

Chemical characteristics of the ripe guava fruit (*Psidium guajaba* L.) silage for their use in pigs under the Ecuadorian Amazon conditions

Características químicas del ensilado de fruta de guayaba madura (*Psidium guajaba* L.) para su uso en porcinos en condiciones de la Amazonía ecuatoriana

W. Caicedo^{1,2*}, S. Valle¹, L. Caicedo² and María Caicedo^{1,2}

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

²Granja Agropecuaria Caicedo, Puyo, Pastaza, Ecuador

*Email: orlando.caicedo@yahoo.es

W. Caicedo: <https://orcid.org/0000-0002-2890-3274>

S. Valle: <https://orcid.org/0000-0002-2599-4641>

L. Caicedo: <https://orcid.org/0000-0001-5980-4028>

María Caicedo: <https://orcid.org/0000-0002-2702-5430>

At present, the conventional raw matters for the elaboration of balanced (concentration) pig diets have been notably increase, so it is necessary to use resources of alternative feeding to achieve sustainable productions. Considering the reality, the chemical characteristics of the ripe guava fruit silage as alternative food for pigs are evaluated in this study. In eight days silage samples was determined the dry matter, crude protein, crude fiber, ether extract, ashes, nitrogen free extracts and gross energy. In the days 0, 1, 4, 8, 15 and 30 the pH was determined. In the nutritional composition (dry matter, crude protein, crude fiber, ether extract, ashes, nitrogen free extracts and gross energy) the average value, standard deviation and variation coefficient was checked. The pH data were processed through a completely random design, where the treatments were the fermentation days (0, 1, 4, 8, 15 and 30 d). At day eight of evaluation; the silage has considerable contents of dry matter (22.61 %), crude protein (13.51 %), crude fiber (9.90 %), ether extract (6.08 %), ash (10.24 %), nitrogen free extract (72.49 %) and gross energy (18.54 kJ g DM⁻¹). With respect to the pH, the highest values ($p < 0.05$) were showed in the day 0 (4.75) and one (4.01), and between the days 4 and 30 was stabilized (3.74-3.76). The ripe guava fruit silage showed good nutritional composition and constitutes an alternative food with favorable nutritive characteristics for their use in pig diets under the Ecuadorian Amazon conditions.

Key words: *alternative food, pigs, fermentation, tropical fruit.*

The alternative resources constitute a viable option to mitigate the costs of pigs feeding in extensive and semi-extensive rearing houses (Lezcano *et al.* 2014). Ecuador have an excellent potential, as to the alternative foods production for their use in this animal category, among which is the guava fruit (*Psidium guajaba* L.). In tropical and subtropical areas, this crop is cultivated and harvest twice a year in February-May and August–November. The regions of higher cultivation are the provinces Orellana, Pastaza, Pichincha, Esmeraldas, Azuay, Zamora Chinchipe and Tungurahua, but the main production

En la actualidad, las materias primas convencionales para la elaboración de dietas balanceadas (concentración) destinadas a cerdos se han encarecido notablemente, por lo que es necesario utilizar recursos de alimentación alternativa para lograr producciones sostenibles. Ante esta realidad, en este estudio se evalúan las características químicas del ensilado de fruta de guayaba madura como fuente de alimento alternativo para cerdos. En muestras de ensilado de ocho días se determinó la materia seca, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas, extractos libres de nitrógeno y energía bruta. En los días 0, 1, 4, 8, 15 y 30 se determinó el pH. En la composición nutricional (materia seca, proteína bruta, fibra bruta, extracto etéreo, cenizas, extractos libres de nitrógeno y energía bruta) se comprobó el valor promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación. Los datos del pH se procesaron mediante un diseño completamente aleatorizado, donde los tratamientos fueron los días de fermentación (0, 1, 4, 8, 15 y 30 d). Al día ocho de evaluación, el ensilado presentó apreciables contenidos de materia seca (22.61 %), proteína bruta (13.51 %), fibra bruta (9.90 %), extracto etéreo (6.08 %), ceniza (10.24 %), extracto libre de nitrógeno (72.49 %) y energía bruta (18.54 kJ g MS⁻¹). Con respecto al pH, los mayores valores ($p < 0.05$) se evidenciaron en el día cero (4.75) y uno (4.01), y entre los días cuatro y 30 se estabilizó (3.74-3.76). El ensilado de fruta de guayaba madura presentó buena composición nutricional y constituye un alimento alternativo con características nutritivas favorables para su uso en dietas destinadas a cerdos en condiciones de la Amazonía ecuatoriana.

