valor recomendado; se puede observar que cualquiera de las suplementaciones realizadas tendió a mejorar dicha relación, lo que representa una mejora real para los consumidores. Estas modificaciones son muy importantes, puesto que, en la actualidad, el énfasis se concentra en evaluar la calidad de la grasa y no la cantidad (Webb & O'Neill, 2008). Los músculos, como es el lomo de cerdo, poseen altas concentraciones de ácidos grasos de cadena larga; la importancia de esto ha sido reconocida solo recientemente, primero, porque, hoy en día, la carne tiene mayor significado como fuente alimenticia y, segundo, por la creciente aversión hacia la grasa; anteriormente, el enfoque se concentraba en el tejido adiposo, al estar allí, la mayor parte de los ácidos grasos del cuerpo (Wood *et al.* 2008). Las propiedades químicas y físicas de la grasa influyen la calidad y el consumo de carne. Al reducir la grasa en la carne, se puede afectar negativamente la satisfacción de los consumidores, ya que la palatabilidad es el principal factor de aceptación del consumidor; reducir la cantidad de grasa total disminuye también la grasa intramuscular (marmóreo) y afecta directamente la jugosidad y sabor de la carne e, indirectamente, la ternera (Webb & O'Neill, 2008). Ambos tratamientos con cromo mostraron diferencias significativas en casi todos los ácidos grasos, siendo mayores, lo que sugiere que los lomos de los cerdos suplementados con cromo podrían presentar mejor marmóreo y sabor.

Se concluye, que el uso de ractopamina puede tener un impacto negativo en algunas características de la calidad de la carne y al estar prohibido, en muchos países, hace necesario encontrar sustitutos, con los cuales, se pueda obtener resultados similares y que no presenten ningún riesgo para la salud humana. Usar cromo de levadura en la suplementación de cerdos parece ser una buena alternativa para reemplazar la ractopamina; con su uso, se pueden obtener buenos resultados productivos sin afectar, de forma negativa, la calidad de la carne, manteniendo características, como su ternera y mejorando su perfil de ácidos grasos. Además, al ser un aditivo que no representa riesgo para la salud humana, no está restringido en ningún país, por lo tanto, su uso no cierra las puertas para futuras exportaciones.

Se sugiere realizar ensayos con otras dosis de Cr-lev, para llegar a dosis óptimas para los sistemas de producción de Colombia; al mismo tiempo, que realizar ensayos con cerdos que cuenten con un peso superior a los 100kg de peso vivo, para evaluar el efecto del aditivo, en la etapa donde se presenta el pico de acumulación de grasa.

**Agradecimientos:** A la Universidad Tecnológica de Pereira, por el apoyo brindado. **Conflictos de interés:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** El estudio fue financiado por la Universidad Tecnológica de Pereira, por medio de proyecto de investigación con código 5-16-8.

## REFERENCIAS

1. AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, AMSA. 2015. Instrumental Measures Of Tenderness And Textural Properties. En: AMSA. (eds). Research Guidelines for Cookery, Sensory and Instrumental Tenderness Measurement of Fresh Meat. Ed. AMSA (Champaign). p.82-87.
2. ANDRETTA, I.; KIPPER, M.; LEHNEN, C.R.; DEMORI, A.B.; REMUS, A.; LOVATTO, P.A. 2012. Meta-analysis of the relationship between ractopamine and dietary lysine levels on carcass characteristics in pigs. *Livestock Science*. 143(1):91-96. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.09.004>
3. ATHAYDE, N.B.; COSTA, O.A.D.; ROÇA, R.O.; GUIDONI, A.L.; LUDTKE, C.B.; LIMA, G.J.M.M. 2012. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. *J. of Animal Science*. 90(12):4604-4610. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5102>
4. AYUSO, D.; GONZÁLEZ, A.; HERNÁNDEZ, F.; CORRAL, J.M.; IZQUIERDO, M. 2013. Prediction of carcass composition, ham and foreleg weights, and lean meat yields of Iberian pigs using ultrasound measurements in live animals. *J. of Animal Science*. 91(4):1884-1892. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5357>
5. BRAÑA, D.; RAMÍREZ, E.; RUBIO, M.; SÁNCHEZ, A.; TORRESCANO, G.; ARENAS, M.L.; PARTIDA, J.A.; PONCE, E.; RÍOS, F.G. 2011. Parámetros de Calidad en la Carne. En: SAGARPA-INIFAP (eds). Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Ed. SAGARPA-INIFAP (Querétaro). p.7-55.
6. BUČKO, O.; LEHOTAYOVÁ, A.; HAŠČÍK, P.; BAHELKA, I.; GÁBOR, M.; BOBKO, M.; DEBRECÉNI, O.; TREMBECKÁ, L. 2015. Effect of chromium nicotinate on oxidative stability chemical composition and meat quality of growing-finishing pigs. *Potravinarstvo*. 9(1):562-572. <https://doi.org/10.5219/521>
7. DIKEMAN, M.E. 2007. Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science*. 77:121-135. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.011>
8. EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, EFSA. 2012. Scientific Opinion Scientific Opinion on ChromoPrecise® cellular bound chromium yeast added for nutritional purposes as a source of chromium in food supplements and the bioavailability of chromium from this source 1. European Food Safety Authority J. 10(11):2951. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2951>

