



Componentes del maíz en la nutrición humana

Luz Amparo Urango M^l.

El maíz es un cereal empleado desde tiempos ancestrales en la dieta humana y comercializado a gran escala por sus componentes nutritivos, dinamización de la economía mundial y propiedades funcionales. Del maíz se destaca el potencial de los macronutrientes constituyentes, que son empleados en diferentes aplicaciones industriales y, además, está arraigado a las costumbres gastronómicas latinoamericanas. El capítulo revisa la composición nutritiva y la importancia que tiene el consumo del cereal maíz, por su valor nutritivo y potencial funcional para la nutrición humana.

9.1 Generalidades sobre los cereales

Desde la antigüedad, los cereales son la base de la dieta de la humanidad y fuente importante de la economía en América y Asia. La mayor parte de las poblaciones en el mundo consumen algún tipo de cereal, lo cual indica su importancia en la seguridad alimentaria mundial y la nutrición humana. El maíz es un alimento de origen prehispanico, que ha sido la base de la dieta de la población latinoamericana y junto con el trigo y el arroz, son los cereales más importantes del mundo por su participación en diversidad de preparaciones para la dieta humana, la elaboración de comida para animales y la producción de biocombustibles.

El maíz es considerado el cereal con mayor tradición ancestral (1). Constituyen la materia prima para la producción de almidones, aceites, edulcorantes y otros productos (2).

1. Nutricionista dietista, magister en Sc y Tecnología de Alimentos. Profesora de cátedra. Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia.





El maíz tiene diversas connotaciones para los países en los que se ha diversificado su uso y producción, y en especial para las culturas latinoamericanas donde más que el sustento de la dieta, constituye un arraigo cultural de reconocimiento mundial (3). Este cereal proporciona un estimado del 15% de las proteínas del mundo y el 20% de las calorías; es un alimento básico para más de doscientos millones de personas y su proyección en la industria alimenticia, aumenta con el crecimiento exponencial de la población mundial, como en la elaboración y mezclas con otros ingredientes, siendo en menor proporción en países desarrollados (4) (5).

Los cereales tienen gran importancia en la economía mundial dadas las cantidades de áreas cultivadas en el mundo. En el año 2016 aumentó en un 1,5% la producción mundial de cereales, esto es, en 38 millones de toneladas, con lo cual alcanzó un total 960,73 millones de toneladas (5).

Se estima que la producción mundial de cereales aumentará un 12% en 2025 respecto al período base, debido principalmente a mejoras en el rendimiento, y se prevé que la producción de maíz aumente un 13% (131 Mt), liderado por Estados Unidos (27 Mt), Brasil (21,5 Mt), China (21 Mt), Argentina (6 Mt), Unión Europea (5,6 Mt) e Indonesia (4 Mt) (3) (5).

En Estados Unidos, el maíz se cultiva en 97 millones de acres, casi una cuarta parte de las tierras agrícolas de la nación; ocupando más de un tercio de la producción total de alimentos en dicho país. África, con una extensa superficie de 3000 millones de hectáreas, tiene 1300 millones de hectáreas de tierras agrícolas, de las cuales solo 252 millones (19,36%) son cultivables (4), y es un importante productor de cereales entre los que se encuentra el maíz, que supera el cultivo de cereales tradicionales. Cabe mencionar que más de trescientos millones de personas en África subsahariana dependen del maíz como fuente de alimento y sustento (4) (5) (6).

Los cereales se adaptan a diferentes condiciones climáticas y el rendimiento depende de las condiciones ambientales (7). Para el maíz, por ejemplo, la humedad, la temperatura y el riego, son los aspectos determinantes para el crecimiento de las plantas. El cultivo de este cereal evolucionó en la zona tropical y subtropical, adaptándose a diferentes condiciones edafológicas; se

cultiva en altitudes medias, pero también se siembra en lugares por debajo del nivel del mar hasta los 3.800 metros, en temperaturas entre los 23 y 28° C. Así, el cultivo se extiende a casi cien países dentro de la latitud 40° Sur a 58° Norte y en todas las longitudes (3) (8) (9).

El cultivo de maíz en Colombia se considera una herencia de los antepasados indígenas. Se encuentra desde las ciudades ubicadas al nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud; hay facilidad de siembra y son pocas las exigencias al terreno donde se cultivan las semillas. Necesita suelos estructurados, fértiles y profundos que permitan el desarrollo de las raíces, para el aprovechamiento óptimo de los nutrientes (10).

Este alimento hace parte de numerosas preparaciones gastronómicas colombianas, donde se utiliza todas las fases de la mazorca, conocidas como maíz dulce, maíz verde y choclo (11). Las recetas más conocidas en las diferentes zonas geográficas de Colombia son: bollos (envueltos de masa de maíz), buñuelos (masa frita de maíz), tortas de maíz dulce, mazamorra (bebida con leche y maíz), chicha (bebida a base de maíz fermentado), tamal (masa de maíz cocido relleno de verduras y carnes envueltos en hojas de la planta de plátano) que son típicos en la costa Caribe colombiana; en la costa del Pacífico se preparan recetas como guarrú (bebida de maíz con leche y coco), poleada (conocida como “colada con sal”, es preparada con maíz seco, molido y pasado por cedazo, con papa, choclo asado y servido con una mezcla de queso y piel del cerdo), calloya (masa de maíz asada, rellena de queso y carne de cerdo), empanadas de jaiba, panochas (pan relleno de dulce) y querrevengas; en la zona central y oriente del país se preparan arepas de maíz blanco, amarillo y de maíz mote (12).

9.1.1. La planta de maíz

El maíz pertenece a la familia de las Poáceas (gramíneas), y subfamilia *Panicoideae* (13), tribu *Andropogoneae* (de los cuales hay 86 géneros) y Maydeas. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas teosinte y las especies del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, son formas salvajes, parientes de *Zea mays* (14). Actualmente hay cinco especies incluidas en el género *Zea*, cada una con un número de cromosomas que le permiten diversificar su taxonomía.



Nombre científico: *Zea mays*
Reino: Plantae
División: Magnoliophyta Cronquist
Clase: Liliopsida
Orden: Poales Small
Familia: Poaceae Barnhart
Género: *Zea* Linnaeus

El nombre científico del maíz es de origen indio caribeño, significa literalmente «lo que sustenta la vida» (15), pero también diferentes regiones le han dado otros nombres en español como oroña, danza, zara, millo, mijo o panizo, elote, choclo o jojoto (9) (16).

