

Resumen del *Workshop* internacional sobre digestión anaerobia de subproductos de la industria cárnica

En los últimos años, GIRO Centro Tecnológico, que forma parte de TECNIO –red de ACCIÓ que potencia la tecnología diferencial, la innovación empresarial y la excelencia en cataluña–, ha trabajado en diferentes líneas de investigación relativas al estudio y optimización de la producción de biogás mediante digestión anaerobia de subproductos animales (SPA) de la industria cárnica, estableciendo una red internacional de colaboradores. En el marco de Ecofarm, espacio dedicado al medio ambiente de Expoaviva Forum, GIRO organizó el pasado 11 de junio un encuentro internacional con el objetivo de presentar los resultados propios y los de otros grupos de investigación en este ámbito, analizar conjuntamente los avances, difundir el conocimiento existente y orientar líneas de trabajo futuras. En el presente artículo se resumen las aportaciones al Workshop, junto con las conclusiones obtenidas.

Fernández, B., Palatsi, J., Ramon, A., Flotats, X. GIRO Centro Tecnológico. Centro IRTA-UPC

Introducción

Se define subproducto animal (SPA) como "todo producto de origen animal no destinado al consumo humano por motivos sanitarios". Dentro de esta definición están incluidos algunos residuos de la industria agroalimentaria, decomisos y residuos del sector cárnico. En general se admite que entre un 32% y 68% en peso de los animales sacrificados en un matadero será destinado a consumo humano y el resto a subproductos. En Europa, la producción de los subproductos animales es del orden de 17 millones de toneladas anuales (Woodgate y Van der Veen, 2004).

En las últimas décadas, el tratamiento habitual de los SPA ha ido dirigido al aprovechamiento de determinadas fracciones como alimento animal y la utilización de otras en diferentes sectores industriales. Sin embargo, la legislación que afecta a la eliminación de los SPA (Reglamento CE 1774/ 2002 del Parlamento Europeo y modificaciones posteriores CE 92/2005, CE 208/2006, CE 1576/2007 y CE 1069/2009) restringe su aprovechamiento alimentario por razones sanitarias, pero posibilita la implantación de nuevas tecnologías para su tratamiento. Así se abre un amplio campo de trabajo para su valorización energética mediante digestión anaerobia y el uso posterior del digestato, siempre que se hayan aplicado previamente procesos de pasteurización o esterilización, en función de la categoría en que se clasifique el SPA.

A pesar de la elevada biodegradabilidad anaerobia de los SPA (puede ser

superior al 90%), su transformación en biogás se ve limitada por fenómenos de inhibición que ralentizan y hasta pueden hacer inviable el proceso. Estos fenómenos son debidos a inhibición por nitrógeno amoniacal y por ácidos grasos de cadena larga (AGCL), ambos productos intermedios de la descomposición anaerobia de las proteínas y los lípidos presentes en los SPA.

Desde el año 2005, el GIRO Centro Tecnológico viene estudiando el proceso de digestión anaerobia aplicada a SPA, habiéndose presentado recientemente los resultados más relevantes (Palatsi et al., 2010). Durante el Workshop organizado el 11 de junio en Ecofarm se discutieron resultados del GIRO y de otros grupos de investigación internacional, participando asistentes de diferentes países.

Marco legal para la utilización de subproductos animales no destinados al consumo humano

En la primera ponencia del Workshop, el Sr. Juste¹, Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, presentó las actuales normativas reguladoras de la utilización de subproductos animales no destinados al consumo humano (EC n°1774/2002 y modificaciones posteriores). Éstas especifican y limitan la posible utilización de estos productos para la producción de biogás, en función del riesgo específico (sanitario) de las fracciones consideradas.

