

Use of whey and molasses as additive for producing silage of Cuba OM-22 (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus glaucum*)

Utilización de lactosuero y melaza como aditivo en la elaboración de ensilaje de Cuba OM-22 (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus glaucum*)

G.A. Castaño and Lina M. Villa

Corporación Universitaria "Santa Rosa de Cabal-Unisarc", Facultad de Ciencias Pecuarias, Laboratorio de Nutrición Animal, km 4, via Chinchiná, Santa Rosa de Cabal, Colombia.

Email: gaston.castano@unisarc.edu.co

In order to determine the effect of whey or molasses as additives in the preparation of silages of Cuba OM-22, in the pH, silo temperature during the fermentation and chemical composition of the ensiled material, 128 mini-silages were produced. The experiment lasted 32 d. The treatments had a factorial structure of additive x day. The additive factor consisted of four different additives: a control (C) without additive and other three, where molasses, whey or whey + molasses mixture were used. An amount of 50 mL of additive/kg of fresh material for silage was used. The factor day corresponded to the number of days elapsed between the opening of silage (day 0) and sample-taking. Effect of the additive on the concentration of OM (P=0.0015), CP (P=0.0114), NDF (P<0.0001), NFC (P<0.001) and SE (P=0.0125) was shown. During the fermentation process, CP concentration (P=0.0058) and NDF (P=0.0115) decreased, but that of NFC increased (P<0.0001). There was interaction between additive and day in the pH (P=0.0051) and the temperature of the silo (P<0.0001). The use of the additives has a beneficial effect on forage conservation, which is evidenced with the variation of pH, decrease of NDF and increase of NFC. Variation of pH, when using the mixture of molasses and whey, indicated better fermentation process before the use of these additives separately.

Key words: additives, forage preservation, fermentation

Grasses and forages are the base for ruminant feeding in inter tropical areas (Ramos-Trejo *et al.* 2013), in which it is difficult to maintain a constant production of forages due to climate variations (González and Rodríguez 2003). Therefore, it is important to maintain reserves of forage resources for their use during scarcity times (González and Rodríguez 2003). Silage is the main method for preserving forages in countries with warm and humid climate (Bernardes and do Rêgo 2014), because it depends less on dry climate than hay (Mogodiniyai *et al.* 2013). In silage production, additives like whey and molasses are used (Cajarville *et al.* 2012) to prevent or reduce the growth of undesirable microorganisms inside the silo (Queiroz *et al.* 2013).

Cenchrus genus is found all over tropical and subtropical areas, represented by a high number of species and varieties (Miranda-Leyva *et al.* 2012). *Cenchrus purpureus* Schumacher has a high production potential and may exchange alleles with *Cenchrus glaucum* (Martínez *et al.* 2010). An interspecific

Para determinar el efecto del lactosuero o melaza, como aditivos en la elaboración de ensilajes de Cuba OM-22, en pH, temperatura del silo durante la fermentación y composición química del material ensilado, se elaboraron 128 mini-ensilajes. El experimento duró 32 d. Los tratamientos tuvieron una estructura factorial aditivo x día. El factor aditivo consistió en cuatro aditivos diferentes: un control (C) sin aditivo y otros tres, donde se empleó melaza, lactosuero o mezcla de lactosuero + melaza. Se emplearon 50 mL de aditivo/kg del material fresco a ensilar. El factor día correspondió a la cantidad de días transcurridos entre la apertura del ensilaje (día 0) y la toma de las muestras. Se presentó efecto del aditivo en la concentración de MO (P = 0.0015), PB (P = 0.0114), FND (P < 0.0001), CNF (P < 0.001) y EE (P = 0.0125). Durante el proceso de fermentación, disminuyó la concentración de PB (P = 0.0058) y FND (P = 0.0115), pero aumentó la de CNF (P < 0.0001). Se observó interacción entre el aditivo y el día en el pH (P = 0.0051) y la temperatura del silo (P < 0.0001). La utilización de los aditivos tiene efecto benéfico en la conservación del forraje que se evidencia con la variación en el pH, la disminución de la FND y el aumento en los CNF. La variación del pH, al utilizar la mezcla de melaza y lactosuero indicó mejor proceso de fermentación ante el uso de estos aditivos por separado.

Palabras clave: aditivos, conservación de forrajes, fermentación

Los pastos y forrajes constituyen la base para la alimentación de rumiantes de la zona inter tropical (Ramos-Trejo *et al.* 2013), en la que es difícil mantener una producción constante de forrajes por las variaciones climáticas (González y Rodríguez 2003). Se crea así la necesidad de mantener reservas de recursos forrajeros para que estos se utilicen durante los tiempos de escasez (González y Rodríguez 2003). El ensilaje es el método principal para preservar forrajes en países con clima cálido y húmedo (Bernardes y do Rêgo 2014), pues depende menos del clima seco que el heno (Mogodiniyai *et al.* 2013). En la elaboración de los ensilajes, se utilizan aditivos como la melaza y el lactosuero (Cajarville *et al.* 2012) para prevenir o reducir el crecimiento de microorganismos indeseables en el silo (Queiroz *et al.* 2013).

El género *Pennisetum* se encuentra en todo el mundo tropical y subtropical, representado por un número elevado de especies y variedades (Miranda-Leyva *et al.* 2012). La especie *Cenchrus purpureus* Schumacher tiene elevado potencial de producción y puede intercambiar

crossbreeding of *C. purpureus* with *C. glaucum* is a used method for improving *C. purpureus* (Vieira da Cunha *et al.* 2007), which creates hybrids with higher productivity, vigor and resistance to water stress (Martínez *et al.* 2010). Cuba CT-169 is a clone of *C. purpureus*, obtained through tissue culture (Rodríguez *et al.* 2011). Crossing of this clone with *C. glaucum* originates Cuba OM-22 (*C. purpureus* x *C. glaucum*) (Martínez *et al.* 2010), well known due to its abundant foliage production for cutting (Miranda-Leyva *et al.* 2012 and Ramos-Trejo *et al.* 2013).

In the consulted literature, there are no studies with an evaluation of the effect of adding additives to the production of silages of Cuba OM-22. The objective of this study was to evaluate the effect of using whey and molasses as additives in the production of silages of Cuba OM-22, regarding pH, temperature of the silo during the fermentation process and chemical composition.

