

Titulo

Impacto de la vigilancia tecnológica en la proyección de las investigaciones de producción de etanol a partir del bagazo de la caña de azúcar. Parte I

The impact of the technological surveillance in the projection of the investigations of ethanol production from sugarcane bagasse. Part I

Claro, Mirelis², Mesa Garriga, Leyanis¹, González Suárez, E.¹, Galian, C.³

¹Centro de Análisis de Procesos. Facultad de Química-Farmacía. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Villa Clara. Cuba

²CIGET. CITMA. Villa Clara

³Parque Tecnológico de Misiones. Misiones. Argentina

Resumen

El trabajo tiene como principal objetivo evaluar el impacto de la vigilancia tecnológica de la producción de etanol a partir de bagazo de caña como residuo lignocelulósico en la formulación y búsqueda de nuevos proyectos y alianzas estratégicas con los sectores productivos. Además, se ofrece un análisis teórico sobre el escenario actual en la temática, el papel de la llamada sociedad de la información y el de la gestión de la información externa en la gerencia del conocimiento y proyectos vinculados a la temática. El análisis de la vigilancia tecnológica del proceso de obtención de etanol a partir de residuos lignocelulósicos da la posibilidad de identificar las necesidades de investigación a corto, mediano y largo plazos y así trazar estrategias investigativas para dar cumplimiento a los objetivos trazados.

Palabras clave: Vigilancia Tecnológica, etanol, bagazo de caña de azúcar.

Abstract.

The work has as main objective to evaluate the impact of the technological surveillance of the ethanol production from sugarcane bagasse like lignocellulosic residual in the formulation and search of new projects and strategic alliances with the productive sectors. Also, it offers a theoretical analysis on the current scenario in the thematic one, the paper of the call society of the information and the administration of the external information in the management of the knowledge and projects linked to the thematic one. The analysis of the technological surveillance of the process gives the possibility to identify the investigation necessities to short, medium and long term and this way to trace investigative strategies to give execution to the objectives layouts.

Key words: Technological surveillance, ethanol, sugarcane bagasse.

Introducción

El costo de producción del etanol está íntimamente relacionado y es dependiente del costo de la materia prima utilizada, del volumen y de la composición de la misma. El éxito de cualquier plan de desarrollo de cultivos para producir etanol, a su vez, depende de la selección de los cultivos apropiados, los métodos de producción y su ubicación. El sistema de producción de bioetanol con mejores oportunidades en el mercado es el que se encuentre completamente integrado, de forma tal que aproveche todas las posibilidades que le dan los derivados de la propia producción. Por otro lado, la mayoría de los países latinoamericanos, entre ellos los productores de azúcar, están en la búsqueda de una estrategia para la reconversión de sus economías productivas, a fin de dar respuesta a la apertura de nuevos mercados y a la integración regional. Para lograr una explotación más amplia de la caña de azúcar es necesaria una estrategia de diversificación que permita, junto a la producción de azúcar, la obtención de un mayor número de derivados. A escala mundial el etanol ha adquirido un gran valor por la posibilidad de su uso como combustible, ya sea mezclado con gasolina o con petróleo, y sobre todo porque constituye una fuente renovable de energía. Su mezcla con los productos anteriores proporciona un combustible de mejor calidad, además de las posibilidades que brinda la alcoquímica como ruta de desarrollo de nuevos productos a partir del etanol y la creciente demanda que tiene el ETBE, (etil terbutil éter) obtenido a partir de etanol, para oxigenar el combustible.⁷

El aumento de la producción de etanol en el mundo ha estado aparejado con el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten obtenerlo a partir de residuos de madera, de desechos sólidos y de todos los materiales que contengan celulosa y hemicelulosa lo que permite revalorizar los desechos de varias industrias convirtiéndolos en materia prima para la obtención de etanol. El interés por el uso de materiales lignocelulósicos como materia prima en procesos de transformación por microorganismos es importante desde hace ya varias décadas. Entre las razones fundamentales de tal interés se encuentran:

- La materia lignocelulósica es el subproducto agroindustrial de mayor abundancia.
- Constituye la parte estructural en el reino vegetal, y por ello es una fuente de materia prima renovable
- Sus tres mayores constituyentes (celulosa, hemicelulosa y lignina) encuentran aplicaciones prácticas apreciables. Así, por ejemplo, la celulosa se utiliza para la obtención de etanol y biomasa, la hemicelulosa como fuente de etanol y/o biomasa y la lignina como combustible, y como fuente de adhesivos o plásticos.

