

Physicochemical, biological and organoleptic indicators in banana silage (*Musa sapientum*) for pig feeding

Indicadores físico-químicos, biológicos y organolépticos en ensilados de banano (*Musa sapientum*) para la alimentación porcina

W. Caicedo¹, J.C. Vargas¹, H. Uvidia¹, E. Samaniego¹, S. Valle¹, L. Flores², J. Moyano¹ and S. Aguiar¹

¹Universidad Estatal Amazónica, Departamento de Ciencias de la Tierra, Paso Lateral S/N Km 2 ½ Vía a Napo. Pastaza, Ecuador

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Panamericana Sur km 1 ½. Riobamba, Ecuador.

Email: orlando.caicedo@yahoo.es

In order to evaluate the physicochemical, biological and organoleptic indicators in green banana silage (*Musa sapientum*) for use in pig feeding, four silages with waste banana were carried out. The treatments were: natural yogurt (NYGB), whey (WGB), whey and 5 % molasses B (WGBMB5) and whey and 10 % molasses B (WGBMB10). The experiment was conducted using a completely randomized single design. The means were contrasted with the Duncan test ($P < 0.05$). The variables temperature, pH, fungi, yeasts, total coliforms, *Escherichia coli*, *Clostridium spp.*, *Salmonella spp.*, odor, color and consistency at 1, 4, 8, 15, 30 and 60 d were studied. With respect to temperature, on day one, the treatments NYGB and WGBMB5 showed the highest value ($P < 0.05$) (22.50 °C; 22.51 °C). On the day four, the silages NYGB and WGB had the highest value ($P < 0.05$) (22.49 °C - 22.48 °C). From day eight, to day 60, in the WGBMB10 the highest temperature was reached (22.83 - 22.53 °C). Regarding pH, on day one, there were no differences ($P > 0.05$) between treatments: NYGB (4.39), WGB (4.33), WGBMB5 (4.36) and WGBMB10 (4.35). At day four, the pH was proportionally reduced in the silages, and was higher in treatment 1_NYGB, in 0.31 units. Then, the pH was stabilized in all silages. The NYGB treatment had the lowest value ($P < 0.05$) (4.00 - 4.02). Fungi and yeasts were on day one, and then absent. During the study there were no total coliforms or *Escherichia coli*. Neither *Clostridium spp.* nor *Salmonella spp.* The silages showed odor (fermented sweet), color (yellowish coffee) and consistency (semi-hard). The physicochemical, microbiological and organoleptic indicators of silages, up to day 60, had a right performance, suitable for their use in pig feeding.

Key words: food, pigs, green banana, fermentation, microorganisms.

In Ecuador a large quantity of bananas is produced for the national and international markets. Also, high rates of waste bananas are generated, which do not fulfill the standards demanded by international markets for exports. These by-products are not efficiently used for animal feeding (Espinoza and Avellaneda 2016).

The use of agricultural by-products is a good option. Many studies have recently been generated in which they are used as an alternative feeding source for pigs (Ly *et al.* 2014 and Ranjan *et al.* 2014). However, due to they are available on a large scale, but for a limited time, they can not be efficiently used in pig feeding (Castro

Con el propósito de evaluar los indicadores físico-químicos, biológicos y organolépticos en ensilados de banano verde (*Musa sapientum*) para su uso en la alimentación porcina, se realizaron cuatro ensilados con banano de rechazo. Los tratamientos fueron: yogurt natural (YNBV), suero de leche (SLBV), suero de leche y miel B 5 % (SLBVMB5) y suero de leche y miel B 10 % (SLBVMB10). El experimento se condujo mediante un diseño completamente aleatorizado simple. Las medias se contrastaron con la prueba de Duncan ($P < 0.05$). Se estudiaron las variables temperatura, pH, hongos, levaduras, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Clostridium spp.*, *Salmonella spp.*, olor, color y consistencia a 1; 4; 8; 15; 30 y 60 d. Con respecto a la temperatura, en el día uno, los tratamientos YNBV y SLBVMB5 presentaron el valor más alto ($P < 0.05$) (22.50 °C; 22.51 °C). En el día cuatro, los ensilados YNBV y SLBV tuvieron el mayor valor ($P < 0.05$) (22.49 °C - 22.48 °C). Desde el día ocho, al 60, en el SLBVMB10 se alcanzó la mayor temperatura (22.83 - 22.53 °C). Con respecto al pH, en el día uno, no hubo diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos: YNBV (4.39), SLBV (4.33), SLBVMB5 (4.36) y SLBVMB10 (4.35). Al día cuatro, el pH se redujo proporcionalmente en los ensilados, y fue mayor en tratamiento 1_YNBV, en 0.31 unidades. Luego, el pH se estabilizó en todos los ensilados. El tratamiento YNBV presentó el menor valor ($P < 0.05$) (4.00 - 4.02). Los hongos y levaduras estuvieron presentes en el día uno, y después se ausentaron. Durante el estudio no hubo coliformes totales ni *Escherichia coli*. Tampoco se encontró *Clostridium spp.* ni *Salmonella spp.* Los ensilados presentaron olor (dulce fermentado), color (café amarillento) y consistencia (semidura). Los indicadores físico-químicos, microbiológicos y organolépticos de los ensilados, hasta el día 60, tuvieron un comportamiento idóneo, aptos para su uso en la alimentación porcina.