Palabras clave: *alimento alternativo, cerdos, fermentación, fruta tropical.*

Los recursos alternativos constituyen una opción viable para mitigar los costos de la alimentación de cerdos en criaderos extensivos y semintensivos (Lezcano *et al.* 2014). Ecuador dispone de un excelente potencial, en cuanto a la producción de alimentos alternativos para su uso en esta categoría animal, entre los que se encuentra el fruto del cultivar de guayaba (*Psidium guajaba* L.). En las zonas tropicales y subtropicales, esta labranza se produce y cosecha dos veces al año en febrero-mayo y agosto-noviembre. Las zonas de mayor cultivo son las provincias de Orellana, Pastaza, Pichincha, Esmeraldas, Azuay, Zamora Chinchipe y Tungurahua, pero el eje

line is in the cantons of Baños, Mera, Pastaza, Santa Clara, Palora and Joya de los Sachas. In Pataza canton, this crop is established in the most part of the farms from agricultural farmers (Morocho 2017).

The commercial production of guava fruit begins in Ecuador from a third year, with an average of 3 t/ha/year, which reaches 26 t/ha/year in the eighth. In selected crops a production of 35 t/ha/year is achieved. The greatest part of the fruit is use for the production of jellies, yogurt, wines and jams. However, there is a surplus which not fulfill with the parameters for commercialization and it is not assess for animal feeding due to its high humidity content the changeable characteristics of the fruit (Marquina *et al.* 2008), and, after harvested suffers the attack of microorganisms that causes the decomposition of this raw matter (MAGAP 2023).

For the preserving of these resources for a long time and for their use in pigs feeding (Caicedo *et al.* 2019) fermentative process can be used (silage). The traditional fermentative technique is performed with the use of lactic bacteria culture on the raw matter slightly chopped, under anaerobic conditions. However, in the fermentation of agricultural byproducts, today are applying inclusion variants of the draying material to improve the dry matter content and the nutrients concentration of the fermented food (Borrás-Sandoval *et al.* 2017 and Caicedo *et al.* 2019). The objective of this study was to evaluate the chemical characteristics of the ripe guava fruit (*Psidium guajaba* L.) silage for their use in pigs.

Materials and Methods

Location. The research was performed in the Microbiology and Bromatology laboratories from the Universidad Estatal Amazónica. The study was carried out in Pastaza canton, Pastaza province, Ecuador. This region has a subtropical humid climate, with high rainfalls (4000 to 4500 mm annuals), relative humidity of 87 % and altitude of 900 m o.s.l. The temperatures vary between 20 and 28 °C (INAMHI 2014).

Preparation of the ripe guava fruit silage. For the silage preparation ripe and fresh guava fruit was used, from Caicedo Agricultural Farm. After the harvest, the fruits were washed with drinking water for human consumption and they leave drained for 10 min. They were immediately milled in a hammer mill with 2 cm sieve. Later the milled raw matter was taken to the Microbiology laboratory from Universidad Estatal Amazónica. To formulate the silage, there were combined chopped ripe fruit, wheat dust, sugar cane molasses, vitamin and mineral premixture, calcium carbonate and natural yogurt (table 1). All the raw matter was weighed in a CAMRY digital scales, model Ek9150k, from China, with 5000 g capacity and ± 1 g precision. The mixture was placed in 24 plastic micro-silos with 1kg capacity, whose content was

principal de producción se encuentra en los cantones de Baños, Mera, Pastaza, Santa Clara, Palora y Joya de los Sachas. En el cantón Pastaza, este cultivo se encuentra establecido en la mayor parte de las fincas de los productores agrícolas (Morocho 2017).

