

VALORIZACIÓN SOSTENIBLE DE RESIDUOS AGROALIMENTARIOS RICOS EN LIGNINA

DATOS DE CONTACTO:

Relaciones con la Empresa
Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI
Universidad de Alicante
Tel.: +34 96 590 99 59
Email: areaempresas@ua.es
<http://innoua.ua.es>

RESUMEN

El grupo de investigación Química (bio)Analítica y Circular (bioCir) de la Universidad de Alicante ha desarrollado un método eficiente y sostenible para extraer lignina de residuos agroalimentarios, como la cáscara de coco. Este método innovador combina ultrasonidos y disolventes eutécticos profundos (DES), logrando una extracción de lignina de al menos el 80% del residuo en un tiempo reducido.

La combinación de la acción química de los DES y el efecto de los ultrasonidos permite disolver y extraer la lignina de forma eficiente. Este método, sostenible y escalable, representa una alternativa innovadora para valorizar residuos agrícolas en un modelo de economía circular.

La tecnología, protegida mediante solicitud de patente, está desarrollada a escala laboratorio. La lignina sólida obtenida mediante este método podría utilizarse como materia prima para diversas aplicaciones industriales, incluyendo los sectores químico, farmacéutico, cosmético y de materiales avanzados. Se buscan empresas interesadas en su explotación comercial.



INTRODUCCIÓN

Cada año se desperdician 1,3 millones de toneladas de alimentos en el mundo. En España, la fruta y la verdura son los alimentos más desechados. Además, cada español genera unos 460 kg de residuos urbanos al año. Para reducir este impacto, se requiere un sistema más sostenible que optimice recursos y reutilice desechos.

Entre estos residuos destaca la lignina, presente en partes estructurales de las plantas como cáscaras, hojas y tallos. Su extracción es relativamente sencilla y no requiere procesos costosos. Se encuentra en pieles duras de frutas, tallos y troncos de maíz y caña de azúcar, huesos de frutas, cáscaras de frutos secos y residuos de cereales.

Un residuo agroalimentario de especial interés es la cáscara de coco, por su elevada concentración de lignina, un compuesto valioso con múltiples aplicaciones industriales. El coco, fruto de la palma *Cocos nucifera*, se compone de tres capas: exocarpio (capa externa y dura, frecuentemente desechada), mesocarpio (intermedia y fibrosa) y endocarpio (interna, que envuelve la pulpa).

La cáscara de coco destaca por su alto contenido de lignina, lo que le confiere gran utilidad. Aunque su composición varía, contiene elevados porcentajes de lignina y celulosa. A pesar de su potencial para producir fibras naturales, biocombustibles y materiales sostenibles, grandes cantidades se desechan cada año. Su valorización mediante la extracción de lignina permite

transformar este residuo en un producto de alto valor añadido.

La extracción con hidróxido de sodio (NaOH) es habitual y consiste en preparar el material vegetal y tratarlo con NaOH para disolver la lignina. Aunque efectiva, presenta inconvenientes: uso de químicos, necesidad de altas temperaturas y presiones, y la optimización de condiciones (concentración, temperatura, tiempo, ultrasonidos) para mejorar el rendimiento.

En los últimos años, los disolventes eutécticos profundos (DES) han ganado interés por su baja volatilidad, toxicidad reducida y biocompatibilidad, siendo atractivos para procesos sostenibles. Se obtienen combinando y calentando sólidos en proporciones específicas hasta formar un líquido. Se ha explorado su uso para procesar biomasa y extraer lignina.

Existen métodos con DES y calentamiento convencional o microondas. Sin embargo, el uso de microondas presenta limitaciones: necesidad de altas temperaturas, rendimiento variable, escasa compatibilidad con algunas biomásas, dificultad de escalado y posible degradación de los DES.

Las limitaciones comunes de los métodos actuales, incluidos los que emplean DES, son rendimientos bajos, tiempos prolongados y ausencia de técnicas eficaces para aislar la lignina del medio. Estas deficiencias derivan de múltiples factores del proceso. El calentamiento desigual y la limitada penetración de los ultrasonidos también dificultan la eficiencia, junto con el pH y la temperatura.

