

Nutritional value of palm kernel meal, fruit of the royal palm tree (*Roystonea regia*), for feeding broilers

Valor nutritivo de la harina de palmiche, fruto de la palma real (*Roystonea regia*), en la alimentación de pollos de ceba

Madeleidy Martínez-Pérez, Yesenia Vives Hernández, Bárbara Rodríguez, O. G. Pérez Acosta and Magalys Herrera Villafranca

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba
Email: mademar@ica.co.cu

Madeleidy Martínez-Pérez: <https://orcid.org/0000-0003-1585-2858>

Yesenia Vives Hernández: <https://orcid.org/0000-0002-6469-4289>

Bárbara Rodríguez: <https://orcid.org/0000-0003-0740-9346>

O. G. Pérez Acosta: <https://orcid.org/0000-0003-3656-7116>

Magalys Herrera Villafranca: <https://orcid.org/0000-0002-2641-1815>

To determine the nutritional value of *Roystonea regia* fruit (palm kernel) meal for feeding broilers, an experiment was developed with 40 male animals, distributed in four treatments according to a completely randomized design: control (corn-soybean paste) and inclusion of 5, 10 and 15 % of palm kernel meal. The physical and chemical composition of the ingredient was calculated using descriptive statistics and Pearson correlation was applied to demonstrate the association degree among indicators. Apparent fecal retention of nutrients was studied by total excreta collection method. Crude protein was moderate, while ether extract and fiber fractionation contents were high. The analysis of physical properties showed low solubility and greater buffering capacity against acids with respect to bases (0.61 vs 0.24 meq). There was a high correlation between chemical and physical characteristics (greater than 85 %). Apparent fecal retention of neutral detergent fiber showed a reduction from 10 % inclusion of palm kernel meal in the ration, while control and 5 % did not differ among treatments. Regarding ether extract, the highest coefficient was reached with 5 %, and the lowest with 15 % (88.04 and 83.38 %, respectively) ($P < 0.05$). It is concluded that palm kernel meal has adequate nutritional value for feeding broilers.

Key words: *poultry, palm fruit meal, physical and chemical composition, apparent fecal nutrient retention*

The royal palm (*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook) is native of the Cuban archipelago. Studies carried out by Caro *et al.* (2015) and Arias *et al.* (2016) report that its nuts constitute a good source of fiber and energy for monogastric animals. Its use as an unconventional feed source for pigs has been well studied (Ly and Grageola 2016). However, there are few reports about the productive performance when it is included in rations destined for broilers (Rodríguez *et al.* 2020).

To include non-traditional foods in animal feed, it is necessary to study their nutritional value. The definition of this term is not simple and its calculation is not easily obtained, but it is necessary to emphasize the indicators that determine it (Savón

Para determinar el valor nutritivo de la harina de frutos de *Roystonea regia* (palmiche) en la alimentación de pollos de ceba se desarrolló un experimento con 40 animales machos, distribuidos en cuatro tratamientos según diseño completamente aleatorizado: control (maíz-pasta de soya) e inclusión de 5, 10 y 15 % de harina de palmiche. Se calculó la composición fisicoquímica del ingrediente mediante estadística descriptiva y se aplicó correlación de Pearson para conocer el grado de asociación entre los indicadores. Se estudió la retención fecal aparente de nutrientes por el método de colecta total de excretas. La proteína bruta fue moderada, en tanto que el extracto etéreo y los tenores del fraccionamiento fibroso resultaron elevados. El análisis de las propiedades físicas evidenció baja solubilidad y mayor capacidad amortiguadora ante los ácidos con respecto a las bases (0.61 vs 0.24 meq). Hubo alta correlación entre las características químicas y físicas (mayor de 85 %). La retención fecal aparente de la fibra detergente neutro mostró reducción a partir de 10 % de inclusión de harina de palmiche en la ración, mientras que el control y 5 % no difirieron entre tratamientos. En relación con el extracto etéreo, con 5 % se alcanzó el mayor coeficiente, y con 15 % el menor (88.04 y 83.38 %, respectivamente) ($P < 0.05$). Se concluye que la harina de palmiche posee valor nutricional adecuado para su uso en la alimentación de pollos de ceba.

Palabras clave: *aves, harina de frutos de palma, composición fisicoquímica, retención fecal aparente de nutrientes*

La palma real (*Roystonea regia* (Kunth) O.F. Cook) es endémica del archipiélago cubano. Estudios realizados por Caro *et al.* (2015) y Arias *et al.* (2016) informan que sus frutos constituyen una buena fuente de fibra y energía para animales monogástricos. Su uso como fuente no convencional de alimento para el ganado porcino se ha estudiado con notoriedad (Ly y Grageola 2016). Sin embargo, son escasos los informes acerca del comportamiento productivo cuando se incluye en raciones destinadas a pollos de ceba (Rodríguez *et al.* 2020).

Para incluir alimentos no tradicionales en la alimentación animal es necesario el estudio de su valor nutritivo. La definición de este término no es sencilla y su cálculo no se obtiene de manera fácil, sino que es necesario enfatizar en indicadores que lo determinan

2005). According to Cáceres and González (2000), the calculation of nutritional value includes, as main indicators, chemical composition, intake, digestibility of its components and energy value of food, as well as the obtained animal production. Considering the above, it is necessary to develop studies that allow to estimate, on a scientific basis, the degree of use of feed, especially if it is a fibrous food, the introduction of which could affect the use efficiency of nutrients in poultry.

There are very few studies that address aspects related to the digestive use of palm kernels in poultry. Therefore, the objective of this study was to determine the nutritional value of *Roystonea regia* fruit meal for feeding broilers.