La producción comercial de la fruta de guayaba se inicia en Ecuador a partir del tercer año, con un promedio de 3 t/ha/año, que alcanza 26 t/ha/año en el octavo. En cultivos seleccionados se logra una producción de 35 t/ha/año. La mayor parte de la fruta se utiliza para la producción de jaleas, yogures, vinos y mermeladas. Sin embargo, existe un excedente que no cumple con los indicadores para la comercialización y no se valora para la alimentación animal por su alto contenido de humedad y por las características percederas de la fruta (Marquina *et al.* 2008). De hecho, luego de la cosecha experimenta el ataque vertiginoso de microorganismos que ocasionan la descomposición de esta materia prima (MAGAP 2023).

Para la conservación de estos recursos por tiempo prolongado y para su uso en la alimentación de cerdos (Caicedo *et al.* 2019) se pueden utilizar procesos fermentativos (ensilado). La técnica de fermentado tradicional se realiza con el empleo de cultivos de bacterias lácticas sobre la materia prima picada finamente, en condiciones de anaerobiosis. Sin embargo, en la fermentación de subproductos agrícolas, actualmente se aplican variantes de inclusión de material secante para mejorar el contenido de materia seca y la concentración de nutrientes del alimento fermentado (Borrás-Sandoval *et al.* 2017 y Caicedo *et al.* 2019). El objetivo de este estudio fue evaluar las características químicas del ensilado de fruta de guayaba madura (*Psidium guajaba* L.) para su uso en porcinos.

Materiales y Métodos

Localización. La investigación se ejecutó en los laboratorios de Microbiología y Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica. El lugar del estudio se halla en el cantón Pastaza, provincia Pastaza, Ecuador. Esta zona posee un clima subtropical húmedo, con elevadas precipitaciones (4000 a 4500 mm anuales), humedad relativa de 87 % y altitud de 900 m s.n.m. Las temperaturas varían entre 20 y 28 °C (INAMHI 2014).

Preparación del ensilado de fruta de guayaba madura. Para la preparación del ensilado se utilizó fruta de guayaba madura y fresca, procedente de la Granja Agropecuaria Caicedo. Luego de la cosecha, las frutas se lavaron con agua potable para consumo humano y se dejaron escurrir durante 10 min. Se molieron inmediatamente en un molino, provisto de cuchillas y criba de 2 cm. Luego, la materia prima molida se trasladó al Laboratorio de Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica. Para formular el ensilado, se combinó fruta madura picada, polvillo de trigo, melaza de caña, premezcla de vitaminas y minerales, carbonato de calcio y yogur natural (tabla 1). Todas las materias primas se pesaron en una balanza digital marca CAMRY, modelo Ek9150k, de procedencia China, con capacidad

analyzed in different conservation times (0, 1, 4, 8, 15 and 30 d). A total of four micro-silos per conservation time were evaluated, throwing out every time the respective measurements were performed.

para 5000 g y precisión de ± 1 g. La mezcla se colocó en 24 microsilos plásticos con capacidad para 1 kg, cuyo contenido se analizó en diferentes tiempos de conservación (0, 1, 4, 8, 15 y 30 d). Se evaluaron cuatro microsilos por

Table 1. Inclusion of raw matters and additives for the elaboration of ripe guava silage

Raw matters	Inclusion, %
Chopped ripe guava	90.0
Wheat powder	6.0
Sugar cane molasses	2.0
Vitamins and minerals ¹ premixture	0.5
Calcium carbonate	0.5
Natural yogurt	1.0

¹ Each kg contain: calcium 17 a 20 %; phosphorus 18 %; NaCl 0.5 a 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 UI; vitamin E 100 UI; calcium-phosphorus ratio 1.3:1; zinc-copper ratio 4:1

Determination of the chemical components of guava fruit silage. The chemical components of the silage were determined in the Bromatology Laboratory from Universidad Estatal Amazónica. For that three random samples of 1kg of the silage were taken, from the micro-silos of eight days post-elaboration. The time of the chemical characterization was established in function of Rodríguez (2008) and Lezcano *et al.* (2014) suggestions. In the fermented food was determined the dry matter (DM), crude fiber (CF), ash, crude protein (CP), ether extract (EE) and nitrogen free extract (NFE), according to the AOAC (2005) recommendations. The gross energy (GE) was determined in an adiabatic calorimetric pump, Parr brand, model 1241, from United States. All the analyses were made in triplicate.

