

Composición química y digestibilidad aparente de tubérculos de taro procesados por fermentación en estado sólido (FES) en cerdos de crecimiento

Chemical composition and apparent digestibility of taro tubers processed by solid-state fermentation (SSF) in growing pigs

Willan Caicedo^{1,2,3}, Carlos Moya¹, Andrea Tapuy¹, María Caicedo², Manuel Perez¹

RESUMEN

Se determinó la composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del fermentado sólido (FES) de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott) de desecho inoculados con yogur natural en cerdos de crecimiento. Se determinó la materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), cenizas, extracto etéreo (EE), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB). Para el estudio de digestibilidad aparente de la MS, MO, PB, FB, ELN y EB se utilizaron 12 cerdos castrados Landrace x Duroc x Pietrain de 25 ± 2 kg distribuidos en tres grupos con cuatro animales cada uno y alimentados con dietas con 0, 10 y 20% de inclusión de FES (T0, T10 y T20, respectivamente). El FES presentó alto contenido de MS (83.33%), MO (93.77%), PB (13.95%), ELN (72.78%) y EB (4162.13 kcal kg MS⁻¹) y bajos niveles de EE (1.50%), FB (5.54%) y cenizas (6.23%). Los mayores coeficientes de digestibilidad de la MS (91.37%), MO (96.36%), PB (87.81%) y FB (54.75%) se obtuvieron en la dieta T20 ($p < 0.05$). No hubo diferencias significativas para la digestibilidad del ELN y EB. En conclusión, los tubérculos de taro procesados por FES e incorporados en la dieta de cerdos en crecimiento al 10 y 20% no afectaron negativamente la digestibilidad aparente de la MS, MO, PB, FB, ELN y EB, lo que garantiza un alimento de adecuadas características nutricionales para los cerdos.

Palabras clave: aprovechamiento de nutrientes; alimentación porcina; fermentado sólido; tubérculos de taro

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza, Ecuador

² Granja Agropecuaria Caicedo, Puyo, Pastaza, Ecuador

³ E-mail: orlando.caicedo@yahoo.es

Recibido: 16 de agosto de 2018

Aceptado para publicación: 16 de enero de 2019

ABSTRACT

The chemical composition and apparent digestibility of nutrients of the solid-state fermentation (SSF) of waste taro tubers (*Colocasia esculenta* (L) Schott) inoculated with natural yogurt fed to growing pigs was determined. Dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fibre (CF), ash, ether extract (EE), nitrogen-free extracts (NFE) and gross energy (GE) were determined. For the study of apparent digestibility of the MS, MO, CP, CF, NFE and GE, 12 castrated Landrace x Duroc x Pietrain male pigs of 25 ± 2 kg were used, distributed in three groups with four animals each and fed with diets containing 0, 10, and 20% of SSF (T0, T10 and T20, respectively). The SSF presented high content of DM (83.33%), OM (93.77%), CP (13.95%), NFE (72.78%) and GE (4162.13 kcal kg MS⁻¹) and low levels of EE (1.50%), CF (5.54%) and ashes (6.23%). The highest digestibility coefficients of the DM (91.37%), OM (96.36%), CP (87.81%) and CF (54.75%) were obtained in the T20 diet ($p < 0.05$). There were no significant differences for NFE and GE digestibility. In conclusion, taro tubers processed by SSF and incorporated into the diet of growing pigs at 10 and 20% did not negatively affect the apparent digestibility of DM, OM, CP, CF, NFE and GE, which guarantees a food of adequate nutritional characteristics for pigs.

Key words: utilization of nutrients; swine feeding; fermented solid; taro tubers

INTRODUCCIÓN

El alto consumo de maíz y soya para alimento humano y animal incrementa el costo de estas materias primas. Este entorno obliga a la búsqueda de fuentes alternativas para la alimentación de cerdos (Caicedo *et al.*, 2016). En Ecuador, debido a su gran biodiversidad por sus zonas climáticas, se dispone de una gran cantidad de alimentos alternativos de origen vegetal que se pueden utilizar para la alimentación porcina, entre estos los tubérculos de rechazo de taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott).

