

Use of ground and extruded canola seeds in feed for 15-30 kg piglets

Uso de la semilla de canola molida y extrusada en la alimentación de lechones de 15-30 kg

Carina Scherer,¹ Ph.D, Antonio Furlan,² Ph.D, Ivan Moreira,² Ph.D, Angela Poveda P,^{3*} Ph.D, Paulo Carvalho,¹ Ph.D, Juliana Toledo,² Ph.D.

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Departamento de Zootecnia. Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil CEP: 85960-000 ²Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Zootecnia. Av. Colombo,5790, Maringá-Paraná, Brasil, CEP: 87020-900. ³Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Zootecnia, Rodovia Celso Garcia Cid PR 445 Km 380, Londrina-Paraná, Brasil. CEP 86057-970. Correspondencia: angelpov@gmail.com.

Received: April 2014; Accepted: November 2014.

ABSTRACT

Objective. Determine the nutritional values of ground (SCI) or extruded (SCE) canola seed and evaluate its use in the performance of piglets from 15 to 30 kg. **Materials and methods.** Two experimental diets with canola seed were evaluated in a digestibility trial. We used 15 barrows with an initial weight of 19.79 ± 1.43 kg, distributed in a completely randomized design. In the performance, four experimental diets were evaluated consisting of a diet with soybean oil added (RAS), one with the of addition of canola oil (RAC) and two oil-free; one with 11% SCI included and one with 6% SCE (RSCE) included. 40 commercial hybrid piglets were used that had 15.25 ± 1.5 kg initial body weight, randomly distributed, in four treatments and five replicates; two animals per experimental unit. **Results.** The digestible energy values for SCI and SCE were 4.197 kcal/kg and 5.234 kcal/kg, respectively. The extrusion process improved the digestibility coefficients. Piglets fed with RSCI showed less daily weight gain (DWG) and F:G ratio. **Conclusion.** Results suggest that SCE can be included in diets of piglets from 15 to 30 kg until 6% without negatively affecting performance.

Key words: Animal performance, anti-nutritional factors, digestibility, economic viability (*Source: AGROVOC*).

RESUMEN

Objetivo. Determinar los valores nutricionales de las semillas de canola integral molida (SCI) y extrusada (SCE) y evaluar su influencia sobre el desempeño de lechones de 15 a 30 kg. **Material y métodos.** Se evaluaron dos dietas experimentales con semilla de canola en un ensayo de digestibilidad. Fueron utilizados 15 lechones machos, castrados, con peso inicial de 19.79 ± 1.43 kg, distribuidos en un diseño completamente al azar. En el desempeño se evaluaron cuatro dietas experimentales que consistieron de una dieta con adición de aceite de soya (RAS), una con adición de aceite de canola (RAC) y otras dos exentas de aceite; siendo una con la inclusión de 11% de SCI (RSCI) y otra con la inclusión de 6% de SCE (RSCE). Fueron utilizados 40 lechones híbridos comerciales, con peso vivo medio inicial de 15.25 ± 1.5 kg, distribuidos en un diseño experimental completamente al azar, con cuatro tratamientos, cinco repeticiones; siendo dos animales por unidad experimental. **Resultados.** Los valores de energía digestible para SCI y SCE en base seca fueron de 4.197 kcal/kg y 5.234 kcal/

kg, respectivamente. El proceso de extrusión mejoró los coeficientes de digestibilidad. Los lechones alimentados con RSCI presentaron menor ganancia de peso (GPD) y peor conversión alimentaria (CA). **Conclusiones.** Los resultados indicaron que la SCE puede ser incluida en la dieta de lechones de 15 a 30 kg, hasta un nivel de 6% sin afectar el desempeño.

Palabras clave: Desempeño animal, digestibilidad, factores antinutricionales, viabilidad económica (Fuente: AGROVOC).

INTRODUCTION

Soy flour is the protein source most commonly used in pork production due to its high quality; however, the high cost of this feed has generated the search for alternative sources that reduce diet costs.

Canola is a variety of colza and is considered an option to substitute soy flour. It was genetically developed from colza (*Brassica napus*), which has a low glucosinolate content ($\leq 3 \mu\text{g/g}$) and the oil has less than 2% erucic acid (1). In spite of the fact that canola seed is not commonly used in animal diets, investigations have shown that this product has high amounts of protein, which allows its use as a soy flour substitute (2).

The chemical composition of canola can vary according to the genetic variety and environmental factors; however, the seed is considered to possess 23% raw protein and approximately 5.475 kcal/kg of raw energy, and the amino acid profile is compares favorably to that of soy flour (3). Whole canola seed contains from 36 to 40% excellent quality oil with less than 60 monounsaturated fatty acids and less than 7% saturated acids (4), which constitutes a source of energy that reduces the need to add oil to the diet.

