

El papel central que el maíz ha desempeñado en la historia de Mesoamérica es indiscutible, sin embargo poco se habla del proceso de nixtamalización que le confiere un alto valor nutritivo y cambios funcionales extraordinarios, y que es clave en la elaboración de la tortilla, el principal alimento en la dieta del pueblo mexicano y base de su supervivencia desde hace más de 3 500 años. ¿Qué procesos químicos tienen lugar durante este proceso? Veamos.

La composición química del grano de maíz, y por ende su valor nutritivo, dependen del genotipo de la variedad, el ambiente y las condiciones de siembra. En promedio, el contenido de proteína del maíz es de 10% y una buena parte se encuentra en el germen del grano. No obstante, tanto el endospermo como el pedicelo (figura 1) llegan a tener hasta 9% de proteínas —clasificadas en cuatro tipos de acuerdo con su solubilidad: albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en soluciones de sales), prolaminas (solubles en soluciones alcohólicas) y glutelinas (solubles en soluciones alcalinas o ácidas diluidas). En el maíz, las prolaminas se encuentran principalmente en el endospermo y han recibido el nombre de zeínas, mientras que las glute-



La nixtamalización



y el valor nutritivo del **maíz**

linas se encuentran en la matriz proteínica de esta misma estructura; ambas proteínas constituyen cerca de 90% de las proteínas del grano completo. Por el contrario, las del germen son casi en su totalidad albúminas y globulinas.

La calidad nutritiva del maíz está definida en buena medida por la calidad de sus proteínas y ésta, a su vez, la establece el contenido de los llamados aminoácidos esenciales. Es importante indicar que estos aminoácidos no pueden ser sintetizados por el ser humano, por lo que deben estar presentes en su dieta en cantidades recomendadas por organismos de salud tales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Con el fin de conocer la calidad de las proteínas del maíz se ha determinado el patrón de aminoácidos esenciales; como resultado, se ha encontrado que tanto la zeína como la glutelina son deficientes en lisina y triptófano. De hecho, la zeína no contiene este último aminoácido. Otro aspecto sobresaliente de la calidad de la proteína del maíz es su alto contenido de leucina pero su bajo contenido en isoleucina. Este desbalance provoca que el valor biológico de la proteína disminuya. Es pertinente aclarar que el valor biológico de una proteína se determina midiendo el nitrógeno absorbido, que es el ingerido menos el excretado en heces, dividido entre el nitrógeno retenido —el ingerido menos el excretado en heces y orina.

En cuanto al contenido de lípidos, el grano de maíz contiene alrededor de 5%, principalmente en el germen. Se ha encontrado que el aceite de maíz, como la mayoría de los aceites de origen vegetal, contiene bajos niveles de grasas saturadas, las cuales se han relacionado desde un punto de vista epidemiológico con problemas cardiovasculares. El contenido de los ácidos grasos saturados, como el palmítico y el esteárico, es relativamente bajo en comparación con los ácidos grasos no saturados, como el oleico y linoleico, los cuales representan la mayoría del total de los lípidos contenidos en el grano de maíz. Cabe mencionar que el ácido linoleico es uno de los ácidos grasos esenciales en la nutrición humana, y forma parte de un grupo de compuestos bioactivos asociados a los lípidos, todos ellos relacionados con nutrición y salud, y varios de los cuales se encuentran en niveles variables en el maíz.

En cuanto a vitaminas, se sabe que el maíz amarillo contiene principalmente dos vitaminas solubles en grasa, β -caroteno o provitamina A y α -tocoferol o vitamina E, y la mayoría de las vitaminas solubles en agua. El maíz amarillo es una fuente razonablemente buena de provitamina A;

sin embargo, ésta se pierde paulatinamente con el almacenamiento prolongado. Por otro lado, el contenido de niacina en el grano de maíz es muy alto en comparación con los requerimientos mínimos, pero no está presente en forma disponible para ser asimilado por el cuerpo humano.

