

Grupo de la unidad de biocarburantes del CIEMAT

Mercedes Ballesteros



Jefe de la Unidad de Biocarburantes. División de Energías Renovables-Departamento de Energía CIEMAT



MIEMBROS DEL GRUPO DE LA UNIDAD DE BIOCARBURANTES DEL CIEMAT

1ª Fila (izqda. a dcha.): José Manuel Illana, Mercedes Ballesteros.

2ª Fila (izqda. a dcha.): Isabel Higuera, Cristina Álvarez, Aranzazu Amoraga, Ana Isabel Susmozas, Aleta Duque, Paloma Manzanares, Felicia Sáez, Alberto González, M^a José Negro.

3ª fila (izqda. a dcha.): David Moreno, José Miguel Oliva, Miguel Moya, Ignacio Ballesteros, José Luis Fernández, Miguel Criado, José María Martínez.

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas es un Organismo Público de Investigación adscrito al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad a través de la Secretaría de Estado de Investigación, Desarrollo e Investigación, focalizado principalmente en los ámbitos de la energía y el medio ambiente. La Unidad de Biocarburantes, que desarrolla su actividad dentro de la División de Energías Renovables, tiene como objetivo científico la generación de conocimiento, procesos y tecnologías para la conversión de la biomasa lignocelulósica en bioetanol y otros productos de alto valor añadido, de manera eficiente y en condiciones transferibles a la industria.

Desde hace unas décadas la biomasa vegetal ha sido objeto de especial atención como materia prima para la producción de combustibles alternativos para el transporte ante la situación de dependencia casi exclusiva del petróleo en este sector. Los biocombustibles líquidos o biocarburantes se perfilan en el corto-medio plazo como la única alternativa renovable para la sustitu-

ción directa del petróleo como combustible de automoción, pero la falta de cultivos específicos seleccionados para fines energéticos, ha hecho que la industria actual de los biocarburantes se base en la utilización de cultivos tradicionales producidos principalmente para el sector alimentario. Debido a la competencia entre el sector alimentario y el energético para el abastecimiento de las materias primas, cada vez existe un mayor consenso en reconocer que los actuales biocarburantes son una energía de transición que únicamente podrá sustituir una pequeña parte de los derivados del petróleo.

Con el objetivo de aportar soluciones ante esta situación, la Unidad de Biocarburantes desde comienzos de los 90, viene investigando en el desarrollo de nuevos procesos avanzados para la obtención de etanol a partir de materias primas que no estén en competencia directa con los mercados alimentarios. En este contexto, la utilización de biomasa lignocelulósica es la opción más prometedora ya que una gran parte de los materiales con alto contenido en celulosa se generan como

residuos en los procesos productivos de los sectores agrícola, forestal e industrial.

El proceso de obtención de azúcares fermentables a partir de biomasa lignocelulósica es, debido a la estructura de sus polímeros, más difícil que a partir de sacarosa o almidón. Así, aunque el coste de la biomasa lignocelulósica es menor, la dificultad del proceso de extracción de los azúcares y su posterior transformación a etanol, ha hecho que históricamente no haya sido atractivo para la industria. Por ello estamos trabajando en el estudio de las distintas etapas del bioproceso de obtención de etanol de lignocelulosa (pretratamiento, hidrólisis enzimática y fermentación) utilizando catalizadores biológicos.

La fase de pretratamiento tiene como objetivo aumentar la accesibilidad de la celulosa al ataque enzimático, permitiendo obtener altos rendimientos de hidrólisis que son vitales para la competitividad económica del proceso. Los pretratamientos hidrotérmicos son actualmente los métodos más efectivos para mejorar la sacarificación enzimática de la biomasa ligno-

celulósica ya que hidrolizan la mayor parte de la hemicelulosa, incrementan notablemente la hidrólisis de la celulosa. Durante los últimos 15 años hemos trabajado en el desarrollo de procesos hidrotérmicos autocatalizados, específicamente en el pretratamiento denominado explosión por vapor, que combina los efectos sobre el material lignocelulósico de vapor de agua a altas presiones (40 kg/cm² o superiores) y temperaturas (200-220 °C) junto con una brusca descompresión posterior. Durante estos años nos hemos centrado en el estudio de los factores que afectan al proceso, con el objetivo de establecer las condiciones óptimas de operación que conduzcan a altos rendimientos de hidrólisis enzimática, baja degradación de azúcares hemicelulósicos y baja producción de sustancias tóxicas. El proceso de producción de etanol utilizando explosión por vapor desarrollado está patentado.

En los últimos años, estamos desarrollando procesos de pretratamiento avanzados realizados en condiciones más moderadas de temperatura. Nuestro objetivo es separar eficientemente los componentes de la biomasa lignocelulósica, no degradar la fracción de carbohidratos y reducir la generación de inhibidores. En este contexto, en el año 2010 iniciamos una nueva línea de investigación en colaboración, en la que estamos desarrollando un nuevo pretratamiento, denominado bioextrusión (patentado) que reduce la generación de compuestos inhibidores y permite la integración del pretratamiento y la hidrólisis en una única etapa.