La facilidad de adaptación climática de la planta del maíz permite que se puede cultivar en una gama de altitudes desde el nivel del mar, hasta 3800 metros, y con estaciones de cultivo entre cuarenta y dos y cuatrocientos días. Esta capacidad para crecer en una amplia gama de ambientes se refleja en la alta diversidad de rasgos morfológicos y fisiológicos.

El maíz es una planta anual, de porte robusto que alcanza entre uno a cuatro metros, que forma un sistema radicular con un solo tallo erecto, formado por nódulos y entrenudos, aunque algunos cultivares pueden desarrollar ramas laterales alargadas (tallos). Las hojas son anchas y una sola hoja se desarrolla en cada nodo en dos filas opuestas. Cada hoja consiste en una vaina que rodea el tallo y una lámina expandida conectada a la vaina por la unión de la cuchilla o collar. (13). La planta está conformada por raíces, tallos, hojas, flores, inflorescencia, frutos y semillas que se componen de tres partes principales: el pericarpio, el endospermo y el embrión, de las cuales estas dos últimas, conforman el alimento conocido como mazorca, empleada en la dieta humana en variedad de platos.

El pericarpio es la parte exterior de la semilla, se compone de varias capas de células que actúan como barreras para las enfermedades y la pérdida de humedad. El endospermo es el compartimiento del almacenamiento del alimento de la semilla; contiene almidones, minerales, proteínas y otros compuestos, son importantes en la nutrición humana. El embrión, por su

parte, es en realidad una planta en miniatura con en varias partes: la plúmula (hojas) en un extremo, la radícula (raíces) en el otro extremo y el escutelo, que absorbe nutrientes almacenados en el endospermo (17). El pericarpio (pared del ovario) y testa (capa de la semilla) forman la pared del fruto que posteriormente será la fuente de energía, y cuya cosecha, tarda aproximadamente entre 130 a 150 días desde la plantación.

Los cereales producen frutos secos de una sola semilla, denominados “grano”, en forma de cariopse, en los que la capa de fruta (pericarpio) está fuertemente unida a la capa de semilla (testa). El tamaño y el peso del grano varían de granos de maíz, ~ 350 mg. La anatomía de los granos de cereales es bastante uniforme: los frutos y las semillas (salvado) envuelven el germen y el endospermo; este último consiste en el endospermo amiláceo y la capa de aleurona. La composición nutritiva del grano suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidones, aceites, proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios, y en menor proporción combustible (18).

En la avena, la cebada y el arroz la cáscara se funde junto con la capa de la fruta y no se puede quitar simplemente por la trilla, como se puede hacer con trigo común y centeno (cereales desnudos). Por ello son denominados como cereales integrales, y su contenido de fibra dietaria aumenta, aportando beneficios fisiológicos al organismo humano (19).

Otras partes de la semilla, son el escutelo o cotiledón de las gramíneas; que funciona en la absorción de alimentos por el embrión del endospermo; el coleóptilo que es una vaina foliar y la coleoriza, que protege el meristema de la raíz (13).

9.1.2. Tipos de maíz

Los tipos de maíz reconocidos por su calidad, composición y propiedades para la extracción de alimentos son:

- **Tipo 1:** *Zea mays indentata*, también llamado “maíz de campo”, variedad de maíz con granos que contienen almidón duro y blando. Se consume cocido en ensaladas, guisos, y desgranado.

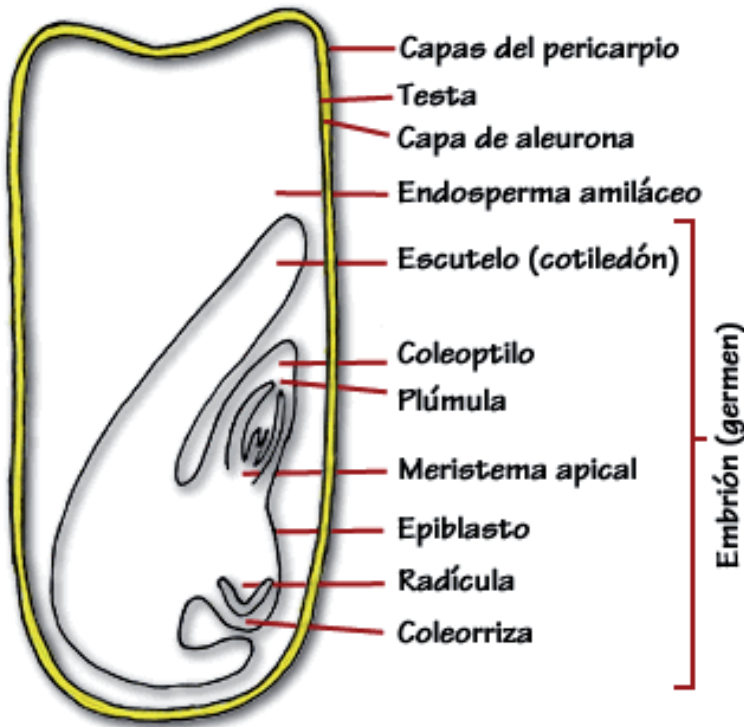


Figura 1. Cariósido de maíz y sus estructuras

Fuente: tomado de: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz/semillas.htm (20)

- **Tipo 2:** el maíz sílex, *Zea mays indurata*, es una variedad de maíz que tiene granos duros, córneos, redondeados, cortos o planos, con el endospermo blando y amiláceo, completamente encerrado por una capa externa dura. Se utiliza fundamentalmente en la alimentación de aves y cerdos y en la producción de ensilaje.
- **Tipo 3:** maíz ceroso, el nombre científico *Zea mays ceratina*, cuyos granos que tienen un aspecto ceroso al cortar, contiene solo almidón de cadena ramificada. El almidón de maíz ceroso es más del 99% de amilopectina, mientras que el maíz regular contiene 72-76% de amilopectina y 24-28% de amilosa. Los usos principales son la producción de almidón, en preparaciones como budines, gelatinas, cremas y sopas.