Materials and Methods

Forage was collected in a dairy farm, located at Calarcá municipality (Quindío, Colombia), 4° 30' 2'' N, 75° 39' 27'' W and 1530 m o.s.l. Evaluation of fermentation process was performed in an experimental farm "El Jazmín", located in Santa Rosa de Cabal (Risaralda, Colombia) from Unisarc at 4° 52' 07'' N, 75° 37' 22'' W and 1701 m o.s.l., with a mean temperature of 18.6 °C.

Duration and treatments. The experiment lasted 32 d. The treatments had a factorial structure of additive x day. The additive factor consisted of four types of Cuba OM-22 silages, with difference according to the additive used in its production: a control (C) without additive and other three, in which a mixture of water with molasses (relation 1:1; volume: weight), only whey, or mixed with molasses (relation 1:1; volume: weight), where molasses (M), whey (W) or whey + molasses mixture (MW) were used. An amount of 50 mL of additive/kg of fresh material for ensilage was used. The factor day corresponded to the number of days elapsed between the opening of the silage (day 0) and sample taking. To determine the chemical composition, days 0 and 32 were used, while for pH and temperature, days 0, 1, 2, 4, 6, 8 and 16 were considered. Four replicates were used per treatment.

Forage and production of mini-silos. Cuba OM-22 was used, with 90 d old, a production of 8 kg of green forage/m², without irrigation and fertilization with 100 kg of urea/ha. Table 1 shows chemical composition of the used forage. An amount of 128 mini-silages were produced, of 1566 ± 134 g (mean ±SD; 32 per each type of additive). For the production of silages, forage was cut at 7:00 a.m. and, to allow partial dehydration, it was left under the sun up to 2:00 p.m., moment in which it was cut (2 inches) with a grass cutting machine (MixerLejen® 760). An amount of 20% of the material to be ensiled was

alelos con el *Cenchrus glaucum* (Martínez *et al.* 2010). Una hibridación inter-específica del *C. purpureus* con *C. glaucum* es un método utilizado en el mejoramiento del *C. purpureus* (Vieira da Cunha *et al.* 2007) que forma híbridos con mayor productividad, vigor y resistencia al estrés hídrico (Martínez *et al.* 2010). El Cuba CT-169 es un clon del *P. purpureum*, obtenido mediante el cultivo de tejidos (Rodríguez *et al.* 2011). El cruce de este clon con el *C. glaucum* da origen al Cuba OM-22 (*C. purpureus* x *C. glaucum*) (Martínez *et al.* 2010), reconocido por su abundante producción de follaje para corte (Miranda-Leyva *et al.* 2012 y Ramos-Trejo *et al.* 2013).

En la literatura consultada no se encontraron trabajos en los que se valorara el efecto de la adición de aditivos en la elaboración de ensilaje de Cuba OM-22. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la utilización del lactosuero y melaza, como aditivos en la elaboración de ensilaje de Cuba OM-22, en lo que respecta al pH, temperatura del silo durante el proceso de fermentación, y composición química.

Materiales y Métodos

El forraje se recolectó en una explotación de ganado lechero, localizada en el municipio de Calarcá (Quindío, Colombia), ubicada a 4° 30' 2'' LN, 75° 39' 27'' LW y 1530 msnm. La evaluación del proceso de fermentación se realizó en la granja pecuaria experimental "El Jazmín" de Unisarc, localizada en Santa Rosa de Cabal (Risaralda, Colombia) a 4° 52' 07'' LN, 75° 37' 22'' LO y 1701 msnm, con temperatura media de 18.6 °C.

Duración y tratamientos. El experimento duró 32 d. Los tratamientos presentaron estructura factorial aditivo x día. El factor aditivo consistió en cuatro tipos de ensilajes de Cuba OM-22, diferenciados según el aditivo utilizado en su elaboración: un control (C) sin aditivo y otros tres, a los que se les adicionó mezcla de agua con melaza (relación 1:1; volumen:peso), lactosuero solo o mezclado con melaza (relación 1:1; volumen:peso) para los aditivos M, L y ML, respectivamente. Se utilizaron 50 mL de aditivo/kg del material fresco a ensilar. El factor día correspondió a la cantidad de días transcurridos entre la apertura del ensilaje (día 0) y la toma de las muestras. Para determinar la composición química, se destinaron los días 0 y 32, mientras que para el pH y la temperatura los días 0, 1, 2, 4, 6, 8 y 16. Se utilizaron cuatro réplicas por tratamiento.

Forraje y elaboración de los mini-silos. Se utilizó Cuba OM-22, de 90 d de edad, una producción de 8 kg de forraje verde/m², sin riego y fertilizado con 100 kg de urea/ha. La tabla 1 muestra la composición química del forraje empleado. Se fabricaron 128 mini-ensilajes, de 1566 ± 134 g (promedio ±DE; 32 por cada tipo de aditivo). Para la fabricación del ensilaje, se cortó el forraje a las 7:00 a.m. y para permitir la deshidratación parcial se dejó al sol hasta las 2:00 p.m., momento en que se picó (2 pulgadas) con una picapasto (MixerLejen® 760). Se depositó 20 % del material a ensilar en un recipiente plástico, con capacidad de 3 L. Se realizó compactación

placed in a plastic flask, with a capacity of 3 L. A manual compaction was performed to remove all the air and an additive was added with a spray (around 15 mL). This process was repeated four times up to complete silage, allow closing the top and avoid air cameras within the silo. Silages were moved to the experimental unit of Unisarc and were stored in a lab for the evaluation of

manual para eliminar el aire y se adicionó el aditivo con atomizador (aproximadamente 15 mL). Este proceso se repitió cuatro veces hasta completar el ensilaje, permitir el cierre de la tapa y evitar cámaras de aire en el silo. Los ensilajes se transportaron al centro experimental de Unisarc y se almacenaron en el laboratorio para la evaluación del proceso de fermentación.

Table 1. Chemical composition of forage used for the experiment

Component	Concentration
DM, g/kg	286.0
OM, g/kg DM	893.3
CP, g/kg DM	100.4
NDF, g/kg DM	753.6
NFC ¹ , g/kg DM	26.8
Ether extract, g/kg DM	12.5

¹Non fibrous carbohydrates. $NFC=100 - CP - NDF - \text{Ether extract} - \text{Ashes}$ (NRC 2001).

fermentation process.

