



2S

Biotecnología para todos y todas: usos cotidianos

Dr. César de los Santos Briones

M. C. José Rufino Gómez Tah

M. C. Sara Elena Vila Luna

M. C. Jewel Nicole Anna Todd

Dra. Karla Gisel Carreón Anguiano

Unidad de Biotecnología

Descripción

Las y los participantes visualizarán una perspectiva global de la naturaleza y aplicaciones de la biotecnología, la implicación de las técnicas y herramientas tecnológicas que se utilizan para la obtención de productos de uso diario, así como los beneficios que estos tienen en la sociedad.

Objetivo general

Conocer las principales aplicaciones selectas de los microorganismos en el desarrollo de productos alimenticios, así como el impacto que estas tienen en la sociedad.



Materias afines

- Microbiología.
- Bioquímica.
- Biología molecular.
- Metabolismo microbiano.
- Cultivo celular.

¿Qué vas a aprender?

- La definición de biotecnología.
- El esquema general de la biotecnología en la sociedad.
- Metodologías tradicionales y/o técnicas sencillas y de uso casero que pueden considerarse como aplicaciones biotecnológicas.

Pregunta inicial

¿Cómo podemos saber si un producto que utilizamos frecuentemente en nuestra vida diaria proviene de técnicas o procesos biotecnológicos?



PANORAMA GENERAL DEL TEMA

La biotecnología es el uso de técnicas, procesos y métodos que utilizan organismos vivos y/o sistemas vivientes (plantas, animales o microorganismos) para obtener productos útiles o de interés para el ser humano.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la biotecnología es la aplicación de un conjunto de herramientas científicas y tecnológicas sobre los seres vivos, o derivados de estos, para producir conocimientos, bienes y servicios (OCDE, 2005).

Una de las principales áreas de aplicación biotecnológica es en los alimentos. Desde hace mucho tiempo y sin tener pleno conocimiento científico, el ser humano ha empleado la biotecnología a través del uso de microorganismos. Estas aplicaciones estaban orientadas a obtener productos alimenticios, principalmente aquellos que se producían por **fermentación** (bebidas alcohólicas, panadería, queso y yogurt). A pesar de que los métodos y tecnologías han evolucionado y se han mejorado significativamente, esas técnicas tradicionales

biotecnológicas aún siguen empleándose (Thieman et al., 2010).

Uno de los ingredientes principales en la biotecnología es una fuente de **carbohidratos**, que en su mayor parte es de origen vegetal. Las principales fuentes vegetales de **azúcares fermentables** (glucosa, fructosa, y sacarosa) son las frutas (uvas, manzanas, peras, piñas, fresas, arándanos, etc.) y órganos vegetales de almacenamiento como tallos (la caña de azúcar) y raíces (remolacha). Los cereales (cebada, trigo, arroz, sorgo, maíz) y raíces (papas) son fuentes de **polisacáridos** (principalmente almidón).

La presencia microbiana en estas fuentes vegetales puede iniciar una fermentación. La fermentación de estos azúcares es a través de varias **reacciones metabólicas** que suceden intracelularmente en microorganismos como **bacterias** y **levaduras**. Entre los productos de estas reacciones están el etanol y el dióxido de carbono. Además del etanol, en el caso de una fermentación continua en la que el medio puede ser aireado con pequeñas cantidades de oxígeno, los



microorganismos pueden ser capaces de producir una gran variedad de compuestos; de esta forma puede lograrse la obtención de **ácidos orgánicos carboxílicos** como el ácido acético o vinagre. Dentro de los microorganismos fermentadores para producir vinagre se encuentran las levaduras (del género *Saccharomyces*, *Pichia* y *Candida*) y las bacterias del ácido acético (del género *Acetobacter*, *Komagataeibacter* y *Gluconacetobacter*) (Yassunaka Hata et al., 2023).

Así como el uso de levaduras y bacterias del ácido acético tiene raíces antiguas, el arte de la fabricación del queso puede lograrse a través de la **coagulación** de proteínas (cuajada) de la leche por exposición a condiciones ácidas o con el uso de **bacterias ácido lácticas**, proceso que es considerado como de deshidratación y acidificación.