Checking of the pH in the guava fruit silage. The determination of the pH was performed with a standard portable meter, Milwaukee brand, model MW102, American production. The checking was made in 24 micro-silos at 0, 1, 4, 8, 15 and 30 d of conservation (four micro-silos in each study). The pH measurement was made by the Cherney and Cherney (2003) procedure.

Experimental design and statistical analysis. For the analysis of the chemical components of the silage descriptive statistical was used and the mean, standard deviation and variation coefficient were determined. To analyze the pH data of the food a completely random design was applied. The treatments were the fermentation days 0, 1, 4, 8, 15 and 30 and Duncan (1955) test with ($p \leq 0.05$) to contrast means was applied. All the analyses were carried out with the statistical program InfoStat (Di Rienzo *et al.* 2020).

tiempo de conservación, los que se desecharon cada vez que se realizaron las respectivas mediciones.

Determinación de los componentes químicos del ensilado de fruta de guayaba. Los componentes químicos del ensilado se determinaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Estatal Amazónica. Para ello se tomaron tres muestras al azar de 1 kg de ensilado, procedentes de los microsilos de 8 días poselaboración. El tiempo de caracterización química se estableció en función de las sugerencias de Rodríguez (2008) y Lezcano *et al.* (2014). En el alimento fermentado se determinó la materia seca (MS), fibra bruta (FB), ceniza, proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE) y extractos libres de nitrógeno (ELN), de acuerdo con las recomendaciones de la AOAC (2005). La energía bruta (EB) se determinó en una bomba calorimétrica adiabática, marca Parr, modelo 1241, procedente de Estados Unidos. Todos los análisis se efectuaron por triplicado.

Comprobación del pH en el ensilado de fruta de guayaba. La determinación del pH se realizó con un medidor portátil estándar, marca Milwaukee, modelo MW102, de fabricación estadounidense. La comprobación se hizo en 24 microsilos a 0, 1, 4, 8, 15 y 30 d de conservación (cuatro microsilos en cada día de estudio). La medición del pH se efectuó por el procedimiento de Cherney y Cherney (2003).

Diseño experimental y análisis estadístico. Para el análisis de los componentes químicos del ensilado se empleó estadística descriptiva y se determinó la media, desviación estándar y coeficiente de variación. Para analizar los datos de pH del alimento se aplicó un diseño completamente aleatorizado. Los tratamientos fueron los días de fermentación 0, 1, 4, 8, 15 y 30 y se aplicó la prueba de Duncan (1955) con ($p \leq 0.05$) para contrastar las medias. Todos los análisis se hicieron con el programa

Results and Discussion

The use of different raw matters and additives in a combination with the ripe guava fruit make a silage food of an appreciable nutritive quality for pigs feeding (table 2).

Resultados y Discusión

El empleo de diferentes materias primas y aditivos en combinación con la fruta de guayaba madura produjo un alimento ensilado de una apreciada calidad nutritiva

Table 2. Chemical components of the ripe guava fruit silage (dry base , n=3)

Nutrients	Mean	Standard deviation	Variation coefficient , %
DM, %	22.61	0.01	0.01
CP, %	13.51	0.10	0.20
CF, %	09.90	0.57	0.40
SE, %	06.08	0.01	0.02
Ashes, %	10.24	0.09	0.10
NFE, %	72.49	1.60	1.96
GE, kJ g DM ⁻¹	18.54	3.33	2.76

The inclusion of the wheat powder as drying material improves the DM content of the silage, from 12 to 13 %, with respect to the fruit in natural state (Torres 2010), which is beneficial to keep the food for a long time and avoid loses due to decomposing microorganisms. Nkosi *et al* (2016) state that the high DM content in the silage limits the developing of putrefactive microorganisms. The increase in the protein value is due to the colony forming units (CFU) of lactic acid bacteria and yeasts which are develop during the fermentative process (Gunawan *et al.* 2015, Caicedo *et al.* 2020 and García *et al.* 2020). The increase in the concentrations of ash, ether extract, nitrogen free extracts and energy is due to the inclusion of different raw matters and additives which was made the silage (Borrás-Sandoval *et al.* 2017 and Fonseca-López *et al.* 2018).

