

Codigestión anaerobia de estiércol de vacuno y suero de quesería

Noelia Muñoz Soler¹, Carlos Rico de la Hera², Jose Luis Rico Gutiérrez^{1*}(rico@unican.es).

¹Dpto. Química e Ingeniería de Procesos y Recursos. Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros s/n 39005. Santander

²Dpto Ciencias y Técnicas de Agua y Medio Ambiente. Universidad de Cantabria. Avda. de los Castros s/n 39005. Santander

Resumen

El suero de quesería es considerado el contaminante más importante de la industria láctea y un problema medioambiental a resolver. El objetivo de este estudio fue estudiar la codigestión de suero de quesería con la fracción líquida de estiércol de vacuno, que aportase alcalinidad en un reactor de baja carga CSTR y otro de alta carga UASB. En el reactor CSTR se llevó a cabo la codigestión del suero (S) con la fracción líquida tamizada del estiércol (FLT). Operando con una relación S/FLT 65/35 y un THR de 13,1 días, se alcanzó, sin acumulación de AGV; una VCO de 4,13 kg DQO m⁻³ d⁻¹ y 0,931 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³.d⁻¹. En el reactor UASB, el cosustrato del S fue la fracción líquida tamizada y floculada del estiércol (FLTF), Para un THR de 1.44 días con una relación en S/FLTF de 60/40, se alcanzó una VCO de 26,0 kg DQO m⁻³ d⁻¹ y 8,66 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³ d⁻¹. El porcentaje de CH₄ en el biogás, entre 70 y 53 %, disminuyó al aumentar el porcentaje de suero en ambos sistemas.

Abstract

Cheese whey is considered the most important pollutant in dairy wastewaters and an environmental trouble to solve. The aim of the present work was to study the anaerobic co-digestion of cheese whey with liquid fractions of dairy manure that provide alkalinity to the process in a low load CSTR digester and in a high load anaerobic reactor (UASB). Co-digestion process of whey (W) in CSTR was carried out with the screened liquid fraction of manure (SLF) as co-substrate. Operation with W/SLF ratio of 65/35 and a HRT of 13.1 days with an applied organic loading rate (OLR) of 4.13 kg COD m⁻³ d⁻¹ a volumetric methane production rate of 0.931 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³ d⁻¹ was stably reached without VFA accumulation. For the UASB process, the SLF was subjected to flocculation obtaining a screened flocculated liquid fraction (SFLF) that was used as co-substrate. Under 1.44 days HRT with a ratio S/SFLF of 60/40 an OLR of 26.0 kg COD m⁻³ d⁻¹ was applied, reaching a methane yield of 8.66 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³ d⁻¹. The percentage of CH₄ in biogas decreased with the increasing content of whey in the substrate in both systems, which ranged between 70 and 53%.

INTRODUCCION

Aproximadamente la mitad de los 115 millones de toneladas de suero producidas anualmente en todo el mundo son eliminadas en el terrenos o vertidas en los cauces de agua (Saddoud et al., 2007). En Cantabria de las 15.600 toneladas producidas anualmente, solamente el 42,6% fueron gestionadas adecuadamente.

La aplicación del proceso anaerobio al suero de quesería puede producir la energía calorífica y eléctrica necesarias en una industria quesera (Spachos and Stamatis, 2011). A pesar de su alta biodegradabilidad el suero de quesería es un substrato bastante problemático debido a la falta de alcalinidad. Dado que la materia orgánica está en forma soluble la etapa limitante es la metanogénica, lo implica la posibilidad de la acumulación de ácidos grasos volátiles (AGV) que podría terminar con la capacidad buffer del medio, lo que podría conducir al fallo del proceso por acidificación.

La codigestión del suero de quesería con estiércol en reactores CSTR ha probado ser una solución porque el estiércol aportaría nutrientes y la capacidad buffer necesaria para la estabilidad del proceso (Bertin et al., 2013). Sin embargo, la utilización del

estiércol como cosustrato impediría utilizar reactores de alta carga anaerobios, que permiten trabajar con THR más bajos y reactores de menor volumen.