La formación de la cuajada (que es separada del fluido o suero de la leche) es el resultado de un **proceso enzimático**: una proteasa llamada quimosina se añade a la leche para romper la estructura **micelar** de la **caseína** (la principal proteína de la leche). Los productos de esta actividad son insolubles en las condiciones ácidas resultantes del metabolismo bacteriano, haciendo que las grasas y la proteína precipiten para formar el cuajo. Este se somete a un periodo de

maduración en el que un conjunto secundario de bacterias u hongos operan para desarrollar aromas y apariencias características. Muchos microorganismos están involucrados en la producción de queso.

Los incluidos en el inicio (llamadas bacterias iniciadoras) incluyen *Streptococcus lactis*, *S. cremoris*, *S. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei* y *L. lactis*. La función principal de estos organismos es la de fermentar la **lactosa** para producir **ácido láctico** y, de ese modo, crear condiciones ácidas (**pH** de aproximadamente 4.6) para la formación de la cuajada (Beresford et al., 2001). Los pasos básicos para la fabricación de quesos son: la coagulación, la acidificación, la deshidratación, el moldeado y el salado.

Una vez desarrollado el marco teórico, en este proyecto se plantean dos actividades biotecnológicas que se pueden realizar en casa con mucha facilidad: la elaboración de (1) vinagre de manzana y (2) queso. Cabe resaltar que la mayoría de los productos que se usan cotidianamente en nuestra vida (p. ej. frutas o vegetales, lácteos, suplementos alimenticios, antibióticos, fármacos, hormonas, aceites o cremas de higiene personal, jabones o detergentes para ropa, ablandadores de carne) son productos de tecnologías y herramientas del área de la **biotecnología tradicional** o **moderna**.



PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto está diseñado para ilustrar las formas tradicionales que han utilizado nuestros ancestros para la creación de productos fermentados. Mediante la fermentación bacteriana, las y los participantes obtendrán como resultado un alimento que pueden consumir en la comodidad

de su hogar. Alternativamente, se resaltarán que existen algunos productos alimenticios que, aunque parecieran ser resultado de conocimientos empíricos, sus fundamentos de fabricación son fortalecidos por la experimentación y la investigación científica dentro del marco de la biotecnología.



DESARROLLO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



Actividad 1. Fabricación casera de ácido acético o vinagre de manzana



Pregunta de investigación

¿Qué sucede si almacenamos a temperatura ambiente la pulpa o los residuos de cáscaras de fruta con agua en un **recipiente oxigenado** por un periodo largo de tiempo?



Objetivo

Obtener ácido acético/vinagre como producto de fermentación espontánea utilizando como materia inicial residuos de cáscaras de fruta (manzana).



Lista de materiales

- 6 manzanas rojas.
- 250 g de piloncillo o panela.
- Olla pequeña.
- Cuchara.
- Pelador de papas.
- Cuchillo.
- Tabla de cocina.
- Frasco de vidrio con capacidad de 4 litros.
- Un litro o 4 tazas de agua purificada.
- Embudo.
- Trozo de gasa doblada en cuatro capas.
- Liga de goma.
- Refractómetro (opcional).
- Tiras para medir pH (opcional).



Desarrollo

1. Colocar el piloncillo en una olla y agregar un litro de agua. Calentar y mover constantemente con una cuchara hasta disolver el piloncillo completamente. Dejar enfriar la solución a temperatura ambiente y reservar (**Figura 1A**).
2. Utilizando el pelador de papas, pelar cada una de las manzanas y reservar las cáscaras. Cortar las manzanas ya peladas en cuadros de tamaño mediano y reservar (**Figuras 1B y 1C**).
3. Colocar los trozos de manzana y las cáscaras dentro del frasco de vidrio. Agregar el piloncillo disuelto en el agua que ya debe estar a temperatura ambiente. Mezclar el contenido (**Figuras 1D y 1E**).
4. **Opcional:** si se cuenta con un refractómetro y/o las tiras para medir pH, medir la concentración de sólidos inicial y/o el pH inicial, respectivamente (**Figuras 1F y 1G**). Anotar la primera medición de pH y **°Brix** en una bitácora. La fabricación del vinagre provoca que el medio se acidifique, por lo cual es importante medir el pH, el cual dependerá de la concentración de ácido acético (Dotel et al., 2019).
5. Colocar el pedazo de gasa en la boca del frasco y sostenerla con la liga.
6. Agitar todo el contenido del frasco por única ocasión.



