

Caracterización de residuos agroindustriales con potencial aplicación en procesos biotecnológicos

Characterization of agroindustrial wastes with potential application in biotechnological processes

Presentación: 13 y 14 de septiembre de 2023

Debora Conde Molina

Grupo de Biotecnología y Nanotecnología Aplicada, Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
dconde@frd.utn.edu.ar

Vanina Di Gregorio

Grupo de Biotecnología y Nanotecnología Aplicada, Facultad Regional Delta, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
vdigregorio@frd.utn.edu.ar

Resumen

El desarrollo de bioprocesos que utilizan residuos agroindustriales constituye uno de los retos más interesantes de la biotecnología actual, ya que conlleva a la reutilización de residuos de una manera ambientalmente responsable y al desarrollo de productos de alto valor agregado. En este trabajo se caracterizaron residuos agroindustriales de la región noroeste de la provincia de Buenos Aires, con el fin de analizar sus posibles aplicaciones en el desarrollo de bioprocesos locales. Los residuos analizados fueron: compost agotado de hongos, residuo de texturizado de soja, residuo de raíz de batata, residuo de cama de pollo y rastrojo de trigo. A los mismos se les determinó humedad, pH, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo total, potasio, calcio. Los resultados mostraron que todos los residuos contribuyen a cubrir parte de los requerimientos nutricionales de los microorganismos, aportando principalmente fuentes de carbono y nitrógeno.

Palabras clave: residuos agroindustriales, bioprocesos, biotecnología.

Abstract

The development of bioprocesses using agro-industrial wastes is one of the most interesting challenges of current biotechnology, since it leads to the reuse of wastes in an environmentally responsible way and to the development of high value-added products. In this work, agro-industrial wastes from the northwest region of the province of Buenos Aires were characterized in order to analyze their possible applications in the development of bioprocesses. The wastes tested were: spent mushroom substrate, soybean texturized residue, sweet potato root residue, chicken litter residue and wheat stubble. Moisture, pH, organic carbon, total nitrogen, total phosphorus, potassium and calcium were determined. The results showed that all wastes contribute to cover part of the nutritional requirements of the microorganisms, providing mainly carbon and nitrogen sources.

Keywords: agro-industrial wastes, bioprocesses, biotechnology.

Introducción

Desde hace varias décadas los residuos agroindustriales han sido un foco de atención a nivel mundial, debido a que parte de sus constituyentes pueden ser empleados como materia prima para generar diversos productos de interés (Capanoglu & Tomás-Barberán 2022). La importancia de desarrollar bioprocesos de bajo costo utilizando residuos como materias primas radica en la búsqueda de alternativas sostenibles y económicamente viables en la industria. Los residuos representan una fuente abundante y subutilizada de recursos orgánicos que, mediante su aprovechamiento en bioprocesos, pueden generar productos de alto valor (Liguori et al. 2013). Al

utilizar residuos se promueve la economía circular y se minimiza el impacto ambiental asociado a su disposición final (Kumar et al. 2022).

Dentro de los bioproductos de gran aplicación industrial se encuentran las enzimas. La capacidad que presentan las enzimas para acelerar reacciones químicas altamente selectivas en condiciones suaves de temperatura y pH hacen de ellas herramientas ideales para mejorar la eficacia y sostenibilidad de numerosos procesos. En la industria alimentaria, las enzimas mejoran la calidad y la textura de los productos, como en la producción de pan y en la hidrólisis de lactosa en productos lácteos. En la industria textil, las enzimas se utilizan para el lavado y desgaste de prendas, reduciendo el uso de químicos agresivos y promoviendo prácticas más sostenibles. Además, las enzimas encuentran aplicaciones en la producción de papel, biocombustibles y productos farmacéuticos, entre otros sectores industriales, donde su versatilidad y capacidad para catalizar reacciones específicas contribuyen a mejorar los procesos (Jemli et al. 2016). Gran variedad de trabajos de investigación han demostrado el potencial de aprovechar los residuos como sustratos para la producción de enzimas. Por ejemplo, en la producción de enzimas amilolíticas, se ha utilizado residuos de la agroindustria, como cáscaras de frutas y subproductos del procesamiento de cereales, como fuentes de almidón para la producción de enzimas amilasas. Asimismo, en la producción de enzimas celulolíticas, se han empleado residuos agrícolas y forestales ricos en celulosa, como bagazo de caña de azúcar y paja de trigo, como sustratos para la producción de celulasas y β -glucosidasas (Fasim et al. 2021; Ayra et al. 2022)