The diet given to piglets should be digestible and have a high concentration of nutrients; feed should therefore undergo different processes that improve the quality of the diet (5). Among the production processes that determine the diet's physical form are flour, pelletizing and extrusion (6).

Few studies have been done on the nutritional evaluation of extruded canola seed in pigs. However, results up to now have demonstrated that using canola flour and other feed in extruded or pelletized form can be used to the partially substitute soy flour. Ahmed et al (7) determined the actual and apparent digestibility of extruded canola flour and concluded that extrusion improves apparent digestibility of raw protein, amino acids, raw energy and energy that can be metabolized. Therefore, Mariscal et al (8)

INTRODUCCIÓN

La harina de soya es la fuente de proteína más utilizada en la producción porcina por ser un producto de alta calidad; sin embargo, el alto costo de este alimento ha generado la búsqueda de fuentes alternativas que reduzcan los costos de las dietas.

La canola es una variedad de la colza y es considerada una opción para la sustitución de la harina de soya. Fue desarrollada genéticamente a partir de la colza (*Brassica napus*), que posee bajo contenido de glucosinolatos ($\leq 3 \mu\text{g/g}$) y menos de 2% de ácido erúxico en el aceite (1). A pesar de la semilla de canola no ser usada comúnmente en la dieta de animales, investigaciones han demostrado que este producto posee un alto valor proteico, lo cual permite su uso en sustitución de la harina de soya (2).

La composición química de la canola puede variar de acuerdo con la variedad genética y a factores ambientales; sin embargo, se considera que la semilla posee 23% de proteína cruda y aproximadamente 5.475 kcal/kg de energía cruda, el perfil de aminoácidos es comparado favorablemente con el de la harina de soya (3). La semilla de canola integral posee entre 36 a 40% de aceite de excelente calidad, con más de 60 ácidos grasos monoinsaturados y menos de 7% de saturados (4), lo que la constituye en una fuente de energía que disminuye la necesidad de adicionar aceite a las dietas.

La dieta ofrecida a los lechones debe ser digestible y con una alta concentración de nutrientes, para esto, los alimentos pueden ser sometidos a diferentes procesos los cuales mejoran la calidad de la dieta (5). Entre los procesos de fabricación que determinan la forma física de la dieta se encuentran la harina, la peletización y la extrusión (6)

Pocos trabajos han sido realizados sobre la evaluación nutritiva de la semilla de canola extrusada en cerdos. Sin embargo, los resultados hasta ahora han demostrado que la utilización de la harina de canola y de otros alimentos

determined the real, apparent and standardized digestibility coefficients in protein and amino acids of pelletized canola cake in recently weaned piglets. They concluded that the pelletizing process improves real digestibility of protein and amino acids.

The objective of this study was to determine the nutritional value of ground or extruded canola seeds and evaluate their use in diets for piglets in the initial phase (15 to 30 kg).

MATERIALS AND METHODS

Study site. The experiments were done in the Pork Breeding Sector of the Iguatemi Experimental Farm of the Universidad Estadual de Maringá (Paraná-Brazil), located at coordinates 23°21'S, 52°04'W, and at 564 meters above sea level.

Characterization of the feed. The variety of canola (*Brassica napus*) used was Hyola 401, donated by the Cooperativa de Caficultores y Agropecuaristas de Maringá (COCAMAR-Paraná-Brazil).

The canola seed was ground in a 2 mm sieve, one part was added to the diet in ground form and the other underwent an extrusion process using an Imbra 120 extruder from Imbramac, with 120 kg/hour capacity and an interior barrel temperature of 118°C and pressure at 1 to 2 atm.

Type of study. Experiment 1: Digestibility assay where ground canola seed (GCS) and extruded canola seed (ECS) were evaluated. Experiment 2: Determining productive parameters by evaluating four diets with 11% RSCI, 6% RSCE and two diets that include canola and soy oils.

Animals. Experiment 1: 15 barrows were used, commercial hybrids with an initial weight of 19.79±1.43, individually kept in metabolism cages. The experimental period lasted 10 days (five days of adaption to the cages and diets and five days of feces collection). Experiment 2: 40 hybrid commercial piglets were used (20 males and 20 females) with an initial weight of 15.25±1.50. The animals were held in cages suspended with plastic flooring and a front-feeding trough and nipple-type drinking dispenser.

Experiment design. Experiment 1: Completely random design with three treatments, five repetitions, with each experimental unit consisting of one piglet. Experiment 2: Completely random experimental design with four treatments, five repetitions and two animals per cage.

en forma extrusada o peletizada pueden ser utilizados en la sustitución parcial de la harina de soya. Ahmed et al (7) determinaron la digestibilidad real y aparente de la harina de canola extrusada y concluyeron que la extrusión mejora la digestibilidad aparente de la proteína cruda, aminoácidos, energía bruta y energía metabolizable, entre tanto, Mariscal et al (8) determinaron los coeficientes de digestibilidad real aparente y estandarizada de la proteína y aminoácidos de la torta de canola peletizada en lechones recién destetados. Ellos concluyeron que el proceso de peletización mejora la digestibilidad real de la proteína y de los aminoácidos.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el valor nutritivo de la semilla de canola molida o extrusada y evaluar su utilización en dietas para lechones en fase inicial (15 a 30 kg).

