



1 de agosto de 2014 | Vol. 15 | Núm. 8 | ISSN 1607 - 6079

ARTÍCULO

LA BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA ANTIGUA: LOS ALIMENTOS FERMENTADOS

Carmen Wacher Rodarte

LA BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA ANTIGUA: LOS ALIMENTOS FERMENTADOS

Resumen

Cuando el ser humano se volvió sedentario desarrolló el cultivo de plantas y el cuidado de animales para alimentarse. Se vio entonces en la necesidad de conservarlos y descubrió que en algunos casos los alimentos se modificaban transformándose en productos que no sólo resultaban estables, sino que además eran agradables al gusto y no los enfermaban. Se piensa que así empezaron a "domesticarse" los procesos para producir alimentos fermentados, alimentos que vinieron a dar una importante variedad nutricional a la dieta, al tiempo que se incorporaba de manera empírica a las levaduras, los hongos y las bacterias a la tarea de producción de alimentos. Entre las muy diversas evidencias de

esta actividad, se puede citar el decorado con dibujos que representan alimentos e ingredientes de recipientes usados para cocinar en esa época, además de lo descrito posteriormente en los códices, en los que se destaca por ejemplo el proceso de elaboración del pulque. De esta forma, es interesante resaltar que así como la agricultura nació de manera simultánea en diferentes partes del mundo, surgieron también de forma simultánea los procesos de fermentación derivados de la transformación microbiológica de cereales y frutas: trigo, cebada y arroz en el viejo continente, maíz en Mesoamérica; cerveza y vino en el primero; pozol, nixtamalización y pulque en el segundo. En Mesoamérica, el maíz, además de ser la base de la alimentación, quedó profundamen-

“
Si conoces la historia de
la alimentación conoces
la historia del hombre:
Steinkraus.”

te arraigado a nuestra cultura, al grado de considerar, como se describe en el *Popol Vuh* y en otros documentos antiguos, que los dioses decidieron hacer a los mesoamericanos de maíz. Muchos de estos productos se han preservado a lo largo de los siglos, conservando también su carácter artesanal. Por diversas circunstancias, no es sino hasta hace unas cuantas décadas que se analiza con profundidad el tipo de microorganismos responsables de lo que podríamos considerar los alimentos fermentados prehispánicos. Muchos de estos microorganismos, además de presentar actividades fisiológicas interesantes, podrían usarse como cultivos iniciadores para producir estos alimentos en condiciones controladas. Es un reto importante para la biotecnología moderna nacional aprovechar los procesos y el conocimiento derivado de los alimentos que se originaron en el pasado para mejorar los que se producen en la actualidad.

Palabras clave: fermentación, bacterias lácticas, maíz.

FORMER FOOD BIOTECHNOLOGY: FERMENTED FOODS

Abstract

When human beings became sedentary creatures, agriculture and animal raising were invented as means to supply for their alimentary needs. Then arose the question of food preservation and ancient cultures soon discovered that, in some cases, food could be transformed over time to become stable, healthy and even tasty nutritional goods. It is said that this is how the "domestication" of fermented food was invented. These kind of fermented products became an important part of ancient diets: yeast, bacteria and fungus were then empirically incorporated to the process of food production. There is a considerable amount of evidence, in decorative drawings for instance, that represent the ingredients and tools used in this process as well as the posterior description in codex of the elaboration of products such as "pulque". In the same way as agriculture was established in different cultures, the fermenting process of microbiological transformation of cereals and fruit appeared simultaneously around the ancient world: wheat, barley and rice producing wine and beer in Europe, and corn for "pozol" and "pulque" in our continent. Furthermore, in the Mesoamerican region, corn became a profound cultural value to the extent that the Popol Vuh and other ancient documents state that Mesoamerican men were created from this cereal. Many of these culinary products are still in use preserving their traditional background. Even so, the systematic studies of microorganisms at the base of fermented prehispanic food products are recent and incomplete. Besides the physiological interest that these microorganisms may arise, they can be used as means to create fermented products in controlled environments. It is thus an important challenge for national biotechnology to profit from the acquainted knowledge bestowed by this kind of ancient process for the improved of actual food production.

