

Composición química y estabilidad aeróbica de ensilados de maíz forrajero con inclusión de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Italo Espinoza Guerra¹, Gustavo Quintana Zamora¹, Adolfo Sánchez Laiño¹, León Montenegro Vivas¹, Marlene Medina Villacis¹, Mario López Vera².

1Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade. Km 1 ½ vía a Santo Domingo, C.P. 73. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

2 Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calle 10 de agosto N°82 y Granda Centeno, Calceta, Manabí, Ecuador.

Contacto: iespinoza@uteq.edu.ec

Resumen

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional (RUMEN) ubicado en la finca experimental “La María”, perteneciente a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), tuvo como objetivo fue evaluar el valor nutritivo y estabilidad aeróbica de ensilaje de maíz forrajero con inclusión de cascara de maracuyá e inoculantes bacterianos comerciales, en dos periodos de fermentación 30 y 60 días. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar. Se utilizó la prueba de tukey para la comparación de las medias bajo los niveles de probabilidad de $P < 0.05$, se utilizaron 32 microsilos de PVC de capacidad aproximada 3 kilogramos cada uno, se emplearon tres tratamientos y seis repeticiones, T1: 75%forraje de maíz más 25% cascara de maracuyá sin inocular comercial a los 30 y 60 días, T2: 75% forraje de maíz más 25% cascara de maracuyá con inocular comercial (All Sill®) a los 30 y 60 días, T3: 75%forraje de maíz más 25% cascara de maracuyá con inocular comercial (Lacto Silo®). Se midió la temperatura a las 0, 24, 48, 72, 96, 120, y 144 horas, no presentaron diferencias estadísticas en los tratamientos según la probabilidad ($P > 0.05$), y la medición del pH 0, 24, 48, 72, 96, 120, y 144 horas no mostro diferencias ($P > 0.05$). La composición química evaluada a los 30 y 60 días de fermentación el T2 observó diferencia

significativa en lo respecta a proteína cruda y fibra cruda ($P < 0.05$) y en la materia seca, materia orgánica y cenizas no se observó diferencia significativa en ninguno de los tratamientos ($P > 0.05$). El ensilaje del maíz con inclusión cáscara de maracuyá, no se vio afectada en lo que respecta a la composición nutricional, temperatura y el pH en los 30 ni en los 60 días por los inoculantes comerciales.

Palabras claves: inoculantes comerciales, valor nutritivo, temperatura

Introducción

El ensilaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes y versátiles en el mundo. Es una mezcla única de grano y fibra digestible, que constituye una de las principales fuentes energéticas para la alimentación de rumiantes. El ensilaje es un método de preservación del forraje húmedo basado en convertir carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, bajo condiciones anaeróbicas por medio de la acción de bacterias (Filya, 2003). Jones (1995) reportó que para la optimización de este proceso es recomendable la utilización de ciertos tipos de aditivos, buscando mejorar el valor nutritivo del maíz. Dentro de los aditivos destacan los inoculantes bacterianos, los cuales contienen bacterias productoras de ácido láctico que se agregan a la población bacteriana natural para ayudar a garantizar una fermentación rápida y eficiente en el silo (Muck y Kung Jr, 1997). La conservación de los forrajes, mediante la técnica del ensilaje, surge como una opción viable por su utilidad y fácil implementación por parte de los productores. Esta alternativa asegura la disponibilidad del recurso forrajero durante todo el año en sistemas de producción de rumiantes, debido a que es aplicable a diversos materiales vegetativos que se obtienen en el trópico (Titterton y Bareeba 2001). El objetivo de este trabajo fue determinar el Efecto de la aplicación de inoculantes bacterianos en la composición química y fermentativa de ensilados de maíz forrajero con la inclusión de cascara de maracuyá.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Laboratorio de Rumiología en la finca experimental “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador. Se utilizó un diseño completamente al azar 3 tratamientos x 5 repeticiones cada uno, los tratamientos evaluados fueron **T1** microsilos de maíz forrajero variedad 75% + cascara de maracuyá al 25%, 30 y 60 días sin inoculo, **T2** microsilos de maíz forrajero variedad 75% + cascara de maracuyá al 25%, 30 y 60 días con inoculo (All Sill®), **T3** microsilos de maíz forrajero 75% + cascara de maracuyá al 25%, 30 y 60 días con inoculo (Lacto Silo®). Los silos fueron construidos de material de tubos PVC de una medida de 30 cm de longitud y 12 cm de diámetro, los cuales fueron sellados con tapas de mismo material de PVC en la parte superior del silo, las tapas de sellado fueron provistas de una válvula tipo Bunsen para la salida de gases producto de la fermentación anaeróbica de los microsilos, además también se les fue implementado una cañería de cobre acoplado a una manguera para el drenado de efluentes en los primeros días posterior al llenado de los microsilos, cabe recordar que la capacidad de los microsilos fue de 3 kilogramos de cascara de maracuyá. La cascara de maracuyá fue picada en partículas pequeñas, posteriormente con la ayuda de una prensa manual se fue compactando con el objetivo de generar un ambiente anaeróbico en los microsilos. Se llenó 30 microsilos de los cuales existieron dos tiempos de fermentación (30 y 60 días), y la inclusión de inoculantes bacterianos (Sil All y Lactosilo Gold) donde se preparó una solución que contuvo 750 ml de agua destilada con la adición de 1.8 gramos de cada inoculante, cada microsililo se agregó 62.5 ml de la solución inoculante para incrementar la producción de bacterias ácido lácticas se tomaron muestras de 500g de cada tratamiento y sus respectivas repeticiones donde se determinó la composición química nutricional del producto sin fermentar: materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas (C), proteína (PB), grasa (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), mediante el análisis proximal propuesto por la (A.O.A.C.1990). Se analizó de cada microsililo la temperatura (°C) y pH cada siete días, para determinar la estabilidad aeróbica. Una vez cumplido los tiempos de fermentación anaeróbica se procedió a realizar la apertura de los microsilos donde se visualizó su