La siguiente etapa del proceso de obtención de etanol de lignocelulosa es la hidrólisis de los carbohidratos contenidos en la biomasa pretratada. Es una de las etapas limitantes del proceso, principalmente por causa del precio de las enzimas y lo lentas que transcurren las reacciones. Durante los últimos años hemos estudiado el proceso de hidrólisis enzimática de la lignocelulosa en las condiciones de proceso que requiere la industria. Nuestro grupo fue uno de los primeros que demostró que la presencia de actividades accesorias en los cócteles celolíticos es esencial para mejorar la eficiencia del proceso.

El estudio de la etapa fermentación a etanol de los azúcares hemicelulósicos y celulósicos obtenidos, es otro de los objetivos científicos de la Unidad de Biocarburante, ya que su mejo-

ra puede reducir significativamente los costes del proceso global. Es necesario aumentar la robustez de los microorganismos fermentativos para que puedan desarrollarse en las difíciles condiciones que suponen los hidrolizados de la biomasa lignocelulósica. Estamos trabajando para aumentar, mediante ingeniería evolutiva, la resistencia a los microorganismos a los inhibidores y al estrés que supone trabajar a altas cargas de sustrato. Una de nuestras actividades futuras se enmarca en el estudio de las variaciones genéticas que confieren resistencia a los microorganismos fermentativos. Esta es una nueva línea de investigación que he iniciado en el año 2011 en el marco de la Unidad Mixta CIEMAT-IMDEA Energía. En este mismo marco estamos investigando la producción de biocombustibles a partir de microorganismos fotosintéticos como las microalgas. La Unidad Mixta se creó con el objetivo de fortalecer la actividad que llevan a cabo las dos instituciones, aprovechando la complementariedad de su personal e instalaciones y creando sinergias que permitan enfrentar los desafíos científicos y tecnológicos en las aplicaciones futuras de la biomasa.

El trabajo desarrollado en estos años ha posicionado a la Unidad de Biocarburantes del CIEMAT como el laboratorio español de referencia en la producción de biocombustibles a partir de la biomasa lignocelulósica y uno de los grupos más reputados en este campo a nivel europeo, como queda acreditado por la larga lista de publicaciones en revistas científicas indexadas en el área de la energía y la biotecnología y la amplia participación en proyectos competitivos nacionales y europeos. Hemos evaluado las etapas del proceso individualmente y determinado para cada una de ellas las condiciones óptimas de operación, pero al mismo tiempo hemos enfocado nuestra investigación hacia la integración de las diferentes etapas del proceso, con el objetivo de evaluar la viabilidad técnico-económica de la tecnología abarcando desde el manejo de la materia prima hasta la obtención del producto final. Este reconocimiento se tradujo en la firma de un convenio con la empresa IMECAL, S.A. para desarrollar conjuntamente un proceso para la obtención de etanol a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Fruto de esta colaboración se ha patentado el proceso y construido una planta de demostración de 25 t/día en la que se ha verificado la factibilidad

técnica y económica de la tecnología. Este es un buen ejemplo de la actividad del CIEMAT en la transferencia de tecnología al industrial.

Las tecnologías actuales de utilización de la biomasa para generar biocarburantes irán evolucionando hacia tecnologías más avanzadas que permitan obtener, a partir de la biomasa, una variedad de combustibles, productos químicos y energía estableciéndose el concepto de biorrefinería; es decir, el desarrollo de una química sustitutiva de la química "convencional" aprovechando recursos renovables y procesos poco contaminantes. En los últimos años, la Unidad de Biocarburantes del CIEMAT, se ha posicionado como un referente en el área de las biorrefinerías

Para finalizar quisiera resaltar que la I+D+i son las herramientas básicas y necesarias para lograr una transición desde una sociedad basada en los combustibles fósiles a otra de tipo biológico, en lo que ha venido a denominarse "bioeconomía"; es decir, una economía más innovadora y con bajas emisiones, que concilie las demandas de gestión sostenible de la producción de alimentos y la utilización sostenible de los recursos biológicos renovables para fines industriales, garantizando al mismo tiempo la biodiversidad y la protección del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA MÁS RECIENTE

- Álvarez C, González A, Negro MJ, Ballesteros I, Oliva JM y Sáez S.** (2017). Optimized use of hemicellulose within a biorefinery for processing high value-added xylooligosaccharides. *Ind Crops Prod* 99: 41-48.
- Duque A, Manzanares P, Ballesteros I y Ballesteros M.** (2016). Steam explosion as lignocellulosic biomass pretreatment. In: *Biomass Fractionation Technologies for a Lignocellulosic Feedstock Based Biorefinery*. Ed: Mussato SI Published by Elsevier.
- Moreno AD, Ibarra D, Alvira P, Tomás-Pejó E y Ballesteros M.** (2016). Exploring laccase and mediators behavior during saccharification and fermentation of steam-exploded wheat straw for bioethanol production. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 91: 1816-1825.
- Duque A, Manzanares P, Ballesteros I, Negro MJ, Oliva JM, González A y Ballesteros M.** (2014). Sugar production from barley straw biomass pretreated by combined alkali and enzymatic extrusion. *Bioresour Technol* 158: 262-268.
- Romero-García JM, Niño L, Martínez-Patiño C, Álvarez C, Castro E y Negro MJ.** (2014). Biorefinery based on olive biomass. State of the art and future trends. *Bioresour Technol* 159: 421-432.