Procedure. Four silos per treatment were uncovered the day of their production (day 0) and later at 1, 2, 4, 6, 8, 16 and 32 days. After their opening, samples of the ensiled material were collected, which were used for determining chemical composition (days 0 and 32), pH and silo temperature (days 0, 1, 2, 4, 6, 8 and 16). To collect samples, the superior top was removed (around 15 cm) and material from the core of the silo was collected. An amount of 500 g of silage were taken at days 0 and 32, and after, they were packed in plastic bags (voiding air cameras in the bag), preserved at -20 °C, dehydrated in a forced air oven (60 °C/48 h) and ground in a mill (Udy®) with a sieve of 1 mm. later, they were stored for lab analysis. An amount of 4 g of forage from 0, 1, 2, 4, 6, 8 and 16 days, were homogenized in a blender (3 min) with 90 mL of H₂O d, they were filtered through two layers of gaze and pH was immediately determined (adapted from Shi *et al.* 2012), and temperature with a potentiometer (Consort®).

Chemical analysis. Dry matter and ashes were determined by AOAC-930.15 and AOAC-9942.05 methods, respectively (Latimer 2016), CP by Kjeldahl method (Thiex *et al.* 2002), NDF (Van Soest *et al.* 1991), non-fibrous carbohydrates (NFC), according to NRC (2001), and ether extract (EE) by the AOAC-930.39 method (Latimer 2016). OM was estimated by the difference between DM and ashes.

Statistical analysis. Data was analyzed as a completely at random experimental design, with a 4x2 factorial structure (additive x day) for the chemical composition of the ensiled material and a 4x7 factorial structure (additive x day) for pH and silage temperature. Four replicates per treatment were used. When models were statistically significant, the analysis of mean comparisons by Tukey (Tukey 1958) test was used.

Procedimiento. Se destaparon cuatro silos por tratamiento el día de su elaboración (día 0) y posteriormente los días 1, 2, 4, 6, 8, 16 y 32. Luego de su apertura, se colectaron muestras del material ensilado que se utilizaron para determinar la composición química (días 0 y 32), el pH y la temperatura del silo (días 0, 1, 2, 4, 6, 8 y 16). Para recolectar las muestras, se retiró la capa superior (aproximadamente 15 cm) y se colectó material del núcleo del silo. Se tomaron 500 g de ensilaje los días 0 y 32, y luego se empacaron en bolsa plástica (evitando cámaras de aire en la bolsa), se conservaron a -20 °C, se deshidrataron en horno de aire forzado (60°C/48 h) y se molieron en un molino (Udy®) con criba de 1 mm. Posteriormente se almacenaron para su análisis en el laboratorio. Se colectaron 4 g de forraje los días 0, 1, 2, 4, 6, 8 y 16, se homogenizaron en una licuadora (3 min) con 90 mL de H₂O d, se filtraron mediante dos capas de gasa y se determinó inmediatamente el pH (adaptado de Shi *et al.* 2012) y la temperatura con un potenciómetro (Consort®).

Análisis químico. Se determinó MS y cenizas por los métodos AOAC-930.15 y AOAC-9942.05, respectivamente (Latimer 2016), PB por el método Kjeldahl (Thiex *et al.* 2002), FDN (Van Soest *et al.* 1991), carbohidratos no fibrosos (CNF), según NRC (2001), y extracto etéreo (EE) por el método AOAC-930.39 (Latimer 2016). La MO se estimó con la diferencia entre la MS y las cenizas.

Análisis estadístico. Los datos se analizaron como un diseño experimental, completamente al azar, con estructura factorial 4 x 2 (aditivo x día) para la composición química del material ensilado, y una estructura factorial 4 x 7 (aditivo x día) para el pH y la temperatura del ensilaje. Se utilizaron cuatro réplicas por tratamiento. Cuando los modelos resultaron estadísticamente significativos, se procedió al análisis de

For result analysis, the program Statistix version 8.0 (Copyright© 1985-2003 Analytical Software) was used.

Results

The additive had an effect on OM, CP, NDF, NFC and EE concentrations. OM was lower for MW treatment compared to control and W but not regarding M. OM was higher for W in relation to M and MW, but not for the control. CP was high for control compared to W and MW, but not for M. The NDF for W treatment was higher than that of MW, but lower than control. The NDF of M was inferior to control, but it was not different to W and MW. The NFC were lower in the control treatment compared to the others. EE was higher for W compared to control and M treatments, but not regarding MW. There was effect of day on the concentration of CP, NDF and NFC. CP and NDF decreased in day 32 but NFC increased (table 2).

There was interaction between additive and day in pH and temperature of the silo. Apart from the additive used, pH of silo during day 1 was lower than day 0, but higher than day 2. There was no variation in pH of silo between day 2 and day 16, except for M treatment, where pH of day 16 was lower than in day 2 but not in front of days 4, 6 and 8. Silo temperature varied during the process of fermentation for each treatment and during every day, there were no differences in temperature of silo when comparing treatments, except for day 8, in which silo temperature was higher for

la comparación de medias por la prueba Tukey (Tukey 1958). Para el análisis de los resultados, se utilizó el programa Statistix versión 8.0 (Copyright© 1985-2003 Analytical Software).

Resultados

El aditivo tuvo efecto en la concentración de MO, PB, FDN, CNF y EE. La MO fue menor para el tratamiento ML en comparación con el control y L, pero no con respecto a M; mientras que la MO fue mayor para L con relación a M y ML, pero no ante el control. La PB fue mayor para el control en comparación con L y ML, pero no para M. La FDN en el tratamiento L fue mayor a la encontrada en ML, pero menor al control; mientras que la FDN de M fue inferior al control, pero no fue diferente a L y ML. Los CNF fueron menores en el tratamiento control en comparación con los otros. El EE fue mayor para L en comparación con los tratamientos control y M, pero no en relación con ML. Se encontró efecto del día en la concentración de PB, FDN y CNF. La PB y la FDN disminuyeron al día 32, pero los CNF aumentaron (tabla 2).