Por otro lado, se encuentra en auge el desarrollo de biopolímeros reemplazantes de envases plásticos, con el fin de disminuir el impacto ambiental causado por los residuos plásticos. Los biobasados son materiales poliméricos fabricados a partir de fuentes naturales como por ejemplo residuos de la producción de batata. Estos biopolímeros tienen la particularidad de degradarse fácilmente (López-García et al. 2015), son de bajo costo y de característica comestible (Versino et al. 2016), debido a que sus componentes principales derivan de fuentes renovables como son los lípidos, las proteínas y los polisacáridos. Se reportaron trabajos acerca de desarrollos de películas biopoliméricas a partir de almidón de batata (*Ipomoea batata* L.) combinando nano partículas de montmorillonita para mejorar sus propiedades (Di Gregorio et al. 2022).

Los desarrollos en el campo de los biocombustibles y el uso de residuos en los procesos de producción son de suma importancia en el contexto actual de búsqueda de alternativas energéticas sostenibles y la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Los biocombustibles, obtenidos a partir de fuentes renovables como biomasa lignocelulósica y residuos orgánicos, presentan múltiples beneficios, como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la diversificación de la matriz energética (Liu et al. 2021). Además, el uso de residuos en los procesos de producción de biocombustibles, tales como residuos agrícolas, forestales e industriales, permite su valorización (Ballesteros et al. 2014).

Otros bioproductos de gran consideración biotecnológica pueden producirse a partir de procesos microbianos que incluyan residuos como fuente de nutrientes. Por ejemplo los ácidos orgánicos, tales como el ácido cítrico, el ácido láctico y el ácido acético, presentan amplias aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y química (Papadaki et al. 2020). Otro caso significativo son los biosurfactantes, que son moléculas orgánicas con propiedades emulsionantes y se proponen como alternativas más sostenibles y seguras que los surfactantes químicos convencionales (Banat et al. 2010). Además, podemos mencionar los productos bioactivos de aplicación en la agricultura que promueven el crecimiento y la resistencia de las plantas, y como agentes de control biológico para proteger los cultivos de plagas y enfermedades; o en el ámbito de la medicina los productos bioactivos con propiedades terapéuticas, como actividad antimicrobiana, antioxidante o antiinflamatoria (Chung & Osawa 2011). Todos ellos resultan muy interesantes para producirlos a partir de procesos sustentables.

A pesar de los beneficios económicos asociados a la actividad agroindustrial, ésta conlleva a la generación de ciertos contaminantes que impactan sobre el ambiente. La tendencia para descontaminar sitios es emplear tecnologías amigables con el ambiente como ocurre con la biorremediación, la cual resulta simple y económica. El propósito de la biorremediación es potenciar los procesos naturales de biodegradación mediante la optimización de los parámetros limitantes del sistema (Ossai et al. 2020). Una estrategia abordada dentro de la biorremediación es la bioestimulación, la cual consiste en incrementar la actividad de los microorganismos autóctonos por medio de la adición de nutrientes o sustratos para potenciar la velocidad de degradación de los contaminantes en un sitio. La utilización de residuos en la bioestimulación resulta un área de estudio muy interesante. Los residuos orgánicos, provenientes de distintas fuentes agroindustriales contienen una variedad de nutrientes y compuestos bioactivos que pueden mejorar la salud del suelo y promover la degradación de contaminantes (Azubuike et al. 2016). Se reportaron resultados prometedores de biorremediación mediante el uso de residuos agro industriales como bagazo de caña de azúcar, residuo de maíz, cáscara de banana, grano de

cebada agotado, cáscara de zanahoria, incluido el compost agotado de hongos (Abioye et al. 2010; Hamoudi-Belarbi et al. 2018; Conde Molina et al. 2022a).

