

Características químicas y microbiológicas del ensilado de mango (*Mangifera indica* L) inoculado con yogur natural

Chemical and microbiological characteristics of mango silage (*Mangifera indica* L) inoculated with natural yogurt

Willan Caicedo^{1,2,3}, Luis Caicedo¹

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la composición química y microbiológica del ensilado de mango de rechazo inoculado con yogur natural para uso en la alimentación animal. Se elaboraron 25 microsilos plásticos de 1 kg y se determinó el pH, materia seca (MS), proteína bruta (PB), cenizas, extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN) y energía bruta (EB), así como la probable presencia de *Escherichia coli*, *Clostridium* spp y *Salmonella* sp. Se tomaron muestras los días 1, 4, 8, 15 y 30 del estudio. El pH fue más alto en el día 1 y estable entre el día 4 y 30. En el día 8 de fermentación se determinó un buen contenido de MS, PB, cenizas, ELN, FB, EB y bajo nivel de EE. El ensilado estuvo libre de los patógenos analizados. La combinación de fruta de mango madura molida, sal mineral, melaza, carbonato de calcio, y yogur natural produjo un alimento ensilado con un valor nutricional aceptable para la alimentación de animales de interés zootécnico.

Palabras clave: alimento alternativo, ensilado, fruta de rechazo, fermentación, *Mangifera indica*

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

² Granja Agropecuaria Caicedo, Puyo, Pastaza, Ecuador

³ E-mail: orlando.caicedo@yahoo.es

Recibido: 6 de abril de 2021

Aceptado para publicación: 16 de octubre de 2021

Publicado: 22 de diciembre de 2021

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the chemical and microbiological composition of rejected mango silage inoculated with natural yogurt for use in animal feed. In total, 25 plastic microsilos of 1 kg were elaborated and the pH, dry matter (DM), crude protein (PB), ash, ethereal extract (EE), nitrogen-free extract (ELN) and crude energy (EB) were determined, as well as the probable contamination with *Escherichia coli*, *Clostridium* spp and *Salmonella* sp. Samples were taken on days 1, 4, 8, 15, and 30 of the study. The pH was higher on day 1 and stable between day 4 and 30. On day 8 of fermentation a good content of DM, PB, ash, ELN, FB, EB and low level of EE was determined. free of the pathogens tested. The combination of chopped ripe mango fruit, mineral salt, molasses, calcium carbonate, and natural yogurt produced a silage feed with an acceptable nutritional value for feeding animals of zootechnical interest.

Key words: alternative food, silage, reject fruit, fermentation, *Mangifera indica*

INTRODUCCIÓN

El costo de alimentación es el rubro más elevado en los sistemas de producción animal. La producción de biocombustibles, el cambio climático y actualmente la aparición del COVID-19 han ocasionado que las materias primas convencionales empleadas para elaborar dietas balanceadas para animales experimenten un fuerte incremento, provocando un entorno insostenible en el manejo de la alimentación del ganado para los pequeños y medianos productores (Caicedo *et al.*, 2021).

Por otra parte, diversas investigaciones evidencian avances hacia el procesamiento y empleo de subproductos agrícolas para la alimentación de animales de interés zootécnico, con el fin de minimizar los costes de alimentación (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012; Lezcano *et al.*, 2015). En Ecuador se produce la fruta de mango en dos épocas del año, la fruta de primera está destinada para el consumo humano; sin embargo, los subproductos son poco valorados para la alimentación animal. El mango es una fruta rica en fibra, proteína, ceniza, grasa, carbohidratos

solubles, vitaminas y antioxidantes (Barbosa *et al.*, 2017). Estos recursos se podrían conservar empleando procesos biotecnológicos como el ensilado, y garantizar una fuente de alimento extra para épocas de escasez (Puligundla *et al.*, 2014; Borrero *et al.*, 2017; Gómez y Guzmán, 2019).