MATERIAL Y MÉTODOS

Sitio del estudio. Los experimentos se realizaron en el Sector de Porcicultura de la Hacienda Experimental de Iguatemi de la Universidad Estadual de Maringá (Paraná-Brasil), localizado en las coordenadas 23°21'S, 52°04'W, y con una altitud de 564 msnm.

Caracterización del alimento. La variedad de la canola (*Brassica napus*) utilizada fue la Hyola 401, donada por la Cooperativa de Caficultores y Agropecuaristas de Maringá (COCAMAR-Paraná-Brasil).

La semilla de canola fue molida en criba de 2 mm, una parte fue adicionada a la dieta en la forma molida y la otra fue sometida al proceso de extrusión utilizando una extrusora Imbra 120 de la empresa Imbramac, con capacidad para 120 kg/hora, con temperatura en el interior del cañón de 118°C y presión de 1 a 2 atm.

Tipo de estudio. Experimento 1: Ensayo de digestibilidad donde se evaluó la semilla de canola integral molida (SCI) y extrusada (SCE). Experimento 2: Determinación de parámetros productivos evaluando cuatro dietas con 11% de RSCI, 6% de RSCE y dos dietas con inclusión de aceite de canola y soya.

Animales. Experimento 1: Fueron utilizados 15 lechones machos castrados, híbridos comerciales con peso inicial de 19.79±1.43, alojados individualmente en jaulas de metabolismo. El periodo experimental tuvo duración de 10 días (cinco días de adaptación a las jaulas y a las dietas y cinco días de colecta de heces). Experimento 2: Fueron utilizados 40 lechones híbridos comerciales (20 machos y 20 hembras)

Treatments. Experiment 1: A control diet (CD) of corn and soy flour calculated to meet the requirements of the initial phase and according to the chemical composition and energy values of ingredients found in Brazilian tables for birds and pigs (9), GCS and ECS substituted in dry base, 20% of the CD, resulting in two experimental diets. Experiment 2: The experimental treatments consisted of four diets, one with a corn base and soy cake with soy oil added (DAS), another one of corn base and soy cake with the addition of canola oil (DAC) and another two without oil and 11% inclusion of ground canola seeds (GCS) and other with 6% inclusion of ground extruded canola seed (GECS).

Diets were formulated according to the recommendations given by Rostagno et al (9), these being isoenergetic, isoprotein, isocalcitic and isophosphoric (Table 1). Diets and water were available during the whole experiment. Chemical and energy composition values were used as set out by Rostagno et al (9) with the exception of energy values of the canola seeds whose values were determined in the digestibility experiment previously described.

Table 1. Centesimal and nutritional composition of experimental diets.

Ingredients	DAS	DAC	DSCI	DSCE
Corn	64.58	64.58	60.41	62.09
Ground entire canola seed	-	-	11.00	-
Extruded Canola Seed	-	-	-	6.00
Soy oil	1.43	-	-	-
Canola oil	-	1.43	-	-
Soy flour	24.50	24.50	20.30	21.50
Wheat flour	6.00	6.00	5.00	7.00
Bicalcium phosphate	1.54	1.54	1.52	1.52
Calcareous	0.60	0.60	0.56	0.60
Vitamin-Mineral Supl.	0.50	0.50	0.50	0.50
Common salt	0.40	0.40	0.40	0.40
L-Lysine HCl	0.32	0.32	0.28	0.31
DL-Methionine	0.04	0.04	-	0.02
L-Threonine	0.08	0.08	0.02	0.05
BHT	0.01	0.01	0.01	0.01
Calculated Nutritional Composition				
Digestible Energy, kcal/kg	3.366	3.368	3.389	3.394
Raw protein, %	17.76	17.76	17.88	17.87
Calcium, %	0.699	0.699	0.705	0.709
Total phosphorus, %	0.629	0.629	0.643	0.646
Available phosphorus, %	0.400	0.400	0.402	0.404
Total Lysine, %	1.122	1.122	1.124	1.122
Total Met + Cis, %	0.618	0.618	0.632	0.627
Raw Fiber, %	3.022	3.022	3.287	3.274
Ether Extract, %	4.361	4.369	6.968	5.032

