

Evaluación del expeller de soja en dietas de cerdos en recría y engorde

MURCIA, V.N.¹; PORDOMINGO, A.J.¹; PORDOMINGO, A.B.¹; FRANCO, R.²

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta animal, calidad de la canal y de la carne de cerdos recriados y engordados con dietas con diferentes niveles de reemplazo de harina de soja por expeller de soja. Treinta y seis animales de 40 ± 2 kg de peso vivo (PV) inicial fueron alimentados con 4 dietas isoproteicas (19 y 16% para recría y engorde, respectivamente) compuestas por maíz, expeller y harina de soja y el núcleo vitamínico mineral, determinadas por el porcentaje de inclusión del expeller de soja como oferente proteico en reemplazo de harina de soja. Los tratamientos fueron identificados como: D0: 100% harina de soja (dieta control); D33: 33,3% expeller de soja, 66,7% harina de soja; D66: 66,7% expeller de soja, 33,3% harina de soja y la D100: 100% expeller de soja. Superados los 100 kg de PV se realizó la faena. No se encontraron diferencias ni contrastes significativos ($P > 0,05$) en los parámetros productivos evaluados. La ganancia media diaria fue de $895,5 \pm 0,04$ g, el índice de conversión promedio de $2,4 \pm 0,33$ y el $53 \pm 0,86\%$ de magro. Los tratamientos establecidos no tuvieron efectos significativos ($P > 0,05$) sobre las características físicas de la carcasa. Los valores promedios de pH a los 45 min y 24 h *post mórtem* fueron de $5,95 \pm 0,22$ y $5,74 \pm 0,21$, respectivamente. El color se puntúo con $1,96 \pm 0,43$ y el marmoleado del *longissimus dorsi* (LD) se valoró con $2,04 \pm 0,54$ según las cartillas estándar de National Pork Producers Council (NPPC, 2000), respectivamente. Los perfiles de lípidos del LD y de la grasa subcutánea no fueron afectados por las dietas ($P > 0,05$). Se obtuvieron en promedio un 40% de AGS, 46% de AGMI y 14% AGPI y un 42% AGS, 37,21% AGMI y un 19,79% AGPI para la grasa intramuscular del LD y la grasa subcutánea, respectivamente. El análisis económico de las dietas utilizadas determinó que, en el contexto económico actual, la utilización del expeller de soja disminuye los costos económicos de alimentación sin afectar rendimientos productivos, características de la canal ni calidad de la carne.

Palabras clave: ácidos grasos, calidad de la canal, rendimiento productivo.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of replacing soybean meal for press extruded soy beans (ExpS) in the diet on growth performance, meat quality parameters and fatty acid composition of the longissimus dorsi muscle of growing - fattening pigs. The experiment used 32 pigs. Eight animals were determined for each of following treatments: D1 (control diet) diet based on soybean meal with no ExpS, D2 which included 33.3% of ExpS and 67.3% of soybean meal, D3 which included 67.3% of ExpS and 33.3% of soybean meal, and D4 which included 100% ExpS. No treatment effects or significant contrasts were detected ($P > 0.05$) for the parameters evaluated. Average daily weight gain was 895.5 ± 0.04 g, the overall all average of gain: feed ratio was 2.44 ± 0.33 and the overall lean yield was $53 \pm 0.86\%$ across treatments. Diet treatments did not affect ($P > 0.05$) pH at 45 min and ultimate pH (5.95 ± 0.22 and 5.74 ± 0.21 , respectively across treatments). Color and marbling scores of

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Anguil, Ruta Nacional N.º 5, km 580 (6326), La Pampa. Universidad Nacional de la Pampa. Correo electrónico: murcia.vanina@inta.gob.ar

²Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Anguil, Ruta Nacional N.º 5, km 580 (6326), La Pampa. Correo electrónico: franco.raul@inta.gob.ar

the LD muscle were 1.96 ± 0.43 ; 2.04 ± 0.54 , respectively. Likewise, no differences were detected ($P>0.05$) for the lipid groups and main single lipids of LD intramuscular fat or subcutaneous fat longissimus dorsi intramuscular lipid proportions of total lipids were comprised of 40% SFA, 46%, MUFA, 14% PUFA. Subcutaneous fat proportions were 42% SFA, 37.21% MUFA and 19.79% PUFA. In conclusion, this study suggests that press-extruded soybeans fed in the diet would have a similar response compared with soybean meal on performance and meat quality attributes in growing –fattening pig programs. The substitution would be cost effective.

Keywords: fatty acids, carcass quality, grown performance.

INTRODUCCIÓN

El 90-93% de la producción de poroto de soja de Argentina es procesado por empresas aceiteras, generando harina y expeller de soja como subproductos del proceso (Juan *et al.*, 2015). Ambos son alimentos de alto valor nutritivo porque representan la fuente principal de proteínas y de aminoácidos esenciales de monogástricos y rumiantes (Gallardo, 2005). Sin embargo, según el sistema de extracción de aceite utilizado, existen diferencias nutricionales en cuanto al contenido de aceites remanentes, 9% y <2% en expeller y harina de soja, respectivamente (Lawrence *et al.*, 2003; Méndez *et al.*, 2010; Juan *et al.*, 2015).