7. Mantener el frasco con todo el contenido en reposo absoluto y a temperatura ambiente durante 30 días (fase anaerobia).
8. **Opcional:** si se cuenta con un refractómetro y/o las tiras para medir pH, llevar un registro de mediciones de °Brix y pH en una bitácora cada 7 días (**Figuras 1H y 1I**).
9. Una vez pasados los 30 días en reposo, mezclar muy bien el contenido y mantener a temperatura ambiente 30 días más. Mezclar cada 7 días para oxigenar la solución (fase aerobia). Esta acción (mezclado) se realiza con el pedazo de gasa en la boca del frasco sostenida con una liga.
10. Finalmente, el producto final útil obtenido (vinagre) se reserva en un frasco o botella y se mantiene a temperatura ambiente (**Figura 1J**).

Notas



- Puede utilizarse un frasco con capacidad menor a 4 litros, siempre y cuando no exceda el volumen total obtenido (aprox. 2 litros).
- Si se desea, en lugar de colocar los trozos de la fruta se pueden mezclar en una licuadora hasta obtener un jugo con pulpa, el cual se introducirá en el frasco. Para ello, se hará uso del embudo.
- Se puede utilizar el procedimiento descrito para cualquier fruta con azúcares fermentables, incluyendo su cáscara (por ejemplo, piña, pera, uva, arándanos).
- El refractómetro y las tiras para medir pH se pueden comprar en tiendas en línea como [Amazon](https://www.amazon.com) y/o [Aliexpress](https://www.aliexpress.com).



Figura 1. Proceso de obtención de vinagre de manzana (Fotografías: De los Santos-Briones, C., 2023).



Lo que debes saber



- El vinagre es un líquido agrio y astringente. Su nombre proviene del latín *vinum acre* («vino agrio»). Se compone por diferentes ácidos orgánicos, principalmente ácido acético, por lo que el control de la acidez es una medida para determinar su calidad (Dotel et al., 2019).
- El vinagre contiene un complejo de compuestos que en su conjunto contribuyen al sabor y olor del producto final y, en consecuencia, puede otorgarle diferentes funciones.
- El vinagre puede tener diferentes usos, ya sea como conservador, condimento en platillos gastronómicos, aderezo de ensaladas o como insecticida natural.
- El proceso para obtener vinagre incluye dos etapas: a) una fase anaerobia (producción de azúcares fermentables y su conversión en etanol y dióxido de carbono [pasos 1 al 7 de esta actividad]); y b) una fase aerobia (producción de acetaldehído y su conversión en ácido acético [paso 9]).

Para concluir

El vinagre puede ser fabricado por métodos tradicionales caseros partiendo de trozos de frutas, con cantidades altas de azúcares, inmersos en una solución acuosa y en estado de reposo a temperatura ambiente, almacenados durante periodos largos.



Actividad 2. Fabricación artesanal de queso



Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto del proceso de acidificación de la leche entera?



Objetivo

Obtener un queso artesanal como producto de la adición de vinagre a la leche entera.



Lista de materiales

- 2 litros de leche entera.
- 80 mililitros o 1/3 de taza de vinagre.
- Olla con capacidad de 4-6 litros.
- Cuchara grande.
- Colador de malla pequeña, un trozo de gasa o manta de cielo.
- Molde de plástico.



Desarrollo

1. Colocar la leche en una olla y calentar a ebullición. Reducir la flama y dejar hirviendo durante 5 minutos (**Figuras 2A y 2B**).
2. Agregar suavemente el vinagre a la leche y agitar lenta y suavemente con una cuchara grande (**Figura 2C**).
3. Cuando se haya creado una masa grande de cuajo, permitir que termine de formarse en el fondo de la olla (**Figura 2D**).
4. Después de la deshidratación del cuajo (se deben observar suficientes grumos flotando en el líquido), retirar el suero líquido (**Figura 2E**).
5. Traspasar el cuajo a la tela de gasa a manera de colador y sin hacer presión, permitir que el líquido drene (**Figura 2F**).
6. Una vez que termine el drenado natural, presionar el cuajo para drenar los residuos de líquido extra. Si se desea, agregar sal al gusto (**Figura 2F**).
7. Colocar el cuajo en un molde y presionar para darle forma. Mantener el producto final (queso) en refrigeración (4 °C) al menos durante 24 horas para otorgarle firmeza (**Figuras 2G y 2H**).



Figura 2. Proceso de elaboración de queso artesanal (Fotografías: De los Santos-Briones, C., 2023).



