

***In vitro* digestibility of products from coconut (*Cocos nucifera* L.) endosperm for fattening pigs. Technical note**

Digestibilidad *in vitro* de productos del endospermo del coco (*Cocos nucifera* L.) para el engorde de ganado porcino. Nota técnica

J. Ly^{1,2}, J.L. Reyes², R. Arias², Y. Caro¹, Lázara Ayala¹, F. Grageola³ and Martha Durán⁴

¹*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana, Cuba*

²*Instituto de Investigaciones Porcinas, Punta Brava, La Habana, Cuba*

³*Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Nayarit. Compostela, Nayarit, México*

⁴*Sociedad Cubana de Porcicultores, Guantánamo, Cuba*

Email: fgrageola@uan.edu.mx

In vitro digestibility (pepsin/pancreatin) of dry matter, organic matter and nitrogen was studied in 15 samples of endosperm of coconut (*Cocos nucifera* L.), defatted or not, grated *in natura*, from Artemisa, Mayabeque and Havana, provinces from the West of Cuba. A completely randomized design was applied, in a 2 x 3 factorial arrangement with five repetitions. With defatting, a significant decrease or increase ($P < 0.05$) in the concentration of organic matter or nitrogen was determined, without effect of the place of origin. Nitrogen content of the endosperm without defatting or defatted was 1.01 and 3.40 % on dry basis, respectively. There was no significant effect ($P > 0.05$) of defatting nor of the origin of the stocking in *in vitro* digestibility of dry matter, organic matter and nitrogen, with values of 48.7, 44.5 and 57.7 %, respectively. It is suggested that supplying endosperm of coconut tree, milled and *in natura* to pigs may be considerably useful as an energy and protein source, due to its ileal digestibility.

Key words: *pigs, nutritional value, digestión, nitrogen, organic matter*

Coconut tree (*Cocos nucifera* L.), one of the trees of Arecaceae family, is probably one of the first plants domesticated by humans. Its culture is currently developed in various tropical regions (Johnson 1995 and Ly *et al.* 2005). The fruit of this palm, which is the coconut, originates different products that are often used in industry, or in human food and farm animals.

Although there is sufficient literature on the use of coconut tree products for feeding pigs (Ly *et al.* 2005 and Stein *et al.* 2015), its use in pig nutrition is still an important subject. There are several recent reports that deal with this matter (Février *et al.* 2001, Siebra *et al.* 2008, Sulabo *et al.*, 2013, Jaworski *et al.*, 2014 and Son *et al.* 2014). In Cuba, although there are coconut plantations in different parts of the archipelago (Pérez *et al.* 2001), coconut production is concentrated in Baracoa and Maisí municipalities, in Guantánamo province (Alvarado *et al.* 2013). Harvesting this fruit may generate different products, by-products or co-products that can be used for fattening pigs and which generally result from agreements established between pig farmers and Cuban state companies.

Se estudió la digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) de materia seca, materia orgánica y nitrógeno en 15 muestras de endospermo de coco (*Cocos nucifera* L.), desgrasado o no, rallado *in natura*, proveniente de Artemisa, Mayabeque y La Habana, provincias del occidente de Cuba. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado en arreglo factorial 2 x 3 con cinco repeticiones. Con el desgrase se determinó una disminución o aumento significativos ($P < 0.05$) en la concentración de la materia orgánica o del nitrógeno, sin efecto del lugar de origen. El contenido de nitrógeno del endospermo sin desgrasar o desgrasado fue de 1.01 y 3.40 % en base seca, respectivamente. No hubo efecto significativo ($P > 0.05$) del desgrasado ni del origen del acopio en la digestibilidad *in vitro* de MS, materia orgánica y nitrógeno, con valores de 48.7, 44.5 y 57.7 %, respectivamente. Se sugiere que suministrar el endospermo del coco, molido e *in natura* a cerdos puede ser de utilidad considerable como fuente energética y proteica, debido a su digestibilidad ileal.

Palabras clave: *cerdos, valor nutritivo, digestión, nitrógeno, materia orgánica*

El cocotero (*Cocos nucifera* L.), uno de los árboles de la familia de las arecáceas, es probablemente una de las primeras plantas domesticadas por el hombre. Su cultivo se desarrolla actualmente en diversas regiones tropicales (Johnson 1995 y Ly *et al.* 2005). Del fruto de esta palmera, que es el coco, se originan distintos productos que suelen utilizarse en la industria, o en la alimentación humana y de animales de granja.