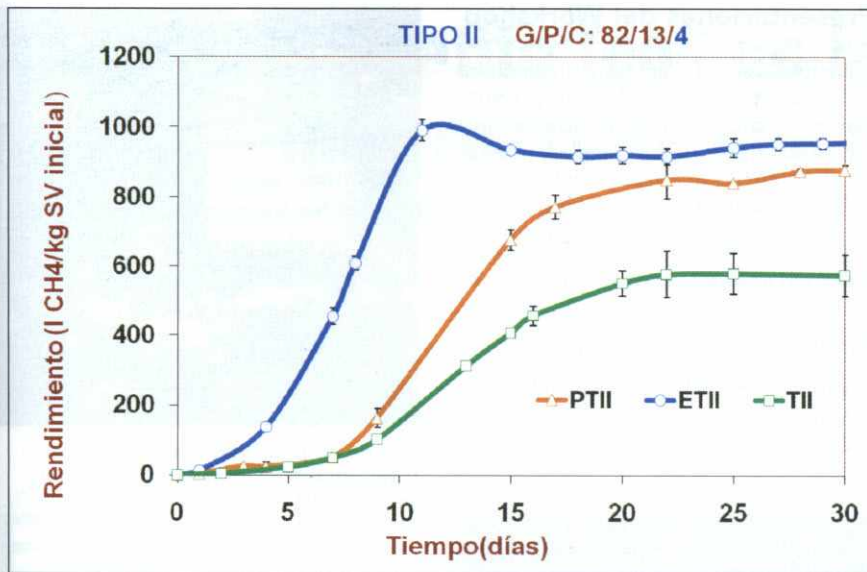
El Sr. Juste quiso destacar que, debido a la evolución del sector en los últimos



Más de 100 asistentes procedentes de diversos países participaron en el Workshop

años, los residuos más interesantes para el proceso de producción de biogás tienen también una elevada demanda por otros sectores, y que del total de SPA producidos en España (del orden de 1,7 millones de toneladas), sólo una pequeña fracción podrá contemplarse para producir biogás. Así pues, si se desea disponer de residuos de la industria cárnica para producir biogás, es necesario introducir nuevas tecnologías y estrategias de operación que permitan maximizar los rendimientos económicos y minimizar problemas operacionales.

En este sentido, el Dr. Batstone² (Advanced Water Management Centre. Universidad de Queensland, Australia) indicó que el incremento de las necesidades de tratamiento anaerobio de aguas residuales (<2% sólidos) de elevada carga orgánica ha concluido en un claro avance hacia tecnolo-



Ensayos de producción de metano de residuo de matadero con un contenido en grasa: proteína: carbohidrato de 82:13:4 (% en peso), después de pasteurización (PTII), después de esterilización (ETII) o sin pretratamiento térmico (TII). Fuente: Rodríguez-Abalde et al., 2009

gías o tipologías de reactores de elevada eficiencia (sistemas con bajos tiempos de retención hidráulica mediante incremento de los tiempos de retención celular). En cambio, existe un déficit tecnológico para los sistemas clásicos de tratamiento de residuos sólidos complejos, como los residuos de matadero o subproductos animales. Paralelamente, para estos productos o mezclas de residuos se suelen utilizar ensayos discontinuos de "biodegradabilidad" con la finalidad de estimar el posible potencial de metanización, los cuales muestran resultados conservadores para estos materiales, siendo más recomendables las estimaciones mediante ensayos en régimen continuo.

Los pretratamientos térmicos a que obliga la legislación (pasteurización a 70 °C o esterilización a 133 °C) tienen un efecto positivo sobre el incremento de la producción de biogás, según resultados presentados por la Dra. Battimelli³, los cuales coinciden con los obtenidos por GIRO (ver figura adjunta), aunque se ha comprobado que en función de la composición de cada subproducto estos pretratamientos pueden dar lugar a compuestos recalitrantes o tóxicos para la digestión.

La modelización matemática como herramienta básica

El Dr. Rodríguez⁴, de la Universidad de Santiago de Compostela, justificó que una determinación correcta de la biodegradabilidad real del residuo es vital para una implementación de modelos matemáticos. La modelización mate-

mática es una herramienta que se ha mostrado muy útil para integrar el conocimiento de procesos complejos, como la digestión de residuos cárnicos, comprobar hipótesis, diseñar y simular métodos de operación adecuados y entrenar personal a cargo de estas instalaciones.

El modelo ADM1 de la *International Water Association* es una herramienta disponible y muy útil, pero deben introducirse modificaciones para poder ser aplicable a subproductos animales, ya que no contempla los fenómenos de inhibición por AGCL, centrando la investigación en los compuestos más lentamente biodegradables, en el efecto de los AGCL en las diferentes poblaciones de microorganismos y en el efecto que los pretratamientos térmicos tienen en las diferentes fracciones de la materia orgánica.

¿Cómo afrontar los problemas de inhibición?