- **Tipo 4:** el maíz dulce, *Zea mays saccharata*, cuyo grano es de consistencia cornea; al secarse se cristalizan los azúcares y se torna corrugado; se consume fresco, enlatado o congelado.
- **Tipo 5:** maíz de maíz pop, *Zea mays everta*, tiene orejas pequeñas y núcleos pequeños puntiagudos o redondeados con endospermo córneo muy duro. Se preparan en calor, por la expulsión de la humedad contenida explotan y forman una masa almidonada blanca conocida como palomitas de maíz o crispeta.
- **Tipo 6:** el maíz indio, *Zea mays tunicata*, es un tipo de maíz con sus granos encerrados en una vaina o glumas, que envuelven de manera individual a cada grano de la mazorca. Es considerado ornamental por los granos blancos, rojos, morados, marrones o multicolores. Sus usos han sido en la dieta humana en la elaboración de tortillas, tamales, totopos.
- **Tipo 7:** maíz de harina, *Zea mays amylaceae*, también llamado maíz “blando” o maíz “squaw”, tiene granos con forma de maíz de viruta y compuesto casi enteramente de almidón blando; se consume cocido y en ensaladas (21).

9.2. Composición nutritiva del maíz

Los granos de maíz son los órganos de almacenamiento de la planta, contienen almidones, proteínas y micronutrientes. La calidad nutricional y la integridad de los granos de maíz están influenciadas por muchos factores, incluyendo la genética, el medio ambiente y el procesamiento del grano, los procedimientos de cocción, la nixtamalización y la fermentación.

La composición proximal del maíz y los productos de este contienen un porcentaje de carbohidratos en el rango de 44,8-69,6%, 11,6-20% de humedad, 4,5-9,87% de proteína, 2,17-4,43% de grasa, 2,10-26,77% de fibra y 1,10-2,95% de cenizas (21) (ver Tabla 1).

La composición de nutrientes del maíz, en relación a otros cereales y alimentos del reino vegetal, se encuentra en el contenido de carbohidratos y fibra. Se han reportado valores de hasta 72% de almidón, 10% de proteínas



y un 4% de lípidos, suministrando aproximadamente 365 kcal / 100 g de la dieta (19) (ver Tabla 1).

Tabla 1. Composición química de granos de cereales (valor promedio)

| (g/100g) | Trigo | Centeno | Maíz | Cebada | Avena | Arroz | Mijo |
|---------------------------|-------|---------|------|--------|-------|-------|------|
| Humedad | 12,6 | 13,6 | 11,3 | 12,1 | 13,1 | 13,0 | 12,0 |
| Proteína (Nx6,25) | 11,3 | 9,4 | 8,8 | 11,1 | 10,8 | 7,7 | 10,5 |
| Lípidos | 1,8 | 1,7 | 3,8 | 2,1 | 7,2 | 2,2 | 3,9 |
| Carbohidratos disponibles | 59,4 | 60,3 | 65,0 | 62,7 | 56,2 | 73,7 | 68,2 |
| Fibra | 13,2 | 13,1 | 9,8 | 9,7 | 9,8 | 2,2 | 3,8 |
| Minerales | 1,7 | 1,9 | 1,3 | 2,3 | 2,9 | 1,2 | 1,6 |

Fuente: adaptado de M. Gobbetti and M. Gänzle (eds.) (22).

La Encuesta Nacional de Nutrición y Dieta del Reino Unido mostró que los productos a base de cereales contribuyen con 29 a 30% de la ingesta total de energía diaria de hombres y mujeres adultos; la ingesta de polisacáridos no amiláceos contribuye en un 37 a 39% (23)

9.2.1 Carbohidratos e índice glicémico

El almidón constituye una importante fuente de energía en la dieta humana, además de ser la reserva energética de los alimentos vegetales, como las frutas, cereales, semillas de leguminosas y tubérculos (24). El almidón presente en los granos de cereales está compuesto por amilosa y amilopectina, que son constituyentes estructurales y modulan el comportamiento de las semillas durante su crecimiento y su utilización en la industria de alimentos; la relación de amilosa a amilopectina es de 25/75, aunque esta relación puede ser alterada por modificaciones genéticas (24). El grano de maíz está compuesto principalmente por almidón, el carbohidrato de depósito de las plantas, distribuido en amilosa (25-30%) y la amilopectina (70-75%); constituye hasta el 72-73% del peso del grano. Este carbohidrato tiene estructura

helicoidal y está unido a través de enlaces α -1,4, además proporciona energía disponible para el metabolismo oxidativo (25). La amilosa no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas, por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que desarrolla un color azul por la formación de un complejo con el yodo. La amilopectina, es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en mayor proporción (94-96%) por enlaces α -1,4 y α -1,6 (4 - 6%), generando acción específica de las enzimas amiláceas, sobre estas uniones (24). Dichas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15-25 unidades de glucosa. La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (26).

El almidón se forma en los cloroplastos de hojas verdes y amiloplastos, orgánulos responsables de la síntesis de la reserva de almidón de cereales y tubérculos. En este proceso se implican las moléculas de glucosa producidas en células vegetales por fotosíntesis hasta la síntesis de sacarosa, la cual es transportada de la hoja a los tejidos y se acumula en el endospermo de los granos de cereales, que cambia durante el desarrollo del tejido de reserva(27). De igual modo, el almidón se vuelve a sintetizar, se almacena y se moviliza cíclicamente durante la germinación de las semillas, en la maduración de los frutos y en el brote de los tubérculos (28). El contenido de este componente en alimentos como la papa, el maíz y en las raíces de ñame, yuca y batata oscila entre el 65 y el 90% de la materia seca total (28).

Esta conformación de las estructuras del almidón define el comportamiento de los nutrientes presentes en los alimentos e indican el aprovechamiento de energía y su determinación en el nivel de absorción, derivado en glucosa por el organismo humano. Así mismo, la presencia de fibra en el alimento condiciona la velocidad de absorción del almidón.

La Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC) definió la fibra como: “parte comestible de las plantas e hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación parcial o completa en el intestino grueso” (29). Estas estructuras se asocian con efectos en la salud humana a través de la ingesta de una dieta alta en fibra, pues ayudan a disminuir la prevalencia de enfermedades



crónicas no transmisibles. Las dietas ricas en fibra de alimentos como cereales, frutos secos, frutas y verduras tienen un efecto positivo en la salud, ya que su consumo se ha relacionado con la disminución de la incidencia de varias enfermedades como las cardiovasculares y algunos cánceres (30). Las dietas altas en fibra también pueden ser protectoras contra el desarrollo de adenomas colónicos y protectores del desarrollo de cáncer de colon a través de mecanismos como la dilución de carcinógenos y procarcinógenos. Esta información que fue recopilada en ocho estudios de cohorte sobre el análisis de la ingesta alta y baja de fibras en cereales y el riesgo de cáncer colorrectal. El riesgo relativo resumido fue de 0,90 (0,83 a 0,96), sin heterogeneidad significativa ($P = 0,94$) (31) (32); el efecto de la fibra en el tratamiento de tránsito lento a través del colon, la reducción en la proporción de ácidos biliares secundarios a ácidos biliares primarios por acidificación del contenido de colon, tampoco presentaron heterogeneidad significativa (33), la producción de butirato a partir de la fermentación de la fibra dietética por la microflora del colon y la reducción del amoníaco, que se sabe que es tóxico para las células.

Por otra parte, la característica que determina la calidad nutricional del almidón en los organismos vivos es su digestibilidad, es decir, su capacidad de entregar más o menos glucosa de manera más o menos rápida, a medida que ocurre el proceso de digestión en el organismo. Esta capacidad está influenciada por las características microestructurales (estado físico) de los distintos tipos de almidones presentes en los alimentos. La digestibilidad se entiende como la fracción máxima de almidón que estará disponible para la absorción intestinal; adicionalmente, la capacidad de un alimento de entregar más o menos glucosa, de manera más o menos rápida luego del proceso digestivo (34).

Un estudio realizado por Utrilla-Coello et al., donde se elaboraron barras de cereales con harina de maíz blanca, harina de maíz azul y otra con harina de plátano inmaduro, mostró que el contenido del almidón de digestibilidad lenta, varió entre las tres barras: el producto que contenía harina de maíz azul, tenía el valor más alto con respecto a la barra hecha con la harina de plátano inmaduro. Sin embargo, posterior al calentamiento, se incrementó el contenido de almidón de digestibilidad rápida, en la de harina de plátano. La

cantidad del almidón de digestión lenta, disminuye a medida que el contenido de almidón resistente se incrementó, lo que indica que parte del almidón de digestión lenta se transformó en almidón resistente. Por gelatinización, todos los almidones, independientemente del tipo de modificación, se hidrolizan más rápidamente (35), pues el gránulo puede llegar a perder de forma irreversible su estructura cristalina, produciendo un incremento de su viscosidad, facilitando el ataque de las enzimas intestinales durante el proceso digestivo y, en consecuencia, aumenta del índice glucémico del alimento. El consumo de productos con alto nivel de almidón de digestibilidad lenta se considera benéfico, ya que no producen picos de hiperglucemia postprandial e hiperinsulinemia, que se asocian con el almidón de digestibilidad rápida (36).

Después de la ingesta de almidón se revela el índice glucémico del alimento, que se manifiesta en la concentración de glucosa en la sangre, la cual aumenta al máximo en un período de tiempo de veinte a treinta minutos y luego regresa lentamente al nivel de ayuno, después de 90 a 180 minutos, a medida que la glucosa es absorbida por los tejidos. El Índice Glicémico (IG) es un valor numérico, propio de cada alimento, que resulta de dividir el área bajo la curva de la respuesta glicémica del alimento en cuestión por el área bajo la curva de la respuesta glicémica de un alimento estándar (típicamente pan blanco o glucosa) (37). En la consulta de expertos FAO/OMS del año 1997, se sugirió que el concepto de IG podría constituir un medio útil para ayudar a seleccionar los alimentos de forma adecuada para el mantenimiento de la salud y el tratamiento de varias enfermedades (37).

En el 2008, Nilsson y colaboradores analizaron el grado de glucemia después de las comidas y como pueden ser moduladas por las características de los cereales, de acuerdo al índice glucémico de estos y el contenido de carbohidratos no digeribles. El estudio incluyó la participación de doce sujetos sanos, quienes consumieron un desayuno estandarizado donde se calcularon las áreas incrementales de glucosa postprandial bajo la curva. Los desayunos de cebada o granos de centeno redujeron la glucosa en sangre (0-120 minutos) en comparación con las personas que consumieron en sus comidas el pan de trigo blanco ($P < 0.05$). Se concluyó que la tolerancia a la glucosa en las comidas se puede mejorar notablemente durante el transcurso de un día entero o durante la noche, al elegir productos específicos de cereales de bajo IG (38).



Los alimentos analizados, de bajo IG, son una alternativa para reducir la incidencia de algunas enfermedades, ya que se comportan funcionalmente como fibra dietética ayudando a bajar la carga glicémica de alimentos amiláceos (38). El consumo de los almidones resistentes a la digestión enzimática, sin ser adsorbidos en el intestino delgado, no genera respuesta de la glucosa en sangre; además, los almidones resistentes actúan como sustrato fermentable para la microbiota, ayudando al mantenimiento de estos microorganismos y, por lo tanto, tiene efectos positivos al sistema digestivo humano (38).

Después del almidón, los granos de cereal están compuestos por polisacáridos no amiláceos, como pectinas, celulosa y hemicelulosa, y algunos componentes no polisacáridos, como la lignina, que pertenecen a la composición de la fibra dietaria, seguido por constituyentes menores tales como arabinosilanos (1,5-8%), b-glucanos (0,5- 7%), azúcares (~ 3%), celulosa (~ 2,5%) y glucosa fructosa (~ 1%). Por otra parte, la distribución de los azúcares en los granos de maíz oscila entre 1% y 3% en sacarosa, componente principal; el resto está compuesto por maltosa, glucosa, fructosa y rafinosa en mínimas cantidades, estos azúcares están ubicados en el germen (22).

En los alimentos de origen vegetal, la presencia de fibras son el segundo constituyente después del almidón. Las fibras no pueden ser digeridas por las enzimas digestivas, pero son parcialmente fermentadas por las bacterias intestinales, dando ácidos grasos de cadena corta, que pueden ser utilizados como fuente de energía (39).