La mayor producción de taro se presenta en la provincia de Pastaza, con una superficie aproximada de 5000 ha (Caicedo, 2015). Esta labranza es considerada un cultivo tradicional de importancia para la sobrevivencia de los pequeños agricultores, con rendimientos de hasta 38 t/ha. De estos, el 60% se utiliza para el mercado de exportación y consumo interno, y el 40% restante constituyen subproductos de tubérculos que

no cumplen con los estándares de forma y tamaño que establece el mercado para consumo humano. Estos tubérculos constituyen una buena fuente de carbohidratos de menor costo en relación con cereales y otros tipos de raíces y tubérculos (Krishnapriya y Suganthi, 2017).

Los tubérculos de taro en estado natural presentan un contenido apreciable de metabolitos secundarios (Muñoz-Cuervo *et al.*, 2016) que pueden afectar el desarrollo óptimo de los cerdos, por lo que es necesario realizar métodos de procesamiento como la fermentación en estado sólido (FES) para mejorar su valor nutritivo (Borras-Sandoval *et al.*, 2014) y obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes para la alimentación de cerdos en crecimiento.

Para valorar el aprovechamiento de nutrientes, se puede utilizar el método de colecta total de heces conocido como método directo. Este método implica el registro exacto del consumo de alimento y de las heces. Por otro lado, la digestibilidad de un alimento se

puede ver afectado por la edad y raza del animal, y el contenido de fibra y metabolitos secundarios de la planta, entre otros (Mariscal-Landín y Ramírez, 2017). El objetivo de este estudio fue determinar la composición química y digestibilidad aparente de nutrientes del fermentado sólido FES de tubérculos de taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott) en cerdos de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Estatal Amazónica y en la «Granja Agropecuaria Caicedo» ubicadas en el cantón Pastaza, provincia Pastaza, Ecuador. La zona tiene un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones entre 4000 y 4500 mm anuales, altitud de 900 msnm, con humedad relativa media de 87% y temperatura mínima y máxima promedio de 20 y 28 °C (INAMHI, 2014).

FES de Tubérculos de Taro

La preparación del fermentado en estado sólido (FES) se realizó con tubérculos de desecho que por su apariencia física no cumplían las exigencias que establece el mercado para consumo humano. Los tubérculos se obtuvieron en la parroquia rural Teniente Hugo Ortiz, comunidad Allishungo. Se enjuagaron, escurrieron y molieron en forma fresca en un molino mixto provisto de cuchillas y criba de 1 cm para partículas de tamaño uniforme. La molienda fue colocada sobre un plástico en un piso de concreto bajo cobertizo por 72 horas para reducir el contenido de humedad. Luego del presecado, el material se inoculó con 2% de yogur natural y se distribuyó en bolsas plásticas selladas no herméticas por 72 horas bajo sombra a temperatura ambiente de 22 °C (Borras-Sandoval *et al.*, 2015).

Animales e Instalaciones

La investigación se desarrolló de acuerdo con las Directivas para Bienestar Animal de la República de Ecuador (AGROCALIDAD, 2017) y el protocolo experimental según Sakomura y Rostagno (2007). Se utilizaron 12 cerdos castrados, cruces de Landrace x Duroc x Pietrain, con un peso medio inicial de 25 ± 2 kg. Se trabajó con cuatro cerdos por tratamiento, donde cada cerdo constituyó una unidad experimental. Los animales se alojaron en jaulas metabólicas individuales de 1.0 x 0.40 m provistas de un comedero tipo tolva y un bebedero tipo chupón, ubicadas en un establo con paredes exteriores de 1.4 m de altura y piso de concreto. La temperatura ambiente promedio en la nave fue de 28 °C.

Alimentación

Se consideró 0, 10 y 20% de inclusión de FES de tubérculos de taro en la dieta, formando los tratamientos T0, T10 y T20, respectivamente. Las dietas fueron formuladas de acuerdo con las recomendaciones de la NRC (2012) (Cuadro 1). Se ajustó el consumo de alimento a razón de 0.10 kg (kg/MS) $PV^{0.75} d^{-1}$. El alimento se suministró dos veces al día: 08:00 y 15:00 horas, dividido en partes iguales. El agua de bebida estuvo disponible a voluntad.