Si bien se dispone de suficiente literatura acerca del uso de los productos de coco para la alimentación de cerdos (Ly *et al.* 2005 y Stein *et al.* 2015), su uso en la nutrición porcina sigue siendo hoy objeto de interés. Son varios los informes que recientemente abordan esta temática (Février *et al.* 2001, Siebra *et al.* 2008, Sulabo *et al.* 2013, Jaworski *et al.* 2014 y Son *et al.* 2014). En Cuba, aunque existen plantaciones de cocoteros en distintas partes del archipiélago (Pérez *et al.* 2001), la producción de cocos se concentra en los municipios de Baracoa y Maisí, en la provincia oriental de Guantánamo (Alvarado *et al.* 2013). El acopio de este fruto puede generar distintos productos, subproductos o coproductos que pueden ser utilizados en el engorde de cerdos y que resultan generalmente de convenios establecidos entre

Although some evaluations have been carried out in Cuba about nutritional value of coconut endosperm in materials in the shape of meal (Ly *et al.* 1999 and Ly and Delgado 2009), it is unknown whether drying process could modify digestibility indexes because of undesirable reactions like those of Maillard. In addition, drying up increases the price of the process of using coconuts in pig feeding, and is not very common practice among Cuban farmers. The objective of this study was to present data related to the nutritional value of products from coconut endosperm, *in natura*, measured by *in vitro* digestibility technique simulating ileal digestion in pigs.

Dry coconuts were collected by acquiring fruits from local markets, from Artemisa, Mayabeque and Havana provinces, Cuba. Markets and fruits destined for human consumption were selected at random. Coconuts came from palm trees, grown in the provinces cited before. The cultivated variety was not identified. The endosperm of coconuts was separated from the fruit to constitute one sample per market and five markets were chosen per province, with the purpose of evaluating 15 samples in total. The endosperm was manually chopped and grated *in natura*, to make *in vitro* digestibility tests (pepsin/pancreatin) in quadruplicate, with the use of the technique recommended by Dierick *et al.* (1985). Half of that endosperm was used intact, and the other half was placed in a Soxhlet apparatus to be defatted with petroleum ether (fraction 40/60 °C). Analytical determinations of DM, ash and N were carried out according to recognized procedures (AOAC 2016). Organic matter was determined as the result of subtracting the ash percent from 100. Casein, with purity degree for analysis, was used as reference standard substance.

Data were processed according to a completely randomized design, in a 2x3 factorial arrangement, with five repetitions per origin (Steel *et al.* 1997). Factors were defatting or not the samples and the origin or province where the fruits were collected. Data was processed using the statistical package MINITAB (2014).

There was no significant interaction ($P < 0.05$) among the analyzed factors. Defatting determined significant decrease or increase ($P < 0.05$) in the concentration of organic matter or N (table 1), without effect of the place of origin. It was verified that N content was considerable in defatted endosperm, in agreement with data from other contemporary studies (Stein *et al.* 2015). In the coconut endosperms used by Sulabo *et al.* (2013) and Son *et al.* (2014), total N reached 3.79 and 3.60 % respectively, values that exceeded what was obtained in this study. This may be due to the fact that in the aforementioned research, fruits from trees grown under more favorable conditions than those from Cuba have been used.

Table 2 shows the values corresponding to *in vitro* determinations (pepsin/pancreatin) of the digestibility

porcicultores y empresas estatales cubanas.

Aunque en Cuba se han hecho algunas evaluaciones sobre el valor nutritivo de endospermo del coco en materiales en forma de harina (Ly *et al.* 1999 y Ly y Delgado 2009), se desconoce si el proceso de secado pudiera modificar los índices de digestibilidad, por causa de reacciones no deseables como las de Maillard. Además, secar encarece el proceso de utilización de los cocos en la alimentación porcina, y no es práctica muy habitual entre los campesinos cubanos. El objetivo de este trabajo es presentar datos relacionados con el valor nutritivo de productos del endospermo del coco, *in natura*, medidos por la técnica de digestibilidad *in vitro* simulando la digestión ileal en el cerdo.