El germen del grano contiene 78% de los minerales, probablemente porque son esenciales durante el crecimiento del embrión, de los cuales el componente inorgánico más abundante es el fósforo, principalmente en las sales de potasio y magnesio del ácido fítico. Este compuesto, que llega a representar hasta 1% de la masa del grano, interfiere en la absorción intestinal de muchos minerales esenciales. El azufre, que es el cuarto elemento más abundante en el grano, está contenido en forma orgánica como parte de los aminoácidos metionina y cisteína. El contenido de algunos minerales es muy variable dependiendo de los tipos de maíz, por ejemplo, existen materiales de maíz que contienen únicamente 0.1 miligramos/100 gramos de hierro mientras que otros llegan a tener hasta 10 miligramos/100 gramos. Consumir 250 gramos de un maíz que contenga altos contenidos de hierro, a pesar de las posibles pérdidas que se presentan durante la nixtamalización y de los efectos inhibitorios del ácido fítico sobre su biodisponibilidad, podría cubrir 50% de los requerimientos mínimos diarios de este mineral. Otro micronutriente de mucho interés para la salud humana es el zinc, el cual está presente en niveles bajos en el grano en comparación con los requerimientos mínimos diarios.

En relación con el almidón, el grano maduro del maíz presenta en promedio 72%, y prácticamente todo está presente en las células del endospermo. En un maíz normal, el gránulo de almidón contiene aproximadamente 27% de amilosa —una molécula esencialmente lineal formada aproximadamente por 1 000 unidades de glucosa— y 73% de amilopectina —una molécula ramificada que posee aproximadamente 40 000 o más unidades de glucosa.

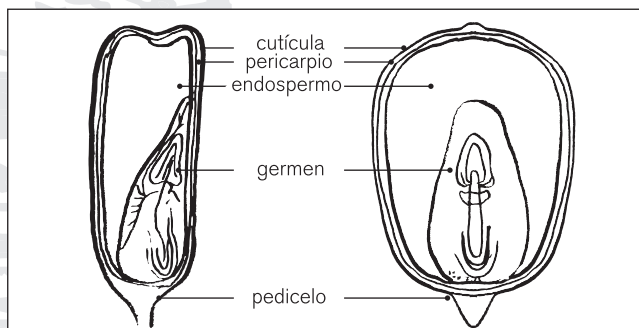


Figura 1. Grano de maíz y sus partes.



El proceso de la nixtamalización

Del náhuatl nixtli, cenizas, y tamalli, masa, el proceso de la nixtamalización se ha transmitido de generación en generación en Mesoamérica, y todavía se utiliza como en tiempos prehispánicos. Se inicia con la adición de dos partes de una solución de cal aproximadamente al 1% a una porción de maíz. Esta preparación se cuece de 50 a 90 minutos, y se deja remojando en el agua de cocción de 14 a 18 horas. Posterior al remojo, el agua de cocción, conocida como nejayote, se retira y el maíz se lava dos o tres veces con agua, sin retirar el pericarpio ni el germen del maíz. Se obtiene así el llamado maíz nixtamalizado o nixtamal, que llega a tener hasta 45% de humedad.

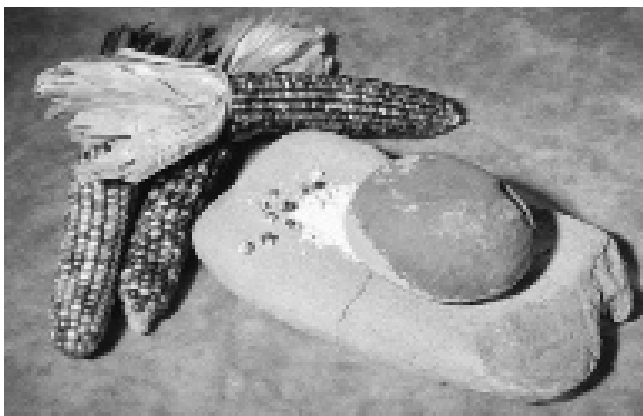
El maíz nixtamalizado es molido en un metate para producir la masa que se utiliza para formar a mano discos que luego son cocidos en un comal de barro. Es importante indicar que el proceso de molienda requiere la adición de agua y que la masa llega a tener de 48 a 55% de humedad. Finalmente el disco de masa, de aproximadamente 20 centímetros de diámetro, se cuece permitiendo que un lado de la tortilla esté en contacto con el calor de 30 a 45 segundos, se voltea para cocer el otro lado durante un minuto y otra vez el lado inicial por otros 30 segundos para completar la

cocción. El producto resultante era llamado en náhuatl tlaxcalli y fue nombrado tortilla por los españoles.

