

De residuos a enzimas: una nueva forma de aprovechar los alimentos

En las diferentes etapas de producción de alimentos se generan residuos que, a simple vista, parecen no tener alguna utilidad. Las cáscaras de frutas, el bagazo de cerveza, los residuos de café, el suero de leche, residuos de cereales, entre muchos otros, son materiales que hoy en día se sabe que contienen compuestos valiosos que pueden aún aprovecharse en nuevos procesos biotecnológicos, por este motivo se les llama subproductos (Sharma et al., 2022; Torres-León et al., 2021). En vez de verlos como desechos, actualmente la ciencia los empieza a entender como una fuente de recursos con gran potencial.

La mayoría de estos residuos contienen estructuras vegetales formadas por celulosa, hemicelulosa y lignina (Hassan et al., 2018; Mussatto et al., 2011), los cuales son carbohidratos unidos de manera compleja que al descomponerse, pueden ser utilizados por microorganismos para crecer y transformar estos componentes más simples, en compuestos de interés, entre ellos, las enzimas.

Las enzimas son moléculas que funcionan como catalizadores biológicos, que ayudan a que las reacciones químicas sucedan más rápido (Fasim et al., 2021). En el contexto de alimentos, las enzimas permiten transformar compuestos complejos a formas más simples lo que permite modificar ingredientes, mejorar procesos y obtener productos con características más atractivas, como una mejora en textura, sabor o estabilidad.

Distintos residuos agrícolas, pueden aprovecharse con este propósito. Por ejemplo, el bagazo de cerveza que se genera en cantidades grandes cuando se produce esta bebida, contiene fibra y azúcares que pueden ser utilizados para producir enzimas como xilanasas y celulasas, las cuales se pueden utilizar para degradar fibras vegetales (Errico et al., 2023). Los residuos de las frutas, como las cáscaras de plátano o de los cítricos pueden usarse para producir enzimas pectinasas (Arya et al., 2022; Hansen et al., 2015), las cuales son fundamentales en la industria de jugos, ya que ayudan a clarificar y estabilizar las bebidas.

Los residuos de cereales, como el salvado de trigo o el bagazo, se han utilizado para producir enzimas que degradan polisacáridos (carbohidratos complejos), facilitando su degradación en compuestos más simples, como azúcares (Okpara, 2022; Sharma et al., 2022). Por otro lado, el suero de leche, es un subproducto de la industria láctea que contiene lactosa (azúcar de la leche), que se utiliza para producir enzimas como la lactasa (β -galactosidasa) que rompe la lactosa en azúcares más simples y

mejora su digestibilidad (Abd El-Salam et al., 2020; Husain, 2010; Shrushti Makwana & H M Modha, 2019).

Otros residuos, son más complicados de utilizarse, como los derivados del café o de algunos cereales, ya que contienen fibras vegetales muy complejas (Ballesteros et al., 2015; Mussatto et al., 2011; Ravindran, 2017), los cuales necesitan someterse a procesos más severos de degradación, para después utilizarse como sustrato para la producción de enzimas. Es así como prácticamente cualquier subproducto vegetal puede tener un valor potencial si se estudia adecuadamente.

Las enzimas obtenidas a partir de estos materiales de deshecho tienen aplicaciones muy diversas. Además de los ejemplos de usos en la industria alimentaria, las enzimas se han utilizado en la producción de energía, biocombustibles, e incluso en el tratamiento de otros residuos (Arya et al., 2022; Raol et al., 2015; Ravindran et al., 2018). También en sectores como el farmacéutico o el ambiental, estas moléculas juegan un papel importante. Su versatilidad las convierte en herramientas muy útiles en la industria, ya que ésta busca cada vez ser más eficiente y sostenible.

El uso de estos residuos ha despertado un interés en la industria, no solo en la obtención de enzimas, sino que también contribuye a reducir costos de producción, ya que se ha vuelto una posibilidad su uso como materias primas de bajo valor. Además, su aprovechamiento permite la reducción del impacto ambiental generado por la acumulación de residuos orgánicos (Dey et al., 2021; Sharma et al., 2022).

Dentro de este contexto, los residuos agroindustriales dejan de ser el final de un proceso y convertirse en el inicio de otro. Con este cambio de perspectiva, su aprovechamiento abre la puerta a una industria más eficiente, donde lo que antes se consideraba un problema, puede convertirse en una oportunidad para la innovación.

