

Calidad nutricional del bagazo de manzana ensilado con fuentes nitrogenadas orgánicas e inorgánicas

Mauro Enrique Mora de Alba¹
Deli Nazmín Tirado-González²
Teódulo Quezada-Tristán³
Fidel Guevara-Lara¹
Juan Jáuregui-Rincón¹
Rubén Larios-González⁴
Gustavo Tirado-Estrada^{2§}

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes-Centro de Ciencias Básicas. Av. Universidad núm. 940, Aguascalientes, México. C. P. 20131. (borregomora@prodigy.net.mx; fguevaral@correo.uaa.mx; jjaureg@correo.uaa.mx). ²Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes-Departamento de Ingenierías y División de Estudios de Investigación y Posgrado. Carretera. Aguascalientes-SLP km 18.5, El Llano, Aguascalientes, México. CP. 20330. (deli_gym@hotmail.com). ³Universidad Autónoma de Aguascalientes-Centro de Ciencias Agropecuarias. Jesús María s/n, Aguascalientes, México. (tquezada@correo.uaa.mx). ⁴Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBETA) núm. 61. Calle Guillermo Prieto núm. 225, Col. Libertad, Calvillo, Aguascalientes, México. CP. 20800. (rlariosg@yahoo.com.mx).

§Autor para correspondencia: gtiradoes@hotmail.com.

Resumen

Se evaluó la calidad nutricional y potencial uso del bagazo de manzana (BM) en dietas para rumiantes al ser ensilado (microsilos) con dos fuentes nitrogenadas (FN) [urea (U), cerdaza (C)], un inoculante comercial (I) y *Chloris gayana* como adherente de humedad [80/20 peso/peso, materia seca (MS)]. El estudio se realizó en Aguascalientes, México (2014-2016). Los tratamientos: a) BM; b) BM+I; c) BM+U; d) BM+U+I; e) BM+C y f) BM+C+I se analizaron en un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial [3 FN (U, C, sin FN) × 2 I (con I, sin I)]. A los 45 días, la MS del ensilado fue similar entre tratamientos, y los ácidos láctico y acético se incrementaron en mayor proporción a los ácidos propiónico y butírico. La adición de C (BM+C y BM+C+I) incrementó la proteína cruda (PC) final (incrementos de 8 y 7.44 g 100 g⁻¹ MS) aunque aumentó el pH (4.33 y 3.91 vs 3.41 ±0.03) del ensilado. Considerando el contenido de PC y patrones de fermentación, el BM ensilado con C tiene la estabilidad y calidad suficiente para ser empleado en la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: bagazo de manzana, ensilado, fuentes de nitrógeno, inóculos bacterianos, rumiantes.

Recibido: diciembre de 2017

Aceptado: enero de 2018

El potencial aprovechamiento de subproductos tiene el fin de incrementar de evitar la pérdida de producción de leche y carne y mejorar la relación costo-beneficio en sistemas extensivos de producción especialmente en épocas del año en que hay baja disponibilidad de alimentos de buena calidad. El bagazo de manzana (BM) es subproducto del procesamiento en la extracción de jugos (5-19 kg de BM 100 kg⁻¹ de manzana) compuesto por cáscaras, semillas, restos fibrosos de pulpa y jugo agotado pobre en azúcares; el estado de madurez y diferencias en el procesamiento de la manzana afectan su composición de materia seca (MS; 14-26%), fibra cruda (FC; 14-23%) y proteína cruda (PC; 4-8%) (Mirzaei-Aghsaghali *et al.*, 2011). En México se producen aproximadamente 661 toneladas de BM por año (SIAP, 2014) y puede ser considerado como un recurso importante para la alimentación de bovinos, ovinos y caprinos (Tiwari *et al.*, 2008; Mirzaei-Aghsaghali *et al.*, 2011; Ajila *et al.*, 2015).

El proceso de ensilado es una alternativa viable para prolongar el uso de BM a través del año (Skládanka *et al.*, 2012; Ajila *et al.*, 2015) y la adición de inóculos y fuentes de nitrógeno no proteico puede mejorar formación de ácido láctico, el perfil de ácidos grasos volátiles (AGV) (Skládanka *et al.*, 2012; Schroeder, 2013), el contenido de proteína cruda (PC) (Ajila *et al.*, 2015), la estabilidad aeróbica al momento de la apertura del silo (Barrena y Jiménez, 2013) y la calidad nutricional del BM (Rodríguez-Muela *et al.*, 2006; Becerra *et al.*, 2008).