Vitamin-mineral supplement. Content per kg of premix: Vit. A: 2,000,000 UI; Vit. D3: 400,000 UI; Vit. E: 5,000 UI; Vit. K3: 400 mg; Vit. B1: 400 mg; Vit. B2: 1200 mg; Vit. B6: 600 mg; Vit. B12: 6,000 mcg; Nicotinic Acid: 6,000 mg; Pantothenic Acid: 2,400 mg; Biotin: 20 mg; Folic Acid: 200 mg; Selenium: 60 mg; Colin: 30 g; Lysine: 234 g; Salinomycin: 10,000 mg; Antioxidant: 20 g; Iodine: 300 mg; Cobalt: 200 mg; Copper: 35,000 mg; Zinc: 20,000 mg; Iron: 20,000 mg; Magnesium: 8,000 mg; Vehicle q.s.p.: 1,000 g.
DAS=Diet with soy oil; DAC= Diet with canola oil; DSCI= Diet with canola seed; DSCE= Diet with extruded canola seed.

con peso inicial de 15.25±1.50. Los animales fueron alojados en jaulas suspensas con piso plástico y equipado con comedero frontal y bebedero tipo nipple.

Diseño experimental. Experimento 1: El diseño fue completamente al azar con tres tratamientos, cinco repeticiones, siendo la unidad experimental constituida por un lechón. Experimento 2: El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro tratamientos, cinco repeticiones y dos animales por jaula.

Tratamientos. Experimento 1: Una dieta control (DC) formulada a base de maíz y harina de soya, calculada para atender los requerimientos de la fase inicial y de acuerdo con la composición química y los valores energéticos de los ingredientes encontrados en las tablas brasileñas de aves y cerdos (9), la SCI y la SCE sustituyeron en base seca, 20% de la DC, resultando en dos dietas experimentales. Experimento 2: Los tratamientos experimentales consistían de cuatro dietas, una a base de maíz y torta de soya con adición de aceite de soya (DAS), otra a base de maíz y torta de soya con adición de aceite de canola (DAC), y otras dos exentas de aceite, con 11% de inclusión de semilla de canola integral molida (DSCI) y otra con 6% de inclusión de semilla de canola molida y extrusada (DSCE).

Las dietas fueron formuladas de acuerdo con las recomendaciones de Rostagno et al (9), siendo isoenergéticas, isoprotéicas, isocalcíticas e isofosfóricas (Tabla 1). Las dietas y el agua estuvieron disponibles durante todo el periodo experimental. Fueron utilizados los valores de composición química y energéticos de los alimentos propuestos por Rostagno et al (9), con excepción de los valores energéticos de las semillas de canola cuyos valores fueron determinados en el experimento de digestibilidad descrito anteriormente.

Manejo nutricional. Experimento 1: Las dietas fueron ofrecidas en dos horarios, siendo 60% a las 08:00 horas y 40% a las 16:00 horas. La cantidad total de la dieta ofrecida diariamente fue establecida de acuerdo con el consumo diario de la dieta (CDD) de los animales durante la fase de adaptación, basado en el peso metabólico ($\text{kg}^{0.75}$) de cada unidad experimental. El agua era ofrecida en el comedero, posterior al consumo de la dieta en una proporción de 3.0 mL/g de comida, calculada para cada unidad experimental, evitando un exceso de consumo de agua. Experimento 2: Los animales recibieron agua y alimento *ad libitum* durante todo el periodo experimental.

Nutritional management. Experiment 1: Diets were offered on two schedules, 60% at 08:00 hours and 40% at 16:00 hours. The total quantity offered each day was established according to the animal's daily consumption of the diet (DCD) during the adaptation phase, based on metabolic weight ($\text{kg}^{0.75}$) of each experimental unit. Water was offered in the trough after consuming the diet in a proportion of 3.0 mL/g of food, calculated for each experimental unit, avoiding an excess of water consumption. Experiment 2: The animals received water and feed *ad libitum* during the whole experiment.

Methodology. Experiment 1: The total collection method was used and 2% iron oxide (Fe_2O_3) was used as a fecal marker to indicate the beginning and end of collection. The feces produced were collected once daily, stored in plastic bags and frozen at 18°C. At the end of the collection period the material was homogenized, dried in a forced ventilation stove (55°C), and ground in a hammer type grinder with a 1 mm sieve for laboratory analysis. Experiment 2: At the end of the experiment, the animals were weighed and total consumption was calculated to determine the daily consumption of the diet (DCD), daily weight gain (DWG), and feed conversion (FC).

At the beginning and end of the assay blood samples were collected via the anterior cava vein in tubes with heparin to determine nitrogen of the plasmatic urea (PUN). The samples were centrifuged (3,000 rpm for 15 minutes) to obtain plasma that was transferred to 1.5 mL micro tubes which were duly identified and stored in a freezer (-18°C) for later analysis. The PUN values were determined with the Uréa-PP® (Gold Analisa Diagnóstico) kit. The initial PUN results were used as a co-variable for the statistical analysis of the final PUN.

