

# Valor biológico del Maíz Opaco-2 en Cancha y Mote<sup>1, 2</sup>

TULIO S. AGUILAR, ANTONIO MANRIQUE CH.,

VÍCTOR ROJAS<sup>5</sup>

Universidad Nacional Agraria - La Molina, Lima, Perú

## RESUMEN

Este estudio se efectuó a fin de evaluar, en ratas, la calidad proteica del maíz amarillo cristalino, opaco-2 y opaco-2 "modificado" al estado crudo (C), hervido en agua o "mote" (M) y tostado o "cancha" (T), por medio de la relación de eficiencia proteica (PER), valor biológico (VB) y utilización proteica neta (NPU). para ello, se elaboraron dietas semipurificadas gelificadas con una solución de agar, en las que el total de proteína (7%) era aportado por el maíz; y se alimentaron ad libitum e individualmente a grupos de 5 ratas machos Holtzman recién destetados, alojados en jaulas metabólicas individuales. El estudio de PER duró 28 días, mientras que el de VB y NPU 10 días. En ambos casos se utilizaron dietas purificadas gelificadas de caseína de 7 y 10% de proteína total (PT) como controles de comparación. A fin de calcular los "valores reales" de VB y NPU, un grupo de 5 ratas destetados recibieron durante 10 días una dieta purificada gelificada carente de nitrógeno, de modo que los valores de nitrógeno urinario endógeno y nitrógeno fecal metabólico pudiesen ser estimados.

El PER para las dietas de opaco-2 (2.63-C, 2.61-T, 2.59-M) y opaco-2 modificado (2.30-C, 2.08-T, 2.19-M) fueron ampliamente superiores a las del cristalino (1.24-C, 0.87-T, 0.98-M), y ligeramente superiores a las de

1. Este trabajo fue presentado en la IX Reunión Latinoamericana de Fitotecnia, llevada a cabo en la República de Panamá, del 10 al 16 de Marzo de 1974.
  2. Trabajo parcialmente financiado por el Comité de Productores de Maíz y otros cereales (COMAIZ), el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz y el Departamento de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria, La Molina.
  3. Ex-Profesor Asociado de Nutrición y Bioquímica de la Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.
  4. Profesor Principal del Dpto. de Fitotecnia, Programa Académico de Agronomía. Genetista del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.
  5. Estudiante de la Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú.
- Recibido: 3-5-74.

"caseína-7 PT" (2.09) pero inferiores a las de "caseína-10 PT" (3.11). El efecto adverso del calor húmedo o seco se evidenció en el maíz cristalino, ligeramente en el modificado, no así en el opaco-2. El crecimiento de las ratas alimentadas con opaco-2 fue ampliamente superior a los del cristalino y caseína-7 PT, pero inferior al de caseína-10 PT.

El VB del opaco-2, "modificado" y cristalino crudos fue de 75.5, 78.5 y 66.7, respectivamente. La cocción aparentemente mejoró estos valores en un 3%. El NPU de los mismos fue de 66.2, 68.2 y 57.8 respectivamente. La cocción no alteró substancialmente estos valores. La caseína rindió valores de 92 y 90 para el VB y NPU, respectivamente.

El opaco-2 demostró poseer cantidades totales de lisina, arginina y triptofano que duplican a las del cristalino; mientras que la valina, leucina e isoleucina en el opaco-2 son de casi la mitad de los contenidos en el amarillo. Parece que la cistina es considerablemente destruida por el tostado.

## INTRODUCCION

El Perú es un país con 14 millones de habitantes, de los cuales alrededor del 75% provienen de áreas rurales, siendo ellos quienes consumen la totalidad de la producción de maíces amiláceos, consumo que representa alrededor del 50% de la producción nacional de maíces duros y amiláceos.

Este consumo se hace en forma directa, sea como "cancha" (maíz tostado) o como "Mote" (maíz hervido), y constituyen el complemento básico de la alimentación cotidiana del poblador rural, al igual que lo son las tortillas y arepas con el poblador mexicano y centroamericano, o venezolano y colombiano, respectivamente (6, 7, 8, 10, 17).