El presente estudio evaluó el efecto de la adición de fuentes nitrogenadas (de naturaleza orgánica e inorgánica) y de un inoculante durante el proceso de ensilaje del BM sobre las variables de calidad nutricional PC, MS, pH, ácido láctico y AGV (acético, propiónico y butírico).

Ubicación del experimento

El trabajo se ejecutó entre 2014-2016, en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, del Instituto Tecnológico El Llano Aguascalientes y del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario núm. 61 [Aguascalientes, México (Región Centro-Norte)].

Material experimental

Se utilizó BM, subproducto de la extracción de jugos de la empresa “Extractora de Jugos Valle Redondo SA de CV de Aguascalientes”. El ensilaje de BM duró 45 d, para lo cual: se elaboró una mezcla base que contenía una proporción de 80 g 100 g⁻¹ MS de BM (con 18% de MS) y 20 g 100 g⁻¹ MS de heno de *Chloris gayana* (con 90% de MS) como material adherente de humedad. A la mezcla base se le añadieron fuentes nitrogenadas (FN): 1) urea, 3.75% del total de MS de la mezcla; y 2) cerdaza, con 23.5% de PC (proveniente de animales en engorda) en proporción equivalente al nitrógeno aportado por la urea. Además se incluyeron 10 g t⁻¹ de MS de un inóculo comercial (Sil-All 4x4[®]) que contiene bacterias ácido lácticas (*Streptococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici* y *Lactobacillus salivarius*) y enzimas exógenas (celulasas, hemicelulasas, pentosanasas y amilasa).

Se utilizó una mezcladora electromecánica. Las mezclas se depositaron en microsilos de tubo de policloruro de vinilo (PVC) hidráulico de 5.08 cm de diámetro y 30 cm de largo, compactando con un pisón metálico para eliminar el oxígeno y cerrando con un tapón tipo campana reforzado en ambos lados; los microsilos se almacenaron a temperatura ambiente de 20 °C.

Tratamientos y variables de respuesta

Los tratamientos fueron: bagazo de manzana (BM), bagazo de manzana con inóculo (BM+I), bagazo de manzana con urea (BM+U), bagazo de manzana con urea e inóculo (BM+U+I), bagazo de manzana con cerdaza (BM+C), y bagazo de manzana con cerdaza e inóculo (BM+C+I). Las muestras colectadas a los 0 y 45 d se secaron a 60 °C en una estufa de aire forzado hasta obtener peso constante y se procesaron en un molino Thomas Wiley con criba de 1 mm. La MS se obtuvo por diferencia entre el peso inicial y final [AOAC (1999) protocolo 930.15-1930], la PC se determinó a través del protocolo 990.03-2002 de la AOAC (2002), el pH se midió en una solución acuosa homogénea compuesta de 10 g del ensilaje y 100 ml de agua destilada (una hora después de su preparación) utilizando un pH-metro digital (Cherney y Cherney, 2003), el ácido láctico se determinó por el método de colorimetría (Madrid *et al.*, 1999) y los AGV por cromatografía de gases (Perkin Elmer® Co., Clarus 560 D Gas Chromatograph) (Erwin *et al.*, 1961).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial (3×2) y cuatro repeticiones por tratamiento de acuerdo al modelo 1. Las medias de tratamiento fueron comparadas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Además se aplicó una prueba de contrastes ortogonales para comparar: 1) BM vs BM con FN o/e I; 2) BM vs BM con FN; 3) BM vs BM con I; 4) FN vs tratamientos sin FN; 5) I vs tratamientos sin I. Se utilizó el procedimiento general lineal (Proc GLM) del paquete SAS (Statistics Analysis System V. 9.2).

$$Y_{ij} = \mu + FN_i + I_j + (FN*I)_{ij} + E_{ij} \quad 1)$$

Donde: Y_{ij} = variable de respuesta; FN_i = efecto de la i -ésima fuente de nitrógeno; I_j = efecto del j -ésimo inoculante; $(FN*I)_{ij}$ = interacción entre la i -ésima fuente de nitrógeno y el j -ésimo inoculante; E_{ij} = error aleatorio.

El contenido de MS que fue similar en todos los tratamientos ($p > 0.05$; Cuadro 1) y adecuado para la liberación de ácido láctico y disminución de pH durante la fermentación del ensilado (Schroeder, 2013).