calidad aromática producto de una buena fermentación luego se procedió a extraer 500 gramos de cada microsilo para análisis bromatológicos, de la parte media del microsilo se tomó una muestra de 10 gramos que se colocaron en un recipiente plástico de 125 mL para posteriormente colocar 100 mL de agua destilada, y se dejó en reposo por el lapso de 30 minutos, para luego filtrar el extracto de muestra y medir el pH durante 7 días con la ayuda de un potenciómetro. Para la toma de temperatura se utilizó termómetros de mercurio los cuales fueron introducidos 10 centímetros en cada microsilo por un tiempo de 30 minutos para después tomar la lectura de temperatura de cada microsilo. Los datos obtenidos fueron procesados en un análisis de varianza y separación de medias a través de la prueba de Tukey, con el uso del programa SAS 9.0.

Resultados y discusión

En la apertura de los microsilos en los diferentes tiempos de fermentación anaeróbica (30 y 60 días) se pudo apreciar un color verde marón, y también presentaron un aroma típico fermentado producto de la fermentación de carbohidratos solubles y la presencia de ácido láctico metabolizado por las bacterias ácido lácticas

Medición de temperatura.

La presencia aerobia en los microsilos que contenían maíz forrajero + cascara de maracuyá en 2 tiempos de fermentación (30 y 60 días) Cuadros 1 y 2, a las 24,48, 72, 96, 120, 144 horas, no existieron diferencia significativa ($p > 0.05$), por lo cual en la presente investigación se determinó que los ensilajes con o sin inoculantes microbianos, presentaron una temperatura aceptable, para el desarrollo de bacterias ácido lácticas adecuadas para la conservación en silos.

Cuadro 1. Temperaturas de los ensilados de maíz forrajero y cascara de maracuyá más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo a los 30 días de fermentación, Mocache, Ecuador, 2013.

Horas de estabilidad aeróbica	T1 Ensilaje de maíz con Cascara de maracuyá	T2 Ensilaje de maíz con Cascara de maracuyá + LactoSilo	T3 ensilaje de maíz con Cascara de maracuyá + Sil-All	CV%	EEM	P<
0 Horas	23.33	23.41	23.41	1.65	0.15	0.9121
24 Horas	24.16	24.00	24.25	1.39	0.11	0.4455
48 Horas	23.16	23.33	23.25	1.37	0.10	0.6738
76 Horas	23.08	23.25	23.16	1.54	0.12	0.7267
96 Horas	23.16	23.00	23.00	0.64	0.02	0.1156
120 Horas	23.75	24.08	24.16	1.83	0.19	0.2548
144 Horas	24.58	24.75	24.50	1.32	0.10	0.4195

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

Cuadro 2. Temperaturas de los ensilados de maíz forrajero y cascara de maracuyá más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo a los 60 días de fermentación, Mocache, Ecuador, 2013.

Horas de estabilidad aeróbica	T4 Ensilaje de maíz con Cascara de maracuyá	T5 Ensilaje de maíz con Cascara de maracuyá + LactoSilo	T6 Ensilaje de maíz con Cascara de maracuyá + Sil-All	CV%	EEM	P<
0 Horas	23.83	23.83	23,66	1.88	0.20	0.7613
24 Horas	23.08	23.16	23.16	1.52	0.12	0.8956

48 Horas	23.16	23.16	23.16	1.76	0.16	1.0000
76 Horas	23.83	23.66	23.83	1.88	0.20	0.7613
96 Horas	23.91	23.66	23.83	1.01	0.05	0.2220
120 Horas	23.91	23.83	23.75	1.28	0.09	0.6514
144 Horas	23.91	23.91	23.83	0.93	0.05	0.7613

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/}
Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

Medición de pH.