Notas



- Dependiendo del contenido de grasa (leche entera o semidescremada) en la leche, 1 litro de leche produce 250 gr de queso. Utilizando esta relación, es factible reducir proporcionalmente las cantidades. En principio, se puede utilizar un volumen de vinagre de entre 1.5-2% v/v.
- La formación del cuajo puede tardar hasta 15 minutos.
- Terminado el proceso y antes de moldear el queso, es factible continuar calentando el queso drenado en una olla hasta obtener una consistencia espesa deseada. En este paso se pretende remover el suero en su totalidad por evaporación.

Lo que debes saber



- El proceso de acidificación puede lograrse con la adición de un cultivo láctico, el cual fermenta la lactosa y la convierte en ácido láctico; o bien, por acidificación directa (vinagre o ácido láctico).
- La coagulación es el proceso de precipitación de proteínas en el que se obtiene un cuajo sólido (o semisólido) y un líquido (suero). Este proceso puede lograrse mediante la adición de un ácido, de una enzima (renina o **quimosina**), calor o una combinación de todo lo anterior.
- El proceso de cortes con el cuchillo tiene como finalidad la deshidratación controlada del cuajo incrementando el área superficial.

Para concluir

La fabricación de queso artesanal se logra mediante un proceso de acidificación de la leche entera que involucra la coagulación de proteínas, la concentración de grasa y la deshidratación controlada del cuajo.



CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

Los microorganismos se encuentran en todo el entorno de nuestro medio ambiente, siendo algunos benéficos y otros nocivos. El ser humano ha sabido aprovechar aquellos que pueden ayudar tanto para la sobrevivencia o estabilidad personal, así como para favorecer a una comunidad.

En este proyecto, con las actividades realizadas, hemos mostrado cómo de la fermentación espontánea y biológica de algunos microorganismos presentes en algunos alimentos, se puede obtener un producto que podemos aprovechar de manera positiva. De este modo, cabe destacar que la biotecnología se encuentra cotidianamente en nuestro modo de vida.



SOBRE LOS AUTORES Y AUTORAS

El **Dr. César de los Santos Briones** es Técnico Titular C de la Unidad de Biotecnología (UBT) del CICY. Es químico biólogo bromatólogo y doctor en Ciencias en Biotecnología. Ha dedicado su trabajo a desarrollar y utilizar técnicas de laboratorio como herramientas en las áreas de bioquímica, biotecnología y biología molecular. Ha dirigido y colaborado en proyectos de investigación para la generación de conocimiento básico con futura aplicación. Ha participado en actividades de docencia a nivel de licenciatura y de posgrado. Su área de investigación se enfoca en los mecanismos de resistencia a patógenos en cultivos de interés agrícola.

El **M. C. José Rufino Gómez Tah** es estudiante de posgrado (doctorado) y colabora en los proyectos que se desarrollan en el Laboratorio de Biotecnología Microbiana del CICY. En su maestría desarrolló una tesis enfocada al estudio y caracterización de algunos grupos de genes que participan en la biosíntesis de metabolitos secundarios en el hongo patógeno de la sigatoka negra. Actualmente desarrolla estudios bioquímicos de una especie vegetal de importancia biotecnológica y económica.

La **M. C. Sara Elena Vila Luna** cuenta con una licenciatura como química farmacéutica bióloga por la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y una maestría en Ciencias Biológicas por el CICY, en la opción Biotecnología. Ha asistido y participado en distintas

actividades académicas como congresos, webinarios y seminarios. Actualmente se encuentra estudiando el doctorado; su área de investigación es sobre fitoplasmas, un patógeno causante de diversas enfermedades en distintas especies vegetales a nivel mundial, con especial interés en los efectos de fitoplasmas.

La **M. C. Jewel Nicole Anna Todd** es agrónoma por la Universidad de Guyana. Obtuvo su maestría en Biotecnología en el CICY y sigue estudiando en la misma área para obtener un doctorado en Ciencias Biológicas. Su trabajo involucra biología molecular y bioquímica enfocadas en interacciones microbianas. Tiene una gran apreciación por los hongos y una pasión por la divulgación científica.