Por lo tanto, el maíz opaco-2 puede sustituir fácilmente a las variedades amiláceas locales, de los países andinos que utilizan al grano de maíz en esta forma, ya que dichas variedades presentan los mismos problemas agronómicos que el opaco-2. La utilización del maíz como cancha o mote, solamente requiere de utensilios caseros o de mecanismos industriales simples (tostaderas u ollas) que permitan el tostado o hervido del grano, o bien procesado en forma de harinas simples o elaboradas.

Con el fin de determinar la posible pérdida del valor nutricional de la proteína de la cancha y del mote, por efecto del tostado o la cocción en agua, respectivamente, se prepararon dietas con el grano de maíz opaco-2, opaco-2 modificado y el

maíz común normal amarillo cristalino, conduciéndose así dos experimentos en ratas: una de ellas para estimar el PER y la otra para evaluar el VB y el NPU de dichos maíces.

## MATERIALES Y METODOS

Para la preparación de las dietas se utilizó la variedad sintética PMS-267, formada por 88 líneas homocigotas para el gene opaco-2.

De esta variedad, se seleccionaron dos tipos de grano, uno opaco-2 formado por granos con endosperma completamente amiláceos y otro opaco-2 modificado con granos cuyo endosperma presentaba porciones cristalinas de diferentes dimensiones. El sintético PMS-264, fue incluido como un tercer tipo de grano común o normal: amarillo cristalino. Estos tres tipos de granos fueron tostados y hervidos independientemente.

El tostado del grano se realizó en un recipiente apropiado, el cual fue sometido al calor manteniéndose una temperatura de 130°C por ocho minutos, tiempo en el cual se obtuvo un grano de color marrón claro, evidentemente cocido y tostado de *olor suigéneris* y suave a la masticación.

El mote se realizó en recipientes donde el agua cubría completamente los granos, los que fueron sometidos al calor para ser hervidos a una temperatura de 98°C, por un período de una hora con 45 minutos, tiempo en el cual el grano comenzó a reventarse, alcanzando su cocción y emitiendo un olor peculiar.

Posteriormente, tanto el grano crudo como el tostado y el mote previamente secado en una cámara con circulación de aire caliente a 60°C, fueron molidos individualmente en un molino de bolas. La harina fue tamizada en una malla de 0.0117 pulgadas (malla N° 50); obteniéndose así una harina suave al tacto.

Estas harinas fueron analizadas químicamente y solamente las harinas del opaco-2 crudo, tostado y mote, fueron llevadas al analizador automático de aminoácidos para su evaluación, en el laboratorio del CIMMYT en México.

Con estas harinas se prepararon nueve dietas semipurificadas (Cuadro 1) tres para cada tipo de grano: crudo, tostado y mote, adicionándose además dos dietas de caseína, una

CUADRO 1

COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES AL 7% DE PROTEINA

Ingredientes	Opaco			Modificado			Normal			Testigos <sup>1</sup>		
	Crudo	Cancha	Mote	Crudo	Cancha	Mote	Crudo	Cancha	Mote	T <sub>0</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>10</sub>
Caseína <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.3	11.9
Maíz, Harina	74.45	79.54	77.43	75.27	73.97	77.43	82.35	82.80	75.26	—	—	—
Sup. Minerales <sup>3</sup>	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Sup. Vitaminas <sup>3</sup>	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cl. Colina	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Aceite de Maíz	6.35	6.11	6.21	6.38	6.23	6.39	6.31	5.84	6.09	10.00	9.80	9.80
Sacarosa	11.90	11.90	9.06	11.04	12.50	8.98	4.04	4.06	11.35	82.70	74.60	71.80
% Proteína en la dieta (Al Análisis) (N x 6.25)	7.34	7.34	7.12	7.27	7.34	7.34	7.12	7.34	7.12	0.0	7.12	10.19

1. La dieta T<sub>0</sub> es carente de nitrógeno, la T<sub>7</sub> contiene 7% de Proteína bruta y la T<sub>10</sub> contiene 10% de Proteína bruta.
2. Caseína preparada en el Dpto. de Nutrición de acuerdo a las normas del AOAC. Al análisis dió 84.4% de Proteína cruda y 0.18% de grasa total.
3. Preparados con sales minerales (o vitaminas) individuales, adquiridas de MERCK, MALLINCRODT, CARLO ERBA, NUTRITIONAL BIOCHEMICALS, BAKER, según las formulaciones tomadas de ROGERS y HARPER (15).

con 7% de proteína igual al de las dietas de harina de maíz y otra al 10% de proteína, con el fin de determinar el efecto del menor porcentaje de proteína de las dietas de maíz sobre el valor nutricional de las mismas, en vista de la imposibilidad de preparar dietas de maíz de 10% de proteínas.