Recolección de Muestras

El experimento duró 12 días. Se tuvo una fase de adaptación a las dietas de siete días y la otra fase de cinco días fue para la colección de las heces. Estas se recolectaron por el método de colecta total (Caicedo *et al.*, 2017). Las heces de cada día fueron pesadas y luego se tomaron muestras representativas de 100 g, que se almacenaron en congelación (-20 °C) (Ly *et al.*, 2009). Para determinar la digestibilidad de cada nutriente en la dieta se utilizó la siguiente expresión: Digestibilidad del nutriente (%) = (Nutriente consumido - Nutriente excretado / Nutriente consumido) * 100.

Cuadro 1. Composición y aporte de las dietas experimentales (% BS)

Ingredientes, % en base seca	Niveles de inclusión de FES de taro, %		
	T0	T10	T20
Maíz amarillo	55.0	48.0	40.0
Harina de trigo	9.0	9.0	9.0
Fermentado de taro	-	10	20
Concentrado proteico	35	32	30
Premezcla mineral cerdos ¹	0.5	0.5	0.5
Cloruro de sodio	0.5	0.5	0.5
Aporte de nutrientes²			
EB, kcal kg MS ⁻¹	4008.40	4021.75	4038.83
PB, %	17.91	17.67	17.68
FB, %	2.76	4.27	4.53

¹ Premezcla de vitaminas y minerales para cerdos en crecimiento (Vit A, 2 300 000 UI; Vit D3, 466 667 UI; Vit E, 5000 UI; Vit K3, 667 mg; Vit B1, 333 mg; Vit B2, 1000 mg; Vit B6, 400 mg; Vit B12, 4000 µg; Ácido fólico, 67 mg; Niacina, 6660 mg; Ac. Pantoténico, 4000 mg; Biotina, 17 mg; Colina, 43 g; Hierro, 26 667 mg; Cobre, 41 667 mg; Cobalto, 183 mg; Manganeso, 16 667 mg; Zinc, 26 667 mg; Selenio, 67 mg; Yodo, 267 mg; Antioxidante 27 g; Vehículo qsp, 1000 g)

² Calculado según NRC (2012) y/o determinado

Análisis Químico

Se hizo en el laboratorio de química de la Universidad Estatal Amazónica. En las muestras del alimento y excretas se determinó la materia seca (MS), fibra bruta (FB), cenizas, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y extractos libres de nitrógeno (ELN), según los procedimientos de AOAC (2005). Se consideró que el contenido de materia orgánica (MO) fue el resultado de restar el porcentaje de cenizas de 100. La energía bruta (EB) se determinó con una bomba calorimétrica adiabática Parr modelo 1241.

Diseño Experimental

En el análisis de los datos de composición química (MS, MO, PB, FB, EE, cenizas, ELN y EB) se utilizó estadística descriptiva y se determinó la media y desviación estándar. Las medias de la digestibilidad apa-

Cuadro 2. Composición química del fermentado en estado sólido (FES) en base seca de tubérculos de taro

Nutrientes	Media	DE
MS, %	83.33	0.01
MO, %	93.77	0.25
PB, %	13.95	0.01
FB, %	5.54	0.01
EE, %	1.50	0.01
Cenizas, %	6.23	0.25
ELN, %	72.78	0.01
EB, kcal kg MS ⁻¹	4162.13	0.12

rente de la MS, MO, PB, FB, EE, ELN y EB se contrastaron mediante análisis de varianza y la comparación de medias para los casos en que se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) se hizo mediante la prueba de Duncan. Los análisis fueron realizados con

Cuadro 3. Coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca (MS), materia orgánica (MO) proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extractos libres de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB) en dietas de cerdos en crecimiento suplementadas con fermentado en estado sólido (FES) de tubérculos de taro

Nutrientes	Niveles de inclusión de FES de taro, %			EE	P valor
	T0	T10	T20		
MS, %	88.66 ^c	90.19 ^b	91.37 ^a	0.19	P<0.0001
MO, %	94.67 ^c	95.52 ^b	96.36 ^a	0.14	P<0.0001
PB, %	85.65 ^b	87.49 ^a	87.81 ^a	0.55	P<0.0242
FB, %	48.82 ^c	52.11 ^b	54.75 ^a	0.72	P<0.0001
ELN, %	75.27	75.44	75.23	0.54	P=0.9583
EB, %	85.00	85.16	84.50	0.96	P=0.7052

^{a,b,c} Medias con letra diferente en la misma fila son estadísticamente diferentes (p<0.05)

el empleo del programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS

El FES de tubérculos de taro presentó alto contenido de MS (83.33%), MO (93.77%), PB (13.95%) ELN (72.78%), y EB (4162.13 kcal kg MS⁻¹) y bajos niveles de EE (1.50%), FB (5.54%) y cenizas (6.23%) (Cuadro 2).