Palabras clave: alimento, cerdos, banano verde, fermentación, microorganismos.

En Ecuador se produce una gran cantidad de banano para el mercado nacional e internacional. Asimismo, se generan altas tasas de banano de rechazo, que no cumple con los estándares que exigen los mercados internacionales para exportación. Estos subproductos no se aprovechan eficientemente para la alimentación animal (Espinoza y Avellaneda 2016).

El uso de subproductos agrícolas resulta una buena opción. Recientemente se han generado muchos estudios en los que se utilizan como fuente de alimentación alternativa para los cerdos (Ly *et al.* 2014 y Ranjan *et al.* 2014). Sin embargo, debido a que están disponibles

and Martínez 2015).

This situation makes possible to use the fermentation technique or silage through *Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Pediococcus spp.*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. gasseri* and *L. acidophilus* as a viable alternative for their use in the feeding of the different porcine categories (Lezcano *et al.* 2014 and García *et al.* 2015). This technique of biotechnology allows the proper control of pH to obtain a fermented product of optimum microbiological and organoleptic quality, without risk of diseases for the animals (Belém *et al.* 2016).

The objective of this research was to evaluate the physicochemical, biological and organoleptic indicators in green banana silage (*Musa sapientum*) for use in pig feeding.

Materials and Methods

The study was carried out in the facilities of the "Granja Agropecuaria Caicedo", located in Tarqui parish, Pastaza province, Ecuador. This region has a semi-warm or humid subtropical climate with rainfall ranging between 4000 and 4500 mm annually. It is located at 850 m o.s.l, with an average relative humidity of 87 % and an average minimum and maximum temperature of 20 to 28 °C (INAMHI 2013).

For silages preparation (table 1), the recommendations of Caicedo *et al.* (2015) were followed. Microsilos preparation were carried out with green banana fruit, which according to its appearance do not fulfill the requirements established at the national and international markets for human consumption regarding size, form and weight. The banana was washed and in fresh form were ground in a mixed mill provided with blades and a 2.5 cm sieve for obtaining a uniform particle size.

For the formulation of the silages, raw matters were weighed in a CAMRY digital balance of 100 kg capacity.

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 1, 2017.

a gran escala, pero por tiempo limitado, no se pueden aprovechar eficientemente en la alimentación porcina (Castro y Martínez 2015).

Esta situación posibilita utilizar la técnica de fermentación o ensilaje a través de *Lactobacillus spp.*, *Leuconostoc spp.*, *Pediococcus spp.*, *L. plantarum*, *L. rhamnosus*, *L. gasseri* y *L. acidophilus* como una alternativa viable para su utilización en la alimentación de las diferentes categorías porcinas (Lezcano *et al.* 2014 y García *et al.* 2015). Esta técnica de biotecnología permite controlar adecuadamente el pH para obtener un producto fermentado de óptima calidad microbiológica y organoléptica, sin riesgos de enfermedades para los animales (Belém *et al.* 2016).

El objetivo de esta investigación fue evaluar los indicadores físico-químicos, biológicos y organolépticos en ensilajes de banano verde (*Musa sapientum*) para su utilización en la alimentación porcina.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en las instalaciones de la "Granja Agropecuaria Caicedo", ubicada en la parroquia Tarqui, 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 850 msnm, con humedad relativa media de 87 % y temperatura mínima y máxima promedio de 20 a 28 °C (INAMHI 2013).

En la preparación de los ensilajes (tabla 1) se siguieron las recomendaciones de Caicedo *et al.* (2015). Los microsilos se hicieron con fruta de banano verde que, por su aspecto físico, no cumplieron las exigencias que establecen los mercados nacionales e internacionales para el consumo humano, en cuanto a forma, tamaño y peso. El banano se lavó y molió en su forma fresca. Se utilizó para ello un molino mixto, provisto de cuchillas y criba de 2.5 cm, para obtener tamaño de partícula uniforme.

Para la formulación de los ensilados, las materias primas se pesaron en una balanza digital marca CAMRY,

Table 1. Formulation of green banana silage

Raw matter inclusion , %	Treatments			
	NYGB	WGB	WGBMB5	WGBMB10
Cut green banana	60	60	60	60
Drinkable water for human consumption	38	-	-	-
Molasses B (83°Brix)	-	-	5	10
Natural yogurt	1	-	-	-
Whey	-	39	34	29
*Vitaminized Pecutrin	1	1	1	1
Total	100	100	100	100

NYGB: Banana silage with natural yogurt

WGB: Banana silage with whey

WGBMB5: Banana silage with whey and 5% molasses B (83°Brix)

WGBMB10: Banana silage with whey and 10% molasses B (83°Brix)

*Each kg contains: calcium 17 to 20%; phosphorus 18%; NaCl 0.5 to 1%; magnesium 3,0%; biotin 50 mg; zinc 8000 mg; manganese 1500 mg; iron 500 mg; copper 2000 mg; iodine 160 mg; cobalt 30 mg; selenium 70 mg; vitamin A 300 000 UI; vitamin D3 50 000 mg; vitamin E 100 mg; calcium-phosphorus ratio 1,3:1; zinc-copper ratio 4:1

They were deposited in four clean plastic tanks with a 450 kg capacity each. The components were added in the following order: silage 1) cut banana, natural yogurt and drinkable water for human consumption (NYGB); 2) cut banana and whey (WGB); 3) cut banana, molasses B (83° Brix) 5 % and whey (WGBMB5) and 4) cut banana, molasses B (83° Brix) 10 % and whey (WGBMB10).

