

OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE CO-DIGESTIÓN ANAEROBIA DE PURÍN DE CERDO A PARTIR DE SUBPRODUCTOS AGRÍCOLAS COMO CO-SUSTRATOS Y HECE DE VACUNO COMO CO-INÓCULO

Morazán, H., Seradj, A.R., Hermida, B., Álvarez-Rodríguez, J., Babot, D. y Balcells, J.
Universidad de Lleida. 25198 Lleida. España. E-mail: balcells@prodan.udl.cat

INTRODUCCIÓN

La digestión anaerobia y controlada de las deyecciones ganaderas es un proceso idóneo para, i) aprovechar energéticamente dicho residuo y ii) reducir la emisión de gases nocivos (NH_3) y con efecto invernadero (GEI; CH_4 y N_2O). Entre las deyecciones destaca, por su importancia, el purín de cerdo en aquellas regiones con una elevada concentración de explotaciones porcinas (por ejemplo, Cataluña y Aragón). El potencial del purín como sustrato para la fermentación anaerobia es bajo, presenta un escaso contenido en sólidos volátiles (2-5%) y un alto contenido en N-amoniaco y agua. Por ello su rendimiento en biogás no excede de los 18 m^3 por Tm (Flotats, 2010). No obstante, dicho rendimiento puede ser mejorado complementando sus características fermentativas con otros residuos/subproductos agroindustriales. La co-digestión permite aprovechar sinérgicamente las características químicas de cada residuo/subproducto y mediante la implantación de sistemas específicos de gestión integral de residuos, ésta permitiría optimizar el aprovechamiento energético de las deyecciones (Flotats et al., 2001). Las zonas agrícolas generan grandes cantidades de residuos orgánicos en sus diferentes ámbitos (cultivo, mercado, transformación) susceptibles de ser utilizados en procesos de mecanización siempre que lo permitan sus características químicas.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar "in vitro" el potencial de algunos subproductos agrícolas (paja de cereal, pulpa de remolacha y manzana) como co-sustratos en la fermentación anaerobia del purín cuando dicho sustrato es co-inoculado con heces de vaca.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se diluyeron muestras de purín (inóculo) (10 % materia seca (MS)), elaborado con muestras de heces y orina, en una solución tampón (Theodorou et al., 1994) (20:80, 40:60 y 60:40, en 60 ml) para obtener tres tipos homogéneos de purín con diferentes concentraciones de MS (2, 4 y 6%, respectivamente). Como co-sustrato se utilizaron 600 mg/botella de tres subproductos: paja de cereales, pulpa de remolacha y de manzana. Finalmente se añadió como co-inóculo heces liofilizadas y molidas de vacuno lechero en cantidad variable (5 y 10 %, respectivamente) en función de la MS del purín. El diseño experimental fue un 3x3x2 (3 niveles de MS en el purín x 3 subproductos x 2 niveles de co-inóculo). Las heces y orina procedían de 4 hembras gestantes y se obtuvieron mediante colección directa del ano y masaje vulvar. Las heces se pesaron y mezclaron de forma proporcional y tras su homogeneización se muestrearon y almacenaron en recipientes sellados durante 24 horas a 4°C. Tanto en el purín artificial, como los co-sustratos e inóculos se analizaron su concentración de materia orgánica (MO) (550°C/ 3 horas).

La incubación se realizó según el proceso descrito por Theodorou et al. (1994). Para ello, en condiciones de anaerobiosis se preparó la solución tampón y se mezcló inicialmente con el purín, manteniendo el medio en agitación constante (flujo burbujeante de CO_2 y un indicador del nivel de reducción) y a una temperatura constante (39 ± 1 °C). Una vez preparado el medio de incubación se trasvasó, manteniendo las condiciones, a las botellas de incubación (60 ml) que habían sido llenadas previamente con las cantidades correspondientes de co-sustrato y co-inóculo. Se procedió también al llenado de los blancos. Se definieron como blancos la botellas que contenían una de las siguientes combinaciones, i) sólo solución tampón, ii) tampón+purín y iii) tampón+purín+co-inóculo. Realizada esta operación, se procedió a sellar las botellas mediante séptum de butilo y cápsulas de aluminio en presencia de flujo de constante de CO_2 , se liberó la presión, y tras su agitado se procedió a iniciar la incubación en estufa a 39 ± 1.0 °C.