Keywords: medicinal plants, biotechnology, in vitro cultures, metabolic profiling.

LA BIOTECNOLOGÍA ALIMENTARIA ANTIGUA: LOS ALIMENTOS FERMENTADOS

Introducción

Al principio de su historia, el hombre fue nómada, se dedicaba a recolectar alimentos, cazaba animales, recogía productos vegetales y viajaba a otros lugares donde sabía que podía obtener sus alimentos en ciertas épocas del año. Luego decidió establecerse en algún lugar determinado y se volvió sedentario.

Si bien esta transformación de la vida nómada de nuestros antepasados al sedentarismo debió darse como un proceso lento, la adaptación incluyó como un elemento central el desarrollo de la agricultura; el cultivo de plantas y la domesticación y cuidado de animales. Derivado de estas dos actividades, que hoy denominamos agrícolas y pecuarias, seguramente surgió la necesidad de almacenar los excedentes, es decir, de conservar los alimentos. Surgió también la posibilidad de cocinarlos o prepararlos de formas variadas. Dentro de estas formas quizás la más sencilla fue el secado al sol y la más compleja la fermentación. Ambas formas surgieron derivadas de la observación y la experimentación, dado que un alimento que conserva su humedad se descompone, mientras que el que quedó expuesto al sol y se secó, pudo consumirse posteriormente al recuperar su humedad. La fermentación es un proceso más complejo, ya que la transformación del alimento (el cereal, la fruta o, eventualmente, la leche) se produce por acción de microorganismos del medio ambiente, los cuales, al utilizar los componentes disponibles del alimento, pueden reproducirse transformando el sabor, el color, el olor, la textura e incluso el valor nutrimental del producto en el que están creciendo y fermentando.

Figura 1. Extracción del pulque del maguey. Imagen: *An American Girl in Mexico* de Elizabeth Visere McGary



EXTRACTING THE FAVORITE PULQUÉ—THE CURSE OF THE PEON.

Aunque los microorganismos son producto de evolución de la vida en el planeta muy anterior al *homo sapiens sapiens*, dado su carácter microscópico, durante siglos realizaron una actividad desconocida para los seres humanos. La analogía puede hacerse igualmente para las infecciones y enfermedades causadas por microorganismos patógenos, pues durante siglos enfermamos sin saber que se trataba de agentes infecciosos microbianos. No saber de la existencia de los microorganismos, no impidió almacenar verduras en recipientes cerrados (hoy sabemos que en ausencia de oxígeno en condiciones anaeróbicas), lo cual da lugar a la generación de ácido láctico, que no sólo permite conservar a los vegetales, sino que les confiere un sabor agradable. Sin duda alguna, este fue un proceso de prueba y error, en el que muchos productos y muchas formas de procesarlos y almacenarlos fueron descartados después de enfermar a quienes los consumían. Así, la fermentación vino a dar una muy importante variedad a la dieta, al tiempo que permitió la conservación de los alimentos.

Figura 2. El pulque es una
 bebida fermentada que con-
 serva un método de elabora-
 ción original prehispánico.
 Imágen: Omar Barcena.



No fue sino hasta el siglo XVIII que Antonie van Leewenhoek desarrolló los lentes que más tarde dieron lugar al microscopio, instrumento que permitió a los seres humanos adentrarse en el mundo invisible que nos rodea, mundo en el que los microorganismos son los habitantes centrales. Un siglo después, Pasteur relacionó los microorganismos con la descomposición y con la fermentación, y Koch, con las enfermedades. Aunque de todo esto hace menos de dos siglos, es sólo durante las últimas décadas que se ha puesto en evidencia que la gran mayoría de los alimentos fermentados cuentan con una serie de propiedades fundamentales para una dieta variada y equilibrada, quizás una de las razones por las cuales su preparación y consumo se ha mantenido hasta nuestros días. En casi todos los casos, estos productos están fuertemente arraigados a la cultura de las regiones en las que fueron desarrollados o adaptados; en otros casos los alimentos se han beneficiado de los avances científicos y tecnológicos, como la cerveza, el vino o la producción de yogurt; en otros, el proceso se mantiene con muy poca innovación: tal es el caso del pozol o del pulque en México.

