

ESENCIA DE VAINILLA A PARTIR DE BOTELLAS PLÁSTICAS

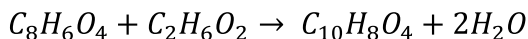
Patricia Basante & Iwo García

A través de los años, la sobreproducción y la falta de prácticas medio ambientales sobre el reciclaje de plástico ha provocado paulatinamente la contaminación del planeta. Cabe destacar que cada minuto se venden más de un millón de botellas de plástico en el mundo, de las cuales solo el 14 % se recicla (Laville, 2017).

La composición química de la mayoría de productos plásticos se basa en un polímero difícil de degradar, llamado politereftalato de etileno (PET). El PET se caracteriza por tener resistencia química y térmica, barrera contra gases y alta transparencia. Debido a estas propiedades, el PET ha alcanzado notables aplicaciones en la producción de envases, botellas, láminas y fibras textiles; además, curiosamente, mediante este polímero es posible obtener esencia de vainilla.

La vainilla, como se conoce, es muy utilizada en forma de esencia dentro de la industria de alimentos, cosméticos, farmacéutica, productos de limpieza, entre otros. Según la revista Green Chemistry (2021), la demanda de vainilla crece rápidamente y se proyecta que el consumo sobrepase las 59 000 toneladas para el año 2025.

Químicamente el PET se obtiene por medio de la reacción entre ácido tereftálico (AT), $C_8H_6O_4$ y monoetilenglicol (EG), $C_2H_6O_2$, Ecuación 1.



Ecuación 1. Reacción de formación del monómero de PET

La producción de vainilla mediante la descomposición de botellas plásticas es una vía rentable para el reciclaje del PET. Proceso donde la bacteria *Escherichia coli* tiene un rol fundamental en la transformación de AT en esencia de vainilla (Yoshida, 2016; Bornscheuer, 2016).

La enzima obtenida de *Escherichia coli* previamente modificada ayuda a la degradación del PET. El proceso para llevar a cabo la transformación del PET en vainilla se relaciona con una síntesis microbiana, Figura 1; mismo que inicia con el incremento de la población de *Escherichia coli* en un medio con condiciones específicas de 37 °C durante 24 horas. A continuación, se añade pequeñas cantidades de alcohol para modificar la permeabilidad de la membrana celular de la bacteria con la intención de metabolizar el PET. Paulatinamente, se emplean capas de ácido oleico que permite la recuperación del extracto de vainilla, pero además reduce la toxicidad del procedimiento (Sadler & Wallace, 2021). El sabor y el color característico de la vainilla proviene del extracto alcohólico que se obtiene a partir de la vaina. La reacción utiliza células enteras producidas a partir de materias primas renovables, que se producen en cuartos de temperatura controlados y en medio acuoso, además, de no requerir cofactores ni reactivos adicionales y no generar residuos peligrosos. Por lo anterior, esta síntesis constituye un empleo óptimo de botellas de plástico, al ser vistas como componente esencial en la degradación del PET con bajos costos de producción industrial para obtener esencia de vainilla.

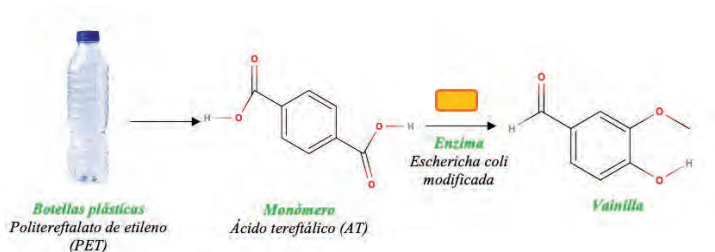


Figura 1. Proceso de degradación de PET en vainilla

Bibliografía

Bornscheuer, U. T. (2016). Feeding on plastic. *Science*, 351(6278), 1154–1155. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAF2853>