Las dietas semipurificadas elaboradas con las harinas de maíz, sales minerales, vitaminas, grasas y completadas a cien por ciento con sacarosa, (según lo indicado en el Cuadro 1) fueron cuidadosamente mezcladas en una mezcladora mecánica metálica hasta un completo estado homogéneo, y luego gelificadas según Rogers y Harper (15), para lo cual cada dieta experimental fue rápida y completamente mezclada en un volumen igual de una solución acuosa en ebullición de agar (Difco) al 3%, luego dejada enfriar en bandejas con tapa hermética, obteniéndose de esta manera una dieta de consistencia gelatinosa compacta de aproximadamente 50% de humedad, de homogénea distribución de partículas y de fácil manipuleo. Las dietas gelificadas fueron almacenadas en refrigeración hasta ser usadas.

El valor nutricional de estas dietas fue determinado en ratas, en el Departamento de Nutrición de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, en dos experimentos independientes: uno para determinar el ritmo de crecimiento de los animales experimentales y medir la relación de eficiencia proteica (PER) de las dietas de acuerdo a las normas estandarizadas para este fin (2), y obtenido por medio de la relación entre los gramos de peso ganado y los gramos de proteína consumida. Para esto, se alimentaron para cada dieta y por 28 días a grupos de 5 ratas machos Holtzman recién destetados de 21 días de nacidos y de un peso vivo de 45 a 50 g, los que fueron alojados individualmente en jaulas metálicas en un ambiente de temperatura y humedad relativa constantes. Las ratas recibieron agua y alimentos *ad libitum*. El consumo de alimentos fue controlado diariamente y el peso de las ratas semanalmente. El segundo experimento se efectuó para determinar el "nitrógeno absorbido retenido" normalmente llamado Valor Biológico (VB) y para calcular el "porcentaje de nitrógeno ingerido retenido" usualmente llamado Utilización Proteica Neta (NPU), de acuerdo a las siguientes formulaciones desarrolladas por Mitchell (13) y Miller y Bender (11), respectivamente:

$$VB = \frac{Rr}{Ar} \times 100$$

$$NPU = \frac{Rr}{I} \times 100, \text{ donde:}$$

A = I - F = nitrógeno absorbido

R = A - U = nitrógeno retenido

Ar = I - (F - Fo) = nitrógeno absorbido real

Rr = Ar - (U - Uo) = nitrógeno retenido real

I = nitrógeno ingerido

F = nitrógeno fecal

U = nitrógeno urinario

Fo = nitrógeno fecal metabólico

Uo = nitrógeno urinario endógeno

El VB y NPU se determinaron alimentando individualmente, en jaulas metabólicas individuales de acero inoxidable, durante 10 días, a cinco ratas destetadas de 21 días de nacidas para cada dieta, usando las mismas dietas indicadas en el Cuadro 1, en forma gelificadas. El nitrógeno "endógeno" urinario y el "metabólico" fecal se obtuvieron usando una dieta purificada libre de nitrógeno denominada To. Se ha preferido estimar estos valores de excreción de Fo y Uo utilizando un grupo diferente de ratas y no las mismas utilizadas para las diferentes dietas experimentales —que según el método original de Thomas Mitchell (13) deberían de haber sido sometidas a una alimentación previa de diez días con la dieta libre de nitrógeno antes de ser alimentadas con las dietas experimentales— en virtud de las alteraciones fisiológicas de adaptación enzimática que ocurre en los animales "previamente sometidos" a la privación de ingesta de nitrógeno en ese período de tiempo, y que al ser sometidos a una ingesta súbita de proteína han de excretar cantidades de nitrógeno que son diferentes a los obtenidos de ratas no sometidas a dicho tratamiento previo, tal como Berdanier *et al* lo han demostrado (3), resultando en valores más altos de VB y NPU.

