

Inhibidores del proceso anaerobio: compuestos utilizados en porcicultura

Georgina Fernández Villagómez¹, Elizabeth Vázquez Borges² y Pedro Martínez Pereda¹

RESUMEN

Este artículo describe la importancia de algunas sustancias presentes en las aguas residuales de las granjas porcícolas, para ser sometidas al proceso de degradación anaerobia. La tecnología anaerobia presenta ventajas potenciales respecto a la tecnología aerobia para el tratamiento de este tipo de desechos. El tipo de alimentación suministrada a los cerdos, las operaciones unitarias propias de una granja porcícola, los aditivos alimenticios y los medicamentos suministrados a los animales, permiten una amplia variación en las características cualitativas y cuantitativas de los desechos generados en esta actividad. Todos estos componentes podrían modificar, generalmente inhibiendo, el desarrollo del proceso anaerobio.

Planteamiento del problema

La utilización de la tecnología anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales porcícolas tiene amplias perspectivas de ser utilizada, en especial en climas templados, el ahorro de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los compresores de una estación aerobia, es una de las principales razones. Sin embargo, existen diversas sustancias que provocan un efecto tóxico en el proceso de degradación anaerobia, principalmente antibióticos y metales; los antibióticos por ser ampliamente utilizados en las granjas porcícolas y algunos aditivos que se incorporan a los alimentos de los cerdos. La magnitud de estos efectos depende de la concentración del material en la digestión, pudiendo tener en algunos casos un efecto benéfico cuando las concentraciones son bajas. Los desechos porcícolas constan de dos componentes: el sólido (heces) y el líquido (orina). El conocimiento de las propiedades de esos componentes y de la mezcla de ambos es necesario para desarrollar el método más adecuado de tratamiento y manejo de esos desechos.

Las propiedades de los desechos porcícolas

puede clasificarse como físicas, químicas y biológicas; las características físicas y químicas son afectadas por la fisiología (tamaño, edad, raza) de los animales y los alimentos (contenido de proteína y fibra) y el ambiente (temperatura y humedad). Las características biológicas (tipo y cantidad de microorganismos presentes) pueden modificarse por la adición de antibióticos, al limitar éstos el crecimiento microbiológico. Las características microbiológicas de los desechos porcícolas pueden verse afectadas por la utilización de antibióticos, ya sea que se encuentre presente en los alimentos o que sean aplicados directamente al cerdo. Este hecho modifica en especie y cantidad a los microorganismos, situación que puede reflejarse en la efectividad de los sistemas de tratamiento biológicos (ASA, 1993; Borja, 1992; Caselli, 1971; Cunha, 1980; García, 1990)

Efectos durante el proceso anaerobio

Un aumento de compuestos tóxicos en el biodigestor puede elevar la inactividad de los microorganismos anaerobios que es rápidamente detectada por la reducción en la producción del biogás

¹ División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM.

² Facultad de Ingeniería, UADY. (vborges@tunku.uady.mx)

y por un aumento de los ácidos volátiles del proceso. Si el aumento de los compuestos tóxicos es lento y adecuadamente controlada se puede adaptar el proceso a concentraciones sorprendentemente elevadas de sustancias tóxicas. Solamente la fracción soluble de las sustancias provoca efectos tóxicos (De Souza, 1984; Soubes, 1994; Soto et al, 1992). El efecto de sustancias tóxicas o inhibitorias en el proceso anaerobio altera la cinética de degradación de la materia orgánica. La magnitud del efecto depende de la naturaleza y concentración de la sustancia inhibitoria. Las sustancias tóxicas pueden estar presentes todo el tiempo en el desecho alimentado o llegar al proceso intermitentemente, en ambos casos se altera la cinética natural de degradación. El efecto de estos compuestos tóxicos se refleja en la respuesta del reactor, las concentraciones de DBO en el efluente pueden llegar a duplicarse y el porcentaje de metano en el biogás producido puede reducirse hasta la mitad. El efecto adverso de los compuestos tóxicos puede minimizarse con un control propio del tiempo de retención de sólidos (TRS) del reactor (Brock, 1978). Los principales compuestos tóxicos del proceso anaerobio son: metales pesados, metales alcalinos y alcalino-térreos, sulfatos y amonio.