Materials and Methods

Animals and diets. Forty male broilers (HE₂₁), 21 d of age, with an average initial live weight of 750 g were used. They were individually housed, according to a completely randomized design, in 40 x 40 x 80 cm galvanized wire metabolic cages. Each cage had a feeder and two nipple-type drinkers. Water intake was ad libitum.

The experimental treatments consisted of four diets, formulated according to the requirements established by NRC (1994) for this category of poultry. The control consisted of a conventional corn-soybean paste diet. In the remaining three treatments, 5, 10 and 15 % of palm kernel meal were included, so that diets

(Savón 2005). De acuerdo con Cáceres y González (2000), el cálculo del valor nutritivo comprende, como principales indicadores, la composición química, el consumo, la digestibilidad de sus componentes y el valor energético del alimento, así como la producción animal que se obtiene. Si se considera lo anterior, es preciso desarrollar estudios que permitan estimar sobre bases científicas el grado de utilización de los alimentos, mayormente si se trata de un alimento fibroso, cuya introducción pudiera afectar la eficiencia del uso de nutrientes en las aves.

En la literatura disponible existen muy pocos trabajos que aborden aspectos relacionados con la utilización digestiva del palmiche en aves. Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar el valor nutritivo de la harina de frutos de *Roystonea regia* en la alimentación de pollos de ceba.

Materiales y Métodos

Animales y dietas. Se utilizaron 40 pollos de ceba machos (HE₂₁), de 21 d de edad, con peso vivo inicial promedio de 750 g. Se alojaron de manera individual, según diseño completamente aleatorizado, en jaulas metabólicas de alambre galvanizado de 40 x 40 x 80 cm. Cada jaula contó con un comedero y dos bebederos tipo tetina. El consumo de agua fue ad libitum.

Los tratamientos experimentales consistieron en cuatro dietas, formuladas según los requerimientos establecidos por la NRC (1994) para esta categoría de aves. El control consistió en una dieta convencional maíz-pasta de soya. En los tres tratamientos restantes se incluyó 5, 10 y

Table 1. Experimental diets corresponding to growth period (21-35 d)

Ingredients	Control	Palm kernel 5 %	Palm kernel 10 %	Palm kernel 15 %
Corn meal	55.40	50.29	44.65	38.92
Soybean paste	35.21	35.00	35.25	35.55
Vegetable oil	5.50	5.80	6.15	6.55
Monocalcium phosphate	1.58	1.60	1.60	1.63
Calcium carbonate	1.40	1.40	1.40	1.38
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30
Methionine	0.18	0.18	0.13	0.13
Choline chloride	0.13	0.13	0.22	0.24
Mineral and vitamin premix ¹	0.30	0.30	0.30	0.30
Palm kernel meal	0.00	5.00	10.00	15.00
Calculated analysis, %				
CP	19.87	19.72	19.72	19.74
ME, kJ/kg	13.17	13.15	13.12	13.10
CF	2.84	4.25	5.67	7.10
Available P	0.45	0.45	0.45	0.45
Ca	0.91	0.92	0.92	0.93
Met. + Cys.	0.780	0.776	0.782	0.781
Lysine	1.07	1.06	1.05	1.05

¹Vitam. A, 10,000 IU; vitam. D₃, 2,000 IU; vitam. E, 10mg; vitam. K, 2 mg; thiamine, 1 mg; riboflavin, 5 mg; pyridoxine, 2 mg; vitam. B₁₂, 15.4 µg; nicotinic acid, 125 mg; calcium pantothenate, 10 mg; folic acid, 0.25 mg; biotin, 0.02 mg. Mineral supplement: selenium, 0.1 mg; iron, 40 mg; copper, 12 mg; zinc, 120 mg; magnesium, 100 mg; iodine, 2.5 mg; cobalt, 0.75 mg

remained isoproteic and isoenergetic throughout the experimental period. Table 1 shows the percentages of inclusion of raw materials in the diets and its calculated composition. For preparing the palm kernel meal, the method proposed by Vives *et al.* (2020) was used, with the fruits of royal palm tree, obtained in the Mayabeque province, Cuba.

Experimental procedure. To determine the physical and chemical composition of palm kernel, six samples from six bags were analyzed in duplicate. For this, the content of each one was spread individually on a clean and flat surface and portions were taken from the four corners and from the center to form a mixture of approximately 1 kg. Samples were reduced to a particle size of 1 mm in a hammer mill and subsequently passed through a sieve of the same size to guarantee their uniformity.

For the study of apparent fecal retention of nutrients, the total excreta collection method was used (Ly and Lemus 2007). This study was carried out in November at the facilities of the Institute of Animal Science, in Mayabeque, Cuba.

In the first seven days, the animals were adapted to cages and to diet intake. During this period, they had food and water at will. Subsequently, in the following five days, food was offered at a rate of 200 g per day, divided into two rations: morning and afternoon. Rejection was controlled for calculating the intake. Feces were collected, individually and quantitatively. Once the sampling of biological materials was finished, a mixture of the excreta was formed from the taking of an aliquot of 10 % of feces, which was kept frozen at -20 °C until the moment of its analysis.

Determination of chemical composition. Percentage of dry matter (DM), nitrogen (N), crude protein (CP) and total ash was determined, according to the methodology described by AOAC (2019). For the extraction of neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, cellulose and hemicellulose, the fractionation method of van Soest *et al.* (1991) was applied. Each analysis was performed by triplicate.