Cantabria tiene unas 280.000 cabezas de ganado vacuno, principalmente de producción láctea, clima húmedo que hace que la fracción líquida del estiércol sea responsable de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Con este objetivo Rico et al. (2007) desarrollaron un procedimiento para obtener una fracción líquida del estiércol sin materia en suspensión (SS), que pudo ser tratada en reactores de alta carga tipo UASB.

El objetivo general de este proyecto fue estudiar:

El efecto del porcentaje en masa de suero, el THR, la velocidad de carga orgánica en la eliminación de materia orgánica y la producción de biogás en el proceso de codigestión en una fase en condiciones mesofílicas de suero de quesería con la fracción líquida tamizada (FLT) del estiércol de vacuno en un reactor CSTR y con la fracción líquida tamizada y floculada (FLTF) del estiércol en un reactor UASB.

MATERIALES Y METODOS

Substratos

El suero (S) fue suministrado por Queserías la Fuente, localizada en Heras (Cantabria) y fue conservado a 5°C hasta su uso. El estiércol procedía de una granja con 550 cabezas de ganado, 350 en producción láctea. Fue transportado a la planta piloto "Tratamiento de Residuos de Ganado Vacuno" del IES "La Granja" (Heras). A partir del estiércol se obtuvo la FLT mediante un tamiz screw-press (Doda MS5CE, 0,8 mm), 0,8 mm), La FLTF fue obtenida a partir de la FLT mediante coagulación (FeCl_3), floculación (poliacrilamida catiónica) y centrifugación (Pieralisi Baby 2). En la Tabla 1 se presentan los valores medios y la desviación standard. En la Figura 1, se muestra el esquema de la instalación experimental para la codigestión de S con: a) FLT en un reactor CSTR; b) FLTF en un reactor UASB.

Tabla 1. Características del suero, FLT y FLTF del estiércol

Características	Suero	FLT	FLTF
ST (g L^{-1})	$55,1 \pm 1,9$	$43,2 \pm 4,8$	$10,4 \pm 1,5$
SV (g L^{-1})	$47,8 \pm 1,8$	$31,6 \pm 3,7$	$5,5 \pm 1,65$
DQO (g L^{-1})	$57,5 \pm 1,7$	$53,2 \pm 4,5$	$9,0 \pm 2,1$
DQO _{AGV} (g L^{-1})	0	$7,8 \pm 1,9$	$5,9 \pm 1,6$
NKT (g N L^{-1})	$1,12 \pm 0,27$	$2,4 \pm 0,2$	$1,36 \pm 0,18$
P _T (g P L^{-1})	$0,203 \pm 0,014$	$0,745 \pm 0,102$	$0,034 \pm 0,013$
AB (meq L^{-1})	0	112 ± 35	21 ± 8

El reactor CSTR era cilíndrico de PVC, con un volumen en la zona de reacción de 21 L, con un sistema de agitación interno, operó a 35°C, mediante recirculación de agua caliente por un serpentín interno. La alimentación y retirada del efluente se realizaba una vez al día. El reactor UASB era también cilíndrico de PVC, tenía un volumen en la zona de reacción de 8 litros. También operó a 35°C, mediante calefacción con una manta eléctrica y la alimentación fue en semicontinuo; para aportar alcalinidad al proceso se recirculó el efluente. Se utilizó un decantador externo de 3,2 L de volumen para conseguir un efluente sin SS y mejorar el rendimiento del sistema.

