

BIORREFINERÍA Y ECONOMÍA CIRCULAR

Una oportunidad para
la cadena de granos
y cereales

Mary Lopretti

editora

Situación de cereales y granos y usos de sus residuos
Red CYTED BIORRECER



Biorrefinería y economía circular: Una oportunidad para la cadena de granos y cereales / Mary Lopretti, editora – Montevideo : DIRAC, 2024.

184 p. : il., tablas, cuadros, fotos.

ISBN: 978-9974-0-2201-0 (versión impresa)

ISBN: 978-9974-0-2202-7 (versión digital)

1. BIORREFINERÍAS 2. RESIDUOS INDUSTRIALES 3. RESIDUOS AGRÍCOLAS
4. BIOMASA 5. BIOTRANSFORMACIONES

I. Mary Lopretti, ed.

CDU 602.4

Los conceptos vertidos en los libros editados por la Facultad de Ciencias de la Universidad de la República son de responsabilidad de sus autores. Su publicación no implica que sean compartidos por las mencionadas instituciones.

Edición, corrección, maquetación y diseño de tapas: Gabriel Santoro

Publicado por

DIRAC – Facultad de Ciencias – Universidad de la República (Udelar)

Iguá 4225 – Montevideo 11400 – Uruguay

Tel.: (+598) 2525 1711 – Fax: (+598) 2525 8617

E-mail: dirac@fcien.edu.uy

© 2024 DIRAC – Facultad de Ciencias – Udelar



ÍNDICE

Autores	5
Prólogo	7
Capítulo 1. Biorrefinería de la industrialización de granos y cereales como una oportunidad de bioeconomía para Iberoamérica	9
Capítulo 2. Residuos industriales como fuente de compuestos bioactivos por métodos biotecnológicos y extractivos	35
Caso de estudio 2.1. Producción de compuestos bioactivos en cultivos celulares de <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	53
Caso de estudio 2.2. Caracterización de compuestos bioactivos en los subproductos de la industria del brócoli	57
Caso de estudio 2.3. Compuestos bioactivos desde los residuos de las cáscaras de arroz, subproducto de la industria	61
Caso de estudio 2.4. <i>Screening</i> de cepas monocariontes derivadas de <i>Pleurotus sapidus</i> para la producción de enzimas oxidorreductasas con interés biotecnológico	64
Caso de estudio 2.5. Fermentación en estado sólido de paja de arroz, cascarilla de arroz y cáscara de girasol para la producción de enzimas con cepas seleccionadas de monocariontes de <i>Pleurotus sapidus</i> ..	68
Caso de estudio 2.6. Modificación de bioactivos fenólicos de residuos agrícolas del girasol y del arroz por acción biológica de <i>Pleurotus sapidus</i> ..	72
Caso de estudio 2.7. Producción de bioactivos de cáscara de arroz: biorrefinería de biomasa residual para la obtención de compuestos bioactivos con actividad germicida	76
Capítulo 3. Materiales a partir de biopolímeros de granos y cereales	83
Caso de estudio 3.1. Produção de biopolíóis a partir da casca de arroz	86
Caso de estudio 3.2. Produção de biopolíóis a partir da casca de café	90
Caso de estudio 3.3. Valorização da casca do pinhão (<i>Araucaria angustifolia</i>) para produção de materiais poliméricos	94

Caso de estudio 3.4. Valorización de subproductos de la industrialización de aceites de soja y de la industria pesquera para la obtención de membranas poliméricas	98
Caso de estudio 3.5. Producción de nanocelulosa a partir de residuos agrícolas	105
Caso de estudio 3.6. Poliuretanos con actividad germicida	109
Caso de estudio 3.7. Poliuretanos como producto de la biorrefinería de la industrialización de arroz	113
Caso de estudio 3.8. Evaluación de diferentes metodologías de obtención de nanocelulosa a partir de residuos de cereales	119
Caso de estudio 3.9. Obtención y caracterización del nuevo compuesto derivatizado de cáscara de arroz y piña como un posible radiofármaco	123
Caso de estudio 3.10. Valorización de la cáscara de arroz para la producción de nanosílice	126
Caso de estudio 3.11. Obtención de membranas poliméricas a partir de residuos industriales	129
Capítulo 4. Técnicas de caracterización de materias primas y subproductos a partir de granos y cereales: lípidos, proteínas, hidratos de carbono, compuestos nitrogenados, enzimas y minerales	137
Caso de estudio 4.1. Análisis de muestras de cascarilla, lajilla y ceniza de arroz	140
Caso de estudio 4.2. Evaluación biológica de subproductos obtenidos: estudio de actividad insecticida por contacto	143
Caso de estudio 4.3. Caracterización de cáscara de arroz: hacia la valorización del principal residuo agroindustrial uruguayo	145
Caso de estudio 4.4. Caracterización química de los principales subproductos obtenidos de cáscara de arroz: nanosílice	148
Capítulo 5. Biorrefinería de biomasa residual de la industrialización de granos y cereales	153
Caso de estudio 5.1. Revalorización de la cebadilla de cerveza para la producción de biocombustibles y biocompuestos	158
Caso de estudio 5.2. Bioetanol de biomasa lignocelulósica de cereales y semillas	162
Caso de estudio 5.3. Biorrefinería de cáscara de arroz para la producción de enzimas, nanomateriales y unidades funcionales fenólicas	166
Caso de estudio 5.4. Evaluación económica preliminar de la obtención de copolímeros de poliuretanos a partir de polioles de lignina de la cáscara de arroz	170
Caso de estudio 5.5. Valoración de residuos con fines nutricionales	173
Caso de estudio 5.6. Nanosílice: biorrefinería de la cáscara de arroz para el refuerzo de caucho	177

AUTORES

de Argentina

Biól. Fernanda Achimón, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET - Universidad Nacional de Córdoba.