El ensilado de los subproductos agrícolas conserva los nutrientes para aprovecharlos por tiempo prolongado (Caicedo *et al.*, 2015; Lezcano *et al.*, 2017). El objetivo de este estudio fue evaluar la composición química y microbiológica del ensilado de mango de rechazo inoculado con yogur natural para uso en la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de Estudio

El estudio se realizó en la Amazonía ecuatoriana, cantón Pastaza, Ecuador. La zona se encuentra a 900 msnm y presenta un clima subtropical húmedo, con temperaturas que entre 20 y 32 °C, humedad relativa de 87% y precipitaciones superiores a 4000 mm anuales (INAMHI, 2014).

Elaboración del Ensilado

Para elaborar el ensilado se empleó fruta de mango de desecho de maduración natural, variedad «Manila» que no cumplía con las exigencias mínimas para consumo humano. Se recolectaron 200 kg de fruta de tres días de pos-cosecha, con un peso promedio de 200 g por mango, en el mercado «Mariscal» de la ciudad de Puyo. La fruta se trasladó a la Granja Agropecuaria Caicedo, se lavó con agua potable y se dejó escurrir por 10 minutos. Luego fue molida en un molino de cuchillas, a un tamaño de partículas de 2 cm. Seguidamente, se mezcló la fruta molida con el resto de los ingredientes que conformaron el ensilado: fruta madura molida (96%), sal mineral (0.5%), melaza (2%), carbonato de calcio (0.5%), y yogur natural (1%). La mezcla se colocó en 25 microsilos plásticos de 1 kg de capacidad. Todos los microsilos se hicieron el mismo día.

Determinación de las Características del Ensilado

Se determinó el pH de los silos los días 1, 4, 8, 15 y 30 de fermentación. En cada ocasión se midió el pH a cinco microsilos. Para la determinación del pH se empleó 25 g de ensilado y 250 ml de agua destilada (Cherney y Cherney, 2003). La comprobación del pH se hizo con un pHmetro de laboratorio SevenExcellence™.

El análisis químico se hizo en el ensilado de ocho días de fermentación según la AOAC (2005). Para el efecto, se tomaron muestras al azar de dos microsilos para determinar la materia seca (MS) a 65 °C en una estufa Menmert Universal UF30, proteína bruta (PB) con Kjeldahl (AOAC 990.03), fibra bruta (FB) por filtración (AOAC 978.10), cenizas con el apoyo de una mufla (AOAC 930.30), extracto etéreo (EE) con

soxhlet (AOAC 945.18) y extractos libres de nitrógeno (ELN) por diferencia (AOAC 101.92). Además, se determinó la energía bruta (EB) empleando una bomba calorimétrica.

Para determinar las características microbiológicas del ensilado se tomaron dos muestras al azar de 500 g en los días que se determinó el pH a fin de evidenciar la posible presencia de *Escherichia coli*, *Clostridium* spp y *Salmonella* spp (AOAC, 2016), según los procedimientos de la AOAC (2003.01, Ed 20, 2016). Para el análisis de *E. coli* se empleó medio bilis rojo violeta (VRB), para *Clostridium* spp el medio selectivo Sulfito Polimixina Sulfadiazina, y para *Salmonella* spp el 3M™ Base para enriquecimiento de *Salmonella*. Se evaluó la presencia de estos tres tipos de microorganismos en los ensilados en vista que constituyen los principales causantes de enfermedades para los animales que consumen alimentos mal conservados.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar y el análisis de varianza para la evaluación del pH y del análisis microbiológico. La prueba de Duncan se empleó para la comparación de medias ($p < 0.05$). Los datos de la composición química del ensilado se presentaron como medias y desviación estándar. Todos los análisis se ejecutaron con el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017).

RESULTADOS

Los resultados del pH en el ensilado de mango se presentan en el Cuadro 1. El pH fue mayor en el día 1 del proceso de fermentación ($p < 0.05$), pero fue estable entre el día 4 y 30 del estudio.