La masa es también la materia básica para la preparación de totopos de maíz o fritos, tostadas o totopos de tortilla. Los totopos de maíz se obtienen friendo la masa directamente, mientras que los de tortilla se obtienen precisamente cuando la tortilla cortada se somete al proceso de freído. Los totopos de tortilla absorben mucho más aceite (36%) que los totopos de maíz (24%) y por consiguiente aportan mayor cantidad de calorías.

Las propiedades sensoriales y funcionales de todos los productos derivados de la masa son de suma importancia. Por ejemplo, uno de los aspectos de mayor relevancia en relación con las características de estos productos, es el tipo de grano. En general, la tortilla preparada a partir de maíz blanco tiene mayor aceptación. Los totopos y tostadas pueden prepararse utilizando maíz amarillo o blanco. Otros factores que afectan negativamente la calidad del producto final son los agentes que deterioran al maíz, como roedores, daño microbiano o el tiempo de almacén.

El endospermo es una estructura que está muy relacionada con la calidad de la tortilla. Por ejemplo, variedades con endospermo vítreo o no harinoso requieren tiempos de cocción mayores que los maíces con endospermo





tipo harinoso. El contenido de humedad de la masa también es un factor importante, el óptimo para producir tortillas de alta calidad y buena vida de anaquel, que varía según la línea de maíz; aparentemente los mejores resultados en este sentido se obtienen cuando la masa tiene de 50 a 55% de humedad. Una característica importante en la calidad de ciertos productos derivados del maíz es que el pericarpio sea fácilmente removible.

La nixtamalización no sólo ha servido para producir tortillas. La masa, el maíz nixtamalizado y las tortillas, obviamente, se han usado también para preparar un gran número de platillos. Cada región prepara algunos de éstos con un condimento especial, muchos son consumidos localmente, como es el caso del joroch (esferas de masa cocidas), los panuchos y el pozol (esferas de masa envueltas en hojas de plátano) que forman parte de la cultura culinaria del sur de México y Centroamérica. Los tamales se preparan con maíz nixtamalizado y se conocen al menos 20 tipos diferentes que son elaborados en diversas formas dependiendo de la región. Los productos elaborados a base de maíz se han vuelto muy populares en otros países de América y Europa. Las dos botanas nixtamalizadas por excelencia, los totopos y las tostadas, están colocadas en el segundo lugar en ventas en el mundo después de las papas fritas, y representan un gran ingreso económico en los Estados Unidos.

En el caso del estado de Guerrero, México, una tradición de todos los jueves es consumir pozole. Existen reportes que señalan que la cuna de este platillo a base de maíz nixtamalizado es la ciudad de Chilapa, en la región de la Montaña. El pozole guerrerense, ya sea blanco o verde —preparado con una pasta a base de semilla de calabaza—, de puerco o pollo, se degusta con chicharrón, aguacate, queso fresco, chile, cebolla y orégano que, dicen los oriundos de estos lugares, ayuda a la buena digestión de este platillo.

Cómo aumenta el valor nutritivo

La cocción alcalina y el remojo provocan la disolución y el hinchamiento de las capas del pericarpio, esto hace que las paredes celulares y los componentes de la fibra dietaria de esta parte del grano se vuelvan frágiles, facilitando su remoción, lo cual obviamente disminuye el contenido de fibra dietaria insoluble. Sin embargo, y por fortuna, en este proceso la fibra dietaria soluble pasa de 0.9% en el maíz a 1.3% en la masa, y a 1.7% en la tortilla. La fibra dietaria en



general ha sido reconocida como un componente importante y altamente deseable en los alimentos, ya que ejerce diversas funciones fisiológicas asociadas a la salud.