Es un hecho que existe aún un enorme potencial por explotar, derivado del conocimiento de la actividad microbiológica que beneficia la salud y nivel nutricional del consumidor de productos fermentados tradicionales. También es posible pensar en que dichas actividades microbianas podrían promoverse en el mismo alimento, o bien, en el caso de algunos de sus componentes, adicionarlos a otros alimentos. Gracias a que los "secretos" de la biotecnología tradicional fueron pasando de generación en generación, hasta la fecha es posible producirlos eficientemente pero de manera artesanal, usando tecnologías sencillas que representan un importante espacio para la innovación y modernización.

Es un hecho que existe aún un enorme potencial por explotar, derivado del conocimiento de la actividad microbiológica que beneficia la salud y nivel nutricional del consumidor de productos fermentados tradicionales. También es posible pensar en que dichas actividades microbianas podrían promoverse en el mismo alimento, o bien, en el caso de algunos de sus componentes, adicionarlos a otros alimentos. Gracias a que los "secretos" de la biotecnología tradicional fueron pasando de generación en generación, hasta la fecha es posible producirlos eficientemente pero de manera artesanal, usando tecnologías sencillas que representan un importante espacio para la innovación y modernización.

¿Cómo era la alimentación en el México antiguo?

Es evidente que una buena parte del interés por conocer la cocina indígena tiene como objetivo el aprovechamiento y promoción de los productos de nuestro país, particularmente aquellos que resultan interesantes, ya sea por el uso de recursos naturales locales o por las propiedades nutraceuticas del mismo.

Figura 3. Plantío de maguey,
 planta de la familia de las
 agavaceas de la cual se extrae
 el aguamiel materia prima del
 pulque. Imagen: Ruy Sánchez



El estudio de la alimentación y el estado nutricional de los mexicanos en el pasado se hace a partir de diversas estrategias. Una de ellas consiste en estudiar los platillos que conformaban la dieta, tanto los que han resistido el paso de los siglos como los que pudieron haberse desarrollado con las plantas nativas silvestres, cultivadas y domesticadas, incluyendo la posibilidad de elaborarlos con las vasijas que disponían en aquella época. Otra estrategia es estudiar directamente las piezas y objetos de cerámica que sobreviven de la época y que se exhiben en museos y en catálogos, ya que muchos de estos objetos están adornados con dibujos de plantas, animales y alimentos. Es mediante esta última estrategia que Zizumbo-Villarreal y colaboradores (2014) determinaron cómo era el sistema alimentario durante el periodo formativo en el Oeste de Mesoamérica. Esta zona (las elevaciones bajas y medianas de Colima y sur de Jalisco) incluía 29 plantas nativas cultivadas y domesticadas, con un núcleo central conformado por el maíz, el frijol, el jitomate y el tomatillo; incluía también una amplia variedad de animales como el pato, el tiburón, la jaiba, las iguanas, los camarones, los langostinos, los guajolotes, los venados, los jabalíes, los roedores de campo y las ranas (ZIZUMBO-VILLARREAL *et al.*, 2014), así como una amplia variedad de insectos. Dentro de los productos fermentados destacan singularmente los derivados de maíz, tanto alcohólicos (tesgüino) como no alcohólicos (pozol), los fermentados de miel y de otras frutas con azúcar, y, muy particularmente, los fermentados de aguamiel extraído de agaves.