Se presentó interacción entre el aditivo y el día en el pH y la temperatura del silo. Independiente del aditivo empleado, el pH del silo durante el día 1 fue menor al del día 0, pero superior al día 2. No se observó variación en el pH del silo entre los días 2 y 16, excepto para el tratamiento M, donde el pH del día 16 fue menor al del día 2, pero no frente a los días 4, 6 y 8. La temperatura del silo varió durante el proceso de fermentación para cada uno de los tratamientos y en cada día no se presentaron diferencias en la temperatura del silo al comparar los tratamientos, excepto para el día 8, en el que la temperatura del silo fue mayor para el tratamiento ML en comparación con C y L, pero no

Table 2. Effect of silage process on chemical composition of Cuba OM-22 (*C. purpureus* x *C. glaucum*), when it is ensiled without additive (control) or with the use of molasses (M), whey (W) and a mixture of molasses and whey (MW) as additive

Component, g/kg DM ¹	Additive				Day		SEM ²	P-value ³		
	Control	M	W	MW	0	32		A	D	AxD
OM	895.5 ^{ab}	884.6 ^{bc}	896.5 ^a	882.3 ^c	887.0	891.8	7.1	0.0015	0.1479	0.9353
CP	86.9 ^a	75.1 ^{ab}	68.7 ^b	73.4 ^b	81.6 ^A	70.4 ^B	9.3	0.0114	0.0058	0.0879
NDF	741.3 ^a	683.7 ^{bc}	694.8 ^b	647.1 ^c	706.3 ^A	677.2 ^B	26.9	<0.001	0.0115	0.6085
NFC ⁴	54.6 ^b	113.2 ^a	116.4 ^a	146.4 ^a	86.0 ^B	129.3 ^A	23.6	<0.001	0.0001	0.5407
Ether extract	12.8 ^b	12.6 ^b	16.5 ^a	16.0 ^{ab}	14.0	14.8	2.5	0.0125	0.3907	0.8521

¹Superscripts with different low case letters in the same row indicate differences according to Tukey test (P < 0.05) for additive factor

Superscripts with different capital letter in the same column indicate differences according to Tukey test (P < 0.05) for day factor

²Standard error of the mean

³A: Effect of additive type, D: effect of day and A x D: effect of interaction between additive type and day.

⁴Non-fibrous carbohydrates. NFC=100 – CP – NDF – Ether extract – Ashes (NRC 2001).

Tabla 3. Variation of pH and temperature of Cuba OM-22 (*C. purpureus* x *C. glaucum*) during the fermentation process, after being ensiled without additive (control) or using molasses, whey and the mixture of both as additive

Item	Day1							SEM ²	P-value ³		
	0	1	2	4	6	8	16		A	D	AxD
pH								0.1	<0.001	<0.001	0.0051
Control	5.7 ^{a,A}	4.7 ^b	4.1 ^c	4.2 ^c	4.2 ^c	4.2 ^{c,A}	4.1 ^c				
Molasses (M)	5.7 ^{a,A}	4.7 ^b	4.2 ^c	4.1 ^{cd}	4.0 ^{cd}	4.0 ^{cd,AB}	3.9 ^d				
Whey (W)	5.4 ^{a,B}	4.6 ^b	4.1 ^c	4.1 ^c	4.0 ^c	4.1 ^{c,AB}	3.9 ^c				
M+W	5.7 ^{a,A}	4.7 ^b	4.1 ^c	4.0 ^c	4.0 ^c	3.9 ^{c,B}	3.9 ^c				
Temperature								1.5	0.0334	<0.001	<0.001
Control	26.2 ^{ab}	28.0 ^a	25.7 ^{abc}	27.5 ^a	25.1 ^{abc}	22.1 ^{c,B}	23.3 ^{bc}				
Molasses (M)	25.9 ^{ab}	28.3 ^a	25.6 ^{ab}	27.8 ^{ab}	25.3 ^{ab}	24.8 ^{ab,AB}	24.0 ^b				
Whey (W)	26.0 ^{abc}	29.4 ^a	25.2 ^{bc}	25.1 ^{bc}	26.6 ^{ab}	23.0 ^{bc,B}	21.9 ^c				
M+W	25.3 ^{ab}	28.0 ^a	26.0 ^{ab}	24.8 ^{ab}	27.9 ^{ab}	28.8 ^{a,A}	23.9 ^b				

¹Superscripts with different low case letters in the same row indicate differences according to Tukey test ($P < 0.05$)

Superscripts with different capital letter in the same column indicate differences according to Tukey test ($P < 0.05$)

²Standard error of the mean

³A: Effect of additive type, D: effect of day and A x D: effect of interaction between additive type and day.4

MW treatment, compared to control and W, but not in front of M (table 3).

Discussion

It is difficult to produce a silage of tropical grasses, due to their structure, low content of sugar and high fiber concentration (Li *et al.* 2014). For producing silages, additives like molasses and whey (Repetto *et al.* 2011 and Cajarville *et al.* 2012) are used for preventing or reducing the growth of undesirable microorganisms (Queiroz *et al.* 2013). This experiment tries to research on the effect of molasses and whey, as additives for the production of silages of Cuba OM-22, on the chemical composition and pH of ensiled material during the fermentation process. It was expected that adding molasses, whey or the mixture of both would improve the fermentation process and decrease nutrient losses during the silage production.

The inclusion of this additive had an effect on chemical composition of silage. Silages of MW showed the lowest concentration of OM. These differences could be related to the highest contribution of minerals by molasses and whey as additives. CP was higher for control, compared to W and MW. Although there were no significant differences when comparing to M treatment through Tukey test, the significant differences appeared with the use of LSD ($P < 0.05$). The decrease of CP could be explained by the low concentration of this fraction in the used additives, which in humid base contain 32.9 and 7.4 g of CP/kg for molasses (Yokota *et al.* 1998), and whey (Formigoni *et al.* 2006), respectively.

Additives decreased NDF concentration, similar to literature, when adding molasses (Aganga *et al.* 2005, Arbabi and Ghoorchi 2008, Balakhial *et al.* 2008, Bureenok *et al.* 2012 and Li *et al.* 2014) and

frente a M (tabla 3).

Discusión

Es difícil producir un ensilaje de gramíneas tropicales, debido a su estructura, bajo contenido de azúcares y elevada concentración de fibra (Li *et al.* 2014). En la elaboración de los ensilajes se utilizan aditivos como la melaza y el lactosuero (Repetto *et al.* 2011 y Cajarville *et al.* 2012) para prevenir o reducir el crecimiento de microorganismos indeseables (Queiroz *et al.* 2013). En este experimento se pretendía documentar el efecto de la melaza y el lactosuero, como aditivos en la elaboración de ensilaje de Cuba OM-22, en la composición química y el pH del material ensilado durante el proceso de fermentación. Se esperaba que la adición de melaza, lactosuero o la mezcla de ambos mejorara el proceso de fermentación y disminuyera la pérdida de nutrientes durante la elaboración del ensilaje.

La adición del aditivo tuvo efecto en la composición química del ensilaje. Los ensilajes del tratamiento ML presentaron menor concentración de MO. Estas diferencias podrían estar asociadas a mayor aporte de minerales por parte de la melaza y el lactosuero de manera aditiva. La PB fue mayor para el control en comparación con L y ML. Aunque no se presentaron diferencias significativas al comparar con el tratamiento M mediante la prueba Tukey, las diferencias fueron significativas al utilizar la prueba LSD ($P < 0.05$). La disminución de PB se podría explicar por la baja concentración de esta fracción en los aditivos utilizados, que en base húmeda contienen 32.9 y 7.4 g de PB/kg para la melaza (Yokota *et al.* 1998), y el lactosuero (Formigoni *et al.* 2006), respectivamente.

