



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Caicedo, W.; Rodríguez, R.; Lezcano, P.; Ly, J.; Valle, S.; Flores, L.; Ferreira, F.N.A.
Composición química y digestibilidad in vitro de ensilados de tubérculos de papa china (Colocasia
esculenta (L.) Schott) destinados a la alimentación de cerdos
Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 49, núm. 1, 2015, pp. 59-64
Instituto de Ciencia Animal
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193036208010>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Composición química y digestibilidad *in vitro* de ensilados de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) destinados a la alimentación de cerdos

W. Caicedo¹, R. Rodríguez², P. Lezcano³, J. Ly³, S. Valle¹, L. Flores⁴ y F.N.A. Ferreira⁵

¹Secretaría Nacional de Educación Superior Ciencia Tecnología e Innovación, Quito, Ecuador

²Universidad de Granma, Centro de Estudios de Producción Animal, Bayamo, Cuba

³Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

⁵Universidad Federal Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil

Correo electrónico: orlando.caicedo@yahoo.es

Para valorar la composición química y digestibilidad *in vitro* de ensilados de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), destinados a la alimentación de cerdos, se realizaron cuatro ensilados con tubérculos de desecho. Para analizar la composición química, se aplicó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial (4 x 6). Se evaluó el yogurt natural (-1YN), suero de leche (-2SL), suero de leche con 5 % de miel (-3SLMB5) y suero de leche con 10 % de miel (-4SLMB10) como componentes de los ensilados. Los tiempos de ensilado fueron 0, 15, 30, 60, 90 y 180 d. La digestibilidad *in vitro* de la MS y MO se investigó con ensilados de 15 d de elaboración mediante un diseño de clasificación simple. Las interacciones tratamientos por día resultaron significativas ($P < 0.05$). El ensilado cuatro en el día 180 presentó mayor contenido de MS (33.61%). La concentración de PB (N x 6.25) más elevada (8.83 %) se evidenció en el ensilado dos, en el día 90. El menor tenor de FB se determinó en el ensilado dos en los días 0 (2.85 %) y 60 (2.84 %). El contenido de EB fue alto en el ensilado uno en el día 0 (4.40 kcal g MS⁻¹). El mayor coeficiente ($P < 0.05$) de digestibilidad *in vitro* de la MS (74.65 %) y MO (76.76 %) lo tuvo el ensilado dos. La conservación de tubérculos de papa china, entre 0 y 180 d, mediante la adición de niveles variables de yogurt natural, suero de leche y melaza de caña de azúcar, originan distintos productos que tienen buen contenido de MS, PB, EB y baja concentración de FB, aptos para ser utilizados en la alimentación de ganado porcino.

Palabras clave: subproductos, fermentación, digestibilidad, conservación

La producción eficiente de recursos agrícolas en zonas tropicales y subtropicales, y la necesidad de encontrar, de manera sustentable, fuentes alternativas para la alimentación animal son condiciones que posibilitan la utilización de los ensilajes en la alimentación animal (Guzmán 2010). Mediante un procedimiento sencillo y adecuado, los ensilajes permiten preservar los residuos de cítricos (Llano *et al.* 2008), piña (Herrera *et al.* 2009) y mango (Rego *et al.* 2010), entre otros desechos agroindustriales, útiles para el consumo de los animales.

En el Ecuador, según Caicedo *et al.* (2013a) se dispone de una amplia variedad de recursos factibles para la alimentación de cerdos, entre ellos se encuentra la papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott). Los tubérculos se reconocen como una fuente barata de carbohidratos de bajo costo, con respecto a los cereales y otros tipos de cultivos. Presentan además, alta digestibilidad de almidón, que puede llegar hasta 98 % (Ezedinma 1987).

La utilización de métodos convencionales *in vivo* para medir la digestibilidad de los alimentos e ingredientes que se usan en la formulación de dietas para cerdos es muy costosa y requiere de largos períodos para obtener resultados evaluativos. Por consiguiente, se han desarrollado métodos *in vitro* que tienen la ventaja de ser simples, rápidos y permiten evaluar gran número de muestras al mismo tiempo y a menor costo (Boisen y Fernández 1995 y Ramos 1995).