Determination of physical properties. Solubility was determined by the method of Seoane *et al.* (1981). For water adsorption (WAC) and buffer capacities, the procedure described by Savón *et al.* (1999) was applied.

Apparent fecal retention of nutrients. It was determined by the following formula:

$$\text{Retention, (\%)} = \left(\frac{\text{intake} - \text{fecal excretion}}{\text{intake}} \right) * 100$$

Experimental design and statistical analysis. Descriptive statistics was used for the analysis of physicochemical composition of palm kernel meal. For the study, position and dispersion statistics were used (mean, standard deviation and coefficient of variation). Pearson correlation was applied to know the association degree among indicators. Correlation values greater than

15 % de harina de palmiche, de manera que las dietas se mantuvieran isoprotéicas e isoenergéticas durante todo el período experimental. En la tabla 1 se muestran los porcentajes de inclusión de las materias primas en las dietas y su composición calculada. Para la elaboración de la harina de palmiche se utilizó el método propuesto por Vives *et al.* (2020) y se usaron los frutos de palma real, obtenidos en la provincia Mayabeque, Cuba.

Procedimiento experimental. Para la determinación de la composición fisicoquímica del palmiche se analizaron por duplicado seis muestras, provenientes de seis sacos. Para ello se esparció individualmente el contenido de cada uno sobre una superficie limpia y plana y se tomaron porciones de las cuatro esquinas y del centro para conformar una mezcla de aproximadamente 1 kg. Las muestras se redujeron a tamaño de partícula de 1 mm en molino de martillo y se pasaron posteriormente por un tamiz de igual medida para garantizar su uniformidad.

Para el estudio de la retención fecal aparente de nutrientes se utilizó el método de recolección total de excretas (Ly y Lemus 2007). El estudio se realizó en noviembre en las instalaciones del Instituto de Ciencia Animal, en Mayabeque, Cuba.

En los primeros siete días, las aves se adaptaron a las jaulas y al consumo de las dietas. Durante este período dispusieron de alimento y agua a voluntad. Posteriormente, en los siguientes cinco días, se ofertó el alimento a razón de 200 g diarios, divididos en dos raciones: mañana y tarde. Se controló el rechazo para calcular el consumo. Se recolectaron las heces de los animales, individual y cuantitativamente. Una vez terminado el muestreo de los materiales biológicos, se conformó una mezcla de las excretas a partir de la toma de una alícuota del 10 % de las heces, que se conservó en congelación a -20 °C hasta el momento de su análisis.

Determinación de la composición química. Se determinó el porcentaje de materia seca (MS), nitrógeno (N), proteína bruta (PB) y cenizas totales, según la metodología descrita por la AOAC (2019). Para la extracción de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina, celulosa y hemicelulosa se utilizó el método de fraccionamiento de van Soest *et al.* (1991). Cada análisis se realizó por triplicado.

Determinación de las propiedades físicas. La solubilidad se determinó mediante el método de Seoane *et al.* (1981). Para la capacidad de adsorción de agua (CAA) y bufferante, amortiguadora o tampón, se aplicó el procedimiento descrito por Savón *et al.* (1999).

Retención fecal aparente de nutrientes. Se determinó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Retención, (\%)} = \left(\frac{\text{consumo} - \text{excreción fecal}}{\text{consumo}} \right) * 100$$

Diseño experimental y análisis estadístico. Se usó la estadística descriptiva para el análisis de la composición fisicoquímica de la harina de palmiche. Para el estudio se utilizaron los estadígrafos de posición y dispersión (media, desviación estándar y coeficiente de variación).

0.85 (85 %) were considered.

A completely randomized design was used, with four treatments and ten repetitions. For the analysis of apparent fecal nutrient retention, each animal constituted an experimental unit. In the necessary cases, mean values were compared using Duncan test (1955). INFOSTAT statistical program (di Rienzo *et al.* 2012) was used for all analyzes.

Results and Discussion

The physical and chemical composition of palm kernel meal is demonstrated in table 2. DM showed high content, which indicates low moisture content in the meal and confirms that the procedure for its preparation was adequate. According to Sánchez *et al.* (2020), changes in nutritional quality depend on this. CP levels, similar to those reported by Caro *et al.* (2015), were obtained in the western region of Cuba, to which Mayabeque province belongs, from which the source for this study comes. According to the cited authors, the fraction is considered relatively modest when compared to other oilseed sources, such as sesame (*Sesamum indicum* Linn., 24.02%) (Onainor *et al.* 2018) and sunflower (*Helianthus* L., 23.90 %) (Zajac *et al.* 2020).

Se aplicó correlación de Pearson para conocer el grado de asociación entre los indicadores. Se consideraron aquellos valores de correlación superiores a 0.85 (85 %).

Se empleó diseño completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos y diez repeticiones. Para el análisis de la retención fecal aparente de nutrientes, cada animal constituyó la unidad experimental. En los casos necesarios, los valores medios se compararon mediante la dócima de Duncan (1955). Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

La composición fisicoquímica de la harina de palmiche se muestra en la tabla 2. La MS mostró alto contenido, lo que indica bajo contenido de humedad en la harina y demuestra que el procedimiento empleado para su elaboración fue adecuado. Según Sánchez *et al.* (2020), de ello depende que no se modifique la calidad nutricional. Se obtuvieron valores de PB similares a los informados por Caro *et al.* (2015) en la región occidental de Cuba, a la que pertenece la provincia Mayabeque, de donde procede la fuente para este estudio. Según los autores citados, la fracción se considera relativamente modesta si se compara con otras fuentes oleaginosas, como el sésamo (*Sesamum indicum* Linn., 24.02 %) (Onainor *et al.* 2018) y el girasol