Figura 4. Chiles, jitomates y hierbas usadas en la dieta prehispánica. Imagen: Azteca Sams

Vargas (1993) explica que nuestros grupos indígenas no son “reliquias” del pasado, sino que son muy dinámicos, y esto lo demuestra a partir de los muy diversos elementos que han integrado en su cultura, particularmente en el terreno alimentario. Hoy en día es difícil hablar de una “dieta indígena”, ya que no existe una sola dieta que sea representativa de la población indígena en su conjunto, sino que cada grupo cuenta con su propia cocina. Sin embargo, existen elementos comunes a todos los grupos étnicos, dentro de los cuales destaca en primera línea el uso del frijol, del chile y del maíz, entre otros productos.



Un aspecto digno de ser señalado es, como sucede en prácticamente todo el orbe, que la variedad de plantas de las que disponen las poblaciones rural y campesina para la alimentación es mayor que aquella de la que dispone la población que vive en las ciudades. Un ejemplo de este tipo de ejercicio lo realizaron Centurión *et al.* (2003) al visitar comunidades de Tabasco para obtener información sobre las diferentes plantas que consumen sus pobladores, los aspectos culturales, las costumbres y la tecnología empleada en los “procesos” que utilizan para el tratamiento de sus materias primas, incluyendo recetas en las que los productos locales se usan como ingredientes (CENTURIÓN *et al.*, 2003).

Alimentación y cultura

“Si conoces la historia de la alimentación conoces la historia del hombre”. Esta frase, pronunciada por Steinkraus (1993), resume la importancia que tiene la alimentación en la cultura, pero también la cultura en la alimentación. De hecho, un estudio sobre la evolución de los hábitos alimenticios de las sociedades indígenas antiguas con las contemporáneas demostró: 1) El consumo en la dieta de una mayor variedad de especies que sus contrapartes urbanas. 2) El profundo impacto en la dieta que tuvieron los alimentos traídos del Viejo Mundo después de la conquista. 3) Los fenómenos que ocurren cuando se juntan las comunidades locales con centros urbanos grandes. Esto, llevado a un contexto más global, podría resumirse en un cambio brutal que da lugar al paradigma actual en el que el campo parece tener como principal destino cosechar dinero en lugar de alimentos. 4) El conocimiento profundo que tienen las comunidades locales sobre las mejores maneras de explotar su entorno, incluido el cuidado del medio ambiente. 5) El acceso sustentable a especies animales no domesticadas e incluso salvajes, así como el acceso a especies vegetales que se encuentran en su entorno natural. 6) El uso de técnicas culinarias que promueven el valor nutritivo de los alimentos naturales (VARGAS, 1993). adas, la elaboración de tofu, yogurt, jocoque y muchas otras formas más modernas de fermentar la leche.

El maíz

No está de más insistir en el hecho de que el maíz, base de la alimentación en Mesoamérica, es también de gran importancia cultural. Retomemos algunas citas que refuerzan la visión indígena que fundamenta nuestra relación con el maíz: en el *Códice Florentino* se especifica que:

El tonacayotl, maíz es nuestro sustento es para nosotros merecimiento completo. ¿Quién fue el que dijo, el que nombró al maíz, nuestra carne, nuestros huesos? Porque es nuestro sustento, nuestra vida, nuestro ser. Es andar, moverse, alegrarse, regocijarse. Porque en verdad tiene vida nuestro sustento. Muy de veras se dice que es el que manda, gobierna, hace conquistas... Tan sólo por nuestro sustento, Tonacayotl, maíz, la tierra subsiste, el mundo vive, poblamos el mundo. El maíz es verdaderamente valioso para nosotros.

Por otro lado, en el *Libro del Concejo de los Maya Quichés*, se señala con respecto a nuestros orígenes: “gente de maíz y maíz de la gente” Tepeu y Gucumatx, los creadores de dicho libro, comentan sobre la creación: “Ha llegado el tiempo del amanecer, de que se termine la obra y que aparezcan los que nos han de sustentar y nutrir, los hijos esclarecidos, los vasallos civilizados; que aparezca el hombre; la humanidad, sobre la superficie de la tierra”, describiendo también la esencia del cuerpo humano: “Cuatro animales (el gato, el coyote, el perico y el cuervo) consiguieron mazorcas de maíz blanco y amarillo. Molieron el maíz e hicieron 9 bebidas y de ellas obtuvieron fuerza, alimentación, músculos”.

