ciencia y tecnología de alimentos

ORGANO OFICIAL DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

VOL. 4 — Nº 3 — BOGOTA, D. E., COLOMBIA — SEPT.-DIC. 1983

CONSEJO EDITORIAL

Norton Young López

Laura de Cristancho

Juan M Castells T.

Publicación cuatrimestral

CONTENIDO

Pág.

Carta del Presidente. La Complejidad del Sistema de Alimentación y Nutrición 5

Noticias de la Sociedad Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos .. 9

Actividades de la Seccional de Antioquia. Dr. Rubén Darío Eastman, Presidente 15

Avances de la Legislación Alimentaria en 1983 17

Los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de los Alimentos. Su origen y Contribución a la Solución del Problema Alimentario de la Subregión Andina. Dra. Teresa Salazar de Buckle. Dr. Hernando Riveros Serrato 27

Evaluación, en Ratas, de la Digestibilidad aparente, eficiencia alimenticia e índice de Eficiencia Proteínica de Dietas a base de Maíz. Autores: LACERA R. A. (Universidad Tecnológica del Magdalena, Santa Marta, Colombia). BRESSANI, R. BLANCO DE ARAYA, A.; JIMENEZ, M. S.; LAREO, L.; PAREDES, M. (todos de INCAP, Guatemala, C. A.) 47

Evaluación, en Ratas, de la Digestibilidad aparente, Eficiencia Alimenticia e Indice de Eficiencia Proteínica de Dietas a Base de Maíz

LACERA R., A.*
BRESSANI, R.**
BLANCO DE ARAYA, A.**
JIMENEZ, M. S. **
LAREO, L.**
PAREDES, M.**

1. INTRODUCCION

Se han propuesto muchos métodos para la evaluación de las proteínas (1). Estos incluyen, en general, métodos químicos tales como Puntaje Químico o "Score" (mg. de amino ácido por g N en la proteína de ensayo/mg. de amino ácido por g N en el patrón de Referencia de la FAO (2)); Indice de amino ácidos esenciales, IAAE (promedio geométrico de las razones entre el contenido de amino ácidos esenciales en una proteína de ensayo y la proteína de un estandar, usualmente la proteína del huevo). Métodos Biológicos tales como PER (Indice de Eficiencia Proteínica, ganancia de peso por peso de proteína consumida); NPU (Utilización Neta Proteínica, fracción del Nitrógeno ingerido que es retenido en el organismo); NPR (Razón Neta Proteínica, ganancia de peso de un animal de ensayo más la pérdida de peso de un control animal por gramo de proteina consumida). Y Métodos Bioquímicos Funcionales (Urea Plasmática, excrección urinaria de creatinina).

En los ensayos con animales pueden distinguirse dos usos principales:

---

* Universidad Tecnológica del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

** INCAP, Guatemala, C. A.

a) La observación de la calidad, y

b) Evaluación de la proteína de los alimentos tales como se consumen (2).

La eficiencia con que una proteína es utilizada, en la síntesis y mantenimiento tisular, depende de su calidad (3), cantidad y disponibilidad de amino ácidos esenciales, AAE (4).

El propósito fundamental de los ensayos biológicos de calidad proteínica es encontrar un valor para la aplicación humana. Debido a las múltiples dificultades en ensayos en humanos, las evaluaciones en animales revisten esencial importancia, aunque siempre deben ser correlacionados con las respuestas en humanos.

Los métodos más usados por su simplicidad son los ensayos de nivel único. Estos se refieren a la respuesta obtenida en crecimiento utilizando un solo nivel de proteína, con o sin referencia a un grupo control con dieta libre de proteína. Un ensayo de este tipo es el Indice de Eficiencia Proteínica (PER). El método del PER puede aplicarse a cualquier animal en crecimiento, pero se basa generalmente en ensayos de cuatro semanas de duración, con la rata como sujeto experimental (5).

El método del PER, empleado en el presente estudio, proporciona además un seguimiento de la Digestibilidad de las diferentes dietas elaboradas. La Digestibilidad se realiza por un balance de nitrógeno en el cual se determina el nitrógeno de la ingesta y de las heces.

La finalidad del presente estudio fue, utilizando los métodos anteriormente descritos, evaluar el efecto de diferentes procesamientos del maíz (**Zea mays**), en relación a su calidad proteínica.