La Dra. Pereira⁵, de la Universidad de Minho (Portugal), indicó que el principal limitante en la degradación de residuos o aguas con alta concentración en lípidos, radica en la etapa degradativa de los ácidos grasos de cadena larga (AGCL), compuestos intermedios de la degradación de grasas. A pesar del elevado grado de inhibición de estos compuestos y de otros problemas operacionales asociados, como la posible flotabilidad y lavado de la biomasa, se ha comprobado que su efecto no es irreversiblemente tóxico, considerando este proceso de inhibición como transitorio, abriendo nuevos escenarios en el

tratamiento de los residuos con alto contenido en AGCL, como son los nuevos diseños de reactor y nuevas estrategias de alimentación.

Referente a las estrategias de tratamiento, el Dr. Palatsi⁶ (GIRO Centro Tecnológico) mostró los resultados obtenidos en cuanto a estrategias de prevención y/o recuperación de reactores inhibidos. El incremento de las relaciones biomasa/AGCL o la adición de aditivos como la bentonita o las bio-fibras, a fin de reducir la bio-disponibilidad o la adsorción de los AGCL sobre la biomasa activa, se muestran estrategias funcionales de utilidad en la operación de plantas industriales. Los resultados obtenidos refuerzan la hipótesis de que la inhibición es debida a la adsorción de AGCL sobre la membrana celular y que la recuperación se puede medir mediante el aumento de la actividad de los microorganismos, posibilitando la inclusión de estos fenómenos en los modelos matemáticos desarrollados, para una mejora de la simulación de los procesos.

Otra estrategia habitualmente utilizada es la codigestión, presentada por la Sra. Rodríguez-Abalde⁷ (GIRO Centro Tecnológico). Debido a la dificultad del tratamiento anaerobio exclusivo de los residuos cárnicos o subproductos animales, su utilización más habitual es mediante su introducción en codigestión en reactores de residuos ganaderos (purines y estiércoles). La codigestión conjunta con otros productos con menor contenido en lípidos o amonio, presenta la ventaja de mayor capacidad de resistencia a los posibles procesos de inhibición. En este sentido, la introducción de glicerinas (subproducto de la fabricación de biodiésel), muestra mejoras en la relación C/N, permitiendo aumentar la carga orgánica y la producción específica de biogás y, con ello, la rentabilidad de la instalación.

El Dr. Morán⁸, de la Universidad de León, presentó resultados muy satisfactorios de codigestión de SPA de origen avícola con fracción orgánica de residuos municipales, obteniendo una aclimatación a concentraciones de nitrógeno amoniacal de 4 g N/l y eliminaciones de grasas del 92%.

Necesidad de nuevos diseños de reactores

Referente a los nuevos diseños de reactor, la Dra. Alves⁹, Universidad de Minho y Ambisys S.A., Portugal, presentó un nuevo diseño de reactor de alta carga específico para residuos o aguas con elevada carga lipídica, lla-

mado IASB (patente WO 2007058557), mostrando los resultados obtenidos a nivel de planta piloto. Este reactor pretende maximizar la retención de la biomasa mediante una primera fase de flotación y una segunda de sedimentación, maximizar el área de contacto AGCL-biomasa, así como el transporte de materia e inducir el fenómeno de adsorción-desorción biológica de AGCL de forma secuencial en el seno del reactor.

Experiencia industrial

Los resultados de investigación presentados se complementaron con una visión más aplicada, mediante experiencias a nivel industrial.

El Sr. Ek¹⁰ (Swedish Biogas International Korea Co., Ltd, Suecia) presentó un póster sobre la capacidad de tratamiento de subproductos animales a escala industrial en la planta de Linköping (Suecia), con 15 años de operación mediante codigestión. El tratamiento a elevados tiempos de retención hidráulicos, junto con la adición de cosubstratos agroindustriales, ha permitido alcanzar concentraciones muy elevadas de amonio en el interior de los reactores (mayores a las definidas como inhibitorias) y favorecer nuevas rutas metabólicas, como las de los microorganismos oxidadores sintróficos de acético (SAO) y microorganismos metanogénicos no inhibidos por la presencia de amonio.

Otras estrategias para hacer frente a elevadas concentraciones de amonio, se basan en la introducción de tecnologías de eliminación o recuperación mediante *stripping* de amoníaco, presentadas por el Sr. Kirckmayr¹¹ (Embasy GmbH, Austria), quien presentó los datos de 4 años de funcionamiento de una planta de biogás tratando exclusivamente residuos de un matadero industrial en Austria, el cual cubre el 50% de su demanda energética.