El objetivo de este estudio fue valorar la composición química y digestibilidad *in vitro* de ensilados de

tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott), destinados a la alimentación de cerdos.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en las instalaciones de la corporación de productores de papa china de Pastaza, perteneciente a la parroquia “Teniente Hugo Ortiz”, ubicada en la provincia de Pastaza, Ecuador. Esta zona tiene un clima semicálido o subtropical húmedo, con precipitaciones que oscilan entre 4000 y 4500 mm anuales. Se encuentra ubicada a una altitud de 950 msnm, con humedad relativa media de 87 % y temperatura mínima y máxima promedio de 18 a 26 °C. Presenta suelos de los órdenes inceptisoles, oxisoles y entisoles (INAMI 2013).

Para la formulación de los silos (tabla 1), se siguieron las recomendaciones de Caicedo *et al.* (2013b). La preparación de los microsilos se realizó con tubérculos de desecho que, por su apariencia física, no cumplían las exigencias que establecen los mercados nacionales e internacionales para el consumo humano. Los tubérculos se lavaron y molieron en forma fresca, en un molino mixto, provisto de cuchillas y criba de 2.5 cm, con la finalidad de obtener partículas uniformes.

Para la formulación de los ensilados, las materias primas se pesaron en una balanza digital, marca CAMRY, y se depositaron en cuatro tanques plásticos limpios, con capacidad para 400 kg cada uno. Los ingredientes se adicionaron en el orden siguiente: ensilado 1) tubérculos

Tabla 1. Formulación de los ensilados de tubérculos de papa china

Inclusión de materias primas, %	Tratamientos			
	1_YN	2_SL	3_SLMB5	4_SLMB10
Tubérculos de papa china picados	68	68	68	68
Agua potable para consumo humano	27	-	-	-
Miel B (83°Brix)	-	-	5	10
Yogurt natural	5	-	-	-
Suero de leche	-	32	27	22
Total	100	100	100	100

1_YN: Ensilado con yogurt natural

2_SL: Ensilado con suero de leche

3_SLMB5: Ensilado con suero de leche y 5% de miel B (83°Brix)

4_SLMB10: Ensilado con suero de leche y 10% de miel B (83°Brix)

picados, yogurt natural y agua potable para consumo humano (1_YN); 2) tubérculos picados y suero de leche (2_SL); 3) tubérculos picados, miel B (83° Brix) 5 % y suero de leche (3_SLMB5) y tubérculos picados, miel B (83° Brix) 10 % y suero de leche (4_SLMB10).

Los ingredientes se mezclaron de manera homogénea, de forma manual, con una paleta de madera, durante 15 min, a temperatura ambiente de 24 °C. Luego, las mezclas de los ensilados se introdujeron en bolsas de polietileno, a razón de 5 kg. Se compactaron para cerrarlas herméticamente con una bomba de vacío, de modo que se garantizara su conservación. Los microsilos se almacenaron bajo techo y se protegieron de la luz solar. Se abrieron a los 0, 15, 30, 60, 90 y 180 d de ensilados.

En el material ensilado se analizó el contenido de MS, FB, cenizas, PB (N x 6.25), EE y ELN, según las recomendaciones de la AOAC (2005). Los niveles de FND, FAD y lignina se midieron según van Soest *et al.* (1991). Se consideró que la concentración de MO fue igual a la diferencia 100 – por ciento de ceniza. Sin embargo, la hemicelulosa fue el resultado de la resta FND – FAD, así como la celulosa (FAD – lignina). Ambas se expresaron en por ciento (van Soest y Robertson 1975). La EB se determinó con una bomba calorimétrica adiabática, marca Parr, modelo 1241. La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIMS) y MO (DIMO) se realizó por la técnica de pepsina-pancreatina-viscozyme, según Boisen y Fernández (1991).

