

Efecto del proceso de maduración del maíz sobre su valor nutritivo ¹

ROBERTO A. GÓMEZ-BRENES², LUIZ G. ELÍAS² Y
RICARDO BRESSANI³

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP)
Guatemala, C. A.

RESUMEN

Se recolectaron muestras de maíces en diferentes etapas de maduración, las cuales fueron liofilizadas y sometidas a análisis químico proximal, fraccionamiento nitrogenado y pruebas de crecimiento en ratas jóvenes, para determinar el valor nutritivo de este cereal en las diferentes fases de desarrollo del grano.

El análisis proximal de las muestras, expresado en base seca, señaló un descenso paralelo con la maduración del grano en el contenido de proteína, fibra cruda, ceniza, fósforo y hierro. En cambio, el contenido de grasa y de hidratos de carbono aumentó. El fraccionamiento nitrogenado reveló un incremento de zeína y un descenso de la fracción de nitrógeno soluble en agua.

Se determinó el contenido de los aminoácidos triptofano, lisina, metionina y arginina, observándose una disminución de sus valores originales, con excepción de la arginina, que aumentó conforme el maíz avanzaba en su maduración. Las pruebas de crecimiento en ratas pusieron de manifiesto un descenso apreciable en el índice de eficiencia proteica, reflejando así los cambios progresivos que ocurren en la concentración de zeína y de los aminoácidos durante la maduración del grano.

¹ La investigación aquí descrita se llevó a cabo con fondos provenientes de la Fundación W. K. Kellogg, con sede en Battle Creek, Michigan, Estados Unidos de América.

² Científicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.

³ Jefe de la citada División.
Publicación INCAP E-395

Recibido: 14-12-1967

INTRODUCCION

En el maíz que ha alcanzado plena madurez, una parte considerable de su proteína es la zeína (1-3), fracción que no sólo es deficiente en los aminoácidos esenciales lisina y triptofano, sino también de muy baja digestibilidad. Sin embargo, informes en la literatura relativa al tema (4-6) señalan la poca cantidad de zeína que el maíz contiene antes de su maduración.

En la América Central, una buena proporción del maíz tierno se consume en forma de atole, bebida que se prepara cortando las mazorcas a las 18 semanas después de la siembra cuando están aún en estado lechoso, es decir, con maíz tierno, y también se usa para preparar tamales⁴ de elote, para lo cual el grano se corta a las 20 semanas después de sembrado. A partir de estos antecedentes y ya que hasta la fecha se carece de información sobre el valor nutritivo del maíz en sus diversas etapas de maduración, se consideró de importancia investigar el efecto que dicho proceso ejerce sobre el valor nutritivo del grano. Con este propósito en mientes se desarrolló el presente estudio, cuya finalidad fue recabar datos relativos a la distribución de zeína y al contenido de aminoácidos del grano de maíz durante sus diferentes etapas de desarrollo, y establecer también su valor nutritivo mediante ensayos biológicos en ratas.

MATERIALES Y METODOS

El maíz utilizado en este estudio se seleccionó entre las variedades de uso común en la República de Guatemala (Maíz Azotea) y fue cultivado en la finca de experimentación agrícola del INCAP, la cual se encuentra situada a una altura de aproximadamente 1.750 metros sobre el nivel del mar. Para el primer estudio biológico, en ratas, se utilizó maíz en proceso de maduración; éste se sembró el 5 de junio de 1963, y luego se recolectaron siete muestras con una semana de intervalo entre un corte y otro, habiéndose hecho el primero de éstos a las 23 semanas de sembrado el maíz.

⁴ Alimento semiduro de forma rectangular preparado mezclando masa de maíz con azúcar, sal, canela y mantequilla, envuelto en las hojas de las mazorcas y cocido al vapor para gelatinizar el almidón.

En el caso del segundo ensayo biológico, así como para los estudios de fraccionamiento del nitrógeno proteico y no proteico del grano, el maíz se sembró el 19 de diciembre de 1965. Luego se recolectaron 10 muestras también con una semana de intervalo, haciéndose el primer corte a las 20 semanas de su siembra, y el décimo corte a las 29 semanas.