Se acopiaron cocos secos mediante la adquisición de frutas de mercados locales, provenientes de las provincias cubanas de Artemisa, Mayabeque y La Habana. Los mercados y las frutas destinadas al consumo humano se seleccionaron al azar. Los cocos procedían de palmeras, cultivadas en las provincias citadas. La variedad cultivada no se identificó. El endospermo de los cocos se separó del resto de la fruta para constituir una muestra por mercado y se escogieron cinco mercados por provincia, con el propósito de evaluar 15 muestras en total. El endospermo se troceó y se ralló *in natura*, manualmente, para hacer ensayos de digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) por cuadruplicado, con el uso de la técnica recomendada por Dierick *et al.* (1985). La mitad de ese endospermo se usó intacto, y la otra mitad se colocó en un aparato Soxhlet para ser desgrasado con éter de petróleo (fracción 40/60°C). Las determinaciones analíticas de MS, cenizas y N se llevaron a cabo según procedimientos reconocidos (AOAC 2016). Se determinó la materia orgánica como el resultado de restar el por ciento de ceniza de 100. La caseína de grado analítico se usó como sustancia patrón de referencia.

Los datos se procesaron según diseño completamente aleatorizado, en arreglo factorial 2x3, con cinco repeticiones por origen (Steel *et al.* 1997). Los factores fueron desgrasar o no las muestras y el origen o provincia donde las frutas se acopiaron. Los datos se procesaron mediante el paquete estadístico MINITAB (2014).

No se encontró interacción significativa ($P > 0.05$) entre los factores analizados. Desgrasar determinó disminución o aumento significativo ($P < 0.05$) en la concentración de la materia orgánica o del N (tabla 1), sin efecto del lugar de origen. Se comprobó que el contenido de N fue considerable en el endospermo desgrasado, en concordancia con datos de otros estudios contemporáneos (Stein *et al.* 2015). En los endospermos de coco usados por Sulabo *et al.* (2013) y Son *et al.* (2014), el N total alcanzó 3.79 y 3.60 % respectivamente, valores que superaron lo obtenido en este estudio. Esto puede obedecer a que en las investigaciones citadas se hayan utilizado frutas provenientes de árboles cultivados en condiciones más favorables que las de Cuba.

En la tabla 2 se muestran los valores correspondientes

Table 1. Chemical composition of coconut endosperms¹ (in per cent, dry basis)

Indicator	Dry matter	Organic matter	Nitrogen
Endosperm			
Without defatting	45.4	88.8	1.01
Deffated	52.8	84.1	3.40
SE ±	3.3	2.1	0.56
P	0.056	0.035	0.045
Province			
Artemisa	43.3	89.7	2.52
Mayabeque	54.0	85.0	2.16
La Habana	50.0	85.3	1.83
SE ±	4.7	2.4	0.41
P	0.344	0.374	0.055

¹In natura, ground (n = 15 endosperm samples)

of coconut endosperm. The test with casein, incubated in the same experimental conditions, indicated digestibility values of DM, organic matter and N of 98.5, 99.0 and 97.1 %, respectively. There was no significant effect ($P > 0.05$) of defatting nor of the origin of the gathering in the *in vitro* digestibility of DM, organic matter and N, with mean values of 48.7, 44.5 and 57.7 %, respectively.

Results of *in vitro* tests of this study coincide with data of *in vitro* ileal digestibility reported by Ly *et al.*

a las determinaciones *in vitro* (pepsina/pancreatina) de la digestibilidad del endospermo del coco. La prueba con caseína incubada en las mismas condiciones experimentales indicó valores de digestibilidad de MS, materia orgánica y N de 98.5, 99.0 y 97.1%, respectivamente. No hubo efecto significativo ($P > 0.05$) del desgrasado ni del origen del acopio en la digestibilidad *in vitro* de MS, materia orgánica y N, con valores promedio de 48.7, 44.5 y 57.7 %, respectivamente.

Los resultados de las pruebas *in vitro* de este estudio

Table 2. *in vitro* digestibility (pepsin/pancreatine) of coconut endosperms¹ (in per cent)

Indicator	Dry matter	Organic matter	Nitrogen
Endosperm			
Without defatting	50.8	45.6	58.8
Defatted	46.5	43.5	56.5
SE ±	2.0	1.1	1.8
P	0.654	0.625	0.656
Province			
Artemisa	49.4	44.3	57.5
Mayabeque	47.8	44.3	56.9
La Habana	49.4	45.1	58.6
SE ±	2.9	2.7	2.2
P	0.555	0.687	0.565
Casein ²	98.5	99.0	97.1

¹In natura, ground (n = 15 endosperm samples)

²Reference pattern. Means of four determinations

(1999). They suggest that there are no undesirable consequences in ileal digestibility of N due to the presence of the lipid fraction of coconut endosperm. They also indicate that fiber fraction of this endosperm could reduce N digestibility, under *in vitro* and *in vivo* conditions. This is due, among other reasons, to the fact that part of N is linked to fiber, as in the case of royal palm nuts (Ly *et al.* 2015).