Para la caracterización química, se aplicó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial (4 x 6), correspondiente a cuatro tipos de ensilados (tabla 1) y seis tiempos de conservación (0, 15, 30, 60, 90 y 180 d). La digestibilidad *in vitro* se evaluó mediante diseño completamente aleatorizado y se aplicó análisis de varianza simple, con ensilados de 15 d de elaboración. Se realizaron tres replicas por cada tratamiento. Todas las determinaciones se hicieron por triplicado. Las medias se contrastaron por la técnica de análisis de varianza, de acuerdo con las recomendaciones de Steel *et al.* (1997). En los casos en que se encontraron diferencias

significativas ($P < 0.05$), las medias se compararon por la prueba de Duncan (1955). Los análisis se realizaron con la aplicación del programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

Resultados

Durante el proceso de conservación, la temperatura promedio fue de 22 °C. Al abrir los microsilos, no se notó la presencia de alcohol ni síntoma alguno de descomposición de los materiales ensilados. Todos los microsilos tenían un olor dulce acaramelado.

El resultado de las interacciones estudiadas para los índices químicos se muestra en las tablas 2 y 3. Las interacciones tratamiento por día fueron significativas ($P < 0.05$) para todos los índices químicos evaluados: MS, MO, PB, FB, cenizas, EE, ELN, EB, FND, FAD, lignina, hemicelulosa y celulosa.

El contenido de MS fue significativamente ($P < 0.05$) más alto en el ensilado cuatro, en el día 180 (33.61%). Mientras que la concentración de MO más elevada ($P < 0.05$) se determinó en el ensilado cuatro en el día 0 (95.33%). El tenor de PB ($P < 0.05$) fue más alto en el ensilado dos, en el día 90 (8.83 %). El menor contenido de FB ($P < 0.05$) se determinó en el ensilado dos en los días 0 (2.85 %) y 60 (2.84%), respectivamente.

El ensilado cuatro en el día 0 (4.67 %) presentó la menor concentración de cenizas. El mayor contenido de EE ($P < 0.05$) lo mostró el ensilado uno, en los días 30 (4.95 %) y 180 (4.95 %), respectivamente. La concentración más alta de ELN fue evidente en el ensilado dos, en los días 30 (84.09 %) y 180 (84.09 %). El contenido de EB se mostró alto en todas las variantes estudiadas. Sin embargo, fue significativamente ($P < 0.05$) superior en el ensilado uno, en el día 0 (18.39 kJ. gMS).

La FND (tabla 3) se mostró alta ($P < 0.05$) en el ensilado uno en los días 30 (18.21 %) y 180 (18.19 %). La menor concentración de FAD ($P < 0.05$) la presentó el ensilado dos, en los días 0 (2.55 %) y 60 (2.54 %). El mayor contenido de lignina ($P < 0.05$) se determinó en el ensilado cuatro, en el día 30 (2.46 %). La hemicelulosa disminuyó ($P < 0.05$) en el ensilado cuatro, en los

Tabla 2. Composición química de ensilados de tubérculos de papa china. Interacción tratamientos x días (por ciento en base seca)