Los aditivos disminuyeron la concentración de FDN, similar a lo informado en la literatura, cuando se adiciona melaza (Aganga *et al.* 2005, Arbabi y Ghoorchi 2008, Balakhial *et al.* 2008, Bureenok *et al.* 2012 y Li *et al.* 2014), y lactosuero (Britos *et al.* 2007, Repetto *et al.* 2011

wey (Britos *et al.* 2007, Repetto *et al.* 2011 and Cajarville *et al.* 2012), as additives for producing silages. Decrease of NDF could be associated to an effect of dilution because molasses and whey do not contain NDF. As it was expected, the use of additives increased NFC concentration because molasses and whey contain sugars (Cajarville *et al.* 2012). The highest concentration of EE in silages of treatment W, compared to control and M, and the absence of differences when comparing this treatment with MW, could be explained by the residual fat of whey (Formigoni *et al.* 2006).

In this study, CP and NDF decreased by day 32, but NFC increased. During the fermentation process, there is a large proteolytic and fibrolytic activity of microbial enzymes and those from the plants, which lead to a loss of protein and fiber, and this would explain the decrease of these two fractions (Ajmal *et al.* 2006). Nitrogen substances of pastures are affected the silage process (Britos *et al.* 2007). Protein loss could be associated to proteolysis and its use as energy source during fermentation (Castaño 2012).

Unlike the findings of this study, some authors report a reduction of NFC during fermentation (van Man and Wiktorsson 2002, Cajarville *et al.* 2012 and Castaño 2012), because water soluble carbohydrates are the main substrate for microbial growth (van Man and Wiktorsson 2002). NDF reduction has also been reported in other researches (van Man and Wiktorsson 2002, Bureenok *et al.* 2012 and Castaño 2012). Increase of NFC and decrease of NDF during silage process coincide with the findings of González and Rodríguez (2003). Ensiled forages show changes in the cell wall (Cajarville *et al.* 2012) and higher NDF degradation, which could explain the increase of NFC. Changes in cell wall allow their colonization by microorganisms with non-specific hydrolases. In addition, they make possible to take monomers for fermentation (Hill *et al.* 2001) and allow structural carbohydrates to be an energy source for microorganism (Jaurena and Pichard 2001), so part of water soluble carbohydrates may be produced by hydrolysis of hemicellulose (Arbabi and Ghoorchi 2008). Using fibrolytic enzymes or inoculants with lactic acid bacteria as additives in sorghum silage, decreases NDF and increase NFC (Thomas *et al.* 2013), because fibrolytic enzymes break bonds between hemicellulose and lignin, which allow the extraction of sugars from hemicellulose (Thomas *et al.* 2013). It is possible that epiphyte flora of forage could provoke and NDF degradation and the consequent increase of NFC. Bureenok *et al.* (2012) found that epiphyte flora of *C. purpureus* was enough for producing an adequate silage fermentation.

Ether extract was not affected by silage process. During fermentation, there is lipolysis, which produces non esterified fatty acids, and the lipid profile of forage was affected (Khan *et al.* 2012 and Rezende *et al.*

y Cajarville *et al.* 2012), como aditivos en la elaboración de ensilajes. La disminución en la FDN podría estar asociada a un efecto de dilución, debido a que la melaza y el lactosuero no contienen FDN. Como era de esperar, el uso de los aditivos incrementó la concentración de CNF, debido a que la melaza y el lactosuero contienen azúcares (Cajarville *et al.* 2012). La mayor concentración de EE en los ensilajes del tratamiento L, en comparación con los tratamientos control y M, y la ausencia de diferencias al comparar este tratamiento con el ML, se podrían explicar por la grasa residual del lactosuero (Formigoni *et al.* 2006).

En este trabajo, la PB y la FDN disminuyeron al día 32, pero los CNF aumentaron. Durante el proceso de fermentación tiene lugar una extensa actividad proteolítica y fibrolítica de las enzimas microbianas y de la planta, que conducen a una pérdida de proteína y fibra, lo que explicaría la disminución en estas dos fracciones (Ajmal *et al.* 2006). Las sustancias nitrogenadas de las pasturas están afectadas por el proceso de ensilaje (Britos *et al.* 2007). La pérdida de proteína podría estar asociada con la proteólisis y su utilización como fuente de energía durante la fermentación (Castaño 2012).

A diferencia de lo encontrado en este trabajo, algunos autores informan reducción de CNF durante la fermentación (van Man y Wiktorsson 2002, Cajarville *et al.* 2012 y Castaño 2012), pues los carbohidratos solubles en agua son el principal sustrato para el crecimiento microbiano (van Man y Wiktorsson 2002). La reducción de FDN también ha sido informada en otros trabajos (van Man y Wiktorsson 2002, Bureenok *et al.* 2012 y Castaño 2012). El incremento en los CNF y la disminución en la FDN durante el proceso de ensilaje coinciden con lo encontrado por González y Rodríguez (2003). Los forrajes ensilados presentan cambios en la pared celular (Cajarville *et al.* 2012) y mayor degradación de la FDN, lo que podría explicar el incremento de los CNF. Las modificaciones en la pared celular permiten su colonización por parte de los microorganismos con hidrolasas no específicas. Además hacen posible sacar los monómeros para la fermentación (Hill *et al.* 2001) y permiten que los carbohidratos estructurales sean fuente de energía para los microorganismos (Jaurena y Pichard 2001), de manera que parte de los carbohidratos solubles en agua pueden ser producidos por la hidrólisis de la hemicelulosa (Arbabi y Ghoorchi 2008). Al utilizar enzimas fibrolíticas o inoculantes con bacterias ácido lácticas como aditivos en el ensilaje de sorgo, disminuye la FDN y aumentan los CNF (Thomas *et al.* 2013), ya que las enzimas fibrolíticas rompen los enlaces entre la hemicelulosa y lignina, lo que permite la extracción de azúcares de la hemicelulosa (Thomas *et al.* 2013). Es posible que la flora epífita del forraje provocara degradación de la FDN y su consecuente incremento en CNF. Bureenok *et al.* (2012) encontraron que la flora epífita del *C. purpureus* fue suficiente para producir una adecuada fermentación del ensilaje.