The nutritional composition of the ripe guava fruit silage is similar to some types of silages from agricultural byproducts used in pigs: cassava root (Reina-Rivas *et al.* 2022), sweet potato tubers (Lezcano *et al.* 2015) and banana (García *et al.* 2020).

The highest pH value was showed in the moment of the micro-silos elaboration (day zero) and was slightly decreased in 0.74 units towards the first day the fermentation process have been start. Among the 4 and 30 evaluation days, the pH was established in values lower to 4, without significant differences among the mentioned days. The results of the pH analysis in the ripe guava fruit silage are shown in table 3.

para la alimentación de cerdos (tabla 2).

La inclusión del polvillo de trigo como material secante mejoró el contenido de MS del ensilado, de 12 a 13 %, con respecto a la fruta en estado natural (Torres 2010), lo que es beneficioso para conservar el alimento por tiempo prolongado y para evitar pérdidas por microorganismos descomponedores. Nkosi *et al* (2016) manifiestan que el alto contenido de MS en el ensilado limita el desarrollo de microorganismos putrefactivos. El aumento en el tenor de proteína se debe a las unidades formadoras de colonia (UFC) de bacterias ácido lácticas y levaduras que se desarrollan durante el proceso fermentativo (Gunawan *et al.* 2015, Caicedo *et al.* 2020 y García *et al.* 2020). El incremento en las concentraciones de ceniza, extracto etéreo, extractos libres de nitrógeno y energía se debe a la inclusión de las diferentes materias primas y aditivos que conformaron el ensilado (Borrás-Sandoval *et al.* 2017 y Fonseca-López *et al.* 2018).

La composición nutricional del ensilado de fruta de guayaba madura es similar a algunas variantes de ensilados de subproductos agrícolas utilizados en porcinos: raíz de yuca (Reina-Rivas *et al.* 2022), tubérculos de camote (Lezcano *et al.* 2015) y plátano (García *et al.* 2020).

El mayor valor de pH se evidenció en el momento de la elaboración de los microsilos (día cero) y se redujo ligeramente en 0.74 unidades hacia el primer día de haber iniciado el proceso de fermentación. Entre los días 4 y 30 de evaluación, el pH se estabilizó en valores inferiores a 4, sin diferencias significativas entre los días citados. Los resultados del análisis del pH en el ensilado de fruta de guayaba madura se muestran en la tabla 3.

Table 3. Performnace of the pH in the ripe guava fruit silage

	Silage days						SE ±	P value
	0	1	4	8	15	30		
pH	4.75 ^a	4.01 ^b	3.74 ^c	3.78 ^c	3.75 ^c	3.76 ^c	0.05	< 0.0001

^{abc} Different letters show differences at the level of $p < 0.05$ (Duncan 1955)

The highest pH values were showed in the 0 and 1 evaluation days. This is due to at the beginning of the fermentation process the lactic acid concentrations in the micro-silos are low or null because of the limited activity of the lactic acid bacteria (LAB). The changes in the pH are related with the amount of inoculum and soluble carbohydrates which are used in the silage formulation for the benefic microbial population reduce the pH efficiently, when increasing in the media the concentration of lactate and acetate (Ogiy *et al.* 2015 and Ogunade *et al.* 2018).

However to the previous, the pH was established between the 4 and 30 measurement days. This is satisfactory to achieve a good conservation of the product. Nkosi and Meeske (2010) show that the pH should stabilized in the first 96h of started the fermentation to reduce the concentrations of butyric acid and ammoniac nitrogen, as to achieve a good aerobic stability and restrict the developing of proteolytic enzymes, enterobacteria and clostridiums that damage the silage (Álvarez *et al.* 2015 and Da Silva *et al.* 2018).

The rapid pH stabilization is due to the lactic acid production because of the presence of *Lactobacillus* (Lopes *et al.* 2013). The inclusion of a carbon source (sugarcane molasses) of easily assimilation and the natural yogurt as inoculum source in the raw matter favors the growing of lactic bacteria and with this, the faster acidification of the medium (García *et al.* 2020 and Kim *et al.* 2021). This allow to reduce and stabilize the silage pH (Ossa *et al.* 2010 and Cárdenas *et al.* 2018) and keep the nutrients in the food. It is important to highlight that the faster stabilization inhibits the development of decomposing microorganisms that causes undesirable fermentations, deterioration of nutrients and silage quality (Borreani *et al.* 2017 and Ávila and Carvalho 2020).