Indicador, %	Tratamientos	Días de ensilado						EE±sig
		0	15	30	60	90	180	
MS	1_YN	27.51 ^t	27.80 ^q	28.20 ^p	28.52 ⁿ	29.09 ^l	29.10 ^l	0.0227 P<0.0001
	2_SL	27.60 ^s	28.20 ^p	28.51 ⁿ	29.32 ^k	29.55 ^j	30.23 ^f	
	3_MB5	27.71 ^r	28.33 ^o	29.80 ⁱ	30.09 ^g	30.68 ^e	31.25 ^d	
	4_MB10	27.82 ^q	28.91 ^m	29.91 ^h	31.92 ^c	32.94 ^b	33.61 ^a	
MO	1_YN	95.24 ^c	95.16 ^d	95.08 ^e	95.25 ^c	95.17 ^d	95.09 ^e	0.0075 P<0.0001
	2_SL	93.69 ^h	93.58 ⁱ	93.45 ^j	93.69 ^h	93.59 ⁱ	93.46 ^j	
	3_MB5	93.38 ^k	93.33 ^l	93.12 ^m	93.39 ^k	93.33 ^l	93.13 ^m	
	4_MB10	95.33 ^a	94.23 ^f	94.13 ^g	95.29 ^b	94.24 ^f	94.14 ^g	
PB	1_YN	8.33 ⁱ	8.58 ^d	8.27 ^k	8.32 ⁱ	8.58 ^d	8.27 ^k	0.0031 P<0.0001
	2_SL	8.28 ^j	8.83 ^a	8.69 ^b	8.27 ^k	8.83 ^a	8.68 ^c	
	3_MB5	8.52 ^f	8.35 ^h	8.15 ^l	8.51 ^f	8.34 ^h	8.14 ^l	
	4_MB10	8.46 ^g	8.54 ^e	8.13 ^m	8.47 ^g	8.53 ^e	8.13 ^m	
FB	1_YN	3.35 ^k	5.78 ^c	5.85 ^b	3.35 ^k	5.78 ^c	5.85 ^b	0.0029 P<0.0001
	2_SL	2.85 ⁿ	3.87 ^j	4.87 ^h	2.84 ⁿ	3.87 ^j	4.87 ^h	
	3_MB5	2.88 ^m	4.49 ⁱ	5.20 ^g	2.88 ^m	4.49 ⁱ	5.21 ^f	
	4_MB10	3.03 ^l	5.23 ^e	6.23 ^a	3.03 ^l	5.24 ^d	6.23 ^a	
Cenizas	1_YN	4.76 ^k	4.84 ^j	4.92 ⁱ	4.76 ^k	4.83 ^j	4.92 ⁱ	0.0075 P<0.0001
	2_SL	6.31 ^f	6.42 ^e	6.55 ^d	6.32 ^f	6.42 ^e	6.55 ^d	
	3_MB5	6.62 ^c	6.67 ^b	6.88 ^a	6.62 ^c	6.67 ^b	6.88 ^a	
	4_MB10	4.67 ^m	5.77 ^h	5.87 ^g	4.71 ^l	5.76 ^h	5.87 ^g	
EE	1_YN	4.72 ^d	4.88 ^c	4.95 ^a	4.72 ^d	4.89 ^b	4.95 ^a	0.0031 P<0.0001
	2_SL	2.77 ^j	2.83 ⁱ	2.83 ⁱ	2.77 ^j	2.83 ⁱ	2.84 ^h	
	3_MB5	3.26 ^g	3.42 ^f	3.53 ^e	3.26 ^g	3.43 ^f	3.53 ^e	
	4_MB10	2.17 ^l	2.16 ^l	2.46 ^k	1.93 ^m	2.17 ^l	2.45 ^k	
ELN	1_YN	78.85 ^p	81.88 ^f	83.88 ^b	78.84 ^p	81.86 ^g	83.86 ^c	0.0032 P<0.0001
	2_SL	79.79 ^o	81.09 ⁱ	84.09 ^a	79.78 ^o	81.08 ^j	84.09 ^a	
	3_MB5	78.72 ^q	78.55 ^r	80.55 ⁿ	78.72 ^q	78.55 ^r	80.56 ^m	
	4_MB10	81.31 ^h	80.73 ^l	82.73 ^d	81.32 ^h	80.75 ^k	82.72 ^e	
EB, kJ.gMS	1_YN	18.39 ^a	17.68 ^d	17.68 ^d	17.68 ^d	17.68 ^d	17.68 ^d	0.012 P<0.0001
	2_SL	17.60 ^e	17.81 ^b	17.51 ^f	17.81 ^b	17.47 ^g	17.51	
	3_MB5	17.68 ^d	17.81 ^b	17.81 ^b	17.76 ^c	17.81 ^b	17.76 ^c	
	4_MB10	17.76 ^c	17.51 ^f	17.76 ^c	17.51 ^f	17.76 ^c	17.76 ^c	

abcdefghijklmnpqrst Superíndices distintos indican diferencias significativas (P<0.05)