Viene al caso señalar que en ambas recolecciones, el maíz, a las 28 semanas de sembrado, estaba completamente maduro y casi seco, y a las 29 semanas, del todo seco y listo para ser cosechado.

Las muestras, en mazorca, transportadas a los laboratorios fueron desgranadas, y el grano se liofilizó y luego se molió a un grueso de 40 mallas. Parte de ellas se desgrasaron con hexano durante 48 horas en un extractor Soxhlet con el objeto de facilitar el fraccionamiento proteico. Todas las muestras fueron almacenadas en un cuarto refrigerado a 4°C hasta el momento de practicar los análisis químicos y las pruebas biológicas.

La extracción de zeína y nitrógeno no proteico se llevó a cabo en el material seco, molido y desgrasado, con 75% de etanol y siguiendo el método de Christianson y colaboradores (7). Se tomó una alícuota de este extracto para determinación del nitrógeno total extraído; el resto del extracto se evaporó en un baño de agua a 40°C con una corriente de aire, a fin de eliminar el alcohol y precipitar la zeína, la cual se separó por filtración, quedando el nitrógeno no proteico en solución acuosa. El contenido de nitrógeno de ambas fracciones fue determinado por el método macro-Kjeldahl.

La determinación del contenido de humedad, grasa, fibra cruda y ceniza, así como la digestión de nitrógeno, se realizaron utilizando los métodos oficiales de la AOAC (8); la destilación y titulación del nitrógeno se efectuó de acuerdo al procedimiento recomendado por Hamilton y Simpson (9). La determinación de fósforo se verificó colorimétricamente según Fiske y Subbarow (10) con la modificación de Lowry y López (11). La determinación colorimétrica del hierro se hizo utilizando el método de Jackson (12) y el de Moss y Mellon (13). Los aminoácidos esenciales se determinaron por técnicas microbiológicas en hidrolizados ácidos o alcalinos, empleando las bacterias y los medios de cultivo usados por Steele y colaboradores (14).

Los animales de experimentación utilizados en este ensayo fueron ratas albinas Wistar de la colonia del INCAP, de aproximadamente 21 días de nacidas. Se usaron seis animales por grupo, en cada ración. El primer estudio de crecimiento —con el maíz sembrado en 1963— incluyó 3 hembras y 3 machos por grupo, con un peso promedio de 46 g. En el segundo experimento, en el cual se usó el maíz sembrado en 1965, se usaron ratas macho únicamente, cuyo peso promedio era de 49 g. En ambos ensayos los animales se mantuvieron en jaulas individuales con fondo levantado de tela metálica, para evitar coprofagia, suministrándoles agua y alimento *ad libitum*. Además, se llevó un registro semanal de datos sobre consumo de alimento y ganancia de peso durante un período de 28 días.

Las raciones administradas a las ratas contenían aproximadamente 7% de proteína a base de maíz en sus diversas etapas de maduración, el cual se incluyó en las raciones en porcentajes que variaron de 60 a 90 de acuerdo a su contenido proteico, ajustándose con almidón de maíz hasta completar 100 g. Asimismo, éstas contenían 4% de una mezcla mineral⁵, 5% de aceite de semilla de algodón, 1% de aceite de hígado de bacalao⁶ y 5 ml. de una solución vitamínica (16) por cada 100 g de alimento.

RESULTADOS

Los cambios que ocurrieron en la composición química proximal del grano de maíz en proceso de maduración se detallan en el Cuadro N° 1. En las muestras sembradas en 1963, el contenido de nitrógeno bajó consistentemente de 1.55 que acusaron a las 23 semanas de su siembra a 1.30% a las 29 semanas. En cuanto a las muestras del maíz sembrado en 1965, el contenido de nitrógeno descendió considerablemente de 2.03 a las 20 semanas a 1.54% a las 22 semanas, decreciendo de nuevo ligeramente hasta alcanzar un valor de 1.41% a las 29 semanas.