La nixtamalización también provoca que la estructura que une las células del endospermo, llamada lámina media, y las paredes celulares se degraden y solubilizan parcialmente. La mayoría del germen permanece en el grano durante la nixtamalización, lo que permite que la calidad de la proteína de los productos de la masa no se vea afectada. Otro aspecto sobresaliente es que la membrana semipermeable que está alrededor del grano, denominada aleurona, permanece sobre el mismo durante este tratamiento, lo que minimiza la pérdida de nutrimentos hacia el nejayote por el fenómeno llamado lixiviación.

Cuando el maíz nixtamalizado se muele pierde su estructura debido a que los componentes del grano fueron acondicionados por la cocción y el remojo. La masa resultante de la molienda consiste en fragmentos de germen, residuos del pericarpio y endospermo unidos por el almidón parcialmente gelatinizado, y por las proteínas y los lípidos emulsificados.

Desde mediados del siglo XX se ha llevado a cabo una serie de trabajos para entender el efecto que el proceso de la cocción alcalina tiene sobre la calidad nutritiva del maíz. Por ejemplo, la cocción alcalina altera la estructura y la solubilidad de las proteínas del maíz, la nixtamalización y la cocción de la tortilla reducen la solubilidad de las albúminas y de las globulinas, y lo mismo ocurre con la solubilidad de las prolaminas; asimismo, se observa la aparición de glutelinas de alto peso molecular. Estos cambios se deben al enlazamiento de proteínas y a la ruptura de su estructura, que es estabilizada por diversas fuerzas de atracción.

El contenido de proteína no se ve afectado sensiblemente después que el maíz ha sido nixtamalizado y se produce la tortilla. Las diferencias en el contenido de proteína en los reportes existentes se debe a que hay diferencias en el contenido de proteína entre diferentes materiales de maíz. La digestibilidad de la proteína disminuye ligeramente tanto en el nixtamal como en la tortilla, lo cual está relacionado con el tiempo de cocción y la concentración de cal, ya que la cocción altera las prolaminas provocando que sean menos susceptibles a la digestión.

El contenido de lisina y triptófano no se ve muy afectado después de que el maíz ha sido sometido tanto a la nixtamalización como a la producción de tortilla, aunque sí se presentan ligeras pérdidas. Los aminoácidos liberados pueden producir un compuesto llamado lisinoalanina, que



no es biodisponible, y además pueden reaccionar con azúcares reductores formando compuestos de color oscuro.

El maíz es deficiente en lisina y triptófano, y obviamente el nixtamal y la tortilla también lo son. Sin embargo, la nixtamalización incrementa la disponibilidad de la mayoría de los aminoácidos esenciales: es una de las principales contribuciones a la nutrición humana. En general, se ha observado que uno de los indicadores importantes del valor nutritivo de una proteína, la relación de eficiencia proteínica, se incrementa por el proceso de nixtamalización; es una de las bondades de consumir tortilla, en lugar de maíz sin nixtamalizar.

Es pertinente aclarar que la relación de eficiencia proteínica mide la relación que existe entre la ganancia en peso con respecto a la cantidad de proteína consumida. De esta forma, una proteína presentará mejor eficiencia proteínica cuando el organismo en cuestión gane más peso con menor cantidad de proteína ingerida. Así, el valor biológico de la proteína se incrementa

sensiblemente como resultado de la nixtamalización y la producción de la tortilla, mientras que la utilización neta de la proteína puede disminuir ligeramente. Pero el valor biológico de una proteína se mide por la cantidad de nitrógeno que es asimilado por el cuerpo humano, mientras que la utilización neta de la proteína se calcula con base en la digestibilidad y el valor biológico de la proteína. En resumen, la nixtamalización mejora considerablemente en forma global el aporte nutritivo de las proteínas del grano de maíz.