Los procesos estudiados fueron:

a) **Germinación.** Durante este proceso natural de la semilla ocurren ciertos fenómenos fisiológicos para adecuar la biomasa. El cambio fundamental es el catabolismo de los nutrientes insolubles como son proteínas, almidones y grasas que son hidrolizados a azúcares, aminoácidos y ácidos grasos, respectivamente (6).

b) **Tostación**, en la cual por ser un proceso térmico seco, ocurren reacciones de empardeamiento no enzimático (reacción de Maillard), que reducen la disponibilidad de amino ácidos básicos (7).

c) **Cocción**, la que ocurre a temperatura elevada pero en un sistema húmedo, por lo cual el proceso no ocasiona daños en la disponibilidad de los amino ácidos de la proteína, como lo han demostrado Bressani y col. (8).

d) **Complementación** realizada con texturizado de soya (**Glycine max**) y con leche descremada. Dicha complementación se basó en los trabajos realizados por Bressani y col. con otras leguminosas y cereales (9).

e) **Suplementación** con amino ácidos aislados, para llevar la proteína del cereal a los niveles donde ofrece la mayor respuesta biológica, tal como ha sido demostrado también por Bressani (10).

2. MATERIALES Y METODOS

2.1. Materia prima

Los materiales alimenticios utilizados en la preparación de las dietas fueron:

— Maíz común
— Maíz opaco II modificado
— Caseína
— Soya texturizada, adquirida en el comercio
— Leche descremada, marca Carnation
— Aceite de algodón
— Aceite de hígado de bacalao
— Almidón de maíz
— Mezcla vitamínica (composición en el Cuadro 2)
— Mezcla de minerales Hegsted (Cuadro 3)
— Clorhidrato de lisina
— Triptófano
— Isoleucina
— D. L. Metionina (véase Cuadro 1).

2.1.1. Procesamiento de la materia prima

2.1.1.1. Molienda

Los maíces común y opaco II modificado, respectivamente, crudos fueron sometidos a un proceso de molienda, en un molino eléctrico, a un tamaño aproximado de 40 mesh (± 0.35 mm.).

CUADRO 1

DIETAS EXPERIMENTALES PARA RATAS, CON MAIZ SOMETIDO A DIFERENTES TRATAMIENTOS

Nº DE DIETAS: INGREDIENTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				PORCENTAJE						
Maíz común crudo	90.0	—	—	—	—	89.5	75.0	—	—	—
Maíz común crudo	—	90.0	—	—	—	—	—	—	—	—
Maíz común tostado	—	—	90.0	—	—	—	—	75.0	75.0	—
Maíz común germinado	—	—	—	90.0	—	—	—	—	—	—
Maíz opaco-2	—	—	—	—	90.0	—	—	—	—	—
Lisina HCl	—	—	—	—	—	0.3	—	—	—	—
Triptófano	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—
Isoleucina	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—
Soya texturizada	—	—	—	—	—	—	5.0	5.0	—	—
Leche descremada	—	—	—	—	—	—	—	—	8.0	—
Caseína	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	.0
Aceite bacalao	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Aceite de algodón	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Almidón de maíz	—	—	—	—	—	—	10.0	10.0	7.0	79.7
D-L metionina	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.3
Sol. Vit. (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

CUADRO 2

CONTENIDO DE VITAMINA EXISTENTE EN LAS DIETAS PARA RATAS

VITAMINA	mg/100 g de dieta
Tiamina	3.00
Riboflavina	3.00
Piridoxina	3.00
Pantotenato de Ca	10.00
Niacina	5.00
Biotina	0.01
Acido Fólico	0.02
Inositol	40.00
Paraamino Benzoico	30.00
K	1.00
B_{12}	3.00
Cloruro de Colina	150.00

CUADRO 3

MINERALES EXISTENTES EN LAS DIETAS A UN NIVEL DE 4%

(g/kg. de delta)

Mineral	Hegsted IV	Requerimiento para rata en crecimiento
Ca	5.50	5.60
p	2.83	4.40
Fe	0.183	0.039
Mg	0.402	0.400
Mn	0.049	0.056
K	5.79	2.00
Na	2.63	0.60
Cl	4.06	0.60
S	0.568	——
Zn	0.005	0.013
Cu	0.003	0.006
Ca/P	1.9:1.0	1.3:1.0

* Natural Academic of Science — Natural Rescarch Council (NASNCR) Nutrient Requeriment for Laboratory Animales, Nov. 1972.