- Sadler, J. C., & Wallace, S. (2021). Microbial synthesis of vanillin from waste poly(ethylene terephthalate). *Green Chemistry*, 23(13), 4665–4672. <https://doi.org/10.1039/D1GC00931A>
- Laville, S., & Taylor, M. (2017). A million bottles a minute: world's plastic binge'as dangerous as climate change'. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/28/a-million-a-minute-worlds-plastic-bottle-binge-as-dangerous-as-climate-change>
- Yoshida, S., Hiraga, K., Takehana, T., Taniguchi, I., Yamaji, H., Maeda, Y., Toyohara, K., Miyamoto, K., Kimura, Y., & Oda, K. (2016). A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate). *Science*, 351(6278), 1196–1199. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAD6359>

LUZ EN LA NATURALEZA Y EN EL LABORATORIO

Caroline Rodríguez & Andrea Jaramillo

Si hay algo que llama la atención a grandes y pequeños, científicos y no científicos es ver a algún organismo brillar, sin caer en metáforas, en realidad brillan gracias a una reacción química que les permite producir luz, este es un fenómeno llamado bioluminiscencia (Kotlobay *et al.*, 2018).

Tanto organismos marinos como terrestres pueden producir luz y, puede darse en bacterias, hongos, artrópodos y hasta en peces. Conocer cómo funcionan las rutas de bioluminiscencia tanto en procariotas como en eucariotas puede ser útil en la ciencia y la medicina, ya que existen tejidos u organismos que cambian su estado fisiológico con emisión de luz autónoma (Kotlobay *et al.*, 2018).

Dentro del reino de los hongos, se conocen al menos cuatro componentes involucrados en la bioluminiscencia: oxígeno molecular, luciferina y 3-hidroxihispidina, que son productos de oxidación metabólica, y dos tipos de enzimas la hidroxilasa dependiente de NAD(P)H y la luciferasa (Kotlobay *et al.*, 2018). *Neonothopanus nambi* es un hongo perteneciente al orden Agaricales del cual se descubrió que la luciferina es sintetizada por su precursor de hispidina por *N nambi* H3H y la hispidina puede ser directamente sintetizada por la enzima hispidina sintasa del ácido cafeico, el cual es un metabolito celular eficiente en la biosíntesis en varios organismos, demostrando así que el sistema bioluminiscente de la luciferina no es el único que existe en eucariotas (Kotlobay *et al.*, 2018).

En la Figura 1 se muestra la reacción en la que el ácido cafeico es convertido en hispidina por la enzima hispidina sintasa e hidroxilado por H3H, produciendo 3-hidroxihispidina, mientras que la luciferasa agrega oxígeno molecular produciendo endoperóxido que actúa como intermediario de alta energía con descomposición que produce oxiluciferina y emisión de luz (Kotlobay *et al.*, 2018).

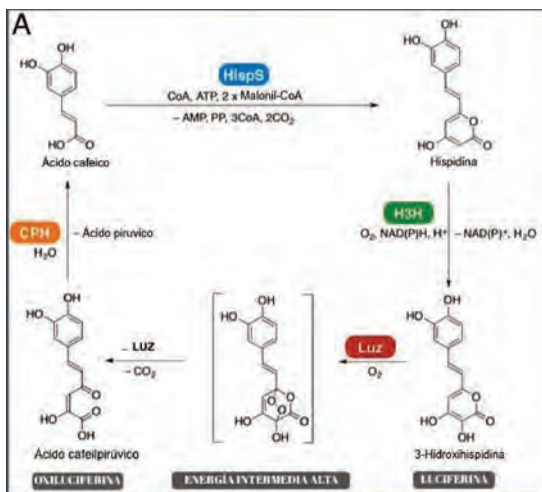


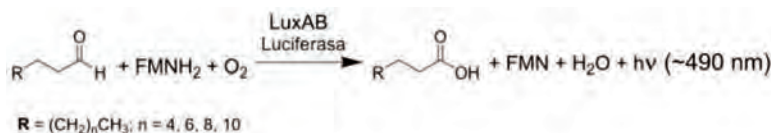
Figura 1. Vía propuesta de biosíntesis y reciclaje de luciferina fúngica

Tomada de (Kotlobay et al., 2018)

En el caso de las bacterias hasta ahora solo se ha identificado que en *Vibrionaceae*, *Shewanellaceae* y *Enterobacteriaceae*, existe bioluminiscencia con diversas características de emisión de luz; estas bacterias se encuentran en hábitats marinos. A pesar de que en otros organismos se ha identificado que la bioluminiscencia puede funcionar para defensa, comunicación o atracción de presas, en las bacterias marinas aún no se ha identificado su propósito (Brodli et al., 2018).