Las raciones fueron consumidas con normalidad y no se presentaron problemas de rechazo. El consumo se estableció en 1.50 kg de MS d⁻¹ el día 7 de la fase de adaptación. Los coeficientes de digestibilidad aparente de la MS, MO, PB, FB, EE, ELN y EB en dietas que incluían FES de tubérculos de taro en la dieta de cerdos en crecimiento fueron altos (Cuadro 3). Los mayores coeficientes de digestibilidad de la MS, MO y FB se obtuvieron en T20, seguido por T10 y T0. Con relación a la PB, el mejor aprovechamiento fue presentado por T10 y T20, siendo significativamente diferentes con T0. Por otra parte, no hubo diferencia significativa en la digestibilidad del ELN y EB entre tratamientos.

DISCUSIÓN

Composición Química

En los tubérculos de taro procesados por FES se evidenció un contenido alto de MS (83.33%) y MO (93.77%) debido al proceso de presecado de los tubérculos realizado antes de la inoculación con yogur y a su gran disponibilidad de materia orgánica. En estado natural, los tubérculos de taro tienen bajo tenor de materia seca (27.5%) (Caicedo, 2015). El mayor contenido de MS es beneficioso desde el punto de vista de la conservación del producto, pues un alto nivel de humedad perjudica el almacenamiento de los alimentos por tiempo prolongado y provoca el crecimiento de microorganismos descomponedores, entre los que se destacan los mohos (*Cladosporium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Alternaria*) y las bacterias (coliformes, enterococos, *E. coli*, *Clostridium* spp) (Salgado y Jiménez, 2012). Estos microorganismos ocasionan deterioro del producto y producen cambios en la apariencia y generan pérdidas de MO (proteínas, lípidos y carbohidratos), a la vez que producen toxinas (Garde *et al.*, 2011; Zheng *et al.*, 2018).

Se encontró un bajo nivel de EE (1.50%), lo cual concuerda con variedades de taro que se producen en África (Aboubakar *et al.*, 2007) y Ecuador (Caicedo *et al.*, 2015). Por otra parte, el contenido de proteína del tubérculo de taro se incrementó (13.95%) en relación al tubérculo en estado natural que es de 8.48% (Caicedo, 2015), lo cual puede atribuirse a la producción de proteína microbiana de las bacterias ácido-lácticas (BAL) (Díaz *et al.*, 2014; Borrás-Sandoval y Torres-Vidales, 2016). Los tubérculos de taro contienen un alto contenido de calcio, que favorece el crecimiento adecuado de las BAL y se refleja en el incremento de la proteína (Borras *et al.*, 2017).

El FES de taro exhibió un bajo valor de fibra bruta (5.54%), lo cual es aceptable desde el punto de vista nutricional para cerdos en crecimiento (Aragadvay *et al.*, 2015). Caicedo *et al.* (2015) manifiestan que este tubérculo posee un alto contenido de fibra detergente neutro (FDN), destacando la fracción de hemicelulosa. Los ácidos grasos volátiles (AGVs) producidos por la fermentación de la fibra pueden contribuir entre el 5 y 12% de la exigencia energética para mantenimiento de los cerdos en crecimiento; sin embargo, dependen del tipo de fibra, que en dietas para cerdos en crecimiento no debe superar el 5% (Bertechini, 2013). Por otra parte, cuando los alimentos tienen mayor contenido de fibra detergente ácido (FDA) se afecta progresivamente la digestión de la materia seca, proteína y de la energía (Mariscal-Landín *et al.*, 2014).

El contenido de ceniza en el FES de tubérculos de taro fue alto (6.23%), destacando la presencia de calcio, fósforo y potasio (Caicedo, 2015). Yang *et al.* (2015) manifiestan que las partículas minerales de calcio pueden beneficiar el crecimiento y la actividad de las BAL en el proceso de FES. Por otro lado, el FES de taro presentó alto tenor de ELN (72.78%) y energía bruta EB (4162.13 kcal kg MS⁻¹). Estos tubérculos constituyen un alimento básico muy importante en muchas regiones de países en desarrollo por el

alto contenido de carbohidratos (Caicedo *et al.*, 2015) y se les refiere como una excelente fuente de energía para uso en la alimentación humana y animal (Ogunlakin *et al.*, 2012).

