

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Capítulo 1.– Introducción 2

Capítulo 2.– Generalidades .. 4

Capítulo 3.– El Origen del maíz .. 6

Capítulo 4.– Clasificación 8

4.1.– Botánica .. 8

4.2.– Comercial 9

4.3.– Estructural .. 11

4.4.– Especial .. 13

4.5.– Por su calidad . 15

Capítulo 5.– Estructura del grano 16

Capítulo 6.– Composición química del maíz 18

6.1.– Composición química de las partes del grano . 18

6.2.– Composición química general . 19

Capítulo 7.– El maíz y sus productos .. 31

Capítulo 8.– Valor nutritivo del maíz .. 37

Capítulo 9.– La utilización del maíz 39

Capítulo 10.– El maíz en la alimentación humana .. 44

Capítulo 11.– El maíz dulce 49

Capítulo 12.– Conclusiones 61

Bibliografía 63

1.– Introducción

El maíz es hoy por hoy el cereal más importante y significativo después del trigo en los intercambios mundiales, aunque lamentablemente, en su mayor proporción como alimento destinado al ganado o materia prima para la obtención del almidón. Es oportuno señalar que en EEUU se han venido elaborando productos derivados del maíz, como los conocidos productos para el desayuno y el maíz dulce en conserva para comidas, hoy de gran aceptación en Europa. Sin embargo, España está muy por debajo de la media europea en el consumo de este maíz dulce.

Bajo condiciones climáticas adecuadas o mediante el aporte de riego, el maíz es el más productivo de los cereales. Desde el año 1948 al 1979, la producción mundial de maíz creció un 3.2% de media al año, frente al 1.1% de crecimiento anual para la superficie sembrada. Esta diferencia se debe a un fuerte incremento del rendimiento medio unitario, posible gracias al empleo de maíces híbridos altamente productivos, con la ayuda de técnicas agronómicas mejoradas, tales como mayor densidad de plantación, más y mejores abonos (especialmente nitrogenados), uso de pesticidas y herbicidas más efectivos, etc.

El maíz grano es la principal fuente de la alimentación humana en América. En Europa este lugar lo ocupa el trigo y en Asia el arroz. En el conjunto mundial, el maíz como fuente para la alimentación humana, ocupa el segundo lugar, después del trigo.

De la industrialización del maíz se obtienen importantes subproductos utilizados como materias primas industriales, así como para la alimentación humana y del ganado.

El gluten de la semilla tiene un gran valor como materia alimenticia. Está formado por una mezcla de sustancias nitrogenadas (proteínas) contenidas en el grano. Se usa en la preparación de alimentos ricos en proteínas para el ganado. Los principales son los concentrados de gluten, con el 23% de sustancias proteicas, y las tortas de gluten con el 41%.

Del gluten se obtiene aceite de múltiples usos: industriales, farmacológicos y domésticos. Como subproducto de esta extracción queda la torta de maíz, alimento concentrado de gran valor para el ganado. Su contenido proteico es aproximadamente del 2%.

Del maíz se benefician también algunos aminoácidos de gran valor alimenticio, tales como el ácido glutámico, leucina y tirosina.

La proteína del grano de maíz llamada zeína se emplea también para obtener plásticos, barnices y lana artificial.

El almidón del grano de maíz sirve como materia prima para la industria alimentaria. A partir del almidón se obtienen múltiples productos de panadería, maicena, confitería, goma de mascar, cervecería, etc.

Por medio de otros aprovechamientos industriales del maíz se benefician productos textiles, cosméticos, fabricación de papel y materiales de envasado, lavandería, adhesivos, etc.

El maíz, *Zea mays*, es el cultivo más importante de los EEUU. En un principio utilizado para la alimentación humana, hoy en día es uno de los alimentos básicos de los animales domésticos. En los EEUU se emplea para tal fin alrededor del 80% de la producción. En tiempos de Colón el maíz se cultivaba desde el sur de Canadá hasta el sur de Sudamérica. Se reconocen cinco tipos de maíz según sus aplicaciones: maíz para palomitas, maíz para extracción de harina, maíz dulce, maíz duro y maíz dentado. El maíz dentado, cuyos granos tienen una prominencia característica y es el más cultivado en el cinturón verde de los Estados Unidos, se utiliza primariamente como forraje.

2.- Generalidades

Características: planta anual, muy exuberante, con tallo sencillo o poco ramificado. Este tallo es liso, erecto, medular, de 150–250 cm de altura y un grosor en la base de hasta 5 cm. Posee numerosos nódulos en una sucesión densa; en los más cercanos al suelo se desarrollan numerosas raíces que sirven para la percepción de las sustancias nutrientes y la captación de agua; además, sirven para reforzar la firmeza de la planta. A lo largo del tallo, se encuentran hasta 40 hojas acintadas, de 4–10 cm de anchura, más de 100 cm de longitud y un color verde oscuro. Las lemas son relativamente cortas (hasta 5 mm) y longitudinalmente escindidas o ciliadas. Las vainas son lisas. Las hojas son plantas con pilosidades diseminadas en la parte superior y forma

ondulada en el borde; además, son ligeramente ásperas. Las panículas son terminales, muy grandes, de hasta 50 cm de longitud. Las ramas paniculares tienen espículas dispuestas en forma pareada con dos flores masculinas y dos lemas herbáceas, puntiagudas, pubescentes, polinervadas, de color violeta claro. Flores femeninas en inflorescencias en número de 1 a 3, que aparecen como brotes cortos, laterales, en las axilas de las hojas y en el tallo inferior o medio; se trata de mazorcas de tallo corto, encerradas en hojas involucrales anchas, verdosas (que en alemán reciben el nombre de Lieschen, Elisitas); llevan espículas pareadas, en 8–16 líneas longitudinales que constan, cada una de ellas, de dos flores, de las cuales solo de ha desarrollado una plenamente. Los ovarios son muy pequeños y miden a lo sumo 3 mm de longitud; sin embargo, en el periodo de floración, ostentan pistilos, de casi 20–40 cm, dotados con un estigma terminal. Estos pistilos, que después se desecan, sobresalen como un manojo marrón en la punta de la mazorca, entre las hojas. Por su parte, las lemas y las glumas anteriores de las flores femeninas no se desarrollan más. Los frutos pueden, por ende, quedar prearqueados, sin glumas. Los granos de maíz son, durante el periodo de maduración, blanquecinos, dorados, rojos o de color violeta oscuro.

Hábitat: prefiere suelos limosos.

Distribución: crece en todo el mundo como planta de cultivo.

Epoca de floración: desde Julio hasta Septiembre.

Generalidades: la forma silvestre del maíz, no ha sido aún localizada. Puede decirse con cierta exactitud, que las variedades del maíz que hoy en día se cultivan en toda la tierra tienen su origen en la región situada entre América central y meridional. Desde el punto de vista botánico, el maíz se diferencia de las demás plantas por sus flores de sexos separados y por la posición específica de las inflorescencias femeninas. Esto es muy comprensible, teniendo en cuenta que los granos de polen del maíz son inhabitualmente grandes y por ello no pueden ser transportados por el viento. Para la polinización basta con que, en un campo de maíz, estos granos avancen, girando simplemente sobre su eje, desde las inflorescencias masculinas que sobresalen en lo alto. La autopolinización está excluida, ya que las flores masculinas florecen siempre antes que las femeninas de la misma planta. El maíz es un cultivo muy productivo, que pertenece, como el mijo y la caña de azúcar, a las llamadas plantas tropicales de elevado rendimiento, ya que, a causa de un mecanismo fisiológico especial, pueden transformar más dióxido de carbono en hidratos de carbono que las demás plantas.

El maíz Híbrido: el aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la introducción de semillas híbridas que para obtenerlas se utilizaban como progenitores diversas líneas obtenidas por endogamia (asimismo de origen híbrido). Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas. Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas. Mediante una selección cuidadosa de las mejores líneas cruzadas, se pueden producir los híbridos de maíz más vigorosos y apropiados para el cultivo en una zona determinada. Debido a la uniformidad de las características de las plantas híbridas, éstas son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbridos. Menos del 1% del maíz que se cultivaba en Estados Unidos en 1935 era híbrido, mientras que hoy en día lo es virtualmente en su totalidad. Actualmente se necesita mucho menos trabajo para conseguir mayores producciones por hectárea de lo que se requería antes.

3.– El Origen del Maíz

El maíz difiere en tal manera de sus antepasados que durante mucho tiempo no han podido ser identificados con certeza. Actualmente sabemos, sin embargo, que el maíz es la forma domesticada de la gramínea silvestre mejicana, el teosinte (*Zea mexicana*). El teosinte tiene espigas estrechas con dos hileras de semillas, cada una de ellas protegida por una cubierta muy endurecida. Sus semillas son difíciles de moler, pero son fáciles de utilizar una vez que se han cocido y han estallado, como las palomitas de maíz. El teosinte crece en

localidades dispersas desde el norte de Chihuahua (Méjico) hasta Honduras. Se puede encontrar como mala hierba en los campos de maíz y en los márgenes de los cultivos y también como planta silvestre en los bosques con sequía invernal o en las laderas escarpadas de las elevaciones medias de Méjico. Es capaz de formar híbridos fértiles con el maíz dondequiera que se encuentren juntos. El maíz se conoce solo como planta cultivada.

La selección de las formas cultivadas del maíz comenzó en Méjico hace más de 7000 años. El proceso supuso, inicialmente, la selección de plantas que produjeran más hileras de semillas, tal y como el girasol moderno tiene muchas más flores, y consecuentemente, semillas, que el girasol primitivo. La espiga actual del maíz es homóloga con respecto a la porción terminal de una espiga lateral del teosinte, una estructura en principio totalmente estaminada (solo con flores masculinas) que se convirtió más tarde en pistilada (con flores femeninas) por efecto de una mutación con efectos drásticos. El cambio se acompañó del acortamiento y engrosamiento de toda la inflorescencia. Esto podría estar relacionado con el fenómeno de la transposición genética que se da en el maíz, cuyo estudio condujo a Bárbara McClintock a obtener el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1983. Los granos en la espiga de maíz se encuentran en cálices poco profundos de la espiga que difieren mucho de los del teosinte, más profundos y donde se encuentran los granos también más duros; además, ningún ejemplar de teosinte silvestre tiene una espiga pistilada en posición central, hecho que se da en el maíz.

El descubrimiento de una nueva especie de maíz silvestre perenne, *Zea diploperennis*, ha supuesto un interesante progreso en la historia de la evolución del maíz. Fue encontrada por Rafael Guzmán, un estudiante de la Universidad de Guadalajara, en 1978, en las montañas cercanas a Guadalajara, Méjico. Esta especie es capaz de producir híbridos fértiles con el maíz anual y lleva genes de resistencia a varios de los principales grupos de virus que infectan el maíz en los Estados Unidos, y para los cuales no se conoce ningún otro tipo de resistencia. Mediante el uso de esta especie los criadores de plantas también han sido capaces de desarrollar un maíz perenne, que puede ser útil en los suelos poco fértiles de las zonas subtropicales, y de hecho se está probando en el norte de Argentina. *Zea diploperennis* se encuentra de forma natural solamente en algunos campos pequeños de las montañas de su área de distribución, y podría haber desaparecido por efecto de la extensión de las zonas cultivadas sin llegar a ser conocida por la ciencia.

4.- Clasificación

La clasificación del maíz puede ser botánica o taxonómica, comercial, estructural, especial y en función de su calidad.

4.1.- BOTÁNICA

El maíz presenta el siguiente perfil taxonómico:

Reino **Vegetal**

División **Tracheophyta**: plantas con tejidos vasculares

Subdivisión **Pteropsidae**: con hojas grandes

Clase **Angiospermae**: plantas con flor; semillas dentro de frutos

Subclase **Monocotiledoneae**: con un solo cotiledón

Grupo **Glumiflora**

Orden **Graminales**: generalmente hierbas

Familia **Gramineae**: hojas con dos filas alrededor o tallos aplanados

Tribu **Maydeae**

Género **Zea**: maíz

Especie **Mays**: maíz cultivado o domesticado

Por tanto al maíz se le conoce como *Zea Mays*.

4.2.- COMERCIAL

Desde el punto de vista de compraventa, este cereal se clasifica de la siguiente manera:

Maíz blanco

La norma oficial mejicana lo define como el maíz que corresponde a este color, que presenta un valor menor o igual a 5% de maíces amarillos y que contenga como máximo 5% de maíces oscuros (rojo, azul y morado). Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado, no influye para designarlo como blanco.

La norma venezolana COVENIN lo tipifica como todo aquel maíz de granos blancos o blanco-amarillentos, que presenta un valor menor o igual a 3% de otros colores.

El departamento de Agricultura de Estados Unidos indica que es aquel maíz formado por granos blancos, que pueden contener hasta 2% como máximo de otros colores. Los granos blancos ligeramente teñidos de color paja o rosa, se consideran como blancos con la condición de que el color rosa cubra menos del 50% de la superficie del grano; si la cobertura del color rosa es igual o mayor a 50%, serán considerados como granos de otros colores.