En lo que respecta al pH, en el ensilado de maíz forrajero con cascara de maracuyá en 2 tiempos de fermentación (30 y 60 días) según los cuadros 3 y 4, a las 0, 24, 48, 72, 96, 120, 144 horas donde se verifico que no existe diferencia significativa según la probabilidad del (p> 0.05), por lo cual en la presente investigación se determinó que al aplicar inoculantes microbianos Lactosilo Gold y Sil- All, existe un pH aceptable, para el desarrollo y conservación de bacterias ácido lácticas adecuadas para la conservación en silos. Estos valores temperaturas no concuerdan con (McDonald *et al.*, 1991) donde expresa que el pH óptimo para el desarrollo de bacterias lácticas se encuentran entre 3-4 en condiciones anaerobiosis, expresando a la vez algunas bacterias fermentan los azucares a ácido láctico. Mientras que (De La Roza *et al.*, 1999), expresa el pH superior a 4 se desarrollan algunas especies lácticas en competencia con bacterias del genero clostridium. Expresando además que las condiciones básicas para un buen ensilado son la ausencia de aire en el interior del silo.

Cuadro 3. pH de los ensilados cascara de maracuyá a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Horas de estabilidad aeróbica	T1 Ensilaje de maíz con cascara de maracuyá	T2 Ensilaje de maíz con cascara de maracuyá + LactoSilo	T3 Ensilaje de maíz con cascara de maracuyá + Sil-All	CV%	EEM	P<
0 Horas	4.50	4.14	4.15	2.24	1.71	0.2136
24 Horas	4.23	4.71	4.40	3.081	1.82	0.1964
48 Horas	4.24	4.68	4.30	3.02	0.96	0.4053
72 Horas	4.39	4.69	4.45	2.27.	9.23	0.024

96 Horas	4.52	4.83	4.77	3.29	1.05	0.3755
120 Horas	4.16	4.68	4.05	4.84	1.03	0.3801
144 Horas	4.20	4.70	4.10	4.32	0.98	0.3985

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05)

Cuadro 4. pH de los ensilados cascara de maracuyá a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil-All y Lactosilo.

Horas de estabilidad aeróbica	T4 Ensilaje de maíz con cascara de maracuyá	T5 Ensilaje de maíz con cascara de maracuyá + LactoSilo	T6 Ensilaje de maíz con cascara de maracuyá + Sil-All	CV%	EEM	P<
0 Horas	4.18 a	4.14 a	4.22 a	2.24	1.72	0.2136
24 Horas	4.43 a	4.32 a	4.23 a	3.081	1.83	0.1964
48 Horas	4.43 a	4.28 a	4.25 a	3.02	0.95	0.4153
72 Horas	4.48 a	4.32 a	4.31 a	2.27	1.05	0.0234
96 Horas	4.70 a	4.49 a	4.52 a	3.29	1.05	0.385
120 Horas	4.60 a	4.55 a	4.40 a	3.84	1.03	0.4011
144 Horas	4.70 a	4.70 a	4.56 a	4.32	1.02	0.535

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p ≤ 0.05).

Composición nutricional de los ensilajes.

En lo que respecta a la composición química de los ensilados de maíz forrajero con cascara de maracuyá más la adición de inoculantes microbianos a 2 tiempos de fermentación 30 y 60 días se encontró diferencia estadística (p<0.05) en el tratamientos T2 se observa en el cuadro 5, reporta diferencia (p<0.05) en la composición química de ceniza (12.01) estos valores reportados se encuentran dentro del parámetro óptimo y que según (Argamenteria *et al.*,1997) expresa que el valor energético y nitrogenado va en función de los que representa el forraje verde en el momento de su recolección y de las alteraciones producidas en los mismos, lo cual indica también que si el porcentaje es mayor al 15% sobre materia seca existió contaminación con tierra. Considerando el estudio de los tratamientos a los 60 días se observó diferencia en el tratamiento 2 cuadro 6, se observa valores de proteína de 11.93% , por lo cual estos valores no concuerdan con (Argamenteria *et*

al.,1997) donde indica que el valor de proteína debe estar comprendido entre el 8 y 10% sobre materia seca y que si los valores son superiores y no existió adición de urea, puede haber la probabilidad de que el corte del forraje fue demasiado temprano con pérdida de potencial de producción y bajo contenido en almidón. En cuanto a los demás tratamiento no existió diferencia estadística significativa, considerando la probabilidad de Tukey al (<0.05).