Hubo interacción FN×I para el contenido de PC ($p < 0.001$). Los tratamientos con C tuvieron mejores incrementos de PC (BM+C sin I y BM+C+I: 8.00 y 7.44 g 100 g⁻¹ MS) que los tratamientos con urea (BM+U sin I y BM+U+I: 3.2 y 1.6 g 100 g⁻¹ MS) o con BM sin FN (BM y BM+I: 0.92 y 2.02 g 100 g⁻¹ MS), los contenidos de PC finales de algunos tratamientos fueron comparables a los del ensilado de maíz (8-10 g 100 g⁻¹ de MS; Guedes *et al.*, 2012). Considerando la PC, el BM ensilado podría ser utilizado en sustitución de algunos tipos de granos y reducir costos de alimentación. Mirzaei-Aghsaghali *et al.* (2011) analizaron la producción de gas *in vitro* (contenidos de FDN, FDA y carbohidratos no fibrosos de 61.2, 46.7 y 23.8%, respectivamente) de BM con PC similar a la encontrada en el presente estudio y lo consideraron viable para ser utilizado en la alimentación de rumiantes. Tiwari *et al.* (2008) no encontraron efectos negativos en la producción de leche y sus contenidos de grasa y proteína al suplir hasta 33% del grano de maíz con BM (por 300 d).

Cuadro 1. Contenidos de materia seca, proteína cruda y potencial de hidrógeno de bagazo de manzana ensilado con fuentes nitrogenadas o un inóculo al inicio y final de la fermentación.

Tratamiento	Materia seca (g 100 g ⁻¹)		Proteína cruda (g 100 g ⁻¹ de MS)		Potencial hidrógeno (pH)	
	Inicial [±]	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
BM*	22.03 a	22.67 a	4.82 f	5.75 f	3.11 c	3.4 b
BM+I	22.23 bc	22.43 a	5.08 e	7.1 d	3.43 b	3.44 b
BM+U	21.58 ab	22.47 a	7.42 d	9.04 e	3.34 b	3.38 b
BM+U+I	20.89 c	21.22 a	7.65 c	10.85 c	3.41 b	3.42 b
BM+C	21.54 abc	21.96 a	12.88 a	20.89 a	4.55 a	3.91 a
BM+C+I	22.18 a	22.57 a	11.87 b	19.31 b	4.96 a	4.33 a
CV (%)	1.14	6.92	1.028	0.987	33.25	12.92
Contraste por fuente nitrogenada (P de F)						
N vs U y C	0.006	>0.932	< 0.001	<0.001	<0.001	<0.001
U vs C	>0.229	>0.751	< 0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Contraste por inóculo (P de F)						
Con I vs sin I	>0.055	>0.695	<0.001	<0.001	0.002	0.002

*= testigo (bagazo de manzana sin fuente nitrogenada ni inóculo); BM= bagazo de manzana; I= inóculo; U= urea; C= cerdaza; abcde= tratamientos con diferente letra representan medias estadísticamente diferentes (Tukey $p < 0.05$); CV= coeficiente de variación; P de F= valor de probabilidad; [±]= Inicio y final, 0 y 45 d después de fermentación.

Los ensilados con I o alguna FN tuvieron valores de pH inicial y final mayores al resto de los tratamientos ($p < 0.002$), aunque al final de la fermentación todos los tratamientos tuvieron valores de pH dentro de los rangos deseables para las variaciones de microorganismos y producción de ácidos grasos (Weinberg y Ashbell, 2003; Skládanka *et al.*, 2012). Los tratamientos con C registraron los pH más altos (3.91-4.33 vs 3.38-3.44), pero similares a los deseables en ensilaje de maíz con pH=3.8-4.5 (Kolver *et al.*, 2001; Skládanka *et al.*, 2012; Schroeder, 2013).

Los tratamientos con C tuvieron mayor concentración final de ácido láctico ($p < 0.0001$; Cuadro 2), lo que representa mejor fermentación y estabilidad del ensilaje y menor probabilidad de contaminación y degradación de las proteínas (Bautista *et al.*, 2007; Nkosi *et al.*, 2011; Huntanen *et al.*, 2013). Aunque las proporciones de ácido láctico de todos los tratamientos del presente estudio estuvieron dentro de los rangos mínimos y óptimos para los ensilajes de alta calidad (Kolver *et al.*, 2001; Guedes *et al.*, 2012).

Durante la fermentación, el incremento de ácido acético fue mayor que el de los ácidos butírico y propiónico ($p < 0.05$), lo que pudo ayudar a reducir el deterioro aeróbico del ensilaje al momento de abrir el silo (Weinberg *et al.*, 2002) ya que las concentraciones de ácidos acético y propiónico son indicadores de la estabilidad del ensilado (Huntanen *et al.*, 2013). El incremento de ácido acético en los tratamientos del presente estudio fue mayor a lo publicado por Guedes *et al.* (2012) y Skládanka *et al.* (2012), especialmente en el tratamiento BM+C, seguido de los otros tratamientos con C ($p < 0.0001$). Además, los tratamientos con C e I tuvieron ácido propiónico al final de la fermentación ($p < 0.001$).