Tabla 3. Fraccionamiento fibroso en ensilados de tubérculos de papa china. Interacción tratamientos x días (por ciento en base seca)

Indicador, %	Tratamientos	Días de ensilado						EE±sig
		0	15	30	60	90	180	
FND	1_YN	14.72 ^k	18.12 ^b	18.21 ^a	14.73 ^k	18.12 ^b	18.19 ^a	0.0083 P<0.0001
	2_SL	13.57 ⁿ	17.64 ^d	17.74 ^c	13.61 ^m	17.63 ^d	17.73 ^c	
	3_MB5	17.34 ^h	17.47 ^g	17.59 ^e	17.33 ^h	17.47 ^g	17.50 ^f	
	4_MB10	13.96 ^l	14.97 ^j	16.95 ⁱ	13.96 ^l	14.97 ^j	16.93 ⁱ	
FAD	1_YN	4.83 ⁿ	7.46 ^c	7.56 ^a	4.84 ⁿ	7.45 ^d	7.55 ^b	0.003 P<0.0001
	2_SL	2.55 ^r	6.34 ^j	6.84 ^e	2.54 ^r	6.34 ^j	6.83 ^f	
	3_MB5	4.18 ^o	6.27 ^k	6.57 ^h	4.17 ^o	6.25 ^l	6.56 ⁱ	
	4_MB10	4.07 ^p	5.49 ^m	6.62 ^g	4.05 ^q	5.49 ^m	6.62 ^g	
Lignina	1_YN	1.10 ^p	1.32 ^j	1.36 ^h	1.11 ^o	1.33 ⁱ	1.35 ^h	0.0035 P<0.001
	2_SL	1.12 ⁿ	1.21 ^m	1.28 ^k	1.13 ⁿ	1.21 ^m	1.27 ^l	
	3_MB5	0.81 ^s	1.71 ^f	1.81 ^e	0.82 ^r	1.69 ^g	1.82 ^e	
	4_MB10	0.83 ^r	2.07 ^c	2.46 ^a	0.84 ^q	2.05 ^d	2.43 ^b	
Hemicelulosa	1_YN	9.90 ^j	10.66 ^h	10.65 ^h	9.89 ^j	10.67 ^h	10.65 ^h	0.0078 P<0.0001
	2_SL	11.02 ^e	11.30 ^b	10.90 ^g	11.07 ^d	11.29 ^b	10.90 ^g	
	3_MB5	13.16 ^a	11.21 ^c	11.02 ^e	13.16 ^a	11.22 ^c	10.94 ^f	
	4_MB10	9.89 ^j	9.48 ^k	10.33 ⁱ	9.91 ^j	9.48 ^k	10.32 ⁱ	
Celulosa	1_YN	3.72 ^k	6.15 ^b	6.20 ^a	3.72 ^k	6.12 ^c	6.19 ^a	0.0045 P<0.0001
	2_SL	1.43 ^r	5.13 ^e	5.56 ^d	1.42 ^r	5.14 ^e	5.56 ^d	
	3_MB5	3.37 ⁿ	4.56 ^h	4.73 ^f	3.35 ^o	4.56 ^h	4.74 ^g	
	4_MB10	3.24 ^p	3.42 ^m	4.16 ^j	3.21 ^q	3.44 ^l	4.19 ⁱ	

abcedefghijklmnopqrs Superíndices distintos indican diferencias significativas (P < 0.05)

Tabla 4. Digestibilidad *in vitro* de la MS y MO en ensilados de tubérculos de papa china

Variables	1_YN	2_SL	3_MB5	4_MB10	EE ± sig
DIMS, %	63.83 ^d	74.65 ^a	70.86 ^c	74.49 ^b	0.0029 P < 0.0001
DIMO, %	65.08 ^d	76.76 ^a	72.15 ^c	76.07 ^b	0.0028 P < 0.0001

abcd Superíndices distintos indican diferencias significativas (P < 0.05)

días 15 (9.48%) y 60 (9.48 %), y la celulosa aumentó (P < 0.05) en el ensilado uno, en los días 30 (6.20%) y 180 (6.19 %).