2.1.1.2. Hervor

El maíz común de la dieta 2 fue hervido en presencia de agua en relación 1:1, en autoclave, a 25 psi* durante 30 minutos.

2.1.1.3. Tostación

El maíz común fue tostado a 125° C, por 30 minutos.

21.1.4. Germinación

El maíz común se sometió a un proceso de germinación en cámara acondicionada, a 35° C y Humedad Relativa del 80%. Luego se le realizó un remojo con agua en relación 1:1 y, posteriormente, fue deshidratado a 60° C, por 16 horas y molidos a 40 mesh.

2.2. Evaluación de la calidad proteínica

2.2.1. Elaboración de las dietas

Se prepararon 5 kg. de dieta con un contenido de proteína entre 8.30 y 9.80%, según las materias primas utilizadas (Cuadros 1 y 4)

A cada una de las dietas se le adicionó celulosa hasta lograr un nivel de fibra igual a 5%; 1% de aceite de hígado de bacalao; 5% de aceite de maíz; 4% de mezcla mineral Hegsted y 5 ml. de una solución vitamínica del complejo B (11). Algunas dietas se llevaron a 100% con almidón de maíz. Como dieta control se utilizó caseína al 10% + 0.3% D. L. Metionina y completada a 100% con proporción igual de los anteriores ingredientes.

2.2.2. Análisis proximal de las dietas

Se determinaron las cantidades porcentuales de humedad en estufa al vacío a 105° C por 16 horas, según el método de la AOAC (12): cenizas por calcinación en mufla a 550° C (12); extracto etéreo por el método Soxhlet durante 16 horas (12); nitrógeno por el método Kjeldahl (12); fibra cruda por el método de Van Soest (12, 13) El extracto libre de Nitrógeno se obtuvo por diferencia.

El valor energético de las dietas se determinó por medio de bomba calorimétrica (Ballistic Bomb Calorimeter).

---

* Libra/pulgada^2.

2.2.3. Ensayo biológico en Ratas Wistar

Cada una de las dietas se ensayó con un grupo de 8 Ratas Wistar (4 machos y 4 hembras), de 22 días de nacida y cuya diferencia de pesos entre grupos no fue mayor de ± 1 gramo. Cada animal fue colocado en una jaula de alambre, con agua y alimentación **ad libitum.** Las condiciones de humedad y temperatura no fueron controladas variando de acuerdo a las condiciones propias del bioterio.

Semanalmente se registraron los pesos de las ratas y del alimento consumido, durante cuatro semanas.

Con los anteriores datos se calcularon la Razón de Eficiencia Protéica, PER, a los 28 días mediante la relación PER = aumento de peso/proteína ingerida (11 y 12). La Digestibilidad Aparente, D. A., fue determinada por un ajuste de 10 g. de dieta por día/rata, durante tres días previo a un período de adaptación de 24 horas, con recolección diaria de heces, las cuales se deshidrataron en estufa a 60° C.; por 24 horas y determinándose Nitrógeno por Kjeldah (12). Se utilizó la expresión:

$$D.\ A. = \frac{N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}}{N \text{ ingerido}} \times 100$$

La Eficiencia Alimenticia, E. A., determinada a los 28 días, se calculó según la expresión:

$$E.\ A. = \frac{\text{Alimento ingerido}}{\text{ganancia de peso}}$$

2.2.4. Análisis estadístico

Incluyó la determinación de la pendiente b de la ecuación de regresión $Y = a + b\ X$; y el coeficiente de correlación entre las interacciones E. A. vs. b; E. A. vs. PER y PER vs. b.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Composición Proximal de las dietas

En el cuadro 4 se presenta la composición proximal de las dietas utilizadas durante el ensayo con Ratas Wistar En general se observan resultados muy similares entre las dietas, con excepción de algunos valores de Proteína. Por lo cual los resultados de PER desde la dieta uno a seis no se refiere al método estandarizado de la ADAC en lo que respecta al nivel de proteína, 9-10% (12).