La industria porcina ha ido cambiando según las preferencias de los consumidores, destinando la producción al consumo de carnes seguras, saludables y sabrosas (Cheng *et al.*, 2017), seleccionando genotipos magros y alimentándolos con dietas que contienen grasas insaturadas (Viljoen y Ras, 1991).

Si bien, el incremento de ácido linoléico (ALA C18:3 n-3) y otros ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) resultan beneficiosos para la salud, son indeseables en el procesamiento de la carne porcina porque generan grasa blanda que dificultan la manipulación e incrementan la rancidez (Averette Gatlin *et al.*, 2002a). Teniendo en cuenta que en Argentina existe escasa o nula información sobre los efectos de la inclusión del expeller de soja en la dieta de cerdos recriados y engordados es que cobra importancia conocer el rendimiento productivo y características de la carne de los cerdos alimentados con expeller de soja como suplemento proteico.

El objetivo del trabajo fue determinar la respuesta productiva y económica, y la calidad de la canal y de la carne de cerdos recriados y engordados con diferentes niveles de inclusión del expeller de soja en la dieta en reemplazo de harina de soja para lo cual, se plantean los siguientes objetivos particulares: (1) evaluar el efecto de la inclusión de expeller de soja en reemplazo de harina de soja en la dieta sobre el rendimiento, las características de la carcasa y respuesta animal; (2) analizar el perfil de ácidos grasos del *longissimus dorsi* (LD) y grasa subcutánea de los animales alimentados con diferentes porcentajes de inclusión del expeller de soja en la dieta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo de campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez, Córdoba. Tuvo una duración de 70 días, comprendiendo los meses noviembre de 2017 hasta febrero de 2018. La faena de los animales utilizados se realizó en las instalaciones del frigorífico Mattievich de la localidad de Carcarañá, Santa Fe. Las determinaciones de calidad de carne se realizaron en las instalaciones del laboratorio de calidad de producto de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil, La Pampa.

Se utilizaron 36 cerdos, procedentes de la progenie de cruzamientos de madres híbridas con padrillos terminales de empresas genéticas, con un peso vivo inicial promedio del individuo de 40 ± 2 kg hasta un peso vivo final superior a los 100 kg. Estos se encontraban en buen estado sanitario, inmunizados contra enfermedades infecto-contagiosas y desparasitados. Los animales fueron alojados al azar en los corrales de alimentación de a 3 por corral, hasta el momento de la faena y alimentados *ad libitum* con acceso libre de agua. Previamente al inicio del ensayo tuvieron un periodo de adaptación de siete días. Se utilizaron tres corrales por tratamiento, los cuales estaban equipados con comederos tolva, bebederos chupetes y piso ranurado.

Se trabajó con cuatro dietas isoproteicas (19 y 16% para recría y engorde, respectivamente) compuestas por maíz, expeller y harina de soja y el núcleo vitamínico mineral. La composición química de los ingredientes utilizados se muestra en la tabla 1. Las raciones se formularon cubriendo los requerimientos nutricionales de acuerdo a NRC (2012) para cerdos en recría (40 a 70 kg PV) y engorde (70 a 105 kg PV). Las dietas se definieron por el nivel de sustitución de harina de soja por expeller de soja (tabla 2). Las dietas fueron identificadas como: D0 = 100% harina de soja (dieta control); D33 = 33,3% expeller de soja, 66,7% harina de soja; D66 = 66,7% expeller de soja, 33,3% harina de soja y la D100 = 100% expeller de soja.

Los animales fueron pesados individualmente con balanza electrónica al iniciar el ensayo y luego cada 15 días hasta alcanzar el peso de faena predeterminado. A partir de los valores de PV se calculó la ganancia media diaria (GMD, kg/día) por diferencia de peso entre pesadas.

	PB	MS	ExtrE	Ceniza
	%			
Expeller de soja	45	96	6	6,42
Harina de soja	46,3	90,1	1,8	7,4
Maíz	8,03	89,1	4	1,33

Tabla 1. Contenido de nutrientes de los alimentos utilizados en las dietas de desarrollo y engorde.

Se registró diariamente el peso del alimento ofrecido y el remanente del día anterior (ya que se realizó diariamente) para determinar por diferencia el consumo de materia seca (CMS) promedio de cada corral. Este dato se dividió por la cantidad de animales por corral para obtener el consumo de materia seca por animal. El CMS se expresó en valor absoluto por animal (kg MS día⁻¹ animal⁻¹). El índice de conversión (IC) del alimento se calculó como la relación entre el CMS medio del periodo por la GMD por corral.

A los 100 kg de PV promedio se midió el espesor de grasa dorsal *in vivo*, a la altura de la última vértebra dorsal a 5 cm hacia un lado de la columna, con el equipo de ultrasonido RENCO Lean Meater. Los resultados se expresaron en mm. El dato obtenido fue utilizado posteriormente para determinar el porcentaje de magro de la carcasa.

El momento de la faena fue a tiempo fijo cuando los animales superaron los 100 kg de PV. Luego de la última pesada, los animales se trasladaron a la planta frigorífica comercial, Mattievich SA, ubicada a 80 km de la Estación Experimental INTA Marcos Juárez, y se faenaron a las 12 h de su arribo.