Las determinaciones relativas al extracto etéreo y fibra cruda realizadas en las muestras de 1963 revelaron que éstas

⁵ Mezcla mineral Hegsted (15), obtenida de Nutritional Biochemicals Corporation, Cleveland, Ohio, E.E.UU.

⁶ Contiene 1.800 unidades U.S.P. de vitamina A y 175 unidades U.S.P. de vitamina D, por gramo. Se obtuvo por cortesía de Mead-Johnson International, con sede en Evansville, Indiana, E.E.UU.

CUADRO Nº 1
CAMBIOS EN LA COMPOSICION QUIMICA DEL GRANO DE MAIZ EN PROCESO DE MADURACION
 (determinados en base seca)

Semanas ¹	N g%	Extracto etéreo g%	Fibra cruda g%	Ceniza g%	Fósforo mg%	Hierro mg%	Carbohidratos por diferencia ² g%
1963							
23	1.55	5.4	2.6	1.6	—	—	80.7
24	1.52	6.0	2.6	1.2	—	—	80.7
25	1.35	5.6	2.6	1.2	—	—	82.1
27 ³	1.43	5.8	2.2	1.2	—	—	81.8
28	1.41	6.0	2.2	1.1	—	—	81.8
29	1.30	5.3	2.6	1.2	—	—	82.8
1965							
20	2.03	3.6	6.6	3.2	162.1	5.6	73.9
21	1.80	3.5	5.9	2.7	373.3	4.3	76.6
22	1.54	4.7	4.0	2.6	362.8	4.0	79.0
23	1.51	4.6	3.1	1.9	342.8	3.8	80.9
24	1.54	5.2	2.7	2.0	350.1	3.1	80.5
25	1.54	4.7	2.9	1.9	324.4	2.2	80.9
26	1.45	4.5	2.4	1.6	307.4	2.2	82.4
27	1.44	5.5	2.4	1.5	294.7	2.8	81.5
28	1.26	5.2	2.2	1.2	247.6	3.1	83.5
29	1.41	4.9	2.2	1.2	285.4	6.6	82.9

¹ Número de semanas después de sembrado el maíz.

² = 100 — (Proteína + extracto etéreo + fibra cruda + ceniza).

³ Mezcla de muestras obtenidas del 4º y 5º cortes.

CUADRO N° 2

FRACCIONAMIENTO DEL NITROGENO DEL GRANO DE MAIZ DURANTE SUS DIVERSAS ETAPAS DE MADURACION

A. Porcentaje de nitrógeno del maíz extraído con 75% de etanol.									
Semanas ¹	21 ²	22	23	24	25	26	27	28	29
Extraído	34.7	39.3	40.3	39.7	39.2	40.1	35.4	35.2	27.9
Residuo por diferencia	65.3	60.7	59.7	60.3	60.8	59.9	64.6	64.8	72.1
B. Fraccionamiento del extracto alcohólico en nitrógeno no proteico soluble en agua y en nitrógeno insoluble en agua (zeína).									
% N soluble en agua	66.6	38.6	25.9	30.8	25.9	22.9	25.0	22.2	21.1
% N insoluble en agua	11.7	52.6	60.3	59.6	63.8	62.3	58.9	77.8	68.4
% N perdido ³	21.7	8.8	13.8	9.6	10.3	14.8	16.1	0.0	10.5
C. Resumen de cambios en la composición de las fracciones de nitrógeno durante el desarrollo del grano de maíz.									
% N residual	65.3	60.7	59.7	60.3	60.8	59.9	64.6	64.8	72.1
% N soluble en agua	23.1	15.2	10.4	12.2	10.2	9.2	8.9	7.8	5.9
% N insoluble en agua (zeína)	4.1	20.7	24.3	23.7	25.0	25.0	20.8	27.4	19.1
% N perdido ³	7.5	3.4	5.6	3.8	4.0	5.9	5.7	0.0	2.9

¹ Número de semanas después de sembrado el maíz.

² Mezcla de muestras obtenidas del 1º y 2º cortes.