9. GHEISAR, M.M.; KIM, I.H. 2017. Phytobiotics in poultry and swine nutrition— a review. *Italian J. of Animal Science*. 17:92-99. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>
10. LEMME, A.; WENK, C.; LINDEMANN, M.; BEE, G. 1999. Chromium yeast affects growth performance but not whole carcass composition of growing-finishing pigs. *Ann. Zootech.* 48(6):457-468.
11. LEÓN, J.F. 2014. La carne de cerdo y la tendencia “light”: ¿Amenaza u oportunidad? *Porcicultura Colombiana*. 195:28-32.
12. LI, H.; GARIÉPY, C.; JIN, Y.; FONT I FURNOLS, M.; FORTIN, J.; ROCHA, L.M.; FAUCITANO, L. 2015. Effects of ractopamine administration and castration method on muscle fiber characteristics and sensory quality of the longissimus muscle in two Piétrain pig genotypes. *Meat Science*. 102:27-34. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.027>
13. LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L.; MONEGUE, H.J.; PURSER, K.W. 2008. Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs. *J. Animal Science*. 86(11):2971-2978. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0888>
14. MORENO, R.A. 2007. Importancia del cromo en el organismo de personas con diabetes tipo II. *Rev. Tecnociencia Univ.* 5(5):3-7.
15. NIÑO, A.M.M.; GRANJA, R.H.M.M.; WANSCHER, A.C.B.A.; SALERNO, A.G. 2015. The challenges of ractopamine use in meat production for export to European Union and Russia. *Food Control*. 72, part B: 289-292. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.015>
16. PERES, L.M.; BRIDI, A.M.; ABÉRCIO DA SILVA, C.; ANDREO, N.; PINHEIRO BARATA, C.C.; NAGI DÁRIO, J.G. 2014. Effect of low or high stress in pre-slaughter handling on pig carcass and meat quality. *Rev. Bras. Zootecnia*, 43(7):369-375. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000700004>
17. POMPEU, M.A.; RODRIGUES, L.A.; CAVALCANTI, L.F.L.; FONTES, D.O.; TORAL, F.L.B. 2017. A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth, carcass, and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine. *J. Animal Science*. 95(4):1644-1659. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1181>
18. RIKARD-BELL, C.; CURTIS, M.A.; VAN BARNEVELD, R.J.; MULLAN, B.P.; EDWARDS, A.C.; GANNON, N.J.; HENMAN, D.J.; HUGHES, P.E.; DUNSHEA, F.R. 2009. Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars, intact boars, and gilts. *J. Animal Science*. 87(11):3536-3543. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2002>
19. ROCHFORD, S.; PARKER, A.J.; DUNSHEA, F.R. 2008. Plant bioactives for ruminant health and productivity. *Phytochemistry*. 69(2):299-322. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.08.017>
20. ROSSI, C.A.; LOVATTO, P.A.; LENHEN, C.R.; ANDRETTA, I.; CERON, M.S.; LOVATO, G.D. 2010. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi. *Ars Veterinaria*. 26(2):95-103.
21. SALES, J.; JANČÍK, F. 2011. Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing wine: A meta-analysis. *J. Animal Science*. 89(12):4054-4067. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3495>
22. TAVÁREZ, M.A.; BOLER, D.D.; CARR, S.N.; RITTER, M.J.; PETRY, D.B.; SOUZA, C.M.; KILLERFER, J.; MCKEITH, F.K.; DILGER, A.C. 2012. Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *J. Animal Science*. 90:5122-5134. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5438>
23. VAN DE LIGT, C.P.A.; LINDEMANN, M.D.; CROMWELL, G.L. 2002. Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth, carcass, and blood criteria in growing pigs. *J. Animal Science*. 80(9):2412-2419. <https://doi.org/10.2527/2002.8092412x>
24. WATANABE, P.H.; THOMAZ, M.C.; PASCOAL, L.A.F.; RUIZ, U.S.; DANIEL, E.; AMORIM, A.B.; CRISTANI, J.; CASTRO, F.F. 2012. Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 64(5):1381-1388. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500040>
25. WEBB, E.C.; O'NEILL, H.A. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science* 80:28-36. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.029>
26. WOOD, J.D.; ENSER, M.; FISHER, A.V.; NUTE, G.R.; SHEARD, P.R.; RICHARDSON, R.I.; HUGHES, S.I.; WHITTINGTON, F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 78:343-358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>

27. WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 66:21-32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
28. XIONG, Y.L.; GOWER, M.J.; LI, C.; ELMORE, C.A.; CROMWELL, G.L.; LINDEMANN, M.D. 2006. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*. 73(4):600-604. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.016>