Las industrias harineras y almidoneras prefieren este maíz debido al color blanco que imparte al producto terminado. En Estados Unidos es usado para hacer hojuelas de maíz y harinas gruesas; usualmente tiene un precio mayor que el maíz amarillo. Las prácticas culturales para su producción son similares a las del maíz amarillo, el único inconveniente es el efecto del grano de polen proveniente del maíz amarillo, ya que producirá un grano ligeramente amarillo.

Maíz amarillo

La norma oficial mejicana lo define como aquel maíz de granos amarillos o amarillos con un trozo rojizo, y que tenga un valor menor o igual a 6% de maíces de otro color.

La norma venezolana COVENIN indica que es el maíz de granos amarillos o amarillos con un trozo rojizo, y que tenga un valor menor o igual a 6% de maíces de otro color.

El departamento de Agricultura de Estados Unidos menciona que es aquel maíz compuesto por granos de color amarillo, y puede contener como máximo 5% de maíces de otros colores. Los granos ligeramente teñidos de rojo se considerarán como amarillo siempre y cuando el color rojo oscuro cubra menos del 50%, si no se consideran como maíces de otros colores.

Este maíz es procesado en la industria almidonera, ya que el gluten forrajero es muy codiciado por los ganaderos, debido a su contenido de carótenos (precursores de la vitamina A). También se utiliza en la fabricación de frituras de maíz, dada la coloración final del producto.

Maíz mezclado

La norma oficial mejicana estipula dos tipos diferentes de mezclado :

- Mezclado 1. Lo define como todo aquel maíz blanco que contenga entre el 5.1 y el 10% de maíces amarillos, así como el maíz amarillo que presenta un valor entre el 5.1 y el 10 % de maíces blancos. Ambos sin sobrepasar el 5% de maíces oscuros.
- Mezclado 2. Son aquellos maíces blancos que presentan más del 10% de maíces amarillos, así como los maíces amarillos que contengan más del 10% de granos blancos. Ambos sin sobrepasar el 5% de maíces oscuros.

La norma venezolana COVENIN indica que todo maíz blanco y amarillo que presente un valor mayor del 3% y el 6% respectivamente, de otros colores será tipificado como maíz mezclado.

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos menciona que todo maíz blanco y amarillo que presenten valores que sobrepasen el 2% y el 5% respectivamente de granos de otros colores, será clasificado como mezclado.

Maíz pinto

La norma oficial mejicana lo define como todo aquel maíz blanco, amarillo y mezclado que contenga más del 5% de maíces oscuros (rojo, azul y morado).

La norma venezolana COVENIN y el Departamento de Agricultura de Estados Unidos no tipifican este tipo de maíz; probablemente se debe a que en estos países la variabilidad en colores no es tan amplia como en Méjico.

Este maíz no es muy aceptado por la industria harinera, ya que la imparte una coloración no deseada al producto final.

Para la determinación del color en Méjico y Venezuela se utiliza una submuestra de 100 g de la muestra original, después de haber separado las impurezas. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos establece que esta determinación debe ser hecha de una submuestra de 250 g obtenida de la muestra original, después de quitar el grano quebrado y las impurezas.

4.3.- ESTRUCTURAL

A excepción del tunicado, el maíz puede dividirse en varios tipos (razas o grupos), en función de calidad, cantidad y patrón de composición del endospermo. Estos son: el maíz dentado, cristalino, amilaceo (harinoso), dulce y palomero.

Maíz dentado (*Zea mays indentata*)

Tiene una cantidad variable de endospermo corneo (duro) y harinoso (suave). La parte cornea está a los lados y detrás del grano, mientras que la porción harinosa se localiza en la zona central y en la corona del grano. Se caracteriza por una depresión o diente en la corona del grano, que se origina por la contracción del endospermo harinoso a medida que el grano va secándose. Se usa principalmente como alimento animal, materia prima industrial y para la alimentación humana. Se estima que el 95% de la producción de Estados Unidos es con variedades de este tipo.

Maíz cristalino (*Zea mays indurata*)

Contiene una gruesa capa de endospermo cristalino, que cubre un pequeño centro harinoso. Generalmente el grano es liso y redondo. En Estados Unidos se produce poco. Se siembra ampliamente en Argentina, en otras áreas de Latinoamérica y al sur de Europa, donde se usa como alimento animal y humano. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, este tipo de maíz es de cualquier clase (blanco, amarillo o mezclado), y consiste en un 95 % o más de maíz cristalino.

Maíz harinoso (*Zea mays amilaceo*)

Se caracteriza por un endospermo harinoso, sin endospermo cristalino. Es de producción limitada en Estados Unidos. Es muy común en la región andina del sur de América. En Méjico este tipo de maíz se usa para hacer pozole.

Maíz dulce (*Zea mays saccharata*)

En este tipo de maíz, la conversión del azúcar en almidón es retardada durante el desarrollo del endospermo. En Estados Unidos se consume en estado lechoso–masoso, como vegetal enlatado o consumo fresco.

Maíz palomero (*Zea mays everta*)

Es una de las razas más primitivas y es una forma extrema de maíz cristalino. Se caracteriza por un endospermo cristalino muy duro, que solamente tiene una pequeña porción de endospermo harinoso. Sus granos son redondos (como perlas), o puntiagudos (como el arroz). Aproximadamente el 0.1% de la superficie maicera total de Estados Unidos, se siembra con este cultivar, que se emplea principalmente para consumo humano en la forma de rosetas (palomitas), dada su característica de expansión al someterse al calor.

La capacidad de reventar parece estar condicionada por la proporción relativa de endospermo córneo, en el que los gránulos de almidón están incrustados en un material coloidal tenaz y elástico que resiste la presión de vapor generada dentro del grano al calentarse, hasta que alcanza una fuerza explosiva, que lo hace aumentar su volumen original unas 30 veces.

Maíz tunicado (*Zea mays tunicata*)

Se caracteriza porque cada grano está encerrado en una vaina o túnica. La mazorca está cubierta con espigas como los otros tipos de maíz. Se usa como ornamento o como fuente de germoplasma en los programas de fitomejoramiento.

4.4.-ESPECIAL

El maíz puede ser alterado por medios genéticos para producir modificaciones en el almidón, proteína, aceite y otras propiedades, como se menciona a continuación.

Maíz céreo (*waxi*) (*Zea mays cerea*)

Fue introducido en Estados Unidos en 1908. La principal fuente de almidón con base en amilopectina antes de la Segunda Guerra Mundial fue la tapioca, importada de Asia Central; la ocupación de esa área por los japoneses cortó su suministro y se creó un programa de emergencia para producir el maíz ceroso a nivel comercial. Después de la guerra el maíz ceroso continuó como una importante fuente de almidón con base en amilopectina.

La diferencia con el almidón del maíz común, está en que el almidón del maíz céreo está compuesto de 100% amilopectina y se tiñe de color café rojizo con una solución al 2% de yoduro potásico, mientras que el almidón del maíz común contiene 73% de amilopectina y 27% de amilosa, además se tiñe de color azul en

presencia de la solución anteriormente mencionada. Este maíz se usa como materia prima para la producción de almidón céreo, en la molienda húmeda del maíz en Estados Unidos, Canadá, Europa y México.

Los tipos de almidón céreo (nativo y modificado) son comercializados a nivel mundial debido a su estabilidad y a otras propiedades de sus soluciones. Son usados por la industria alimenticia como estabilizadores en pudines, salsas, pasteles, aderezos de ensaladas; en la industria papelera, en la elaboración del papel engomado como adhesivo.

De acuerdo con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, el maíz ceroso es el maíz de cualquier clase, que consiste en un 95% o más de maíz ceroso identificado por un análisis de laboratorio con base en una solución de yodo.

Maíz de alta amilosa, amylomaíz o ambos

Es el nombre genérico usado para designar al maíz que tiene un contenido alto de amilosa (50%). Este grano se produce exclusivamente para la industria húmeda del maíz. Hay dos tipos desarrollados comercialmente: el que tiene un contenido de amilosa entre 50 y 60 % y otro que contiene entre 70 y 80%.

El almidón de maíz de alto contenido de amilosa es usado en la industria textil y como adhesivo en la manufactura de cartón corrugado.

Maíz de alta lisina

Este es el nombre genérico para el maíz que tiene un mejor balance de aminoácidos y por consiguiente, una mayor calidad de proteína para alimento humano o animal, en comparación con el tipo dentado ordinario, que es deficiente en lisina.

En 1964 se descubrió que el nivel de lisina es controlada genéticamente por un gen recesivo (opaco-2), que reduce el contenido de zeína en el endospermo e incrementa el porcentaje de lisina. La investigación agronómica con este maíz, indica que es ligeramente bajo en productividad y alto en humedad comparado con el maíz normal. Además el grano es suave y más sensible al daño. La investigación actual con híbridos más sofisticados indica que estas características (rendimiento y grano suave) pueden mejorarse.

Maíz de alto contenido de aceite

En el verano de 1896, C. G. Hopkins, de la Universidad de Illinois, comenzó un programa de fitomejoramiento en maíz en relación con su contenido de aceite. El porcentaje de aceite del material que ha estado bajo selección continua, se ha incrementado desde 4 ó 5% (normal en maíz dentado) hasta 17.5%. Aunque las variedades con altos contenidos de aceite tienen un bajo rendimiento, las investigaciones recientes con la incorporación de nuevos genes, indican que las variedades que contienen entre 7 y 8% de aceite, pueden ser productivas en cuanto a rendimiento.

4.5.– POR SU CALIDAD

La calidad comúnmente es asociada con el grado de excelencia de un producto o material. Kramer y Twigg, citados por Finney (1973), la definen como una mezcla de características que diferencian una unidad de otra (del mismo producto) y que son significativas en la determinación de la aceptación de esa unidad por el comprador.

Los países que usan el maíz para alimento humano, trabajan para mejorar su calidad. En México, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) es la dependencia oficial que realiza las investigaciones en los principales cultivos; para lograrlo dispone de 11 centros de investigación y de 54 campos experimentales

ubicados en las principales áreas agrícolas, para la obtención de variedades mejoradas y de paquetes tecnológicos para los diferentes cultivos. Además, ha suscrito convenios de colaboración y coordinación con institutos nacionales e internacionales, como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), cuyo programa de investigación consta de dos etapas: la primera (unidad de apoyo), maneja un banco de germoplasmas que contiene más de 13.000 colecciones procedentes de 46 países, las nuevas introducciones y 29 complejos germoplásmicos que poseen adaptación climática, madurez, color de grano y textura específica; en la segunda etapa se suministran genotipos superiores a la unidad avanzada, que se dedica al manejo de poblaciones de maíz normal y con alta calidad proteica.

Las compañías privadas, debido a problemas inherentes al proceso industrial, diseñan su ideotipo para obtener un producto de mejor calidad y ser más competitivas en el mercado nacional e internacional.

5.- Estructura del grano

El fruto de la planta del maíz se llama comercialmente grano, botánicamente es un cariósipide y agrícolamente se le conoce como semilla. Está formado por las siguientes partes:

Pericarpio: Cubierta del fruto de origen materno, se conoce como testa, hollejo o cáscara.

Aleurona: Capa de células del endospermo, de naturaleza proteica.

Endospermo: Tejido de reserva de la semilla, que alimenta al embrión durante la germinación. Es la parte de mayor volumen. Hay dos regiones bien diferenciables en el endospermo, el suave o harinoso y el duro o vítreo. La proporción depende de la variedad.

Escutelo o cotiledón: Parte del embrión.

Embrión o gérmen: Planta en miniatura con la estructura para originar una nueva planta, al germinar la semilla.

Capa terminal: Parte que se une al olote, con una estructura esponjosa, adaptada para la rápida absorción de humedad. Entre esta capa y la base del gérmen se encuentra un tejido negro conocido como capa hilar, la cual funciona como un mecanismo sellante durante la maduración del grano. La formación de la capa negra indica grano maduro.