Los resultados del estudio de digestibilidad, DIMS y DIMO, de las cuatro variantes de ensilados de papa china se muestran en la tabla 4. En la evaluación de la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO se demostró que hubo diferencias significativas (P < 0.05).

El mayor coeficiente de DIMS (P < 0.05) lo tuvo el ensilado dos (74.65 %). En el ensilado uno, la DIMS fue menor (63.83%). En cuanto a DIMO, el ensilado dos mostró el mayor coeficiente (P < 0.05) de digestibilidad (76.76 %). De manera análoga, el ensilado uno tuvo el menor coeficiente de digestibilidad (65.08 %).

Discusión

Composición química. La concentración de MS en los ensilados estuvo en el rango recomendado (25-

35 %) para caracterizar un ensilado de calidad adecuada (McCullough 1975). Al respecto, McDonald *et al.* (1991) sugirieron que 30% de MS era el nivel mínimo para reducir el crecimiento indeseable de clostridios que deterioran el producto. El contenido de MS de los ensilados, hasta el día 180 de evaluación, se encontraron entre 29.10 y 33.61%. Por consiguiente, se pueden considerar productos de buena calidad para su uso en la alimentación animal.

Con respecto al contenido de PB, los datos de esta investigación estuvieron en una concentración de 8.13 a 8.83 %. Valores similares de PB informaron Marrero *et al.* (1984) en ensilados de tubérculos de papa china de seis meses (8.5 %). Ogunlakin *et al.* (2012) refirieron resultados superiores en tubérculos en estado natural (4.93 a 5.17 %). También lo hicieron Fetuga y Oluyemi (1976) en estudios con tubérculos cocidos (3.1 %). Al parecer, mediante el proceso de ensilaje se incrementa

el contenido de PB con respecto a tubérculos en estado natural y cocidos.

La FB de los ensilajes en las cuatro variantes mostraron bajo contenido (2.84 a 6.23%). En investigaciones realizadas con tubérculos ensilados, Marrero *et al.* (1984) determinaron 13.4% de FB. Esta variación amplia en el contenido de FB se pudo deber a los ingredientes utilizados en la formulación de los ensilados. Además, la composición nutricional de las raíces y tubérculos varía según las condiciones climáticas, variedades cultivadas, condiciones de suelo y tiempo en que se efectúa la cosecha (FAO 1990 y Onwueme 1999).

La concentración de ELN (78.55 a 84.09 %) y cenizas (4.67 a 6.88 %) en los ensilados mostraron mayor contenido, con respecto a lo referido por Olajide *et al.* (2011) en tubérculos fermentados y secados. Estos autores informaron 73.50 % para ELN y 0.88 % para cenizas. No obstante, con relación al contenido de EE (2.63 %) referido por estos investigadores, los ensilados presentaron un comportamiento similar para este nutriente (1.93 a 4.95%). La variación en el tenor de ELN se pudo deber a la cantidad de carbohidratos fermentables que tenían los ensilados de este experimento.

En este estudio, el contenido de EB en los ensilados fue alto, con valores entre 17.47 y 18.39 kJ g MS⁻¹. Abdulrashid y Agwunobi (2009), en tubérculos en harina, informaron 3.21 kcal g MS⁻¹ (13.42 kJ gMS⁻¹), cifras inferiores a las constadas en esta investigación. Al parecer, el contenido calórico de los tubérculos ensilados se incrementó por los aportes energéticos del yogurt natural, el suero de leche y la miel B.

En líneas generales, los ensilados mostraron variación en el contenido de FND (13.57 a 18.21%), FAD (2.55 a 7.56%), lignina (0.81 a 2.46%), hemicelulosa (9.48 a 13.16%) y celulosa (1.42 a 6.19%). Estas variaciones pueden estar asociadas a la ausencia o presencia de miel en el material fermentado (Guzmán *et al.* 2012).