The ingredients were manually mixed homogeneously with a wood spatula for 15 min at an environmental temperature of 25 °C. Later, they were introduced in the polyethylene microsilos with a capacity of 2 kg. They were closed and stored indoors protected from sunlight (Caicedo 2013).

The physicochemical indicators (temperature and pH) were assessed in 576 microsilos at 1, 4, 8, 15, 30 and 60 d. Twenty four microsilos were evaluated per treatment, for totalizing 96 microsilos, assessed each preservation day. Once the respective measurements were carried out, the microsilos were thrown away. Temperature of the microsilos was measured at 20 cm depth (Caicedo 2013). After one resting hour, for pH evaluation, watery extract was used made up of a fraction of 25 g of silage and 250 mL of distilled water (Cherney and Cherney 2003).

In the microorganism count the amount of fungi, yeasts and total coliform, *Escherichia coli*, *Clostridium spp.* and *Salmonella spp.* were determined at 1, 8, 15, 30 and 60d, according (AOAC 2016). A total of 160 samples of 200 g of silage were collected in sterile transparent plastic containers, with 250 g capacity. Random samples were taken in 32 microsilos (eight per treatment) of the 96 evaluated on the physicochemical indicators at each preservation day.

The organoleptic characteristics (odor, color and consistency) were evaluated with 12 panelists at 4, 8, 15, 30 and 60 d, according to Caicedo and Valle-Ramírez (2016) (table 2). A total of 240 samples, of 500 g of silage were collected in plastic containers, with 1 kg capacity. Random samples (twelve per treatment) were taken from the 48 microsilos evaluated on each conservation day.

de 100 kg de capacidad. Se depositaron en cuatro tanques plásticos limpios, con capacidad para 450 kg cada uno. Los componentes se adicionaron en el orden siguiente: ensilado 1) banana picado, yogurt natural y agua potable para consumo humano (YNBV); 2) banana picado y suero de leche (SLBV); 3) banana picado, miel B (83° Brix) 5 % y suero de leche (SLBVM5) y 4) banana picado, miel B (83° Brix) 10 % y suero de leche (SLBVM10).

Los ingredientes se mezclaron manualmente de manera homogénea con una paleta de madera, durante 15 min, a temperatura ambiente de 25 °C. Luego, se introdujeron en microsilos de polietileno, con capacidad para 2 kg, Los microsilos se cerraron y almacenaron bajo techo, protegidos de la luz solar (Caicedo 2013).

Los indicadores físico-químicos (temperatura y pH) se evaluaron en 576 microsilos, a los 1, 4, 8, 15, 30 y 60 d. Se evaluaron 24 microsilos por tratamiento, para 96 microsilos en total, valorados en cada día de conservación. Una vez que se realizaron las respectivas mediciones, se desecharon los microsilos. La temperatura de los microsilos se midió a 20 cm de profundidad (Caicedo 2013). Luego de una hora de reposo, para la valoración del pH se utilizó extracto acuoso formado por una fracción de 25 g de ensilado y 250 mL de agua destilada (Cherney y Cherney 2003).

En el recuento de microorganismos se determinó la cantidad de hongos, levaduras, coliformes totales, *Escherichia coli*, *Clostridium spp.* y *Salmonella spp.* a los 1, 8, 15, 30 y 60 d, según (AOAC 2016). Se recolectaron en total 160 muestras, de 200 g de ensilado en frascos plásticos transparentes estériles, con capacidad para 250 g. Se tomaron muestras al azar en 32 microsilos (ocho por tratamiento), de los 96 evaluados en los indicadores físico-químicos en cada día de preservación.

Las características organolépticas (olor, color y consistencia) se evaluaron con 12 panelistas a los 4, 8, 15, 30 y 60 d, según Caicedo y Valle-Ramírez (2016) (tabla 2). Se recogieron un total de 240 muestras, de 500 g de ensilado en tarrinas plásticas, con capacidad para 1 kg. Se tomaron muestras al azar (doce por tratamiento) de los 48 microsilos evaluados en cada día de conservación.

Table 2. Descriptors for the organoleptic assessment of silages from agricultural by-products

Attribute	Good (1)	Regular (2)	Bad (3)
Odor	Fermented sweet	Mild acid	Putrid
Color	Light gray , light greenish yellowish coffee	Dark gray , dark greenish, dark coffee	Blackish
Consistency	Semi-hard , doughy	Semi-liquid	Liquid

The selected panelists were men and women, between 25 and 55 years of age, in perfect health, without smoking habits or habitual consumers of coffee and/or alcoholic beverages.

The physicochemical and biological indicators were assessed through a simple completely randomized design. All determinations were made in triplicate. The analysis of variance was made according to the Steel

Los panelistas seleccionados fueron hombres y mujeres, entre 25 y 55 años de edad, con perfecto estado de salud, sin hábitos de fumar o consumidores habituales de café y/o bebidas alcohólicas.