Por otra parte, se conoce que la bioluminiscencia está guiada por reacciones químicas en cascada y que están catalizadas por enzimas que son codificadas por el operón lux. Los genes del operón lux (Lux ABCDE) son fundamentales debido a que codifican todas las enzimas que producen el fenómeno de la bioluminiscencia en las bacterias. Una muestra de esto son los genes lux C, D y E que participan en la síntesis de sustrato aldehído de cadena larga a través del complejo de ácido graso reductasa. Así mismo, el mecanismo de reacción de bioluminiscencia bacteriana (Esquema 1) es dado porque los aldehídos de cadena larga, el mononucleótido de cadena reducida y el oxígeno molecular son

convertidos por la enzima luciferasa en ácidos de cadena larga, en flavina libre, agua y emisión de luz de 490 nm. En este proceso las proteínas Lux C, D y E suministran los sustratos de aldehído de cadena larga a la luciferasa (Brodli *et al.*, 2018).



Esquema 1. Mecanismo de reacción de bioluminiscencia bacteriana

Conocer cómo funciona el sistema de bioluminiscencia en procariotes y eucariotes nos abre una amplia ventana de posibilidades en cuanto a aplicaciones se refiere. En el caso de los hongos, uno de los componentes para obtener luz es la luciferina, que al ser soluble en agua y permeable a las células no depende de la disponibilidad de ATP (Trifosfato de Adenosina) para que se dé la reacción de emisión de luz; esta particularidad se la aprovecha en imágenes biomédicas. Además, algunos análogos de la luciferina se pueden utilizar para mejorar la penetración de luz en imágenes de tejidos profundos (Kotlobay *et al.*, 2018). Por otra parte, las bacterias al tener una expresión génica mejorada y eficiencia enzimática aumentada, la bioluminiscencia es útil para aplicaciones en el campo de la formación de imágenes (Brodli *et al.*, 2018).

Esta fue solo una pequeña muestra de un tipo de organismo eucariote y un tipo de organismo procariote productores de luz, los cuales nos muestran cómo la química y la biología se fusionan en un fenómeno interesante como es el de la bioluminiscencia. Estudiar este fenómeno no solo satisface la curiosidad de científicos por ver que hay detrás de la emisión de luz de ciertos organismos, sino que, como en muchas otras cosas que la naturaleza nos brinda, en la bioluminiscencia los seres humanos encontramos maneras de utilizar el conocimiento acerca de ello a nuestro favor mediante aplicaciones en ciencia y medicina. Es por eso que gracias a la bioluminiscencia de algunos seres vivos y sus aplicaciones podemos decir que tenemos luz en la naturaleza y en el laboratorio.

Bibliografía

- Brodl, E., Winkler, A., & Macheroux, P. (2018). Molecular Mechanisms of Bacterial Bioluminescence. *Computational and structural biotechnology journal*, 16, 551–564.
- Kotlobay, A., Sarkisyan, K., Mokrushina, Y., Marcet-Houben, M., Serebrovskaya, E., Markina, M., Gonzalez Somermeyer, L., Gorokhovatsky, A., Vvedensky, A., Purtov, K., Petushkov, V., Rodionova, N., Chepurnyh, T., Fakhranurova, L., Guglya, E., Ziganshin, R., Tsarkova, A., Kaskova, Z., Shender, V. & Yampolsky, I. (2018). Genetically encodable bioluminescent system from fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(50).