³ Pérdida de nitrógeno durante el fraccionamiento del extracto alcohólico.

no sufrieron cambios considerables durante el proceso de maduración. Sin embargo, en las muestras de 1965 el extracto etéreo aumentó de 3.6% a las 20 semanas a 5.5% a las 27 semanas, contenido que se mantuvo cerca de este valor hasta las 29 semanas. El análisis reveló que en estas muestras la fibra cruda también decreció consistentemente, de 6.6 a las 20 semanas a 2.2% a las 29 semanas.

Tanto en las muestras de 1963 como en las de 1965, pudo establecerse que el contenido de ceniza bajó y el de hidratos de carbono aumentó en forma paralela al desarrollo del grano.

El contenido de fósforo y hierro solamente se determinó en las muestras de 1965. En el caso del fósforo, éste ascendió de 162.1 mg% a las 20 semanas hasta 373.3 mg% a las 21 semanas, para luego descender, alcanzando 285.4 mg% a las 29 semanas. El contenido de hierro decreció de 5.6 a las 20 semanas a 2.2 mg% a las 29 semanas.

En el Cuadro N^o 2 se presentan los resultados del fraccionamiento del nitrógeno del grano de maíz en sus diversas etapas de maduración. Para este fraccionamiento se usaron únicamente las muestras cultivadas en 1965. El porcentaje de nitrógeno del maíz extraído con 75% de etanol se detalla en el Cuadro N^o 2(A) y, según puede apreciarse, éste varió de 34.7 a las 21 semanas a 27.9% a las 29 semanas, obteniendo un valor máximo de 40.3% a las 23 semanas de su siembra. Los porcentajes de nitrógeno de las dos fracciones, una soluble y la otra insoluble en agua con respecto al nitrógeno total del extracto alcohólico, figuran en el Cuadro N^o 2(B). El contenido de nitrógeno soluble en agua descendió bruscamente de 66.6 a las 21 semanas a 38.6% a las 22 semanas, decreciendo nuevamente hasta 21.1% a las 29 semanas. Por el contrario, el nitrógeno de la fracción insoluble en agua aumentó abruptamente de 11.7 a las 21 semanas a 52.6% a las 22 semanas, y siguió un alza progresiva hasta alcanzar el valor de 68.4% a las 29 semanas. Parte del contenido de nitrógeno se perdió durante el fraccionamiento del extracto alcohólico, posiblemente por las diferentes manipulaciones a que se sometió el extracto. Las pérdidas de nitrógeno fluctuaron desde 0 hasta 21.7%, con un valor promedio de 11.7%.

Las relaciones existentes entre el nitrógeno residual y el de la fracción soluble en agua (nitrógeno no proteico), así como el de la fracción insoluble en agua (zeína), se resumen

en el Cuadro N° 2 (C). Los datos correspondientes se expresan como porcentajes de nitrógeno con respecto al nitrógeno total del grano de maíz. Según se observa, el nitrógeno no proteico soluble en agua constituye un 23.1% en el maíz tierno, es decir, a las 21 semanas de su siembra, y éste decrece paralelamente a la maduración del grano hasta constituir el 5.9% a las 29 semanas. En contraposición a lo expuesto, el nitrógeno insoluble en agua (zeína) forma solamente un 4.1% en el maíz tierno (21 semanas); sin embargo, a las 22 semanas, ya constituye parte importante del grano (20.7%) y sus niveles siguen aumentando progresivamente hasta alcanzar el valor máximo de 27.4% cuando el maíz ya ha alcanzado plena madurez y sequedad y se encuentra listo para ser cosechado.

En el Cuadro N° 3 se presentan los resultados de la determinación de cuatro aminoácidos en las muestras de maíz cultivadas en 1965, triptofano, metionina, lisina y arginina, los que, además de ser esenciales, presentan ciertas características con respecto a su contenido en la zeína.

La concentración de los aminoácidos triptofano y lisina descendió en el maíz conforme avanzaba la maduración, tanto al ser expresados en términos de porcentaje de muestra seca como en base a su contenido de nitrógeno. Siendo la lisina la que reflejó mejor el efecto de la maduración.