Conclusions

The ripe guava fruit silage had good nutritional composition, so it constitutes an alternative food with appreciable nutritive characteristics for their use in pig diets under the Ecuadorian Amazon conditions. The silage pH was showed constant in the first 96h of started the fermentation process, which is beneficial to avoid undesirable fermentations and achieve good aerobic stability and food conservation for a long time.

Acknowledgments

Thanks to the owners of Caicedo Agricultural Farm and to the technical staff of Microbiology and Bromatology laboratories from Universidad Estatal Amazónica by the support provided for this research.

Conflict of interests

The authors declare that there are not conflicts of interests in this study.

Los mayores valores de pH se evidenciaron en los días 0 y 1 de evaluación. Esto se debe a que al inicio del proceso de fermentación las concentraciones de ácido láctico en los microsilos son bajas o nulas por la escasa actividad de las bacterias ácido lácticas (BAL). Los cambios en el pH se relacionan con la cantidad de inóculos y carbohidratos solubles que se utilizan en la formulación de los ensilados para que la población microbiana benéfica reduzca el pH de forma eficiente, al aumentar en el medio las concentraciones lactato (Ogiy *et al.* 2015 y Ogunade *et al.* 2018).

No obstante a lo anterior, el pH se estabilizó entre los días 4 y 30 de medición. Esto es satisfactorio para lograr una buena conservación del producto. Nkosi y Meeske (2010) manifiestan que el pH se debe estabilizar en las primeras 96 h de iniciada la fermentación para reducir las concentraciones de ácido butírico y nitrógeno amoniacal, como para conseguir una buena estabilidad aerobia y restringir el desarrollo de enzimas proteolíticas, enterobacterias y clostridios que dañan el ensilado (Álvarez *et al.* 2015 y Da Silva *et al.* 2018).

La pronta estabilización del pH se debe a la producción de ácido láctico por la presencia de *Lactobacillus* (Lopes *et al.* 2013). La inclusión de una fuente de carbono (melaza de caña) de fácil asimilación y el yogur natural como fuente de inóculo en la materia prima favoreció el crecimiento de las bacterias lácticas y con ello, la rápida acidificación del medio (García *et al.* 2020 y Kim *et al.* 2021). Esto permitió reducir y estabilizar el pH del ensilado (Ossa *et al.* 2010 y Cárdenas *et al.* 2018) y conservar los nutrientes en el alimento. Es importante destacar que la rápida estabilización del pH inhibe el desarrollo de microorganismos descomponedores que provocan fermentaciones indeseables, el deterioro de los nutrientes y de la calidad del ensilado (Borreani *et al.* 2017 y Ávila y Carvalho 2020).

Conclusiones

El ensilado de fruta de guayaba madura presentó buena composición nutricional, por lo que constituye un alimento alternativo con apreciadas características nutritivas para su uso en dietas destinadas a cerdos en condiciones de la Amazonía ecuatoriana. El pH del ensilado se mostró estable en las primeras 96 h de iniciado el proceso de conservación, lo que es beneficioso para evitar fermentaciones indeseables y conseguir buena estabilidad aerobia y conservación del alimento por tiempo prolongado.

Agradecimientos

Se agradece a los propietarios de la Granja Agropecuaria Caicedo y al personal técnico de los laboratorios de Bromatología y Microbiología de la Universidad Estatal Amazónica por el apoyo brindado para la ejecución de esta investigación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de

Author's contribution

W. Caicedo: conceptualization, data curation, investigation, formal analysis, supervision and writing of the original draft

S. Valle: data curation, investigation, formal analysis and writing of the original draft

L. Caicedo: investigation and formal analysis.

María Caicedo: investigation and formal analysis.

intereses en la presente publicación.

Contribución de los autores

W. Caicedo: conceptualización, curación de datos, investigación, análisis formal, supervisión y redacción del borrador original.