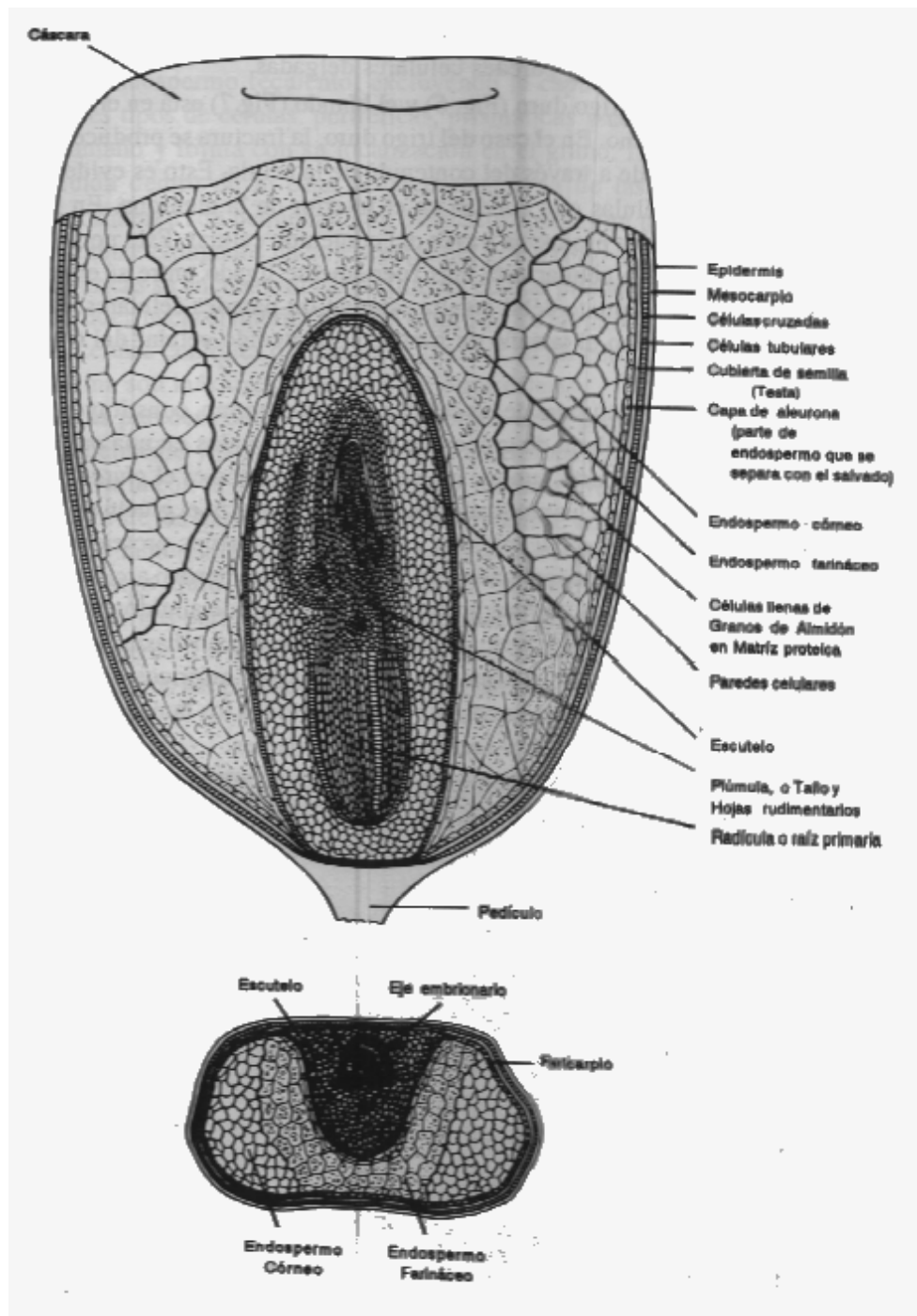


Figura.- Corte longitudinal y transversal del grano de maíz.

6.- Composición química del maíz

6.1.- Composición química de las partes del grano.

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química.

La *cubierta seminal o pericarpio*, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%).

El *endospermo*, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87%), proteínas (8%) y un contenido de grasas relativamente bajo. Aporta, además, la mayor parte del Nitrógeno que contiene el maíz.

El *germen*, se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas (33% por término medio), contiene también un nivel elevado de proteínas (próximo al 20%) y minerales. También contiene Nitrógeno, pero en menor medida que el endospermo.

De la *capa de aleurona*, de la cual se conocen pocos datos, tiene un contenido relativamente elevado de proteínas (19%) y de fibra cruda. Contiene cantidades reducidas de Nitrógeno.

El contenido de Hidratos de Carbono y proteínas de los granos de maíz depende en medida considerable del endospermo; el de las grasas crudas y, en menor medida, proteínas y minerales, del germen. La fibra cruda del grano, se encuentra fundamentalmente en la cubierta seminal. La distribución ponderal de las partes del grano, su composición química concreta y su valor nutritivo tienen gran importancia cuando se procesa el maíz para consumo; a este respecto, hay dos cuestiones de importancia desde la perspectiva nutricional: el contenido de ácidos grasos y el de proteínas. El aceite de germen suministra niveles relativamente elevados de ácidos grasos; cuando se dan ingestas elevadas de maíz, como sucede en determinadas poblaciones, quienes consumen el grano degerminado obtendrán menos ácidos grasos que quienes comen el maíz entero elaborado. Esta diferencia tiene probablemente igual importancia en lo que se refiere a las proteínas, dado que el contenido de aminoácidos de las proteínas del germen difiere radicalmente del de las proteínas del endospermo. Si se analiza todo el grano, el contenido de aminoácidos de las proteínas del endospermo, pese a que la configuración de estos en el caso del germen es más elevada y mejor equilibrada. No obstante, las proteínas del germen proporcionan una cantidad relativamente alta de determinados aminoácidos, aunque no suficiente para la calidad de las proteínas de todo el grano. El germen aporta pequeñas cantidades de lisina y triptófano, los dos aminoácidos esenciales limitantes en las proteínas de maíz. Las proteínas del endospermo tienen un bajo contenido de lisina y triptófano, al igual que las proteínas de todo el grano. La deficiencia de lisina, triptófano e isoleucina ha sido perfectamente demostrada mediante numerosos estudios con animales y un número reducido de estudios con seres humanos.

Está demostrada la calidad superior de las proteínas del germen en comparación con las del endospermo. Las variedades del cereal estudiadas comprenden tres de maíz común y una de maíz con proteínas de elevada calidad (MPC). En todos los casos, la calidad de las proteínas del germen es muy elevada en comparación con la de las del endospermo y patentemente superior a la calidad proteínica del grano entero. La calidad de las proteínas del endospermo es inferior a la del grano entero, a causa de la mayor aportación de proteínas del germen. Los datos muestran también una diferencia menor de calidad de las proteínas del germen y del endospermo en la variedad del MPC. Además, el endospermo del MPC y la calidad del grano entero es notablemente superior a la calidad del endospermo y del grano entero de las otras muestras. Estos datos son también importantes para las modalidades de elaboración del maíz para el consumo y por sus consecuencias para el estado nutricional de los consumidores. También muestran con claridad la mayor calidad del MPC frente al maíz común. La calidad superior del endospermo del MPC también tiene importancia para las poblaciones que consumen maíz degerminado.

6.2.- Composición química general.

Puede haber variedad tanto genética como ambiental y puede influir en la distribución ponderal y en la composición química específica del endospermo, el germen y la cáscara de los granos.

Almidón

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, (que es la forma en que los cereales almacenan energía en el grano) al que corresponde hasta el 72 o 73% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3%

del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25–30% del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70–75% del almidón.

Además de su valor nutritivo, el almidón es importante a causa de su efecto sobre las propiedades físicas de muchos de nuestros alimentos. Por ejemplo: la gelificación del pudín, el espesamiento de las salsas y el fraguado de algunos postres, está todo ello fuertemente influenciado por las propiedades del almidón. El almidón también es un producto industrial importante, particularmente en la industria papelera.

Proteínas

a) En general:

Las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos de maíz están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas (I, II, III, IV, V y residuos). Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6% respectivamente.

Las cantidades de proteínas solubles en alcohol son bajas en el maíz verde y aumentan a medida que el grano madura. La fracción de *Zeína* resulta tener un contenido muy bajo de lisina y carecer de triptófano. Como esas fracciones de *zeína* constituyen más del 50% de las proteínas del grano, se desprende que ambos aminoácidos tienen también un porcentaje bajo de proteínas. En cambio, las fracciones de albúmina, globulina y glutelina contienen niveles relativamente elevados de lisina y triptófano. Otra característica importante de las fracciones de *zeína* es su elevadísimo contenido de leucina, aminoácido relacionado con la deficiencia de isoleucina. La calidad nutritiva del maíz como alimento viene determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas.

En el maíz común son patentes las carencias de lisina y triptófano. Pero también es importante su elevado contenido de leucina de este maíz.

TABLA I

Cereales Albúminas Globulinas Prolaminas Glutemina

Trigo 9 5 40 46

Maíz 4 2 55 39

Cebada 13 12 52 23

Avena 11 56 9 23

Arroz 5 10 5 80

Sorgo 6 10 46 38

Proporciones de diferentes clases de proteínas en diversos cereales

- Valor nutritivo de las proteínas.

Normalmente, el valor nutritivo de las proteínas vegetales es menor que el de la mayoría de las proteínas de origen animal, lo que se debe a varios factores que se discuten a continuación.

En general, las proteínas vegetales son deficientes en uno o varios aminoácidos, como es el caso de los cereales que carecen de una concentración adecuada de lisina mientras que las leguminosas son pobres en metionina. El balance adecuado de aminoácidos desempeña un papel muy importante en la calidad de las proteínas, ya que la deficiencia o el exceso de alguno de ellos, puede traer como consecuencia una reducción en el valor nutritivo del alimento. En las proteínas vegetales se presentan problemas de baja digestibilidad debido a una relación inadecuada de la concentración relativa de sus aminoácidos constituyentes, y que puede ser por:

- un desequilibrio de aminoácidos.
- un antagonismo de aminoácidos.
- toxicidad de aminoácidos.

En el caso de las proteínas del maíz hay un desequilibrio muy marcado ya que existe un exceso de leucina con respecto a isoleucina, lo que reduce la utilización de esta última. Otras proteínas contienen concentraciones muy altas de prolina con respecto a lisina y arginina, razón por la cual, algunos cereales tienen un valor nutritivo muy bajo. La toxicidad se puede presentar cuando los alimentos contienen un porcentaje alto de metionina, ya que es el aminoácido más tóxico, estos factores se deben tener en cuenta cuando se trata de fortificar los alimentos con aminoácidos, ya que la relación óptima entre ellos requiere ser estudiada con cuidado puesto que un exceso del aminoácido fortificante puede reducir el valor nutritivo de la proteína original, o bien, puede llegar a ser tóxico.

Aproximadamente el 80% de las proteínas del maíz y de otros cereales están constituidas por prolaminas y glutelinas, mientras que en el caso de las leguminosas son globulinas. La característica más importante de las prolaminas es que son poco digeribles y contienen una concentración baja de lisina, haciendo al maíz y otros cereales, alimentos de muy baja calidad nutritiva. Existen dos mutantes del maíz, producidos por modificación genética (opaco-2 y harinoso-2), en los cuales se reduce la concentración de prolamina y se aumenta considerablemente el contenido de lisina. Estos dos mutantes, tienen un mayor valor nutritivo que las diferentes variedades de maíz común.

Se ha llegado a la conclusión de que los pueblos precolombinos que sobrevivieron más tiempo fueron aquellos que utilizaban para su alimentación el maíz tratado termo-alcalinamente. Esto es muy interesante ya que las proteínas de maíz son de un valor nutritivo muy bajo, pero mejoran su calidad después de haber sido sujetadas a dicho tratamiento. A pesar de existir pérdidas de algunos aminoácidos, grasa y minerales, el maíz nixtamalizado presenta un valor mayor desde el punto de vista nutritivo que el maíz crudo. Este es muy deficiente en lisina y triptófano y además tiene un desequilibrio muy marcado en las concentraciones de leucina/isoleucina y todo esto hace que estas proteínas sean poco aprovechables por el hombre.

Por otra parte, la enfermedad de la pelagra, conocida como la de las 3 Ds, ya que causa Dermatitis, Diarrea y Demencia, se manifiesta en poblaciones cuya dieta está esencialmente basada en el maíz. Actualmente, los brotes de pelagra se localizan en ciertas zonas de África, en la India y en algunas regiones de la Península de Yucatán en México, en donde sus habitantes consumen el maíz sin ningún tratamiento termo-alcalino. La pelagra se presenta normalmente debido a grandes deficiencias de niacina y triptófano en la dieta. El triptófano es el precursor en las síntesis de niacina en el humano, y su equivalencia es de 60 mg de triptófano por 1 mg de niacina. Otro factor que influye en el desarrollo de la pelagra es la elevada concentración de leucina en el maíz, que es de aproximadamente 12-15% de la proteína; en efecto, se ha comprobado en diferentes investigaciones que la adición de un exceso de leucina en dietas balanceadas de caseína induce la pelagra. Sin embargo, el maíz híbrido opaco-2, con un mayor contenido de lisina y menor concentración de leucina no produce pelagra en animales de laboratorio.

La alta relación de leucina/isoleucina en el maíz se reduce durante los tratamientos termo–alcalinos debido a la destrucción de la leucina lo que mejora el valor nutritivo de la proteína. Como sucede en varios cereales, la niacina del maíz está unida a otros constituyentes de estos granos de tal forma que los tratamientos termo–alcalinos la liberan al hidrolizar los enlaces que la unen, haciéndola disponible. Estos dos factores parecen ser la principal razón por la que no se presenta la pelagra en poblaciones en las que el maíz se consume después de un tratamiento como la nixtamalización.

TABLA II

Aminoácido Endospermo de maíz

Lisina 2,0

Histidina 2,8

Amonio 3,3

Arginina 3,8

Acido aspártico 6,2

Acido glutámico 21,3

Treonina 3,5

Serina 5,2

Prolina 9,7

Glicocola 3,2

Alanina 8,1

Valina 4,7

Cistina 1,8

Metionina 2,8

Isoleucina 3,8

Leucina 14,3

Tirosina 5,3

Fenilalanina 5,3

Composición de aminoácidos (g/100g de proteína)

de las proteínas del endospermo de maíz

Aceite y ácidos grasos

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18%.