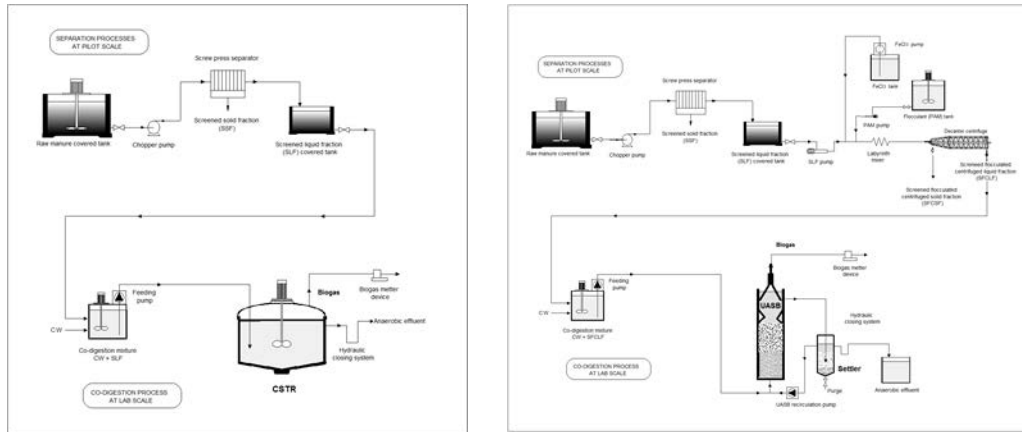


Figura 1.- Esquema instalación codigestión de suero de quesería con: a) FLT en un reactor CSTR y b) FLTF en un reactor UASB.

Resultados y discusión.

Reactor CSTR. - En el arranque del reactor se buscó el THR de operación. Para ello la alimentación del reactor fue una mezcla de S/FLT al 10/90, para THR de 20, 16, 12 y 10 días. Durante toda la experimentación se consideró que las condiciones de operación eran estables cuando se habían mantenido las condiciones de operación durante un periodo de tiempo igual al THR. En la Figura 2 se presenta la relación entre la velocidad de carga orgánica (VCO) y la producción volumétrica de metano en el reactor CSTR para los cuatro THR. En base al porcentaje de materia orgánica eliminada se escogió el THR de 16 días. Para encontrar el máximo % de S con el que se podía operar con condiciones estables, partiendo de una relación S/FLT 15/85 el porcentaje de suero fue aumentando de 10 en 10%, hasta alcanzar el 85%, porcentaje que para una codigestión se consideró suficientemente elevado y no fue aumentado. Los incrementos en el porcentaje de suero no supusieron incrementos significativos en la VCO alimentada al reactor; pero si conllevaron incrementos en la VCO eliminada y en la producción de metano. La VCO máxima alcanzada fue 3,79 kg DQO/m³.d, no se produjo acumulación significativa de AGV para ninguno de los porcentajes de suero estudiados. La máxima producción de metano fue 0,92 m³ CH₄ (CN)/ m³ d⁻¹. Para encontrar la máxima VCO de operación se comenzó a operar con la relación S/FLT 65/35 fija, reduciendo los THR .a 13.1, 11.4, 10.0 y 8.7 días. Para los tres últimos THR se fue produciendo un aumento en la acumulación de AGV en los efluentes al disminuir el THR, indicando que se había superado la capacidad de eliminación de materia orgánica del reactor CSTR. Para el THR de 8,7 días la DQO debida a los AGV alcanzó el valor de 2,60 g DQO_{AGV}/L. Para esta última condición de operación la VCO fue 6.82 kg DQO m⁻³ d⁻¹ y la producción volumétrica de metano 1,37 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³ d⁻¹. El porcentaje de CH₄ en el biogás estuvo entre 68,7 y el 53,0 % disminuyendo al aumentar el porcentaje de suero en la alimentación y la VCO.

Reactor UASB. También en el arranque se buscó el THR de operación con una relación S/FLTF de 10/90, para valores entre 4,6 y 2, días, considerando que se habían conseguido condiciones estables después de estar operando con las mismas condiciones durante tres veces el THR. Se eligió operar a un THR de 2,2 días. Se pasó entonces a operar aumentando el porcentaje de suero de 5 en 5%, hasta alcanzar el 55% de S, posteriormente los aumentos fueron del 10 en 10%, hasta alcanzar el 85%. Al pasar del 10 al 85% de suero, la VCO aumentó desde 6,8 hasta 20,9 kg DQO m⁻³ d⁻¹ y la producción de metano de 2,06 a 6,99 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³ d⁻¹. El sistema fue capaz de conseguir porcentajes de eliminación superiores al 94% en