S. Valle: curación de datos, investigación, análisis formal y redacción del borrador original.

L. Caicedo: investigación y análisis formal.

María Caicedo: investigación y análisis formal.

References

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. Official Method of Analysis. 18th Ed. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Gaithersburg MD, USA, ISBN: 978-0-935584-87-5.
- 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. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.978782>.
- Ávila, C.L.S. & Carvalho, B.F. 2020. "Silage fermentation - updates focusing on the performance of micro-organisms". *Journal of Applied Microbiology*, 128(4): 966-984, ISSN: 1364-5072. <https://doi.org/10.1111/jam.14450>.
- Borrás-Sandoval, L., Valiño, E. & Elías, A. 2017. "Evaluación del efecto de la inclusión de materiales fibrosos en la fermentación en estado sólido de residuos postcosecha de papa (*Solanum tuberosum*) inoculado con preparado microbiano". *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(8): 1-16, ISSN: 1695-7504. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63652581011.pdf>
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J. & Muck, R.E. 2017. "Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages". *Journal of Dairy Science*, 101(5): 3952-3979, ISSN: 0022-0302. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13837>.
- Caicedo, W., Ferreira, F.N.A., Viáfara, D., Guamán, A., Sócola, C., Pérez, M., Díaz, L. & Ferreira, W.M. 2019. "Nutritive value and digestibility in growing pigs of baby banana (*Musa acuminata* AA) fermented in solid state". *Livestock Research for Rural Development*, 31(11), Article #170, ISSN: 2521-9952. Available: <http://www.lrrd.org/lrrd31/11/orlan31170.html>
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Ferreira, F.N.A., Pico, K., Cachago, K., Valle, S. & Ferreira, W.M. 2020. "Increase of protein and antioxidant activity of orito banana silage. Technical note". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(3): 337-341, ISSN: 2079-3480. <https://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/980/1240>
- Cárdenas, L.M., Gómez, J.A., Arenas, M. & Serna-Jiménez, J. 2018. "Evaluación de melaza como medio de cultivo para la producción de bacterias ácido-lácticas". *UGCIENCIA*, 23(1): 17-22, ISSN: 2346-0814. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/919>
- Cherney, J.H. & Cherney, D.J.R. 2003. Assessing silage quality. In: *Silage science and technology*. Buxton, D.R., Muck, R.E. & Harrison, J.H. (eds). Ed. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA, pp. 141-198.
- Da Silva, N.C., Nascimento, C.F., Nascimento, F.A., De Resende, F.D., Daniel, J.L.P. & Siqueira, G.R. 2018. "Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*". *Journal of Dairy Science*, 101(5): 4158-4167, ISSN: 0022-0302. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29454688/>.
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C.W. 2020. InfoStat, Version 2020 (Windows). Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Available: <https://www.infostat.com.ar/index.php?mod=page&id=46>
- Duncan, D.B. 1955. "Multiple Range and Multiple F Tests". *Biometrics*, 11(1): 1-42, ISSN: 0006-341X. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Fonseca-López, D., Saavedra-Montañéz, G. & Rodríguez-Molano, C.E. 2018. "Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente". *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1): 175-182, ISSN: 2011-2173. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7416>.
- García, Y., Sosa, D., González, L. & Dustet, J.C. 2020. "Chemical, physical and microbiological characterization of fermented feed for use in animal production". *Livestock Research for Rural Development*, 32(7), Article #105, ISSN: 2521-9952. Available: <http://www.lrrd.org/lrrd32/7/Yaneis32105.html>.
- Gunawan, S., Widjaja, T., Zullaikah, S., Ernawati, L., Istianah, N., Apamarta, H.W. & Prasetyoko, D. 2015. "Effect of fermenting cassava with *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of their flour". *International Food Research Journal*, 22(3): 1280-1287, ISSN: 2231-7546. <https://www.researchgate.net/publication/281728742>.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). 2014. Anuario Meteorológico. Quito, Ecuador, p. 28, Available: https://drive.google.com/file/d/1aRysaX9teIQwI4E_U9vtR6XaNBv4VL9/view.
- Kim, D. H., Lee, K. D. & Choi, K. C. 2021. "Role of LAB in Silage Fermentation: Effect on Nutritional Quality and Organic Acid Production - An Overview". *AIMS Agriculture and Food*, 6(1): 216-234, ISSN: 2471-2086. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021014>.
- Lezcano, P., Berto, D., Bicudo, S., Curcelli, F., Gonzáles, P. & Valdivie, M. 2014. "Yuca ensilada como fuente de energía para cerdos en crecimiento". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3): 41-48, ISSN: 0188-7890. <https://www.redalyc.org/>

pdf/837/83732353004.pdf.