La dieta ingerida en este segundo experimento fue cuidadosamente determinada cada día por diferencia de la cantidad de materia seca suministrada al animal en forma de gel, y la dejada por éste. La orina y heces fueron colectados diariamente y almacenados a 0°C en recipientes individuales para cada rata hasta completar los 10 días. La orina, además, recibió 1ml de HCl 0.1 N como preservante. La contaminación de la orina por la dieta fue prácticamente nula en vista de la naturaleza gelificada de la misma. Cuando hubo contaminación, ésta se separó por centrifugación. El contenido de nitrógeno de la dieta y heces, fueron determinados por el método del Semimicro-Kjeldahl (2).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados del análisis químico de las harinas de maíz crudo, tostado y hervido, para los tres tipos de grano mostraron muy pocas diferencias, estando todas alrededor del 9% de proteína total y 4% de grasas totales. (Cuadro 2).

Los resultados del análisis de aminoácidos del grano completo de maíz opaco-2 en sus tres clases de harina: cruda, tostada y mote, no mostraron mayores diferencias globales entre ellos (Cuadro 2), tal como la indican los altos valores de correlación  $r = 0.97$  para el crudo vs tostado,  $r = 0.83$  para el crudo vs mote, y  $r = 0.99$  para el tostado vs mote; indicándonos que los porcentajes de "aminoácidos totales *in toto*" no han sufrido grandes alteraciones cuantitativas al ser sometidos a la cocción por defecto del calor húmedo o seco. Sin embargo, parece que el tostado o tratamiento por calor seco ha destruído algo de la lisina y treonina totales del opaco-2, y ha destruído considerablemente a la cistina del mismo, tal vez por oxidación del grupo sulfidrilo de la cisteína de las proteínas del maíz a sulfonas o sulfóxidos. Es de resaltar que según los análisis indicados, el opaco-2 posee cantidades totales de lisina, arginina y triptofano que duplican a las del maíz normal amarillo cristalino. Por el contrario, los contenidos en aminoácidos de cadena alifática (valina, leucina e isoleucina) en el opaco-2 son de casi la mitad de los contenidos en el amarillo cristalino. No es explicable los aumentos aparentes en el contenido de valina total de los granos de opaco-2 tratados al ca-

CUADRO 2

CONCENTRACION DE AMINOACIDOS EN MUESTRAS DE HARINA  
DE MAIZ OPACO-2 (g/100 g Proteína)

Aminoácidos	Normal* Bates	Opaco-2		
		Crudo	Mote	Tostado
Lisina	1.7	4.18	4.71	3.88
Histidina	2.8	3.03	3.27	3.12
Arginina	3.1	6.05	6.51	5.68
Ac. Aspártico	7.4	9.90	10.00	8.15
Treonina	3.3	3.71	3.96	3.04
Serina	5.1	5.71	4.75	4.48
Ac. Glutámico	23.7	15.28	16.30	15.80
Prolina	10.0	7.07	8.05	8.08
Glicina	2.6	4.49	4.63	4.50
Alanina	8.9	6.24	6.60	5.77
Cistina	1.0	1.39	1.57	0.54
Valina	5.0	3.92	5.22	4.56
Metionina	1.6	1.31	1.66	1.41
Isoleucina	4.3	2.46	3.08	2.83
Leucina	16.7	7.92	8.76	7.84
Tirosina	5.0	2.96	2.99	2.57
Fenilalanina	5.7	3.65	3.81	3.76
Triptofano	0.4	0.84	0.76	0.79
Proteína, % de M. S.	—	9.75	9.75	10.06
Humedad, % de M. S.	—	11.00	9.50	9.00

\*Cristalino Amarillo.

CUADRO 3  
ANÁLISIS EN GRANO COMPLETO DESENGRASADO\*

Muestra	Humedad %	Proteína %	Triptofano g/100 g	Lisina g Prot.
Op-2 Crudo	9.4	9.00	0.78	4.95
Op-2 Tostado	7.5	9.63	0.69	3.74
Op-2 Mote	9.1	9.00	0.64	4.12

\* Análisis efectuados en el CIMMYT en maíz opaco-2 mexicano.

lor comparados con su contenido en el grano crudo. Los valores del contenido de lisina y triptofano totales indicados en el Cuadro 2 fueron similares a los determinados en muestras de maíz opaco-2 de origen mexicano (Cuadro 3).