A los 45 minutos posfaena se tomó el pH del músculo *longissimus dorsi* (LD) a la altura de la décima costilla con el pHmetro portátil Testo 230.

Luego de la faena, las carcasas fueron mantenidas en cámara de oreo (4 °C) durante 24 h. Posteriormente, se procedió a medir la profundidad del pecho desde el canal vertebral hasta el esternón y el diámetro del jamón, a la altura de la porción más pronunciada de la cadera, medidas indicativas de la conformación de la carcasa, según Harrington, (1858). Los datos se expresaron en cm.

Posteriormente, se realizó la segunda toma de pH en el LD y se procedió a extraer un bloque de bife con hueso del lado izquierdo de cada canal, incluyendo la sección del LD en un corte transversal a la columna vertebral entre la décima y onceava costilla. Los bloques se identificaron individualmente y fueron conservados a 4±1 °C para la determinación del área de ojo de bife del LD (AOB), color del LD en fresco, marmoleado y humedad del LD. Luego se envasaron al vacío utilizando bolsas para vacío tipo Sealed air Cryovac de 50 µm y se congelaron a -20 °C, se transportaron al Laboratorio de Calidad de Forrajes y Productos de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil, La Pampa.

Sobre los bifés de la decimoprimer costilla se realizaron las determinaciones: área de ojo de bife (AOB), color, humedad y composición proximal. Sobre los correspondientes a la décima costilla se determinó el perfil de lípidos de la grasa intramuscular y de la grasa dorsal (Morel *et al.*, 2006; Olivares *et al.*, 2010; Alonso *et al.*, 2012).

Los análisis físicos que se realizaron fueron: Área de ojo de bife (AOB): se obtuvo calcando el contorno del ojo de bife sobre una hoja de acetato y por planimetría se calculó la superficie abarcada. Los resultados se expresaron

	Recría				Terminación			
	D0§	D33	D66	D100	D0	D33	D66	D100
Composición por ingredientes, %								
Expeller de soja	0	33,3	66,7	100	0	33,3	66,7	100
Harina de soja	100	66,7	33,3	0	100	66,7	33,3	0
Maíz	67	66	66	65	73	73	72	71
Núcleo	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Contenido de nutrientes, %								
Proteína bruta, %	19	19	19	19	16	16	16	16
Extracto etéreo, %	3,02	3,67	4,22	5,07	3,17	3,65	4,13	4,81
Materia Seca, %	88,5	89,2	89,7	90,5	88,5	88,9	89,4	90,1
EM, kcal/kg MS	3263	3273	3282	3296	3276	3284	3292	3303
C18:2 n-6	1,66	1,97	2,24	2,66	1,77	2,01	2,24	2,58
Relación EM: Lisina	3,55	3,53	3,52	3,5	2,9	2,88	2,87	2,86
*Lisina digest. %	0,98	0,99	1	1,01	0,78	0,79	0,8	0,81

Tabla 2. Composición de ingredientes y nutricional de las dietas ofrecidas en las etapas de desarrollo o recría y terminación.

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100% de expeller soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

*Lisina Digestible: Requerimiento basado en el consumo diario de alimento, que dependerá del peso y del sexo del animal, condiciones medioambientales y energía digestible de la dieta (NRC, 2012).

en cm². Color del LD: se determinó mediante score visual utilizando las cartillas estándar de puntuación de National Pork Producers Council (NPPC, 2000), posterior al tiempo de desarrollo del blooming. La escala de las cartillas (rango 1-6) comienza en las carnes más pálidas hasta las más oscuras pasando por los colores intermedios. Marmoleado del LD: se evaluó la cantidad de grasa dispuestas entre las fibras musculares del LD tomando como referencia el rango de 1 a 10 de las cartillas estándar de puntuación de National Pork Producers Council (NPPC, 2000).

Para realizar los análisis bioquímicos previstos los bifes fueron descongelados a 4±1 °C durante 24 horas (Almada *et al.*, 2011). Se apartó la grasa externa y el tejido conectivo de los bifes seleccionados para las determinaciones de composición proximal y perfil de lípidos. Posteriormente las muestras de LD se molieron utilizando una procesadora para carne. Una alícuota se utilizó para la determinación de humedad obtenida por diferencia de peso después de 24 h en una estufa a 100 °C. El resto fue liofilizado en el liofilizador Labconco (EE. UU., Kansas).

Los contenidos de humedad, proteína, ceniza y grasa se determinaron acorde a los métodos descritos por la AOAC (2000). Los valores de PB se determinaron por el método Kjeldahl (contenido de nitrógeno por el factor 6,25). El contenido de ceniza se obtuvo mediante incineración en una mufla durante 8 h a 600 °C. Los lípidos totales se extrajeron con hexano en ebullición en un equipo Tecator según el método Soxhlet (AOAC, 2005). Todos los resultados se expresaron en porcentaje.