Cuadro 2. Proporciones de ácidos láctico, acético, propiónico y butírico de bagazo de manzana ensilado con fuentes nitrogenadas o un inóculo al inicio y final de la fermentación.

Tratamiento	Ácido láctico (mol 100 mol ⁻¹)		Ácido acético (mol 100 mol ⁻¹)		Ácido propiónico (mol 100 mol ⁻¹)		Ácido butírico (mol 100 mol ⁻¹)	
	Inicial [±]	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
BM*	1.36 ab	4.83 b	0.87 e	1.68 d	0 c	0 d	0 c	0 c
BM+I	1.28 b	3.22 c	0.87 e	1.93 d	0 c	0.44 c	0 c	0.63 b
BM+U	1.6 a	4.58 b	1.37 b	2.74 c	0 c	0 d	0 c	0 c
BM+U+I	1.19 b	5.64 a	1.46 a	2.97 c	0 c	0.97 a	0 c	0.6 b
BM+C	1.47 ab	5.78 a	1.29 c	5.04 a	0.38 a	0.67 b	1.31 a	1.32 a
BM+C+I	1.18 b	5.47 a	1.19 d	4.16 b	0.34 b	0.48 c	1.22 b	1.29 a
CV (%)	8.53	2.36	8.53	2.87	3.91	4.15	5.21	3.63
Contraste por fuente nitrogenada (P de F)								
T vs U y C	>0.5639	<0.0001	<0.001	<. 0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
U vs C	>0.9413	< 0.0001	<0.001	< 0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Contraste por inóculo (P de F)								
Con I vs sin I	<0.0005	0.0002	>0.811	< 0.021	0.001	<0.001	0.013	<0.001

*= testigo (bagazo de manzana sin fuente nitrogenada ni inóculo); BM= bagazo de manzana; I= inóculo; U= urea; C= cerdaza; abcde; tratamientos con diferente letra representan medias estadísticamente diferentes (Tukey $p < 0.05$); CV= coeficiente de variación; P de F= valor de probabilidad; [±]Inicio y final, 0 y 45 d después de fermentación.

Por otra parte, el incremento de ácido butírico en BM+U+I y BM+I durante la fermentación (de 0.6 y 0.63 mol 100 mol⁻¹), podría representar cierta contaminación por bacterias *Clostridium* spp. en estos tratamientos (Leupp *et al.*, 2006; Bautista *et al.*, 2007). Por lo contrario, las proporciones de ácido butírico de BM, BM+U, BM+C y BM+C+I no cambiaron a través del tiempo de fermentación, sugiriendo que los contenidos finales de ácido butírico de BM+C y BM+C+I mayores a los deseables, Guedes *et al.* (2012), se relacionaron al contenido inicial del ácido en la C más que al crecimiento de bacterias *Clostridium* spp.

Conclusiones

En el presente estudio el proceso de ensilaje de BM incrementó la PC y en algunos casos disminuyó el pH a valores comparables a los de otros tipos de ensilado más convencionales como el del maíz, además, los incrementos de ácidos láctico y acético de BM ensilado indican que tiene estabilidad necesaria para ser incluido como ingrediente en dietas de rumiantes. Principalmente, añadir C al ensilar BM podría ser una alternativa para mejorar su calidad, con el fin de ser utilizado en dietas sin afectar negativamente la salud o el comportamiento productivo de ganado de leche y carne.

Literatura citada

Ajila, C. M.; Sarma, S. J.; Brar, S. K.; Godbout, S.; Cote, M.; Guay, F.; Verma, M. and Valéro, J. R. 2015. Fermented apple pomace as a feed additive to enhance growth performance of growing pigs and its effects on emissions. *Agriculture*. 5(2):313-329.