Por otra parte, las materias primas sacaroideas y amiláceas son utilizadas como alimento de hombres y animales; esta utilización compite con la producción de etanol. De ello se deriva que los materiales lignocelulósicos constituyen la materia prima por excelencia para la producción de etanol, a pesar de los costos iniciales. Esto le confiere la máxima importancia a los procesos que permiten hacer económicamente factible la preparación de los materiales lignocelulósicos hasta azúcares fermentables.

Los materiales lignocelulósicos presentes en la caña de azúcar tienen una gran potencialidad para esto, ya que en la actualidad existen tecnologías que permiten convertir estos materiales en etanol. Por otra parte, la cultura existente en los países relacionados con el cultivo de la caña de azúcar, la experiencia y tradición azucarera y los precios del azúcar en el mercado mundial, permiten pensar en alternativas tecnológicas que revaloricen la caña y desvíen, de forma total o parcial, la producción de azúcar hacia la de etanol, tal como hoy día se hace en algunos países como Brasil, que posee estructuras de producción flexibles a fin de permitir una u otra variante.

Desarrollo

Resultados de vigilancia tecnológica para la obtención de etanol a partir de bagazo de la caña de azúcar

El principal resultado de la vigilancia tecnológica será el conocimiento adquirido, que servirá de soporte a la toma de decisiones por parte del grupo de expertos externos. Aunque el proceso de vigilancia tecnológica tiene un carácter continuo y cambia constantemente como consecuencia de los cambios, también continuos, que se producen en el entorno externo, es necesario mantenerlo actualizado a fin de disponer de una vigilancia tecnológica dinámica, que permita cambios rápidos y eficientes. Por lo que se debe establecer la periodicidad y la actualización de los resultados.

El objetivo de este estudio consiste en identificar los desarrollos tecnológicos en el tema, los países y las empresas líderes utilizando como fuente bases de datos internacionales de patentes y literatura no patente para perfeccionar el diseño de las investigaciones y actividades de desarrollo, que permita asimilar las tecnologías y proponer una estrategia para obtener mayor eficiencia y competitividad en esta industria. Para realizar este estudio se tiene en cuenta la información publicada en documentos de patentes, artículos científicos, dictámenes de expertos, informes de autoridades nacionales, informes de organizaciones no gubernamentales, información de empresas productoras y comercializadoras, y cualquier otra fuente confiable de información que contribuya a establecer, lo más real posible, el estado actual de la técnica relacionada con el tema a vigilar. Por lo que se considera la estrategia de vigilancia tecnológica planteada como una estrategia de prospección, la cual no es una actividad de previsión que busca diseñar los hechos más probables, se trata de una acción abierta a diferentes contextos, diseña múltiples posibilidades y sugiere acciones diversificadas

Esto es lo que presenta el diagrama heurístico de forma organizada.

En los numerosos trabajos publicados sobre tecnologías de producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica se han tenido en cuenta aspectos como la disponibilidad de las materias primas, el costo de las operaciones, el impacto ambiental derivado de las mismas; pero se hace necesaria la evaluación integral de las diferentes alternativas con vistas a seleccionar aquellas que ofrezcan mayores posibilidades de aplicación. Para ello es fundamental en un primer momento la identificación de las alternativas disponibles, dadas específicamente por la materia prima que utilizan, tomando en consideración los factores

técnicos, económicos y ambientales de las mismas de forma tal que se garantice el logro de una tecnología que tribute a una mejor economía en los procesos involucrados.

La identificación de las principales barreras que limitan las variantes que se han señalado anteriormente permite la proyección de estrategias de investigación en ese sentido, con el fin de eliminar las mismas. El aspecto económico es un factor clave en el desarrollo de las tecnologías de obtención de etanol de lignocelulósico, ya que el costo de producción del etanol depende principalmente del precio de la materia prima, que como hemos visto, con la utilización de biomasa residual (de segunda generación) se disminuye.⁷ Pero la utilización de estos materiales se incrementa la complejidad tecnológica y está limitada por los factores siguientes:

- La barrera de la lignina y la hemicelulosa

La utilización microbiana o enzimática de los materiales lignocelulósicos requiere previamente la ruptura de la barrera de lignina y la influencia de la hemicelulosa. Esto significa realizar algún tipo de pretratamiento, físico, químico o biológico. También dificulta el ataque biológico, la cristalinidad y el área superficial de la celulosa.