En la región noroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, la intensa actividad agroindustrial genera una cantidad considerable de residuos con usos potenciales. Esta situación plantea una oportunidad para el aprovechamiento de los mismos como materias primas en procesos biotecnológicos.

En este trabajo se relevaron y caracterizaron residuos agroindustriales de la región, con el fin de plantear potenciales aplicaciones de los mismos. Los residuos analizados fueron: compost agotado de hongos, residuo de texturizado de soja, residuo de raíz de batata, residuo de cama de pollo y rastrojo de trigo. A los cuales se les determinó humedad, pH, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo total, potasio, calcio. A partir de dichos resultados se discutieron sus potenciales contribuciones en procesos biotecnológicos.

Desarrollo

Se realizó un relevamiento de los residuos disponibles de la región agroindustrial del noroeste de la provincia de Buenos Aires. En base a ello fue posible obtener 5 muestras de residuos, las cuales se detallan en la tabla 1. A dichas muestras se les realizaron las determinaciones de humedad mediante gravimetría, pH empleando un pHmetro, carbono orgánico por el método Walkley-Black (Conde Molina et al. 2022b), nitrógeno total (AOAC 973.06), fósforo total (AOAC 958.01), potasio (AOAC 983.02), calcio (AOAC 945.03).

Tabla 1. Muestras de residuos a agroindustriales

Muestra	Origen
Compost agotado de hongos	Industria productora de setas comestibles
Residuo de texturizado de soja	Industria productora de texturizado de soja
Residuo de raíz de batata	Establecimiento productor de batata
Residuo de cama de pollo	Establecimiento productor de aves de corral
Rastrojo de trigo	Establecimiento productor de cereales

Los resultados indicaron que las muestras presentaron características heterogéneas, en principio porque los contenidos de humedad fueron variables y esto incide significativamente en las concentraciones de cada nutriente (Tabla 2), además de tratarse de matrices distintas. Por lo que cada residuo requiere un análisis particular para sus potenciales aplicaciones.

En la zona de San Pedro, Buenos Aires, la producción de batata genera residuos de volumen considerable debido a que aproximadamente el 40% de la producción total se descarta por no cumplir con los requisitos para su comercialización. El residuo de la raíz de batata muestra ser un buen candidato como fuente de carbono en la formulación de cultivos microbianos sumergidos debido a su alto contenido de carbono. Si consideramos la concentración de carbono orgánico expresada en base seca este representa un 93 %, siendo su principal constituyente el almidón. Además, este residuo aporta nitrógeno (0,87 %), fósforo (0,06 %), potasio (0,17 %) y calcio (0,03 %), los cuales pueden contribuir a cubrir en cierta medida a los requerimientos nutricionales de los microorganismos. Por lo tanto, el uso del residuo de raíz de batata puede enfocarse al desarrollo de bioprocesos que impliquen agentes biológicos que presenten la capacidad de metabolizar el almidón como fuente de carbono. Por ejemplo, se ha estudiado este residuo en la producción de enzimas xilanasas a partir de *Cellulosimicrobium* sp. CO1A1 (Conde Molina et al. 2022c). Por otro lado, el almidón de la raíz de batata se evaluó para el desarrollo de biopolímeros con agregado de pequeños porcentajes de montmorillonita (MMT) para mejorar sus propiedades mecánicas, térmicas y de barrera. Los biopolímeros con mayor contenido de montmorillonita resultan ser de menor espesor (0% de MMT con un espesor de 0,41mm, 1,5% de MMT con un espesor de 0,23mm) y de mayor resistencia aparente, sin modificar la estructura molecular del polímero (Di Gregorio et al. 2022).

La alta actividad agrícola de la región en estudio posiciona a la soja y el trigo como los cultivos predominantes. Estos conllevan a la generación de varios residuos orgánicos. Entre ellos se relevaron dos residuos, el rastrojo de trigo que representa los residuos que quedan en los campos luego de la cosecha del cultivo de trigo, y el residuo

de texturizado de soja que surge de la limpieza de las máquinas secadoras en el proceso de elaboración de texturizado de soja. En el caso del residuo de texturizado de soja por su alto contenido de nitrógeno (6,42 %) representa ser un sustrato interesante como bioestimulante en procesos de biorremediación, además de aportar otros nutrientes, como fósforo (0,56 %), potasio (1,25 %) y calcio (0,21 %). En conjunto estos nutrientes contribuyen a resolver el problema de la limitación de nutrientes en los sitios contaminados (Lim et al. 2016). También, el residuo de texturizado de soja podría ser considerado como fuente de nitrógeno en otros procesos biotecnológicos.