La composición nutricional determinada en el día 8 del proceso de fermentación se presenta en el Cuadro 2. En general, los valores se encuentran dentro de los rangos adecuados para la alimentación animal, con excepción de la energía bruta que tuvo valores relativamente bajos. El análisis microbiológico fue negativo para *E. coli*, *Clostridium* spp y *Salmonella* spp

Cuadro 1. Conducta del pH en el ensilado de mango (*Mangifera indica* L)

Días de fermentación	pH
1	5.23 ^a
4	4.22 ^b
8	4.22 ^b
15	4.21 ^b
30	4.21 ^b
EE	0.02
Valor de p	<0.0001

^{a,b}Letras distintas indican diferencias a nivel de p<0.05

EE: error estándar

Cuadro 2. Componentes químicos del ensilado de mango (*Mangifera indica* L)

Nutrientes	Media	D.E
Materia seca (MS), %	23.54	0.04
Proteína bruta (PB), %	8.06	0.18
Fibra bruta (FB), %	11.14	0.35
Extracto etéreo (EE), %	3.05	0.08
Cenizas, %	12.10	0.05
Extracto libre de nitrógeno (ELN), %	65.41	0.31
Energía bruta (EB), kcal/kg MS	3444.03	3.65

DISCUSIÓN

El pH fue estable entre los días 4 y 30 del estudio. Valores similares de pH reportó Guzmán *et al.* (2010) en ensilados de mango a los días 4 y 84 (4.21-4.43). La estabilización del pH dentro de las primeras 96 horas de fermentación (4 d) es clave para lograr un buen proceso de ensilado, el cual está influenciado directamente por la producción de ácido láctico dentro del silo. Esto se logra con la inclusión de una fuente de inóculo inicial y carbohidratos solubles como suministro energético para la multiplicación de las bacterias ácido-lácticas como *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus helveticus* y *Streptomyces thermophilus*, lo cual garantiza la reducción de las concentraciones de ácido butírico y nitrógeno amoniacal en el material fermentado (Nkosi y Meeske, 2010; Muck *et al.*, 2018).

La combinación de fruta picada, yogur natural, melaza, sal mineral y carbonato de calcio no produjo variaciones en los contenidos de MS, FB, ELN, PB, EB, EE, y fueron similares a los reportados para el mango en estado natural (Guzmán *et al.*, 2013). Por otra parte, Guzmán *et al.* (2012) y Sánchez-Santillán *et al.* (2019) reportaron mayor contenido de MS y PB en ensilados de mango al incluir rastrojo de maíz, urea, melaza y heno de pasto pangola en la formulación. El mayor contenido de MS reportado en estos estudios se debe a la inclusión de material secante (rastrojo de maíz y heno de pasto pangola), tal como lo señala Borrás-Sandoval *et al.* (2017), quien incluyó salvado de trigo, harina de alfalfa y harina de arroz en la papa troceada para mejorar la concentración de MS del ensilado de papa. Por otra parte, el mayor valor de PB registrado para las investigaciones antes mencionadas se debe a la urea (Rodríguez-Chacón *et al.*, 2014) y a la proteína unicelular desarrollada en el ensilado (Gunawan *et al.*, 2015; Caicedo *et al.*, 2019). Además, se observó un incremento notable en el contenido de cenizas en el ensilado, debido al contenido de minerales de la fruta y la

inclusión de sales minerales y carbonato de calcio (Borrás-Sandoval *et al.*, 2017; Fonseca-López *et al.*, 2018).

El ensilado de mango en estudio estuvo libre de patógenos como *E. coli*, *Clostridium* spp y *Salmonella* spp. El riesgo de contaminación en ensilados mal conservados incluye tanto aquellos que son perjudiciales para la calidad nutricional del ensilado (levaduras y bacterias del ácido butírico) como para la salud animal como *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium bovis*, *E. coli*, y especies de Enterobacteriaceae y mohos (Rao *et al.*, 2001; Payne *et al.*, 2011; Scallan *et al.*, 2011; Ogunade *et al.*, 2016; Driehuis *et al.*, 2013, 2018). El peligro para la salud puede ser el propio microorganismo o un metabolito que se produce, como las micotoxinas producidas por ciertos mohos (Driehuis *et al.*, 2018).