Los indicadores físico-químicos y biológicos se evaluaron mediante un diseño completamente aleatorizado simple. Todas las determinaciones se hicieron por triplicado. El análisis de varianza se realizó

et al. (1997) recommendations. In the cases in which significant differences were found ($P < 0.05$), the means were compared by Duncan (1955) test. Analyses were made through the application of the statistical program Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012). For the organoleptic characteristics (odor, color and consistency), a multiple comparison of proportions was performed using the Comparpro Software Version 1.0 for Windows (Font *et al.* 2007).

Results

At the opening time of the microsilos, no alcohol presence or decomposition symptom in the ensiled materials was observed. Table 3 shows the temperature performance in banana silages.

Table 3. Temperature performance in banana silages ($^{\circ}\text{C}$)

Days	Treatments				SE \pm	P value
	NYGB	WGB	WGBMB5	WGBMB10		
1	22.50 ^a	22.29 ^c	22.51 ^a	22.37 ^b	0.02	$P < 0.0001$
4	22.48 ^a	22.49 ^a	22.29 ^b	22.26 ^b	0.03	$P < 0.0001$
8	22.38 ^{bc}	22.43 ^b	22.36 ^c	22.83 ^a	0.02	$P < 0.0001$
15	22.38 ^c	22.45 ^b	22.36 ^c	22.59 ^a	0.03	$P < 0.0001$
30	22.46 ^b	22.46 ^b	22.24 ^c	22.54 ^a	0.02	$P < 0.0001$
60	22.46 ^b	22.46 ^b	22.24 ^c	22.53 ^a	0.02	$P < 0.0001$

^{abc}Means with different letter in the same row differ at $P < 0.05$ (Duncan 1955)

There were no significant differences ($P < 0.05$) between treatments NYGB (22.50 $^{\circ}\text{C}$) and WGBMB5 (22.51 $^{\circ}\text{C}$) on day 1 of conservation. These treatments surpassed the silages of whey WGB (22.29 $^{\circ}\text{C}$) and molasses B10 % WGBMB10 (22.37 $^{\circ}\text{C}$). However, at day four the treatments with natural yogurt NYGB (22.48 $^{\circ}\text{C}$) and whey W (22.49 $^{\circ}\text{C}$) showed the highest temperature value, differing from treatments WGBMB5 (22.29 $^{\circ}\text{C}$) and WGBMB10 (22.26 $^{\circ}\text{C}$).

Temperature from day eight and until the 60 of evaluation was stable in all treatments. The treatment in which molasses at 10% WGBMB10 was used showed the highest value ($P < 0.05$) of temperature (22.83-22.53 $^{\circ}\text{C}$), and differed from NYGB (22.38-22.46 $^{\circ}\text{C}$), WGB (22.43-22.46 $^{\circ}\text{C}$) and WGBMB5 (22.36-22.24 $^{\circ}\text{C}$).

In table 4 is shown the pH performance in banana silages. The pH presented the highest values at the beginning of the fermentation process (day one) in all treatments. In this regard, there were not significant differences between treatments ($P > 0.05$) NYGB (4.39); WGB (4.33); WGBMB5 (4.36) and WGBMB10 (4.35).

From day one to four, pH decreased proportionally in all treatments: NYGB (0.31); WGB (0.25); WGBMB10 (0.25) and WGBMB5 (0.26). From day eight to 60, pH stabilized with values between 4.03-4.028 (WGBMB10); 4.02-4.02 (WGB); 4.01-4.02 (WGBMB5) and 4.00-4.02 (NYGB).

The evaluation of the microorganisms in the food is a

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 contrastaron por la prueba de Duncan (1955). Los análisis se hicieron con la aplicación del programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012). Para las características organolépticas (olor, color y consistencia), se realizó la comparación múltiple de proporciones con la utilización del Software Comparpro Versión 1.0 para Windows (Font *et al.* 2007).

Resultados

En el momento de la apertura de los microsilos no hubo presencia de alcohol ni síntoma de descomposición en los materiales ensilados. La tabla 3 muestra el comportamiento de la temperatura en ensilados de banano.

No hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos YNBV (22.50 $^{\circ}\text{C}$) y SLBVMB5 (22.51 $^{\circ}\text{C}$) en el día 1 de conservación. Estos tratamientos superaron a los ensilajes de suero de leche SLBV (22.29 $^{\circ}\text{C}$) y miel B al 10 % SLBVMB10 (22.37 $^{\circ}\text{C}$). Sin embargo, en el día cuatro los tratamientos con yogurt natural YNBV (22.48 $^{\circ}\text{C}$) y suero de leche SLBV (22.49 $^{\circ}\text{C}$) presentaron el mayor valor ($P < 0.05$) de temperatura, y difirieron de los tratamientos SLBVMB5 (22.29 $^{\circ}\text{C}$) y SLBVMB10 (22.26 $^{\circ}\text{C}$).

La temperatura, a partir del día ocho, y hasta el 60 de valoración, fue estable en todos los tratamientos. El tratamiento en el que se utilizó miel B al 10 % SLBVMB10 presentó el mayor valor ($P < 0.05$) de temperatura (22.83-22.53 $^{\circ}\text{C}$), y difirió de YNBV (22.38-22.46 $^{\circ}\text{C}$), SLBV (22.43-22.46 $^{\circ}\text{C}$) y SLBVMB5 (22.36-22.24 $^{\circ}\text{C}$).