Una larga lista de sustancias se agregaría poco a poco a los ácidos cítrico y glutámico, dentro de los ingredientes básicos para la alimentación, elaborados mediante procesos industriales. Esta lista incluye hoy vitaminas, aminoácidos, gomas (como las xantanas empleadas como espesantes), el ácido láctico, edulcorantes no calóricos, como el aspartame, enzimas para una enorme diversidad de aplicaciones como el procesa-



Figura 5. Mazorcas de maíz
 rojo y amarillo. Imagen:
 Pedro Terrades

miento de lácteos, la elaboración de leches deslactosadas, el procesamiento y extracción de jugos de frutas y, muy particularmente, enzimas para el procesamiento de almidón, que permitió primero el desarrollo de mieles de glucosa y, posteriormente, a inicios de los sesenta, de los mal llamados "jarabes fructosados".

Así, un paseo entre los anaqueles y refrigeradores de un supermercado permite constatar la enorme diversidad de productos que, ya sea en su elaboración o en su formulación, hacen intervenir bacterias, levaduras, hongos, o bien, las enzimas que estos microorganismos sintetizan. Ahí están las bacterias tradicionales del yogurt, pero también nuevas formulaciones de bebidas lácteas con bacterias destinadas a la microbiota intestinal. Algunas bebidas son formuladas con inulina y fructo-oligosacáridos, también destinados a nutrir la microbiota. Hay también muchos productos derivados del maíz mediante procesos enzimáticos, como cervezas, vino y jugos enlatados en los que se usaron enzimas. Y finalmente queso, tema que será retomado más adelante.

Alimentos tradicionales fermentados

Como ya señalamos, la fermentación es una de las técnicas ancestrales más usadas para conservar, producir o transformar alimentos y bebidas, no sólo en Mesoamérica sino en todo el mundo. Esta práctica consiste en la modificación de la estructura de las materias primas como frutas, cereales, vegetales o carnes, entre otras, mediante la acción de diversos microorganismos que, a través de reacciones metabólicas, principalmente de los azúcares de estos alimentos, permiten la formación de ácidos orgánicos como: acético, láctico, butírico y propiónico, y de algunos alcoholes como el etanol y el láctico, así como la liberación de algunos aminoácidos. Estas reacciones traen como consecuencia modificaciones en el alimento, relacionadas con su sabor, olor, textura o color.

Es un hecho que el desarrollo de las técnicas de fermentación se inició mediante ensayos de prueba y error, mucho antes de que se conocieran los microorganismos. Probablemente, se llegó a la conclusión de que los cereales almacenados en lugares secos podían mantenerse sin ningún cambio por largos periodos de tiempo, mientras que si estos granos se maceraban en condiciones de alta humedad se obtenían diferentes tipos de productos, incluyendo bebidas tanto ácidas como alcohólicas. Al tratarse de alimentos inocuos –pues no generaban enfermedad alguna– y agradables al gusto, pronto se convirtieron en productos de preparación y consumo cotidiano.

En la actualidad, la mayoría de las técnicas de producción de alimentos fermentados tradicionales no han sufrido cambios, a pesar de los grandes avances en la microbiología, la biología molecular y la tecnología de alimentos.

El pozol: un estudio de caso paradigmático

Entre las bebidas y los alimentos fermentados autóctonos de México se encuentra el pozol, bebida de maíz de origen maya que forma parte de la alimentación básica de muchos grupos étnicos del sur y el sureste de México: chontales, choles, mayas, lacandones, tzotziles o chamulas, tzetzales, zoques, mames y zapotecos, junto con la población mestiza. El nombre pozol es de origen náhuatl, *pozolli*, que quiere decir espumoso. Se prepara