Las ganancias de peso y relación de eficiencia proteica para cada dieta, presentados en el Cuadro 4, indican claramente la superioridad del opaco-2 y opaco-2 modificado sobre el "maíz común" o amarillo cristalino, siendo inclusive superiores a la caseína al mismo nivel de 7% de proteína; superioridad que puede ser explicable por la inherente insuficiencia de la caseína en su concentración de aminoácidos azufrados, bien conocida, y que ha sido fehacientemente demostrada al tener que suplementar a una dieta purificada de caseína con 0.3% de metionina para poder producir un "crecimiento máximo" en ratas albinas destetadas (15). Sin embargo, es conveniente recordar que los valores de PER para una misma clase de proteína puede cambiar notablemente cuando el contenido proteico de la dieta aumenta o decrece del valor estándar de 10% establecido para esta metodología, y que en el caso particular de la caseína el PER será menor cuando el porcentaje de proteína de la dieta sea menor de 10%, como sucede en este estudio. Y a pesar de que es un hecho aceptado que la utilización de la proteína de la dieta es máxima a bajos niveles de ingesta (4, 12), principalmente debido a que la eficiencia de la utilización de los aminoácidos indispensables ingeridos es mayor a niveles bajos de ingesta de los mismos (1), los altos valores de PER obtenidos para el maíz opaco-2 para un nivel proteico de 7% en la dieta son bastante halagüenos, ya que no sería aventurado esperar mejores resultados en el caso fortuito que se experimentara con dietas purificadas de 10% de proteína aportados exclusivamente por el opaco-2. La superioridad del opaco-2 sobre el amarillo cristalino es explicable dado sus mayores contenidos en lisina, arginina, triptofano y treonina (Cuadro 2), y que evidentemente son limitantes en el amarillo cristalino (9, 10, 14).

En cuanto al efecto del hervido o tostado de los granos de maíz sobre los valores de PER y el crecimiento de las ratas alimentadas con dietas a base de dichos maíces cocidos, éste no es perceptible en el caso del opaco-2, lo es ligeramente en el caso del opaco-2 modificado y es marcado en el amarillo

**CUADRO 4**  
**GANANCIA DE PESO Y ALIMENTO CONSUMIDO EN GRAMOS Y**  
**RELACION EFICIENCIA PROTEICA (g/28 días)**

Dieta	Ganancia de peso*	Alimento consumido	Proteína consumida	Relación de Eficiencia Proteica (PER)	
<b>OPACO</b>					
Crudo	36.2 ± 3.5**	188 ± 23	13.79 ± 0.17	2.63 ± 0.17	
Tostado	36.7 ± 4.6	191 ± 15	14.04 ± 0.11	2.61 ± 0.15	
Mote	25.3 ± 2.7	140 ± 25	9.95 ± 0.18	2.59 ± 0.41	
<b>MODIFICADO</b>					
Crudo	30.0 ± 3.9	178 ± 18	12.95 ± 0.14	2.30 ± 0.06	
Tostado	22.8 ± 2.8	152 ± 25	11.17 ± 0.18	2.08 ± 0.41	
Mote	25.6 ± 4.1	158 ± 17	11.64 ± 0.13	2.19 ± 0.19	
<b>NORMAL</b>					
Crudo	11.6 ± 2.9	130 ± 11	9.27 ± 0.08	1.24 ± 0.24	
Tostado	9.5 ± 3.3	148 ± 31	10.67 ± 0.21	0.87 ± 0.17	
Mote	10.8 ± 3.3	154 ± 16	10.92 ± 0.11	0.98 ± 0.22	
<b>TESTIGOS</b>					
	T <sub>7</sub>	16.5 ± 4.0	110 ± 23	7.85 ± 0.16	2.09 ± 0.25
	T <sub>10</sub>	49.4 ± 7.1	156 ± 19	15.87 ± 0.19	3.11 ± 0.12