coinciden con los datos de digestibilidad ileal *in vitro* informados por Ly *et al.* (1999). Sugieren que no hay consecuencias indeseables en la digestibilidad ileal del N por la presencia de la fracción lipídica del endospermo del coco. Además indican que la fracción fibrosa de este endospermo sí pudiera hacer disminuir la digestibilidad del N, *in vitro* e *in vivo*. Ello obedece, entre otras razones, a que parte del N está ligado a la fibra, como ocurre con

In correspondence with the above, Sulabo *et al.* (2013) found that, under *in vivo* conditions, apparent ileal digestibility of N of copra meal (69.8 %) was lower than that of soybean meal, (80.9 %), which was attributed to the negative influence of NDF content of coconut endosperm in digestive processes, as reported by Février *et al.* (2001) and Son *et al.* (2014). The magnitude of this effect was not evaluated in this analysis. It is likely that the treatment with fibrolytic enzymes contributes to improve the nutritional value of this food resource, as Masey O'Neill *et al.* (2014). Even so, *in vitro* ileal digestibility indexes of coconut endosperm are not insignificant in absolute values and their use in pig feeding is recommended, as indicated by Stein *et al.* (2015).

It is concluded that coconut endosperm, provided to pigs in ground shape and *in natura*, may considerably useful as an energy and protein source, due to its ileal digestibility.

Acknowledgements

Thanks to Martha Carón and Olga Martínez for their technical assistance in the biochemistry laboratory of the Instituto de Investigaciones Porcinas. Gratitude is also expressed to the Instituto de Investigaciones Porcinas for taking us in during a training session, which counted, in part, on the budget of the project "Use of palm products in the production of pigs and rabbits" (PY P131-LH002-24).

el palmiche (Ly *et al.* 2015).

En correspondencia con lo anterior, Sulabo *et al.* (2013) hallaron que, en condiciones *in vivo*, la digestibilidad ileal aparente del N de harina de copra (69.8 %) fue menor que la de la harina de soya, (80.9 %), lo que se atribuyó a la influencia negativa del contenido de FDN del endospermo del coco en los procesos digestivos, como refieren los informes de Février *et al.* (2001) y Son *et al.* (2014). La magnitud de este efecto no se evaluó en este análisis. Es probable que el tratamiento con enzimas fibrolíticas contribuya a mejorar el valor nutritivo de este recurso alimentario, como lo han demostrado Masey O'Neill *et al.* (2014). Aún así, los índices de digestibilidad ileal *in vitro* del endospermo del coco no son despreciables en valores absolutos y se aconseja su utilización en la alimentación del cerdo, como lo ha indicado Stein *et al.* (2015).

Se concluye que el endospermo del coco, suministrado a cerdos en forma molida e *in natura*, puede ser de utilidad considerable como fuente energética y proteica, debido a su digestibilidad ileal.

Agradecimientos

Se agradece a Martha Carón y Olga Martínez por la asistencia técnica en el laboratorio de bioquímica del Instituto de Investigaciones Porcinas. Se expresa gratitud al Instituto de Investigaciones Porcinas por su acogida durante un entrenamiento realizado, que contó en parte con el presupuesto del proyecto "Uso de productos de palma en la producción de ganado porcino y cunícula" (PY P131-LH002-24).