Sobre una alícuota de las muestras liofilizadas se realizó la transmetilación de los lípidos según el método de Park y Goins (1994). Los ácidos grasos metilados se analizaron en un cromatógrafo gaseoso Perkin Elmer CLARUS 600, equipado con un detector de ionización a llama (FID). La separación de las muestras se realizó con una columna Agilent Technologies CP-Sil88 (100 m x 0,25 mm id) y nitrógeno como gas portador. La temperatura inicial del horno fue 150 °C/min, luego se programaron 3 rampas de temperatura. La rampa 1 incrementó de 2 °C/min hasta 174 durante 0 min; la rampa 2: incrementó de 0,2 °C/min hasta 178 °C por 0 min y la rampa 3: incrementó de 2 °C/min hasta 225 durante 7,5 min acorde con Duckett *et al.* (2013). Las muestras se corrieron por duplicado, con una relación de split de 100:1 para ácidos grasos de cadena larga y trans C18:1 y una relación de split 10:1 para los isómeros CLA y ácidos grasos de cadena larga omega 3. Los ácidos grasos individuales se identificaron por comparación de los tiempos de retención con estándares Supelco Mix 37 (47885-U Supelco -Aldrich) y se cuantificaron incorporando un estándar interno (ácido metiltricosanoico, C23:0) dentro de cada muestra durante la metilación. Los ácidos grasos individuales se agruparon en: AGS [mirístico (C14:0) + palmítico (C16:0) + esteárico (C18:0)]; AGMI [palmitoleico (C16:1) + oleico (C18:1 cis 9) + C18:1 cis 11]; AGPI n-3 [linoléico (C18:3) EPA (C20:5) + DPA (C22:5) + DHA (C22:6)]; AGPI n-6 [α -linoleico (C18:2) + Araquidónico (C20:4)] y AGPI [AGPI n-3 + AGPI n-6]. Los resultados se expresaron como porcentaje en peso del

total de ácidos grasos y se determinaron las relaciones AGPI: AGS y n-6: n-3.

Los animales se distribuyeron al azar en 12 corrales, de a 3 por corral. Los corrales fueron las unidades experimentales sobre las cuales se aleatorizaron los cuatro tratamientos, se generaron 3 repeticiones por tratamiento. El análisis estadístico para todas las variables se realizó utilizando el procedimiento PROC GLM (SAS, 1999). Se aplicaron contrastes ortogonales (Bonferroni, 1936).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3 se sintetizaron los resultados de respuesta productiva y de calidad de la carcasa. No se encontraron diferencias significativas en los parámetros evaluados ($P>0,05$) entre ninguno de los tratamientos. En promedio de todos los tratamientos los animales ingresaron con un peso inicial de 40,9±1,2 kg y alcanzaron 103,6±3,4 kg de peso final. Tuvieron una GMD de 895,5±0,04 g, un IC promedio de 2,4±0,3 y el 53±0,8% de magro. Resultados similares de crecimiento y engorde fueron obtenidos por Olivares *et al.* (2010) quienes utilizaron dietas formuladas a base de maíz y trigo con el agregado de ácidos grasos saturados (aceite de palma) o con ácidos grasos insaturados (soja extruida rica en C18:2 n 6).

Sin embargo, Averette Gatlin *et al.* (2002b) trabajaron con dietas establecidas por el porcentaje de inclusión del aceite de soja en un 0; 33,3; 66,7; 100%. Las variaciones en las concentraciones de AL (C18:2 n 6) fueron desde 4,11 al 1,56% del total de la dieta, reportaron disminución del rendimiento productivo; mientras que Cheng *et al.* (2017), Teye *et al.* (2006) y Wiseman y Agunbiade (1998) no encontraron diferencias con la adición de ingredientes ricos en AL (C18:2 n 6) como el aceite de orégano, palma, poroto de soja sobre el rendimiento productivo. De la misma manera, Landero *et al.* (2012) y Lawrence *et al.* (2003) evaluaron nutricionalmente la harina de soja obtenida por solvente y por prensado sin encontrar diferencias en el rendimiento en animales de recría y engorde. Por un lado, la dieta control no contenía harina de soja, mientras que las otras estuvieron determinadas por la inclusión del 20 y 40% de harina de soja o expeller de soja, en reemplazo de la harina de pescado y de sangre. Por otro lado, el rendimiento de la carcasa, el espesor de grasa dorsal y el pH muscular no fueron afectados por el remplazo de la harina de soja por el expeller de soja. Del mismo modo ocurrió en el trabajo reportado por Teye *et al.* (2006) quienes utilizaron aceites de diferentes materias primas ricas en el contenido de AL (C18:2 n 6).