El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11% y el 2% respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca del 24%. Solo se han encontrado cantidades reducidísimas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz es relativamente estable, por contener únicamente pequeñas cantidades de ácido linolénico (0.7%) y niveles elevados de antioxidantes naturales. El aceite de maíz goza de gran reputación a causa de la distribución de sus ácidos grasos, fundamentalmente ácidos oleico y linoleico. A este respecto, quienes consumen maíz degerminado obtienen menos aceite y ácidos grasos que quienes consumen el grano entero.

TABLA I

Contenido de aceite de los diferentes granos de cereal

Aceite

Cereal (% , base seca)

Cebada 2,1

Maíz 4,4

Mijo 4,4

Arena 5,1

Arroz 2,1

Centeno 1,8

Sorgo 3,4

Trigo 1,9

Fibra dietética

Después de los hidratos de carbono (principalmente almidón), las proteínas y las grasas, la fibra dietética es el componente químico del maíz que se halla en cantidades mayores. Los hidratos de carbono complejos del grano de maíz se encuentran en el pericarpio y la piloriza, aunque también en las paredes celulares del endospermo y en menor medida, en las del germen.

TABLA I

Fibra dietética

Insoluble Soluble Total

11 2 13

Fibra soluble e insoluble del maíz común (%)

Otros hidratos de carbono

El grano maduro contiene pequeñas cantidades de otros hidratos de carbono, además del almidón. El total de azúcares del grano varía entre el 1 y el 3% y la sucrosa, el elemento más importante, se halla esencialmente en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles más elevados de monosacáridos, disacáridos y trisacáridos. Doce días después de la polinización, el contenido de azúcar es relativamente elevado, mientras que el de almidón es bajo. Conforme madura el grano, disminuyen los azúcares y aumenta el almidón. A estos niveles relativamente elevados de azúcar y sucrosa reductores se debe posiblemente el hecho de que el maíz común verde y en mayor medida aún, el maíz dulce sean tan apreciados por la gente.

Minerales

La concentración de cenizas en el grano de maíz es aproximadamente del 1.3%, solo ligeramente menor que el contenido de fibra cruda. Los factores ambientales influyen probablemente en dicho contenido. El germen es relativamente rico en minerales, con un valor medio del 11%, frente a menos del 1% en el endospermo. El germen proporciona cerca del 78% de todos los minerales del grano. El mineral que más abunda es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, encontrándose en su totalidad en el embrión con valores aproximadamente 0.9% en el maíz común. Como sucede con la mayoría de los granos de cereal, el maíz tiene un bajo contenido de Ca y de oligoelementos.

Vitaminas liposolubles

El grano de maíz contiene del vitaminas solubles en grasa, la provitamina A o carotenoide y la vitamina E.

Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en cantidades que pueden ser reguladas genéticamente, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro del grano y únicamente pequeñas cantidades en el germen. El beta-caróteno es una fuente importante de vitamina A, aunque no totalmente aprovechada pues los seres humanos no consumen tanto maíz amarillo como maíz blanco. Los carotenoides del maíz amarillo pueden destruirse durante el almacenamiento.

La otra vitamina liposoluble, la vitamina E, que es objeto de cierta regulación genética, se halla principalmente en el germen. La fuente de la vitamina E son cuatro tocoferoles; el más activo biológicamente es el tocoferol α , aunque el tocoferol- γ es probablemente más activo como antioxidante.

Vitaminas hidrosolubles

Las vitaminas solubles en agua se encuentran sobre todo en la capa de aleurona del grano de maíz, y en menor medida en el germen y el endospermo. Esta distribución tiene importancia al elaborar el cereal pues, la elaboración de lugar a pérdidas considerables de vitaminas. Se han encontrado variables de tiamina y riboflavina en el grano de maíz; su contenido está determinado en mayor medida por el medio ambiente y las prácticas de cultivo que por la estructura genética, aunque se han encontrado diferencias en el contenido de estas vitaminas entre las distintas variedades. La vitamina soluble en agua a la cual se han dedicado más investigaciones es el ácido nicotínico, a causa de su asociación con la deficiencia de niacina o pelagra, fenómeno muy difundido en las poblaciones que consumen grandes cantidades de maíz. Al igual que sucede en otras vitaminas, el contenido de niacina es distinto según las variedades, con los valores medios de aproximadamente 20 g/g. Una característica propia de la niacina es que está ligada y por lo tanto, el organismo animal no lo puede asimilar; sin embargo existen algunas técnicas de elaboración que hidrolizan la niacina, permitiendo su asimilación. La asociación de la ingesta de maíz, con la pelagra se debe a los bajos niveles de niacina del grano, aunque se ha demostrado experimentalmente que también son importantes los desequilibrios de aminoácidos, por ejemplo, la proporción entre le leucina y la isoleucina, y la cantidad de triptófano asimilable.

El maíz no tiene vitamina B12 y el grano maduro contiene solo pequeñas cantidades de ácido ascórbico. Otras vitaminas como la colina, el ácido fólico y el ácido pantoténico, se encuentran en concentraciones pequeñísimas.

TABLA I

Endospermo Embrión Pericarpio

(%) (%) (%)

% del grano 82 11.6 6.4

Proteínas 73.1 23.9 3.0

Aceite 15.0 83.2 1.8

Azúcar 28.2 70.0 1.8

Almidón 98.0 1.3 0.7

Cenizas 18.2 78.5 3.3

Distribución de los componentes del maíz

dentado entre las fracciones del grano

Cambios en la composición química

Los cereales contienen muy pequeñas cantidades de azúcares, dado que la mayor parte del azúcar transportado a la semilla es convertido en almidón. Así, el grano de maíz contiene 0,2–0,4% de D–glucosa, 0,1–0,4% de D–fructosa y 1–2% de sacarosa; el grano de trigo, por su parte, < 0,1% de D–glucosa, 0,1% de D–fructosa y alrededor de 1% de sacarosa.

El maíz dulce posee esta propiedad porque es cosechado antes de que toda la sacarosa haya sido convertida en almidón. A lo largo del crecimiento, la planta de maíz, como otros cereales, convierte una gran parte de su energía fotogenerada en las hojas en sacarosa, que constituye el azúcar de transporte normal en las plantas. Una parte mayoritaria de la sacarosa generada es transportada a las semillas, donde es transformada en almidón. Este almidón es la reserva alimenticia que utiliza el embrión de la planta hasta que pueda germinar y comenzar la fotosíntesis de sus propios carbohidratos. El maíz dulce presenta pues, gran abundancia de sacarosa que está destinada a ser convertida en almidón. Si la mazorca inmadura de maíz es cosechada e inmediatamente escaldada o congelada para inactivar el sistema enzimático que convertiría la sacarosa en almidón, esa sacarosa queda en las semillas, dando lugar así a un alimento delicioso para los humanos. Si, por el contrario, el maíz dulce es cosechado cuando está ya maduro o si no es inactivado el sistema enzimático, y se deja transcurrir el tiempo desde la cosecha hasta el consumo, la mayor parte de la sacarosa se habrá transformado en almidón, y como consecuencia, el maíz habrá perdido su dulzor y el grano devenido firme y duro.

TABLA I

Alimento D–glucosa D–fructosa Sacarosa

Remolacha 0,18 0,16 6,11

Brécol 0,73 0,67 0,42

Zanahoria 0,85 0,85 4,24

Pepino 0,86 0,86 0,06

Endibia 0,07 0,16 0,07

Cebolla 2,07 1,09 0,89

Espinaca 0,09 0,09 0,06

Maíz Dulce 0,34 0,31 3,03

Patata Dulce 0,33 0,30 3,37

Tomate 1,12 1,34 0,01

Azúcares libres en algunas verduras y hortalizas (% sobre peso fresco)

TABLA II

Composición del maíz por 100g de porción comestible

Porción Hidratos de

comestible Agua Energía Proteína Lípidos Carbono Fibra Ca Fe I Mg Zn Na K

(por 1 g) (g) Kcal Kj (g) (g) (g) (g) (mg) (mg) (g) (mg) (mg) (mg) (mg)

Harina de maíz 1 9.6 344 1.439 8.7 2.7 76 3 12 2 80 60 1.6 52 61

Maíz cocido desgranado 1 87.8 50 209 1.1 0.2 10.7 1 1 0.2 1 7 2 110 16

Equivalentes Ácido Eq Retinol

Tiamina Riboflavina de Niacina Vit.B6 fólico Vit.B12 Vit.C Vit. A Carótenos Vit.D Vit.E

(mg) (mg) (mg) (mg) (g) (g) (mg) (g) (g) (g) (mg)

Harina de maíz 0,5 0,1 2 Tr Tr 0 0 0 0 0 0

Maíz cocido desgranado 0,2 0,1 1 0,7 33 4 0,02 1,8

7.- El maíz y sus productos

Existen tres clasificaciones para refinar el maíz: molienda en húmedo, molienda en seco y por fermentación.

De la cosecha anual total de maíz, más o menos el 5% la emplean los molinos en húmedo para obtener almidón, azúcar y aceite de maíz; el 3.5% de los molinos en seco, para harina de maíz, cereales y aceite de maíz; y el 1% va a procesos de fermentación para obtener alcohol neutro y bebidas alcohólicas. Aproximadamente el 77% de la cosecha se emplea como alimento para el ganado y el 13.5% se exporta como grano.

Molienda de maíz en húmedo

Limpieza.– A medida que se recibe el maíz, se limpia antes de almacenarse en la planta. La selección y limpieza por aspiración con vacío elimina todos los materiales indeseables como son polvo, desechos, mazorcas, piedras e insectos.

Maceración.– El maíz con un contenido de humedad aproximado del 16% es ideal para macerar. Si el maíz es demasiado duro para separar el almidón, se requiere un proceso de ablandamiento para acondicionar el grano. Para esto, se macera en ácido sulfuroso durante 28 a 48 h a 52° C, aproximadamente, lo que prepara al maíz para la molienda. Así se desintegra la proteína que, a su vez, es responsable de la retención del almidón y la eliminación de productos solubles indeseables que interfieren con la separación.

Físicamente, la maceración se lleva a cabo en una serie de tanques en donde se controla por medio de un flujo a contracorriente de agua de maceración. A intervalos regulares se hace recircular el agua con ácido sulfuroso sobre cada tina. El maíz más viejo se remoja en agua que contiene la menor cantidad de productos solubles y el más nuevo, en agua que contenga a una mayor cantidad de sustancias solubles. Durante la maceración, el maíz se cubre por completo. Al final del periodo de maceración, el agua se separa del maíz. Este agua de maceración contiene alrededor del 6% de sólidos que están constituidos por el 35 al 45% de proteínas. Al concentrar el agua de maceración a un contenido de sólidos del 35 al 55% se utiliza como alimento para animales o como material nutriente en procesos bioquímicos.

Separación del germen.– El proceso de maceración reblandece el grano de maíz hasta un punto deseable (aproximadamente un 45% de humedad). Ahora puede llevarse a cabo la separación del germen mediante una molienda gruesa que rompe el grano liberando el germen sin dañarlo. Esta molienda produce un material de forma de pulpa que contiene germen, cáscara, almidón y gluten que se hace pasar a través de un separador de ciclón líquido en donde se recupera el germen. Esto muestra un ejemplo de equipo moderno para un proceso que permanece invariable.

Los métodos antiguos recurrían a un sistema de separadores por flotación. El nuevo método utiliza hidrociclones para separar las partículas de diferentes densidades. Las cáscaras y el endospermo, las partículas más pesadas, se descargan del fondo del tubo de hidrociclón y el germen, que es más ligero, se extrae de la parte superior del vórtex.

El método de ciclón, para la recuperación del germen, tiene varias ventajas sobre el método de flotación. El equipo ocupa menos espacio y su mantenimiento es menos costoso y además puede recuperarse un germen más limpio.

El germen recuperado, libre de almidón y secado en un secador tubular rotatorio de vapor está listo para la recuperación y refinación del aceite.

Molienda.– Después de separar el germen, el endospermo coriáceo y las cáscaras se muelen para liberar el resto del almidón.

Los primeros molinos de piedra, hechos de piedra caliza dura impregnada con sílice, han sido reemplazados por molinos de atrición o de impacto.

El molino de atrición, el Refinador de Bauer de Doble Disco Revolvente, utiliza la rotación encontrada de discos estriados, en donde cada disco está accionado por su propio motor.

El método alterno, molienda de impacto, casi siempre se verifica en un molino de impacto Entoleter. El material que va a molerse entra al rotor de la máquina que está girando y es arrojado con gran fuerza contra los impactores en la periferia del rotor y también contra un impactor estacionario.

Estos molinos de atrición y de impacto liberan fácilmente el almidón.

La pasta molida resultante que contiene almidón, gluten y cáscara, se hace pasar a través de una serie de carretes con tamices de 18 a 20 mallas, en donde las cáscaras y fibras más gruesas se eliminan. El lavado prolijo elimina más almidón de las fibras que se han separado.