La fibra juega un papel indispensable en la prevención de enfermedades digestivas y la resistencia a la insulina. En el primer caso, parecen ser moduladores potencialmente importantes de la microbiota intestinal, debido a su composición y comportamiento en el tracto digestivo. Un ejemplo es la celulosa, el compuesto más abundante de las paredes vegetales, este polisacárido lineal no ramificado, compuesto por unidades de glucosa de hasta 10.000 unidades por molécula, en forma de fibras largas en una estructura que es muy insoluble y resistente a la digestión por las enzimas humanas.

Las hemicelulosas son polisacáridos que contienen otros azúcares además de glucosa y están asociados con la celulosa en la pared celular de los vegetales.

Incluye moléculas lineales y ramificadas más pequeñas que la celulosa y son extraídas de los vegetales y el salvado.

Las pectinas están compuestas principalmente por cadenas de ácido galacturónico intercaladas con unidades de ramnosa y se ramifican con cadenas de unidades de pentosa y hexosa, están presentes en las paredes celulares y tejidos intracelulares de frutas y verduras (40) como los cítricos y la manzana (41).

Existen otros componentes en los cereales, tal como los beta-glucanos, componente de la pared celular en los granos de avena y cebada, y en menor cantidad en el trigo. Tienen una estructura ramificada con propiedades como la solubilidad. Los beta-glucanos también se denominan liqueninas y están presentes particularmente en la cebada (3-7%) y la avena (3,5-5%), mientras que en otros cereales se encuentran menos de 2% de glucanos. Su estructura química está formada por cadenas lineales de D-glucosa enlazadas mediante enlaces b- (1,3) - y b- (1,4) -glicósidos mixtos (40) (22).

Estos componentes funcionales de los cereales proporcionan una protección integral para la prevención de enfermedades y se ha sugerido que producen una menor digestibilidad en el intestino delgado, lo que implica menos energía que se metaboliza, menor respuesta glucémica y almidón más resistente a la acción de enzimas (42).

9.2.2. Proteínas del maíz

Las proteínas son parte esencial de la nutrición humana. En el informe FAO-OMS-UNU de 1985, las necesidades de proteínas se basaron en el cálculo de las pérdidas obligatorias de nitrógeno y se miden en gramos por kilogramo de peso corporal. Las necesidades de proteínas se establecen de acuerdo con las necesidades totales de nitrógeno y con base en el contenido de aminoácidos esenciales y la digestibilidad de la proteína (43).

El endospermo de maíz está compuesto por un 9% de proteína, que se considera de baja calidad, sobre una base de relación de eficacia proteica (baja en los aminoácidos esenciales lisina y triptófano) (44). El maíz tiene una amplia gama de aplicaciones alimentarias y no alimentarias, e incluso cuando está compuesto predominantemente de carbohidratos, contienen



cantidades considerables de proteína estimada de bajo valor biológico por la deficiencia de aminoácidos esenciales, como la lisina.

La composición química del grano de maíz es variable en sus diferentes partes (ver Figura 1 y Tabla 2) con mayores concentraciones de proteína en el endospermo (74%) y en el germen (26%). Las proteínas del maíz pueden agruparse de acuerdo con su solubilidad en: albuminas (solubles en agua), globulinas (solubles en solución salina), prolaminas (solubles en solución alcohólica fuerte) y glutelinas (solubles en medio alcalino). La fracción proteica con mayor presencia en el maíz es la prolamina (conocida también como α -zeína) que representa del 50 al 60% de la proteína total (45) (ver Tabla 2)

Tabla 2. Distribución de las proteínas en las distintas estructuras anatómicas del grano de maíz

| Estructura | Maíz |
|------------|------|
| Pericarpio | 3,0 |
| Aleurona | 19,0 |
| Endospermo | 40,8 |
| Germen | 42,5 |

Fuente: Girbés T. (46)

En una investigación realizada por Cantarelli et al., en el 2007, sobre la composición química, el endosperma vítreo y digestibilidad de diferentes híbridos de maíz para cerdos en crecimiento, se demostró que existen diferencias en la composición, dependiendo de las variedades de maíz híbrido. Los valores varían así: lípidos de 2,87 a 6,87%; proteína bruta, 7,18 a 13,66% y energía digestible de 3211 a 3567 Kcal/Kg. Se concluye que la mayor digestibilidad se debe posiblemente al tamaño mayor del germen, lo cual fue observado en una de las variedades híbridas comercializadas que poseen mayor contenido de aceite y además proteína de mejor calidad, además de características físicas específicas del endospermo, como menor vítreo, que contribuyen a la actuación de las enzimas esenciales, y consecuentemente mejor digestibilidad de los nutrientes (47).

Las diferentes fracciones proteicas son indicadores de la calidad global de la proteína en el maíz, donde las albúminas constituyen alrededor del 7% de nitrógeno y las globulinas el 5%, respecto a los niveles de prolamina (zeínas). Durante la maduración del maíz, los niveles de zeína se acumulan en el endospermo y la calidad total de la proteína disminuye, debido a que las zeínas son bajas en lisina y triptófano, aminoácidos esenciales para la dieta humana, comparados con los aminoácidos de una proteína de referencia, como la carne de vacuno.

Los cereales, en general, son fuente del aminoácido esencial metionina y son complementarios en la dieta junto con los alimentos fuente de lisina, como las leguminosas. Los cereales han pasado por procesos de tecnificación e innovación tecnológica; por ejemplo, la producción de maíz de alta calidad proteínica, el cual ofrece el doble de los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, respecto a los maíces de endospermo normal y esto es considerado como alternativa para combatir la desnutrición (48) (49).

Los cereales aportan como fuente de proteínas para la nutrición humana a pesar de la reducida calidad de la proteína del maíz, debida a los bajos niveles de aminoácidos esenciales, como lisina y triptófano, de las proteínas de almacenamiento, como la prolamina. Esto último se debe a los altos niveles de nitrógeno provenientes de los fertilizantes que se usan durante el cultivo para aumentar el rendimiento y contenido de proteína total (50).