En la tabla 4 se representan las variables evaluadas para las características físicas y químicas del LD. No presentaron diferencias ($P>0,05$) entre los tratamientos utilizados: D0= 100% harina de soja (dieta control); D33 = 33,3% expeller de soja, 66,7% harina de soja; D66 = 66,7% expeller de soja, 33,3% harina de soja y la D100 = 100% expeller de soja. Los valores promedios de pH a los 45 min y 24 h *post mórtem* fueron de 5,9 ± 0,22 y 5,7 ± 0,21, respectivamente. Estos valores encontrados de pH a las 24 h coinciden con

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
Peso vivo, kg						
Día 0	41,3	41	40,8	40,7	0,7	0,89
Día 43	78	78,5	79,9	80,2	1,4	0,76
Día 70	102,6	102,7	104,4	105,1	1,97	0,74
Ganancia media diaria, g/día						
Recría	854	872	908	919	33,9	0,52
Terminación	909	896	907	920	64,9	0,99
Consumo promedio de materia seca, kg/día						
Recría	1,9	1,91	1,97	1,94	0,13	0,97
Terminación	2,55	2,56	2,64	2,62	0,2	0,98
Índice de conversión, kg alimento/kg aumento de peso vivo						
Recría	2,25	2,21	2,18	2,12	0,21	0,97
Terminación	2,8	2,89	2,94	2,87	0,22	0,97

Tabla 3. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el rendimiento productivo y la eficiencia de conversión de alimento a peso vivo de cerdos en recría y terminación.

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100% de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de F > Fo

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
Magro, %	53,3	53,6	53,6	52	0,49	0,16
Peso canal caliente, kg	85,4	87	89,6	89,3	2,26	0,55
Peso canal frío, kg	43	44,3	45,3	46,8	1,27	0,27
Características del <i>longissimus dorsi</i>						
Humedad, %	74,6	73,6	73,6	73,7	0,36	0,23
PB, %	21,8	22,2	22,3	22,3	0,27	0,6
EE, %	2,4	2,8	2,6	2,7	0,34	0,85
Ceniza, %	1,2	1,2	1,1	1,2	0,02	0,5
pH0	6,1	5,9	5,8	6,1	0,13	0,24
pHf	5,7	5,8	5,8	5,7	0,12	0,78
AOB, cm²	31,5	31,7	31,5	31,8	0,88	0,99
*Score de color	2,2	1,5	2,1	2,1	0,25	0,28
*Score de Marmoleo	2,5	1,7	1,9	2,1	0,31	0,34
**Humedad del LD	2,3	2	2,2	2	0,26	0,75

Tabla 4. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre las características de la canal y del músculo *longissimus dorsi* de cerdos en recría y terminación.

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100% de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de F > Fo

Magro = Relación músculo: grasa

PB = Proteína Bruta

ExtrE = Extracto etéreo

pH0 = pH a los 45 min *post mórtem*

pHf = pH a las 24 h *post mórtem*

AOB = Área del ojo de Bife

*Score de color y marmoleo son descriptos en "Pork composition and quality assessment procedures, 2000"

** Score Humedad = valoración subjetiva de la superficie de corte en escala de 1-3, siendo firme, húmeda o exudativa, respectivamente (NPPC, 2000).

el rango normal (5,45-5,75) establecido en la escala de pH por Bendall y Swatland (1988), los cuales son considerados beneficiosos para las características que determinan la calidad de la carne de cerdo (Boler *et al.*, 2010). El color se puntuó con $1,96 \pm 0,43$ y el marmoleado del LD se valoró con $2,04 \pm 0,54$, según las cartillas estándar NNPC. Datos similares fueron reportados por Alonso *et al.* (2012), quienes utilizaron suplementos del 3% de grasas animales con respecto las dietas suplementadas con harina de soja y Corino *et al.* (2002), quienes trabajaron con suplementaciones de fuentes de aceite del 3% del total de alimento.

Con respecto a los porcentajes de humedad, PB, ExtE y ceniza del *longissimus dorsi* (tabla 4), no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los diferentes niveles de expeller de soja en reemplazo de harina de soja. Alonso *et al.* (2012) reportaron diferencias en el contenido proporcional de grasa intramuscular luego de suministrar suplementos de grasa animal con similares porcentajes de ExtE en la dieta, a los del presente trabajo (3,02; 3,67; 4,22; 5,07%, para las dietas D0, D30, D60 y D100, respectivamente).

El efecto de los tratamientos sobre el perfil de los ácidos grasos y las relaciones AGPI: AGS y n-6: n-3 de la GI del

músculo LD son demostrados en la tabla 5 muestra. Los tratamientos no alteraron ($p > 0,05$) el porcentaje de los ácidos grasos C14:0, C16:0, C16:1, C18:0, C18:1 cis 9, AL, ALA, AA, EPA, DPA ni DHA. No se hallaron efectos significativos ($p > 0,05$) sobre el porcentaje de AGS; AGMI y AGPI y, por consiguiente, tampoco hubo diferencias en las relaciones AGPI: AGS y n-6: n-3.

Otros autores (Alonso *et al.*, 2012; Morgan Colin *et al.*, 1992) tampoco hallaron diferencias en el perfil de ácidos grasos agregando a las dietas fuentes de aceite de origen animal y en el suplemento de aceite de soja o de ALA (C18:2 n 3), respectivamente. En promedio, en este ensayo se obtuvo un 40% de AGS, de los cuales el 62% es aportado por el C16:0 y 35% por el C18:0. Según Wood *et al.* (2008a) esa respuesta se debería principalmente al producto del metabolismo de síntesis *de novo*. En promedio, del 46% de los AGMI, el 18% fue determinado por la presencia de C18:1 cis 9 y el 14% por AGPI. De esta fracción el 11% correspondió a AL (C18:2 n 6), proporción mayor que la reportada en estudios de Olivares *et al.* (2010). Quienes trabajaron con dietas isoproteicas y adicionaron un 4% aceite de palma en los tratamientos, por lo que, el