Figura 6. Pozol de maíz
 blanco, amarillo y azul de
 Chiapas. Imagen: Carmen
 Wachter



con bolas de masa de maíz nixtamalizado (ya sea blanco, amarillo o negro) envueltas en hojas de plátano que se dejan fermentar por tiempos que varían considerablemente, ya que en algunos casos sólo se fermenta por unas horas, mientras que en otros el tiempo de fermentación es de varios días (3 a 7 días), pero puede incluso llegar a ser de hasta un mes. Las bolas de maíz fermentado se consumen disueltas en agua durante la comida, el trabajo o a cualquier hora del día como una bebida refrescante. También tiene usos medicinales, rituales y, debido a su alto grado de conservación, las bolas de pozol son utilizadas como provisiones en travesías largas. Los

lacandones utilizan el pozol mezclado con miel para bajar la fiebre y controlar la diarrea. Una variante de esta preparación llamada chorote, consiste en agregar granos de cacao molidos a la masa de maíz; también se puede añadir azúcar, miel de abeja, pulpa de coco o diferentes clases de chiles secos, tostados y molidos.

Los estudios microbiológicos de estas bebidas indican que contienen gran cantidad de microorganismos benéficos como las bacterias lácticas, que son las primeras en desarrollarse y que están presentes durante todo el proceso. Éstas son las responsables de la acidificación de la masa (llega a tener un valor de pH cercano a 4), ya que producen ácido láctico, que imparte un sabor fresco y agradable al producto. De ellas destacan las bacterias amilolíticas (como *Streptococcus infantarius*, DÍAZ RUIZ *et al.*, 2003) (2). Estas bacterias convierten el almidón del nixtamal (su principal carbohidrato), primero en glucosa y maltosa y posteriormente en ácidos, a diferencia de las que se encuentran en productos lácteos como el yogurt, en el que las bacterias aprovechan la lactosa, que es el azúcar de la leche, como fuente de carbono y de energía. El pozol contiene además bacterias como *Achromobacter pozolis* o *Agrobacterium azotophilum* y *Aerobacter aerogenes*, apenas descubiertas en los setenta del siglo XX (1) (ULLOA Y HERRERA, 1972), que tienen la particularidad de fijar el nitrógeno atmosférico, pudiendo ser las responsables del alto contenido de proteína del pozol, que resulta mayor al que se encuentra en la masa del maíz sin fermentar. Dentro de la diversidad microbiana del pozol se encuentran también bacterias del género *Bacillus*.

Uno de los problemas que puede presentar el llevar a cabo un proceso de fermentación de forma artesanal, es la posibilidad de que el sustrato, en este caso el maíz, se contamine con microorganismos que puedan causar algún daño al consumidor. En este sentido se han aislado del pozol hongos patógenos o potencialmente patógenos, como *Candida parapsilosis*, *Trichosporon cutaneum*, *Geotrichum candidum* o *Aspergillus flavus*, que pueden causar candidiasis, piedra blanca, geotricosis, aspergilosis y aflatoxi-

cosis, respectivamente, aunque estos casos se han dado solamente en pozol con unas pocas horas de fermentación y no en pozol más maduro o con un grado alto de fermentación. Es decir, podría concluirse que hay un cierto proceso de competencia microbiana en el que las especies fungales son eliminadas del producto por las bacterias para beneficio final del consumidor.

La patogenicidad podría también estar asociada con las bacterias. De hecho, podría señalarse que es un hecho que así sucede, pero al igual que en el caso de la contaminación con hongos, en los alimentos en los que se encuentran bacterias potencialmente patógenas, al iniciar la fermentación generalmente se eliminan debido a la acidez o pH bajo del ambiente. En mi grupo de trabajo hemos incluso encontrado cepas patógenas de *Escherichia coli*, pero es muy probable que las bacterias lácticas eviten que otros patógenos se adhieran al intestino, como se ha reportado para otros alimentos (efecto probiótico).

Además, varios estudios han puesto en evidencia el que *Agrobacterium azotophilum* tiene actividad bactericida, bacteriolítica, bacteriostática y fungistática contra algunos microorganismos patógenos para los seres humanos, tales como *Escherichia coli* o *Micrococcus luteus*, lo cual contribuye a la reducción o eliminación de los microorganismos patógenos y a la inocuidad del producto.