En un estudio realizado por Smith et al. se evaluó la digestibilidad de una fracción total de gliadina de panes, mediante digestión *in vitro* de lotes con fases oral, gástrica y duodenal simuladas. Mientras que la fracción total de gliadina se digirió rápidamente durante la fase gástrica, las proteínas del gluten en el pan prácticamente no eran digeridas durante la fase duodenal y fue necesario incluir amilasa (51). La poca digestibilidad de las glutelinas es conocida como enfermedad celíaca, asociada principalmente al consumo de los alimentos a base de trigo y que pueden desencadenar reacciones adversas mediadas por el sistema inmune, incluidas las alergias alimentarias mediadas por Inmunoglobulina E (IgE) y el síndrome de intolerancia al gluten de la enfermedad celíaca (EC) (51). La enfermedad celíaca es una enteropatía crónica producida por intolerancia al gluten, más precisamente



a ciertas proteínas llamadas prolaminas, que se encuentran en trigo, avena, cebada y centeno, las cuales causan la atrofia de las vellosidades intestinales, malabsorción y síntomas clínicos que pueden aparecer tanto en la infancia como en la edad adulta (51). Las proteínas del gluten desempeñan un papel importante en la obtención de EC, una condición mediada por células T, que se desencadena por la presencia de componentes reactivos de células T; la resistencia a la digestión de estas puede desempeñar un papel en la capacidad de las proteínas para actuar como alérgenos, incluyendo su capacidad para sensibilizar a los individuos en IgE (51).

El grado de dificultad en la producción de alimentos sin gluten se debe al papel tecnológico y funcional del gluten en el sistema alimentario. De hecho, el gluten es la proteína principal en la harina de trigo, responsable de las características viscoelásticas de la masa.

Frente a la relación entre el consumo de gluten y la aparición de esta enfermedad, se han analizado las propiedades tecnológicas de otras harinas para obtener alimentos para la población celíaca. Así, se ha analizado la harina o almidón de maíz, arroz, papa (u otros tubérculos), con la adición de proteínas, gomas y emulsionantes que pueden actuar parcialmente como sustitutos del gluten (52) (53) (54).

9.2.3. Lípidos del maíz

Los lípidos, entre los que están los ácidos grasos poliinsaturados (50% ácido linoleico) (55) y la vitamina E (56) (57), se encuentran en menor proporción en los cereales en comparación con las oleaginosas; además, tienen el potencial de actuar en la prevención de enfermedades. Así, por ejemplo, el aceite de maíz es una rica fuente de tocoferoles, donde el α -tocoferol es el más abundante, seguido por el δ -tocoferol. El α -tocoferol ha sido descrito por su actividad de vitamina E y el γ -tocoferol puede tener un efecto más eficiente en la prevención de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y el retraso en la formación de trombos (58).

Los lípidos de los cereales se originan en membranas, organelos y esferosomas y están compuestos por diferentes estructuras químicas. Los lípidos se

almacenan principalmente en el germen, en menor medida en la capa de aleurona y aún menos en el endosperma. Los triglicéridos son la clase de lípidos dominantes en el germen y la capa de aleurona, los fosfo y glucolípidos están presentes en el endospermo (Figura 1). Aunque los lípidos de trigo son solo un componente menor de la harina, tienen un gran impacto en el rendimiento de la cocción, dado que interactúan con las proteínas en la formación de las propiedades viscoelásticas de la masa.

El aceite de maíz refinado contiene 59% ácidos grasos poliinsaturados, 24% de ácidos grasos saturados y 13% de ácidos grasos monoinsaturados. Los ácidos grasos saturados e insaturados poseen cadenas de carbono que varían en longitudes de 12 a 24. El aceite total está compuesto de ácido palmítico (16: 0), esteárico (18: 0), oleico (18: 1) y linoleico (18: 2). El ácido linolénico (18: 3) puede variar de menos del 0,5% a más del 2,0% y es susceptible a la oxidación, lo cual lleva a la rancidez (55) (59). Considerando lo anterior, el aceite de maíz es un aceite altamente efectivo para reducir el colesterol sérico debido a su bajo contenido de ácidos grasos saturados y alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) que reduce el colesterol (60).

Las modificaciones genéticas en la planta del maíz han conducido a desarrollar variedades con mejores rendimientos en la composición de los lípidos, tal como lo reportó un estudio que evaluó el germoplasma de maíz. Este se clasificó como maíz normal de bajo contenido de aceite (grupo 1), maíz normal con alto contenido de aceite (grupo 2), maíz de proteína de calidad (QPM) (grupo 3) y maíz dulce (grupo 4) con proteína y ácido graso. Los ácidos grasos reportaron diferencias individuales entre los diferentes grupos, y se encuentra una mayor cantidad de ácido palmítico y ácido linolénico en los grupos dos, tres y cuatro, en comparación con el maíz bajo en aceite normal (61). El aceite de maíz tiene un agradable sabor a nuez cuando que es fresco, pero puede convertirse rápidamente en rancio si no se trata en un corto tiempo después de la molienda y es considerado como aceite vegetal de alta calidad (18).

Por otra parte, se describió que el procesamiento térmico a 115 grados centígrados durante 25 minutos aumentó en un 44% la actividad antioxidante total del maíz dulce; el aumento del contenido fitoquímico, como el ácido ferúlico, en un 550%; el total de los componentes fenólicos en un 54% y pérdida de



25% de vitamina C. En consecuencia, el maíz dulce procesado aumenta la actividad antioxidante equivalente a 210 mg de vitamina C/100g de maíz, en comparación con los restantes 3,2 mg de vitamina C en la muestra (62).

Conclusiones

Esta revisión permitió abordar la composición de los componentes nutritivos del maíz, las características del cultivo y algunos efectos en la nutrición humana. Los cereales son alimentos milenarios que han sido empleados para la dieta de países latinoamericanos y el maíz, debido a su composición de nutrientes, es un alimento atractivo, por lo cual se ha expandido al mercado mundial para su producción. Se destaca entonces la participación del maíz porque aporta beneficios para la nutrición de los seres vivos.

La composición de nutrientes en la mazorca se define en gran medida por las condiciones edafológicas del cultivo. En el maíz es una materia prima debido a los carbohidratos amiláceos, empleada en el desarrollo de diversos productos alimenticios que aportan energía a la dieta; además del contenido de almidón resistente, que actúa como fibra y modula el índice glicémico del mismo alimento, retardando la velocidad de absorción y la respuesta de los niveles séricos de glicemia.