CONCLUSIÓN

La combinación de fruta de mango madura molida, sal mineral, melaza, carbonato de calcio y yogur natural produjo un alimento ensilado con un valor nutricional aceptable para la alimentación de animales de interés zootécnico.

LITERATURA CITADA

1. [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 2005. Official methods of analysis. 18th ed. USA: AOAC
2. [AOAC] Association of Official Agricultural Chemists. 2016. 2003. 01, Ed 20, 2016. Official methods of analysis of 20th ed. USA: AOAC. [Internet]. Disponible en: <http://www.directtextbook.com/isbn/9780935584875>
3. Barbosa I, Caballero K, Ledesma N, Sáyo S, García M, Bishop EJ, Montalvo-González E. 2017. Changes in the nutritional quality of five *Mangifera* species harvested at two maturity stages. J Sci Food Agric 97: 4987-4994. doi: 10.1002/jsfa.8377
4. Borrás-Sandoval L, Valiño E, Elias A. 2017. Evaluación del efecto de la inclusión de materiales fibrosos en la fermentación en estado sólido de residuos poscosecha de papa (*Solanum tuberosum*) inoculado con preparado microbial. REDVET 18(8). [Internet]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/636/63652581011.pdf>
5. Borrero A, Cujía K, Gutiérrez C. 2017. Ensilado de mango y lactosuero: una alternativa de alimentación en vacas lecheras. Micro-Ciencia 6. [Internet]. Disponible en: <https://doi.org/10.18041/2323-0320/microciencia.0.2017.3658>
6. Caicedo W, Rodríguez R, Lezcano P, Ly J, Valle S, Flores L, Ferreira FNA. 2015. Chemical composition and *in vitro* digestibility of silages of taro (*Colocasia esculenta* (L) Schott) tubers for feeding pigs. Cuban J Agr Sci 49: 59-64.
7. Caicedo W, Ferreira FN, Viáfara D, Guamán A, Sócola C, Pérez M, Díaz L, Ferreira WM. 2019. Evaluación química y digestibilidad fecal de cerdos en crecimiento alimentados con banano orito (*Musa acuminata* AA) fermentado en estado sólido. Livestock Res Rural Dev 31(11). [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd31/11/orlan31170.html>
8. Caicedo W, Moya C, Caicedo M, Caicedo L, Ferreira FNA. 2021. Comportamiento productivo de cerdos comerciales alimentados con ensilado de banano orito (*Musa acuminata* AA). Livestock Res Rural Dev 33. [Internet]. Disponible en: <http://www.lrrd.org/lrrd33/4/3356orland.html>
9. Cherney JH, Cherney DJR. 2003. Assessing silage quality. In: Buxton DR, Muck RE, Harrison JH (eds). Silage science and technology, Wisconsin, USA: American Society of Agronomy. p 141-198.
10. Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, González L, Robledo CW. 2017. InfoStat. [Internet]. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar/>