Laboratory analysis. Experiment 1: Feed and feces analysis was done at the Animal Nutrition Laboratory of the Universidad Estadual de Maringá. EB values were determined by means of a calorimetric pump (Parr Instrument Co.).

Data analysis. Experiment 1: The digestibility coefficients of dry material (CDMS), raw protein (CDPC), ether extract (CDEE), organic material (CDMO) and brute energy (CDEB) of the feed were calculated taking into account the total collection method according to Sakomura and Rostagno (10).

The values of digestible dry material (MSD), digestible protein (DP), digestible ether extract (DEE) digestible organic material (DOM) and

Metodología. Experimento 1: Fue adoptado el método de colecta total, fue utilizado 2% de óxido de hierro (Fe_2O_3) como marcador fecal para indicar el inicio y el final de las colectas. Las heces producidas fueron colectadas una vez al día, almacenadas en bolsas plásticas y congeladas a 18°C. Finalizado el periodo de colecta, el material fue homogenizado, seco en estufa de ventilación forzada (55°C) y molido en molino tipo martillo con criba de 1mm para la realización de análisis de laboratorio. Experimento 2: Al final del experimento, los animales fueron pesados y el consumo total de la dieta fue computado para determinar el consumo diario de la dieta (CDD), ganancia de peso diaria (GDP) y conversión alimenticia (CA).

Al inicio y final del ensayo fueron colectadas muestras de sangre, vía vena cava anterior en tubos con heparina para la determinación del nitrógeno de la urea plasmático (PUN). Las muestras fueron centrifugadas (3.000 rpm por 15 minutos) para la obtención del plasma, que fue transferido para microtubos de 1.5 mL los cuales fueron debidamente identificados y almacenados en freezer (-18°C) para posteriores análisis. Los valores de PUN fueron determinados con el kit Uréa-PP® (Gold Analisa Diagnóstico). Los resultados del PUN inicial fueron utilizados como covariable para el análisis estadístico del PUN final.

Análisis de laboratorio. Experimento 1: Los análisis de los alimentos y de las heces fueron realizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Estadual de Maringá. Los valores de EB fueron determinados por medio de bomba calorimétrica (Parr Instrument Co.).

Análisis de datos. Experimento 1: Los coeficientes de digestibilidad de la materia seca (CDMS), de la proteína cruda (CDPC), extracto etéreo (CDEE), materia orgánica (CDMO) y de la energía bruta (CDEB) de los alimentos, fueron calculados considerando el método de colecta total según Sakomura y Rostagno (10).

Los valores de materia seca digestible (MSD), proteína digestible (PD), extracto etéreo digestible (EED), materia orgánica digestible (MOD) y energía digestible (ED) de los alimentos fueron calculados utilizando la fórmula descrita por Sakomura y Rostagno (10).

Los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes de las semillas de canola fueron sometidos a análisis de variancia, utilizándose el programa estadístico SAEG.

digestible energy (DE) of the feed were calculated using the formula described by Sakomura and Rostagno (10).

The digestibility coefficients of the nutrients in canola seeds were submitted to variance analysis, using the statistical program SAEG.

Experiment 2: To verify the economic viability of including entire ground canola seed and extruded canola seed in diets, the cost of the diet (CD) was calculated and the cost of the diet per kilogram of live weight (CMD) according to the following formula: $Y_i(\text{R}\$/\text{kg}) = Q_i \times P_i / G_i$, where Y_i = cost of the diet per kg of live weight gained in the i -th treatment; Q_i = quantity of diet consumed in the i -th treatment; P_i = price per kg of diet used in the i -th treatment; G_i = weight gain in the i -th treatment. Later the economic efficiency indexes were calculated (EEI) and the cost (CI) according to the following formulas: $EEI (\%) = M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$ y $IC (\%) = C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$, where M_{Ce} = least cost of diet per kg gained observed among the treatments; C_{Tei} = cost of the treatment i considered.

Daily consumption diet (DCD), daily weight gain (DWG), feed conversion (AC), PUN and economic variables were analyzed using the SAEG statistical program.

RESULTS

Ground entire canola seeds presented higher values for ether extract, organic material, brute energy and less raw protein when compared to extruded canola seed. Values for calcium, total phosphorus and brute energy were similar among the seeds (Table 2).

The extruded canola seed presented higher values indicating that the extrusion process improved digestibility coefficients (Table 3) of the majority of the nutrients ($p < 0.05$), except for the raw protein coefficient (CDPC), which was similar in both seeds.

Table 2. Nutritional Composition of ground entire canola seed (ICS) and extruded canola seed (ECS) dry base.