Costo de enzimas hidrolíticas.

Para disponer del carbono presente en la celulosa y hemicelulosa, se requiere, después del pretratamiento, hidrolizar estos compuestos a glucosa y pentosas. Algunos estudios relevan que el costo de las celulosas puede representar hasta un 60 % del costo total de producción de azúcares fermentables a partir de recursos celulósicos.

- Grado de utilización del recurso.

En los procesos estudiados y desarrollados hasta la fecha se considera principalmente la utilización de la fracción celulósica, habiendo un uso incompleto, de poco valor agregado a los otros constituyentes del recurso (pentosas, proteínas, resinas, lignina). Particularmente esta última tiene

usos potenciales de alto valor en formulación de adhesivos y lubricantes, entre otros.⁹

El consumo de agua.

El proceso de obtención de etanol a partir de residuos lignocelulósicos requiere el manejo de grandes volúmenes de agua. La etapa de hidrólisis enzimática se identifica como la de mayor consumo, teniendo en cuenta que el agua es aproximadamente el 80 % en volumen de esta etapa del proceso. El agua es un recurso limitado en muchos países, por lo que se deben buscar alternativas que logren reducir el consumo de agua. Además, se plantea que la próxima crisis mundial no será por el petróleo sino por el agua, debido a la escasez que se prevé en los años siguientes.

- El consumo de energía

El mayor consumo de energía en el proceso tiene lugar en las etapas siguientes: molienda, calentamiento del material a la temperatura de reacción y la destilación.

Estudios recientes realizados por Solar Energy Research Institute (SERI), sobre la obtención de etanol a partir de residuos lignocelulósicos, concluyen que los principales componentes del costo de etanol son: consumo de energía, inversión de capital total, consumo de catalizador y consumo de materia prima.

Otro aspecto importante que debe considerarse integralmente en el momento de concebir una instalación industrial para la utilización de la biomasa lignocelulósica para la producción de etanol es que el proceso entrega cantidades apreciables de lignina y hemicelulosa las cuales pueden emplearse en la generación de energía y la obtención de productos de alto valor agregado, lo que disminuye el costo total del proceso.

En relación con la etapa de hidrólisis es posible identificar los parámetros claves siguientes que inciden en la economía del proceso: Rendimiento de azúcares fermentables por materia prima inicial, concentración de azúcares fermentables, tiempo de reacción y tamaño de partículas requerido.

Un alto rendimiento reduce el costo de la materia prima y del catalizador. Altos rendimientos y bajos tiempos de reacción reducen el tamaño del hidrolizador y por lo tanto la inversión de capital. El tamaño de los equipos y el consumo de energía en

etapas posteriores del proceso son inversamente proporcionales a la concentración de azúcares, especialmente las etapas de destilación y de tratamiento de efluentes.⁷

La subida de los precios de los alimentos y los últimos informes negativos sobre la obtención de combustibles a partir de productos empleados en la alimentación han generado el rechazo y la desconfianza en la sociedad. La agencia para los Combustibles Renovables del Reino Unido, llamado informe Gallagher, recomienda frenar los objetivos de estos carburantes verdes para el 2020 hasta que se pueda asegurar su sostenibilidad. Estos han pasado en pocos meses de ser parte de la solución para el cambio climático a convertirse en foco de todas las críticas. Sin embargo, no todos los biocombustibles tienen la misma responsabilidad en la crisis alimentaria global. Un reciente estudio secreto del Banco Mundial, publicado por The Guardian, aseguraba que el impacto de estos carburantes puede suponer el 75 % del aumento de precio del maíz y el trigo. Pero dicho informe excluía de esa cifra al sustituto vegetal de la gasolina producido a partir de la caña de azúcar. De hecho, este producto es la única materia prima agrícola que no ha aumentado de precio desde 2006, mientras el aumento medio del resto de los alimentos ha sido del 83 % en el mismo período.