PROTEÍNAS FLUORESCENTES: UN PASO HACIA LO VISIBLE

Ana Paula Rosero & Romina Buitrón

¿Realmente se conocen todos los procesos celulares que ocurren en el cuerpo humano? Lamentablemente no, pues aún hay cientos de reacciones bioquímicas que los científicos no han descubierto. Sin embargo, gracias al hallazgo de las proteínas fluorescentes (GFP, por sus siglas en inglés) se han podido monitorear y entender transformaciones biológicas nunca vistas, facilitando tanto su visualización y la comprensión de la evolución celular y enfermedades en desarrollo que a simple vista no eran detectables.

La proteína verde fluorescente fue descubierta por Osamu Shimomura, Martin Chalfie y Roger Tsien, Nobel de Química 2008, quienes en sus investigaciones concluyeron que la GFP es producida por la medusa *Aequorea victoria*, la cual en condiciones normales posee luminiscencia de color azul (Pérez, et al., 2009) pero, cuando los rayos ultravioletas entran en contacto con su ADN emite fluorescencia de color verde.

El proceso para generar fluorescencia en otros organismos consiste en la extracción del ADN de la *Aequorea victoria*. Una vez que este se encuentra aislada, se replica en un laboratorio para finalmente ser insertado en el ADN de los organismos o células que se deseen analizar. A este último proceso se lo denomina ADN recombinante.

Las GFP son muy versátiles, por lo que se emplean en diversos campos de la ciencia, por ejemplo, en el análisis y visualización de depósitos de agua contaminados con especies tóxicas como el arsénico, donde investigadores han modificado genéticamente bacterias resistentes al arsénico que florecen en presencia de éste (Pérez, et al., 2009), de esta manera, los análisis sobre la contaminación pueden ser interpretados con mayor facilidad.

En el área de la biología, las GFP permiten observar tumores producidos por el cáncer, ya que estos irradian fluorescencia con mayor intensidad en las áreas más afectadas. En la ingeniería genética, se utilizan para visualizar los genes transmitidos de una generación a otra, puesto que estos se tornan de color verde permitiendo una fácil identificación.

Por otro lado, la neurociencia también ha incursionado con las GFP, por ejemplo, se marcaron con fluorescencia neuronas de ratones modificados genéticamente, haciendo visibles procesos neurales desconocidos hasta ese momento. Como resultado, se lograron distinguir alrededor de 90 procesos en el cerebro de los animales; a este experimento se lo denominó “Arco iris cerebral” (Franco et al., 2009).

En definitiva, las GFP representan un avance en la comprensión y análisis de procesos bioquímicos que se creían invisibles al ojo humano. Con la ayuda de los rayos ultravioleta es posible la emisión de luz verde (fluorescencia), lo que permite desarrollar nuevas técnicas de monitoreo para detección de enfermedades, contaminación y descubrimiento de procesos celulares que gracias a las proteínas fluorescentes son visibles para el ser humano.

Bibliografía

- Franco, A. Y., & Longart, M. (2009). Applications of Green Fluorescent Protein (GFP) in Cell Biology and Visualization of the Nervous System. In *Revista de Estudios Transdisciplinarios* (Vol. 1). <http://www.tsienlab.ucsd.edu/Default.htm>
- Pérez, M. & Becú, D. (2009). La proteína verde fluorescente ilumina la biociencia. *Medicina* (Buenos Aires), 69(3), 370-374. Recuperado de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802009000400015&lng=es&tlng=es.

EL KIWI: UNA MEDIDA PREVENTIVA PARA EL ENVEJECIMIENTO

Josué Guilcapi & Eliana Velastegui

Uno de los temas que ha generado gran preocupación en los últimos años es el envejecimiento acelerado que experimenta la población, como resultado de una serie de factores que alteran el metabolismo celular que provocan la oxidación de las células de la piel (Sanitas, 2022). El estudio de este fenómeno dio a conocer ciertos alimentos con propiedades químicas capaces de actuar como inhibidores del envejecimiento, entre los cuales, se encuentra el kiwi. Para entender las particularidades de esta fruta es necesario comprender los factores que aceleran el envejecimiento.