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
AGS, %	40,7	40,6	40,3	39,5	0,61	0,35
AGMI, %	46,3	45,9	45,8	45	0,85	0,71
AGPI, %	13,5	13,9	14,1	15,5	0,87	0,4
AGPI n-3, %	1,1	1,1	1,1	1,1	0,08	0,99
AGPI n-6, %	12,4	12,8	13	14,4	0,83	0,36
AGPI: AGS	0,33	0,3	0,3	0,4	0,09	0,33
n-6: n-3	11,4	11,8	11,8	13,2	0,26	0,54
C14:0, %	1,32	1,18	1,29	1,29	0,05	0,25
C16:0, %	25	24,8	25,2	24,8	0,32	0,79
C16:1, %	3	2,83	3,06	2,93	0,17	0,79
C18:0, %	14	13,1	13,6	13,2	0,38	0,3
C18:1 cis 9, %	39,5	39,3	38,9	38,4	0,66	0,65
C18:1 cis 11, %	3,78	3,79	3,77	3,62	0,13	0,79
C18:2 n-6, %	10,6	10,9	11	12,3	0,66	0,29
C18:3 n-3, %	0,67	0,7	0,68	0,68	0,05	0,98
C20:4, %	1,81	1,88	1,91	2,06	0,21	0,84
C22:5, %	0,31	0,28	0,31	0,32	0,04	0,93

Tabla 5. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa intramuscular del músculo *longissimus dorsi* de cerdos en recría y terminación.

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100% de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de $F > F_0$

AGS = Ácidos grasos saturados

AGMI = Ácidos grasos monoinsaturados

AGPI = Ácidos grasos poliinsaturados

AGPI- n3 = Ácidos grasos poliinsaturados n-3

AGPI- n6 = Ácidos grasos poliinsaturados n-6

	D0§	D33	D66	D100	EE	P
AGS, %	42,5	42	42,3	40,8	0,44	0,72
AGMI, %	36,9	37,7	37,3	36,9	0,86	0,63
AGPI, %	19,9	19,4	19,3	20,9	0,09	0,54
AGPI n-3, %	1,08	1,07	1,16	1,23	0,84	0,64
AGPI n-6, %	18,9	18,3	18,1	19,7	0,03	0,57
AGPI: AGS, %	0,48	0,46	0,46	0,51	0,03	0,63
n-6: n-3, %	17,7	17,8	15,9	15,9	1,52	0,66
C14:0, %	1,32	1,29	1,34	1,21	0,05	0,39
C16:0, %	25,6	25	25,3	24,4	0,06	0,58
C16:1, %	1,37	1,57	1,71	1,45	0,13	0,24
C18:0, %	15,6	15,7	15,7	15,3	0,53	0,93
C18:1 cis 9, %	33,7	34,3	33,5	33,6	0,47	0,55
C18:1 cis 11, %	1,81	1,79	2,09	2,14	0,18	0,41
C18:2 n-6, %	18,7	18	17,9	19,8	0,84	0,59
C18:3 n-3, %	0,94	0,94	1	1,09	0	0,55
C20:4, %	0,21 ^a	0,22 ^a	0,25 ^{ab}	0,32 ^b	0,02	0,04
C22:5, %	0,13	0,1	0,11	0,12	0,01	0,75

Tabla 6. Efectos de la inclusión creciente de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja sobre el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea dorsal de cerdos en recría y terminación.

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100% de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

EE = Error estándar de diferencias de medias

P = Probabilidad de F > Fo

AGS = Ácidos grasos saturados

AGMI = Ácidos grasos monoinsaturados

AGPI = Ácidos grasos poliinsaturados

AGPI- n3 = Ácidos grasos poliinsaturados n3

AGPI- n6 = Ácidos grasos poliinsaturados n6

a - b las medias con distintas letras son significativamente diferentes p<0,05

nivel de aceite de este trabajo fue significativamente superior al del presente experimento.

La tabla 6 muestra el efecto de los tratamientos sobre la composición de ácidos grasos de la grasa subcutánea. No se encontraron diferencias significativas (P>0,05) en el porcentaje de los ácidos grasos debido a los tratamientos, excepto para C20:4. El 42±2,36% del total fueron AGS, dentro de los cuales predominó el C16:0. El 37,21±2,62% y el 19,79 ± 1,88% representaron los AGMI y AGPI. Dentro de los cuales se destacaron el C18:1 cis 9 y el AL (C18:2 n 6), respectivamente. El contenido de AGPI sería adecuado para la producción de chacinados, acorde a lo indicado por Averette Gatlin *et al.* (2002b).