En la tabla 4 se muestra el comportamiento del pH en ensilados de banano. El pH presentó los mayores valores al inicio del proceso de fermentación (día uno) en todos los tratamientos. Al respecto, no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P > 0.05$) YNBV (4.39); SLBV (4.33); SLBVMB5 (4.36) y SLBVMB10 (4.35).

Desde el día uno al cuatro, el pH disminuyó parcialmente en todos los tratamientos: YNBV (0.31); SLBV (0.25); SLBVMB10 (0.25) y SLBVMB5 (0.26). A partir del día ocho al 60, el pH se estabilizó con valores entre 4.03-4.02 (SLBOCMB10); 4.02-4.02 (SLBV); 4.01-4.02 (SLBVMB5) y 4.00-4.02 (YNBV).

La evaluación de los microorganismos en los alimentos

Table 4. pH dynamics in green banana silages

Days	Treatments				SE±	P value
	1_NYGB	2_WGB	3_WGBMB5	4_WGBMB10		
1	4.39	4.33	4.36	4.35	0.02	P=0.1595
4	4.08	4.08	4.10	4.10	0.03	P=0.8203
8	4.00	4.02	4.01	4.03	0.03	P=0.9327
15	4.01	4.02	4.02	4.03	0.03	P=0.9944
30	4.02	4.01	4.03	4.01	0.03	P=0.9908
60	4.02	4.02	4.02	4.02	0.03	P=0.9994

condition, if the production of food for animal feeding is tried. In this regard, it is of vital importance knowing the sanitary stage of these microorganisms. Fungi and yeasts showed a concentration of (<10 CFU g^{-1}) at day one of evaluation. However, at 4; 8; 15; 30 and 60 d, these microorganisms were absent in all treatments. Neither were there presence of total coliforms, *Clostridium spp.* and *Salmonella spp.* during the study.

With regard to the organoleptic characteristics of the silage, it should be noted that in this study the four treatments showed ideal organoleptic characteristics in terms of odor (fermented sweet), color (yellowish coffee) and consistency (semi-hard).

Discussion

In the variation of the temperature between treatments at the beginning of the fermentation process (day one and four) could influenced the presence of microorganisms contributed by the microflora of whey, natural yogurt and sugar cane molasses B (Caicedo *et al.* 2015). These foods have their own microorganisms group that act with greater intensity producing heat. Among the most important are the bacteria, fungi, yeasts and actinomycetes (Caicedo *et al.* 2016).

The silage WGBMB10, during the fermentation process, from day eight to 60, showed the highest temperature value. In studies carried out by Caicedo (2015) in the Republic of Ecuador it was reported that in energetic source silages the exact causes of the temperature increase are not known, because being a biological process is related to the room temperature of the place and the heat generated during the process. However, when it comes to protein silage, the temperature influences the microbiological and proteolytic activity (Revuelta 2012).

In all treatments, the pH had the highest values at the beginning of the fermentation process (day one). It was proportionally reduced until the fourth fermentation day and stabilized on the eighth day. Similar pH values reported Caicedo (2015) in taro tubers silages until day 180 of research (3.65).

In silages with whey, ruminal content and bovine feces, Diaz (2014) reported a pH decrease from the initial eight hours of the process, with value of 5.77 to 3.87 on the fourth day. The pH should be rapidly

es una condición, si se trata de producir un alimento para la alimentación animal. Al respecto, resulta de vital importancia conocer el estado sanitario de estos microorganismos. Los hongos y levaduras presentaron una concentración de <10 UFC g^{-1} en el día uno de valoración. No obstante, a los 4; 8; 15; 30 y 60 d, estos microorganismos estuvieron ausentes en todos los tratamientos. Durante el estudio tampoco hubo presencia de Coliformes totales, *Clostridium spp.* y *Salmonella spp.*

Con respecto a las características organolépticas de los ensilados, hay que destacar que en este estudio los cuatro tratamientos presentaron características organolépticas idóneas en cuanto el olor (dulce fermentado), color (café amarillento) y consistencia (semidura).

Discusión

En la variación de la temperatura entre tratamientos al inicio del proceso de fermentación (día uno y cuatro) pudo influir la presencia de microorganismos aportados por la microflora del suero de leche, yogurt natural y miel B de caña de azúcar (Caicedo *et al.* 2015). Estos alimentos tienen su propio grupo de microorganismos que actúan con mucha intensidad y producen calor. Entre los más importantes se encuentran las bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos (Caicedo *et al.* 2016).

El ensilado SLBVMB10, al transcurrir el proceso de fermentación, desde el día ocho hasta 60, presentó el mayor valor de temperatura. En estudios realizados por Caicedo (2015) en la República de Ecuador se informó que en ensilados de fuentes energéticas no se conocen las causas exactas del aumento de la temperatura, pues al tratarse de un proceso biológico está relacionado con la temperatura ambiente del lugar y el calor generado durante el proceso. No obstante, cuando se trata de ensilados proteicos, en la temperatura influye la actividad microbiológica y proteolítica (Revuelta 2012).

En todos los tratamientos, el pH tuvo los mayores valores al inicio del proceso de fermentación (día uno). Se redujo proporcionalmente hasta el cuarto día de fermentación y se estabilizó al octavo día. Valores similares de pH informó Caicedo (2015) en ensilados de tubérculos de papa china hasta el día 180 de investigación (3.65).