Las fibras finas se separan de la pasta de almidón y gluten por medio de grasa de nylon ajustada sobre agitadores giratorios.

Las fracciones de fibra se envían entonces al procesamiento de forraje donde lo mismo que el agua de maceración, la harina de germen y el gluten se mezclan y se secan.

Separación del gluten del almidón.– La pasta de almidón que contiene del 5 al 8% de gluten se hace pasar a través de centrífugas de alta velocidad como la centrífuga Merco. Primero se separa el gluten de buena calidad del almidón y se concentra en otra centrífuga. A continuación se filtra y se seca en secadores rotatorios e instantáneos. Este gluten llega a ser uno de los principales componentes de los productos alimenticios.

El almidón de la primera centrifugación todavía contiene del 2 al 2.5% de proteínas de gluten y se centrifuga aún más con hidrociclones.

El equipo de hidrociclón que se usa para la separación de almidón–gluten consta de varios cientos de pequeños tubos de hidrociclón en una caja con divisiones. Utilizando etapas múltiples de las unidades del hidrociclón y lavado a contracorriente es posible obtener una buena separación de almidón–gluten.

Gran cantidad del agua que queda en la pata de almidón refinado se filtra; sin embargo, toda el agua restante se elimina secando en charolas en hornos o en secadores de túnel, o bien en secadores instantáneos.

Separación de la zeína.– Otras compañías distintas a los molinos de maíz encuentran ventajoso seguir fraccionando la porción correspondiente al gluten para obtener la importante proteína zeína. La zeína soluble en alcohol (prolamina) está presente en el gluten del maíz en proporción aproximada del 50%; se separa del gluten por extracción en disolventes y por precipitación. Su principal uso en la industria alimentaria es como material de recubrimiento protector contra el agua para nueces y dulces. También tiene importancia como aglutinante en la preparación de medicamentos.

Productos de conversión del almidón.– Debido a la naturaleza química básica del almidón, de este pueden obtenerse otros productos por medio de tratamientos químicos específicos.

Jarabes y azúcares.– Aproximadamente la mitad del almidón que se produce, se utiliza para convertirse en jarabes y azúcares dependiendo de la extensión de la conversión y el grado de pureza deseada.

Desgerminación.– La mayoría de los molinos en Estados Unidos de Norteamérica utilizan el desgerminador y separador de hollejo Beall. Esta unidad esencialmente es un dispositivo de atrición que consta de un rotor de hierro colocado en forma de cono, montado sobre una flecha horizontal en una cavidad cónica. Parte de esta caja está prevista de mallas perforadas y el resto con platos que tienen salientes cónicas en su superficie interior. El cono, que presenta protrusiones similares en la mayoría de su superficie, también está diseñado

para favorecer el movimiento hacia adelante del maíz, teniendo algunas secciones diseñadas para controlar la velocidad del flujo. El producto sale en dos corrientes, una a través de las mallas perforadas donde se encuentra el germen desprendido, los hollejos, los finos desgerminados y algo de sémola; la otra, que contiene los trozos de mayor tamaño que pasan por la placa final.

Secado.– El producto desgerminado se seca hasta el 15 al 18% de humedad por medio de secadores rotatorios de tubos con vapor a temperaturas de 60 a 71° C. El material desgerminado seco se enfría por flujo a contracorriente o por flujo transversal giratorio, por gravedad en lumbreras verticales o en enfriadores de tipo de lecho fluido.

Molienda y clasificación.– El producto desgerminado, seco y frío, está listo para reducir gradualmente su tamaño a los diversos productos finales por medio de molinos de rodillos corrugados. Durante esta molienda puede separarse algo más del germen y hollejos del endospermo.

Cada etapa de la refinación implica el uso de un aspirador, un molino de rodillos y un cernidor. El contenido de humedad del material se controla nuevamente para mantener el germen y el hollejo duros y flexibles, lo que permite que el germen se mueva en placas a medida que el material pasa entre los rodillos. Al mismo tiempo, el hollejo se desprende para su eliminación posterior. Los fragmentos del germen, hollejo y endospermo se separan por medio de cernidores, aspiradoras, mesas de separación por gravedad específica, o purificadores.

El cernido es una operación importante y también se llama gradación o clasificación, dependiendo del medio que se utilice y del propósito a que se destine el producto final. El cernido consiste en separar por tamaño la partícula sobre la malla; la clasificación es una separación gruesa y la gradación es la separación de un solo material en dos o más grupos; también pueden eliminarse los fragmentos de hollejo de una harina de maíz.

Las aspiradoras se emplean para separar y recuperar los fragmentos de hollejos de la corriente del molino. Los purificadores separan pequeños fragmentos de hollejo y germen del material del endospermo y también gradúan las fracciones de este según su tamaño de partícula.

Los productos finales se clasifican como gruesos, de tamaño regular, sémola gruesa, sémola fina, sémola en polvo, harina gruesa y 100% de harina fina, todos ellos graduados y controlados por tamaño de partículas.

Método de desgerminación en seco.– El adelanto más reciente en la industria molinera del maíz es la introducción del equipo para desgerminación en seco.

Este nuevo método utiliza la necesidad de secar, ya que no se requiere templar con humedad. Los granos de maíz se sujetan al impacto repetido de aspas que los golpean y de un cilindro con un resorte de alambre de acero. Los finos y las partes del hollejo, germen y granos rotos, a medida que pasan a través de la malla de alambre se eliminan, ya sea por gravedad o por aspiración a través de la salida en el fondo, mientras que el resto del grano sale a través de otra abertura cónica que va desde el fondo hasta el cilindro de malla de alambre. Del desgerminador, el material se mueve mediante un elevador de presión hasta un separador neumático de grano y un limpiador, en donde se eliminan los finos desgerminados que se mandan a un colector de ciclón para su separación. El material continúa pasando a los cernidores, separadores, rodillos y graduadores, lo mismo que en las etapas del método de templado.

8.– Valor nutritivo del maíz

La importancia de los cereales en la nutrición de millones de personas de todo el mundo es ampliamente reconocida. Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, no se les puede considerar sólo una fuente de energía, sino que además suministran cantidades notables de proteínas. Los granos de cereal tienen una baja concentración de proteínas y la calidad de éstas se halla limitada por la deficiencia de

algunos aminoácidos esenciales, sobre todo lisina. Un hecho mucho menos conocido es que algunos cereales contienen un exceso de ciertos aminoácidos esenciales que influyen en la eficiencia de la asimilación de las proteínas. Ejemplo clásico de ello es el maíz, pues otros cereales presentan limitaciones iguales, pero menos evidentes.

Numerosos investigadores han analizado las causas de la baja calidad de las proteínas del maíz, y entre los primeros estudios estuvieron los de Mitchell y Smuts (1932), quienes consiguieron mejoras notorias en el crecimiento humano al complementar dietas de proteínas de maíz al 8% con un 0.25% de lisina. Estos resultados han sido confirmados a lo largo del tiempo por otros autores, en tanto que otros han mostrado que al agregar lisina al maíz sólo mejora levemente la calidad de las proteínas. Esta diferencia de resultados se puede explicar por el distinto contenido de lisina de las diferentes variedades de maíz.

Según algunos investigadores es el triptofano, no la lisina, el principal aminoácido limitante de las proteínas del maíz, lo cual puede ser cierto en el caso de algunas variedades con una concentración elevada de lisina o para productos de maíz que hayan sido sometidos a algún tipo de elaboración. Todos los investigadores han coincidido, en cambio, en que la adición simultánea de lisina y triptofano mejora considerablemente la calidad de las proteínas del maíz, como se ha demostrado experimentalmente con animales.

La mejora de calidad obtenida a raíz de la adición de lisina y triptofano ha sido pequeña en algunos estudios y más elevada en otros, tras la adición de otros aminoácidos. Al parecer, el aminoácido limitante de las proteínas de más importancia, después de la lisina y del triptofano, es la isoleucina, según se ha determinado en experimentos de alimentación animal. La mayoría de los investigadores que han indicado esos resultados señalan que el efecto de la adición de isoleucina se debe a un exceso de leucina que obstaculiza la absorción y la utilización de la isoleucina. Se ha informado que la elevada ingesta de leucina consumida con las proteínas del maíz aumenta las necesidades de niacina y que este aminoácido podría ser parcialmente, el causante de la pelagra.

Cuando se ha observado una respuesta a la adición de treonina, se ha interpretado como un efecto de este aminoácido para corregir los desequilibrios de aminoácidos ocasionados por la adición de metionina. Cabe atribuir una función similar a la isoleucina en los casos en que su adición ha dado lugar a una mejora de los resultados. Se igual modo, la adición de valina, que hace disminuir la calidad de las proteínas, se puede contrarrestar añadiendo isoleucina o treonina.

La isoleucina parece ser, en cualquier caso, más eficaz que la treonina, pues produce resultados más coherentes, los que quizá se deban a que el maíz no es deficiente ni en isoleucina ni en treonina; sin embargo, algunas muestras pueden contener cantidades mayores de leucina, metionona y valina, y necesitan que se les agregue isoleucina y treonina, además de lisina y triptófano, para mejorar la calidad de las proteínas. Sea como fuere, la adición de 0.3% de L-lisina y de 0.1% de L-triptófano aumenta fácilmente la calidad de las proteínas del maíz en un 150%. Muchos de los efectos de los aminoácidos limitantes sobre las proteínas del maíz varían según el nivel de proteínas del maíz. El contenido de proteínas del maíz es un rasgo genético en el que influye el abono nitrogenado. El aumento del contenido de proteínas observado guarda estrecha correlación con la zeína, o proteína soluble en alcohol, que es baja en lisina y triptófano y contiene cantidades excesivas de leucina. Además, se ha hallado una correlación entre el contenido de proteínas y la zeína del maíz. Utilizando distintas especies de animales, diversos investigadores han llegado a la conclusión de que la calidad de las proteínas del maíz con bajo contenido de proteínas es superior a la del maíz con alto contenido, si las proteínas de las dietas examinadas son las mismas; por otro lado, comparando pesos iguales, con elevado contenido de proteínas tiene una calidad de éstas ligeramente superior a la del maíz con bajo contenido de proteínas. En consecuencia, el nivel de proteínas de la dieta influye en la respuesta observada a una dieta suplementada con aminoácidos como lisina y triptófano, pero también a dietas complementadas con otros elementos, como isoleucina y treonona.

9.- La utilización del maíz

Entre la diferentes especies de plantas cultivadas, útiles al hombre, tres son altamente importantes por su área mundial cultivada y volumen de producción: trigo, arroz y maíz. El Centro Internacional del Maíz y Trigo (CIMMYT) informó en 1984, que la producción de maíz promedio anual, el los años 1980–1982, alcanzó un volumen mundial de 380 millones de toneladas, producidas en 122 millones de hectáreas de tierra que representó el 11.4% del área total mundial cultivada.

TABLA I

Ton maíz Total Ton

Países (millones) % (millones) %

En desarrollo

Ganadería 64.6 17

Humano 76.0 20 140.6 37

Desarrollados

Ganadería 212.8 56

Humano 26.6 7 239.4 63

Suma 380.0 100 380.0 100

El uso del maíz como alimento en los países en desarrollo y en los desarrollados (CIMMYT,1984)

El maíz tiene múltiples usos que se pueden agrupar en los siguientes apartados:

1.– Grano

Alimentación humana

Alimentación del ganado

Materia prima en la industria

Semilla

2.– Planta

Forraje verde

Ensilado

Rastrojo, forraje tosco

Materia orgánica del suelo

3.- Mazorca

Elote- alimento humano

Forraje toscó

Olote (combustible)

En el año 1984, se estimó la población en 4.800 millones de habitantes. La producción de 380 millones de toneladas de maíz, indica un promedio per cápita de 79 Kg por año. Los países que más consumen maíz son los países desarrollados, maíz transformado en huevo, carne, leche y derivados, y productos de la industria.

En varios países como México, tienen escaso uso ganadero. El maíz se aprovecha directamente como alimento humano (tortillas, bollos, arepa, elote, etc), o como materia prima en la industria alimentaria (harina, maicena, aceite, mieles, etc) e industria diversa.

El maíz es materia prima en la industria básica, para producir artículos que son utilizados como insumos de la industria complementaria o como productos para consumo final, como por ejemplo, fábricas de harina nixtamalizada y fábricas de tortillas).

Se estiman más de 800 artículos, que utiliza la humanidad, en los cuales interviene el maíz.