Digestibilidad *in vitro*. En investigaciones desarrolladas por Ly y Delgado (2005), relacionadas con la digestibilidad *in vitro* de la MS y MO, con pepsina pancreática, en tubérculos de papa china, frescos y secos, informaron que la digestibilidad de la MS aumentó cuando los tubérculos estaban secos (66.90%). No sucedió así cuando estaban frescos (31.50 %). De igual manera, la digestibilidad *in vitro* de la MO fue superior en los secos (76 %), con relación a los frescos (38.30 %).

Se han realizado varios trabajos de digestibilidad *in vitro* de la MS y MO en otros tipos de tubérculos en estado natural. Ly *et al.* (2010) informaron en tubérculos de yuca valores de 66 % de MS y 68.7 % de MO. En estudios efectuados con boniato, Ly *et al.* (1999) informaron contenidos de 54.5 % de MS y 62.5 % de MO. Estos resultados resultaron inferiores a los obtenidos en el estudio de las cuatro variantes de ensilado. Al parecer, el proceso de ensilado y el método de digestibilidad aplicado incrementaron los coeficientes de digestibilidad *in vitro* de la MS (63.83 a 74.65 %) y

MO (65.08 a 76.76 %).

Desde el punto de vista de la digestibilidad *in vitro* de la MO, los tubérculos de papa china ensilados parecen ser ligeramente mejores que otros tubérculos tropicales, debido a que en el proceso de ensilado mediante fermentación anaeróbica se produce ácido láctico y, en presencia de este, se pueden recuperar algunos componentes de los desechos, como la proteína, minerales y lípidos (López *et al.* 2006).

La conservación de tubérculos de papa china, entre 0 y 180 d, mediante la adición de niveles variables de yogurt natural, suero de leche y melaza de caña de azúcar originan distintos productos que poseen buen contenido de MS, PB, EB y baja concentración de FB, aptos para su utilización en la alimentación del ganado porcino.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaria Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) del Ecuador por el financiamiento para esta investigación.

Referencias

- Abdulrashid, M. & Agwunobi, L.N. 2009. Taro cocoyam (*Colocasia esculenta*) meal as feed ingredient in poultry. Pakistan J. Nut. 8:668
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Gaithersburg, MD. USA.
- Boisen, S. & Fernández, J.M. 1991. *In vitro* digestibility of energy and amino acids in pig feeds. In: Digestive Physiology in Pigs (M.W.A. Verstegen, J. Huisman y L.A. den Hartog, eds.). Wageningen. Puduc. p. 231-236
- Boisen, S. & Fernández, J. A. 1995. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by an *in vitro* analysis. Anim. Feed Sci. Tech. 51:29
- Caicedo, W.O., Rodríguez, R., Lezcano, P., Vargas, J., Ly, J. & Valle, S. 2013a. Efecto de inocuidad del ensilado biológico de tubérculos de papa China (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología 2:162
- Caicedo, W.O., Rodríguez, R., Lezcano, P. & Ly, J. 2013b. Estudios de composición química de ensilados de papa china (*Colocasia esculenta* L. Schott) destinados a la alimentación porcina. En: XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana. CD-ROM. ISBN 978 950 7171 492
- 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.
- Duncan, D.B. 1995. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1
- Ezedinma, F.O. 1987. Response of Taro (*Colocasia esculenta*) to water Management, Plot Preparation and Population. 3rd Intl. Symp. Trop. Root. Crops, Ibadan-Nigeria
- FAO. 1990. Roots, tubers, plantain and bananas in human nutrition. Effect of processing on nutritive values. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
- Fetuga, B.L. & Oluyemi, J.A. 1976. The metabolizable energy of some tropical tuber meals for chicks. Poultry Sci. 55:868