En ensilados con suero de leche, contenido ruminal y estiércol bovino, Díaz (2014) informó descenso del pH a partir de las ocho horas iniciales del proceso, con valor

stabilized to achieve the restriction of the development of proteolytic enzymes, enterobacteria and clostridiums that damage silage (Díaz *et al.* 2014 and Álvarez *et al.* 2015).

The early stabilization of pH is due to the presence of *Lactobacillus* by the production of lactic acid (Lopes *et al.* 2013 and Wang *et al.* 2016). The four banana silages showed pH values that were among those recommended for this type of food.

In the silages, a concentration of <10 CFU g^{-1} of fungi and yeasts was determined on day 1 of assessment. This can be associated with external contamination of products by the water of irrigation, soil and fecal organic matter systems, which may represent sources of microbial contamination (Yang *et al.* 2012).

It is possible that the results obtained in the silages, regarding the inhibitory performance of total coliforms, *Clostridium spp.* and *Salmonella spp.* are directly related with the low pH of the silos under anaerobiosis conditions, competitive exclusion with pathogenic bacteria and production of antimicrobial compounds produced by lactic bacteria during the fermentation process (Dunière *et al.* 2013, Carvalho *et al.* 2014 and Zhao and Kim 2015).

If the fermentation processes are adequate, the sugars turn into organic acids, mainly in lactic acid and acetic acid, which are responsible for the fast pH fall that inhibits clostridiums growth, responsible for great losses by the production of butyric acid in the silos (Hassanat *et al.* 2007 and Rendón *et al.* 2014).

The lactic bacteria limit the growth of putrefactive microorganisms sensitive to low pH by the production of organic acids and other inhibitory metabolites, including hydrogen peroxide (H_2O_2) and others from oxygen metabolism, as well as aromatic compounds (diacetyl, acetaldehyde), dehydrated derivatives of glycerol (reuterine), bacteriocin, diplocococins, lactalines, acidophilics among others (Li *et al.* 2015 and Pringsulaka *et al.* 2015).

The four silages showed odor (fermented sweet), color (yellowish coffee) and consistency (semi-hard). Similar results, in terms of odor and consistency, reported Caicedo (2015) in taro tubers silages until the day 30 of conservation. In another study of agricultural byproducts silages, Caicedo and Valle-Ramírez (2016) obtained an ideal performance of the organoleptic characteristics until the 120 d of fermentation.

Under favorable storage conditions, the lactic bacteria contribute to the development of ideal organoleptic characteristics. Likewise, the content of important nutrients, such as ω -3 polyunsaturated fatty acids (Mcfeeters 2004 and Gutiérrez *et al.* 2010) increases.

It is concluded that the physicochemical, microbiological and organoleptic indicators of the

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 51, Number 1, 2017.

de 5.77 hasta 3.87 al cuarto día. El pH se debe estabilizar rápidamente para lograr la restricción del desarrollo de enzimas proteolíticas, enterobacterias y clostridios que dañan el ensilado (Díaz *et al.* 2014 y Álvarez *et al.* 2015).

La pronta estabilización del pH se debe a la presencia de *Lactobacillus* por la producción de ácido láctico (Lopes *et al.* 2013 y Wang *et al.* 2016). Los cuatro ensilados de banana presentaron valores de pH que se encontraron entre los recomendados para este tipo de alimento.

En los ensilados se determinó concentración de <10 UFC g^{-1} de hongos y levaduras en el día uno de valoración. Esto se puede asociar a la contaminación externa de los productos por los sistemas de agua para regadío, suelo y materia orgánica fecal, que pueden representar fuentes de contaminación microbiana (Yang *et al.* 2012).

Es posible que los resultados obtenidos en los ensilados, en lo que respecta al comportamiento inhibitorio de Coliformes totales, *Clostridium spp.*, y *Salmonella spp.*, se relacionen directamente con el bajo pH de los silos en las condiciones de anaerobiosis, exclusión competitiva con bacterias patógenas y producción de compuestos antimicrobianos producidos por las bacterias lácticas durante el proceso de fermentación (Dunière *et al.* 2013, Carvalho *et al.* 2014 y Zhao y Kim 2015).

Si los procesos de fermentación son adecuados, los azúcares se convierten en ácidos orgánicos, principalmente en ácido láctico y ácido acético, que son responsables de la rápida caída del pH que inhibe el crecimiento de clostridios, causantes de grandes pérdidas por la producción de ácido butírico en los silos (Hassanat *et al.* 2007 y Rendón *et al.* 2014).

Las bacterias lácticas limitan el crecimiento de microorganismos putrefactivos sensibles al bajo pH por la producción de ácidos orgánicos y otros metabolitos inhibidores, entre los que cabe mencionar el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y otros procedentes del metabolismo del oxígeno, así como compuestos aromáticos (diacetilo, acetaldehído), derivados deshidratados del glicerol (reuterina), bacteriocina, diplococinas, lactalinas, acidofilinas entre otros (Li *et al.* 2015 y Pringsulaka *et al.* 2015).

Los cuatro ensilados presentaron olor (dulce fermentado), color (café amarillento) y consistencia (semidura). Resultados similares, en cuanto a olor y consistencia, informaron Caicedo (2015) en ensilados de tubérculos de papa china hasta el día 30 de conservación. En otro estudio de ensilajes de subproductos agrícolas, Caicedo y Valle-Ramírez (2016) obtuvieron un comportamiento idóneo de las características organolépticas hasta los 120 d de fermentación.