Por otra parte, las proteínas del maíz son una alternativa para la producción de alimentos libres de gluten, dada la respuesta que produce esta proteína en los pacientes celíacos. En el mercado de los aceites, el perfil de lípidos del maíz lo ha mantenido posicionado en esta industria.

Referencias

1. Cuadernos del patrimonio cultural Estados Unidos Mexicanos. No Title. In: Secretaría de cultura, editor. Cuaderno 10: El expediente pueblo de maíz, la cocina ancestral de México. México DF; 2017. p. 158.
2. Grande C, Orozco B. Producción y procesamiento del maíz en Colombia. Redalyc [Internet]. 2013;11(1):97-110. Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/1053/105327548008.pdf>

3. Nuss ET, Tanumihardjo SA. Maize: A paramount staple crop in the context of global nutrition. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2010;9(4):417-36.
4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO. Situación alimentaria mundial: “Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales” [Internet]. Available from: <http://www.fao.org/worldfood-situation/csdb/es/>
5. OECD/FAO. “Cereals”, in *OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025*. OECD Publ Paris [Internet]. 2016;7:98-123. Available from: <http://www.fao.org/3/a-BO097e.pdf>
6. OECD-FAO. *Perspectivas agrícolas 2014-2030*. 2014.
7. Andrade FH. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *F Crop Res.* 1995;41(1):1-12.
8. República de Argentina/Ministerio de Agroindustria. Condiciones edafológicas del cultivo de maíz. In: *Bases para el manejo del cultivo de maíz*. Eyherabide. Buenos Aires: Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; p. 299.
9. Ortas L. El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. Comer Serv AGRIGAN SA [Internet]. 2008;4(2):15-20. Available from: https://rdu-demo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigran_boletín_7.pdf?sequence=1
10. Zambrano FR. *Alimentos para la ciudad: Historia de los alimentos en Colombia*. Bogotá; 2015.
11. Fabio Zambrano Pantoja. El maíz. In: *Planeta E*, editor. *Alimentos par a la ciudad*. 1st ed. Bogotá: Editorial planeta; 2015. p. 194-6.
12. Ordoñez CC. Gran libro de la cocina colombiana. In: *Gran libro de la cocina colombiana*. Bogotá: Ministerio de Cultura; 2012. p. 440.
13. Australian Government/Department of Health and Ageing. *The biology of Zea mays L. spp mays (maize o corn)*. Australia; 2008.
14. Serrados JA. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. *Gre-enpeace México*. 2009;36.
15. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO/Departamento de Agricultura y Defensa del Consumidor. El maíz en la nutrición humana [Internet]. Available from: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S02.htm>
16. ¿Mayor misterio que el de los Mayas?; Es el Maíz. 2011; Available from: <http://abakmatematicamaya.blogspot.com.co/2011/06/bak-matematica-maya-el-origen-del-maiz.html>
17. Alford L, Bangs J. *Corn Production handbook*. Kansas St Uni Agric Exp Sta Co Ext Serv [Internet]. 1948;1-40. Available from: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Production+Handbook#1%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Production+handbook#1>



18. Ebru GO. Maize: an indispensable plant. Saarbrücken L Lambert Acad Publ GmbH Co. 2012;70.
19. Koehler P WH. Chapter 2: Chemistry of cereal grains. In: Handbook on sourdough biotechnology. New York: Springer; 2013.
20. Semillas [Internet]. Available from: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/maiz/semillas.htm
21. Enyisi SI, Umoh V, Whong C, Abdullahi I, Alabi O. Chemical and nutritional value of maize and maize products obtained from selected markets in Kaduna State, Nigeria. *African J Food Sci Technol.* 2014;5(4):2141-5455.
22. Gobbetti and M. Gänzle (eds.). Handbook on Sourdough Biotechnology. In: Springer Science+Business Media New York. New York; 2013.
23. Lafiandra D, Riccardi G SP. Improving cereal grain carbohydrates for diet and health. *J Cereal Sci. J Cereal Sci.* 2014;59(3):312-26.
24. Hernández-Medina M, Torruco-Uco JG, Chel-Guerrero L, Betancur-Ancona D. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnol Aliment [Internet].* 2008;28(3):718-26. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031&lng=es&nrm=iso&tlng=es
25. Bowman B. Rusell R. Alimentos funcionales. Conocimientos actuales sobre nutrición. 2003. 805-816 p.
26. Nakamura Y. Discusses the physiology, biochemistry, metabolism, and bioengineering of plant starch and its practical applications. In: *Starch: metabolism and structure.* Tokyo: Tokyo: Springer Japan; 2015.
27. Alcázar-Alay SC, Meireles MAA. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Sci Technol [Internet].* 2015;35(2):215-36. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612015000200215&lng=en&nrm=iso&tlng=en
28. Eliasson AC. Starch in food: Structure, function and applications. In: *Starch in food.* 1st ed. Cambridge: Cambridge: Woodhead Publishing Limited; 2004. p. 597.
29. Carbajal A. Fibra dietética - *EcuRed.* 2018;1-31.
30. Organización Mundial de la Salud-OMS. Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. En: *Programas y proyectos OMS.* [Internet]. Available from: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/>
31. Anderson JW, Baird P, Davis RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev.* 2009;67(4):188-205.