Digestibilidad Aparente

Los mayores coeficientes de digestibilidad de la MS, MO, PB y FB se obtuvieron en las dietas conteniendo FES de taro. Ly y Delgado (2005), evaluando la digestibilidad rectal de la MS y MO en cerdos alimentados con tubérculos de taro en estado natural obtuvieron coeficientes de aprovechamiento de MS (31.50%) y de MO (38.30%) inferiores a los encontrados en este estudio. Ly *et al.* (2014) indican, no obstante, que la digestibilidad rectal de nutrientes en cerdos alimentados con raíces y tubérculos es mayor a 85% cuando son procesados. Este hecho fue confirmado por Caicedo *et al.* (2017) con ensilajes líquidos de taro que alcanzaron aprovechamientos de 91.20% (MS), 93.33% (MO), 85.08% PB, 59.48% (FB), 89.88% (EB) y con harina de taro (Caicedo *et al.*, 2018) de 88.77% (MS), 89.90% (MO) y 91.89% (PB); resultados similares a los obtenidos en esta investigación. El alto aprovechamiento de nutrientes del FES de taro se pudo deber al proceso de picado, secado, y la inoculación con BAL. Por otro lado, Ajila *et al.* (2015) trabajaron con FES de cáscara de manzana en la alimentación de cerdos, encontrando una mayor digestibilidad de nutrientes en la dieta experimental en comparación con la dieta control.

La suplementación con *Lactobacillus*, *Saccharomyces*, *Bacillus* y *Pediococcus acidilactici* en la dieta de cerdos ocasiona un efecto positivo en el aprovechamiento de la MS y nitrógeno (Chen *et al.*, 2005; Dowarah *et al.*, 2018). Bacterias de los géneros *Bacillus* y *Saccharomyces* son capaces de estimular la tasa de transporte de glucosa a través de las vesículas del borde de cepillo del yeyuno de los cerdos (Breves *et al.*, 2000). Giang *et al.* (2011) demostraron que los cerdos en crecimiento alimentados

con una dieta basal más una mezcla de *Bacillus*, *Saccharomyces* y BAL presentaron mayor digestibilidad de la FB, PB, MO y MS en comparación con cerdos alimentados con la dieta basal.

Priest (1977) manifiesta que bacterias del género *Bacillus* producen algunas enzimas útiles como α -amilasa, arabinasa, celulasa, dextranasa, DNasa, levansucrasa, maltasa, proteasa alcalina, proteasa neutra, xilanasas y β -glucanasa y, consecuentemente, mejoran la eficiencia alimentaria y la ganancia de peso de los cerdos. Por otra parte, *Saccharomyces* y las BAL (*L. salivarius*, *L. reuteri*, *L. plantarum*, *L. acidophilus*) producen sustancias antimicrobianas como ácidos orgánicos, bacteriocinas, exopolisacáridos, péptidos antifúngicos, peróxido de hidrógeno, reuterina y reuterociclina (Czerucka y Rampal, 2002; Savago *et al.*, 2006; Zhao y Kim, 2015; Balasubramanian *et al.*, 2018) y reducen el nivel de patógenos en la luz intestinal, obteniendo un mejor comportamiento productivo (Bontempo *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2009).

Hay que destacar que la mayoría de las fuentes de proteína unicelular (PUC), a partir de bacterias y levaduras, tienen un contenido similar de lisina, metionina, cisteína, y una mayor proporción de triptófano y treonina que la harina de pescado. Diferentes estudios han demostrado que la PUC puede reemplazar eficientemente hasta 50% de la harina de soja y pescado en la dieta sin perjudicar los rendimientos productivos de lechones recién destetados y cerdos de crecimiento-acabado (Wang *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2013).

Por otra parte, los tubérculos de taro tienen un almidón muy pequeño (5-6 μm) y son muy diferentes en su forma estructural. La amilosa tiene una estructura lineal, mientras que la amilopectina es ramificada, lo cual ayuda a la entrada de agua a los espacios intermoleculares y mejora la solubilidad de los polímeros (Araujo *et al.*, 2004; Vargas y Hernández, 2013). Así también, el 50% del almidón está compuesto de fracciones de al-

midón rápidamente digerible (Simsek y Nehir, 2015). La mezcla de gránulos pequeños y bajo contenido de fibra permite que los tubérculos de taro procesados por FES constituyan una excelente fuente de proteína y carbohidratos para la alimentación de animales (Huang *et al.*, 2000).