En cuanto al rastrojo de trigo, si bien contiene nitrógeno (1,07 %), fósforo (0,12 %), potasio (0,69 %) y calcio (0,42 %), presenta la particularidad de que en su contenido de carbono incluye material lignocelulósico. Este material se ha estudiado ampliamente como sustrato para el crecimiento de hongos filamentosos, ya sea en procesos de fermentación en sustrato sólido para producir enzimas o en procesos degradativos de contaminantes por la acción de enzimas fúngicas degradadoras (Fasim et al. 2021; Lescano et al. 2018). Además, el rastrojo de trigo ha sido empleado en la producción de bioplásticos mediante la fermentación microbiana de sus componentes (Bangar et al. 2023). Otra aplicación prometedora es el desarrollo de biofertilizantes a partir del rastrojo de trigo, enriqueciendo el suelo con nutrientes y microorganismos beneficiosos para mejorar la productividad de los cultivos (Lamlom et al. 2023).

Tabla 2. Caracterización de residuos agroindustriales.

Parámetro	Compost agotado de hongos	Residuo de texturizado de soja	Residuos de raíz de batata	Residuo de cama de pollo	Rastrojo de trigo
Humedad (%)	55,58	21,2	64,16	56,15	9,54
pH	7,2	6,8	6,9	7,7	7,2
Carbono orgánico (%)	34,25	26,27	35,51	40,35	42,24
Nitrógeno (%)	1,45	6,42	0,87	0,77	1,07
Fósforo (%)	1,23	0,56	0,06	0,24	0,12
Potasio (%)	0,72	1,25	0,17	1,12	0,69
Calcio (%)	1,57	0,21	0,03	0,42	0,42

Un residuo particularmente interesante es el compost agotado de hongos. Las principales empresas productoras de setas comestibles, como *Agaricus bisporus* y *A. bisporus var brunnescens*, de Argentina se encuentran localizadas en la región de estudio. La producción de hongos genera grandes cantidades de residuos de compost agotado, dado que a partir de la producción de 1 kg de setas pueden generarse 5 kg de compost agotado. El compost suele estar formado por una mezcla compostada de paja de trigo, estiércol de caballo y otros residuos. Luego de agotado para la producción de hongos, aún contiene altos niveles de nutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio, una amplia gama de oligoelementos, enzimas y vitaminas, los cuales pueden ser aprovechados en un nuevo bioproceso. Se determinó que la muestra de compost agotado de hongos presentó contenido de carbono orgánico (34,25 %), nitrógeno (1,45 %), fósforo (1,23 %), potasio (0,72 %) y calcio (1,57 %). Debido a su contenido de nutrientes, sumado a la actividad biológica activa, este residuo resulta apropiado para aplicar en tratamientos de bioestimulación para la remoción de contaminantes. Diversos trabajos presentes en la literatura, reportaron su aplicación como bioestimulante en suelos crónicamente contaminados con hidrocarburos. Su adición contribuyó a potenciar la biorremediación del suelo mediante el aporte de nutrientes y enzimas que estimularon la actividad metabólica de la microbiota biodegradadora del sistema, registrándose una degradación de hasta 90% a los 30 días (Conde Molina et al. 2022a).

