

Evaluation of the operation of continuously stirred tank reactors (CSTR) for the anaerobic co-digestion of broiler litter and laying hen manure.

Evaluación la operación de reactores continuos de mezcla completa (CSTR) para la codigestión anaerobia de camas de crianza de pollo y gallinaza.

Guillermo Zinola^{1,2}, Claudia Etchebehere²

¹Departamento de Sostenibilidad Ambiental, Universidad Tecnológica del Uruguay (UTEC), Uruguay.

²Laboratorio de Ecología Microbiana, Departamento de Bioquímica y Genómica Microbiana, Instituto de Investigaciones Biológicas Clemente Estable (IIBCE), Uruguay.

guillermo.zinola@utec.edu.uy, cetchebehere@iibce.edu.uy

Español

Palabras clave: residuos de granjas avícolas; codigestión anaeróbica; potencial bioquímico de metano; escalado del proceso.

La producción de avícola en Uruguay se concentra en el sur del país, donde la producción de huevos y pollos generan el 26% de los residuos agroindustriales, siendo los principales la Cama de Crianza (CC) y Gallinaza (GA), alcanzando 81.000 y 3.300 tonST/año, respectivamente (Benzano, 2016). Si bien los residuos sólidos han sido utilizados como fertilizante han generado la sobrecarga de nutrientes en la cuenca. En este contexto, se plantea la valorización de CC y GA mediante digestión anaerobia (DA) para la producción de biogás y digestato. La estrategia de investigación consiste en evaluar la viabilidad tecnológica, económica y ambiental de la implementación de proyectos centralizados de codigestión anaerobia (CoDA) de estos residuos.

Con el objetivo de evaluar la producción máxima de energía se evaluó el Potencial Bioquímico de Metano (PBM) de la CC, la GA y de la mezcla de CC y GA en la proporción en la que son generados a nivel nacional (24:1 en ST). Con el objetivo de escalar el proceso se estudio el desempeño de la DA en reactores operados en régimen continuo. Para esto, se evaluó el comportamiento de 6 reactores continuos de 2 L (BRS Bioprocess Control) alimentados durante 176 días con CC, GA y CC:GA (24:1). El objetivo de determinar las condiciones de operación que logren la mayor producción de metano (CH_4) en el menor volumen posible. Los reactores fueron operados con un Tiempo de Retención Hidráulico (TRH) constante de 20 d y aumentando progresivamente la Carga Orgánica Volumétrica (COV). El proceso fue monitoreado mediante la medición del volumen de biogás generado y determinación de pH, ST, SV, FOS/TAC y NH_4^+ en el digestato. Se establecieron 3 estados estacionarios definidos por COV de 1, 2 y 3 kgSV/m³.d en los que se determinaron además la concentración de CH_4 , la composición fisicoquímica del digestato (DQO, PT, NT, ácidos grasos volátiles y macro y micronutrientes), la presencia de patógenos y resistencia a antibióticos, así como la composición de la comunidad microbiana.

Durante todo el ensayo, se observaron valores adecuados de pH (6.94 a 7.94), FOS/TAC (menores a 0.3), NH_4^+ (200 a 1151 mgN- NH_4^+ /L), NH_3 (52 a 74 mgN- NH_3 /L) según lo reportado para este tipo de procesos (Mezes et. al., 2011; Dai et al., 2016; Guebitz et al., 2015; Yenigün and Demirel, 2013). Los máximos rendimientos de metano (RCH_4) se obtuvieron a COV = 1 kgSV/m³.d (CC: 106 NLCH₄/kgSV, GA: 229 NLCH₄/kgSV, CC:GA: 103 NLCH₄/kgSV), los que se descendieron cuando la carga aumentó a 2 kgSV/m³.d (CC y GA: 23%, CC:GA: 17%). Al aumentar la COV a 3 kgSV/m³.d, el RCH_4 se mantuvo similar en los reactores de GA (184 NLCH₄/kgSV), mientras que los que contenían CC y CC:GA dejaron de producir CH_4 progresivamente a partir del día 100. Se supone que la baja degradación de la CC, evidenciado por la acumulación de sólidos en los reactores al finalizar el ensayo, determinó la reducción del 40% del volumen efectivo de reacción

resultando en la reducción del TRH y aumento de la COV. En consecuencia, el máximo RCH_4 para la GA fue del 88% del BMP, mientras que para la CC y CC:GA fue realmente bajo (28% y 37% respectivamente).