CONCLUSIONES

Los tubérculos de taro fermentado en estado sólido (FES) e incorporados en la dieta de cerdos en crecimiento al 10 y 20% no afectaron negativamente la digestibilidad aparente de la MS, MO, PB, FB, ELN y EB, lo que garantiza un alimento de adecuadas características nutricionales para cerdos en crecimiento.

Agradecimientos

Se agradece al personal técnico de la Granja Agropecuaria Caicedo y del Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica por el apoyo para el desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

1. **Aboubakar Y, Njintang Y, Scher J, Mbfung C. 2007.** Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L Schott) flour and starches. *J Food Eng* 86: 294-305. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2007.10.006
2. **AGROCALIDAD. 2017.** Manual de aplicabilidad de buenas prácticas porcícolas. Quito, Ecuador. 127 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/Guia-BPA-publicaciones/2017/enero/manual-buenas-practicas-porcicolas-24-01-2017.pdf>
3. **Ajila CM, Sarma SJ, Brar SK, Godbout S, Cote M, Guay F, Verma M, et al. 2015.** Fermented apple

- pomace as a feed additive to enhance growth performance of growing pigs and its effects on emissions. *Agriculture* 5: 313-329. doi: 10.3390/agriculture5020313
4. **AOAC. 2005.** Official Methods of Analysis. 18th ed. Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists.
 5. **Aragadvay R, Rayas A, Heredia D, Estrada J, Martínez F, Arriaga C. 2015.** *In vitro* evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L) silage alone or combined with maize silage. *Rev Mex Cienc Pecu* 6: 315-327.
 6. **Araujo C, Rincón AM, Padilla F. 2004.** Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. *Arch Latinoam Nutr* 54: 241-245.
 7. **Balasubramanian B, Lee SI, Kim IH. 2018.** Inclusion of dietary multi-species probiotic on growth performance, nutrient digestibility, meat quality traits, faecal microbiota and diarrhoea score in growing-finishing pigs. *Ital J Anim Sci* 17: 100-106. doi: 10.1080/1828051X-2017.1340097
 8. **Bertechini AG. 2013.** Nutrição de monogástricos. 2^o ed rev. MG, Brasil: Editora UFLA. 373 p.
 9. **Bontempo V, Di Giancamillo A, Savoini G, Dell'Orto V, Domeneghini C. 2006.** Live yeast dietary supplementation acts upon intestinal morpho-functional aspects and growth in weanling piglets. *Anim Feed Sci Tech* 129: 224-236. doi: 10.1016/j.anifeedsci-2005.12.015
 10. **Borras LM, Rodríguez CE, Rodríguez A. 2017.** Inclusión de carbonato de calcio (CaCO₃) en la cinética de fermentación en estado sólido de residuos de poscosecha de *Solanum tuberosum*. *Rev Colomb Cienc Hortícolas* 11: 143-150. doi: 10.17584/rcch.2017v11i1.6145
 11. **Borras-Sandoval L, Elías-Iglesias A, Moyano-Bautista M. 2014.** Efecto de la temperatura y el tiempo sobre los indicadores de la papa (*Solanum tuberosum*) fermentada en estado sólido. *Cienc Agric* 11: 31-38. doi: 10.19053/01228420.3835
 12. **Borras-Sandoval L, Elías-Iglesias A, Saavedra-Montañez G. 2015.** Evaluación de la dinámica de conservación del producto final de un alimento obtenido por fermentación en estado sólido de papa (Fes-papa). *Cienc Agric* 12: 73-82.
 13. **Borrás-Sandoval L, Torres-Vidales G. 2016.** Producción de alimentos para animales a través de fermentación en estado sólido-FES. *Orinoquia* 20: 47-54. doi: 10.22579/20112629.353
 14. **Breves G, Faul K, Schroder B, Holst H, Caspary WF, Stein J. 2000.** Application of the colon-simulation technique for studying the effects of *Saccharomyces boulardii* on basic parameters of porcine cecal microbial metabolism disturbed by clindamycin. *Digestion* 61: 193-200. doi: 10.1159/000007757
 15. **Caicedo WO. 2015.** Valoración nutritiva del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L) Schott) y su uso en la alimentación de cerdos en crecimiento ceba. Tesis doctoral. Bayamo, Cuba: Univ. de Granma. 100 p.
 16. **Caicedo W, Rodríguez R, Lezcano P, Ly J, Valle S, Flores L, Ferreira FNA. 2015.** Chemical composition and *in vitro* digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs. *Cuban J Agr Sci* 49: 59-64.
 17. **Caicedo W, Rodríguez R, Lezcano P, Ly J, Valle S, Flores L, Ferreira FNA. 2016.** Physicochemical and biological indicators in silages of taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott) tubers for animal feeding. *Cuban J Agr Sci* 50: 121-129.
 18. **Caicedo W, Rodríguez R, Lezcano P, Ly J, Vargas JC, Uvidia H, Samaniego E, et al. 2017.** Rectal digestibility of nutrients in growing pigs, fed with taro silage (*Colocasia esculenta* (L) Schott). Technical note. *Cuban J Agr Sci* 51: 337-341.
 19. **Caicedo W, Sanchez J, Tapuy A, Vargas JC, Samaniego E, Valle S, Moyano J, Pujapat D. 2018.** Apparent digestibility of nutrients in fattening pigs (Largewhite x Duroc x Pietrain), fed with taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott)