Durante la totalidad del ciclo de fermentación (49 días) se determinó la producción de gas a partir de la presión (TP704DELTA OHM, Caselle di Selvazzano, Italia) en el espacio de cabeza, las determinaciones se realizaron diariamente los primeros 7 días, 2 veces por semana los siguientes 21 días, para finalizar con mediciones semanales. En cada muestreo, se determinó la presión, se liberó el gas y una vez restaurada la presión en el espacio de

cabeza se procedió a obtener las muestras de metano (CH₄) (el muestreo se realizó manualmente mediante jeringuillas de 0,5 ml de precisión) y determinar su proporción en el biogás producido. El análisis de CH₄ se realizó semanalmente y su composición se determinó en 0,1 ml de gas inyectado en una columna de conductividad térmica (Agilent Technologies 7890A, Net Work GC System, Perkin Elmer, Boston, EEUU).

Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU), utilizando un modelo mixto de medidas repetidas que consideró el tipo de purín, la dosis de co-inóculo, el tipo de co-sustrato y el día de incubación como efectos fijos, y la botella como efecto aleatorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta la producción acumulada de CH₄ a lo largo del período de incubación. Dicha producción se vio afectada por la concentración inicial del purín (Figura 1a, P<0,001), siendo superior en purines con concentraciones de MS 4 y 6% que en los purines con un 2% MS (P<0,05). En el caso de la producción de gas, esta diferencia fue significativa a partir del día 14 de incubación, mientras que la diferencia en la producción de metano lo fue a partir del día 21. El aumento en la concentración de sólidos volátiles en la digestión anaerobia mejora la producción de CH₄ (Møller, 2003), siempre que dicho incremento no comprometa la movilidad y actividad de las bacterias metanogénicas (Santianes et al., 2009) y ello podría justificar las escasas diferencias registradas entre los niveles más concentrados (4 y 6 % MS).

La utilización de un co-inóculo (heces de vaca) mejoró proporcionalmente la producción de gas (P<0,001) Así, la producción media acumulada fue de 524,9±24,2, 620,3±10,3 y 699,9±10,3 ml biogás/g MO sustrato, para niveles de inclusión de co-inóculo de 0, 5 y 10 % respectivamente. Por el contrario, la producción acumulada de metano únicamente mejoró cuando el co-inóculo se suplementó con niveles de inclusión del 10% (185,4±9,2 ml CH₄/g MO sustrato, P<0,05), mientras que no se observaron diferencias significativas entre la no inclusión de co-inóculo y la adición de un 5% de co-inóculo (125,6±21,6 vs. 158,9±9,2 ml CH₄/g MO sustrato, P>0,05). En ambos casos, la respuesta fue independiente de la concentración del purín (interacción MS purín x nivel de co-inóculo P>0,05).

La utilización de co-sustratos mejoró la producción acumulada de gas y de metano a lo largo del período de incubación (Figura 1b, P<0,001). A los 7 días de incubación, la producción de biogás fue superior con la pulpa de manzana y remolacha en relación a los valores registrados con la paja y el blanco (purín+co-inóculo) (149,4±30,1 y 231,8±30,1 vs. 75,2±30,1 y 26,2±23,6 ml biogás/g MO sustrato, respectivamente; P<0,05).

A partir del día 14 de incubación la producción de biogás a partir de la paja como co-sustrato igualó la producción de la pulpa de manzana (P>0,05), mientras que los niveles de producción con la pulpa remolacha fueron superiores al resto (P<0,05). El efecto de la utilización de co-sustratos ricos en energía sobre la mejora en la producción de biogás ha sido documentado previamente (Umetsu et al., 2006) y se explicaría por la elevada capacidad tampón y variedad en nutrientes del purín, que favorecería el crecimiento microbiano, compensando las deficiencias en nitrógeno del co-sustrato (Panichnumsin et al., 2010).