Toxicidad por metales pesados

Los sistemas anaerobios son particularmente vulnerables a altas concentraciones de metales pesados (Speece, 1994; Welander, 1988). Kugelman y Chin (citados por Speece, 1994) han indicado que altas concentraciones de metales pesados solubles han llegado a detener completamente la producción de biogás en un sistema anaerobio. La toxicidad de los metales pesados depende de la forma química que asuma en el digestor anaerobio y de los niveles de pH. Mosey (citado por Gene, 1986) señala que los metales pesados solamente causan fallas en el sistema anaerobio cuando se encuentran en forma de iones libres (en su forma soluble) y exceden ciertas concentraciones, algunas de las cuales se encuentran en la Tabla 1. Gosh et al (1975) mostró que concentraciones bajas de metales pesados en el reactor anaerobio son extremadamente tóxicos. Para combatir la toxicidad por metales pesados en la degradación anaerobia éstos pueden precipitarse como sales de sulfato o sales de carbonato, excepto el hierro y el cromo (Andreadakis, 1992; Forday, 1983; Mejía, 1996; Nasr, 1988)

Tabla 1: Concentraciones (mg/l) de compuestos inorgánicos inhibitorios del proceso anaerobio

Sustancia	Moderadamente inhibitoria	Fuertemente inhibitoria
Na ⁺	3500-5500	8000
K ⁺	2500-4500	12000
Ca ²⁺	2500-4500	8000
Mg ²⁺	1000-1500	3000
Cobre	200	200 0.5 (soluble)
Cromo VI	--	50-70 (total) 3 (soluble)
Cromo III	--	200-260 (total)
Niquel	--	180-420 (total) 2 (soluble)
Zinc	--	30 (total) 1 (soluble)

Fuente: (gene, 1986)

Alternativas de solución

Todos los procesos biológicos presentan cinéticas de orden variable, debidas a:

- las interacciones de fenómenos de difusión-reacción

- que muchas de las variables del proceso no pueden ser medidas directamente

- que fluctuaciones en la carga orgánica y perturbaciones ambientales introducen incertidumbres en la predicción del

comportamiento del proceso.

A fin de operar bajo control un reactor, se debe tener en cuenta, al menos en un nivel semicuantitativo, el comportamiento del proceso mediante la caracterización de las posibles perturbaciones en el sistema (picos en los flujos, cambios de concentración, fluctuaciones de temperatura). Un proceso que está siendo monitorizado envía señales a un modelo de control, tan sencillo o complicado como se necesite, el cual procesará la información. Si el nivel de las variables o parámetros son diferentes a las establecidas enviará una señal a un controlador para añadir sustancias químicas, cerrar o abrir válvulas, arrancar o parar bombas, para que actúe sobre el proceso y lo corrija (Monroy, 1994).

En 1964, McCarty sugirió cuatro posibles métodos de control de materiales tóxicos en la digestión anaerobia: remoción de los compuestos tóxicos en el desecho; diluyéndolos por debajo del umbral de toxicidad; precipitándolos en su forma insoluble; con un material "antagonista" del compuesto tóxico. Basados en estos conocimientos, los diferentes caminos para evitar la llegada de las sustancias tóxicas en la digestión anaerobia son:

1. Adaptación de la microflora.
2. Dilución del agua residual.
3. Disminución de los compuestos tóxicos por métodos químicos, físicos o biológicos.
4. Uso de cultivos puros desarrollados en reactores anaerobios.