Referencias

- Abd El-Salam, B. A., Ibrahim, O. A., & Amer, A. E. (2020). Efficient enzymatic conversion of lactose in milk using fungal β -galactosidase. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101813. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101813>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127738>
- Ballesteros, L. F., Cerqueira, M. A., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2015). Characterization of polysaccharides extracted from spent coffee grounds by alkali pretreatment. *Carbohydrate Polymers*, 127, 347-354. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.03.047>
- Dey, T., Bhattacharjee, T., Nag, P., Ritika, Ghata, A., & Kuila, A. (2021). Valorization of agro-waste into value added products for sustainable development. *Bioresource Technology Reports*, 16, 100834. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100834>
- Errico, M., Coelho, J. A. P., Stateva, R. P., Christensen, K. V., Bahij, R., & Tronci, S. (2023). Brewer's Spent Grain, Coffee Grounds, Burdock, and Willow—Four Examples of Biowaste and Biomass Valorization through Advanced Green Extraction Technologies. *Foods*, 12(6), 1295. <https://doi.org/10.3390/foods12061295>
- Fasim, A., More, V. S., & More, S. S. (2021). Large-scale production of enzymes for biotechnology uses. *Current Opinion in Biotechnology*, 69, 68-76. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.12.002>
- Hansen, G. H., Lübeck, M., Frisvad, J. C., Lübeck, P. S., & Andersen, B. (2015). Production of cellulolytic enzymes from ascomycetes: Comparison of solid state and submerged fermentation. *Process Biochemistry*, 50(9), 1327-1341. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2015.05.017>
- Hassan, S. S., Williams, G. A., & Jaiswal, A. K. (2018). Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 262, 310-318. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.099>
- Husain, Q. (2010). β Galactosidases and their potential applications: A review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 30(1), 41-62. <https://doi.org/10.3109/07388550903330497>
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661-672. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- Okpara, M. O. (2022). Microbial Enzymes and Their Applications in Food Industry: A Mini-Review. *Advances in Enzyme Research*, 10(01), 23-47. <https://doi.org/10.4236/aer.2022.101002>
- Raol, G. G., Raol, B. V., Prajapati, V. S., & Bhavsar, N. H. (2015). Utilization of agro-industrial waste for β -galactosidase production under solid state fermentation using halotolerant *Aspergillus tubingensis* GR1 isolate. *3 Biotech*, 5(4), 411-421. <https://doi.org/10.1007/s13205-014-0236-7>
- Ravindran, R. (2017). Two-step sequential pretreatment for the enhanced enzymatic hydrolysis of coffee spent waste. *Bioresource Technology*.
- Ravindran, R., Hassan, S., Williams, G., & Jaiswal, A. (2018). A Review on Bioconversion of Agro-Industrial Wastes to Industrially Important Enzymes. *Bioengineering*, 5(4), 93. <https://doi.org/10.3390/bioengineering5040093>
- Sharma, Tsai, M.-L., Nargotra, P., Chen, C.-W., Kuo, C.-H., Sun, P.-P., & Dong, C.-D. (2022). Agro-Industrial Food Waste as a Low-Cost Substrate for Sustainable Production of Industrial Enzymes: A Critical Review. *Catalysts*, 12(11), 1373. <https://doi.org/10.3390/catal12111373>
- Shrushti Makwana, S. H., & H M Modha. (2019). Preparation of lactose hydrolysed milk using β -galactosidase enzyme extracted from potential *Lactobacillus* cultures. *Indian Journal of Dairy Science*, 72(1), 76-84. <https://doi.org/10.33785/IJDS.2019.v72i01.009>
- Torres-León, C., Chávez-González, M. L., Hernández-Almanza, A., Martínez-Medina, G. A., Ramírez-Guzmán, N., Londoño-Hernández, L., & Aguilar, C. N. (2021). Recent advances on the

microbiological and enzymatic processing for conversion of food wastes to valuable bioproducts. *Current Opinion in Food Science*, 38, 40-45.
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.11.002>

Sobre la autora

Mariana Eugenia Osuna-Aguirre

Estudiante de doctorado en Ciencia de Alimentos en la Universidad de las Américas Puebla. Su trabajo de investigación se centra en el aprovechamiento de residuos agroindustriales mediante procesos biotecnológicos, con énfasis en la producción de enzimas y la liberación de carbohidratos fermentables a partir de biomasa lignocelulósica. Ha participado en proyectos enfocados en valorización de subproductos y desarrollo de estrategias sostenibles en la industria alimentaria.

Contacto: mariana.osunaae@udlap.mx

Co-autora

María Teresa Jiménez-Munguía

Doctora en Ingeniería de Procesos por la ENSIA, actualmente Agro-Paris-Tech, en Francia. Profesora investigadora del Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental en la UDLAP. Autora de textos académicos y artículos científicos en revistas arbitradas internacionales. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores SNI nivel 1.

Contacto: mariat.jimenez@udlap.mx