En cuanto a los cambios que el almidón sufre durante la nixtamalización, ésta retarda la gelatinización del mismo debido a la aparente interacción del calcio con el almidón, especialmente con la amilosa. El almidón de maíz alcanza un bajo grado de gelatinización por efecto de la nixtamalización, lo que contrasta con la creencia anterior de que el almidón de maíz se gelatinizaba completamente por efecto de la cocción alcalina que se lleva a cabo en dicho proceso. Posterior al cocimiento, el almidón se retrograda, es decir, se recristaliza o reasocia para formar nuevas estructuras, durante el tiempo que el grano permanece en remojo. El proceso de la molienda libera al almidón

del endospermo y reduce aún más su cristalinidad, y la cocción de la masa para producir la tortilla la reduce nuevamente, y en forma drástica. Durante el enfriamiento de estos productos, el almidón se reasocia formando también complejos amilosa-lípidos.

Por otro lado, un nixtamal sobrecocido absorbe más agua debido a un mayor grado de gelatinización; una vez que este tipo de nixtamal es transformado en masa, ésta adquiere propiedades de pegajosidad y adhesividad que son indeseables en la producción de tortilla. Este tipo de tortillas generalmente pierden flexibilidad o textura más rápidamente debido al fenómeno de retrogradación del almidón.

El proceso de retrogradación del almidón ha llamado la atención en los últimos años. Hoy día se sabe que, desde un punto de vista nutrimental, la fracción del almidón retrogradado no es digerida en el intestino delgado de los seres humanos. Este almidón, llamado almidón resistente, pasa al tracto intestinal inferior y llega al colon. En forma similar a la fibra soluble, el almidón resistente es fermentado por la microflora del colon, con lo cual se producen ácidos grasos de cadena corta como el ácido propiónico, el acético y el butírico.

La fermentación de este almidón produce cantidades mayores de ácido butírico en comparación con la producida por la fibra soluble. Este ácido sirve como la principal fuente de energía de los colonocitos —las células del colon—, por lo que el almidón resistente es considerado de gran importancia para mantener el colon en estado saludable, ya que por este mecanismo, tanto el almidón como la fibra soluble ayudan a prevenir el cáncer de colon.



En la actualidad, los consumidores de tortilla tienen generalmente la costumbre de almacenar las tortillas bajo condiciones de refrigeración y las someten a un ciclo de calentamiento y enfriamiento hasta que el producto se agota. Esta práctica pudiera favorecer la formación de almidón resistente, aparte del que se produce durante el proceso de la nixtamalización, lo que aumenta el beneficio que tiene la tortilla para la salud.

Los lípidos del grano de maíz disminuyen en forma importante, hasta 3.4% en tortilla de maíz amarillo y 2.5% en la de maíz blanco. Estas pérdidas no se han explicado totalmente, sin embargo, pueden deberse a la pérdida del pericarpio, del pedicelo o probablemente a la del germen, que puede ser parcial o total, en donde se localiza la mayoría de los lípidos del grano.

Por otro lado, las pérdidas que la cocción alcalina y la producción de la tortilla provocan en las vitaminas son variables. Se sabe que cuando el maíz amarillo se somete a la nixtamalización pierde de 15 a 28% de su contenido de caroteno. La tiamina (vitamina B1), que en promedio está presente en el maíz en 0.7 miligramos por 100 gramos de materia seca, se reduce hasta en 60%, mientras que la riboflavina (vitamina B2) y la niacina (vitamina B3) se pierden hasta en 70 y 40% respectivamente.

Cabe mencionar que la niacina presente en el grano de maíz no se halla disponible, pero el proceso de cocción provoca que esta vitamina sea liberada como ácido nicotínico —un componente de la niacina— para su aprovechamiento. Al respecto se ha indicado que la cocción alcalina



destruye el efecto pelagrogénico —causante de la enfermedad llamada pelagra— que tienen las dietas ricas en maíz crudo o tostado.

Aparentemente esta enfermedad se debe al desbalance de los aminoácidos esenciales del maíz, en particular su bajo nivel de triptófano, lo que incrementa los requerimientos de niacina por parte del organismo. La cocción del maíz en agua tiene el mismo efecto; es decir, incrementa la disponibilidad de niacina. Se ha reportado que los productos del maíz nixtamalizado proporcionan entre 39 y 56% de niacina, de 32 a 62% de tiamina y 19 a 36% de riboflavina del mínimo requerido diariamente por el ser humano.