La producción de CH₄ mejoró con la adición de los co-sustratos a partir del día 21 de incubación (Figura 1; P<0,05), aunque no se observaron diferencias entre los diferentes tipos de co-sustratos utilizados (P>0,05). Por otra parte, dicha respuesta estuvo condicionada por la concentración de MS del purín (interacción MS purín x tipo de co-sustrato P<0,05). Así, la producción de ambos, biogás y metano, fue superior en los purines con mayores concentraciones de MS (4 y 6% vs 2 % de MS; P<0,05). Sustratos como las pulpas aportarían carbohidratos rápidamente hidrolizables, lo que permitiría una respuesta más rápida en la producción de metano. No obstante, la presencia de elevadas concentraciones de sólidos volátiles por la adición de sustratos altamente fermentables (mandioca o patata) pueden reducir la capacidad tampón del medio y la concentración de N-amoniaco, limitando los procesos de fermentación microbiana (Kaparaju y Rintala, 2005; Panichnumsin et al., 2010)

La adición de los sub-productos objeto del presente estudio mejoró de forma significativa la producción de metano resultante del proceso de co-digestión anaerobia del purín. Esta respuesta mostró una relación negativa con la dilución del purín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Flotats, X., 2010. Suis 72: 22-29 • Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J., Bonmatí, X., 2001. Porci 65: 51-65. • Kaparaju, P., Rintala, J., 2005. Resources, Conservation and Recycling 43: 175-188. • Møller, H., 2003. Technical University of Denmark. PhD Thesis, 81 pp. • Panichnumsin, P., Nopharatana, A., Ahring, B., Chaiprasert, P., 2010. Biomass and Bioenergy 34: 1117-1124. • Santianes, J., Sánchez, F., Crespo, G., Fernández, S., 2009. Informe de Vigilancia Tecnológica, Fundación Madri+d para el Conocimiento (Ed.), 111 pp. • Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., France, J., 1994. Animal Feed Science and Technology 48: 185-197. • Umetsu, K., Yamazaki, S., Kishimoto, T., Takahashi, J., Shibata, Y., Zhang, C., Misaki, T., Hamamoto, O., Ihara, I., Komiyama, M., 2006. The 2nd International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture. Zurich, Switzerland, pp. 307-310.

Agradecimientos: Estudio financiado por el MCINN (proyecto AGL2010-20820). H. Morazán y A.R. Seradj disfrutaron de becas MAEC-AECID 2010-2011 y AGAUR FI-DGR 2011, respectivamente.

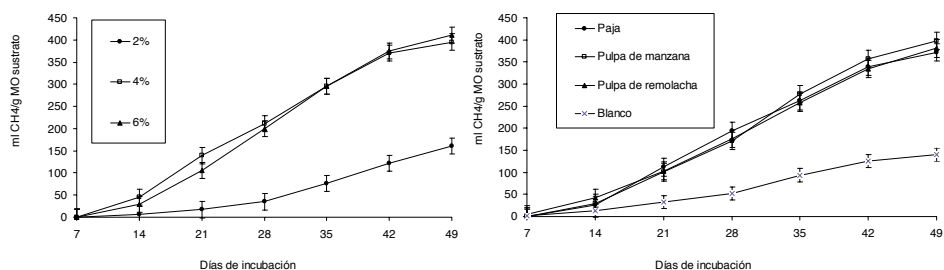


Figura 1. (a) Producción acumulada de CH₄ en purín de cerdo con 2, 4 o 6% de concentración de MS. (b) Producción acumulada de CH₄ a partir de co-digestión de purín de cerdo con paja de cereal, pulpa de manzana o pulpa de remolacha como co-sustratos.

OPTIMIZATION OF ANAEROBIC CO-DIGESTION PROCESS OF PIG SLURRY FROM AGRICULTURAL BY-PRODUCTS AS CO-SUBSTRATES AND COW FAECES AS CO-INOCULUM

ABSTRACT: Anaerobic fermentation of the slurry allows for, i) Taking advantage of waste energy and ii) Reduce the emission of harmful (NH₃) and greenhouse gases (e.g. CH₄ and N₂O). Generation of pig slurry, in those areas with a high concentration of pig farms (e.g. Catalonia and Aragon), became an environmental problem but also constitute abundant resource for energy-recycling. The slurry potential as a substrate for anaerobic fermentation is low, however this performance can be improved by synergic combination with other substrate as agro-industrial by-products. The objective of the present assay was to study the in vitro potential of some local by-products (i.e. wheat straw, apple pulp and sugar beet pulp) as a co-substrate and ruminant faeces as co-inoculum to optimize CH₄ under anaerobic fermentation. The use of referred co-substrates improved significantly biogas and CH₄ production although a negative relationship between methane production and slurry dilution was detected (4 and 6% vs. 2% slurry DM, P < 0.05).

Keywords: swine, anaerobic fermentation, methane production