En general, estos resultados concuerdan con otros autores que formularon dietas con inclusión de aceite de soja, con contenidos de ExtE similares a los del presente trabajo en el cual, en las dietas se reemplazó la harina de soja por el expeller de soja. (Alonso *et al.*, 2012; Morel *et al.*, 2006; Teye *et al.*, 2006). Los efectos significativos (P<0,05) del ácido graso C20:4 (tabla 6) entre los tratamientos D0 y D100 podrían ser explicados mediante la elongación de AL

	Recría				Terminación	
	D0§	D33	D66	D100	D0§	D33
\$/kg alimento	7,87	7,7	7,57	7,35	7,55	7,43
IC, kg MS/ kg PV	2,25	2,21	2,18	2,12	2,8	2,89
CMS, kg/día	90	88,4	87,2	84,8	70	72,2
\$/ kg GMD	17,7	17	16,5	15,6	21,1	21,5

Tabla 7. Costo económico de la utilización de expeller de soja en reemplazo de la harina de soja en la alimentación de desarrollo y terminación de cerdos.

§D0, D33, D66 y D100 = 0; 33,3; 66,7 y 100% de expeller de soja, respectivamente en reemplazo de la harina de soja en la dieta.

P = Probabilidad de F > Fo

IC= Índice de conversión

CMS= Consumo de materia seca

GMD= Ganancia media diaria

(C18:2 n 6) en el proceso de deposición. La magnitud de esta diferencia no sugiere efectos de significancia biológica, aunque amerita una investigación de mayor precisión al respecto que la alcanzada en el presente ensayo.

Por un lado, Alonso *et al.* (2012) reportaron menores porcentajes de AGMI y mayores porcentajes de AGPI en inclusiones del 1% aceite de soja en dieta en comparación a las de 3%; aunque ambas inclusiones, similares a las del presente trabajo, no tuvieron efectos significativos en la calidad de carne. Por otro lado, Benz *et al.* (2011) demostraron que el contenido de AL (C18: 2 n 6) en la grasa subcutánea fue mayor al incluir 5% de aceite de soja a la dieta. Bee *et al.* (2002, 1999) han reportado que la inclusión de aceite en la dieta inhibe la síntesis de ácidos grasos de *novo* en el tejido adiposo. Por lo tanto, aumentaría el porcentaje de AL (C18: 2 n 6) dietario, la deposición de este ácido y su concentración. En este trabajo, el porcentaje de adición ExtrE fue del 3%, con lo cual no se vio afectada la síntesis de ácidos grasos de *novo*.

Teniendo en cuenta los precios a diciembre de 2018, la utilización de expeller de soja al 100% como suplemento proteico en las raciones de cerdos de recría-engorde, abarataría aproximadamente un 10% los costos de las raciones, con respecto a las dietas que utilizan harina de soja. Si se tiene en cuenta que la alimentación en la producción porcina justifica el 60% de los costos, la utilización de expeller de soja se presenta como una oportunidad atractiva para obtener altos rendimientos productivos y parámetros de calidad de carne, sin llegar a afectar la manufactura de productos chacinados, con un costo de alimentación más bajo (tabla 7).

CONCLUSIÓN

El presente trabajo sugiere que la inclusión de hasta 100% de expeller de soja en reemplazo a la harina de soja con características nutricionales similares al utilizado no generaría diferencias tanto en los parámetros productivos como en las características referentes a la calidad de la canal y de carne. Se concluye que la fracción adicional de aceite que se incorpo-