El extracto etéreo no se afectó por el proceso de ensilaje. Durante la fermentación se presenta lipólisis, que produce ácidos grasos no esterificados, y se afecta el

2014). However, under anaerobic conditions of the silo, fatty acids cannot be used as energy source for microorganisms, which could explain the absence of effect of silage process on EE concentration.

In this study, there was no effect of the use of additives on silo pH, while other authors report significant differences between control (without additive) and the use of molasses (Yokota *et al.* 1992, Arbabi and Ghoorchi 2008, Bilal 2009, Bureenok *et al.* 2012 and Li *et al.* 2014), or whey (Britos *et al.* 2007, Repetto *et al.* 2011 and Rezende *et al.* 2014). Lower pH was expected, when adding molasses and whey, because the low pH is obtained through sugar fermentation (Bilal 2009), and these two by-products provide easily available energy for acid lactic fermentation (Balakhial *et al.* 2008). The absence of effect of adding additives on pH could be explained by a proper fermentation process in control treatment due to forage DM content (Mogodiniyai *et al.* 2013), compaction, buffer capacity and epiphyte lactic acid (Santos *et al.* 2014). These results suggest that, despite the low concentration of NFC and the high NDF concentration, Cuba OM-22 has low buffer capacity and epiphyte lactic acid bacteria, which make easy their conservation during the silage process.

pH of silos was similar to statements of other authors, who used molasses as additive for the production of silage of *C. purpureus* (Yokota *et al.* 1998, Bilal 2009 and Castaño 2012), and whey in alfalfa silage (*Medicago sativa*) (Repetto *et al.* 2011). It was also similar to reports of Cajarville *et al.* (2012) with forages of tempered climate, but inferior to reports of other authors, who used molasses as additive in the production of silage of hybrid *C. purpureus* x *Cenchrus glaucum* (Li *et al.* 2014), and whey in alfalfa silage (*Medicago sativa*) (Repetto *et al.* 2011). pH was inferior to 4.2, which coincide with reports of Castaño (2012) and Queiroz *et al.* (2013). This value of pH also indicates that the fermentation process was appropriate and corresponds to stable silages under anaerobic conditions (Castaño 2012). Threshold of pH was after two days, very close to reports in maize silage by Queiroz *et al.* (2013).

Some authors report pH superior to 4.5 when ensiling tropical forages without additive (Zhang and Kumai 2000, González and Rodríguez 2003 and Bureenok *et al.* 2006). These conditions are not those of this study, which confirms that Cuba OM-22 may be easily ensiled, unlike other tropical grasses (Li *et al.* 2014).

A low pH in silages of MW treatment during day 8 regarding control, indicate that this treatment may be appropriate to allow a better decrease in the pH and, therefore, better fermentation. A high temperature for MW treatment during the fermentation process, indicates a higher microbial activity during that day.

perfil lipídico del forraje (Khan *et al.* 2012 y Rezende *et al.* 2014). Sin embargo, en las condiciones anaeróbicas del silo, los ácidos grasos no se pueden utilizar como fuente de energía para los microorganismos, lo que explicaría la ausencia de efecto del proceso de ensilaje en la concentración de EE.

En este estudio no hubo efecto de la utilización de aditivos en el pH del silo, mientras que informes de otros autores se declaran diferencias significativas entre los tratamientos control (sin aditivo) y el uso de melaza (Yokota *et al.* 1992, Arbabi y Ghoorchi 2008, Bilal 2009, Bureenok *et al.* 2012 y Li *et al.* 2014), o lactosuero (Britos *et al.* 2007, Repetto *et al.* 2011 y Rezende *et al.* 2014). Se esperaba menor pH, al adicionar melaza y lactosuero, debido a que el bajo pH se obtiene mediante la fermentación de los azúcares (Bilal 2009), y estos dos subproductos aportan energía fácilmente disponible para la fermentación ácido-láctica (Balakhial *et al.* 2008). La ausencia de efecto de la adición de los aditivos en el pH se podría explicar por un proceso de fermentación adecuado en el tratamiento control, debido al contenido de MS del forraje (Mogodiniyai *et al.* 2013), compactación, capacidad buffer y bacterias ácido lácticas epífitas (Santos *et al.* 2014). Estos resultados sugieren que, a pesar de la baja concentración de CNF y la elevada concentración de FDN, el Cuba OM-22 tiene baja capacidad buffer y bacterias ácido lácticas epífitas, que facilitan su conservación durante del proceso de ensilaje.

El pH de los silos fue similar a lo indicado por otros autores, quienes utilizaron melaza como aditivo en la elaboración de ensilaje de *C. purpureus* (Yokota *et al.* 1998, Bilal 2009 y Castaño 2012), y lactosuero en ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa*) (Repetto *et al.* 2011). También fue similar al informado en trabajos de Cajarville *et al.* (2012) con forrajes de clima templado, pero inferior a lo encontrado por otros autores, quienes utilizaron melaza como aditivo en la elaboración de ensilaje del híbrido *C. purpureus* x *Cenchrus glaucum* (Li *et al.* 2014) y lactosuero en ensilaje de alfalfa (*Medicago sativa*) (Repetto *et al.* 2011). El pH fue inferior a 4.2, lo que coincide con informes de Castaño (2012) y Queiroz *et al.* (2013). Este valor de pH indica además, que el proceso de fermentación fue adecuado, y corresponde a ensilajes estables en condiciones anaeróbicas (Castaño 2012). El umbral en el pH fue a los dos días, muy próximo a lo informado en ensilaje de maíz por Queiroz *et al.* (2013).

Algunos autores informan pH superiores a 4.5, cuando ensilaron forrajes tropicales sin aditivo (Zhang y Kumai 2000, González y Rodríguez 2003 y Bureenok *et al.* 2006). Estas condiciones no son las de este trabajo, en el que se reafirma que el Cuba OM-22 puede ser ensilado fácilmente, a diferencia de otras gramíneas tropicales (Li *et al.* 2014).

Un menor pH en los ensilajes del tratamiento ML durante el día 8 con respecto al control indica que este tratamiento puede ser adecuado para permitir mayor disminución en el pH y por ende, mejor fermentación. Una mayor temperatura para el tratamiento ML durante

It can be concluded that Cuba OM-22 may be easily preserved during the silage process, which is evident in the pH of the produced silage without additive. Adding molasses, whey or both as additives for silage production of Cuba OM-22, have an effect on forage conservation, which is evident due to pH variation, NDF decrease and NFC increase. Variation of pH, after the use of molasses and whey mixture, indicates a better fermentation process with the use of these additives by separate.