Por ello, se requiere un método más sostenible, rápido y eficiente para extraer lignina de residuos agroalimentarios. Para que el proceso sea viable, los residuos deben tener más del 10% de lignina, menos del 50% de hemicelulosa y menos del 55% de celulosa. En respuesta a estas limitaciones, se propone una metodología basada en el uso combinado de DES y ultrasonidos, con el objetivo de lograr rendimientos superiores al 80% y reducir significativamente los tiempos de extracción.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El grupo de investigación Química (bio)Analítica y Circular (bioCir) de la Universidad de Alicante ha desarrollado un nuevo método para obtener lignina, un valioso componente, a partir de residuos agroalimentarios. Este método no solo es más respetuoso con el medio ambiente, sino que también transforma estos residuos, que a menudo se desechan, en un recurso útil para la industria.

Este nuevo método utiliza una combinación de ondas de sonido (ultrasonidos) y líquidos especiales y seguros (disolventes eutécticos profundos o DES) para extraer la lignina. Ajustando cuidadosamente el proceso, se logra una extracción más rápida y con mayor rendimiento en la obtención de lignina que con los métodos tradicionales. Además, el método asegura que la lignina se separe y limpie de forma eficaz, lista para su uso.

El procedimiento propuesto para la extracción de lignina de residuos agroalimentarios implica una serie de pasos que incluyen la preparación del residuo, la mezcla con una solución específica (que incluye el DES), el ajuste del pH, la aplicación de ultrasonidos y la recuperación final de la lignina. (Figura 1).

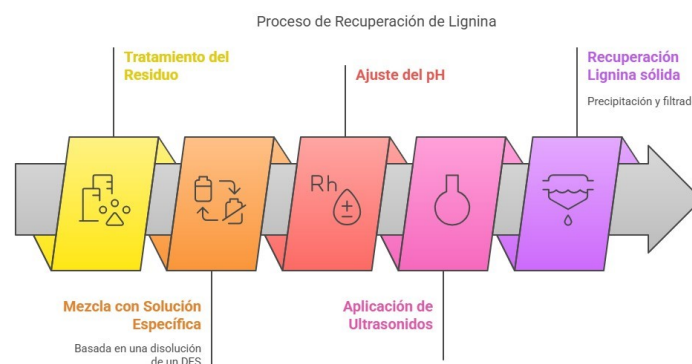


Figura 1. Diagrama esquemático para la obtención de lignina sólida a partir de residuos agroalimentarios.

Cabe mencionar que, la interacción química entre los componentes del DES y los grupos funcionales de la lignina, junto con la cavitación ultrasónica, permite una liberación eficiente de la lignina contenida en los residuos agroalimentarios, incluso en matrices lignocelulósicas complejas.

Como resultado, el método de extracción propuesto permite alcanzar altos rendimientos (al menos un 80%), garantizando su aplicabilidad industrial. Por tanto, sienta las bases para la transferencia tecnológica y la comercialización del proceso, promoviendo su impacto positivo tanto a nivel ambiental, al reducir la acumulación de residuos, como económico, al generar un producto de alto valor para diversas industrias.

VENTAJAS Y ASPECTOS INNOVADORES

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA

Las principales ventajas de la tecnología en términos de sostenibilidad, eficiencia y competitividad son:

- **Mayor rendimiento y eficiencia:** La combinación de disolventes eutécticos profundos (DES) y ultrasonidos permite una extracción de lignina superior al 80%, superando los métodos convencionales.
- **Procesamiento más rápido y de menor consumo energético:** La optimización del proceso reduce significativamente los tiempos de extracción, lo que supone un ahorro de energía y recursos.
- **Alta selectividad y pureza del producto:** La lignina obtenida presenta una menor contaminación por otros componentes de la biomasa, lo que la hace más adecuada para aplicaciones industriales avanzadas.
- **Escalabilidad industrial:** El método es adaptable a procesos de mayor escala sin necesidad de inversiones costosas en equipamiento especializado.
- **Reducción de residuos agroalimentarios:** La tecnología permite aprovechar residuos ricos en lignina, como la cáscara de coco, evitando su acumulación en vertederos o su quema incontrolada.
- **Sustitución de disolventes agresivos:** A diferencia de los procesos tradicionales con hidróxido de sodio (NaOH) u otros productos químicos contaminantes, el uso de DES minimiza la generación de residuos peligrosos.
- **Menor impacto ecológico:** La metodología reduce la huella de carbono del proceso de extracción al disminuir el consumo energético y el uso de productos químicos agresivos.
- **Contribución a la economía circular:** Transforma residuos en materia prima de alto valor añadido, favoreciendo la sostenibilidad en sectores como la química, la cosmética y los materiales avanzados.
- **Sustitución de derivados fósiles:** La lignina obtenida tiene el potencial de reemplazar polímeros y aditivos derivados del petróleo en múltiples aplicaciones, favoreciendo la transición hacia una industria más sostenible.
- **Diferenciación en sostenibilidad:** Empresas de los sectores químico, farmacéutico o de materiales avanzados pueden mejorar su reputación ambiental al incorporar lignina extraída de forma sostenible.
- **Oportunidades en mercados verdes:** La demanda de productos sostenibles y de origen biológico está en crecimiento, ofreciendo ventajas competitivas a los primeros adoptantes de esta tecnología.
- **Flexibilidad en la materia prima:** La metodología es adaptable a distintos tipos de residuos lignocelulósicos, permitiendo su implementación en diversas regiones y cadenas de suministro.