Figura 7. Pozol preparado
 con cacao. Imagen: Yá
 Rodríguez

En cuanto a la aflatoxicosis, un grupo de investigación del CINVESTAV determinó en muestras tomadas de pozol, que únicamente el 17% de las muestras estaban contaminadas con aflatoxinas, de las cuales, sólo una tenía niveles arriba de 20ppb (ppb= partes por billón). En este estudio se reportó que el pozol preparado con maíz blanco, junto con el preparado con cacao, tuvieron el más alto rango de contaminación, mientras que no se detectaron aflatoxinas en el pozol preparado con maíz amarillo. La costumbre entre los indígenas es consumir los tres tipos de pozol (blanco, amarillo o negro) por igual, aunque piensan que el amarillo y el negro tienen más "vitaminas", y tienen razón. El pozol que consumen más los mestizos es el blanco y el chorote.

En cuanto al contenido químico de este alimento fermentado, se sabe que el aumento en nitrógeno proteico total que ya se señaló, se da por incremento de algunos aminoácidos como la lisina y el triptófano: aumenta además el contenido de algunas vitaminas, como la niacina y la riboflavina. En general, a través de un aminograma y de bioensayos comparativos se determinó que la proteína del pozol era de mejor calidad que la del maíz.

La microbiota de los alimentos fermentados

El pozol es la fuerza que corre por nuestras venas.
(VASALLO, 2008).

Es común que los microorganismos de un alimento fermentado constituyan una microbiota compleja, constituida por una gran cantidad y diversidad de microorganismos. En los productos fermentados modernos se ha logrado determinar aquel o aquellos microorganismos clave para el proceso fermentativo, por lo que es posible garantizar la inocuidad microbiológica del producto pasteurizando previamente la materia prima, para eliminar así la mayor parte de los microorganismos, y añadiendo posteriormente los microorganismos clave, previamente cultivados en el laboratorio. Esto permite además controlar las condiciones de la fermentación, como la temperatura y, eventualmente, la aereación o el pH. La pasteurización de alimentos se realiza por lo general a 80°C durante 10 minutos para añadir posteriormente los microorganismos responsables del proceso, aquellos que se sabe van a modificar el alimento para obtener una calidad uniforme. Es importante producir el alimento en condiciones controladas, incluido el envasado posterior al proceso de fermentación, ya que se busca, en primer lugar, garantizar la inocuidad del producto, además de que las características del alimento sean homogéneas entre lote y lote; si el color es amarillo, que no existan algunos verdes; así como que el sabor, el olor y el aspecto sean los mismos.

Los alimentos fermentados como riqueza microbiana

Como consecuencia del estudio de los alimentos fermentados, no sólo se han encontrado elementos que fortalecen su importancia nutrimental en la dieta de las regiones del país en las que se consumen, sino que también se han descubierto microorganismos con actividades interesantes, tanto desde el punto de vista científico como tecnológico.


Un ejemplo en este sentido lo constituye la bacteria láctica *Leuconostoc citreum*, aislada del pozol. Esta bacteria está comúnmente asociada a la producción de un polímero de glucosa denominado dextrana. Sin embargo, se encontró que esta cepa es especial en el sentido de que produce también fructanas, polímeros de fructosa que son consumidos por bacterias del intestino consideradas como "buenas" con gran importancia para desarrollar la microbiota intestinal (OLIVARES-ILLANA *et al.*, 2002).

Otro ejemplo es *Agrobacterium azotophilum*, que produce sustancias antimicrobianas, es decir, que eliminan microorganismos patógenos que pueden encontrarse en el alimento, como una especie de antibiótico. Tiene también una característica inusual, ya que es fijadora de nitrógeno y no se habían reportado microorganismos con esta característica en un alimento fermentado.