- Lezcano, P., Vázquez, A., Bolaños, A., Piloto, J., Martínez, M. & Rodríguez, Y. 2015. "Silage of alternative feeds of Cuban origin, a technical, economical and environmental option for the production of pork meat". Cuban Journal of Agricultural Science, 49(1): 65-69, ISSN: 2079-3480. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802015000100011.
- 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 Zootecia, 16(1): 41-46, ISSN: 1982-1131.
- MAGAP (Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca). 2023. Productores de Pastaza negocian venta de productos a industria de Tungurahua, Available: <https://www.agricultura.gob.ec/productores-de-pastaza-negocian-venta-de-productos-a-industria-de-tungurahua/#>.
- Marquina, V., Araujo, L., Ruíz, J., Rodríguez-Malaver, A. & Vit, P. 2008. "Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava* L.)". Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 58(1), ISSN: 0004-0622. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100014.
- Nkosi, B.D. & Meeske, R. 2010. "Effects of whey and molasses as silage additives on potato hash silage quality and growth performance of lambs". South African Journal of Animal Science, 40(3): 229-237, ISSN: 2221-4062. <https://www.researchgate.net/publication/228858685>.
- Nkosi, B.D., Meeske, R., Langa, T., Motiang, M.D., Modiba, S., Mutavhatsindi, T.F., Malebana IM. & Groenewald, I.B. 2016. "Effects of bacterial inoculation on the fermentation characteristics and aerobic stability of ensiled whole plant soybeans (*Glycine max* (L.) Merr)". South African Journal of Animal Science, 46(2): 129-138, ISSN: 2221-4062. <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/137696>.
- Morocho, M. 2017. Estudio de factibilidad para la implementación de una planta procesadora de néctar de guayaba, (*Psidium guajava* L.) y su comercialización en el cantón centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe. Engineering Thesis, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, 100 p.
- Ogiy, S., Chen, Y., Pasvolsky, R., Weinberg, Z.G. & Moshe, M. 2015. "High resolution melt analysis to confirm the establishment of *Lactobacillus plantarum* and *Enterococcus faecium* from silage inoculants during ensiling of wheat". Grassland Science, 62(1): 29-36, ISSN: 1744-6961. <https://doi.org/10.1111/grs.12102>.
- Ogunade, I.M., Jiang, Y., Pech, A., Kim, D.H., Oliveira, A.S., Vyas, D., Weinberg, Z.G., Jeong, K.C. & Adesogan, A.T. 2018. "Bacterial diversity and composition of alfalfa silage as analyzed by Illumina MiSeq sequencing: effects of *Escherichia coli* O157:H7 and silage additives". Journal Dairy of Science, 101(3): 2048-2059, ISSN: 0022-0302. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12876>.
- Ossa, J.M., Vanegas, M.C. & Badillo, A.M. 2010. "Evaluación de la melaza de caña como sustrato para el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*". Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 13(1): 97-104, ISSN: 2619-2551. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/713>.
- Reina-Rivas, J.J., Azum-Gonzales, J.L., Barcia, J.X. & Mendieta, J.D. 2022. "Uso de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) ensilada como alternativa en la ceba de cerdos". Revista Colombiana Ciencia Animal, 14(1): e870, ISSN: 2027-4297. <https://doi.org/10.24188/recia.v14.n1.2022.870>
- Rodríguez, S. 2008. Plegable instructivo de divulgación a productores porcinos en Cuba.
- Torres, V. 2010. Determinación del potencial nutritivo y funcional de guayaba (*Psidium guajava* L.), cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) y camu camu (*Myrciaria dubia* Vahg). Engineering Thesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 140 p.

Received: April 2, 2023

Accepted: June 1, 2023