Table 2. Physical and chemical composition of palm kernel meal

Indicators, %	Mean (n=6)	SD	CV, %	Minimum	Maximum	
DM	91.31	1.31	1.44	89.69	92.72	
CP	8.77	0.14	1.57	8.58	8.90	
EE	16.06	0.08	0.52	15.96	16.14	
Ashes	5.90	0.32	5.35	5.37	6.24	
NDF	72.55	1.40	1.94	70.81	74.11	
ADF	55.84	0.66	1.19	55.16	57.01	
Lignin	9.19	0.50	5.45	8.71	9.95	
Cellulose	45.28	0.79	1.76	44.20	46.40	
Hemicellulose	16.70	1.09	1.18	15.46	18.42	
Solubility	12.77	0.69	5.40	12.16	13.86	
Water adsorption capacity, g/g	7.81	0.38	4.86	7.13	13.86	
Buffer capacity	meq acid	0.61	0.14	22.31	0.49	0.82
	meq basic	0.24	0.05	20.77	0.18	0.30

Regarding ether extract (EE), values obtained are within the interval reported by Pérez-Acosta *et al.* (2020) for the species (15.84-17.91 %). The high content in this fraction indicates good energy content in the seed. Studies carried out by Vicente-Murillo *et al.* (2017) found that fatty acids, between 8 and 18 carbon atoms, are present in *R. regia* oil. Palmitoleic, oleic and linoleic unsaturated acids, which are beneficial for health, stand out among them. The latter two are known to be hypocholesterolemic, and that their action is determined by the decrease of LDL cholesterol concentrations (bad) and the increase

(*Helianthus* L., 23.90 %) (Zajac *et al.* 2020).

Con respecto al extracto etéreo (EE), los valores obtenidos se encuentran en el intervalo informado por Pérez-Acosta *et al.* (2020) para la especie (15.84-17.91 %). El alto contenido en esta fracción indica buen contenido energético en la semilla. En estudios realizados por Vicente-Murillo *et al.* (2017) se comprobó que en el aceite de *R. regia* están presentes ácidos grasos, entre 8 y 18 átomos de carbono. Entre ellos sobresalen los insaturados palmitoleico, oleico y linoleico, que son beneficiosos para la salud. Se conoce que estos dos últimos son hipocolesterolemiantes, y que su acción está dada por la disminución de las concentraciones

of HDL cholesterol (good) (Rincón and Martínez 2009).

With respect to fibrous fractioning indicators, contents of NDF, ADF and cellulose were high, and coincide with the means previously reported by Arias *et al.* (2016). In general, this high cell wall composition is inversely related to nutrient digestibility and they have low energy content in relation to other fractions (Lohaus *et al.* 2019). However, lignin values were similar to those reported by Caro *et al.* (2015) and lower than those reported for rapeseed (*Brassica napus*) (12.89-13.15 %) (Stubbs and Kennedy 2017). This component has an inhibitory effect on the optimal use of food, due to the strong covalent bonds that it establishes with the polysaccharides of the cell wall, such as cellulose and hemicellulose, which impose a barrier to its complete degradation (Oraby and Ramadan 2015), so that the less it is present in the food, the better the digestion process will be.

Hemicellulose figures are in the range reported as an average by Giger and Pochet (1987) for different food sources (10-25 %). For monogastric animals, this fraction is more digestible than celluloses. The hemicellulose:cellulose ratio was 0.37. According to Marrero (1998), the lower this ratio is within food, the less the fibrous component could be degraded.

The analysis of physical properties showed low solubility of the studied source, which can be related to high levels of cellulose and to lignin composition. According to Hua *et al.* (2019), both components are part of the insoluble fraction of fiber and are also responsible for regulating the function of the gastrointestinal tract (GIT) of monogastric animals.

Water adsorption capacity is moderate, when compared with the values reported by Arias *et al.* (2016) (20.89 %). Mudgil (2017) stated that this characteristic is the capacity of fiber to swell and retain water in its fibrous matrix, which is related to fiber content, and depends on the relative proportions of the polysaccharides that compose it. Thus, hemicellulose has higher hygroscopic power than cellulose, and it is almost zero in lignin (González *et al.* 2007). This explains the performance of this indicator in palm kernel.

Buffer capacity (acidic and basic) is one of the physical properties that is related to the regulation of fiber pH in the GIT. This indicator quantifies fiber resistance to vary its pH. As can be seen, palm kernel meal showed better buffering capacity against acids than against bases. This property within the ingredient shows that it can contribute to maintaining pH conditions in the GIT of monogastric species, which is very important, since there is a change in pH during the digestion process, from very acidic (1) to close to neutrality (6.8-7.2) (Denbow 2015).

The analysis of physical properties showed high coefficients of variation, especially in the buffering capacity. These results could be related to the degree

de colesterol LDL (malo) y el aumento del colesterol HDL (bueno) (Rincón y Martínez 2009).

Con respecto a los indicadores del fraccionamiento fibroso, los tenores de FDN, FDA y celulosa fueron elevados, y coinciden con los promedios informados previamente por Arias *et al.* (2016). Por lo general, esta elevada composición en pared celular se relaciona inversamente con la digestibilidad de los nutrientes y poseen bajo contenido energético en relación con otras fracciones (Lohaus *et al.* 2019). Sin embargo, los valores de lignina resultaron similares a los referidos por Caro *et al.* (2015) e inferiores a los informados para colza (*Brassica napus*) (12.89-13.15 %) (Stubbs y Kennedy 2017). Este componente tiene efecto inhibitorio en la utilización óptima del alimento, debido a los fuertes enlaces covalentes que establece con los polisacáridos de la pared celular, como la celulosa y la hemicelulosa, que imponen una barrera a su completa degradación (Oraby y Ramadan 2015), de manera que mientras menos esté presente en el alimento, mejor será el proceso de digestión.