En condiciones de almacenamiento favorable, las bacterias lácticas contribuyen al desarrollo de características organolépticas idóneas. Asimismo, en ocasiones se incrementa el contenido de nutrientes importantes, como los ácidos grasos poliinsaturados ω -3, (Mcfeeters 2004 y Gutiérrez *et al.* 2010).

Se concluye que los indicadores físico-químicos,

green banana silages showed an adequate performance until day 60, which makes these silages fit for animal feeding use.

Acknowledgments

Thanks to the technical staff and workers of the “Granja Agropecuaria Caicedo” for their support during the development of this research.

microbiológicos y organolépticos de los cuatro ensilados de banano verde presentaron un comportamiento idóneo hasta el día 60, lo que hace a estos ensilados aptos para su uso en la alimentación porcina.

Agradecimientos

Se agradece al personal técnico y a los trabajadores de la “Granja Agropecuaria Caicedo” por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

References

- AOAC, G. W. 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].
- Álvarez, S., Méndez, P. & Martínez-Fernández, A. 2015. “Fermentative and nutritive quality of banana by-product silage for goats”. *Journal of Applied Animal Research*, 43(4): 396–401, ISSN: 0971-2119, DOI: 10.1080/09712119.2014.978782.
- Belém, C. dos S., de Souza, A. M., Lima, P. R. de, de Carvalho, F. A. L., Queiroz, M. A. Á. & da Costa, M. M. 2016. “Digestibility, fermentation and microbiological characteristics of *Calotropis procera* silage with different quantities of grape pomace”. *Ciência e Agrotecnologia*, 40(6): 698–705, ISSN: 1413-7054, DOI: 10.1590/1413-70542016406020916.
- Caicedo, W. 2013. Potencial nutritivo del ensilado de tubérculos de papa china (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) para la alimentación de cerdos. M.Sc. Thesis, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba, 60 p.
- Caicedo, W. O. 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. Ph.D. Thesis, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba, 100 p.
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. & Ferreira, F. N. A. 2015. “Chemical composition and *in vitro* digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for feeding pigs”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(1), ISSN: 2079-3480, Available: <<http://ejascience.com/index.php/CJAS/article/view/548>>, [Consulted: May 3, 2017].
- Caicedo, W., Rodríguez, R., Lezcano, P., Ly, J., Valle, S., Flores, L. & Ferreira, F. N. A. 2016. “Physicochemical and biological indicators in silages of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) tubers for animal feeding”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(1), ISSN: 2079-3480, Available: <<http://ejascience.com/index.php/CJAS/article/view/603>>, [Consulted: May 3, 2017].
- Caicedo, W. O. & Valle-Ramírez, S. 2016. Ensilaje líquido de subproductos agrícolas para la alimentación animal. España: Académica Española, ISBN: 978-3-659-70425-3, Available: <<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-20160423591>>, [Consulted: May 3, 2017].
- Carvalho, F. A. L. de, Queiroz, M. A. Á., Silva, J. G. da & Voltolini, T. V. 2014. “Características fermentativas na ensilagem de cana-de-açúcar com maniçoba”. *Ciência Rural*, 44(11): 2078–2083, ISSN: 1678-4596, DOI: 10.1590/0103-8478cr20131471.
- Castro, M. & Martínez, M. 2015. “Pig feeding with nontraditional products: fifty years of research at the Instituto de Ciencia Animal”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(2): 189–196, ISSN: 2079-3480.
- Cherney, J. H. & Cherney, D. J. R. 2003. “Assessing silage quality”. In: Buxton, D. R., Muck, R. E. & Harrison, J. H., *Silage science and technology*, (ser. Agronomy, no. ser. 42), Madison: American Society of Agronomy - Crop Science Society of America - Soil Science Society of America, pp. 141–198, ISBN: 978-0-89118-151-4, Available: <<http://library.wur.nl/WebQuery/clc/1740797>>, [Consulted: May 3, 2017].
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. version 2012, [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Díaz, B. 2014. Evaluación de Residuos Agrícolas Post Cosecha en Ensilados Inoculados con Preparados Microbianos Nativos para Alimentación de Vacas Lecheras en Ecuador. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba, 63 p.
- Díaz, B. L., Iglesias, A. E. & Valiño, E. 2014. “Evaluation of bioensilage of broccoli (*Brassica oleracea* L.) and oats (*Avena sativa* L.) as supplements for dairy cows”. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 22(1–2): 21–29, ISSN: 2075-8359.
- Duncan, D. B. 1955. “Multiple Range and Multiple F Tests”. *Biometrics*, 11(1): 1–42, ISSN: 0006-341X, DOI: 10.2307/3001478.
- Dunière, L., Sindou, J., Chaucheyras-Durand, F., Chevallier, I. & Thévenot-Sergentet, D. 2013. “Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms”. *Animal Feed Science and Technology*, 182(1–4): 1–15, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2013.04.006.
- Espinoza, V. G. & Avellaneda, J. 2016. “Valoración de la composición química de fermentación y degradabilidad ruminal *in vitro* de dietas con diferentes inclusiones de harina de banano y urea”. *European Scientific Journal*, 12(3): 123–133, ISSN: 1857-7431.
- Font, H., Noda, A., Torres, V., Herrera, M., Lizazo, D., Sarduy, L. & Rodríguez, L. 2007. Comparpro. version 1.0, [Windows], Mayabeque, Cuba: Departamento de Biomatemática, Instituto de Ciencia Animal.
- García, Y., Sosa, D., Boucourt, R. & Scull, I. 2015. “Chemical characterization of an ensiled food for pigs. Technical note”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(1): 91–92, ISSN: 2079-3480.
- Gutiérrez, L. F., Martínez, J. C. & Barón, M. R. 2010. “Contenido de ácido linoleico conjugado (cla) y composición de ácidos grasos en algunos yogures comerciales de Colombia”. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 63(2): 5685–5692.
- Hassanat, F., Mustafa, A. F. & Seguin, P. 2007. “Effects of inoculation on ensiling characteristics, chemical composition and