ASPECTOS INNOVADORES DE LA TECNOLOGÍA

Los principales aspectos innovadores de esta tecnología son dos, por un lado, el **uso combinado de DES y ultrasonidos para la extracción de lignina** y, por otro, la **obtención de una lignina con alta pureza y menor contenido de impurezas**.

La integración de DES con ultrasonidos en un único proceso representa una innovación significativa en la extracción de lignina. Mientras que los DES ofrecen una alternativa sostenible y altamente eficiente a los disolventes convencionales, los ultrasonidos aceleran la disrupción de la matriz lignocelulósica y favorecen la transferencia de masa, optimizando la extracción. Esta combinación sinérgica no solo mejora el rendimiento de recuperación, sino que también reduce el consumo energético y minimiza la generación de residuos químicos, diferenciándose de los métodos tradicionales basados en reactivos agresivos como el hidróxido de sodio o los solventes orgánicos volátiles.

A diferencia de otras tecnologías de extracción, este método permite aislar una lignina con una estructura química más preservada y menor contenido de polisacáridos y contaminantes. La mayor pureza del producto final amplía su aplicabilidad en sectores industriales avanzados sin necesidad de etapas adicionales de purificación. Esto supone una ventaja competitiva clave al reducir costes de procesamiento y mejorar la versatilidad de la lignina extraída.

Estos aspectos innovadores posicionan a esta tecnología como una alternativa eficiente, sostenible y altamente adaptable para la valorización de residuos agroindustriales, abriendo nuevas oportunidades en el desarrollo de materiales y productos de base biológica.

ESTADO ACTUAL

La tecnología se encuentra desarrollada a **nivel laboratorio**.

Los resultados obtenidos demuestran una extracción de lignina mayor del 80% en los residuos agroalimentarios analizados: piel de coco y corona y cáscara de piña.

APLICACIONES DE LA OFERTA

La lignina obtenida podría ser empleada como materia prima en aplicaciones industriales, incluyendo sectores químicos,

farmacéuticos, cosméticos y de materiales avanzados.

La lignina obtenida mediante esta tecnología presenta características que la hacen apta para diversas aplicaciones industriales, tanto en sectores establecidos como en mercados emergentes. Entre los principales ámbitos de aplicación destacan:

- **Industria química**
- **Materiales avanzados**
- **Sector cosmético y farmacéutico**

Además de estos sectores actuales, la pureza y versatilidad de la lignina obtenida abren oportunidades en el desarrollo de nuevos materiales y productos dentro de la bioeconomía circular, contribuyendo a la sustitución de derivados fósiles en diversas aplicaciones industriales.

COLABORACIÓN BUSCADA

Se buscan empresas interesadas en adquirir esta tecnología para su **explotación comercial** mediante:

- Acuerdos de licencia de la patente.
- Acuerdos de colaboración en I+D para desarrollar la tecnología de acuerdo con las necesidades de la empresa.
- Proyectos de prueba de concepto.
- Servicios de asesoramiento científico-técnico.
- Etc.

Tipo de empresas buscadas:

- Empresas que produzcan biopolímeros y/o materiales sostenibles.
- Industria química especializada en derivados de lignina.
- Fabricantes de cosméticos y productos farmacéuticos naturales.

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Esta tecnología se encuentra protegida mediante **solicitud de patente**.

- Título de la patente: *"Método de extracción de lignina a partir de residuos agroalimentarios con un contenido en lignina mayor del 10%, un contenido de hemicelulosa menor del 50% y un contenido de celulosa menor del 55%"*.
- Número de solicitud: P202530213.
- Fecha de solicitud: 12 de marzo de 2025.

SECTORES DE APLICACIÓN (3)

Agroalimentación y Pesca
Materiales y Nanotecnología
Tecnología Química

IMÁGENES TÉCNICAS (1)



GENERALITAT
VALENCIANA

IVACE+i

INSTITUTO VALENCIANO
DE COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN



Financiado por
la Unión Europea