Las cifras de hemicelulosa se encuentran en el intervalo informado como promedio por Giger y Pochet (1987) para diferentes fuentes de alimento (10-25 %). Para los animales monogástricos, esta fracción es más digerible que las celulosas. La relación hemicelulosa:celulosa fue de 0.37. Según Marrero (1998), mientras menor es esta relación en un alimento, se podría degradar menos el componente fibroso.

El análisis de las propiedades físicas evidenció baja solubilidad de la fuente estudiada, lo que se puede relacionar con los altos tenores de celulosa y con la composición de lignina. Según Hua *et al.* (2019), ambos componentes forman parte de la fracción insoluble de la fibra y se encargan, además, de regular la función del tracto gastrointestinal (TGI) de animales monogástricos.

La capacidad de adsorción de agua es moderada, si se compara con los valores informados por Arias *et al.* (2016) (20.89 %). Mudgil (2017) planteó que esta característica no es más que la capacidad de la fibra para hincharse y retener agua en su matriz fibrosa, lo que se relaciona con el contenido fibroso, y depende de las proporciones relativas de los polisacáridos que la componen. Así, la hemicelulosa posee mayor poder higroscópico que la celulosa, y en la lignina es casi nulo (González *et al.* 2007). Ello explica el comportamiento de este indicador en el palmiche.

La capacidad amortiguadora (ácida y básica) es una de las propiedades físicas que se relaciona con la regulación del pH de la fibra en el TGI. Este indicador cuantifica la resistencia de la fibra a variar su pH. Como se puede observar, la harina de palmiche mostró mayor capacidad amortiguadora ante los ácidos que ante las bases. Esta propiedad en el ingrediente demuestra que puede contribuir a mantener las condiciones de pH en el TGI de las especies monogástricas, lo que resulta de gran importancia, pues durante el proceso de digestión existe cambio de pH, desde muy ácido (1) hasta cerca de la neutralidad (6.8-7.2) (Denbow 2015).

of precision of the analytical techniques used in the determination. This property is defined as the degree of agreement of a set of results with each other, which is the dispersion of these around their mean (Sharma *et al.* 2018).

Table 3 shows the result of the correlation between chemical characteristics and physical properties. The solubility had the greatest dependence in relation to the contents of NDF ($P = 0.02$), ADF ($P = 0.01$) and cellulose ($P = 0.02$), and it was negative with respect to DM ($P = 0.02$). This result corroborates what was previously explained, which has to do with the insoluble nature of palm kernel fiber and its possible effect on the gastrointestinal tract of monogastric animals.

El análisis de las propiedades físicas evidenció altos coeficientes de variación, sobre todo en la capacidad bufferante. Estos resultados se pudieran relacionar con el grado de precisión de las técnicas analíticas que se emplearon en la determinación. Esta propiedad se define como el grado de concordancia de un conjunto de resultados entre sí, que no es más que la dispersión de estos en torno a su media (Sharma *et al.* 2018).

En la tabla 3 se muestra el resultado de la correlación entre las características químicas y las propiedades físicas. La solubilidad fue la que mayor dependencia mostró en relación con los contenidos de FDN ($P=0.02$), FDA ($P=0.01$) y celulosa ($P=0.02$), y resultó negativa con respecto a la MS ($P=0.02$). Este resultado corrobora lo que se explicó con anterioridad, que tiene que ver con la naturaleza insoluble

Table 3. Pearson correlation matrix for the physical and chemical composition of palm kernel meal

	DM	EE	NDF	ADF	LIG	CEL	WAC	Sol	ABC	BBC
DM	1.00									
EE	-0.66	1.00								
NDF	-0.79	0.86	1.00							
ADF	-0.74	0.32	0.66	1.00						
LIG	0.40	0.37	0.18	-0.39	1.00					
CEL	-0.88	0.32	0.61	0.93	-0.62	1.00				
WAC	-0.77	0.32	0.66	0.63	-0.44	0.75	1.00			
Sol	-0.87	0.62	0.88	0.93	-0.19	0.89	0.70	1.00		
ABC	-0.53	0.38	0.72	0.64	0.12	0.54	0.56	0.76	1.00	
BBC	0.58	-0.25	-0.15	-0.48	0.48	-0.60	-0.02	-0.46	-0.10	1.00

LIG-lignin, CEL- cellulose, WAC- water adsorption capacity, Sol-solubility, ABC-acid buffer capacity, BBC- basic buffer capacity

The high dependence between EE and NDF contents is interesting ($P = 0.03$). Studies of Srikaeo *et al.* (2017) with rice bran, sunflower and sesame oil observed that fibers exhibited the ability to retain oil, which could be related to surface properties of particles, the general charge density and the hydrophilic nature of fiber constituents. This explanation could be the cause of the present result, which should be demonstrated in subsequent studies.

Cellulose was negatively correlated with DM content ($P = 0.02$) and positively with that of ADF ($P = 0.01$). This is explained from the constitution of the latter according to the fractionation of the fibrous fraction proposed by van Soest *et al.* (1991). This result is logical, considering that, from the ADF, during the fractionation of the cell wall by means of a digestion in acid solution, the cellulose values that compose the wall are obtained.