Conclusiones

Las conclusiones generales del encuentro fueron que los residuos cárnicos son un buen sustrato para la producción de biogás, pero que se debe continuar trabajando en la optimización del proceso y en el diseño de nuevas configuraciones de reactor para evitar los problemas de inhibición. Asimismo, se concluyó que el lugar ideal para las instalaciones de producción de biogás son los propios mataderos, para optimizar el balance energético, y que son necesarios reglamentos claros sobre el uso posterior de los digestatos.

Presentaciones del Workshop

- ¹ Juste, J. Use of animal by-products of the slaughterhouses for the production of biogás. Legal aspects and characterization. *Subdirección General de Explotaciones y Sistemas de Trazabilidad. Dirección General de recursos Agrícolas y Ganaderos. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.*
- ² Batstone, D. Anaerobic digestion of complex organic waste: perspectives and opportunities. *Advanced Water Management Centre. University of Queensland, Australia.*
- ³ Battimelli, A. Slaughterhouse waste pre-treatments: Benefits and limitations. *INRA-LEB (Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement), Narbonne, Francia.*
- ⁴ Rodriguez, J., García, S. Modeling anaerobic digestion of complex particulate/lipid-protein rich substrates: Balancing complexity and model utility using ADM1. *Universidad de Santiago de Compostela, España.*
- ⁵ Pereira, M.A., Sousa, D.Z., Mota, M., Alves, M.M. Lipids and LCFA inhibition: key parameters in anaerobic digestion process. *IBB- Institute for Biotechnology and Bioengineering, centre of Biológica Engineering, University of Minho, Portugal.*
- ⁶ Palatsi, J., Laurení, M., Affes, R., Flotats, X., Fernández, B. Strategies to prevent or overcome LCFA inhibition: Adsorption as key process. *GIRO Centro Tecnológico, España.*
- ⁷ Rodríguez-Abalde, A., Juznic-Zonta, Z., Fernández, B. Anaerobic codigestion of treated slaughterhouse waste. *GIRO Centro Tecnológico, España.*
- ⁸ Cuetos, M.J., Gómez, X., Otero, M., Morán, A. Experiences on anaerobic digestion of poultry slaughterhouse waste. *Instituto de Recursos Naturales (IRENA), Universidad de León, España.*
- ⁹ Picavert, M., Alves, M. A new reactor configuration desing for the slaughterhouse treatment. *IBB- Institute for Biotechnology and Bioengineering, centre of Biológica Engineering, University of Minho and Ambisys SA, Portugal.*
- ¹⁰ Ek, A.E.W., Hallin, S., Schnürer, A., Karlson, M. Slaughterhouse waste co-digestion-15 years of full-scale operation. *Swedish Biogas International Korea Co., Ltd, Swedish Uni-*



Una de las presentaciones que tuvo lugar durante la jornada internacional sobre digestión anaerobia de residuos cárnicos

versity of Agricultural Sciences and Linköping University, Suecia.

- ¹¹ Kirchmayr, R., Maier, C., Braun, R., Waltenberger, R., Grossfurtner, R. Full scale application of anaerobic digestion of slaughterhouse wastes-long term experiences, problems and resulting strategies. *Embasy GmbH, Bioenergi 2010+ GmbH, IFA Tullin and Vienna University of Technology, Austria.*

Referencias

- Bonmatí, A., Palatsi, J., Prenafeta, F., Fernández, F and Flotats, X (Ed), 2010. *Proceedings of the International Workshop on Anaerobic Digestion of Slaughterhouse Waste*. Barcelona, 11 de Junio de 2010. ISBN: 978-84-936421-2-9.
- Palatsi, J., Rodríguez-Abalde, Á., Fernández, B., Flotats, X., 2010. Digestión anaerobia de subproductos de la industria cárnica. *Actas de las II Jornadas de la Red Española de Compostaje. Compostaje de Residuos Orgánicos y Seguridad Medioambiental*. Burgos - Palencia 1-2-3 Junio 2010.
- Rodríguez-Abalde, A., Fernández, B., Flotats, X. (2009). Effect of thermal pre-treatments on biogas production potential of solid slaughterhouse wastes. In De Santi, G.F., Dallemand, J.F., Ossenbrink, H., Grasi, A., Hem, P. (Eds). *Proceedings of the 17th European Biomass Conference & Exhibition; From Research to Industry and Markets*. Hamburg, Germany, pp. 252-256.
- Woodgate, S., van der Veen, J. (2004). The role of fat processing and rendering in the European Union animal production industry. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 8(4), 283-294.