Acknowledgements

Thanks to the Centro Experimental Pecuario de Unisarc for allowing the use of facilities and provide forage. Thanks to students of the program of Zootechnics from Unisarc: Carol V. Vargas, Neddy Morales, Diana L. Múnera, Marcela Velásquez, Gerardo Cortés and David F. Sabino. It is important to acknowledge the support of Liliana Molina, Cristian C. Patiño and Jessica C. Cazallas for the field work and the cooperation of A Francisca Montes and Omar D. Henao M, who provided the plant material used for the experiment.

el proceso de fermentación, indica mayor actividad microbiana durante ese día.

Se concluye que el Cuba OM-22 puede ser conservado fácilmente durante el proceso de ensilaje, lo que se evidencia en el pH del ensilaje producido sin aditivo. La adición de melaza, lactosuero o ambos mezclados, como aditivos en la elaboración de ensilaje de Cuba OM-22, tiene efecto en la conservación del forraje, lo que se evidencia en la variación del pH, disminución de la FDN y aumento en los CNF. La variación del pH, al utilizar la mezcla de melaza y lactosuero, indica mejor proceso de fermentación ante el uso de estos aditivos de manera separada.

Agradecimientos

Se agradece al Centro Experimental Pecuario de Unisarc por permitir utilizar las instalaciones y suministrar el forraje. Se expresa gratitud a los estudiantes del programa de Zootecnia de Unisarc: Carol V. Vargas, Neddy Morales, Diana L. Múnera, Marcela Velásquez, Gerardo Cortés y David F. Sabino. Se reconoce el apoyo brindado por Liliana Molina, Cristian C. Patiño y Jessica C. Cazallas en el trabajo de campo y la colaboración de A Francisca Montes y Omar D. Henao M, quienes suministraron el material vegetal utilizado en el experimento.

References

- Aganga, A. A., Omphile, U. J., Thema, T. & Baitshotlhi, J. C. 2005. "Chemical composition of napier grass (*Cenchrus purpureus*) at different stages of growth and napier grass silages with additives". *Journal of Biological Sciences*, 5(4): 493–496, ISSN: 1727-3048.
- Ajmal, K. M., Sarwar, M., Nisa, M., Iqbal, Z., Khan, M. S., Lee, W. S., Lee, H. J. & Kim, H. S. 2006. "Chemical Composition, *In situ* Digestion Kinetics and Feeding Value of Oat Grass (*Avena sativa*) Ensiled with Molasses for Nili-Ravi Buffaloes". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(8): 1127–1133, ISSN: 1011-2367, DOI: 10.5713/ajas.2006.1127.
- Arbabi, S. & Ghoorchi, T. 2008. "The Effect of Different Levels of Molasses as Silage Additives on Fermentation Quality of Foxtail Millet (*Setaria italica*) Silage". *Asian Journal of Animal Sciences*, 2(2): 43–50, ISSN: 1819-1878, DOI: 10.3923/ajas.2008.43.50.
- Balakhial, A., Naserian, A. A., Heravi, M. A., Eftekhari, S. F. & Vali, Z. R. 2008. "Changes in Chemical Composition and *In vitro* DM Digestibility of Urea and Molasses Treated Whole Crop Canola Silage". *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7(9): 1042–1044, ISSN: 1680-5593, 1993-601X.
- Bernardes, T. F. & do Rêgo, A. C. 2014. "Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms". *Journal of Dairy Science*, 97(3): 1852–1861, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2013-7181.
- Bilal, M. Q. 2009. "Effect of molasses and corn as silage additives on the characteristics of Mott Dwarf Elephant grass silage at different fermentation periods". *Pakistan Veterinary Journal*, 29: 19–23, ISSN: 0253-8318.
- Britos, A., Repetto, J. L., Garcíarena, D. & Cajarville, C. 2007. "Efecto del suero de queso como aditivo de ensilajes de pastura sobre la conservación, los azúcares solubles y la producción de gas *in vitro*". *Agrociencia*, 11(2): 72–77, ISSN: 1405-3195.
- Bureenok, S., Namihira, T., Mizumachi, S., Kawamoto, Y. & Nakada, T. 2006. "The effect of epiphytic lactic acid bacteria with or without different byproduct from defatted rice bran and green tea waste on napiergrass (*Cenchrus purpureus* Shumach) silage fermentation". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(7): 1073–1077, ISSN: 1097-0010, DOI: 10.1002/jsfa.2458.
- Bureenok, S., Yuangklang, C., Vasupen, K., Schonewille, J. T. & Kawamoto, Y. 2012. "The Effects of Additives in Napier Grass Silages on Chemical Composition, Feed Intake, Nutrient Digestibility and Rumen Fermentation". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(9): 1248–1254, ISSN: 1011-2367, DOI: 10.5713/ajas.2012.12081.
- Cajarville, C., Britos, A., Garcíarena, D. & Repetto, J. L. 2012. "Temperate forages ensiled with molasses or fresh cheese whey: Effects on conservation quality, effluent losses and ruminal degradation". *Animal Feed Science and Technology*, 171(1): 14–19, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.09.016.
- Castaño, J. G. A. 2012. "Efecto del proceso de ensilaje sobre el valor nutricional de *Cenchrus purpureus*, *Tithonia diversifolia* y *Trichanthera gigantea*". *Investigaciones UNISARC*, 10(2): 22–36, ISSN: 1692-312X.
- Formigoni, A., Piva, A., Pezzi, P., Castellani, G. & Biagi, G. 2006. "The influence of feeding fresh liquid whey on some blood metabolites, insulin, and cecal fermentations of growing pigs". *Animal Feed Science and Technology*, 131(1–2): 53–66, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.02.007.
- González, G. & Rodríguez, A. A. 2003. "Effect of Storage Method on Fermentation Characteristics, Aerobic Stability, and