El envejecimiento es un término que tiene diferentes interpretaciones según el campo que lo estudie. Desde el punto de vista científico, es un proceso donde los átomos deficientes de electrones, presentes en las moléculas del cuerpo humano, logran su estabilidad atrayendo electrones de otras moléculas, iniciando una reacción que afecta a las células del cuerpo. Es así, como se origina una producción excesiva de radicales libres que ocasiona estrés oxidativo; además, de condicionar el metabolismo celular, oxidando lípidos, proteínas, azúcares y ácidos nucleicos, lo que causa la ruptura e incremento de la actividad oxidativa al interior de la célula y un cambio estructural, y funcional de la misma, que acelera el envejecimiento (Sanitas, 2022).

Si bien es cierto, la producción de radicales libres es un fenómeno natural de nuestro cuerpo, este puede ser acelerado por factores externos, como la exposición prolongada a los rayos ultravioleta, una mala alimentación y/o consumo de bebidas alcohólicas, los mismos que condicionan la proliferación de radicales libres.

Como reportó Karu (2018), una contramedida al estrés oxidativo es el consumo de sustancias antioxidantes, las cuales tienen la capacidad de liberar electrones

que son captados por los radicales libres neutralizándolos, proceso que detiene el daño y la destrucción celular.

Diversos estudios realizados sobre el kiwi han demostrado que posee propiedades antioxidantes, gracias a la presencia de carotenoides en su composición química, adquiere la capacidad de actuar como agente de neutralización de especies reactivas de oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés) que provocan el estrés oxidativo celular (Beatriz, 2018). Sin embargo, no todos los carotenoides pueden combatir los daños celulares. Las propiedades antioxidantes del kiwi se han adjudicado a los carotenoides en su composición. Diversos estudios han demostrado que el Kiwi presenta beta-carotenos ($C_{40}H_{56}$), además de zeaxantina, mismos que tienen la capacidad de reaccionar con las moléculas del cuerpo y de esta manera retrasar el envejecimiento. Los beta-carotenos reaccionan en presencia de las enzimas del cuerpo para producir vitamina A, la cual ayuda a regenerar la piel y estimula la producción de colágeno en el cuerpo. La zeaxantina ($C_{40}H_{56}O_2$) actúa como filtro de radiación ultravioleta, evitando el exceso de absorción de fotones de alta frecuencia y energía que podría destruir células de la piel y el ojo (Ricón, 2018; Arminet, 2021). Cuando este compuesto es metabolizado por el cuerpo, protege a la maquinaria ocular impidiendo la formación de radicales libres que produzcan degeneración macular de los ojos, fortaleciendo las áreas del campo visual en personas de edad avanzada ya que ayuda a neutralizar los radicales libres inducidos por la luz que destruye las células sanas del ojo.

Como aportación final, se debería dar a conocer a las personas que los compuestos químicos complejos no solo están presentes en los fármacos sintetizados artificialmente, sino también en alimentos comunes como el kiwi. Es importante que cada persona se informe sobre este tipo de alimentos para que puedan adaptarlos a su dieta diaria.

Bibliografía

- Arminet. (10 de diciembre 2021). *¿Conoces acerca del mayor antioxidante del mundo? Infórmate acerca del poder de la zeaxantina y la astaxantina*. <https://www.hedra.org/>. <https://www.hedra.org/blog/sabes-cual-es-el-mayor-antioxidante-del-mundo-descubre-el-poder-de-la-astaxantina-y-la-zeaxantina/#:~:text=La%20zeaxantina%20se%20deposita%20naturalmente,las%20c%C3%A9lulas%20sanas%20del%20ojo>.
- Beatriz. (22 de Febrero del 2018). *Antioxidantes, ¿qué son y para qué sirven?* - Fundación Española del Corazón. [Fundaciondelcorazon.com. https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/3250-antioxidantes-ique-son-y-para-que-sirven.html](https://fundaciondelcorazon.com/blog-impulso-vital/3250-antioxidantes-ique-son-y-para-que-sirven.html)
- Karu, C. (2018). Todo acerca de los radicales libres y antioxidantes [funciones y categorización] [youtube video]. in *youtube*. https://www.youtube.com/watch?v=RvsOOubfZEq&ab_channel=KaruCl%C3%ADnico
- Ricón, A. (30 de noviembre 2018). *Especialistas en Nutrición Deportiva y Dietética Natural*. Blog de Fitness, Nutrición, Salud Y Deporte | Blog HSN. <https://www.hsnstore.com/blog/suplementos/salud-ocular/zeaxantina/>
- Sanitas. (2022). *Estrés oxidativo*. <https://www.sanitas.es/sanitas/seguros/es/particulares/biblioteca-de-salud/psicologia-psiquiatria/estres-ansiedad/estres-oxidativo.html>