11. **Driehuis, F. 2013.** Silage and the safety and quality of dairy foods: A review. *Agr Food Sci* 22: 16-34. doi:10.23986/afsci.6699
12. **Driehuis F, Wilkinson JM, Jiang Y, Ogunade I, Adesogan AT. 2018.** Silage review: animal and human health risks from silage. *J Dairy Sci* 101: 4093-4110. doi: 10.3168/jds.2017-13836
13. **Fonseca-López D, Saavedra-Montañez G, Rodríguez-Molano CE. 2018.** Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente. *Rev Colomb Cienc Hort* 12: 175-182.
14. **Gómez G, Guzmán O. 2019.** Alternativas de valorización para el residuo de mango (*Mangifera indica* L) mediante el uso de biotecnología tradicional en el departamento del Atlántico. Tesis de Maestría. Barranquilla, Colombia: Univ. Libre Seccional Barranquilla. 187 p.
15. **Gunawan S, Widjaja T, Zullaikah S, Ernawati L, Istianah N, Aparamarta HW, Prasetyoko D. 2015.** Effect of fermenting cassava with *Lactobacillus plantarum*, *Saccharomyces cerevisiae*, and *Rhizopus oryzae* on the chemical composition of their flour. *Int Food Res J* 22: 1280-1287.
16. **Guzmán O, Lemus C, Bugarín J, Bonilla J, Ly J. 2010.** Ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L) para la alimentación animal. Características fermentativas. *Rev Comp Prod Porcina* 17:218-224.
17. **Guzmán O, Lemus C, Martínez S, Bonilla J, Plasencia A, Ly J. 2012.** Características químicas del ensilado de residuos de mango (*Mangifera indica* L) destinado a la alimentación animal. *Cuban J Agr Sci* 46: 369-374.
18. **Guzmán O, Lemus C, Bugarin J, Bonilla J, Ly J. 2013.** Composition and chemical characteristics of mangoes (*Mangifera indica* L) for animal feeding in Nayarit, Mexico. *Cuban J Agr Sci* 47: 273-277.
19. **[INAMHI] Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. 2014.** Anuario meteorológico. Quito, Ecuador. 28 p. [Internet]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
20. **Lezcano P, Vázquez A, Bolaños A, Piloto JL, Martínez M, Rodríguez Y. 2015.** Ensilado de alimentos alternativos, de origen cubano, una alternativa técnica, económica y ambiental para la producción de carne de cerdo. *Cuban J Agr Sci* 49: 65-68.
21. **Lezcano P, Martínez M, Vázquez A, Pérez O. 2017.** Main methods of processing and preserving alternative feeds in tropical areas. Cuban experience. *Cuban J Agr Sci* 51: 1-10.
22. **Muck RE, Nadeau EMG, McAllister TA, Contreras-Govea FE, Santos MC, Kung Jr L. 2018.** Silage review: recent advances and future uses of silage additives. *J Dairy Sci* 101: 3980-4000. doi: 10.3168/jds.2017-13839
23. **Nkosi BD, Meeske R. 2010.** Effects of whey and molasses as silage additives on potato hash silage quality and growth performance of lambs. *S Afr J Anim Sci* 40: 229-237. doi: 10.4314/sajas.v40i3.7
24. **Ogunade IM, Kim DH, Jiang Y, Weinberg ZG, Jeong KC, Adesogan AT. 2016.** Control of *Escherichia coli* O157:H7 in contaminated alfalfa silage: effects of silage additives. *J Dairy Sci* 99: 4427-4436. doi: 10.3168/jds.2015-10766
25. **Payne JH, Hogg RA, Otter A, Roest HI, Livesey CT. 2011.** Emergence of suspected type D botulism in ruminants in England and Wales (2001 to 2009), associated with exposure to broiler litter. *Vet Rec* 168: 640. doi: 10.1136/vr.d1846
26. **Puligundla P, Obulam VSR, Oh SE, Mok C. 2014.** Biotechnological potentialities and valorization of mango peel waste: a review. *Sains Malays* 43: 1901-1906.
27. **Rao M, Struer TL, Aldwell FE, Cook GM. 2001.** Intracellular pH regulation by *Mycobacterium smegmatis* and *Mycobacterium bovis* BCG. *Microbio-*

- logy 147: 1017-1024. doi: 10.1099/00221287-147-4-1017
28. **Rodríguez-Chacón S, López-Herrera M, Ching-Jones R, Rojas-Bourrillón A. 2014.** Adición de melaza deshidratada y urea en ensilados de rastrojos de piña. *Agron Mesoam* 25: 313-321.
29. **Sánchez-Santillán P, Herrera-Pérez J, Torres-Salado N, Almaraz-Buendía I, Reyes-Vázquez I, Rojas-García AR, Gómez-Trinidad M, et al. 2019.** Chemical composition and *in vitro* fermentation of ripe mango silage with molasses. *Agroforest Syst* 94: 1511-1519.
30. **Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, Tauxe RV, Widdowson MA, Roy SL, Jones JL, et al. 2011.** Foodborne illness acquired in the United States - Major pathogens. *Emerg Infect Dis* 17: 7-15. doi: 10.3201/eid1701.P11101
31. **Sumaya-Martínez MT, Sánchez LM, Torres G, García D. 2012.** Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Rev Mex Agronegocios* 30: 826-833.