Apparent fecal retention of NDF showed a reduction from the 10 % inclusion of palm kernel meal in the ration, while in both, the control and the 5 %, there was no difference among treatments (table 4). Leung *et al.* (2018) reported similar values of this indicator for soybean (55.4 %) and oat (59.4 %), and

de la fibra del palmiche y su posible efecto en el tracto gastrointestinal de animales monogástricos.

Resulta interesante la alta dependencia entre el contenido de EE y FDN ($P=0.03$). En estudios realizados por Srikaeo *et al.* (2017) en salvado de arroz, girasol y aceite de sésamo se observó que las fibras exhibían la capacidad de retener el aceite, lo que pudiera estar relacionado con las propiedades superficiales de las partículas, la densidad de carga general y la naturaleza hidrofílica de los constituyentes de la fibra. Esta explicación pudiera ser la causa del presente resultado, lo que se debe demostrar en estudios posteriores.

La celulosa se correlacionó de modo negativo con el contenido de MS ($P=0.02$) y positivamente con el de FDA ($P=0.01$). Esto se explica a partir de la constitución de esta última según el fraccionamiento de la fracción fibrosa propuesto por van Soest *et al.* (1991). Este resultado es lógico, si se tiene en cuenta que a partir de la FDA, durante el fraccionamiento de la pared celular por medio de una digestión en solución ácida, se obtienen los valores de celulosa que conforman la pared.

La retención fecal aparente de la FDN mostró reducción a partir del 10 % de inclusión de harina de palmiche en la ración, en tanto en el control y en el de 5 % no difirieron

higher for flax (61.20 %). The explanation for the differences is related to the fiber properties of each ingredient. In the latter, soluble fiber predominated, which can be digested by cecal fermentation, unlike the first two, which nature is more insoluble, as occurs with palm kernel.

entre tratamientos (tabla 4). Leung *et al.* (2018) informaron valores del indicador similares para la soya (55.4 %) y avena (59.4 %), y superiores para lino (61.20 %). La explicación de las diferencias está relacionada con las propiedades de la fibra de cada ingrediente. En el último, predominó la fibra soluble, que se puede digerir por fermentación cecal,

Table 4. Apparent fecal retention of nutrients in broilers that consume palm kernel meal in the ration

Retention, %	Treatments				SE±	P- value
	Control	Palm kernel 5 %	Palm kernel 10 %	Palm kernel 15 %		
DM	70.42	72.36	69.98	66.11	1.96	0.1676
NDF	58.73 ^c	51.87 ^c	42.89 ^b	31.70 ^a	3.07	<0.0001
EE	86.28 ^{ab}	88.04 ^b	84.85 ^{ab}	83.38 ^a	1.17	0.0484

^{a,b} Values with different letters in the same row differ significantly at $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Regarding apparent fecal retention of the lipid fraction, it was observed that the highest coefficient was reached with 5 %, and the lowest with 15 % (table 4). When evaluating other oilseeds, such as sesame (*Camelina sativa* L. Crantz), flax (*Linum* L.) and sunflower (*Helianthus* L.), fat digestibility decreased compared to control diet, which did not contain ground oilseeds, according to reports by Zajac *et al.* (2020). The authors associated the effect with a high content of non-starch polysaccharides in soluble (~ 46 %) and insoluble (~ 54 %) form. Although the first fraction is found to be less than the second, its values are high, which increases the viscosity of digesta and, consequently, reduces the digestibility of all nutrients, specially lipids. The mechanism by which this occurs is related to the increase of thickness of the water layer, which must pass through solutes to reach the enterocyte membrane, and forms a barrier between enzyme and substrate with an anti-nutrient effect, as it decreases the absorption of glucose, lipids and amino acids.

Nevertheless, retention values for all treatments were high, so it can be stated that palm kernel contains high quality oils. Hence, greater use efficiency of these nutrients is observed in broilers. Avazkhanloo *et al.* (2020) reported similar performance with the inclusion of flax seeds in the ration of broilers. According to the cited authors, this occurs due to the increase of lipase activity, which results in improvements in emulsification and hydrolysis of dietary lipids, the formation of micelles and their transport to the epithelial surface. Vives *et al.* (2020) recorded an increase in this enzyme, when using this food resource in diets intended for broilers.

It is concluded that palm kernel meal has adequate nutritional value for feeding broilers.

Acknowledgements

Thanks to the work carried out by the Central Laboratory Unit of the Institute of Animal Science in the

a diferencia de los dos primeros, cuya naturaleza es más insoluble, como ocurre con el palmiche.

En relación con la retención fecal aparente de la fracción lipídica, se observó que con 5 % se alcanzó el mayor coeficiente, y con 15 % el menor (tabla 4). Al evaluar otras semillas oleaginosas, como sésamo (*Camelina sativa* L. Crantz), lino (*Linum* L.) y girasol (*Helianthus* L.), la digestibilidad de la grasa disminuyó con respecto a la dieta control, que no contenía semillas de oleaginosas molidas, según informes de Zajac *et al.* (2020). Los autores asociaron el efecto con alto contenido de polisacáridos no amiláceos en forma soluble (~46 %) e insoluble (~54 %). Aunque la primera fracción se encuentra en menor cuantía con respecto a la segunda, sus valores son elevados, lo que incrementa la viscosidad de la digesta y, por consiguiente, se reduce la digestibilidad de todos los nutrientes, particularmente de los lípidos. El mecanismo por lo que esto ocurre está relacionado con el aumento del espesor de la capa de agua, que ha de traspasar los solutos para alcanzar la membrana del enterocito, y forma una barrera entre la enzima y el sustrato con un efecto antinutriente, pues disminuye la absorción de glucosa, lípidos y aminoácidos.