Expresado en términos de porcentaje de muestra seca, el aminoácido metionina también decreció por efecto de la maduración, ya que a las 21 semanas de siembra éste acusaba un valor de 0.344 g%, mientras que a las 29 semanas éste fue de 0.245 g%. Sin embargo, expresado en base de contenido de nitrógeno, se observa primero un incremento de 0.179 a las 21 semanas, a 0.227 a las 28 semanas, y luego un descenso que se tradujo en un valor final de 0.174 g/g N a las 29 semanas.

En lo que respecta al contenido de arginina, inicialmente ocurrió un descenso en su concentración (de 0.519 a 0.404 g% entre la 21 y la 26 semanas) y luego un alza hasta alcanzar el valor de 0.542 g% a las 29 semanas. Expresados en base al contenido de nitrógeno, estos valores reflejan un incremento en la concentración de este aminoácido de 0.270 a 0.434 g/g N entre la 21 y la 28 semanas, seguido de un descenso que acusó 0.385 g/g N a las 29 semanas de sembrado el maíz.

En el Cuadro N° 4 se presentan los hallazgos del primer ensayo biológico realizado con el maíz cuyo cultivo se hizo en

CUADRO Nº 3

CAMBIOS EN LOS AMINOACIDOS DEL GRANO DE MAÍZ DURANTE EL PROCESO DE SU MADURACION
(determinados en base seca)

Semanas ¹ 1965	TRIPTOFANO		METIONINA		LISINA		ARGININA	
	g%	g/gN	g%	g/gN	g%	g/gN	g%	g/gN
21 ²	0.215	0.112	0.344	0.179	0.755	0.394	0.519	0.270
22	0.149	0.096	0.326	0.211	0.463	0.299	0.535	0.346
23	0.132	0.087	0.311	0.205	0.436	0.287	0.421	0.277
24	0.136	0.088	0.331	0.215	0.409	0.265	0.488	0.316
25	0.164	0.106	0.340	0.221	0.402	0.261	0.505	0.328
26	0.211	0.145	0.291	0.200	0.390	0.268	0.404	0.278
27	0.138	0.095	0.299	0.207	0.379	0.262	0.506	0.350
28	0.122	0.097	0.286	0.227	0.396	0.314	0.547	0.434
29	0.137	0.097	0.245	0.174	0.329	0.234	0.542	0.385

¹ Número de semanas después de sembrado el maíz.

² Mezcla de muestras obtenidas del 1º y 2º cortes.

CUADRO N° 4

**EFFECTO DE LOS DIFERENTES GRADOS DE MADURACION DEL MAIZ
SOBRE EL CRECIMIENTO DE RATAS ¹**
(muestras cultivadas en 1963)

Raciones (a base de maíz)	Proteína en la ración g%	Aumento promedio de peso g	Indice de eficiencia proteica (PER)
Corte hecho a las:			
23 semanas	7.84	32.0 ± 4.7	1.74 ± 0.15
24 "	8.37	20.0 ± 6.0	1.14 ± 0.28
25 "	7.06	25.8 ± 12.4	1.52 ± 0.55
27 ² "	6.96	17.7 ± 6.0	1.24 ± 0.28
28 "	6.45	19.8 ± 6.2	1.22 ± 0.33
29 "	6.58	22.0 ± 9.5	1.31 ± 0.48

¹ El ensayo incluyó 6 ratas por grupo: 3 machos y 3 hembras, cuyo peso inicial era de 46 gramos.

² Mezcla de muestras obtenidas del 4º y 5º cortes.

1963. Los datos revelan, según se aprecia, una disminución en la ganancia ponderal de los animales conforme la maduración del maíz avanzaba. Este descenso puede observarse mejor aún al comparar el maíz obtenido a las 23 semanas de su siembra con el grano que se cortó a las 24 semanas, pues no obstante que la ración preparada con el maíz de 24 semanas de cultivo acusó una concentración proteica de 0.53% más alta que la primera, el aumento ponderal de los animales alimentados con la segunda ración fue solamente de 43.4%, mientras que el incremento en peso obtenido con la primera fue de 69.5% con respecto a los pesos iniciales de las ratas.