English

Keywords: Poultry farm wastes; anaerobic co-digestion; BMP; CSTR

Poultry production in Uruguay is concentrated in the southern region of the country, where egg and broiler production generate 26% of agro-industrial waste. The main residues produced in poultry farms are broiler litter (BL) and laying hen manure (LHM), reaching 81,000 and 3,300 tonTS/year, respectively (Benzano et al., 2016). Although the solids wastes have been used as fertilizer in the region, the excessive application and lack of prior stabilization generated the overload of nutrients in the water basin where the poultry production is concentrated. In this context, the valorization of BL and LHM through anaerobic digestion (AD) is proposed to produce biogas and digestate. The research strategy consists of evaluating the technological, economic, and environmental feasibility of implementing centralized anaerobic co-digestion (CoAD) projects using these residues.

In order to assess maximum energy production, the Biochemical Methane Potential (BMP) of BL, LHM, and their mixture at the nationally generated ratio (24:1 in TS) was evaluated. To evaluate the technology in full-scale centralized plants, the performance of AD was studied in reactors operated under continuous flow conditions. Specifically, six continuous stirred-tank reactors with 2 L of effective volume (BRS Bioprocess Control) were fed over 176 days with BL, LHM, and the BL:LHM mixture (24:1). The aim was to determine the operating conditions that yield the highest methane (CH_4) production with minimal reactor volume. Reactors were operated at a constant Hydraulic Retention Time (HRT) of 20 days with a progressive increase in Organic Loading Rate (OLR). Process monitoring included biogas volume measurement and digestate analysis of pH, TS, VS, FOS/TAC, and NH_4^+ . Three steady states were established corresponding to OLRs of 1, 2, and 3 $kgVS/m^3 \cdot d$, where the CH_4 concentrations, the digestate characterization (COD, TP, TN, volatile fatty acids, macro- and micronutrients), pathogen, antibiotic resistance, and microbial community composition were also determined.

Throughout the assay, pH (6.94 - 7.94), FOS/TAC (< 0.3), NH_4^+ (200 - 1151 $mgN-NH_4^+/L$), and NH_3 (52 - 74 $mgN-NH_3/L$), were in the reported ranges for these type of processes (Mezes et al., 2011; Dai et al., 2016; Guebitz et al., 2015; Yenigün and Demirel, 2013). Maximum methane yields (YCH_4) were obtained at OLR = 1 $kgVS/m^3 \cdot d$ (BL: 106 $NLCH_4/kgVS$, LHM: 229 $NLCH_4/kgVS$, BL:LHM: 103 $NLCH_4/kgVS$), which decreased as the load increased to 2 $kgVS/m^3 \cdot d$ (BL and LHM: 23%, BL:LHM: 17%). When the OLR was raised to 3 $kgVS/m^3 \cdot d$, RCH_4 remained similar in the LHM reactors (184 $NLCH_4/kgVS$), while those containing BL and BL:LHM progressively ceased CH_4 production after day 100. It is presumed that the poor degradation of BL, evidenced by the accumulation of solids in the reactors at the end of the assay, led to a 40% reduction in effective reaction volume, thereby reducing HRT and increasing OLR. As a result, the maximum RCH_4 for LHM was 88% of its BMP, while for BL and BL:LHM it was considerably lower than these BMP results (28% and 37%, respectively).

Mézes, L., Györgyi, B., Erika, S., Mihály, P., János, B., János, T. (2011). Novel approach on the basis of FOS/TAC method. International Symposia "Risk Factors for Environment and Food Safety", "Natural Resources and Sustainable Development" and "50 Years of Agriculture Research in Oradea".

- Dai, X., Yan, H., Li, N., He, J., Ding, Y., Dai, L., Dong, B., 2016. Metabolic adaptation of microbial communities to ammonium stress in a high solid anaerobic digester with dewatered sludge. *Nat. Publ. Gr.* 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep28193>
- Guebitz, G.M., Bauer, A., Bochmann, G., Gronauer, A., Weiss, S., 2015. Biogas Science and Technology, *Biogas Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21993-6>
- Yenigün, O., Demirel, B., 2013. Ammonia inhibition in anaerobic digestion: A review. *Process Biochem.* 48, 901–911. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.04.01>.