- meal. Technical note. Cuban J Agr Sci 52: 181-186.
20. **Chen YJ, Son KS, Min BJ, Cho JH, Kwon OS, Kim IH. 2005.** Effects of dietary probiotic on growth performance, nutrients digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in growing pigs. Asian Austral J Anim 18: 1464-1468. doi: 10.5713/ajas.2005.1464
 21. **Czerucka D, Rampal P. 2002.** Experimental effects of *Saccharomyces boulardii* on diarrheal pathogens. Microbes Infect 4: 733-739. doi: 10.1016/S1286-4579(02)01592-7
 22. **Di Rienzo J, Casanoves F, Balzarini M, Gonzalez L, Tablada M, Robledo C. 2012.** Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Versión 1.0 para Windows.
 23. **Díaz-Monroy BL, Iglesias AE, Valiño-Cabrera E. 2014.** Consorcios microbianos con actividad ácido-láctica promisorios aislados desde inoculantes bacterianos nativos para ensilajes. Cienc Agric 11: 17-25.
 24. **Dowarah R, Verma AK, Agarwal N, Singh P, Singh BR. 2018.** Selection and characterization of probiotic lactic acid bacteria and its impact on growth, nutrient digestibility, health and antioxidant status in weaned piglets. Plos One 13: e0192978. doi: 10.1371/journal.pone.0192978
 25. **Garde S, Arias R, Gaya P, Nuñez M. 2011.** Occurrence of *Clostridium* spp in ovine milk and Manchego cheese with late blowing defect: identification and characterization of isolates. Int Dairy J 21: 272-278. doi: 10.1016/j.idairyj.2010.11.003
 26. **Giang HH, Viet TQ, Ogle B, Lindberg JE. 2011.** Effects of supplementation of probiotics on the performance, nutrient digestibility and faecal microflora in growing-finishing pigs. Asian Austral J Anim 24: 655-661. doi: 10.5713/ajas.2011.10238
 27. **Huang AS, Titchenal CA, Meilleur BA. 2000.** Nutrient composition of taro corms and breadfruit. J Food Compos Anal 13: 859-864. doi: 10.1006/jfca.2000.0936
 28. **[INAMHI] Instituto Nacional Meteorología e Hidrología. 2014.** Anuario meteorológico. Quito, Ecuador. 28 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
 29. **Krishnapriya T, Suganthi A. 2017.** Biochemical and phytochemical analysis of *Colocasia esculenta* (L.) Schott tubers. Int J Res Pharm Pharmaceutical Sci 2: 21-25.
 30. **Ly J, Almaguel R, Ayala L, Lezcano P, Romero A, Delgado E. 2014.** Digestibilidad rectal y ambiente gastrointestinal de cerdos jóvenes alimentados con dietas de levadura torula. Influencia de la fuente de carbohidratos. Rev Comp Prod Porcina 21: 134-139.
 31. **Ly J, Delgado E. 2005.** A note «*in vitro*» (pepsin/pancreatin) digestibility of taro (*Xanthosoma sagittifolia* spp) and cocoyam (*Colocasia esculenta* spp) for pigs. Rev Comp Prod Porcina 12: 90-92.
 32. **Ly J, Marrero L, Mollineda A, Castro M. 2009.** Studies of digestibility in growing pigs fed final and high-test sugarcane molasses Cuban J Agr Sci 43: 173-176.
 33. **Mariscal-Landín G, Reis de Souza TC, Rodríguez RE. 2014.** Effects of corn gluten feed inclusion at graded levels in a corn-soybean diet on the ileal and fecal digestibility of growing pigs. J Anim Sci Biotechnol 5: 40. doi: 10.1186/2049-1891-5-40
 34. **Mariscal-Landín G, Ramírez E. 2017.** Determinación de la digestibilidad de la proteína, aminoácidos y energía de canola integral en cerdos en crecimiento. Rev Mex Cienc Pecu 8: 297-304. doi: 10.22319/rmcp.v8i3.4505
 35. **Muñoz-Cuervo I, Malapad R, Michaleta S, Lebote V, Legendre L. 2016.** Secondary metabolite diversity in