\* En base a materia seca

\*\* Promedios de 5 ratas más menos una desviación estándar

cristalino. La evidencia mostrada en el Cuadro 2 nos indica que una de las probables causas de este efecto detrimento del calor sobre el valor nutritivo del maíz, sea debida a la destrucción de determinados aminoácidos como la lisina, treonina y cistina (o cisteína en su estado natural de constituyente proteico), siendo este último enormemente afectado por el tostado; o probablemente se deba a la disminución de la "disponibilidad" de determinados aminoácidos esenciales, como es el caso de la lisina cuya reacción con los azúcares es activada por el calor y es ampliamente conocida (5, 16). La merma de cisteína en el maíz debido al tostado significaría que la metionina de la dieta, que es el segundo aminoácido limitante del maíz (9), tenga que ser degradada en el organismo animal en mayor cuantía que lo normal para favorecer la formación *in vivo* de la cisteína necesaria para los procesos vitales del organismo, ocasionando que la cantidad neta de metionina destinada a la síntesis proteica sea mucho menor que cuando se consume maíz crudo. Sin embargo, parece que esta merma en algunos aminoácidos esenciales y cisteína causados por el calor en el grano de maíz opaco-2 no es suficiente como para poder alterar apreciablemente el aminograma útil del mismo, y que estos aminoácidos disponibles "no afectados" por el calor aún se encuentran en cantidades suficientes como para producir un crecimiento óptimo; en otras palabras, esto significaría que determinados aminoácidos del opaco-2, como la lisina, estarían presentes en concentraciones mucho más altas de las que el organismo animal requiere normalmente para un crecimiento adecuado, y por lo tanto el hervido o tostado del grano no afecta el valor nutritivo real del grano de opaco-2; pero si lo hace en el caso del maíz amarillo cristalino, y ligeramente en el opaco-2 modificado (que es un regresivo del opaco-2 al amarillo cristalino).

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de los estimados del valor biológico y de la utilización proteica neta, calculados para las dietas formuladas a base de cada uno de los tres tipos de granos en sus formas cruda, mote y cancha. Se encontró que el VB y el NPU de los granos de opaco-2 y opaco modificado son similares entre sí, pero superiores en casi diez unidades a los valores de VB y NPU del maíz amarillo cristalino en sus formas cruda o cocida. El VB del opaco-2 y el del opa-

**CUADRO 5**  
**VALOR BIOLÓGICO DEL GRANO DE MAÍZ OPACO-2 PROCESADO AL CALOR**

Dieta	Nitrógeno ingerido (I) mg/10d	Nitrógeno urinario (U) mg/10d	Nitrógeno fecal (F) mg/10d	Valor Biológico (VB)	Utilización Proteica neta (NPU)	
<b>OPACO</b>						
Crudo	795 ± 160 <sup>1</sup>	219 ± 77	147 ± 50	75.5 ± 9.3	66.2 ± 11.0	
Tostado	786 ± 45	191 ± 55	167 ± 29	81.4 ± 6.7	67.0 ± 9.1	
Mote	880 ± 95	231 ± 61	186 ± 22	79.0 ± 4.7	63.7 ± 5.5	
<b>MODIFICADO</b>						
Crudo	676 ± 171	191 ± 48	124 ± 59	78.5 ± 8.1	68.2 ± 7.7	
Tostado	775 ± 101	194 ± 57	162 ± 27	80.5 ± 7.5	66.5 ± 7.7	
Mote	787 ± 38	178 ± 46	160 ± 21	82.9 ± 3.9	69.2 ± 5.2	
<b>NORMAL</b>						
Crudo	493 ± 104	205 ± 49	95 ± 20	66.7 ± 5.7	57.8 ± 8.6	
Tostado	665 ± 95	231 ± 102	138 ± 24	70.6 ± 12.5	59.6 ± 11.4	
Mote	739 ± 127	254 ± 84	157 ± 25	69.9 ± 10.9	58.5 ± 8.3	
<b>TESTIGOS</b>						
7% Caseína	T <sub>7</sub>	642 ± 127	122 ± 45	40 ± 5	92.0 ± 4.2	89.9 ± 4.0
10% Caseína	T <sub>10</sub>	891 ± 193	130 ± 54	58 ± 4	92.8 ± 3.4	89.8 ± 3.3
Sin Proteína	T <sub>0</sub>	0	67 ± 23 <sup>2</sup>	29 ± 4 <sup>3</sup>	—	—

1. Promedios de 5 ratas más menos una desviación estándar.
2. Nitrógeno urinario endógeno (U<sub>0</sub>). Promedio de 5 ratas más menos una desviación estándar.
3. Nitrógeno fecal metabólico (F<sub>0</sub>). Promedio de 5 ratas más menos una desviación estándar.

