

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS *In vitro* DE ENSILADOS DE PAPAYA DE DESECHO, HENO DE PASTO PANGOLA Y NIVELES CRECIENTES DE MELAZA.

Marcelino Gómez-Trinidad*¹, Paulino Sánchez-Santillán², Marco Antonio Ayala Monter², Luis Antonio Saavedra Jiménez², Bey Janely López Torres³, Citlali Estefanía Sollano Mendieta².

¹Programa de Maestría en Producción de Bovinos en el Trópico-UAGro; ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2-UAGro; ³Independiente.

gomeztrinidadm@gmail.com

Palabras claves: Trópico, papaya de desecho, ensilado.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales existe un enorme potencial de producción de biomasa vegetal como mango, papaya, piña, plátano, caña de azúcar, yuca, etc. que se consideran productos ricos en energía. Los desechos de su postcosecha se pueden considerar como productos con potencial para ensilar (Cañaverall-Martínez *et al.*, 2020) y ser una alternativa no convencional en la alimentación de rumiantes. En 2018, México produjo 1,039,819.64 t de papaya, de las cuales exportó 150,000 t ocupando el primer lugar en exportaciones a nivel mundial. El principal estado productor de papaya fue Oaxaca con una producción de 323,614.43 t, que equivale a 29.8% de la producción nacional (SIAP, 2019).

El ensilado es un método de preservación para conservar el valor nutritivo del alimento durante el almacenamiento. La inclusión de aditivos en el proceso de ensilaje mejora la fermentación y aumenta el valor nutricional. La melaza es un residuo de cristalización final del proceso físico de extracción del azúcar y se puede usar como aditivo en ensilados debido a su contenido de carbohidratos solubles en una concentración de hasta 5% (Sánchez-Santillán *et al.*, 2020). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la fermentación *in vitro* de ensilados de papaya de desecho, heno de pasto pangola con niveles crecientes de melaza de caña como aditivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 2 de la Universidad Autónoma de Guerrero. La papaya de desecho y el heno de pasto pangola se molieron en un molino mixto (M.A.GRO® TR-3500). Para los silos (5 Kg) se utilizaron bolsa de propileno de 30x40 cm, calibre 600. La composición del ensilado fue 75% de papaya de desecho y 25% de pasto pangola. La adición de 0 (T1), 3 (T2) y 6% (T3) de melaza de caña como aditivo a los ensilados se consideró como los tratamientos. El aire contenido se extrajo con una aspiradora (Koblenz®, España) y se sellaron las bolsas con un amarre Smith utilizando rafia comercial. Los silos se almacenaron a temperatura ambiente por 21 d.

El medio de cultivo se preparó según lo descrito por Cañaverall-Martínez *et al.* (2020). A un vial serológico de vidrio (120 mL) con 0.5 g de MS de un tratamiento se adicionaron 40 mL de medio de cultivo. Los viales se inocularon con 10 mL de bacterias ruminales y se incubaron a 39 °C por 72 h en baño María. La producción de biogás se midió a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48 y 72 h. Los parámetros *A*, *b* y *k* se estimaron mediante el modelo Gompertz. La producción de metano (CH₄) se midió a las 24, 48 y 72 h según lo descrito por Cañaverall-Martínez *et al.* (2020). La producción de biogás y metano se reportó parcialmente a las 24, 48 y 72 h y acumulado a las 72 h.

Las características fermentativas: energía metabolizable (EM), degradación de la materia seca (DMS) y degradación de la FDN (DFDN) se estimaron según Cañaverall-Martínez *et al.* (2020). El diseño experimental fue un completamente al azar y la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para diferencia entre medias. Además, se realizó un análisis de contraste ortogonales lineal y cuadrático para efecto de la adición creciente de melaza a los silos ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de biogás parcial a las 72 h, metano parcial a las 72 h, metano acumulado, *A*, *k*, DMS y DFDN no mostraron efecto lineal o cuadrático, ni diferencias entre tratamientos ($p > 0.05$; Cuadro 1). La

producción parcial de biogás a las 24 h, metano parcial a las 24 h, biogás acumulado, EM y *b* mostraron un efecto lineal positivo ($p < 0.05$), lo que indica que conforme se aumentó la adición de melaza a los ensilados, estas variables aumentaron su contenido en los ensilados (Cuadro 1). La producción parcial de biogás a las 48 h mostró un efecto lineal negativo ($p < 0.05$); así, conforme se aumentó la adición de melaza, esta variable disminuyó su producción (Cuadro 1). La producción parcial de metano a las 48 h mostró un efecto cuadrático ($p < 0.05$), mostrando un incremento en la producción de metano en T2 comparado con T1 y T3 (Cuadro 1).