- taro, *Colocasia esculenta* (L) Schott, corms. J Food Compos Anal 52: 24-32. doi: 10.1016/j.jfca.2016.07.004
36. **[NRC] National Research Council. 2012.** Nutrient requirements of swine. 11th ed. Washington DC, USA: National Academies Press. 400 p.
 37. **Ogunlakin GO, Oke MO, Babarinde GO, Olatunbosun DG. 2012.** Effect of drying methods on proximate composition and physic-chemical properties of cocoyam flour. Am J Food Technol 7: 245-250. doi: 10.3923/ajft.2012.245.250
 38. **Priest FG. 1977.** Extracellular enzyme synthesis in the genus *Bacillus*. Bacteriol Rev 41: 711-753.
 39. **Sakomura N, Rostagno, H. 2007.** Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: FUNEP. 283 p.
 40. **Salgado-Nava AA, Jiménez-Munguía MT. 2012.** Métodos de control de crecimiento microbiano en el pan. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos 6: 160-172.
 41. **Savadogo A, Cheik-Ouattara AT, Imael-Bassole HN, Traore A. 2006.** Bacteriocins and lactic acid bacteria - a minireview. Afr J Biotechnol 5: 678-683.
 42. **Simsek S, Nehir E. 2015.** *In vitro* starch digestibility, estimated glycemic index and antioxidant potential of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corm. Food Chem 168: 257-261. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.07.052
 43. **Vargas P, Hernández D. 2013.** Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. Tecnología en Marcha 26: 37-45.
 44. **Wang AN, Yi XW, Yu HF, Dong B, Qiao SY. 2009.** Free radical scavenging activity of *Lactobacillus fermentum* *in vitro* and its anti-oxidative effect on growing-finishing pigs. J Appl Microbiol 107: 1140-1148. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04294.x
 45. **Wang JP, Kim JD, Kim JE, Kim IH. 2013.** Amino acid digestibility of single cell protein from *Corynebacterium ammoniagenes* in growing pigs. Anim Feed Sci Tech 180: 111-114. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2012.12.006
 46. **Yang P, Tian Y, Wang Q, Cong W. 2015.** Effect of different types of calcium carbonate on the lactic acid fermentation performance of *Lactobacillus lactis*. Biochem Eng J 98: 38-46. 10.1016/j.bej.2015.02.023
 47. **Zhang HY, Piao XS, Li P, Yi JQ, Zhang Q, Li QY, Liu JD, Wang GQ. 2013.** Effects of single cell protein replacing fish meal in diet on growth performance, nutrient digestibility and intestinal morphology in weaned pigs. Asian Austral J Anim 26: 1320-1328. doi: 10.5713/ajas.2013.13200
 48. **Zhao PY, Kim IH. 2015.** Effect of direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, fecal noxious gas emission, fecal microbial flora and diarrhea score in weanling pigs. Anim Feed Sci Tech 200: 86-92. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2014.12.010
 49. **Zheng M, Niu D, Zuo S, Mao P, Meng L, Xu C. 2018.** Effect of cultivar, wilting and storage period on fermentation and the clostridial community of alfalfa silage. Ital J Anim Sci 17: 336-346. doi: 10.1080/1828051X.2017.1364984