- Association of Official Agricultural Chemists. 2002. AOAC 990.03-2002. Protein (crude) in animal feed. Combustion met. AOAC Official Method Official Methods and Recommended Practices. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=1983.
- Association of Official Agricultural Chemists. 1999. AOAC 930.15-1930. Loss on drying (Moisture) for feeds. AOAC Official Method Official Methods and Recommended Practices. http://www.aocofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&products_id=2702.
- Barrena, G. y Jiménez, J. 2013. Mezclado de alimento balanceado con inclusión de ensilado de cerdaza. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Publicación impresa en los talleres gráficos CMYK. Desplegable para productores núm. 45. 2 p.
- Bautista, T. G. U.; Oliva, L. M. A.; Ruiz, S. B.; Mendoza, N. P.; Cobos, P. M. A.; Pérez, S. M. y Gutiérrez, M. F. 2007. Ensilado de maíz (*Zea mays* L.) usando bacterias productoras de ácido láctico aisladas de la propia planta. *Quehacer científico*. 4:18-22.
- Becerra, A.; Rodríguez, C.; Jiménez, J.; Ruiz, O.; Elías, A. y Ramírez, A. 2008. Urea y maíz en la fermentación aeróbica de bagazo de manzana para la producción de proteína. *Tecnoci. Chih.* 1(2):7-14.
- Cherney, J. H. and Cherney, D. J. R. 2003. Assessing silage quality. *In*: Buxton, D. R.; Muck, R. E.; Harrison, J. H. (Eds.) *Silage Science and Technology*. Madison: American Society of Agronomy; Wisconsin: Crop Sci. Society of America. 141-198 pp.
- Erwin, E. S.; Marco, G. J. and Emery, E. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1771.
- Guedes, K. A.; Junqueira, V. S. D.; De Paula, L. F.; Monteiro, C. P.; Oliveira, F. L.; Pessanha, T. W. and Raimundi A. V. 2012. Yield and quality of silage of maize hybrids. *Rev. Bras. Zoot.* 41(6):1539-1544.
- Huntanen, P.; Jaakkola, S. and Nousiainen J. 2013. An overview of silage research in Finland: from ensiling innovation to advances in dairy cow feeding. *Agric. Food Sci.* 22:35-56.
- Kolver, E. S.; Roche, J. R.; Miller, D. and Densley, R. 2001. Maize silage for dairy cows. *Proc. New Zealand Grassl. Assn.* 63:195-201.
- Leupp J. L.; Encinias, A. M.; Bauer, M. L.; Caton, J. S.; Gilbery, T. C.; Carlson, J. and Lardy, G. P. 2006. Ensiling properties of wet sugarbeet pulp and the addition of liquid feedstuffs or urea. *J. Sugar Beet Res.* 3(43):85-97.
- Madrid, J.; Martínez, T. A.; Hernández, F. and Megías, M. D. 1999. A comparative study on the determination of lactic acid in silage juice by colorimetric, high-performance liquid chromatography and enzymatic methods. *J. Sci. Food Agric.* 79:1722-1726.
- Mirzaei, A. A.; Maheri, S. N.; Mansouri, H.; Razeghi, M. E.; Shayegh, J. and Aghajanzadeh, G. A. 2011. Evaluating nutritional value of apple pomace for ruminants using *in vitro* gas production technique. *Ann. Biol. Res.* 2(1):100-106.
- Nkosi, B. D.; Meeske, R.; Langa, T. and Thomas, R. S. 2011. Effects of bacterial silage inoculant on whole-crop maize silage fermentation and silage digestibility in rams. *South Afr. J. Anim. Sci.* 41:350-359.
- Rodríguez, M. C.; Díaz, D.; Salvador, F.; Alarcón, A.; Ruiz, O.; Arzola, C. and Jiménez, J. 2006. Effect of level of urea and soybean meal at solid state fermentation of apple by-products. *Proceedings, Western Section. American Society of Anim. Sci.* 57:328-330.
- Schroeder, J. W. 2013. Silage fermentation and preservation. NDSU Extension Service: AS1254.

- SIAP (Sistema de Información de Agentes Promotores). 2014. Cierre de la producción por estado. Revisado el 03 de marzo del 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado>.
- Skládanka, J.; Mikyska, F.; Dolezal, P.; Seda, J.; Havlíček, Z.; Mikel, O. and Hosková, S. 2012. Effect of the technology of the additional sowing of drought-resistant clover-grass mixture and silage additives on fermentation process quality and nutritive value of baled grass silages. *Afr. J. Agric. Res.* 7(2):325-333.
- SAS (Statistical Analysis System). 2002. SAS version 9.0. Institute, Inc., Cary, N. C. USA.
- Tiwari, S. P.; Narag, M. P. and Dubey, M. 2008. Effect of feeding apple pomace on milk yield and milk composition in crossbred (Red Sindhi x Jersey) cow. *Liv. Res. for Rural Dev.* 4(29):293-297.
- Weinberg, Z. G. and Ashbel, G. 2003. Engineering aspects of ensiling. *Biochem. Eng. J.* 13:181-188.
- Weinberg, Z. G.; Ashbell, G.; Hen, Y.; Azrieli, A.; Szakacs, G. and Filya, I. 2002. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 28:7-11.