La actividad avícola en la región también es muy significativa, de hecho la provincia de Buenos Aires es responsable del 43% de la producción nacional de huevos, y gran parte de esta producción se concentra en el norte de la provincia (Groppelli & Giampaoli et al. 2001). Esta actividad genera cantidades significativas de guano de gallinas, provenientes de la producción de huevos, y de pollos de engorde. La muestra de residuo de cama de pollo de engorde caracterizada en este trabajo indicó concentraciones de carbono orgánico (40,35 %), nitrógeno (0,77 %), fósforo (0,24 %), potasio (1,12 %) y calcio (0,42 %). La aplicación directa del guano al suelo puede generar una acumulación excesiva de sales, macro y micronutrientes, así como materia orgánica no estabilizada, lo que aumenta el riesgo de contaminación de aguas subterráneas y superficiales por lixiviación. Una alternativa viable para el tratamiento adecuado de este residuo es la biodigestión anaeróbica. Esta tecnología biológica permite el procesamiento de residuos orgánicos, incluyendo excrementos animales, residuos agrícolas y agroindustriales, para obtener biogás como fuente de energía y un digestato que puede ser utilizado como fertilizante orgánico. El uso directo de la cama de pollo fresca como fertilizante orgánico en la horticultura puede tener efectos negativos a largo plazo (Kyakuwaire et al. 2019). Por lo tanto, resulta importante realizar una gestión más eficiente y sostenible de este residuo como recurso valioso.

Conclusiones

La actividad agrícola e industrial de la región del noroeste de la provincia de Buenos Aires genera una cantidad de residuos orgánicos heterogéneos que conlleva a plantear múltiples bioprocesos en los cuales pueden ser aprovechados los residuos, de manera tal de contribuir al avance hacia una bioeconomía sustentable, promoviendo la valorización de residuos y el desarrollo de tecnologías biotecnológicas.

Se observó que todos los residuos contribuyen a cubrir parte de los requerimientos nutricionales de los microorganismos. El compost agotado de hongos contiene alto niveles de nutrientes, el residuo de texturizado de soja contiene alto contenido de nitrógeno. Por otra parte los residuos de raíz de batata, de cama de pollo y rastrojo de trigo poseen un alto contenido de carbono donde el último además incluye material lignocelulósico.

Referencias

- Abioye, O. P., Agamuthu, P., & Abdul Aziz, A. R. (2012). "Biodegradation of used motor oil in soil using organic waste amendments". *Biotechnology Research International*. 587041.
- Arya, P. S., Yagnik, S. M., Rajput, K. N., Panchal, R. R., & Raval, V. H. (2022). "Valorization of agro-food wastes: Ease of concomitant-enzymes production with application in food and biofuel industries". *Bioresource technology*. 361, 127738.
- Azubuikwe, C. C., Chikere, C. B., & Okpokwasili, G. C. (2016). "Bioremediation techniques-classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects". *World journal of microbiology & biotechnology*. 32(11), 180.
- Ballesteros, M., Oliva, J. M., Manzanares, P. & Negro, M. J. (2014). "Renewable fuels from biomass: Technical and economic perspective". *Energy Procedia*, 61, 1582-1585.
- Bangar, S. P., Kajla, P., & Ghosh, T. (2023). "Valorization of wheat straw in food packaging: A source of cellulose". *International Journal of Biological Macromolecules*. 227, 762-776.
- Banat, I. M., Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Martinotti, M. G., Fracchia, L. & Marchant, R. (2010). "Microbial biosurfactants production, applications and future potential". *Applied Microbiology & Biotechnology*. 87(2), 427-444.
- Capanoglu, E., & Tomás-Barberán, F. A. (2022). Introduction to novel approaches in the valorization of agricultural wastes and their applications. *Journal of agricultural and food chemistry*, 70(23), 6785-6786.
- Chung, S. K. & Osawa, T. (2011). "Hydroxycinnamic acids as potent bioactive compounds of wheat grain". *Food & Chemical Toxicology*. 49(4), 825-831.
- Conde Molina, D., Liporace, F. & Quevedo, C. (2022a). "Revalorización del compost agotado de hongos aplicado en la biorremediación de un suelo crónicamente contaminado con hidrocarburos". *Proyecciones*. 20, 1, 11-21.

Conde Molina, D., Liporace, F. & Quevedo, C. (2022b). "Optimization of biomass production by autochthonous *Pseudomonas* sp. MT1A3 as a strategy to apply bioremediation in situ in a chronically hydrocarbon-contaminated soil". *3 Biotech*, 12, 118.

Conde Molina, D., Sánchez Holmedilla, B., Bogao, G., Tubio, G. & Corbino, G. (2022c) "Sweet potato root waste: evaluation of a culture medium to produce xylanases from *Cellulosimicrobium* sp. CO1A1". *AJEA- Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN*, 447-452.