No obstante, los valores de retención para todos los tratamientos fueron elevados, por lo que se puede afirmar que el palmiche posee alta calidad en sus aceites, de ahí que se observe mayor eficiencia de utilización de estos nutrientes en el pollo de ceba. Avazkhanloo *et al.* (2020) informaron similar comportamiento al incluir semillas de lino en la ración de pollos de ceba. Según los autores citados, esto ocurre por el aumento de la actividad de la lipasa, que trae como resultado mejoras en la emulsificación y la hidrólisis de los lípidos dietéticos, la formación de micelas y su transporte a la superficie epitelial. Vives *et al.* (2020) registraron aumento en dicha enzima, al emplear este recurso alimenticio en dietas destinadas a pollos de ceba.

Se concluye que la harina de palmiche posee valor nutricional adecuado para su uso en la alimentación de pollos de ceba.

chemical-physical analyses, especially to the technician Yasmila Hernández Herrera.

Conflict of interest

The authors declare that there are no conflicts of interests among them

Author's contribution

Madeleidy Martínez-Pérez: Original idea, experimental design, data analysis, writing the manuscript

Yesenia Vives Hernández: Conducting the experiment, data analysis, writing the manuscript

Bárbara Rodríguez: Experimental design, conducting the experiment, data analysis

O.G.Pérez: Conducting the experiment, data analysis

Magalys Herrera Villafranca: Statistical analysis

Agradecimientos

Se agradece el trabajo realizado por la Unidad Central de Laboratorios del Instituto de Ciencia Animal en los análisis químico-físicos, en especial a la técnica Yasmila Hernández Herrera.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Madeleidy Martínez-Pérez: Idea original, diseño de la investigación, análisis de datos, escritura del manuscrito

Yesenia Vives Hernández: Conducción del experimento, análisis de datos, escritura del manuscrito

Bárbara Rodríguez: Diseño de la investigación, conducción del experimento, análisis de datos

O.G.Pérez: Conducción del experimento, análisis de datos

Magalys Herrera Villafranca: Análisis estadístico

References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2019. Official Methods of Analysis of AOAC International. Chapter 4: Animal Feed. Volume 1. 21st Ed. Latimer Jr., G. (ed), pp. 1-77, ISBN: 9780935584899.
- Arias, R., Reyes, J.L., Bustamante, D., Jiménez, L., Caro, Y. & Ly, J. 2016. "Caracterización química e índices químico-físicos de palmiches artemiseños para cerdos". *Livestock Research for Rural Development*, 28(3), ISSN: 0121-3784, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd28/3/aria28036.html>.
- Avazkhanloo, M., Shahir, M.H., Khalaji, S. & Jafari-Anarkooli, I. 2020. "Flaxseed extrusion and expansion coupled with enzyme and pelleting changed protein and lipid molecular structure of flaxseed and improved digestive enzymes activity, intestinal morphology, breast muscle fatty acids and performance of broiler chickens". *Animal Feed Science and Technology*, 260: 114341, ISSN: 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114341>.
- Cáceres, O. & González, E. 2000. "Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales". *Pastos y Forrajes*, 23(2): 87-103, ISSN: 2078-8452.
- Caro, Y., Bustamante, D., Arias, R., Batista, R., Pérez, N., Contino, Y., Almaguel, R., Castro, M. & Ly, J. 2015. "Estudios de la composición química de palmiches cubanos destinados a alimentar ganado porcino y cunícula". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 22(2): 79-81, ISSN: 1026-9053.
- Denbow, D.M. 2015. *Gastrointestinal Anatomy and Physiology*. In: *Sturkie's Avian Physiology*. 6th Ed. Scanes, C.G. (ed), pp. 337-366, ISBN: 978-0-12-407160-5. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-02488-X>.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2012. *InfoStat*, Version 2012 (Windows). Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <http://www.infostat.com.ar>.
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Giger, S. & Pochet, S. 1987. *Méthodes d'estimation des constituantes pariétaux dans les aliments desvistés aux ruminants*. Bulletin Technique, 70: 49-60, Centre de Recherches Zootechniques et Vétérinaires de Theix, Bretagne, France.
- González, J.M., Jiménez, E., Lázaro, R. & Mateos, G.G. 2007. "Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers". *Poultry Science*, 86(8): 1705-1715, ISSN: 0032-5791. <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705>.
- Hua, M., Lu, J., Qu, D., Liu, Ch., Zhang, L., Li, Sh., Chen, J. & Sun, Y. 2019. "Structure, physicochemical properties and adsorption function of insoluble dietary fiber from ginseng residue: A potential functional ingredient". *Food Chemistry*, 286: 522-529, ISSN: 0308-8146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.114>.
- Leung, H., Arrazola, A., Torrey, S. & Kiarie, E. 2018. "Utilization of soy hulls, oat hulls, and flax meal fiber in adult broiler breeder hens". *Poultry Science*, 97(4): 1368-1372, ISSN: 0032-5791. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex434>.
- Lohaus, R.H., Zager, J.J., Kosma, D.K. & Cushman, J.C. 2019. "Characterization of Seed, Oil, and Fatty Acid Methyl Esters of an Ethyl Methane sulfonate Mutant of *Camelina sativa* with Reduced Seed-Coat Mucilage". *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 97(2): 157-174, ISSN: 1558-9331. <https://doi.org/10.1002/aocs.12322>.
- Ly, J. & Grageola, F. 2016. "Botany and propagation of Cuban royal palms". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(4): 525-541, ISSN: 2079-3480.
- Ly, J. & Lemus, C. 2007. *Las pruebas de digestibilidad en la evaluación de nuevos recursos alimentarios para cerdos*. Memorias IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos, Montevideo, Uruguay, p. 41.
- Marrero, A.I. 1998. *Contribución al estudio de la utilización de la fibra dietética en gallináceas*. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, p. 100.
- Mudgil, D. 2017. *The Interaction Between Insoluble and Soluble Fiber*. In: *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular*