References

- Alvarado, K., Blanco, A., Martín, J., Velásquez, Y. & Matos, K. 2013. "Situación socio-tecnológica-productiva del cultivo del cocotero en Baracoa, Cuba". *Pastos y Forrajes*, 36(2): 252–261, ISSN: 0864-0394, Available: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942013000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es>, [Consulted: January 15, 2018].
- AOAC. 2016. *Official methods of analysis of AOAC International*. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International, ISBN: 978-0-935584-87-5, Available: <<http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>>, [Consulted: September 22, 2016].
- Dierick, N., Vervaeke, I., Decuyper, J. & Henderickx, H. 1985. "Protein digestion in pigs measured *in vivo* and *in vitro*". In: Just, A., Jorgensen, H. & Fernández, J. A. (eds.), *Digestive Physiology in Pigs*, Copenhagen: Beretning fra Statens Husdyrbrugforsog, pp. 329–332.
- Février, C., Lechevestrier, Y., Lebreton, Y. & Jaguelin-Peyraud, Y. 2001. "Prediction of the standardized ileal true digestibility of amino acids from the chemical composition of oilseed meals in the growing pig". *Animal Feed Science and Technology*, 90(1): 103–115, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00200-0, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840101002000>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Jaworski, N. W., Shoulders, J., González-Vega, J. C. & Stein, H. H. 2014. "Effects of using copra meal, palm kernel expellers, or palm kernel meal in diets for weanling pigs". *The Professional Animal Scientist*, 30(2): 243–251, ISSN: 10807446, DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30108-X, Available: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S108074461530108X>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Johnson, D. V. 1995. *Tropical palms*. (ser. Non-wood forest products, no. ser. 10), call no. SB317.P3 J64 1998, Rome: FAO, 166 p., ISBN: 92-5-104213-6, Available: <<http://www.fao.org/docrep/x0451e/x0451e00.htm>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Ly, J., Caro, Y., Bustamante, D., Almaguer, R., Galindo, J., Jiménez, C. & Grageola, F. 2015. "Nitrógeno hidrolizable (pepsina/pancreatina) y ligado a pared (FDN) en palmiches cubanos". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 22(2): 98–101, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J. & Delgado, E. 2009. "Digestibilidad *in vitro* (fecal) de semillas de palma real (*Roystonea regia* H.B.K. Cook) y el coco (*Cocos nucifera* L.) para cerdos". *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 16(3): 199–203, ISSN: 1026-9053.
- Ly, J., Gonzalvo, S. & Carón, M. 1999. "Estudios de digestibilidad *in vitro* de semillas de la palma real (*Roystonea regia*, H.B.K. Cook) y el coco (*Cocos nucifera*) para cerdos". *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela*, 40(4): 227–232, ISSN: 0258-6576.

- Ly, J., Sarmiento, L. & Santos, R. 2005. *Las Palmas como Fuente de Alimento para Cerdos en el Trópico*. (ser. Manuales, no. ser. 9), México: Universidad Autónoma de Yucatán, 188 p., ISBN: 970-698-045-8.
- Masey O'Neill, H. V., Smith, J. A. & Bedford, M. R. 2014. "Multicarbohydrase Enzymes for Non-ruminants". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(2): 290–301, ISSN: 1011-2367, DOI: 10.5713/ajas.2013.13261, Available: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4093217/>>, [Consulted: January 15, 2018].
- MINITAB 2014. *User's Guide to Statistics*. Statistical software version. Pennsylvania: State College, Available: <<http://www.minitab.com>>.
- Pérez, C. R., Borroto, A., Mazorra, C. A., Fontes, D., Borroto, M., Cubillas, N., Rodríguez, L. A. & Rodríguez, I. 2001. "Tecnologías sostenibles en fincas de cocoteros para la obtención de carne". In: *Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica*, La Habana, Cuba, pp. 186–188.
- Siebra, J. E. da C., Ludke, M. do C. M. M., Ludke, J. V., Bertol, T. M. & Dutra Júnior, W. M. 2008. "Desempenho bioeconômico de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações contendo farelo de coco". *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(11): 1996–2002, ISSN: 1516-3598, DOI: 10.1590/S1516-35982008001100015, Available: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-35982008001100015&lng=pt&tlng=pt>, [Consulted: January 15, 2018].
- Son, A. R., Hyun, Y., Htoo, J. K. & Kim, B. G. 2014. "Amino acid digestibility in copra expellers and palm kernel expellers by growing pigs". *Animal Feed Science and Technology*, 187: 91–97, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.09.015, Available: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840113002708>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. & Dickey, M. 1997. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. New York: McGraw-Hill, 666 p., ISBN: 978-0-07-061028-6.
- Stein, H. H., Casas, G. A., Abelilla, J. J., Liu, Y. & Sulabo, R. C. 2015. "Nutritional value of high fiber co-products from the copra, palm kernel, and rice industries in diets fed to pigs". *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6: 56, ISSN: 2049-1891, DOI: 10.1186/s40104-015-0056-6, Available: <<https://doi.org/10.1186/s40104-015-0056-6>>, [Consulted: January 15, 2018].
- Sulabo, R. C., Ju, W. S. & Stein, H. H. 2013. "Amino acid digestibility and concentration of digestible and metabolizable energy in copra meal, palm kernel expellers, and palm kernel meal fed to growing pigs". *Journal of Animal Science*, 91(3): 1391–1399, ISSN: 1525-3163, DOI: 10.2527/jas.2012-5281, Available: <<https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/abstracts/91/3/1391>>, [Consulted: January 15, 2018].

Received: April 19, 2017