ra con el aporte del expeller no tendría efectos de significancia sobre las características físicas de la grasa o de la composición de los lípidos musculares o subcutáneos. En el contexto de las dietas ofrecidas, la inclusión de expeller de soja respecto de la harina permitiría una reducción del 10% de los costos de alimentación por lo que su uso sería recomendable.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMADA, C.A.; BONATO, P.I.; CARDUZA, F.; COSSU, M.E.; GRIGIONE, G.M.; IRURUETA, M.; PERLO, F.; PICALLO, A.B.; TEIRA, G.A. 2011. Manual de procedimientos. Determinación de los parámetros de calidad física y sensorial de carne bovina. INTA-UBA-UN Lujan-UNNER. Ed. INTA.
- ALONSO, V.; NAJES, L.M.; PROVINCIAL, L.; GUILLÉN, E.; GIL, M.; RONCALÉS, P.; BELTRÁN, J.A. 2012. Influence of dietary fat on pork eating quality. *Meat Science* 92(4): 366-73.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17th ed. Assoc. of Off. Anal. Chem., Washington, D. C.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. 4th supplement, Arlington, VA, EUA.
- AVERETTE GATLIN, L.; SEE, M.T.; LARICK, D.K.; LIN, X.; ODLE, J. 2002a. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. *American Society for Nutritional Sciences*. 132 (10): 3105-12.
- AVERETTE GATLIN, L.; SEE, M.T.; HANSEN, J.A.; SUTTON, D.; ODLE, J. 2002b. The effects of dietary fat sources, levels, and feeding intervals on pork fatty acid composition. *Journal of Animal Science* 80(6): 1606-15.
- BEE, G.; MESSIKOMMER, R.; GEBERT, S. 1999. Dietary fats and energy levels differently affect lipogenic enzyme activity in finishing pigs. *Fat/Lipid* 101:336-342.
- BEE, G.; GEBERT, S.; MESSIKOMER, R. 2002. Effect of dietary energy supply and fat source on the fatty acid pattern of adipose and lean tissues and lipogenesis in the pig. *Journal Animal Science*. 80:1564-1574.
- BENDALL, J.R.; SWATLAND, H.J. 1988. A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat science* 24(2), 85-126.
- BENZ, J.M.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; NELSEN, J.L.; DEROUCHÉY, J.M.; SULABO, R.C.; GOODBAND, R.D. 2011. Effects of choice white grease and soybean oil on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89(2): 404-13.
- BOLER, D.D.; DILGER, A.C.; BIDNER, B.S.; CARR, S.N.; EGGERT, J.M.; DAY, J.W.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K.; KILLEFER, J. 2010. Ultimate pH explains variation in pork quality traits. *Journal of Muscle foods* 21(217): 119-30.
- BONFERRONI, C. 1936. Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze, 8, 3-62.
- CHENG, C.; LIU, Z.; ZHOU, Y.; WEI, H.; ZHANG, X.; XIA, M. 2017. Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of longissimus thoracic muscle in growing-finishing pigs. *Meat Science* 133: 103-9.
- CORINO, C.; MAGNI, S.; PAGLIARINI, E.; ROSSI, R.; PASTORELLI, G.; CHIESA, L.M. 2002. Effects of dietary fats on meat quality and sensory characteristics of heavy pig loins. *Meat Science* 60(1): 1-8.
- DUCKETT, S. K.; NEEL, J.P.S.; LEWIS, J.P.; FONTENOT, J.P.; CLAPHAM, W.P. 2013. Effects of winter stocker growth rate and finishing system on: III. Tissue proximate, fatty acid, vitamin, and cholesterol content. *Journal Animal Science*. 91: 1454-1467.
- GALLARDO, G. M. 2005. Soja: harinas de extracción para la alimentación del ganado. Un análisis de las cualidades nutricionales de los diferentes tipos, de acuerdo al método de extracción utilizado. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuario-INTA. Rafaela, Argentina.
- HARRINGTON, G. 1958. Pig carcass evaluation. *Commonwealth Agricultural Bureaus: England* 1-119.
- JUAN, N.A.; MASSIGOGUE, J.I.; ERRASQUIN, L.; MÉNDEZ, J.M.; OCHANDIO, D.C.; SAAVEDRA, M.C.; PAOLILLI, M.C.; ALLADIO, R.M.; ACCORONI, C.; BEHR, E.F. 2015. Calidad de la soja procesada y de expeller producido por la industria de extrusado-prensado en Argentina. Ediciones INTA: 31.
- LANDERO, J.L.; BELTRANENA, E.; CERVANTES, M.; ARAIZA, A.B.; ZIJLSTRA, R. 2012. The effect of feeding expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility in weaned pigs. *Animal Feed Science and Technology* 171(2-4): 240-45.
- LAWRENCE, K.R.; GOODBAND, R.D.; TOKACH, S.S.; DRITZ NELSEN, J.L.; DEROUCHÉY, J.M.; HASTAD, C.W.; GROESBECK, C.N. 2003. Effects of extruded-expelled soybean meal and solvent extracted soybean meal level of growth performance of weaning pigs 1, 2. *Swine Day*: 90-96.
- MENDEZ, J.M.; COVACEVICH, M.; CAPURRO, J. 2010. Procesamiento del grano de soja en la provincia de Santa Fe mediante extrusado y prensado. Para mejorar la Producción 45 47: 137-40.
- MOREL, P.C.H.; MCINTOSH, J.C.; JANZ, J.A.M. 2006. Alteration of the fatty acid profile of pork by dietary manipulation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 19(3): 431-37.
- MORGAN COLIN, A.; RAYMOND, N.; MASSIMO, C.; MCCARTNEY, R. 1992. Manipulation of the fatty acid composition of pig meat lipids by dietary means. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58(3): 357-68.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2012. Nutrient requirements of swine. National Academies Press.
- NPPC. NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL 2000. Pork composition and quality assessment procedures. In Natl. Des Moines, IA: Pork Board.
- OLIVARES, A.; DAZA, A.; REY, A.I.; LÓPEZ-BOTE, C.J. 2010. Effect of diet saturation on growth performance, carcass characteristics and fat quality of heavy pigs. *Food Science and Technology International* 16(4): 321-27.
- PARK, P.W.; GOINS, R.E. 1994. In situ preparation of fatty acid methyl esters for analysis of fatty acid composition in foods. *Journal of Food Science* 59 (6): 1262-1266.
- SAS. STATISCAL ANALYSIS SYSTEM. 1999. SAS User's Guide: Statistics (Version 8). SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA. 3884 p.
- TEYE, G.A.; SHEARD, P.R.; WHITTINGTON, F.M.; NUTE, G.R.; STEWART, A.; WOOD, J.D. 2006. Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science* 73(1): 157-65.
- VILJOEN, J.; RAS, M.N. 1991. The effect of different dietary fat sources, withdrawal times, and castration on the fatty acid composition of back-fat in bacon pigs. *South Africa. Journal Animal Science*. 21: 76-79.
- WISEMAN, J.; AGUNBIADÉ, J.A. 1998. The influence of changes in dietary fat and oils on fatty acid profiles of carcass fat in finishing pigs. *Livestock Production Science* 54(3): 217-27.
- 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(1): 21-32.