- Disease. Ed. Academic Press. Samaan, R.A. (ed). pp. 35-59, ISBN: 978-0-12-805130-6. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805130-6.00003-3>.
- NRC (National Research Council). 1994. Nutrient Requirements of Poultry. Ninth revised edition. Washington D.C.: Editorial National Academic Press.
- Onainor, E. R., Sorhue, G. U. & Uguru, J. O. 2018. "Effect of Processing Method of Sesame (*Sesamum indicum* Linn.) Seeds on the Growth Performance and Nutrient Utilization of Broiler Chicks". International Journal of Agriculture and Forestry, 8(1): 10-15. <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20180801.03>.
- Oraby, H.F. & Ramadan, M.F. 2015. "Impact of suppressing the caffeic acid O methyl transferase (COMT) gene on lignin, fiber, and seed oil composition in *Brassica napus* transgenic plants". European Food Research and Technology, 240(5): 931-938, ISSN: 1438-2385. <https://doi.org/10.1007/s00217-014-2397-3>.
- Pérez-Acosta, O.G., Martínez-Pérez, M., Díaz-Mora, L., Sarduy-García, L. & Ayala-González, L. 2020. "Efecto de diferentes métodos de deshidratación en las propiedades fisicoquímicas de las semillas de *Roystonea regia*". Cuban Journal of Agricultural Science, 54(2): 289-297, ISSN: 2079-3480.
- Rincón, S.M. & Martínez, D.M. 2009. "Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria". Palmas, 30(2): 11-24, ISSN: 0121-2923.
- Rodríguez, B., Martínez-Pérez, M., Vives, Y., Pérez, O. & Ayala, L. 2020. "Evaluación de la harina de frutos de *Roystonea regia* para la alimentación de pollos de engorde. Livestock Research for Rural Development, 32(7), Article #118, ISSN: 0121-3784, Available: <http://www.lrrd.org/lrrd32/7/brodri32118.html>.
- Sánchez, A., Gómez-Guerrero, B. & Billiris, A. 2020. "Almacenamiento de arroz: influencia en la inocuidad del grano". Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (INNOTEC), 19: 109-124, ISSN: 1688-6593. <https://doi.org/10.26461/19.08>.
- Savón, L. 2005. "Alimentos fibrosos tropicales y su efecto en la fisiología digestiva de especies monogástricas". Cuban Journal of Agricultural Science, 39(Special Issue): 475-488, ISSN: 2079-3480.
- Savón, L., Gutiérrez, O., González, T. & Orta, M. 1999. Manual de caracterización fisicoquímica de alimentos. Ed. EDICA, La Habana, Cuba.
- Seoane, J.R., Coté, M., Seriais, O. & Laforest, J.P. 1981. "Prediction of the nutritive value of alfalfa and timothy feed as hay to growing sheep". Canadian Journal of Animal Science, 61(2): 403-413, ISSN: 1918-1825. <https://doi.org/10.4141/cjas81-048>.
- Sharma, S., Goyal, S. & Chauhan, K. 2018. "A review on analytical method development and validation." International Journal of Applied Pharmaceutics, 10(6): 8-15, ISSN: 0975-7058. <http://dx.doi.org/10.22159/ijap.2018v10i6.28279>.
- Srikaeo, K., Pongsampao, P. & Thi-Phuong, N. 2017. "Utilization of the Fine Particles Obtained from Cold Pressed Vegetable Oils: A Case Study in Organic Rice Bran, Sunflower and Sesame Oils". Journal Oleo Science, 66(1): 21-29, ISSN: 1347-3352. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16131>.
- Stubbs, T. & Kennedy, A.C. 2017. "Prediction of Canola Residue Characteristics Using Near-Infrared Spectroscopy". International Journal of Agronomy, 2017: Article ID 4813147, 1-9, ISSN: 1687-8167. <https://doi.org/10.1155/2017/4813147>.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. "Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition". Journal of Dairy Science, 74(10): 3583-3597, ISSN: 0022-0302. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Vicente-Murillo, R., Marrero-Delange, D., Rodríguez-Leyes, E.A., González-Canavaciolo, V.L., Sierra-Pérez, R. de la C. & Tirado-Morales, S. 2017. "Determinación de compuestos volátiles en el aceite de *Roystonea regia* sometido a degradación forzada". Revista CENIC Ciencias Químicas, 48(1): 83-89, ISSN: 2221-2442.
- Vives, Y., Martínez-Pérez, M., Alberto, M. & Hernández, Y. 2020. "Pancreatic lipase enzymatic activity in broilers fed with *Roystonea regia* fruit meal included in the ration. Technical Note". Cuban Journal of Agricultural Science, 54 (1): 101-105, ISSN: 2079-3480.
- Zajac, M., Kiczorowska, B., Samolin, W. & Klebaniuk, R. 2020. "Inclusion of Camelina, Flax, and Sunflower Seeds in the Diets for Broiler Chickens: Apparent Digestibility of Nutrients, Growth Performance, Health Status, and Carcass and Meat Quality Traits". Animals, 10(2): 321-337, ISSN: 2076-2615. <https://doi.org/10.3390/ani10020321>.

Received: June 14, 2021

Accepted: August 4, 2021