Estos cambios se reflejan con mayor fidelidad en los índices de eficiencia proteica ("Protein Efficiency Ratio" = PER), respectivos, pues con el maíz cuyo corte se hizo a las 23 semanas se obtuvo un PER de 1.74 ± 0.15 y 1.14 ± 0.28 con el maíz cuyo corte se hizo a las 24 semanas de la siembra.. La inconsistencia que acusan las desviaciones estándar podrían explicarse a partir del hecho de que se trabajó a un nivel proteico bajo en la ración, y por este motivo los animales no siem-

pre respondieron en la misma forma. Sin embargo, análisis estadísticos sobre las ganancias en peso de los animales entre las 23 y las 29 semanas después de sembrado el maíz demostraron ser altamente significativas.

Los resultados del segundo ensayo de crecimiento en ratas jóvenes, en el que se usó el maíz sembrado en 1965, se dan a conocer en el Cuadro N° 5. En este caso, los animales que

CUADRO N° 5

EFFECTO DE LAS DIVERSAS ETAPAS DE MADURACION DEL GRANO DE MAIZ SOBRE EL CRECIMIENTO DE RATAS JOVENES ¹
(muestras cultivadas en 1965)

Raciones (a base de maíz)	Proteína en la ración g%	Aumento promedio de peso g	Indice de eficiencia proteica (PER)
Corte hecho a las:			
21 semanas ²	8.57	32.8 ± 7.6	1.41 ± 0.19
22 semanas	8.50	27.8 ± 10.5	1.37 ± 0.34
23 semanas	7.80	18.5 ± 12.2	1.17 ± 0.44
24 semanas	7.17	20.8 ± 9.5	1.11 ± 0.46
25 semanas	7.52	15.2 ± 10.7	1.08 ± 0.40
26 semanas ³	7.55	21.7 ± 8.7	1.20 ± 0.38
28 semanas	7.93	16.0 ± 6.4	1.07 ± 0.35
29 semanas	6.87	10.5 ± 8.1	0.86 ± 0.40

¹ El ensayo incluyó ratas machos por grupo, con un peso inicial de 49 gramos.

² Mezcla de muestras obtenidas del 1° y 2° cortes.

³ Mezcla de muestras obtenidas del 6° y 7° cortes.

recibieron el maíz cortado a las 21 semanas mostraron un aumento ponderal promedio de 32.8 ± 7.6 g en el término de 28 días. Esta ganancia en peso disminuyó progresivamente con el estado de maduración del maíz hasta obtener un incremento de peso promedio de 10.5 ± 8.1 g en las ratas alimentadas con la ración a base del maíz cuyo corte se efectuó a las 29 semanas de la siembra. La eficiencia proteica decreció paralelamente a la maduración del grano, desde 1.41 ± 0.19 a las 21 semanas hasta 0.86 ± 0.40 a las 29 semanas.

DISCUSION

Los resultados de los estudios descritos en este trabajo en lo concerniente a la composición química del maíz en sus diversas etapas de maduración son similares a los observados por Evans en 1941 (17) en maíces cultivados en los Estados Unidos de América, y a los obtenidos por Bressani y Conde en 1961 (4) en maíces de la Costa Sur de Guatemala. El fraccionamiento a que se sometió la proteína del grano de maíz para determinar los cambios que ocurren en la distribución de las fracciones de nitrógeno en el proceso de su maduración confirma los hallazgos de otros investigadores (4-6). En sus diversos trabajos éstos han notificado la poca cantidad de zeína que presenta el maíz tierno, seguida de un notorio aumento de esta proteína a medida que el maíz avanza en su desarrollo hasta alcanzar la madurez, convirtiéndose luego esta fracción porteica en una de las más importantes del grano. Asimismo, se corroboran las observaciones de estos investigadores en el sentido de que con el rápido aumento que ocurre en la razón nitrógeno de zeína a nitrógeno total se presenta, en orden inverso, una reducción en el nitrógeno no proteico soluble en agua.