Nuevas aplicaciones de la biotecnología antigua

Actualmente se producen alimentos conocidos como *funcionales*, que son los que además de tener la función de alimentar al ser humano, mejoran o mantienen su salud. Dentro de las características que dan funcionalidad a los alimentos, se encuentra la presencia de microorganismos benéficos, es decir, que se integran o benefician a la microbiota intestinal. Estos microorganismos, generalmente bacterias, se conocen como *microorganismos probióticos*, y se ha determinado que si se consumen en grandes concentraciones (aproximadamente 10,000,000/ml) tienen un efecto en la salud intestinal del consumidor (FAO, 1992). Por otro lado, *los prebióticos* son sustancias químicas que el cuerpo humano no puede metabolizar y que cuando llegan al intestino son consumidas por la población benéfica de microorganismos, siendo esta población la que mantiene al intestino sano.

Existen en el mercado alimentos fermentados que contienen probióticos o simbióticos (probióticos y prebióticos). En algunos alimentos fermentados tradicionales se han encontrado bacterias con la capacidad de subsistir en el estómago (cuyo valor de pH es muy bajo) a su llegada al intestino, donde deben sobrevivir a un valor de pH alcalino, a la actividad de algunas enzimas del intestino y, además, ser capaces de adherirse en el intestino y producir polímeros extracelulares. En el pulque y en el pozol se han encontrado bacterias lácticas potencialmente probióticas. Será necesario evaluar su capacidad de probióticos para que puedan tal vez ser inoculados en otros alimentos.

Mediante estudios recientes se ha demostrado que algunos de los alimentos fermentados mexicanos muestran actividad probiótica. En conclusión, los mexicanos consumidores de bebidas tradicionales han estado contando seguramente con los beneficios de los probióticos de la misma forma que nuestros antepasados. 

"Los alimentos del pasado son parte importante
de la herencia de los pueblos originarios,
sobre la cual se puede planear la alimentación del futuro."
(Agustín López Munguía, comunicación personal)

Bibliografía

- [1] CENTURIÓN HIDALGO, D., Espinosa Moreno, J., Poot Matu J.E., Cázares Camero, J.G., *Cultura alimentaria tradicional de la región Sierra de Tabasco*, Colección José María Pino Suárez, Estudios Regionales y de Desarrollo, Tabasco: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2003, pp. 102.
- [2] DÍAZ-RUIZ, G. *et al.* "Microbial and physiological characterization of weakly amyolytic but fast growing lactic acid bacteria: a functional role in supporting microbial diversity in pozol, a Mexican maize fermented food", *Applied and Environmental Microbiology*, 2003, 69 (8): 4367-4374.
- [3] Food and Agricultural Organization of the United Nations (1992), *Maize in human nutrition*, 1992 [en línea]: [consulta: 18/10/13].
- [4] OLIVARES-ILLANA, V., Wacher-Rodarte, C., Le Borgne, S., López-Mungía, A. "Characterization of a novel cell-associated levansucrase from a *Leuconostoc citreum* strain isolated from pozol, a fermented corn beverage of Mayan origin", *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 2002, pp. 28, 112-117.
- [5] STEINKRAUS, K.H., "Fermented foods of the World", en WACHER, C., Lappe, P. (compiladoras), *Alimentos fermentados indígenas de México*, 1993, pp.5-15.
- [6] ULLOA, M., Herrera, T., "Descripción de dos especies nuevas de bacterias aisladas del pozol *Agrobacterium azotophilum* y *Achromobacter pozolis*", *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 1972, pp. 14:15-24.
- [7] VARGAS, L.A., "La alimentación de los grupos indígenas de México", en WACHER, C., Lappe, P. (compiladoras), *Alimentos fermentados indígenas de México*, 1993, pp. 39-45.
- [8] VASSALLO, M. *Mat's: La Fuerza Que Corre Por Nuestras Venas*. Tesis Licenciatura en Etnohistoria, INAH, SEP, 2008.
- [9] ZIZUMBO-VILLARREAL, D., Flores-Silva, A., Colunga GarcíaMarín, P., "The food system during the formative period in West Mesoamerica", *Economic Botany*, 2014, 68 (1): pp. 67-84.