Dr. Maximiliano Bidegain, Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), CONICET - Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca.

Biól. Vanessa Brito, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET - Universidad Nacional de Córdoba.

Dr. José Sebastián Dambolena, *idem*.

Dra. Jimena Herrera, *idem*.

Dra. Carolina Merlo, *idem*.

Dra. Alejandra Omarini, Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP), CONICET - Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam).

Dra. Romina Pizzolitto, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET - Universidad Nacional de Córdoba.

Dr. Pablo Postemsky, Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), CONICET - Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca.

Biól. Virginia Usseglio, Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV), CONICET - Universidad Nacional de Córdoba.

Dra. María Paula Zunino, *idem*.

Dr. Julio Zygodlo, *idem*.

de Costa Rica

Dr. Diego Batista, Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC), Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT).

MSc. Gabriela Montes de Oca, *idem*.

Dr. José Vega, *idem*; Universidad Nacional.

de Cuba

Ing. Gysell Estrada, Instituto de Agricultura, La Habana.

Dr. Alexis Augusto Hernández Mansilla, Centro Meteorológico Provincial de Ciego de Ávila.

Dra. Berta Lina Muiño, Instituto de Agricultura, La Habana.

Dra. Amaia Ponce, *idem*.

de España

Dra. Lorena Almagro Romero, Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

Dra. Mercedes Ballesteros, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Sarai Belchí Navarro, Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

María Borja Martínez, *idem*.

Dra. Paloma Manzanarez, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

Dra. María Begoña Miras Moreno, Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

Dra. Ángeles Pedreño García, *idem*.

Dra. Ana Belén Sabater Jara, *idem*.

Pedro Joaquín Sánchez Pujante, *idem*.

Dra. Ana Isabel Susmozas, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

de Portugal

Dra. Filomena Barreiro, Instituto Politécnico de Bragança (IPB).

Dra. Isabel Patricia Fernandes, *idem*.

Dr. João Pinto, *idem*.

de República Dominicana

Dra. Agripina Ramírez, Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI).

de Uruguay

Lic. Silvana Bonifacino, Facultad de Ciencias, Universidad de la República (Udelar).

MSc. Nicole Lecot, *idem*.

QF. Gabriela Lluberas, *idem*.

Dra. Mary Lopretti, *idem*.

Ing. Daniel Mosca, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República (Udelar).

Ing. Carolina Pérez Gmurenko, *idem*.

Ing. Pablo Raimonda, *idem*.

PRÓLOGO

LA RED BIORRECER ES LA RED IBEROAMERICANA DENTRO DEL PROGRAMA Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) que estudia la biorrefinería de las cadenas productivas de granos y cereales en Iberoamérica. En este libro se muestran los resultados obtenidos trabajando en el concepto de economía circular de la cadena.

La industrialización de granos y cereales genera una gran cantidad de residuos durante el proceso que, por un lado, produce importantes problemas de contaminación por acúmulo de sólidos como cáscara de arroz, bagazo de cereales en los molinos y residuos líquidos propios de lixiviaciones. El estado de situación que hace que se desarrollen estos problemas se muestra en el Capítulo 1. Por otro lado, estos residuos son una fuente inagotable de producción, por métodos biotecnológicos, de productos químicos como bioplaguicidas, antioxidantes y colorantes; de productos para uso en agro, veterinaria y medicina; de materiales como polioles, *building blocks*, poliuretanos, membranas, cápsulas de biopolímeros y nanoestructuras, y también de producción de energía.

Durante cuatro años, la Red conformada por Uruguay (país coordinador), Argentina, República Dominicana, Cuba, Costa Rica, Portugal, España y Brasil ha desarrollado diversos productos de valorización y uso circular de los recursos disponibles para entrar en una etapa de prototipo. Consideramos una buena oportunidad para las empresas que industrializan granos o cereales que cuenten con desarrollos que permitan obtener mayores ganancias y disminuir la contaminación.

De los productos más destacados podemos mencionar: i) nuevos materiales como nanocelulosas y nanosílice a partir de cascarilla de arroz para aplicación en industrias de construcción, pinturas, cementos, etc.; ii) materiales como microbiopolímeros solubilizados como material de encapsulación y membranas para usos en industrias de alimentos, farmacia, nutricionales específicos, etc.; iii) formulaciones utilizando *building blocks* obtenidos de la biomasa residual para la obtención de copolímeros bioplásticos biodegradables, como poliuretanos inteligentes con propiedades germicidas

de interés para la industria de la construcción y la industria de plásticos; iv) aplicación en agroindustrias: formulaciones de compuestos fungicidas e insecticidas. Diferentes casos de estudio de aplicaciones se ven en los Capítulos 2, 3, 4 y 5.

Algunas partes de este libro están en portugués, respetando el idioma original en que fueron escritas tal como exige CYTED BIORRECER, ya que es producto de una Red Iberoamericana.

Agradecemos al programa CYTED el financiamiento de la Red que ha hecho posible el intercambio y la generación del conocimiento, y agradecemos a las universidades e institutos participantes de la Red por el soporte técnico y económico para realizar las investigaciones.

Dra. Mary Lopretti
Coordinadora de la
Red CYTED BIORRECER