En los valores correspondientes al maíz de 1965, cosechado a las 28 semanas, se observa que hay menos nitrógeno total, más zeína y, sin embargo, más lisina. Estos resultados son diferentes a los esperados, para los cuales no se puede ofrecer ninguna explicación.

Los resultados del fraccionamiento nitrogenado presentados en este estudio, y los de otros investigadores (4-7), sugieren que el efecto de la maduración sobre el desarrollo del grano de maíz podría considerarse como un proceso compuesto de tres etapas. La primera, que dura hasta la 21 semana después de la siembra, se caracteriza por una baja concentración de zeína y altos niveles de hierro, fósforo y compuestos solubles (aminoácidos, nucleótidos, nitrógeno soluble y azúcares). En la segunda etapa, comprendida entre la 22 y la 25 semanas después de la siembra, la zeína principia a formarse en cantidades apreciables a partir de las fracciones de nitrógeno soluble y durante esta fase los carbohidratos simples se convierten en carbohidratos complejos y grasa. La tercera etapa, que podría denominarse de almacenaje, estaría com-

prendida entre las 25 semanas posteriores a la siembra del maíz y el momento de su recolección, y se caracteriza por una acumulación de carbohidratos complejos, zeína y pérdida de agua en el grano. Es de interés indicar que la concentración de zeína en el maíz de la Azotea es inferior al de variedades informadas por otros investigadores (1, 2, 3). Los valores de zeína consignados en este trabajo son similares a los indicados para el maíz Opaco-2, con la diferencia que en éste la cantidad de nitrógeno no-proteico es superior al del maíz usado en el presente estudio (18). Estos resultados sugieren que maíces como el de la Azotea contienen el gen-Opaco-2 u otro en pequeña dosis, lo cual amerita más investigación.

Evidentemente, las dos primeras etapas pueden considerarse como las más activas del proceso metabólico de maduración, ya que la síntesis proteica y la formación de polisacáridos y grasa se lleva a cabo durante este período.

Los resultados de los estudios efectuados con ratas jóvenes en proceso de crecimiento, cuyo propósito fue obtener un índice del valor nutritivo de la proteína del maíz en vías de maduración, señalan que en sus primeras etapas el grano tiene un valor nutritivo superior al del maíz sazón. Estos hallazgos, y los correspondientes a los análisis de aminoácidos y fraccionamiento nitrogenado, parecen indicar que en el maíz tierno el triptofano es el aminoácido limitante, habiendo cantidades relativamente altas de lisina, ya que el contenido de triptofano no cambia del maíz tierno al maíz sazón. Por el contrario, y como lo han demostrado varios investigadores (19-22), en el maíz sazón los aminoácidos limitantes son la lisina y el triptofano. Estos resultados, así como los informados por otros autores (4), que han demostrado que las glutelinas —proteínas de mejor calidad que la zeína— se encuentran en una mayor concentración en el grano tierno que en el sazón, justifican, pues, el menor crecimiento que se obtuvo en las ratas alimentadas con este último en el curso de los ensayos biológicos descritos.

Una de las principales desventajas del maíz tierno es su bajo contenido en proteína, el cual se podría mejorar por la adición de concentrados proteicos. Con ello se lograría obtener alimentos de valor nutritivo superior, con la ventaja de su alta aceptación por parte de los pobladores, puesto que su

olor y su sabor son agradables y, como se dijo, se acostumbra muy comúnmente en la alimentación rural de los países del área centroamericana.

SUMMARY

Effect of maturation on the nutritive value of corn

Samples of corn collected at different stages of development were analyzed for their chemical composition, and fed to young rats to determine the nutritive value of their protein. The samples were also analyzed for the amount of alcohol-soluble and water-soluble nitrogen and for their content of tryptophan, lysine, methionine and arginine.

Results of the main chemical components, expressed on a dry weight basis, showed a decrease in protein, crude fiber, ash, phosphorus and iron content. On the other hand, the fat and carbohydrate content increased with maturation of the grain. Nitrogen fractionation showed an increase in zein and a decrease in the nitrogen fraction soluble in water. The tryptophan, lysine and methionine content decreased while the arginine content increased with maturation time.