Di Gregorio V., Corbino G., Gutierrez M. (2022) "Estudio de películas nanocompuestas a base de almidón de batata (*Ipomoea batata* L.)". *Fronteras de Nanobiotecnología III 2022, Universidad de Buenos Aires, Workshop Internacional*, 77.

Diez, C.; Tortella, G.; Briceño, G.; Castillo, M.; Diaz, J.; Palma, G.; Altamirano, C.; Calderón, C.; Rubilar, O. (2013) "Influence of novel lignocellulosic residues in a biobed biopurification system on the degradation of pesticides applied in repeatedly high doses. *Electron. Journal. Biotechnol.*" 16(6).

Fasim, A., More, V. S., & More, S. S. (2021). "Large-scale production of enzymes for biotechnology uses". *Current Opinion in Biotechnology*. 69, 68–76.

Groppelli, E.S.; Giampaolli, O.A. (2001). "El camino de la Biodigestión. Ambiente y tecnología socialmente apropiada". *Centro de publicaciones*. UNL. 188p.

Hamoudi-Belarbi, L., Hamoudi, S., Belkacemi, K., Nouri, L., Bendifallah, L. & Khodja M. (2018) "Bioremediation of polluted soil sites with crude oil hydrocarbons using carrot peel waste". *Environments*. 5(11), 124.

Jemli, S., Ayadi-Zouari, D., Hlima, H. B. & Bejar, S. (2016). "Biocatalysts: application and engineering for industrial purposes". *Critical reviews in biotechnology*. 36(2), 246–258.

Kumar Awasthi, M., Yan, B., Sar, T., Gómez-García, R., Ren, L., Sharma, P., Binod, P., Sindhu, R., Kumar, V., Kumar, D., Mohamed, B. A., Zhang, Z., & Taherzadeh, M. J. (2022). Organic waste recycling for carbon smart circular bioeconomy and sustainable development: A review. *Bioresource technology*. 360, 127620.

Kyakuwaire, M., Olupot, G., Amoding, A., Nkedi-Kizza, P. & Basamba, T. A. (2019). "How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review" *International journal of environmental research and public health*, 16(19), 3521.

Lamlom, S. F., Irshad, A., & Mosa, W. F. A. (2023). "The biological and biochemical composition of wheat (*Triticum aestivum*) as affected by the bio and organic fertilizers". *BMC plant biology*. 23(1), 111.

Lescano, M. R., Pizzul, L., Castillo, M. d. P., & Zalazar, C. S. (2018). "Glyphosate and aminomethylphosphonic acid degradation in biomixtures based on alfalfa straw, wheat stubble and river waste". *Journal of Environmental Management*. 228, 451–457.

Liguori, R., Amore, A. & Faraco V. (2013). "Waste valorization by biotechnological conversion into added value products". *Applied Microbiology and Biotechnology*. 97, 6129-6147.

Lim, M.W., Lau, E.V. & Poh, P.E. (2016). "A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil - Present works and future directions". *Marine Pollution Bulletin*. 109(1), 14–45.

Liu, Y., Cruz-Morales, P., Zargar, A., Belcher, M. S., Pang, B., Englund, E., Dan, Q., Yin, K., & Keasling, J. D. (2021). Biofuels for a sustainable future. *Cell*, 184(6), 1636–1647.

López-García, F. & Jiménez-Martínez, C. (2015) "Películas biopoliméricas: Aplicaciones para envases y otros productos". *En Ramirez-Ortiz, M.E.(Ed.). Tendencias de innovación en la ingeniería de alimentos. Barcelona, España: OmniaScience*, 9-36

Ossai, I.C., Ahmed, A., Hassan, A. & Hamid, F.S. (2020). "Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review". *Environmental Technology & Innovation*. 17, 100526.

Papadaki, A., Papapostolou, H. & Mallouchos, A. (2020). "Valorization of agricultural waste for the production of organic acids: A review". *Processes*. 8(7), 808.

Versino, F., Lopez, O., Garcia M., Zaritzky, N. (2016) "Starch-based films and food coatings: An overview". *Starch/Stärke 2016*, 68, 1–12.