EL ELECTROHILADO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Felipe Castillo & Felipe Rosas

El electrohilado es una técnica de tejido industrial utilizada para la fabricación de fibras de tamaño nanométrico (10^{-9} m). De acuerdo con Duque Sanchez et al. (2013), la técnica consiste en la formación de hilos a partir de la conducción de electricidad en disoluciones de plásticos naturales o sintéticos. Para ello, se debe controlar minuciosamente varios parámetros como las condiciones de la reacción, el voltaje y la velocidad de propagación de la solución plástica. La producción de fibras por electrohilado es relativamente compleja, pero tiene potencial en la industria alimentaria.

La Figura 1 muestra los elementos necesarios para la formación de hilos, entre ellos se encuentra la bomba infusora (A), que es un objeto que almacena y expulsa una sustancia con propiedades necesarias para la aplicación que se le esté dando al electrohilado; también se requiere de una fuente de voltaje (B), un capilar (C), desde el cual se desprende el hilo, y finalmente un plato colector (D) en el que reposan las nanofibras resultado del tejido.

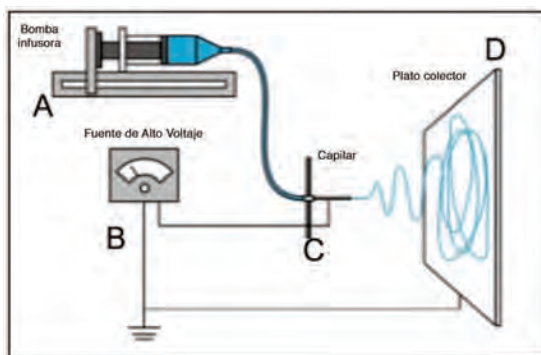


Figura 1. Partes del sistema de electrohilado

(Duque, 2013)

Dentro de la industria alimentaria, las fibras nanométricas son de utilidad en el empaquetado de alimentos para la inhibir su oxidación. El proceso consiste en mejorar la calidad de los empaques añadiendo nanofibras a la película protectora sobre los comestibles. Como material para el capilar suele utilizarse policaprolactona (PCL). Este compuesto proporciona un nivel de permeabilidad al oxígeno que facilita la respiración del producto y el efecto antioxidante de alguno de sus componentes, como vitamina E (Fernández, 2002; Dumitriu, 2016), protege al alimento del ataque de radicales libres evitando así su degradación.

El electrohilado en la industria alimentaria hace posible la preservación de productos de forma muy efectiva. Tanto así, que esta técnica y sus productos tienen el potencial para reemplazar a mediano plazo a conservantes y aditivos que actualmente representan un riesgo para la salud y el medioambiente; además, de beneficiar al comercio y, por ende, la economía de un país productor. Dicha técnica representa una gran oportunidad para la innovación tecnológica con muchas ventajas para la sociedad.

Bibliografía

- Dumitriu, R., Mitchell, G., Davis, F., & Vasile, C. (2017). Functionalized Coatings by Electrospinning for Anti-oxidant Food Packaging. *Procedia Manufacturing*, 12, 59-65. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.08.008>
- Duque Sanchez, L. M., Rodriguez, L. & López, M. (2013, enero). *ELECTROSPINNING: LA ERA DE LAS NANOFIBRAS*. Revista Iberoamericana de Polímeros. https://researchmgt.monash.edu/ws/portalfiles/portal/303800597/303800295_oa.pdf
- Febles Fernández, C., Soto Febles, C., Saldaña Bernabeu, A., & García Triana, B. E. (2002). Funciones de la vitamina E: Actualización. *Revista cubana de estomatología*, 39(1), 28–32. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072002000100005