- Guzmán, O. 2010. Estudio de conservación de desechos de mango (*Mangifera indica* L.) para la alimentación de ovinos en el Estado de Nayarit. Tesis M.Sci. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic. México. 87 pp.
- Guzmán, O., Lemus, C., Martínez, S., Bonilla, J., Plasencia, A. & Ly, J. 2012. Chemical characteristics of silages of mango (*Mangifera indica* L.) by products for animal feeding. Cuban J. Agric. Sci. 46:369
- Herrera, M., Chin-Jones, R. & Bourrillon, A. 2009. Características fermentativas y nutricionales del ensilaje del rastrojo de piña (*Ananas escamosus*). Agronomía Costarricense 33:15
- INAMHI. 2013. Instituto Nacional Meteorológico Hídrico. Reportes Climáticos del Ecuador. Pp. 20-25
- Llano, D., López, D. & Mora, F. 2008. Potencial del ensilaje de desechos de naranja (*Citrus sinensis*). Rev. Ciencias Técnicas Agropecuarias 17:41
- López, J., Sánchez, D. & Rosas, J. 2006. Analysis of free amino acid in fermented shrimp waste by high-performance liquid chromatography. J. of Chromatography A 1105:106
- Ly, J., Almaguel, R., Delgado, E., Carón, M. & Cruz, E. 2010. Estudios de digestibilidad *in vitro* (pepsina/pancreatina) de raíces de yuca para alimentar cerdos. Rev. Comp. Prod. Porcina 17:300
- Ly, J., Carón, M. & Delgado, E. 1999. A note on *in vitro* digestibility of sweet potatoes tubers (*Ipomoea batata* (Lam) L.) for pigs. Cuban J. Agric. Sci. 33:179
- Ly, J. & Delgado, E. 2005. A note on *in vitro* (pepsin/pancreatin) digestibility of taro (*Xanthosoma sagittifolia* spp.) and cocoyam (*Colocasia esculenta* spp) for pigs. Rev. Comp. Prod. Porcina 12:90
- Marrero, L., Vargas, S. & Contreras, F. 1984. Ensilado de malanga japonesa (*Colocasia esculenta*) en la alimentación de cerdos en ceba. Cienc. Téc. Agric. Ganado Porcino 7:85
- McCullough, M.E. 1975. Nuevas tendencias en ensilaje de forrajes. Rev. Mundial de Zootecnia 15:44
- McDonald, P., Henderson, A.R. & Heron, S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage. Segunda edición. Marlow, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 49, Número 1, 2015. Chalcombe. 340 pp.
- Ogunlakin, G.O., Oke, M.O., Babarinde, G.O. & Olatunbosun, D.G. 2012. Effect of drying methods on proximate composition and physic-chemical properties of cocoyam flour. American J. Food Technol. 7:245
- Olajide, R., Akinsoyinu, A.O., Babayemi, O.J., Omojola, A.B., Abu, A.O. & Afolabi, K.D. 2011. Effect of processing on energy values, nutrient and anti-nutrient components of wild cocoyam (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) corm. Pakistan J. Nut. 10:29
- Onwueme, I. 1999. Taro cultivation in Asia and the Pacific. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Thailand. 48 pp.
- Ramos, M. 1995. Aplicación de técnicas enzimáticas de digestión *in vitro* a la valoración nutritiva de piensos de conejos. Tesis de Dr. C. Facultad de Veterinaria Departamento de Nutrición y Bromatología. Universidad Complutense de Madrid. Madrid. España.
- Rego, M.M.T., Neiva, J.N.M., Rego, A.C., Cândido, M.J.D., Carneiro, M.S.S. & Lobo, R.N.B. 2010. Chemical and bromatological characteristics of elephant grass silages containing a mango by-product. Rev. Brasileira de Zootecnia 39:81
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H. & Dickey, M. 1997. Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. MacGraw-Hill Book Company In Company. Third Ed. New York, USA. 666 pp.
- Van Soest, P.J. & Robertson, J.B. 1975. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell University Press, New York, USA. p. 165
- 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. J. Dairy Sci. 5:3583

Recibido: 14 de noviembre de 2014