DQO, excepto cuando el %S fue del 10% (91,2%). Operando con porcentajes de suero de 65, 75 y 85%, se produjo una flotación creciente de biomasa. No se observó acumulación de AGV en el efluente, excepto para el 85% de suero, en que se alcanzó 0,750g DQO_{AGV}/L. Para encontrar la máxima VCO eliminada se pasó a operar con un porcentaje fijo de S/FLTF del 60/40, reduciendo el THR de retención desde 2,2; 1,8; 1,65; 1,45; 1,3 y 1.2 días. La acumulación de AGV en el efluente fue inferior a los 0,300 g DQO_{AGV}/L, excepto para el THR de 1,2 días. Para este último THR se alcanzó una VCO de 30,5 kg DQO m⁻³ d⁻¹, la producción de 9,32 m³ CH₄ (CN)/ m⁻³ d⁻¹, eliminación del 88,3% de la DQO y la acumularon AGV en el efluente fue aumentando alcanzado después de siete días de operar con este THR una concentración de 3.26 g DQO_{AGV}/L, indicando que se había superado el potencial de eliminación de carga orgánica del reactor. El porcentaje de CH₄ en el biogás varió entre el 70,1 y 53,0 %, de acuerdo con lo expuesto para el CSTR.

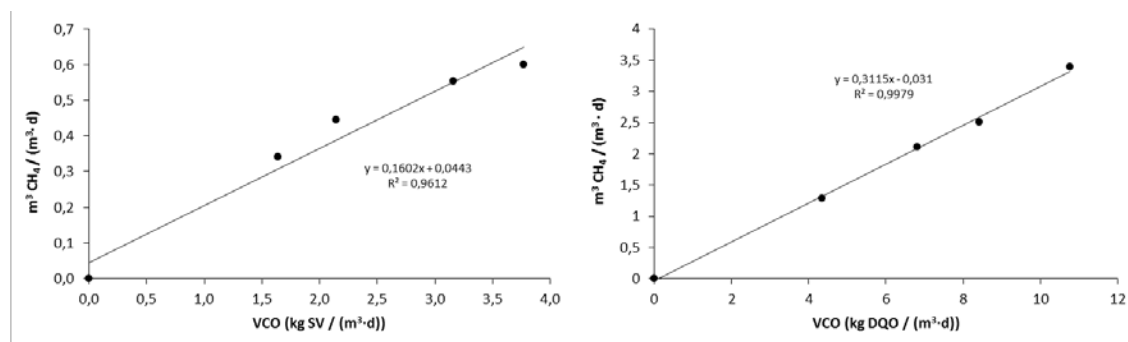


Figura 2.- VCO vs m³ CH₄(CN)/m⁻³.d⁻¹ codigestión 10% suero con: a) FLT en un reactor CSTR y b) FLTF en un reactor UASB.

Conclusiones.

Ha sido posible la codigestión, sin aporte externo de alcalinidad y nutrientes, de suero de quesería con FLTF en un reactor de alta carga UASB. Consiguiendo operar con THR nueve veces menor que en un reactor CSTR, y producciones volumétricas de metano nueve veces mayor. Cuando se alcanzó la capacidad máxima de eliminación de materia orgánica se produjo la acumulación de AGV en el efluente, pero no supuso la pérdida de estabilidad del proceso. El aumento en el porcentaje de suero supuso un aumento en la producción volumétrica de CH₄, pero un descenso en el porcentaje de CH₄ en el biogás.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido financiado mediante el Proyecto I+D+i CTM 2011-28042, cofinanciado con Fondos FEDER.

Bibliografía.

- Bertin L., Grilli, S. Spagni A., Fava F., 2013. Innovative two-stage anaerobic process for effective codigestion of cheese whey and cattle manure. *Bioresource Technology* 128, 779-783.
- Rico, J.L., García, H., Rico, C., Tejero, I. 2007 Characterisation of solid and liquid fractions of dairy manure with regard to their component distribution and methane production. *Bioresource Technology* 98(5), 971-979.
- Saddoud, A., Hassaïri, I., Sayadi, S. 2007 Anaerobic membrane reactor with phase separation for the treatment of cheese whey. *Bioresource Technology* 98(11), 2102-2108.
- Spachos, T., Stamatis, A., 2011- Thermal analysis and optimization of an anaerobic treatment system of whey). *Renewable Energy*, Volume 36 2097-2105.