La producción de biogás *in vitro* sirve como indicativo de la disponibilidad de los carbohidratos durante la fermentación ruminal. La producción de biogás en las primeras 24 h de los ensilados del presente trabajo promedio más de 60% del total de biogás; esto se asume a la disponibilidad de carbohidratos no estructurales y la fracción proteica de la papaya y la melaza de caña de azúcar para la fermentación bacteriana. La producción de biogás después de las 24 h se relaciona con la capacidad de las bacterias celulolíticas para degradar carbohidratos estructurales contenido en el pasto pangola usado como absorbedor de humedad en la elaboración de los silos del presente trabajo (Torres-Salado *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Efecto de la melaza de caña como aditivo en ensilados de papaya de desecho con pasto pangola como absorbedor de humedad sobre la producción de biogás y metano, así como las características fermentativas *in vitro*.

Variable	Tratamiento			EEM	ANOVA	Lineal	Cuadrático
	T1	T2	T3				
Bio24 (mL g ⁻¹ MS)	109.2 ^b	118.4 ^a	121.6 ^a	1.662	0.0005	0.0002	0.1608
Bio48 (mL g ⁻¹ MS)	37.5 ^a	34.4 ^b	31.2 ^c	0.807	0.0003	<.0001	0.995
Bio72 (mL g ⁻¹ MS)	24.8	25.6	25.2	0.640	0.8923	0.8118	0.6867
Biogás (mL g ⁻¹ MS)	171.5 ^b	178.3 ^a	178.0 ^{ab}	1.272	0.0316	0.0246	0.1239
Meta24 (mL g ⁻¹ MS)	25.6	29.2	34.4	1.754	0.1145	0.0423	0.8124
Meta48 (mL g ⁻¹ MS)	12.0 ^b	14.0 ^a	12.0 ^b	0.318	0.0029	0.997	0.0008
Meta72 (mL g ⁻¹ MS)	6.4	7.6	7.2	0.267	0.1776	0.2119	0.158
Metano (mL g ⁻¹ MS)	43.9	50.7	53.6	2.004	0.1292	0.0527	0.6198
A (mL g ⁻¹ MS)	159.9	164.5	164.0	1.07	0.1606	0.1195	0.2492
<i>k</i> (h)	2.56	2.61	2.70	0.03	0.1346	0.0526	0.7156
<i>b</i> (mL h ⁻¹)	0.093 ^c	0.104 ^b	0.115 ^a	0.0003	0.0004	0.0001	0.979
DMS (%)	63.1	63.5	67.0	0.887	0.1357	0.0717	0.3777
DFDN (%)	44.9	41.3	45.1	1.329	0.4639	0.972	0.2248
EM (Mcal Kg ⁻¹ MS)	1.35 ^b	1.41 ^a	1.45 ^a	0.013	0.0001	<.0001	0.524
pH	6.76	6.75	6.75	0.014	0.9085	0.7902	0.7356
N-NH ₃ (mg dL ⁻¹)	2.92	2.64	2.50	0.106	0.2841	0.1264	0.7551

^{ab} Medias con distinta letra en una misma fila son diferentes ($p < 0.05$)

Bio24 = Producción parcial de biogás de 0 a 24 h; Bio48 = Producción parcial de biogás de 24 a 48 h; Bio72 = Producción parcial de biogás de 48 a 72 h; Biogás = Producción acumulada a 72 h; Meta24 = Producción parcial de metano de 0 a 24 h; Meta48 = Producción parcial de metano de 24 a 48 h; Meta72 = Producción parcial de metano de 48 a 72 h; Metano = Producción acumulada a 72 h; A = potencial de producción de biogás total; *K* = tiempo lag; *b* = tasa constante de producción de biogás; DMS = degradación de la materia seca; DFDN = degradación de la fibra detergente neutro; EM = energía metabolizable; *p* = potencial de hidrógeno; N-NH₃ = nitrógeno amoniacal; EEM = error estándar de la media; ANOVA = análisis de varianza; T1 = 0% de melaza como aditivo; T2 = 3% de melaza como aditivo; T3 = 6% de melaza como aditivo.