Parameters	SCI ¹	SCE ¹
Dry Material, %	95.35	96.15
Raw protein, %	24.66	27.16
Ether Extract, %	40.56	37.55
Organic Material, %	96.59	97.06
Calcium, %	0.370	0.360
Total phosphorus, %	0.570	0.560
Brute energy, kcal/kg	6.681	6.677

¹ Analysis determined in the Laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia of the Universidad Estadual de Maringá.

Experimento 2: Para verificar la viabilidad económica de la inclusión de la semilla de canola integral molida y de la semilla de canola extrusada en las dietas, fue calculado el costo de la dieta (CD) y el costo de la dieta por kilogramo de peso vivo (CMD) según la siguiente fórmula: $Y_i(\text{R}\$/\text{kg}) = Q_i \times P_i / G_i$, donde Y_i = costo de la dieta por kg de peso vivo ganado en el i -ésimo tratamiento; Q_i = cantidad de dieta consumida en el i -ésimo tratamiento; P_i = precio por kg de la dieta utilizada en el i -ésimo tratamiento; G_i = ganancia de peso en el i -ésimo tratamiento. Posteriormente fueron calculados los índices de eficiencia económica (IEE) e de costo (IC) según las siguientes fórmulas: $IEE (\%) = M_{Ce} / C_{Tei} \times 100$ y $IC (\%) = C_{Tei} / M_{Ce} \times 100$, donde M_{Ce} = menos costo de la dieta por kg ganado observado entre los tratamientos; C_{Tei} = costo del tratamiento i considerado.

El consumo diario de la dieta (CDD), la ganancia de peso diaria (GDP), la conversión alimenticia (CA), el PUN y las variables económicas fueron analizadas utilizando el programa estadístico SAEG.

RESULTADOS

La semilla de canola integral molida presentó valores mayores para el extracto etéreo, materia orgánica, energía bruta, y un menor valor para la proteína cruda cuando comparada con la semilla de canola extrusada. Los valores para calcio, fósforo total y energía bruta fueron semejantes entre las semillas (Tabla 2).

La semilla de canola extrusada presentó valores mayores indicando que el proceso de extrusión mejoró los coeficientes de digestibilidad (Tabla 3) de la mayoría de los nutrientes ($p < 0.05$), excepto para el coeficiente de proteína cruda (CDPC) que fue semejante entre las semillas.

Los valores de energía digestible (ED), de extracto etéreo digestible (EED), de la materia orgánica digestible (MOD) y de la materia seca digestible

Table 3. Apparent digestibility coefficients of ground canola seeds (ICS) and extruded canola seeds (ECS).

Coefficients	SCI	SCE	CV, % ¹
Dry Material, %	64.81±2.81b	80.15±3.98a	5.02
Raw Protein, %	69.65±4.08a	69.57±2.74a	4.99
Ether Extract, %	74.71±7.76b	92.85±3.46a	7.18
Organic Material, %	65.98±2.86b	80.47±8.24a	4.48
Brute energy, %	62.82±3.40b	81.67±3.95a	5.10

Promedios seguidos de letra diferente, en la misma línea, difieren entre sí ($p < 0.05$) por el test de F. ¹Coeficiente de variación.

The digestible energy values (DE), digestible ether extract (DEE), digestible organic material (DOM) and dry digestible material (DDM) of extruded canola seed were superior to the values of ground entire canola seeds (Table 4), demonstrating that the extrusion process improves the digestibility of those nutrients.

In the performance experiment, piglets fed with diets that contained ground canola seeds presented the least weight gain and worst feed conversion ($p < 0.10$) when compared with the control diet (Table 5), the other treatments did not show differences between the evaluated variables.

The PUN concentration did not show differences between the treatments ($p > 0.05$), indicating that the nitrogen present in the diets was used with the same efficiency and that the quality of the protein consumed was similar in all the treatments.

Table 4. Digestible values of ground canola seed (SCI) and extruded canola seed (SCE) for piglets in the initial phase (15 to 30 kg), in dry base.

Parameters	SCI	SCE
Dry digestible material, %	62.32	76.34
Digestible raw protein, %	14.98	21.34
Digestible ether extract, %	30.50	35.27
Digestible organic material, %	63.83	78.20
Digestible energy, kcal/kg	4.197	5.234

The economic analysis (Table 6) presented a lesser cost per kilogram of live weight ($p > 0.05$) for the DAC diet when compared with the other diets.

The economic efficiency index and the cost index did not reveal differences among the treatments; however, the DAC diet and the DSCE diet reached a cost and economic index of 100%, these being the most efficient.

Table 6. Costs of kilogram of ration, cost of ration per kilogram of live weight gained (RC) of piglets, economic efficiency (IEE) and cost index (IC).

Variables	DAS	DAC	DSCI	DSCE
Cost of ration, R\$/kg	0.42	0.45	0.40	0.41
CR, R\$/kg PV gained*	0.80 a	0.90 b	0.82 ab	0.80 a
IEE (%)	100	88.89	97.56	100
IC (%)	100	112.5	102.5	100

DSO=Diet with soy oil; DCO= Diet with canola oil; DSCI = Diet with canola seeds; DSCE= Diet with extruded canola seeds.