A continuación se exponen los productos de la industria básica del maíz:

ALMIDÓN

- Usos industriales

Abrasivos para papel y textiles

Adhesivos

Baterías, pilas secas

Briquetas

Cerámica

Detergentes

Recubrimientos para madera

Colorantes

Crayones y gises

Agentes diluyentes

Hilo quirúrgico

Fibra de vidrio

Insecticidas

Lubricantes

Pinturas

FÉCULA

- Usos industriales

Fotografías y películas

Plásticos

Triplay

Terminados de textiles

Neumáticos

- Alimentos, cosméticos y medicinas

Antibióticos

Aspirina

Alimentos para niños

Pastelería

Bebidas

Goma de mascar

Bebidas de chocolate

Confitería

Cosméticos

Postres

Drogas y productos farmacéuticos

Salsas y aderezos

Mostaza preparada

Jabones y limpiadores

Sopas

Azúcar

DEXTRINA

- Usos industriales

Adhesivos

Briquetas

Velas

Cerámica

Productos de corcho

Crayones y gises

Tinturas

Sobres

Cohetes

Tintas de impresión

Insecticidas

Aisladores, fibra de vidrio

Etiquetas

Cuero

Linóleo

Cerillos

Pinturas

Papel y productos de papel

Moldes de plástico

Triplay

Papel lija

Zapatos y grasas de zapatos

Compuestos para plateado

Jabones

Popotes

Acabado y estampado de textiles

Cordel, cáñamo

Papel tapiz

Persianas y tela de persianas

MIEL

- Jarabes
- Usos industriales

Adhesivos

Compuestos químicos

Tintas

Explosivos

Curtido de pieles

Plateado de metales

Papel

Grasa de zapatos

Terminado de textiles

Tabaco, productos de tabaco

- Líquidos o en polvo
- Alimentos y medicinas

Alimentos para niños

Pastelería

Cerveza

Bebidas carbonatadas

Salsas de tomate y chile

Cereales preparados

Quesos procesados

Goma de mascar

Leche condensada

Confitería

Licores

Postres

Huevos congelados y deshidratados

Saborizantes

Betunes para pasteles

Jugos y compotas de fruta

Frutas enlatadas y congeladas

Bebidas de frutas

Helados y nieves

Jaleas, mermeladas y conservas

Malteadas

Malvaviscos

Embutidos y carnes procesadas

Harinas preparadas

Mantequilla de cacahuate

Pepinillos

Aderezos para ensaladas

Salsas

Mariscos congelados

Jarabes alimenticios y medicinales

Sopas deshidratadas

Vinagres

FRUCTOSA

- Alimentos

Pastelería

Jugos enlatados

Condimentos

Confitería

Frutas enlatadas

Postres congelados

Jaleas, mermeladas, conservas

Refrescos embotellados

Vinos

MALTO-DEXTRINA

- Alimentos

Preparados en polvo para bebidas,

pastelería y salsas

Condimentos

Alimentos deshidratados

Sopas deshidratadas

Té instantáneo

Alimentos instantáneos

Edulcorantes

Malvaviscos

Alimentos chatarra y botanas

DEXTROSA

- Usos industriales

Ácidos comerciales

Adhesivos

Compuestos químicos orgánicos

Tinturas

Productos para soldar y galvanizar

Enzimas

Explosivos

Productos para fermentación

Curtido de pieles

Fabricación de papel

Rayón

Hules de proceso frío

Acabado y estampado de textiles

- Alimentos y medicinas

Antibióticos

Alimentos para niños

Repostería

Frutas enlatadas

Cerveza

Edulcorantes

Goma de mascar

Productos de chocolate

Jugo de cítricos

Licores, brandy

Crema congelada

Productos lácteos

Pasteles y levadura

Preparados dietéticos

Medicinas (fermentación)

Huevos congelados y deshidratados

Pescados encurtidos

Extractos de sabores

Ácidos cítricos

Jugos de frutas

Frutas en lata, cristalizadas, congeladas

Gelatinas

Nieve y helados

Mermeladas, jalea, conservas

Ácido láctico

Productos de carne: tocino, jamón y salchichas

Medicamentos: inyecciones intravenosas, cápsulas, pastillas

Mantequilla de cacahuete

Polvos y harinas para alimentos preparados

Sazonadores

Jarabes

Salsas

Sorbitol

Sopas deshidratadas

Especias, mostaza

Vinagre

Vino

ETANOL

Bebidas alcohólicas

Alcohol industrializado

Aditivos para gasolina

Combustibles para automóviles y camiones

Productos de tenería

HIDROL (Melaza)

Ácidos orgánicos

Solventes orgánicos

Tabaco

Alimentos para ganado

Curtido de pieles

SOLUBLES

- Excipiente

Antibióticos

Soluciones químicas

Soluciones farmacéuticas

Levaduras

GLUTEN Y CASCARILLA

- Piensos y forrajes

Subproductos del aceite de maíz

Azúcar

Alimento de germen de maíz

Melaza de azúcar de maíz

Extractos condensados

Excipientes fermentados

- Otros usos

Aminoácidos

Limpiadores de piel

Productos protéicos

GERMEN

- Aceites
- Alimentos y medicinas

Excipientes para vitaminas y cápsulas

Aceite de cocina

Margarina

Mayonesa

Papas fritas

Aderezos de ensaladas

Salsas, condimentos

Mantecas vegetales

Sopas

- Aceites y ácidos grasos
- Usos industriales

Productos químicos

Insecticidas

Pintura y barniz

Sustituto de hule

Recubrimientos anticorrosivos

Jabón

Aceite soluble para pieles

Textiles

10.- El maíz en la alimentación humana

El interés del maíz en la alimentación humana, además de ir unido a tradiciones y costumbres locales, se basa en cualidades alimenticias, culinarias y gastronómicas, sin nombrar las de economía, que lo hacen en extensas zonas del mundo y algunos países, el alimento humano más importante.

Antes del descubrimiento de América, el maíz era la base de la alimentación de muchas comunidades indígenas en aquel continente. Los incas del Perú producían 24 razas de maíz adaptadas a distintos usos alimentarios. Los aztecas lo cultivaban con el mismo fin y lo consumían con el frijol para reforzar su dieta. Puede decirse que el maíz ha sido y es el componente principal de la cocina latinoamericana.

La escasez de gluten en el grano hace de su harina una materia poco panificable. El pan de maíz se desmenuza con facilidad y no se puede cocer en hogazas como el pan de trigo.

Sin embargo, con su harina y con el producto de la molienda del grano después de cocerlo en agua previamente adicionada con cal viva o apagada, se elaboran tortillas de gran aceptación y excelentes condiciones para su consumo en múltiples formas.

La cocción del grano en agua de cal facilita en su molienda superior el aglutinado de las partículas de la harina de maíz entre sí y la formación de una pasta dotada de consistencia y flexibilidad (correa), que proporcionan a las tortillas de buena calidad su textura característica.

Al proceso de transformación del grano de maíz en la típica tortilla, con el intermedio de la cocción del grano en agua de cal y su molienda se le llama en México nixtamalización. La masa de harina de maíz previamente cocido con agua de cal, se le conoce con el nombre de nixtamal y se muele en molinos sencillos, de los que en 1976 se censaron en México unos 20.000.

El proceso industrial se inicia con la limpia del grano de maíz cerniéndolo en cribas o harneros. Luego se cuece a altas temperaturas (90 a 93° C) y después de tenerlo en reposo, una vez cocido, se lava con agua para quitarle la cal en exceso. La molienda se hace en molinos, que suelen emplear piedras volcánicas como elemento de trabajo.

En la actualidad, esta importante industria se está modernizando en México con la sustitución de las primitivas tinas de cocción por cocederos industriales de flujo continuo, y la introducción de técnicas industriales para el molido, secado y envasado de la harina.

Las modernas fábricas de harina de maíz en México, tienen capacidad para elaborar hasta 15 y más toneladas de grano por hora, lo que representa una productividad un 350% mayor que la de los mayores molinos de nixtamal.

La industrialización de la molienda húmeda del grano de maíz está llevando a la obtención de una serie de productos derivados mediante la utilización de procesos continuos e integrados. Entre ellos pueden destacarse: glucosa líquida y sólida, colorantes para caramelos y confituras, almidones, dextrina, fécula de maíz, miel de maíz y aceite refinado.

La molienda del grano en seco produce hojuelas de harina de maíz, frituras, botanas y aguardientes para fabricación de bebidas alcohólicas no fermentadas.

La transformación del maíz en harinas como materia prima industrial para otros fabricados, mediante proceso

industrial, ofrece ventajas importantes en contraste con el proceso tradicional mediante métodos primitivos de cocción, secado, molido, etc. Pueden señalarse las siguientes ventajas:

- Cocción uniforme del grano, según sean las características de este por el sistema de flujo continuo.
- Mejor gelatinización de la glucosa y cocimiento de los aceites a partir de la deshidratación a alta temperatura.

La molienda en húmedo del grano de maíz precisa de un maíz libre de materias extrañas, con bajo contenido de humedad, sanidad física y altos porcentajes de almidón, aceite y proteína.

También la molienda en seco requiere un grano sano con una humedad inferior al 15% y un bajo porcentaje de granos de tamaño pequeño. Normalmente se prefieren los maíces de grano blando cuya harina cuenta con las preferencias del consumidor. Generalmente, se requiere que no haya mezcla de granos de distintos colores: todos blancos o todos amarillos. La mayoría de los industriales molineros de maíz en seco prefieren un grano semiduro que contenga una elevada proporción de almidón vítreo.

Después de molido el grano de maíz, rinde como media: 3% de aceite, 16% de agua, 26% de sustancias alimenticias básicas, 55% de almidón.

Las típicas tortillas mexicanas tienen su equivalente en Venezuela en las arepas, panecillos de harina de maíz que se comen cocidos o fritos.

En algunos países, los granos sueltos se tuestan y se comen mojados en sopas.

Con el maíz fermentado se hace la chicha, utilizada de muy diversas formas, según costumbres locales en variedades de platos y bebidas.

Especialmente en países fuertes productores de maíz, se industrializan en grandes cantidades productos alimenticios a partir del grano, que sustituyen parcialmente, y muchas veces con ventaja, a artículos de primera necesidad firmemente establecidos en el mercado. Este es el caso del edulcorante líquido *isoglucosa HFCS (High Fructose Corn Syrup)*, cuyo consumo por habitante y año en los Estados Unidos pasó del 3% del total de alimentos azucarados consumidos en aquel país en 1974 a casi el 20% en 1981.

La *isoglucosa* es un jarabe de alto contenido en fructosa, procedente del grano de maíz. A partir de la elevación de precios del azúcar convencional en el mercado mundial durante la campaña 1974/75, se consideró en USA que la producción de isoglucosa a partir del maíz era rentable. Desde entonces, la isoglucosa obtenida del maíz es un serio competidor del azúcar de caña y de remolacha en el mercado estadounidense. Además de isoglucosa, la industria norteamericana produce almidón y glucosa, principalmente a partir del maíz. De este modo, aprovecha una parte importante de los grandes excedentes de este cereal y se independiza de los movimientos especulativos del mercado mundial del azúcar, producto en el que, además, tiene un déficit crónico.

En Europa, por su escasa producción de maíz grano, se vislumbra un porvenir menos prometedor para sus transformados industriales con destino a la alimentación humana.

Una goma llamada Xanthan, se obtiene mediante la fermentación de azúcares derivados del almidón del maíz. Esta goma tiene un amplio uso industrial como material aglutinante para líquidos. Una de sus aplicaciones en la industria alimentaria consiste en su utilización en la fabricación de salsas para condimentos.

Especialmente en América Central hay variedad de fórmulas culinarias que utilizan el maíz, como base de su elaboración, desde platos corrientes y económicos hasta los más sofisticados, especialidad de una gastronomía exigente y depurada.

En algunos lugares, antes de madurar el grano, se recogen las mazorcas incipientes que crecen en las axilas inferiores cuando empiezan a aparecer por su extremo las barbas o sedas. A estas pequeñas mazorcas se les llama jilotes o chilotes; hervidas enteras se comen como si fueran espárragos, condimentadas según los gustos.

Metidas en salmuera se venden también y se envasan para su exportación como maíz tierno. La mazorca a la brasa se come en gran cantidad de países. Para este consumo existen variedades muy apreciadas, algunas de las cuales se cultivan en Perú, Bolivia y sur de Argentina. Los tipos llamados Cuzco son famosos por sus grandes granos y zuros pequeños.

El maíz dulce se vende como verdura fresca, enlatada o congelada para consumo de sus granos. La principal región productora de maíz dulce se encontraba al norte de los Estados Unidos y sur de Canadá. Una vez cosechados los granos de esos maíces conservan su característico sabor dulce durante poco tiempo. Los azúcares se convierten pronto en almidón, sobre todo con las altas temperaturas de regiones más al Sur. Enfermedades y parásitos atacaban también con más fuerza a este tipo de maíces en climas más cálidos, por lo cual su cultivo estaba en Norteamérica, hasta hace algún tiempo restringido prácticamente a las regiones citadas. Pero la obtención de híbridos adaptados al cultivo en el Sur, la disponibilidad de nuevos insecticidas y fungicidas y la mejora de los métodos de conservación y transporte han permitido que el cultivo se extendiera hacia el Sur.

El productor y el industrial valoran como más importante en estos maíces su sabor dulce, lo tierno del pericarpio, la madurez y la consistencia o textura del contenido del grano. Cuando el grano se va a envasar (congelado o fresco) su sabor dulce tiene menos importancia, ya que se le puede agregar un edulcorante. En Estados Unidos existe una importante industria de tratamiento y envasado de maíz dulce para consumo.