La producción de metano respecto a biogás fue mayor a 25% en los tratamientos; estos valores se pueden asumir a los productos de fermentación de los carbohidratos estructurales (CO₂ e H₂), los cuales son utilizados por las *arqueas* metanogénicas para la producción de metano como parte de su ruta metabólica (Torres-Salado *et al.*, 2019); y a una fermentación acetogénica de los carbohidratos disponibles durante la fermentación ruminal.

El crecimiento bacteriano consta de una fase de retardo, fase de crecimiento exponencial, fase de estacionaria y fase de declinación; la cual puede interpretarse mediante la cinética de producción de gas. Esto porque k representa el tiempo que requieren los microorganismos para adherirse al sustrato e iniciar el catabolismo lo que representa a la fase de retardo; b indica la velocidad de fermentación del sustrato que puede compararse con la fase de crecimiento logarítmico; y A indicaría cuando los microorganismos alcanzan su fase estacionaria (García-Rojas *et al.*, 2020). Por lo que los resultados promedio de los tratamientos del presente estudio en la cinética de producción de gas muestran que los microorganismos durante la fermentación ruminal tardaron 2.5 h en adherirse al ensilado, y alcanzaron su máximo crecimiento cuando se produjeron 162.8 mL de gas, con una tasa de crecimiento de 10.4% (Cuadro 1).

La degradación *in vitro* establece la cantidad de nutrientes disponibles para los microorganismos, de modo que degradaciones superiores a 60% se pueden relacionar con bajas concentraciones de fibras detergentes (Torres-Salado *et al.*, 2019). Aunque, los ensilados de papaya de desecho contienen 25% de pasto de pangola se pueden considerar un alimento con baja cantidad de fibras al promediar 64.5% DMS. Lo cual, coincide con los valores DFDN; ya que, en el presente estudio se obtuvieron valores arriba de 40%, lo que permite predecir que no se tendrán problemas en la disponibilidad de energía cuando se ofrezca *in vivo*, ni se afectara en consumo de la MS de los ensilados de papaya de desecho (Torres-Salado *et al.*, 2019). Valores inferiores se reportaron en ensilados elaborados con 86% de mango maduro y 14% de heno de pasto pangola (Cañaverall-Martínez *et al.*, 2020).

Cañaverall-Martínez *et al.* (2020) reportó 1.86 Mcal Kg⁻¹ MS de EM en ensilados de mango maduro; valor superior al reportado en este estudio. Sin embargo, la EM se asume a la disponibilidad de los carbohidratos de los ingredientes usados en la elaboración de los ensilados, por lo que el mango maduro tiene una mayor disponibilidad de carbohidratos que la papaya de desecho.

CONCLUSIONES

Ensilados elaborados con 75% de papaya de desecho y 25% de heno de pasto pangola mejoran sus características de calidad, químicas y fermentativas *in vitro* cuando se adiciono 3% de melaza de caña de azúcar, por lo que se puede considerar como una alternativa no convencional para la alimentación de rumiantes en el trópico.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. Cañaverall-Martínez UR, Sánchez-Santillán P, Torres-Salado N, Sanchez-Hernández D, Herrera-Pérez J y Rojas-García A Características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* de ensilado de mango maduro. Rev. Mex. Agroecosist. 2020;8:11-13.
2. Rojas-García AR, Orcio-Martínez RK, Sánchez-Santillán P, Ayala-Monter MA, Maldonado-Peralta MA y Valenzuela-Lagarda, JL. Características bromatológicas y fermentativas *in vitro* de complementos con *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y cáscara de *Cucurbita argyrosperma* Huber. Agroproductividad. 2020;13:67-74.
3. Sánchez-Santillán P, Herrera-Pérez J, Torres-Salado N, Almaraz-Buendía I, Reyes-Vázquez I, Rojas-García AR, Gómez-Trinidad M, Contreras-Ramírez EO, Maldonado-Peralta MA y Magadan-Olmedo F. Chemical composition, and *in vitro* fermentation of ripe mango silage with molasses. Agroforest Syst. 2020;94:1511-1519.
4. SIAP (2019). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
5. Torres-Salado N, Sánchez-Santillán P, Rojas-García AR, Almaraz-Buendía I, Herrera-Pérez J, Reyes-Vázquez I y Mayren-Mendoza JF. Producción de gas *in vitro* y características fermentativas de consorcios bacterianos celulolíticos ruminales de búfala de agua (*Bubalus bubalis*) y vaca suizbuw. Agrocienza.2019;53:145-159