co modificado están alrededor de 80, valor que —desde el punto de vista de la calidad proteica— coloca a estos granos dentro del grupo privilegiado de alimentos. No obstante, los resultados indicados en este cuadro deben de ser tomados con cierta cautela en vista de que las dietas experimentales tuvieron 7% de proteína y no 10%; y por tanto, estos altos valores podrían ser debidos en parte a que la eficiencia de la utilización de los aminoácidos esenciales, y de las proteínas en general, es mayor a bajos niveles de ingesta proteica como ya se puntualizó anteriormente. Parece que el tostado o hervido del maíz “mejora” en un 3% el VB del mismo. Es probable que esta mejora se deba a un aumento en la digestibilidad del almidón, en particular, y del grano de maíz, en general, ocasionados por la cocción. Estas variaciones debido a la cocción no fueron observadas con respecto al NPU.

Las aparentes diferencias observadas en este estudio respecto al efecto del calor sobre los valores de PER y VB no deben ser tomadas como discrepancias, puesto que el PER es una medida de la eficiencia proteica en base al crecimiento obtenido por cada unidad de proteína ingerida; mientras que el VB es una medida de la adecuacidad del patrón de aminoácidos de la proteína que es absorbido por la pared intestinal y que es retenido por el organismo. El NPU, además de ello, toma en cuenta la digestibilidad de la proteína; de ahí que sus valores sean normalmente más bajos que los del VB. En una proteína de alta digestibilidad, ambos valores serán similares; tal es el caso de la caseína, que en el presente estudio rindió valores de 92 y 90 para el VB y NPU, respectivamente, para ambas dietas de 7 y 10% de proteína (Cuadro 5).

Los valores de nitrógeno urinario endógeno (Uo) y nitrógeno fecal metabólico (Fo) estimados en este estudio, para ratas machos recién destetados de un peso inicial de 45-50 g, fueron de  $67 \pm 23$  y  $29 \pm 4$  mg/10 días, respectivamente; es decir, estos animales perdieron por día un promedio de 9.6 mg de nitrógeno (60 mg de proteína) como resultado de su “catabolismo normal aparente”.

## CONCLUSIONES

De los resultados de este estudio, se puede concluir que:

1. Los granos de maíz opaco-2 y opaco-2 modificado no sufren pérdidas aparentes del valor nutritivo al ser sometidos al tostado (cancha) o al ser hervidos (mote).
2. El grano de maíz común o normal cristalino, sí muestra una palpable pérdida de calidad nutricional al sufrir el proceso de cocción.
3. El alto valor biológico del maíz opaco-2 (80) lo coloca en un sitio privilegiado con respecto a los granos.
4. Es factible el estudio del PER, VB y NPU de alimentos de bajo contenido proteico utilizando dietas purificadas o semipurificadas en forma de gel de un contenido proteico menor del 10%.

## SUMMARY

## Biological Value of Opaque-2 corn in Cancha and Mote

This study was carried out to evaluate, in the rat, the protein quality of either raw (R), boiled —“mote” (B) or toasted”— “cancha” (T) crystalline yellow, opaque-2 and modified opaque-2 corns, by means of the Protein efficiency ratio (PER), Biological value (BV) and Net protein utilization (NPU) techniques. Semipurified diets in agar gel form containing 7% crude protein all supplied by corn flour were prepared, and fed ad libitum to groups of 5 weanling male Holtzman rats individually housed into stainless steel metabolic cages. Trials for PER lasted 28 days, and those for BV and NPU 10 days. Purified casein control diets in gel form containing 7 and 10% crude protein (CP) were used for both trials. In order to calculate the BV and NPU “real values”, 5 weanling male rats were fed for days a nitrogen free purified diet in gel form so as to estimate the endogenous urinary nitrogen and metabolic fecal nitrogen values.

PER values for opaque-2 (2.63-R, 2.61-T, 2.59-B) and modified opaque-2 (2.30-R, 2.08-T, 2.19-B) diets were highly superior to those for crystalline corn (1.24-R, 0.87-T, 0.98-B) and slightly higher to that of “casein-7 CP” (2.09), but lower to that of “casein-10 CP” (3.11). The detrimental effects of boiling or toasting was clearly seen for the crystalline corn diet, slightly noticeable for the modified corn diet, but was unobserved for the opaque-2 diet. Growth rate was higher for rats fed opaque-2 than for those fed crystalline corn casein-7 CP, but smaller than for those fed casein-10 CP.