En relación con el calcio, se ha observado que el contenido de este elemento en la masa se ve afectado por la cantidad de cal añadida, las temperaturas de cocción, el tiempo de remojo y el nivel de cal eliminado durante el lavado del grano cocido. Por otro lado, si el maíz se remoja antes de la cocción, el contenido de calcio aumenta en el grano nixtamalizado, que generalmente puede contener alrededor de 30 veces el nivel original de calcio del grano crudo. Es interesante hacer notar que el calcio de la tortilla es altamente biodisponible, ya que cuando se alimentan ratas con tortilla absorben y retienen más calcio que aquellas que se alimentan con granos crudos de maíz. Las ratas presentan huesos más grandes y resistentes a fracturas, lo que confirma la absorción y retención de este importante elemento. Por otro lado, tomando en consideración el consumo diario de productos nixtamalizados, el calcio





de las tortillas provee más de la mitad del ingerido per capita en México. La nixtamalización indudablemente reduce los problemas asociados a la deficiencia de este elemento.

Otro aspecto importante desde el punto de vista nutricional que se relaciona con el calcio y el fósforo, es que la relación entre estos elementos, que en el maíz es de 1 a 20, llega a ser de 1 a 1 en la tortilla. Debe tenerse presente que el fósforo del maíz está presente principalmente en el ácido fítico, compuesto químico que interfiere fuertemente en la absorción de varios elementos, incluido el calcio, y cuyo contenido disminuye de 1% en el grano de maíz a 0.4% en la tortilla. Finalmente, se ha calculado que la tortilla puede proporcionar de 32 a 62% de los requerimientos mínimos de hierro. En conclusión, el aporte nutricional que el maíz suministra a la dieta humana es mucho más importante que el que da el maíz sin nixtamalizar.

Maíz de alta calidad proteínica

Como ya se mencionó, una de las principales deficiencias nutrimentales del maíz es su bajo contenido en lisina y triptófano, lo cual ha despertado el interés por encontrar alternativas para mejorar su calidad proteínica. Así, en los años sesentas se encontró una mutación espontánea en el cromosoma 7 del maíz, denominada opaco-2, que duplica el contenido de lisina y triptófano. El maíz normal contie-

ne en promedio 1.6 gramos de lisina y 0.5 gramos de triptófano por 100 gramos de proteína, mientras el denominado maíz opaco-2 posee hasta 2.5 veces el nivel original de lisina y el doble del de triptófano.

Por su alto contenido proteínico se pensó que este maíz podría sembrarse extensivamente, pero su endospermo es blando, lo cual lo hace mucho más susceptible a las plagas de almacén y al daño mecánico, y su rendimiento es mucho menor que el del maíz normal, además de que el grano requiere largos periodos de tiempo para secar.

Con el fin de contrarrestar estas características indeseables, durante diez años de esfuerzos el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y el Trigo, CIMMYT, situado en México, realizó una serie de trabajos con tecnología genética tradicional que dieron como resultado la generación de un maíz de alta calidad proteínica, el maíz QPM, por sus siglas en inglés. Los granos de este nuevo tipo de maíz presentan contenidos similares de lisina y triptófano al del opaco-2 pero no las características indeseables de su endospermo. El programa de maíz QPM en Sudáfrica fue el primero en liberar híbridos comerciales y hoy existen numerosas variedades e híbridos de color blanco y amarillo diseminados por todo el mundo —en Sudáfrica, Ghana, China y Brasil se siembra comercialmente este tipo de maíces. Es interesante notar que se ha encontrado que la relación de eficiencia proteínica del maíz QPM es



del orden de 1.9 cuando el de la tortilla llega a ser de 2.1, lo cual indica que la calidad de su proteína para la nutrición de los niños es equivalente a 84% de la proteína de la leche. Asimismo, para la nutrición del humano adulto el valor biológico del maíz QPM es del 80%, mientras que la cantidad de maíz requerido diariamente para equilibrio de nitrógeno es de 230 gramos, valores que son cualitativamente superiores a los correspondientes al maíz normal de 40 a 57% y 547 gramos, respectivamente.