Entre los maíces duros, el maíz reventón se cultiva principalmente para fabricación de palomitas o rosetas y como materia prima para productos de confitería. Su producción más importante se encuentra en los Estados Unidos.

La propiedad de expandido por el calor, del grano de este tipo de maíz, se da también en muchos maíces duros y en algunos dentados córneos. Se cree que la facultad de reventar que tienen estos maíces está relacionada con la producción relativa de almidón córneo contenida en el grano. Los granos de almidón se encuentran encajados en un material coloidal elástico y resistente, que a una cierta temperatura revienta y se expande. Una humedad del 14% en el grano es generalmente la más adecuada para que reviente en las mejores condiciones.

Los caracteres más apreciados en el maíz reventón son el grado de expansión al reventar, su suavidad, la ausencia de cáscaras, la forma, el color y el sabor del grano.

El *almidón* se obtiene de la industrialización del grano de maíz. En Colombia y en otros lugares se les llama fécula de maíz. Sus aplicaciones en la industria de la alimentación son muy variadas. El almidón de maíz entra como parte integrante de pastas y sémolas para sopas, mermeladas, confituras, maicena (es un almidón muy puro), goma de mascar, relleno de carnes, fabricación de salchichas, espesado de zumos de frutas, refrescos, cervezas, licores, etc.

El *aceite de maíz* es un subproducto derivado de la industria del almidón. Casi todo el aceite está en el germen de la semilla. El aceite refinado de la semilla de maíz tiene un elevado valor nutritivo y es de fácil digestión. Además, la investigación médica sobre la influencia de las grasas saturadas sobre el colesterol, sitúa al aceite de germen de maíz en una posición ventajosa respecto a otros aceites vegetales en este aspecto.

El aceite de maíz se emplea también para la fabricación de productos de panadería, mayonesa, margarina, etc.

11.- El Maíz Dulce

Desde hace años, existe una demanda creciente por parte de los consumidores de variedades de **maíz dulce y superdulce** y, especialmente este último tipo para consumo en fresco y envasado al vacío.

En cuanto a la siembra de este maíz, es aconsejable evitar sembrar *maíz superdulce* en la proximidad de *maíz común* para grano. Esto se debe a que si se siembran muy cercanos (menos de 200–300 metros), se puede producir polinización cruzada (lo que se conoce como *efecto XENIA*) que produce en el maíz superdulce granos con alto contenido en almidón (se pueden ver los granos arrugados a lo largo de la mazorca) que deprecian el producto, sobre todo cuando comercializamos la mazorca entera.

1.- Nombre común: Maíz dulce (español)

Sweet corn (inglés)

Maïs doux (francés)

Mais doce (italiano)

2.- Identificación Botánica:

Nombre botánico: *Zea Mays* var. *Saccharata*

Familia: Gramíneas

El maíz de grano dulce puede considerarse como hortaliza en cuanto a su aprovechamiento final. Es un cereal de ciclo anual, monoica, localizándose las flores masculinas en posición terminal y las femeninas en una mazorca lateral. A diferencia del maíz de grano, el porte de la planta es más bajo y herbáceo.

El sabor del grano es una característica genética que difiere este tipo de cultivo del resto de los tipos de maíz. Básicamente, este tipo de maíz pertenece a la variedad *saccharata* y en general el porte de la planta es menor a la del maíz común.

La recolección de las mazorcas debe realizarse cuando el líquido que contienen los granos ya ha empezado a espesar, pasando de color lechoso a amarillo.

Este tipo de maíz se vende cocido y envasado al vacío. Tiene mucho azúcar y si no se cuece a tiempo se endurece la mazorca.

Como su cosecha solamente dura un par de meses, para que se pueda distribuir durante más tiempo, se juega con el escalonamiento temporal de las siembras y también con los ciclos de las variedades (corto, medio o largo).

Para proceder a su envasado, primero se cosechan las mazorcas, a continuación se cortan las puntas, después se somete a un escaldado (cocción), más tarde se produce su envasado al vacío mediante la Termoformadora, utilizando material plástico especial para posterior esterilización en Autoclave.

Este maíz se consume en todo el país, pero es mucho mayor en las grandes ciudades, en la zonas costeras y sobre todo donde hay turismo.

Principales tipos de cultivares:

La clasificación varietal, se basa en la diferenciación de las variedades según el contenido de azúcar en el grano, pudiendo ser variedades dulces o superdulces (carácter genético que proporciona hasta doble contenido en azúcares).

Otro criterio para distinguir los cultivares, es según su color de grano (blanco o amarillo) y por la duración de su ciclo. En este sentido existen variedades precoces (75–80 días) y semiprecoces (ciclo >85 días).

3.– Plantación

Densidad de plantación (plántulas/m ²)	Distancia entre filas (m)	Distancia entre plantas (m)	Duración del cultivo (meses)
4 – 7	0,7 – 0,9	0,2 – 0,25	2 – 3

Las densidades mayores de plantación, se destinan a producciones industriales.

4.– Siembra

Nº Semillas/g	Modalidad	Peso Semilla Por Ha	Tª Germinación	Tiempo de Germinación	Profundidad Siembra (cm)
4 – 6	Directa	30 – 70 Kg	20°C (mín: 12° C)	4 – 6 días	2 – 4

5.– Cultivo

5.1.– Condiciones ambientales óptimas.

Tª óptima diurna (*)	Tª óptima nocturna	pH óptimo	Tolerancia salinidad
22 °C	15 °C	6 – 7	Media–baja

(*) Temperaturas superiores a los 29 °C pueden alterar en gran medida la calidad del grano.

5.2.– Fertilización.

5.2.1.– Tabla de extracciones

Rendimiento (T/Ha)	N (Kg/Ha)	P ₂ O ₅ (Kg/Ha)	K ₂ O (Kg/Ha)	MgO (Kg/Ha)
6,5	200	80	220	45

5.2.2.– Necesidades nutritivas según rendimientos (abonado orientativo).

Rendimiento (T/Ha)	N (Kg/Ha)	P2O5 (Kg/Ha)	K2O (Kg/Ha)	Sensibilidad al exceso	Carencia principal
20	150–250	60–120	110–240	Nitrógeno	Manganeso Zn y Cobre

Debe repartirse el nitrógeno en 2 ó 3 aportaciones a lo largo del ciclo.

6.– Propiedades nutritivas

Se trata de un alimento muy energético y nutritivo, rico en vitamina A. El germen del grano de maíz contiene un aceite que no contiene colesterol. Los estilos que coronan las espigas fructíferas poseen acción diurética, sedante y calmante. Contiene ácido salicílico, además de vitamina K.

Se le atribuye propiedades analgésicas, antihemorrágicas, hipercolesterolemiantes, diuréticas, hipoglucemiantes y sedantes.

El valor energético se cifra en unas 96 calorías/100g.

7.– Maíz y medio ambiente

Las nuevas orientaciones en Política Agraria dan cada vez más importancia a las cuestiones medioambientales. En este tema es necesario separar lo verdadero de lo falso.

• El maíz purifica la atmósfera.

Cada uno de los componentes de nuestra atmósfera: nitrógeno, oxígeno y carbono, obedece a ciclos extremadamente complejos regidos por los organismos vivos que pueden diferenciarse en dos grandes reinos: animales y plantas.

Los primeros, de los que formamos parte, somos incapaces de utilizar el carbono del aire, y vivimos parásitos del reino vegetal del cual nos nutrimos. Los intercambios entre los animales y la atmósfera se reducen a la respiración, en la cual quemamos oxígeno liberando gas carbónico.

Los vegetales tienen un funcionamiento más complejo, por una parte respiran como los animales, consumiendo oxígeno y expulsando gas carbono y por otra absorben carbono y reponen oxígeno, lo que les convierte en una auténtica fábrica de oxígeno. Este doble mecanismo es común a todos los vegetales con clorofila.

La clorofila es sin duda una de las más bellas obras de la naturaleza. Es un pigmento que gracias a la energía luminosa que absorbe, transforma el gas carbónico del aire en materia orgánica. Este proceso bioquímico llamado fotosíntesis es el mecanismo más eficaz hoy en día para almacenar energía solar. Sin él, la vida no sería posible. Para el hombre es más que el alimento, es el origen de la civilización. También le da la posibilidad de respirar; sin oxígeno no hay vida posible, y si bien todos los seres lo consumen, solo las plantas lo producen.

• El maíz contribuye al equilibrio ecológico.

La mayor parte de las plantas cultivadas poseen un metabolismo C3. Las plantas cultivada más conocidas con metabolismo C4 son el maíz, la caña de azúcar y el sorgo. Estas plantas fabrican materia seca a una velocidad dos o tres veces mayor que las C3 y no se saturan con intensidades luminosas demasiado fuertes. La consecuencia principal es que un maíz puede producir materia seca en gran cantidad y muy rápidamente. Como la producción de materia seca se corresponde a la fijación de gas carbónico y a la liberación de oxígeno, se deduce que el maíz es un gran filtro de aire.

Para producir una tonelada de materia seca (0,6 Ton de grano), el maíz absorbe 2 toneladas de gas carbónico. Un simple cálculo demuestra que las 5 millones de Has. de maíz de Europa, consumen alrededor de 130 millones de toneladas de gas carbónico (un 5% del total de emisiones).

- **Nitratos: hay que tomar precauciones.**

Es evidente que el nitrato en el agua no es un mito, pero la agricultura moderna no es la única responsable del aumento de nitratos en las capas freáticas.

La polución doméstica es importante incluso en el medio rural. Una treintena de casa por hectárea con cuatro individuos cada una, expulsan al medio 400 Kg de nitrógeno por hectárea, más del doble de lo que se utiliza en un cultivo de maíz.

Otras fuentes de polución por nitratos son:

- Conducciones defectuosas de aguas residuales.
- Estaciones depuradoras no equipadas para retener los nitratos.
- Contaminación industrial, áreas de estacionamiento, etc.

Aunque los agricultores no son los únicos responsables, deben interesarse por tomar el máximo de precauciones para evitar esta polución. Estas precauciones pueden resumirse en unas simples reglas:

- *No distribuir más nitrógeno del que el cultivo tiene necesidad.*
- *Fraccionar las aplicaciones.*
- *Establecer una cubierta vegetal en otoño e invierno.*
- *Considerar el purín como un abono, el campo de maíz no debe ser un basurero.*

- **Un cultivo de maíz bien conducido no es contaminante.**

El enriquecimiento en nitratos de la capa freática o de las aguas de drenaje supone que se den simultáneamente dos condiciones: lluvias importantes para saturar el suelo y provocar un movimiento de agua descendente y presencia de nitrógeno en forma nítrica.

Existen dos fuentes de nitrógeno nítrico: el procedente de los abonos que evoluciona más o menos rápidamente hacia la forma nítrica y el que forma parte de las reservas de materia orgánica del suelo que se mineraliza un poco cada año. En condiciones de calor y humedad una parte importante de nitrógeno pasa a la forma nítrica.

En tanto que la planta funciona, absorbe agua y nitrógeno nítrico y limita, salvo lluvias muy importantes el descenso de los nitratos. Pero desde el principio del otoño, esta absorción se para al no haber vegetación y pueden quedar restos de nitrógeno nítrico en el suelo que se infiltrarían tras las primeras lluvias de otoño.

El maíz no es un cultivo contaminante a condición de racionalizar la dosis de abonos aplicadas. Los ensayos realizados desde 1980, demuestran que el rendimiento máximo puede alcanzarse aportando un máximo de 20 Kg de nitrógeno por tonelada producida. Con respecto a otros cultivos el maíz presenta la ventaja de absorber

todavía nitrógeno en un período donde el suelo libera mucho (agosto), a condición de que el suelo disponga de agua. En contra, como sucede a otros cultivos, el maíz presenta el inconveniente de no ocupar el suelo durante el invierno.

- **El estiércol es un abono.**

Las deyecciones animales se consideran a veces como desechos y no como abono. Sin embargo los elementos fertilizantes que contienen son utilizables por el maíz. Los purines tienen una composición, aunque variable, bastante bien conocida para que se pueda racionalizar su empleo como el de un abono químico. De esta forma se alcanzaría un equilibrio agricultura/ganadería favorable desde todos los puntos de vista.

Numerosos ensayos han demostrado que el maíz soporta bien dosis elevadas de purines o estiércol. Es incluso posible suprimir totalmente los abonos nitrogenados, siempre que no aportemos cantidades tan elevadas que produzcan pérdidas por lixiviación. Es necesario racionar la dosis de purín en función de las necesidades de cultivo. Sobre la base de 12 Kg de nitrógeno por tonelada de materia seca, puede distribuirse 30 m³ de purín por Ha. de maíz del que se espere un rendimiento de 14 Ton de materia seca.

Sin embargo, el purín puede aumentar los riesgos de lixiviación pues el nitrógeno orgánico que contiene enriquece el suelo en humus fácilmente mineralizable, con riesgo de aumentar la concentración de nitratos disponibles al final del verano. Es necesario evitar distribuir el purín desde el otoño hasta final de Febrero. El maíz permite aplicaciones en presiembra y en posemergencia hasta el estado de 10 hojas.