1) Adaptación de la microflora

Las bacterias metanogénicas son extraordinariamente sensibles a la presencia de compuestos tóxicos en el agua residual sometida al tratamiento anaerobio. Sin embargo, si se les da un tiempo suficientemente largo, tienen la capacidad de adaptarse a ciertas concentraciones de algunas sustancias tóxicas. Estos tiempos se refieren al tiempo de retención de sólidos (TRS) en el reactor, pueden resultar de meses, lo que hace que se requiera una gran paciencia para que estos microorganismos se adapten a las concentraciones de las sustancias tóxicas. La propuesta es que en los laboratorios siempre deba existir biomasa adaptándose a

diferentes condiciones de toxicidad. En los lugares donde se pretenda instalar un reactor anaerobio, los tiempos de arranque del reactor se disminuyen considerablemente si se tienen lodos adaptados al desecho que se va tratar.

2) Dilución del agua residual

Los compuestos que inhiben la digestión anaerobia dependen en gran medida de la concentración en la que se encuentren en el desecho. Virtualmente todas las sustancias químicas pueden resultar tóxicas a ciertos niveles. En algunos casos, cuando el efecto de inhibición cesa, puede ocurrir incluso que el compuesto se vuelva estimulante en la bacteria. La dilución del agua residual invariablemente resulta en una dilución del compuesto tóxico en los sustratos para la metanogénesis y mayores volúmenes del agua residual por tratar, éste es el factor de desventaja para efectuar la dilución del agua residual. El método de dilución es interesante en tres casos:

- a. Donde se necesite una dilución mínima.
- b. Cuando las sustancias tóxicas en el agua residual estén en concentraciones muy elevadas.
- c. Cuando el agua residual pueda ser diluida con otra agua residual.

De las tres situaciones anteriores, la más favorable es la tercera, toda vez que el efecto del agua residual que se vaya a utilizar como diluyente de las sales tóxicas favoreciera la digestión anaerobia y los volúmenes se incrementaran al mínimo necesario.

El efecto de dilución no provoca la desaparición de los compuestos tóxicos pero favorece el hecho de que a concentraciones menores las metanobacterias no se inhiban y por lo tanto que el proceso no se detenga.

3) Disminución de los compuestos tóxicos

Este apartado se refiere a la remoción de los compuestos del agua residual antes de ser sometida al tratamiento anaerobio. Cuando los compuestos inhibitorios del proceso son conocidos, las posibilidades de encontrar algún mecanismo para eliminarlos son mayores. La disminución química consiste en utilizar algún antagonista del compuesto tóxico para formar precipitados en su forma

insoluble. Ejemplos de este proceso son: la disminución de la toxicidad del ácido oleico por precipitación con iones de calcio; y la eliminación de iones sodio por adición de iones potasio; la adición de iones ferrosos como control de sulfuros. La disminución de la toxicidad empleando carbón activado también se utiliza en los reactores anaerobios. De la misma manera se utilizan resinas y membranas de filtración para eliminar compuestos tóxicos del agua residual que va ser sometida al proceso. Algunos compuestos tóxicos se pueden remover de las aguas residuales por microorganismos o transformarse a compuestos menos tóxicos.

En muchos casos éste es un pretratamiento indispensable antes de que el agua residual sea sometida al proceso anaerobio (Manso, 1981; Paris, 1989; Souza 1992; Vallés 1987)

Comentarios finales

El manejo de los desechos de las granjas porcícolas está caracterizado por una carencia de tecnología, utilizando fosas sépticas que en algunos casos son charcas carentes de todo tipo de ingeniería. La degradación anaerobia para el tratamiento de este tipo de desechos tiene amplias perspectivas de ser utilizada, toda vez que, no obstante la presencia de diferentes tipos de sustancias tóxicas que podrían inhibir el proceso, éstas pueden ser disminuidas o incluso removidas del sustrato, antes de ser sometido al tratamiento y lograr con ello remociones de la materia orgánica presente en este tipo de desecho.