32. Terry P, Giovannucci E, Michels KB, Bergkvist L, Hansen H, Holmberg L WA. Fruit, vegetables, dietary fiber, and risk of colorectal cancer. *J Natl Cancer Inst.* 2001;93(7):525-33.
33. Aune D, Chan DSM, Lau R, Vieira R, Greenwood DC, Kampman E, et al. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Bmj* [Internet]. 2011;343(nov10 1):d6617-d6617. Available from: <http://www.bmj.com/cgi/doi/10.1136/bmj.d6617>
34. Parada J, Rozowski J. Relación Entre La Respuesta Glicémica Del Almidón Y Su Estado Microestructural. *Dep Nutr Diabetes y Metab Fac Med Pontif* [Internet]. 2008;1-13. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=s0717-75182008000200001&script=sci_arttext
35. Utrilla-Coello RG, Adama-Acevedo E, Osorio-Díaz P, Tovar J B-P LA. Composition and starch digestibility of whole grain bars containing maize or unripe banana flours. *Starch.* 2011;63(1):416-23.
36. Zhang G, Ao Z HB. Slow digestion property of native cereal starches. *Biomacromolecules.* 2006;7(11):3252-8.
37. Mann J, Cummings JH, Englyst HN, Key T, Liu S, Riccardi G, et al. FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: Conclusions. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61:S132-7.
38. Nilsson AC, Östman EM, Granfeldt Y, Björck IME. Effect of cereal test breakfasts differing in glycemic index and content of indigestible carbohydrates on daylong glucose tolerance in healthy subjects. *Am J Clin Nutr.* 2008;87(3):645-54.
39. Bunzel M, Ralph J, Marita JM, Hatfield RD SH. Diferulates as structural components in soluble and insoluble cereal dietary fibre. *J Sci Food Agric.* 2001;81(7):653-60.
40. Instituto Internacional de Ciencias de la Vida-ILSI. Fibra dietética. Definición, análisis, fisiología y salud. [Internet]. *Fst.Sagepub.Com.* 2006. 1-48 p. Available from: <http://fst.sagepub.com/content/3/4/306.2.full.pdf>
41. Escudero Álvarez E, González Sánchez P. La fibra dietética. *Nutr Hosp.* 2006;21(SUPPL. 2):61-72.
42. Singh U, Kochhar A, Singh S. Complex carbohydrates: Their effect in human health. *Proc Indian Natl Sci Acad* [Internet]. 2010;76(2):81-7. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84870867232&partnerID=40&md5=a390b435ade547ef45d5b426eea502f4>
43. CEPAL. Determinación de las necesidades de energía y proteínas de la población [Internet]. Available from: <https://www.cepal.org/deype/mecovi/docs/taller4/10.pdf>
44. Wrigley C, Corke H, Seetharaman K FJ. No Title. In: 2nd ed. USA: Elsevier Inc; 2016.



45. MUNCK L. Improvement of nutritional value in cereals. *Hereditas*. 1972;72(1):1-128.
46. Girbés T. *Cereales*. 2013; Available from: https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/470/45809/1/Documento9.pdf
47. Cantarelli V de S, Fialho ET, Sousa RV de, Freitas RTF de, Lima JA de F. Composição química, vitreosidade e digestibilidade de diferentes híbridos de milho para suínos. *Ciência e Agrotecnologia*. 2007;31:860-4.
48. Mazón González M de los Á, Escobedo Garrido JS, Herrera Cabrera E, Macías López A, Hernández Plascencia J, Vázquez Carrillo G, et al. Maíz de alto contenido proteínico (*Zea mays* L.) en hogares rurales marginados del estado de Puebla. *Estud Soc (Hermosillo, Son)*. 2012;20:131-54.
49. Ortiz-Martinez M, Winkler R G-LS. Preventive and therapeutic potential of peptides from cereals against cancer. *J Proteomics*. 2014;111(1):165-83.
50. Keeney DR. Protein and amino acid composition of maize grain as influenced by variety and fertility. *J Sci Food Agric*. 1970;21(4):182-4.
51. Smith F, Pan X, Bellido V, Toole GA, Gates FK, Wickham MSJ, et al. Digestibility of gluten proteins is reduced by baking and enhanced by starch digestion. *Mol Nutr Food Res*. 2015;59(10):2034-43.
52. Padalino L, Conte A, Del Nobile M. Overview on the General Approaches to Improve Gluten-Free Pasta and Bread. *Foods* [Internet]. 2016;5(4):87. Available from: <http://www.mdpi.com/2304-8158/5/4/87>
53. Flores-Silva PC, Berrios JDJ, Pan J, Agama-Acevedo E, Monsalve-González A, Bello-Pérez LA. Gluten-free spaghetti with unripe plantain, chickpea and maize: Physicochemical, texture and sensory properties. *CYTA - J Food* [Internet]. 2015;13(2):159-66. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2014.929178>
54. Padalino L, Mastromatteo M, Sepielli G, Del Nobile MA. Formulation Optimization of Gluten-Free Functional Spaghetti Based on Maize Flour and Oat Bran Enriched in β -Glucans. *Materials (Basel)*. 2011;4(12):2119-35.
55. Ebru G KK. Interrelationships among the oil and fatty acids in maize. *Afr J Agric Res*. 2011;6(9):2115-7.
56. Sesso HD, Buring JE, Christen WG, Kurth T, Belanger C, MacFadyen J et al. Vitamins E and C in the prevention of cardiovascular disease in men: The Physicians' Health Study II randomized controlled trial. *JAMA*. 2008;300:2123-33.
57. Shklar G OS. Experimental basis for cancer prevention by vitamin E. *Cancer Invest*. 2000;18:214-22.
58. Gustone FD. *Vegetable oils in food technology*. Blackwell Publ. 2002;352.

59. Dubois V, Breton S, Linder M, Fanni J PM. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2007;109:710-32.
60. Dupont J, White PJ, Carpenter MP, Schaefer EJ, Meydani SN, Elson CE, Woods M et al. Food uses and health effects of corn oil. *J Am Coll Nutr.* 1990;9(5):438-70.
61. Sanjeev P, Chaudhary DP, Sreevastava P, Saha S, Rajenderan A, Sekhar JC CG. Comparison of fatty acid profile of specialty maize to normal maize. *J Am Oil Chem Soc.* 2014;9(6):1001-5.
62. Dewanto V, Wu X LR. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem.* 2012;50(17):4959-64.

según datos de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO), el consumo de maíz alcanza cerca de dos tercios de la ingesta energética de la población mundial y entre el 55% y 70% del total de calorías que consume la población de los países en desarrollo. Es por ello que el maíz es un alimento clave en la seguridad alimentaria y nutricional poblacional, no solo por su aporte energético en lo que respecta a la ingesta poblacional mundial, sino porque hace parte de la cultura alimentaria de muchos países y de sus tradiciones culinarias más arraigadas. No obstante, las dinámicas de la economía mundial han hecho que este alimento se ponga en riesgo, tanto por su uso con fines diferentes a los alimentarios lo que ha aumentado considerablemente su demanda, como por el poco apoyo gubernamental a quienes lo cultivan, lo que disminuye su oferta.