Cuadro 5. Valor nutritivo de ensilados de forraje de maíz con cascara de maracuyá a los 30 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Nutrientes	T1 Ensilaje de maíz + Cascara de maracuyá	T2 Ensilaje de maíz + Cascara de maracuyá + Lactosilo	T3 Ensilaje de maíz + Cascara de maracuyá + Sil-All	CV%	EEM	P>
Humedad total	72.13 a	72.84 a	72.80 a	0.99	0.61	0.5997
Materia seca	28.31 a	27.16 a	27.19 a	1.47	0.16	0.1045
Ceniza	10.46 a	12.01 b	11.55 a	4.31	0.23	0.1033
Proteína	14.79 a	14.61 a	14.74 a	1.89	0.07	0.7410
Grasa	1.92 a	1.42 a	1.40 a	22.46	0.12	0.3750
Fibra Cruda	13.97 a	13.97 a	14.16 a	2.42	0.48	0.6489

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/} Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey ($p < 0.05$)

Cuadro 6. Valor nutritivo de ensilados de forrajes de maíz con cascara de maracuyá a los 60 días de fermentación más la inclusión de inoculantes bacterianos Sil- All y Lactosilo.

Nutrientes	T4 Ensilaje de maíz + Cascara de maracuyá	T5 Ensilaje de maíz + Cascara de maracuyá + Lactosilo	T6 Ensilaje de maíz + Cascara de maracuyá + Sil-All	CV%	EEM	P>
Humedad Total	72.65 a	72.64 a	72.45 a	1.68	1.53	0.3693
Materia Seca	27.34 a	27.36 a	25.55 a	4.62	1.53	0.3693
Ceniza	11.26 a	11.30 a	10.33 a	2.37	0.06	0.0545
Proteína	12.67 a	11.93 b	13.00a	1.32	0.02	0.0162

Grasa	1.93 a	1.86 a	1.95 a	18.91	0.13	0.9680
Fibra Cruda	12.67 a	11.93 b	13.00 a	0.81	0.07	0.3965

EEM = error estándar de la media; CV% = coeficiente de variación; ^{1/}
Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según Tukey (p < 0.05)

CONCLUSIONES

Los datos experimentales obtenidos nos permiten concluir que la temperatura y pH al combinar el forraje del maíz con la cascara de maracuyá en el ensilado de los 30 y 60 días no fue afectada por la inclusión de inóculos bacterianos. Según los valores nutritivos de los ensilados de forraje de maíz con cascara de maracuyá se pudo apreciar que hubo una ligera diferencia (p < 0.05) estadística en la ceniza a los 30 días, en cuando a la proteína y fibra presentó diferencia (p < 0.005) a los 60 días con esto podemos concluir que el uso de inoculantes bacterianos permite conservar pero no mejorar la calidad del ensilaje.

Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 1990. Official Methods of analysis (15 ed). Washington, DC. 1298 p.
- Argamentaria, A., Roza de la B. Martínez A., Sánchez I. y Martínez, A. 1997. El ensilado en Asturias. Centro de investigación aplicada y tecnología agroalimentaria (ciata), p. 1-127.
- Filya, I. 2003. The effect of *lactobacillus buchneri* and *lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. *J. Dairy sci.*, 86: 3575-3581.
- Jones, R. 1995. Role of biological additives in crop conservation. In: biotechnology in the feed industry. Proceedings of alltech's 11th annual symposium. Ed. Lyons, t.p. y k.a. jaques. Nottingham university press. Nottingham, uk. P. 465-482.
- Mcdonald, c. S.; Henderson, a. R. Y Heron, J . 1991. The biochemistry of silage. Chalcombe publications, 340 pp.
- Muck., R. y . Kung Jr. 1997. Effects of silage additives on ensiling. In: proceedings silage: field to feedbunk. Conference. Feb. 11-13, Hershey, pennsylvania. P. 187-199.
- De La Roza, B., Martínez, A. y Argamentaría, A. 1999. Elaboración, control y calidad de lo ensilados. Estabilidad aeróbica. En: iv jornadas vacuno lechero. La esperanza.. Tapia s.v. 21 pp.
- SAS. Versión 9.0. (2004). User's guide. Cary, Estados Unidos

Titterton M. Y F. B. Bareeba. 2001. Ensilaje de gramíneas y leguminosas en los trópicos. Memorias de la conferencia electrónica de la fao sobre el ensilaje en los trópicos. Estudio FAO producción y protección vegetal 161, p.43-51.