El ciclo de vida del bioetanol de caña de azúcar emite cerca de un 85 % menos de CO₂ que las gasolinas procedentes del petróleo, según datos extraídos de informes del Worldwatch Institute y de la Agencia Internacional de Energía. El bioetanol producido a partir de cereales en Europa o Estados Unidos genera un 30 % menos de carbono que la gasolina y el producido a partir de remolacha en la Unión Europea tiene un 45 % menos de reducción. inconvenientes de la tecnología

Como ya se ha mencionado anteriormente el bioetanol producido a través de residuos lignocelulósicos tiene inconvenientes reportados por varios autores, los más frecuentes son:

- El pretratamiento utilizado tradicionalmente para eliminar la lignina y la hemicelulosa es costoso.

- La producción de enzimas capaces de hidrolizar la celulosa/hemicelulosa ocurre en biorreactores y por técnicas muy costosas

Conclusiones

- La hidrólisis enzimática de los sustratos pretratados es la etapa que más contribuye al costo de producción de etanol por manejar grandes volúmenes de agua, largos tiempos de hidrólisis y equipos de gran tamaño. Aunque existen puntos en las soluciones ingenieriles que pueden disminuir los costos de esta etapa.

- A pesar de que la melaza como materia prima cuesta 4 veces más que el bagazo de caña, el costo unitario por litro es 30 % más caro para la producción de etanol a partir de bagazo de caña que a partir de la melaza.

Bibliografía

1. Almazán, O.: *The process of diversification in the sugar industry*, Specialized lecture. University of Mauritius. Port Louis, Mauritius, 1999
2. Banerjee, R., and A. Pandey: "Bio-industrial applications of sugarcane bagasse: A technological perspective." *Int. Sugar J.*, 104: 64-68. 2002
3. Clarke, M.A. and L. A. Edye: "Sugar beet and sugarcane as renewable resources." *Agric. Mat. Renewable Resour.*, 647, 229-247. 1996
4. Gálvez, L.O.: *La producción diversificada de la agroindustria de la caña de azúcar*, en *Manual de los derivados de la caña de azúcar*, Tercera Edición, La Habana, Cuba, 2000.
5. Gálvez, L.O. y G. Gálvez: *La caña de azúcar*, en *Manual de los derivados de la caña de azúcar* (Ed. L.O. Gálvez), Tercera Edición, La Habana, Cuba, pp. 21-30, 2000.
6. Gastón, C.; R. Bambanaste; J. Correa; G. Alfonso y M. Herryman: *Bagazo*. en *Manual de los derivados de la caña de azúcar* (Ed. L.O. Gálvez), Tercera Edición, La Habana, Cuba, pp.31-44, 2000.
7. González, E.: *Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria química, fermentativa y farmacéutica*, Editorial Científico Técnica, La Habana, 2005.
8. Martín, C. and A.V. Obolenskaja: *Khimitcheskij analiz bagassy sakharnogo trostnika y polutchenje dioksan-lignina*. Report. Kafedra Khimii Drevesiny. Leso-tekhniticheskaja Akademija. Leningrad, SSSR, 1988.
9. Mesa, L.: *Estrategia de Vigilancia Tecnológica para la obtención de etanol a partir de residuos lignocelulósicos*, España, Comunicación Social de la Ciencia, 2007.
10. Noa, H.; J. Zegarra; A. Zavala y J.T. Monegro: *La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar. Serie Diversificación*. GEPLACEA, México, 1991.
11. Olguín, E.J.; H.W. Doelle y G. Mercado: "Resource recovery through recycling of sugar processing by-products and residuals," *Resour. Conserv. Recycling*, 15: 85-94, 1995.

12. *El uso del bagazo como materia prima para la obtención de derivados y generación de energía, en Subproductos y derivados de la agroindustria azucarera, Serie*

13. Teixeira, L.C.; J.C. Linden and H.A. Schroeder: "Optimizing peracetic acid pretreatment conditions for improved simultaneous saccharification and co-fermentation (SSCF) of sugar cane bagasse to ethanol fuel," *Renewable Energy*, 16(1-4): 1070-1073, 1999.
14. Triana, O.; M. Leonard; F. Saavedra; N. Fernández y otros: *Atlas del bagazo de la caña de azúcar*, GEPLACEA, México, 1990.