The weight gain and protein efficiency ratio of rats fed on the samples decreased with maturation time, thus corroborating the chemical data obtained.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Bressani, R. & Mertz, E. T.—Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. *Cereal Chem.*, 35: 227-235, 1958.
- (2) Hamilton, T. S., Hamilton, B. C., Johnson, B. C. & Mitchell, H. H.—The dependence of the physical and chemical composition of the corn kernel on soil fertility and cropping system. *Cereal Chem.*, 28: 163-176, 1951.
- (3) Hansen, D. W., Brimhall, B. & Sprague, G. F.—Relationship of zein to the total protein in corn. *Cereal Chem.*, 23: 329-335, 1946.
- (4) Bressani, R. & Conde, R.—Changes in the chemical composition and in the distribution of nitrogen of maize at different stages of development. *Cereal Chem.*, 38: 76-84, 1961.
- (5) Ingle, J., Beitz, D. & Hageman, R. H.—Changes in composition during development and maturation of maize seeds. *Plant Physiol.*, 40: 835-839, 1965.
- (6) Zeleny, L.—The distribution of nitrogen in the seed of *Zea mays* at different stages of maturity. *Cereal Chem.*, 12: 536-542, 1935.
- (7) Christianson, D. D., Wall, J. S. & Cavins, J. F.—Nutrient distribution in grain. Location of nonprotein nitrogenous substances in corn grain. *J. Agr. Food Chem.*, 13: 272-276, 1965.
- (8) Association of Official Agricultural Chemist. *Official Methods of Analysis*. 8th ed. Washington, D. C., 1955.
- (9) Hamilton, L. F. & Simpson, S. G.—*Talbot's Quantitative Chemical Analysis*. 9th ed. New York, McMillan Co., 1946.

- (10) Fiske, C. H. & Subbarow, Y.—The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.*, 66: 375-400, 1925.
- (11) Lowry, O. H. & López, J. A.—The determination of inorganic phosphate in the presence of labile phosphate esters. *J. Biol. Chem.*, 162: 421-428, 1946.
- (12) Jackson, S. H.—Determination of iron in biological material. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 10: 302-304, 1938.
- (13) Moss, M. L. & Mellon, M. G.—Colorimetric determination of iron with 2, 2' -bipyridyl and with 2, 2', 2'' -terpyridyl. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.*, 14: 862-865, 1942.
- (14) Steele, B. F., Sauberlich, H. E., Reynolds, M. S. & Baumann, C. A. Media for *Leuconostoc mesenteroides* P-60 and *Leuconostoc citrovorum* 8081. *J. Biol. Chem.*, 177: 533-544, 1949.
- (15) Hegsted, D. M., Mills, R. C., Elvehjem, C. A. & Hart, E. B.—Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, 138: 459-466, 1941.
- (16) Manna, L. & Hauge, S. M.—A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202: 91-96, 1953.
- (17) Evans, J. W.—Changes in the biochemical composition of the corn kernel during development. *Cereal Chem.*, 18: 468-473, 1941.
- (18) Mertz, E. T., Bates, L. S. & Nelson, O. E.—Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science*, 145: 279-280, 1964.
- (19) Gillespie, G. T., Flynn, L. M., O'Dell, B. L. & Hogan, A. G.—Nicotinic acid, lysine, tryptophan and threonine as supplements to high-protein corn. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 679, 1958.
- (20) Hogan, A. G., Gillespie, G. T., Koçtürk, O., O'Dell, B. L. & Flynn, L. M.—The percentage of protein in corn and its nutritional properties. *J. Nutrition*, 57: 225-239, 1955.
- (21) Koçtürk, O. N., Flynn, L. M., O'Dell, B. L. & Hogan, A. G.—Nicotinic acid, lysine and tryptophan as supplements to low-protein corn. *Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bull.* 678, 1958.
- (22) Sure, B.—Protein efficiency. Improvement in whole yellow corn with lysine, tryptophan and threonine. *J. Agr. Food Chem.*, 1: 626-629, 1953.