- aerobic stability of regular and brown midrib millet silages”. *Animal Feed Science and Technology*, 139(1–2): 125–140, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2007.01.005.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) 2013. “Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: Hidrología”. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Available: <<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/hidrologia/>>, [Consulted: May 3, 2017].
- Lezcano, P., Berto, D. A., Bicudo, S. J., Curcelli, F., Figueiredo, P. G. & Valdivie, M. I. 2014. “Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento”. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3): 41–47, ISSN: 0188-7890.
- Li, D., Ni, K., Pang, H., Wang, Y., Cai, Y. & Jin, Q. 2015. “Identification and Antimicrobial Activity Detection of Lactic Acid Bacteria Isolated from Corn Stover Silage”. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(5): 620–631, ISSN: 1011-2367, DOI: 10.5713/ajas.14.0439.
- Lopes, M. P. C., Júnior, F. A. Z., Alberton, L. R., Otutumi, L. K., Silveira, A. P. & Meza, S. K. L. 2013. “Caracterização nutricional da silagem de bagaço de cana de açúcar (*Saccharum officinarum* L.) adicionada ou não de soro de queijo e/ou grão de milho”. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecnia*, 16(1): 41–46, ISSN: 1982-1131.
- Ly, J., Samkol, P., Phiny, C., Caro, Y., Bustamante, D., Almaguel, R., Díaz, C. & Delgado, E. 2014. “Balance de N en cerdos jóvenes alimentados con follaje fresco de moringa (*Moringa oleifera*)”. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 21(4): 164–167, ISSN: 1026-9053.
- Mcfeeters, R. F. 2004. “Fermentation Microorganisms and Flavor Changes in Fermented Foods”. *Journal of Food Science*, 69(1): FMS35-FMS37, ISSN: 1750-3841, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb17876.x.
- Pringsulaka, O., Rueangyotchanthana, K., Suwannasai, N., Watanapokasin, R., Amnueysit, P., Sunthornthummas, S., Sukkhum, S., Sarawaneyaruk, S. & Rangsiruji, A. 2015. “*In vitro* screening of lactic acid bacteria for multi-strain probiotics”. *Livestock Science*, 174: 66–73, ISSN: 1871-1413, DOI: 10.1016/j.livsci.2015.01.016.
- Ranjan, M., Anandharaj, M., Chandra, R. & Parveen-Rani, R. 2014. “Fermented Fruits and Vegetables of Asia: A Potential Source of Probiotics”. *Biotechnology Research International*, 2014: e250424, ISSN: 2090-3138, DOI: 10.1155/2014/250424.
- Rendón, M. E., Noguera, R. R. & Posada, S. L. 2014. “Vinaza de caña como aditivo acidificante en la elaboración de ensilaje de maíz (*Zea mays*)”. *Livestock Research for Rural Development*, 26(1), ISSN: 0121-3784, Available: <<http://lrrd.cipav.org.co/lrrd26/1/rend26007.html>>, [Consulted: May 3, 2017].
- Revuelta, D. 2012. “Cambios en nitrógeno amínico de ensilados”. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 21(3): 90–92, ISSN: 2071-0054.
- Steel, R. G., Torrie, J. H. & Dickey, D. A. 1997. *Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach*. 3rd ed., New York: McGraw-Hill Companies, 672 p., ISBN: 978-0-07-061028-6, Available: <<https://www.amazon.com/Principles-Procedures-Statistics-Biometrical-Approach/dp/0070610282>>, [Consulted: February 3, 2017].
- Wang, C. F., Muhammad, A. U. R., Liu, Z. Y., Huang, B. Z. & Cao, B. H. 2016. “Effects of ensiling time on banana pseudostem silage chemical composition, fermentation and in sacco rumen degradation”. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 26(2): 339–346, ISSN: 2071-7024.
- Yang, J. S., Tan, H. S., Zhai, H. R., Wang, Q., Zhao, N., Cai, Y. M., Li, M. & Zhou, H. L. 2012. “Research on Chemical Composition and Ensiling Characteristics of Banana Stems and Leaves”. *Advanced Materials Research*, 347–353: 1647–1651, ISSN: 1662-8985, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.347-353.1647.
- Zhao, P. Y. & Kim, I. H. 2015. “Effect of direct-fed microbial on growth performance, nutrient digestibility, fecal noxious gas emission, fecal microbial flora and diarrhea score in weanling pigs”. *Animal Feed Science and Technology*, 200: 86–92, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.12.010.

Received: January 3, 2017