La **Dra. Karla Gisel Carreón Anguiano** actualmente es posdoctorante, realizó su doctorado en Ciencias Biológicas, especialidad en Biotecnología (CICY). Su producción científica incluye un capítulo de libro, 5 artículos científicos en revistas indizadas, uno publicado en una revista mexicana y uno artículo sometido y aceptado (tres son en revistas Q1, uno en revista Q2, y uno en revista del padrón Conahcyt). Cuenta con dos registros de propiedad intelectual ante el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR). Ha participado como revisora en pares de revistas científicas y participa en proyectos para el desarrollo de técnicas para control de enfermedades en plantas.



GLOSARIO

Ácido carboxílico: compuesto orgánico que posee un grupo funcional llamado grupo carboxilo, unido a un grupo alquilo.

Ácido láctico: ácido carboxílico producido a partir del piruvato.

Azúcares fermentables: moléculas de azúcares factibles de degradación y utilizadas por microorganismos. Las hexosas son los únicos azúcares capaces de ser fermentados por las levaduras.

Bacterias: microorganismos unicelulares carentes de núcleo (procariotas).

Bacterias ácido lácticas: grupo heterogéneo de microorganismos que se caracterizan por la producción de ácido láctico a partir de la fermentación de carbohidratos.

Biotecnología moderna: utiliza tecnologías avanzadas de ingeniería genética para modificar y recombinar el ADN.

Biotecnología tradicional: utiliza técnicas antiguas de mejoramiento genético de organismos a través de la selección después de un cruzamiento de especies. Utiliza los procesos naturales que acontecen dentro de las células vivas.

°Brix: unidad que mide la cantidad total de sólidos disueltos en un líquido. Un grado Brix tiene 1 g de azúcar en 100 g de solución acuosa.

Carbohidratos: moléculas biológicas compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno en una proporción de un átomo de carbono por cada molécula de agua.

Caseína: es una fosfoproteína que se encuentra en la leche de los mamíferos.

Coagulación: proceso que involucra la aglomeración de proteínas convirtiéndolas en un estado de gel.

Fermentación: proceso metabólico que produce pequeñas cantidades de ATP a partir de glucosa en ausencia de oxígeno y que crea subproductos. Reacción química de degradación en la que se transforman sustancias complejas en compuestos orgánicos simples.

Lactosa: azúcar presente en la leche materna. Disacárido formado por la unión de glucosa y galactosa.

Levaduras: microorganismos unicelulares con núcleo definido (eucariotas).

Micela: estructura química de agrupación de moléculas anfifílicas de forma esférica contenida en un líquido.

Polisacárido: hidrato de carbono formado mediante la unión de varias moléculas de azúcar.

Proceso enzimático: reacción bioquímica de transformación de un sustrato en producto mediada por proteínas con actividad catalítica.



pH: unidad que indica el grado de acidez o alcalinidad de una solución acuosa: pH neutro igual 7; pH mayor a 7 es alcalina; pH menor a 7 es ácida.

Quimosina: enzima con actividad catalítica de proteasa. Actúa sobre la proteína caseína presente en la leche. También es conocida como rennina.

Reacciones metabólicas: reacciones químicas interconectadas que comienzan con una molécula en particular y la transforman en otra u otras según un esquema bien definido, con transformación de energía y en el que los protagonistas son las enzimas.

Recipiente oxigenado: utensilio o contenedor hecho de material plástico o de vidrio que sirve como reservorio de un líquido o sólido, y que se encuentra destapado en contacto directo o indirecto con el aire del medio ambiente.



REFERENCIAS

Beresford, T. P., Fitzsimons, N. A., Brennan, N. L., & Cogan, T. M. (2001). Recent advances in cheese microbiology. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 259-274. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00056-5)

Dotel, S., Pozo, P., Boluda, J. C., & Rodríguez-Rodríguez, Y. (2019). Evaluación de la acidez en vinagres comercializados en la República Dominicana. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 2(2), 43-52. <https://doi.org/10.22206/cac.2019.v2i2.pp43-52>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (2005). *A Framework for Biotechnology Statistics*. OECD Science Technology and Innovation Policy Papers. <https://www.oecd.org/sti/inno/34935605.pdf>

Thieman, W. J., & Palladino, M. A. (2010). *Introducción a la Biotecnología* (2ª Ed). Pearson Educación.

Yassunaka Hata, N. N., Surek, M., Sartori, D., Serrato, R. V., & Spinosa, W. A. (2023). Role of Acetic Acid Bacteria in *Food and Beverages*. *Food Technology and Biotechnology*, 61(1), 85-103. <https://doi.org/10.17113/ftb.61.01.23.7811>