*Averages followed by different letters differ due to the Tukey test ($p < 0.05$).

(MSD) de la semilla de canola extrusada fueron superiores a los valores de la semilla de canola integral molida (Tabla 4), demostrando que el proceso de extrusión mejora la digestibilidad de estos nutrientes.

En el experimento de desempeño, los lechones alimentados con dietas que contenían la semilla de canola integral molida presentaron una menor ganancia de peso y peor conversión alimenticia ($p < 0.10$) cuando comparado con la dieta control (Tabla 5), los demás tratamientos no presentaron diferencias entre las variables evaluadas.

La concentración del PUN no presentó diferencias entre los tratamientos ($p > 0.05$), indicando que el nitrógeno presente en las dietas fue utilizado con la misma eficiencia y que la calidad de la proteína consumida fue semejante en todos los tratamientos.

Table 5. Productive averages of piglets in initial phase (15 to 30 kg).

Variables	DAS	DAC	DSCI	DSCE	C.V.
CDD, kg/day	1.370	1.368	1.347	1.327	3.06
GPD, kg/day	0.719a	0.698ab	0.656b	0.681ab	5.13
CA	1.91a	1.96ab	2.06b	1.95ab	4.18
PUN, mg/dl	10.12	8.91	9.80	9.90	15.90

DAS=Diet with soy oil; DAC= Diet with canola oil; DSCI = Diet with canola seed; DSCE= Diet with extruded canola seed; CV= Variation coefficient. Averages followed by different letters on the same line differ from the F Test ($p < 0.10$).

El análisis económico (Tabla 6) presentó un mayor costo por kilogramo de peso vivo ($p > 0.05$) para la dieta DAC cuando comparada con las otras dietas.

El índice de eficiencia económica y el índice de costos no presentaron diferencias entre los tratamientos; sin embargo, la dieta DAC y la DSCE alcanzaron un índice de costo y económico de 100%, siendo entonces más eficientes.

DISCUSIÓN

Las variaciones encontradas en la composición nutricional (Tabla 2) de las semillas de canola integral molida y extrusada, pueden ser atribuidas principalmente a la pérdida de humedad y de aceite que ocurrió durante el proceso de extrusión, lo que puede ser observado en los valores de materia seca y extracto etéreo, además, el proceso de extrusión concentró la porción proteica en el alimento. Las condiciones

DISCUSSION

Variations found in the nutritional composition (Table 2) of the ground and extruded canola seed can be attributed principally to a loss of moisture and oil that occurred during the extrusion process, which can be observed in the dry material values and the ether extract; additionally, the extrusion process concentrated the protein portion of the feed. The conditions of the process can affect the chemical characteristics and the nutritional quality of the product (11).

It is evident that the extrusion process improves the digestibility coefficients of the nutrients principally due to the physical transformation of the starch grains, provoking a structural disorganization and favoring enzymatic action (9). The results obtained for ether extract can be due to the exercise of mechanical pressure during the extrusion process, breaking down the cellular membranes, and releasing the oil (10).

Similar results were found by Ahmed et al (7) and Seneviratne et al (11), where better digestibility coefficients were found in the extruded canola flour.

Results obtained in the performance experiment (Table 5) can be attributed to factors such as extrusion, where the process probably minimizes the effects of the anti-nutritional factors (erucic acid and glucosinolates) that diminished how the protein in the diet was used, interfering with the metabolism of iodine and other metabolic processes (12). In spite of including oil and canola oils, the nutritional quality was maintained.

Similar results were described by Peñuela-Sierra (2), who asserted that the quantity of the glucosinolates can explain the different responses obtained in the productive parameters. Montoya y Leterme (13), feeding pigs with different levels of canola flour and canola seed oil, did not observe differences in the feed conversion.

The low PUN values are related to taking greater advantage of nitrogen for tissue deposition, indicating that the quantity and quality of the amino acids added to the diet was adequate.

In conclusion, ground canola seeds and extruded canola seeds presented 4.197 and 5.234 kcal/kg of digestible energy in dry base, respectively, the extrusion process being an efficient method to improve the digestibility of the nutrients.

The inclusion of up to 6% extruded canola seed in the diets of piglets in the initial phase (15 to 30 kg) did not harm the productive parameters;

del proceso pueden afectar las características químicas y calidad nutricional del producto (11).

Es evidente que el proceso de extrusión mejora los coeficientes de digestibilidad de los nutrientes debido principalmente a las transformaciones físicas en los gránulos de almidón provocando una desorganización estructural, favoreciendo la acción enzimática (9). Los resultados obtenidos para el extracto etéreo pueden ser debido a que en el proceso de extrusión se ejerció una presión mecánica, rompiendo las membranas celulares, disponiendo la grasa (10).