REFERENCIAS

1. Andreadakis A.D. (1992) "Anaerobic digestion of piggery wastes" Wat. Sci. Tech, vol.25 No.1 pp.9-16
2. ASA (1993): Asociación Americana de Soya: "Manual del cuidado y manejo del cerdo en alojamientos con ambiente controlado". Consejo Nacional de Porcicultores de los EE.UU. ASA/México A.N. No.117, Marzo, México, D.F.
3. Borja P.R. (1992). "Control de reactores anaerobios: parámetros y procedimientos". Trabajo presentado en el II Taller de Digestión Anaerobia, La Habana, Cuba.
4. Brock T.D. (1978) "Biología de los microorganismos", Ediciones Omega, Barcelona, España.
5. Caselli R. (1971) "Piensos compuestos", Ediciones GEA, pp.34- 88, Barcelona, España.
6. Cunha T.J. (1980) "Alimentación del cerdo", Edit. Acibia, pp. 58-65, 138-141, Zaragoza, España.
7. De Souza M.E. (1984). "Fatores que influenciam a digestao anaerobia", Revista DAE, Vol. 44, No. 137, pp. 88-94, Sao Paulo, Brasil.
8. Forday W. and Greenfield P.F. (1983) "Anaerobic Digestion", Effluent and Water Treatment Journal 23 (10):405-409.
9. García O.J.(1990). "Marco de referencia sobre el tratamiento de aguas residuales en México". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Comisión Nacional del Agua. México, D.F.
10. Gene P. y Owen W. (1986) "Fundamentals of anaerobic digestion of wastewater sludges", Journal of Environmental Engineering, vol.112 No.5 pp. 867-916.
11. Gosh S.; Conrad J.; Klass D.(1975)."Anaerobic acidogenesis of wastewater sludge".Journal WPCF, Vol.47, No.1, January,30-45.
12. Mejía S.G. (1996). Digestión anaerobia. Folleto técnico 1, Universidad Autónoma de Yucatán.

13. Manso V.S.M. y De Souza M.E. (1981) "Métodos analíticos para acompanhamento da biodigestao", Revista Energía vol.III No.15 pp.26-36, 1981
14. McCarty P. (1964). "Anaerobic waste treatment fundamentals: I.Chemistry and microbiology; II.Environmental requirements and controll; III.Toxic materials and their control; IV.Process Design". Public Works, nos. 9-12, Sept.-Dec.
- 15 . Monroy H.O. (1994) "Control de la digestión anaerobia", III Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales, pp.185-197, Montevideo, Uruguay.
- 16 . Nasr F.A. and Abdel S.H.I. (1988) "The toxicity of heavy metal ions on anaerobic digestion". Fifth International Symposium on Anaerobic Digestion, pp. 133-138, Bologna, Italy.
17. Paris J.; Lema J. and Casas C.(1989). "Criterios de selección de tecnología en la digestión anaerobia de aguas residuales",Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Barcelona, pp.143-150. Barcelona, España.
18. Soubes M. (1994) "Microbiología de la digestión anaerobia", III Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales, pp.15-28, Montevideo, Uruguay.
19. Soto M. and Lema J.(1992),"Determinación de toxicidad y biodegradabilidad anaerobia de aguas residuales", Tecnología del Agua, Febrero, No.92 pp.70- 80. Barcelona, España.
20. Souza M.E. (1992) "Criteria for the utilization, design and operation of UASB reactors" Water Science Technology, vol.18, no.12, pp.55-69.
21. Speece R.E. (1994) "Trace metals: key role in anaerobic treatment process", III Taller y Seminario Latinoamericano Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales, pp.65-82, Montevideo, Uruguay.
22. Vallés S.; Flors A.; Lequerica L. y Madarro A. (1987) "Un tema al día, producción de metano por fermentación anaerobia, descripción del proceso", Revista Agroquímica Tecnología de Alimentos 20 (2) pp. 189-205 Valencia, España.
23. Welander T.; Malmqvist A. and Yu P. (1988) "Anaerobic treatment of toxic forest industry wastewaters", Fifth International Symposium on Anaerobic Digestion, pp. 267-274, Bologna, Italy.