Se han llevado a cabo estudios para evaluar el comportamiento del maíz QPM en relación con la producción de tortilla y otros productos relacionados, y se ha encontrado que, además del alto contenido de lisina y triptófano en comparación con el maíz normal, las tortillas y totopos presentan más del doble del contenido normal de proteínas tipo albúminas y globulinas. Cuando se alimentan ratas con estos productos, la ganancia en peso es del doble en comparación con las ratas alimentadas con productos de maíz normal.

Existe un acuerdo de cooperación entre el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP) y el CIMMYT que tiene como objetivo producir híbridos QPM de este grano básico. Se espera que este avance revolucione el sistema productivo y mejore los aspectos nutricionales, sobre todo de los productores de maíz para autoconsumo y sus familias. Este acuerdo

señala que el INIFAP es responsable de desarrollar los materiales genéticos a través de los procesos tradicionales para incrementar semilla.

En la actualidad en México ya se produce semilla registrada de maíz QPM, 26 híbridos y variedades diferentes suficiente para sembrar más de 80 000 hectáreas en áreas tropicales y subtropicales. Se tiene proyectado que en los próximos años en la mitad de las cerca de ocho millones de hectáreas que se siembran con maíz se podrían utilizar las variedades disponibles de maíz QPM.


Consideraciones finales

Los beneficios físicos, nutrimentales y sensoriales que se derivan de la nixtamalización son suficientes para sugerir que éstas fueron las razones para su implementación y uso. No sabemos cómo lo explicaban ni cómo llegaron a ello, pero las antiguas civilizaciones mesoamericanas fueron capaces de observar los efectos adversos si el maíz no se sometía al proceso de la cocción alcalina antes de producir tortillas y otros productos derivados de este cereal. Así, estas grandes culturas que todavía nos continúan impresionando generaron uno más de los alimentos mágicos que formaban parte de su dieta.

Por otro lado, se sabe que el consumo de harina de trigo refinada está ampliamente extendido en los países de-

sarrollados. Este hábito de consumo tiende a establecerse en aquellos países en vías de desarrollo conforme la urbanización y el ingreso aumentan. Sin embargo, existen varias ventajas que favorecen al maíz nixtamalizado por sobre la harina de trigo. Así, se ha visto que la calidad de la proteína de mezclas de harina de maíz y de trigo disminuye conforme la proporción de esta última aumenta, mientras otros estudios han demostrado que las tortillas presentan una proteína cuya calidad es mejor que la del pan blanco.

A pesar de la belleza de las transformaciones que ocurren durante la nixtamalización, está claro que se requiere complementar los productos alimenticios de esta tecnología con

otros como frijol, frutas y verduras, todos ellos parte de la dieta tradicional mexicana. Sin embargo, en nuestro país, los grupos sociales con bajos ingresos están dejando de consumir tortilla por una idea equivocada de lo que es el estatus social, y lo mismo ocurre en aquellas de altos ingresos, lo que constituye un problema serio. Deberían entender que, en comparación con productos de harinas de trigo refinadas como el pan blanco, el consumo de tortilla incrementa el de fibra y otros importantes nutrientes. El renunciar a este alimento, sea por ignorancia o por otros factores, lleva a la pérdida de los enormes beneficios nutraceuticos —esto es, nutrimentales y medicinales— que conlleva su consumo. 



Octavio Paredes López
 Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
 del Instituto Politécnico Nacional.
 Fidel Guevara Lara
 Universidad Autónoma de Aguascalientes.
 Luis Arturo Bello Pérez
 Instituto Politécnico Nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bello-Pérez, L. A., Solorza-Feria y O. Paredes-López. 2002. "Tortillas bajas en calorías: ¿una alternativa nutricional?" en Memoria de Investigación 2002, CEPROBI-IPN, pp. 147-152.
 Bressani, R. 1990. "Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas", en Food Reviews International, vol. 6, núm. 2, pp. 225-264.
 Guzmán-Maldonado, S. H. y O. Paredes-López. 1999. "Biotechnology for the improvement of nutritional quality of food crop plants", en Molecular Biotechnology for

food Plant Food Production, O. Paredes-López (coord.), CRC Press, Boca Raton, Pp. 553-620.