- Forage Intake of Tropical Grasses Ensiled in Round Bales”. *Journal of Dairy Science*, 86(3): 926–933, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73675-3.
- Hill, J., Xiao, G. Q. & Ball, A. S. 2001. “Effect of inoculation of herbage prior to ensiling with *Streptomyces achromogenes* ISP 5028 on chemical composition of silage”. *Animal Feed Science and Technology*, 89(1–2): 83–96, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(00)00239-X.
- Jaurena, G. & Pichard, G. 2001. “Contribution of storage and structural polysaccharides to the fermentation process and nutritive value of lucerne ensiled alone or mixed with cereal grains”. *Animal Feed Science and Technology*, 92(3–4): 159–173, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/S0377-8401(01)00257-7.
- Khan, N. A., Cone, J. W., Fievez, V. & Hendriks, W. H. 2012. “Causes of variation in fatty acid content and composition in grass and maize silages”. *Animal Feed Science and Technology*, 174(1–2): 36–45, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2012.02.006.
- Latimer, 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].
- Li, M., Zi, X., Zhou, H., Hou, G. & Cai, Y. 2014. “Effects of sucrose, glucose, molasses and cellulase on fermentation quality and *in vitro* gas production of king grass silage”. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 206–212, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.06.016.
- Martínez, R. O., Tuero, R., Torres, V. & Herrera, R. S. 2010. “Modelos de acumulación de biomasa y calidad en las variedades de hierba elefante, Cuba CT-169, OM-22 y king grass durante la estación lluviosa en el occidente de Cuba”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 44(2): 189–193, ISSN: 2079-3480.
- Miranda-Leyva, M., Ayala-Yera, J. R. & Diez-Núñez, J. 2012. “Evaluación agroproductiva del Cuba OM-22 (*Cenchrus purpureus* x *Cenchrus glaucum*) en un suelo pardo grisáceo ócrico en el período poco lluvioso en Las Tunas”. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, (167), ISSN: 1696-8352, Available: <<https://ideas.repec.org/a/erv/observ/y2012i16724.html>>, [Consulted: March 21, 2017].
- Mogodiniyai, K. K., Rustas, B. O., Spörndly, R. & Udén, P. 2013. “Prediction models of silage fermentation products on crop composition under strict anaerobic conditions: A meta-analysis”. *Journal of Dairy Science*, 96(10): 6644–6649, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2013-6858.
- NRC (National Research Council) 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed., call no. SF203 .N883 2001, Washington, D.C: National Academy Press, 381 p., ISBN: 978-0-309-06997-7.
- Queiroz, O. C. M., Arriola, K. G., Daniel, J. L. P. & Adesogan, A. T. 2013. “Effects of 8 chemical and bacterial additives on the quality of corn silage”. *Journal of Dairy Science*, 96(9): 5836–5843, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2013-6691.
- Ramos-Trejo, O., Canul-Solis, J. R. & Duarte-Vera, F. J. 2013. “Producción de tres variedades de *Cenchrus purpureus* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México”. *Revista Bio Ciencias*, 2(2): 60, ISSN: 2007-3380, DOI: 10.15741/rev bio ciencias.v2i2.35.
- Repetto, J. L., Echarri, V., Aguerre, M. & Cajarville, C. 2011. “Use of fresh cheese whey as an additive for Lucerne silages: Effects on chemical composition, conservation quality and ruminal degradation of cell walls”. *Animal Feed Science and Technology*, 170(3–4): 160–164, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.09.004.
- Rezende, A. V., Rabelo, C. H. S., Veiga, R. M., Andrade, L. P., Härter, C. J., Rabelo, F. H. S., Basso, F. C., Nogueira, D. A. & Reis, R. A. 2014. “Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality”. *Animal Feed Science and Technology*, 197: 213–221, ISSN: 0377-8401, DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.07.009.
- Rodríguez, L., Torres, V., Matínez, O., Jay, O., Noda, A. C. & Herrera, M. 2011. “Models to estimate the growth dynamics of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-169”. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45(4): 349, ISSN: 2079-3480.
- Santos, E. M., Pereira, O. G., Garcia, R., Ferreira, C. L. L. F., Oliveira, J. S. & Silva, T. C. 2014. “Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages”. *Journal of Dairy Science*, 97(7): 4423–4432, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2013-7634.
- Shi, J., Diao, Q. & Li, F. 2012. “Effects of different bacterial inoculants on the fermentation and aerobic stability of whole-plant corn silage”. *African Journal of Agricultural Research*, 7(2): 164–169, ISSN: 1991-637X, DOI: 10.5897/AJAR11.1594.
- Thiex, N. J., Manson, H., Anderson, S. & Persson, J. 2002. “Determination of crude protein in animal feed, forage, grain, and oilseeds by using block digestion with a copper catalyst and steam distillation into boric acid: collaborative study”. *Journal of AOAC International*, 85(2): 309–317, ISSN: 1060-3271, 1944-7922.
- Thomas, M. E., Foster, J. L., McCuiston, K. C., Redmon, L. A. & Jessup, R. W. 2013. “Nutritive value, fermentation characteristics, and *in situ* disappearance kinetics of sorghum silage treated with inoculants”. *Journal of Dairy Science*, 96(11): 7120–7131, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.2013-6635.
- Tukey, J. W. 1958. “Bias and confidence in not quite large samples”. *The Annals of Mathematical Statistics*, 29(2): 614–623, ISSN: 0003-4851, DOI: 10.1214/aoms/1177706647.
- van Man, N. & Wiktorsson, H. 2002. “Effect of Molasses on Nutritional Quality of Cassava and Gliricidia Tops Silage”. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 15(9): 1294–1299, ISSN: 1011-2367, DOI: 2002.15.9.1294.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. “Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition”. *Journal of Dairy Science*, 74(10): 3583–3597, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.
- Vieira da Cunha, M., Ferreira dos Santos, M. V., de Andrade Lira, M., Leão de Mello, A. C., Caraciolo Ferreira, R. L., Viana de Freitas, E. & Nunes, J. C. 2007. “Structural and morphological characteristics of *Pennisetum sp.* genotypes under grazing during the dry period”. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(3): 540–549, ISSN: 1516-3598, DOI: 10.1590/S1516-35982007000300004.

- Yokota, H., Fujii, Y. & Ohshima, M. 1998. "Nutritional Quality of Napier Grass (*Cenchrus purpureus* Schum.) Silage Supplemented with Molasses and Rice Bran by Goats". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 11(6): 697–701, ISSN: 1011-2367, DOI: 1998.11.6.697.
- Yokota, H., Kim, J. H., Okajima, T. & Ohshima, M. 1992. "Nutritional quality of wilted napier grass (*Cenchrus purpureus* Schum.) ensiled with or without molasses". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 5(4): 673–679, ISSN: 1011-2367, DOI: 1992.5.4.673.
- Zhang, J. & Kumai, S. 2000. "Effluent and Aerobic Stability of Cellulase and LAB-Treated Silage of Napier Grass (*Cenchrus purpureus* Schum)". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 13(8): 1063–1067, ISSN: 1011-2367, DOI: 2000.13.8.1063.

Received: April 15, 2015