Resultados semejantes fueron encontrados por Ahmed et al (7) y Seneviratne et al (11) donde encontraron mejores coeficientes de digestibilidad en la harina de canola extrusada.

Los resultados obtenidos en el experimento de desempeño (Tabla 5) pueden ser atribuidos a factores como la extrusión, donde probablemente el proceso minimiza los efectos de los factores anti nutricionales (ácido erúxico y los glucosinolatos) los cuales disminuyen el aprovechamiento de la proteína en la dieta, interfiriendo en el metabolismo del yodo y otros procesos metabólicos (12). A pesar de la inclusión de los aceites y de las semillas de canola la calidad nutricional se mantuvo.

Resultados semejantes fueron descritos por Peñuela-Sierra (2), quienes afirman que la cantidad de glucosinolatos pueden explicar las diferentes respuestas obtenidas en los parámetros productivos. Montoya y Leterme (13), alimentando cerdos en ceba con diferentes niveles de harina de canola y aceite de semilla de canola, no observaron diferencias en la conversión alimenticia.

Los valores bajos de PUN están relacionados con una mejor utilización del nitrógeno para la deposición de tejido, indicando que fue adecuada la cantidad y la calidad de los aminoácidos adicionados a la dieta.

En conclusión la semilla de canola integral molida y la semilla de canola extrusada presentaron contenido de energía digestible de 4.197 y 5.234 kcal/kg en base seca, respectivamente, siendo el proceso de extrusión un eficiente método para mejorar la digestibilidad de los nutrientes.

La inclusión de hasta un 6% de la semilla de canola integral extrusada en las dietas de lechones en fase inicial (15 a 30 kg), no perjudican los parámetros productivos; sin embargo, su uso está condicionado a la disponibilidad del

however its use is conditioned to its availability and price so that the diets can be economically viable.

Acknowledgements

To COCAMAR for donating the canola seed used in this study.

alimento y de su precio, para que las dietas sean económicamente viables.

Agradecimientos

A COCAMAR por la donación de la semilla de canola utilizada en este trabajo.

REFERENCES

- Estevez RL, Duarte JB, Chambo APS, Cruz MIF. A cultura da canola. *SAP* 2014; 13(1):1-9.
- Peñuela Sierra LM. Utilização do farelo de canola na alimentação de suínos [Tesis de Doctorado]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pósgrado em Zootecnia; Departamento de Zootecnia; 2011.
- Magne J, Huneau JF, Tsikas D, Delemeasure S, Rochette L, Tome D, Mariotti F. Rapeseed protein in a high-fat mixed meal alleviates postprandial systemic and vascular oxidative stress and prevents vascular endothelial dysfunction in healthy rats. *J Nutr* 2009; 139(9):1660-1666.
- Skydlowska-Czerniak A, Trokowski K, Karlovits G, Szlyk E. Determination of antioxidant capacity, phenolic acids, and fatty acid composition of rapeseed varieties. *J Agric Food Chem* 2010; 58(13):7502-7509.
- Allan GL, Boot MA. Effects of extrusión processing on digestibility of peas, lupins, canola meal and soybean meal in silver perch *Bidyanus bidyanus* diets. *Aqua Res* 2004; 35(10):981-991.
- Costa ER, Da Silva LPG, Da Silva JHV, Carvalho LE, De Carvalho MXC. Desempenho de leitões alimentados com diversas formas físicas da ração. *Cienc Anim Bras* 2006; 7(3):241-247.
- Ahmed A, Zulkifli I, Farjam AS, Abdillah N, Liang JB. Extrusion enhances metabolizable energy and ileal amino acids digestibility of canola meal for broiler chickens. *Ital J Anim Sci*, 2014; 13(1):44-47.
- Mariscal G, Reis TC, Parra JE. Determinación de los coeficientes de digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína y aminoácidos de la torta de canola en lechones recién destetados. *Rev Colomb Cienc Pecu* 2008; 21:201-209.
- Rostagno HS. *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos*. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa; 2011.
- Sakomura NK, Rostagno HS. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep; 2007.
- Seneviratne S, Beltranena E, Newkirk RW, Goonewardene LA, Zijlstra RT. Processing conditions affect nutrient digestibility of cold-pressed canola cake for grower pigs. *J Anim Sci* 2011; 89(8):2452-2461.
- Van Barneveld RJ. Using pulses, canola meal and other strategies to enhance the cost-competitiveness of swine diets and resulting production efficiency. *Advances in Pork Production* 2008; 19:247-255.
- Montoya CA y Leterme P. Validation of the net energy content of canola meal and full-fat canola seeds in growing pigs. *Can J Anim Sci* 2010; 90(2):213-219.