- **Los pesticidas cada vez menos dañinos.**

En algunos decenios, los herbicidas, los insecticidas y los fungicidas han permitido a la humanidad multiplicar sus cosechas y a los hombres no morir de hambre. La extensión de los cultivos necesita el empleo de productos químicos o biológicos apropiados para que no sean presa de los depredadores.

La Atrazina:

Muy sensible a la presencia de malas hierbas, el cultivo de maíz ha sido mucho tiempo escarpado mecánicamente. La aparición de herbicidas ha sido influido de forma importante en el desarrollo de la producción. La ausencia de malas hierbas permite a las plantas aprovechar el agua y los elementos nutritivos del suelo.

Los herbicidas empleados en el desherbaje del maíz pueden clasificarse esquemáticamente en dos categorías, teniendo en cuenta su persistencia:

- HERBICIDAS DE PREEMERGENCIA, que tienen un efecto residual en el suelo. Su persistencia es del orden de 2 a 4 meses. Son productos que se movilizan poco: *Alacloro, Metoalacoloro, Atrazina, Simazina, etc.*
- HERBICIDAS DE POSTEMERGENCIA, que se degradan rápidamente en el suelo o en el maíz a continuación de su aplicación: *Bentazona, Bromexinyl, Fenol, Pyridate, Glifosato, etc.*

El desherbaje del maíz se basa en la utilización de la atrazina. Esta vieja materia activa, ha sido recientemente reestudiada por la Organización Mundial de la Salud (OMS). La OMS estima que el límite de tolerancia en las aguas potables es de 2 microgramos por litro (g/l). La norma de la UE es de 0,1 g/l, es decir, 20 veces menor.

Además la atrazina es poco tóxica: su DL50 (dosis letal 50) por ingestión en ratones es pequeña (ver tabla). Utilizada correctamente, esta materia activa no debería encontrarse más que a nivel de trazas y dentro de los límites establecidos.

Insecticidas biodegradables:

En cuanto a insecticidas y fungicidas, el maíz no se encuentra entre los productos muy consumidores. Alrededor de un 75% de las superficies reciben un tratamiento insecticida y solo un 2% fungicida. El tratamiento insecticida más común es contra insectos del suelo que se efectúa sobre la mitad de las superficies. Las otras aplicaciones se realizan esencialmente contra pulgones, sesamia y limacos, pero son marginales.

La utilización de piretroides de síntesis en tratamiento de suelo o de semillas en otros cultivos hace esperar para el futuro disponer de productos menos peligrosos que los que se aplican actualmente (organofosforados y carbamatos). El objetivo es evitar, combatiendo una plaga primaria, provocar la circulación de especies secundarias (pulgones, ácaros) y destruir los insectos útiles (depredadores de parásitos, abejas, etc.). Así las formulaciones granuladas al contrario que las líquidas no favorecen los pulgones, tan nefastos para el rendimiento del maíz.

TABLA I

DOSIS LETAL (DL50) EN RATÓN*

Cafeína	233 mg.
Alacloro	1.200 mg.
Metacloro	2.780 mg.
Atrazina	3.080 mg.
Sal de cocina	3.750 mg.
Simazina	5.000 mg.

(*) DL50: Dosis por Kg.de peso vivo del animal que provoca la muerte del 50% de los individuos.

Los biopesticidas y la selección: dos armas de futuro:

A más largo plazo, el problema debería poder resolverse tanto a través de la aparición de materias eficaces y biodegradables obtenidas de la investigación de la industria como a las técnicas de transferencia de genes. La resistencia a herbicidas biodegradables podría ser transferida al maíz por esta vía.

En materia de defensa contra los parásitos animales, la investigación aporta insecticidas eficaces inofensivos con el medio ambiente. La investigación sobre el taladro está orientada hacia sustancias que perturban el crecimiento de los insectos, actuando por ingestión son inofensivos para el resto de fauna útil. Otra vía es la puesta a punto del biopesticida *Bacillus Thuringiensis*; las plantas transformadas por técnicas de transferencia de genes serían capaces de secretar la toxina del *Bacillus Thuringiensis* que destruye las orugas del taladro cuando se instala.

• Agua: un recurso cada vez más precioso.

El riego en el maíz permite regularizar los rendimientos tanto en grano como en materia seca. Permite pues, regularizar la absorción de elementos fertilizantes, de nitrógeno nítrico en particular. Bien llevado, es el medio de dejar menos nitrógeno en el suelo después de la recolección y disminuir los riesgos de polución entre cultivos.

Demasiado a menudo se asocia el riego con la imagen del agua que desciende profundamente en el suelo. En realidad su fin es solamente realimentar las reservas de agua en una profundidad siempre inferior a 50 cm. y permitir el funcionamiento de las raíces (absorción de elementos minerales). Los medios son suficientemente numerosos y conocidos (tensiómetros,) para permitir al regante determinar la dosis a aportar para no

provocar ninguna pérdida. Los trabajos llevados a cabo por el INRA desde 1969 a 1988 han demostrado que la lixiviación es tanto menos importante cuanto mayor es la cantidad de materia seca producida, cada tonelada de materia seca suplementaria producida por hectárea disminuye la cantidad de nitrógeno drenado a 90 cm. en 12 Kg.

- **El maíz en ayuda del medio ambiente.**

La reciente toma de conciencia de los problemas del medioambiente en Europa y en otros países industrializados, sobre todo en los Estados Unidos, ha puesto de manifiesto la utilización de productos agrícolas como materias primas energéticas e industriales que presentan numerosas ventajas para el medio ambiente. El maíz es una de ellas.

Lavar sin contaminar:

Algunos países como Italia e Suiza se han preocupado ya por el problema de los residuos detergentes en los ríos y han prohibido la utilización de fosfatos en los detergentes. El fosfato se utiliza en los detergentes, para retener el calcio y el magnesio del agua, lo que evita los depósitos calcáreos en la ropa y la máquina, así como reforzar la acción de otros componentes. Al desembocar sobre los cursos de agua puede crear graves problemas: actúa como un superabono que favorece el crecimiento anárquico de la vegetación acuática, que al descomponerse absorbe demasiado oxígeno. Se rompe el equilibrio ecológico (eutrofización) y los peces mueren, comenzando por los más sensibles como los salmónidos.

Los fosfatos son reemplazables por otras materias primas: el almidón de maíz entre ellas. Estos agentes tensoactivos tienen la ventaja de ser solubles, estables en medio alcalino y biodegradables.

Conducir sin contaminar:

Los gases del escape de los motores contienen una gran cantidad de gas carbónico, monóxido de carbono, anhídrido sulfuroso, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos, hollines y plomo.

El carácter tóxico de todos estos productos ha empujado a desarrollar la producción de gasolina sin plomo, con un 10% de etanol. En los EEUU, el presidente Bush, tan pronto como fue investido, lanzó un programa de automóviles que funcionan sólo con etanol. La producción de etanol destinado a ser incorporado a la gasolina necesita en EEUU de 7 a 8 millones de Ton de maíz. Indudablemente, Europa seguirá este camino.

Los motores actuales deben estar provistos de catalizador para reducir las emisiones nocivas lo que obliga a no usar plomo en la gasolina para mejorar el índice de octano. Por esto el interés de los compuestos oxigenados aumenta. El aporte de oxígeno, permite mejorar la combustión y reducir las emisiones de hidrocarburo, azufre, partículas, monóxido de carbono, y óxido de nitrógeno. Como además son buenos elevadores de octano su interés es evidente.

Entre los frecuentemente citados encontramos del alcohóles: ETANOL, METANOL y tres éteres: MTBE, ETBE y TAME. La producción de etanol de maíz es una alternativa posible en Europa, a poco que se adopten ciertas decisiones a nivel político.

Consumir sin contaminar:

Si seguimos clasificando las civilizaciones por los materiales que usan, después de la edad de piedra y la de bronce, nuestra sociedad podría clasificarse como la edad de plástico. El problema es que una vez usados, los plásticos no desaparecen fácilmente. Se están buscando soluciones que permitan acelerar la descomposición natural que es excesivamente lenta. Los polietilenos naturales no se degradarán completamente más que al cabo de 300 años.

En los Estados Unidos y en Europa, se han llevado a cabo experiencias para obtener plásticos biodegradables. La solución ha venido con la incorporación de almidón de maíz.

La introducción de una pequeña cantidad de almidón de maíz acelera la degradación de los plásticos. En un medio biológicamente activo como el suelo se producen una serie de reacciones, el almidón es el primero en ser atacado y después es el polímero.

8.- Algunos ejemplos de ventas de maíz dulce en Madrid

a) El maíz como mazorca cocido y envasado al vacío.

ESTABLECIMIENTO Peso(g) Precio(pts) Ventas anuales(Kg)

MERCADONA (c/ Hilarión Eslava) 450 230 65

EXPRESO (c/ Andrés Mellado) 400 169 720

DÍA (c/ Gaztambide) 400 225 120

ALCOSTO (c/ Almansa) 400 299 2.800

ALCAMPO (Vaguada) 400 319 5.700

ALONSO (Vaguada) 400 250 500

- El maíz como grano envasado en botes de conserva.

ESTABLECIMIENTO Peso Precio Ventas al Total al DE VENTA (g) (pts) año (Kg) año (Kg)

MERCADONA (c/ Hilarión Eslava) **4.200**

140 69 1.100

285 185 3.100

EXPRESO (c/ Andrés Mellado) **1.300**

350 139 1.300

ALCOSTO (c/ Almansa) **12.400**

285 99 2.300

285 99 5.100

285 99 4.800

130 99 200

ALONSO (Vaguada) **100**

285 175 100

12.- Conclusiones

De todo lo que puede haber sido un amplio estudio sobre el maíz, y especialmente el maíz dulce para alimentación humana, podemos encontrar una serie de conclusiones que, en muchos casos pueden servir como consejos a la hora de elegir una alimentación adecuada en la que se pueda incluir el maíz o sus derivados como parte de esa alimentación:

1.- Como ya hemos visto, durante el desarrollo del grano de maíz, cambia su composición química y valor nutritivo:

- disminuye el nitrógeno y la fibra cruda y aumentan el almidón y el extracto etéreo.
- las proteínas solubles en alcohol aumentan velozmente a medida que madura el grano y al mismo tiempo disminuyen las proteínas solubles en soluciones ácidas y alcalinas.
- aumentan la arginina, la isoleucina, la leucina, y la fenilalanina, mientras que disminuyen la lisina, la metionina y el triptófano.
- además disminuye la calidad de las proteínas, entendiendo como tal el Índice de Eficiencia Proteica (PER).

Por lo tanto, se debería fomentar el empleo del maíz verde en la fase de destete para la nutrición infantil.

2.- Quienes consumen maíz degerminado, obtienen menos aceite y ácidos grasos que quienes consumen el grano entero.

3.- El único defecto importante del maíz, es la escasez de Niacina. Además una gran parte de las proteínas del maíz carecen de Triptófano, a base del cual, el cuerpo podría elaborar la Niacina.

4.- A la hora de cosechar el maíz, es conveniente que la mazorca este inmadura, e inmediatamente sea escaldada o congelada para inactivar el sistema enzimático que convertiría la sacarosa en almidón. De esta forma, la sacarosa queda en las semillas dando lugar a un alimento delicioso para las personas. Si, por el contrario, el maíz dulce es cosechado cuando está ya maduro o si no es inactivado el sistema enzimático, y se deja transcurrir un tiempo desde la cosecha hasta el consumo, la mayor parte de la sacarosa se habrá transformado en almidón, y como consecuencia, el maíz habrá perdido su dulzor y el grano devenido firme y duro.

BIBLIOGRAFÍA

- CARL HOSENEY, R. Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales. 1991.
- CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. Proteínas Alimentarias. 1989.
- DESROSIER, N.W. Elementos de Tecnología de Alimentos. 1983.
- FAO. El Maíz en la Alimentación. Roma. Marzo-1954.
- FELLOWS, P. Tecnología del Procesado de los Alimentos. 1994.
- GONZALEZ ALQUINZONES, Ubaldo. El Maíz y su conservación. 1995.
- JENSEN, William A.; SALISBURY, Frank B. Botánica. 2ª Ed. 1988.
- LLANOS COMPANY, Manuel: El Maíz.

- MOREIRAS,O.; CARVAJAL,A.; CABRERA,L. Tablas de composición de los Alimentos. 1996.
- NORTHINGTON–SCHNEIDER. The botanical world. 2 Edición. 1996.
 - RAVEN; EVERT; EICHHORN: Biología de las plantas. 1992. Tomo II.
- REYES CASTAÑEDA, Pedro. El Maíz y su cultivo. 1990.
 - ROYAL SLUIS. Catálogo de Semillas.
 - SEMILLAS MARIANO HERRERO. Cultivo técnico de las hortalizas.
- WEISZ, Paul b. La ciencia de la biología. 1986.
- ZOILA F. Honorio Durand. Tesis doctoral. Evolución química del tocosh del maíz.1992.

El Maíz en la Alimentación Humana Nutrición y Dietética

Facultad de Farmacia.UCM

Página 64