VB Values for opaque-2, “modified” and crystalline raw corns were of 75.5, 78.5 and 66.7, respectively. An improvement of about 3% in the BV was apparently caused by cooking. NPU values for the same corns

were of 66.2, 68.2 and 57.8, respectively, and were not substantially altered by cooking. Casein yielded values of 92 and 90 for BV and NPU, respectively.

Amino acid analysis showed that total lysine, arginine and tryptophan concentrations in opaque-2 double to those of crystalline corn. Conversely, concentrations of total valine, leucine and isoleucine in opaque-2 are about half of those of crystalline corn. It seems that corn cistine is considerably destroyed by toasting.

#### BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, T. S., A. E. Harper, and N. J. Benevenga. Efficiency of utilization of indispensable amino acids for growth by the rat. *J. Nutr.* 102: 1199, 1972.
2. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). *Official methods of analysis* (9th Ed.). The Association, St. Paul, Minnesota, 1960.
3. Berdanier, C. D., M. K. Brush, and H. Fisher. Significance of the endogenous nitrogen excretion in Protein evaluation studies with rats. *J. Nutr.* 93: 411, 1967.
4. Birnbaun, S. M., M. Winitz, and J. P. Greenstein. Quantitative nutritional studies with water soluble chemically defined diets. III. Individual aminoacids as sources of "nonessential" nitrogen. *Arch. Biochem. Biophys.* 72: 428, 1957.
5. Block, R. J., P. R. Cannon, R. W. Wissler, C. H. Steffee, R. L. Straube, L. E. Frazier, and R. L. Woolridge. The effects of baking and toasting on the nutritional value of proteins. *Arch. Biochem.* 10: 295; 1946.
6. Bressani, R. La importancia del maíz en la nutrición humana en América Latina y otros países. En: *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Publicación INCAP L-3. (R. Bressani, J. E. Braham y M. Béhar, eds.), 1972, pp. 5
7. Chávez, J. F. Calidad nutritiva de la proteína de la harina de arepa y su mejoramiento por medio de la fortificación en Venezuela. En: *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Publicación INCAP L-3. (R. Bressani, J. E. Braham y M. Béhar, eds.), 1972, pp. 115.
8. Elías, L. G. y R. Bressani. Valor nutritivo de la proteína de la harina de tortilla y su mejoramiento por medio de fortificación en Centro América. En: *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Publicación INCAP L-3. (R. Bressani, J. E. Braham y M. Béhar, eds.), 1972, pp. 172.
9. Kies, C., and H. M. Fox. Effect of level of total nitrogen intake on second limiting aminoacid in corn for humans. *J. Nutr.* 100: 1275, 1970.
10. Manner, J. H., W. G. Pond, J. T. Gallo, A. Henao, R. Portela, and F. Linares. Performance of rats and swine fed colombian floury-2, colombian opaque-2 or normal corn. *J. Animal Sci.* 33: 791, 1971.
11. Miller, D. S., & A. E. Bender. The determination of the net utilization of proteins by a shortened method. *Brit. J. Nutr.* 9: 382, 1955.
12. Miller, D. S., and P. R. Payne. Problems in the prediction of protein values of diets. *Brit. J. Nutr.* 15: 11, 1961.
13. Mitchell, H. H. A method of determining the biological value of protein. *J. Biol. Chem.* 58: 873, 1924.

14. Pond, W. G., J. H. Maner, and F. A. Linares. Limiting aminoacid in Colombian flouiry-2 corn for growth of young rats. *J. Animal Sci.* 33: 787, 1971.
15. Rogers, Q. R., & A. E. Harper. Amino acid diets and maximal growth in the rat. *J. Nutr.* 87: 267, 1965.
16. Rosenberg, H. R. and E. L. Rohdenburgh. The fortification of bread with lysine. I. The loss of lysine during baking. *J. Nutr.* 45: 593, 1951.
17. Viteri, F. E., C. Martínez y R. Bressani. Evaluación de la calidad proteínica del maíz común, del maíz opaco-2 y del maíz común suplementado con aminoácidos y otras fuentes de proteína. En: *Mejoramiento Nutricional del Maíz*. Publicación INCAP L-3. (R. Bressani, J. E. Graham y M. Béhar. eds.), 1972, pp. 195.