Paredes-López, O., y M. E. Saharópulos-Paredes. 1983. "Maize — A review of tortilla production technology", en Bakers Digest, núm. 13, pp 16-25.

Rascón-Cruz, Q., Y. Bohorova, J. Osuna-Castro y O. Paredes-López. 2004. "Accumulation, assembly and digestibility of amarantin expressed in transgenic tropical maize", en Theoretical and Applied genetics, vol. 108, núm. 2, pp. 335-342.

Serna-Saldivar, S. O., M. H. Gómez y L. W. Rooney. 1990. "Technology, chemistry and nutritional value of alkaline-cooked corn products", en Advances in Cereal Science and Technology, Y. Pomeranz (coord.), vol. x, AACCC, pp. 243-307.

IMÁGENES

P. 60: Códice Florentino. P. 61: Abbas, sin título, 1986. P. 63: Códice Magliabechiano; Mujer arrodillada detrás de un metate, Michoacán-Colima; Metate precolumbino; Códice Magliabechiano; Códice Mendocino; Metate y mazorcas; Metate y mano originales de Teotihuacan. P. 64: Anónimo, Retablo mayor, Parroquia de San Diego, Metepec, Tlaxcala; Claudio Linati, Tortilleras, 1828; Anónimo, De negro e india, sale loba. P. 65: Edouard Pingret, Escena de cocina, 1852; Anónimo, Las quebradoras, siglo XIX. P. 66: Augusto, Tortilleras, 1924; Carl Nebel, Las tortilleras, 1829-1834. P. 67: Casimiro Castro y J. Campillo, Trajes mexicanos, 1855-1856; Anónimo, Haciendo tortillas, siglo XIX; Ignacio Rosas, La vuelta del soldado después de la guerra, a la casa paterna, 1905. P. 68: Moliendo el maíz; separando el maíz; Antiocho Cruces y Luis Campa, ca. 1870; William H. Jackson, Preparando tortillas, Aguascalientes, 1883; C. B. Waite, Moliendo maíz en Tehuantepec, ca. 1896. P. 69: Sumner Matteson, Haciendo tortillas en Tepotzotlán, cerca de Cuernavaca, 1907; Antiocho Cruces y Luis Campa, ca. 1870; Paul Strand, Mujer, Pátzcuaro, 1933; Metates y muelas de piedra para moler gramíneas. P. 70: J. G. Posada, La cocina.

Palabras clave: contenido nutrimental del maíz, nixtamalización, beneficios nutraceuticos.

Key words: Nutritional content of corn, nixtamalization, nutraceutic benefits.

Resumen: Este artículo resume el valor nutritivo en el grano del maíz, así como la forma en la que éste aumenta con la nixtamalización. Refiere también los beneficios nutrimentales y medicinales del consumo de maíz nixtamalizado.

Abstract: This article discusses the nutritional value of the corn kernel, as well as how it increases with alkaline cooking, or nixtamalization. It also examines the nutritional and medicinal benefits of consuming nixtamalized corn.

Octavio Paredes López es doctor por la Universidad de Manitoba, Canadá. Su línea es la biotecnología molecular para el mejoramiento nutraceutico y preservación de las plantas de origen mesoamericano. Es profesor-investigador del Departamento de Biotecnología y Bioquímica del Cinvestav, Irapuato.

Fidel Guevara Lara obtuvo su doctorado en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro. Se especializa en biotecnología alimentaria. Actualmente es profesor-investigador del Centro Básico de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Luis Arturo Bello Pérez obtuvo su doctorado en el Cinvestav, Irapuato. Se especializa en el conocimiento molecular y uso racional de macromoléculas de interés alimentario. Actualmente es profesor-investigador del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN en Yauhtepec, Morelos.

Recibido el 10 de junio de 2008, aceptado el 18 de julio de 2008.