CUADRO 4

COMPOSICION PROXIMAL DE LAS DIETAS UTILIZADAS EN EL ENSAYO CON RATAS

Nº de Dieta (a)	Humedad	Cenizas	Extracto etéreo	Proteína (b)	E.L.N. (c)	Calorias/g. (d)
Uno	9.80	3.17	9.87	8.46	63.70	3.92
Dos	9.70	2.92	9.10	8.30	64.98	3.75
Tres	6.00	4.50	7.50	8.40	68.60	3.76
Cuatro	9.80	3.18	9.70	8.50	63.82	3.80
Cinco	9.50	3.20	9.20	8.38	64.78	3.80
Seis	9.40	3.19	9.50	8.40	64.51	3.82
Siete	7.5	3.10	9.70	9.60	65.10	3.86
Ocho	8.10	3.90	9.70	9.60	63.70	3.81
Nueve	8.15	3.00	9.31	9.80	64.74	3.82
Diez	8.20	2.85	6.10	9.00	79.70(e)	4.10

(a) Véase Cuadro 1.
(b) Nitrógeno total x 6.25.
(c) Extracto libre de nitrógeno, por diferencia.
(d) Por bomba calorimétrica.
(e) Almidón.

NOTA: Todas las dietas fueron ajustadas a un 5% con fibra de celulosa.

3.2. Eficiencia alimenticia

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de PER, EA, D.A. y el valor de la pendiente de la relación peso acumulado vs. tiempo. Tal como se puede observar, la Eficiencia Alimenticia está muy bien correlacionada con el procesamiento; lo cual significa que entre más destructivo fue éste, mayor cantidad de alimento fue necesario que ingiriera la rata para incrementar una unidad de peso.

Se revela, así, el efecto destructor del proceso de tostación en el valor nutritivo del maíz. La dieta preparada con maíz tostado produjo E. A. = 32.43, lo cual significa administrar 32.43 lb. de dicha dieta para que la rata incremente su peso corporal en una libra. En dicha disminución del valor nutritivo está implicada la pérdida de

biodisponibilidad de muchos AAE (ejemplo: lisina, treonina, metionina) (7, 11).

No obstante ser el maíz común deficiente en lisina, triptófano e isoleucina, la suplementación con estos AA produjo resultados favorables en la EA de la dieta seis.

Se deduce un mejor efecto de complementación entre la leche descremada y el maíz común tostado (Dieta nueve, E. A. = 5.24), en relación a la complementación entre soya texturizada y el mismo maíz común tostado (E. A. = 10.60).

Aún más: la primera complementación produjo mejor E. A. que la dieta elaborada con el maíz opaco II (E. A. = 6.01).

3.3. Razón de eficiencia proteínica

Respecto al PER, en algunos casos la correlación entre sus valores y el daño producido por el procesamiento, no fue tan discriminatoria como si lo fue la Eficiencia Alimenticia. Así por ejemplo, no se discierne muy bien la diferencia entre los PER obtenidos con las dietas elaboradas con maíces crudo (PER = 1.13), germinado (PER = 1.07) y cocido (PER = 0.95). No obstante, el PER sí indica la baja calidad nutricional del maíz al ser utilizado como fuente exclusiva de nitrógeno.

Por otro lado, el PER también permitió observar el efecto beneficioso de la suplementación del maíz común crudo con A.A.E., dieta seis (PER = 3.13); y del efecto de complementación del maíz común tostado con leche descremada (PER = 2.47); el control de caseína suplementada con 0.3% de metionina produjo un PER = 2.36, menor que los PER de las dos dietas anteriores, resultado que no concuerda con los valores reportados por otros autores, debido posiblemente a errores experimentales aleatorios.

Era de esperar el PER = 2.08 de la dieta cinco, elaborada con maíz opaco 2, debido a sus mayores niveles de lisina y triptófano y una mejor relación leucina: isoleucina (14), en comparación al maíz común (dieta uno, PER = 1.13).

3.4. Digestibilidad aparente

Las digestibilidades aparentes de las dietas estudiadas no fueron muy discriminativas para los efectos de procesamiento, obteniéndose valores inesperadamente bajos en algunos casos.

Hubo concordancia entre la baja digestibilidad y el daño por procesamiento en el ensayo con la dieta elaborada con maíz tostado,

CUADRO 5

EFECTO DEL PROCESAMIENTO EN LOS VALORES DE PENDIENTE, EFICIENCIA ALIMENTICIA, PER Y DIGESTIBILIDAD APARENTE OBTENIDOS CON DIETAS A BASE DE MAIZ, SOYA Y LECHE

DIETA	(**)	Eficiencia Alimentic	PER	Digestibil. Aparente	b*
Caseina al 10% + 0 3% D L metionina	(10)	3 13	2.36	90 85	4 68
Lisina HCl + triptofano + isoleucina y maiz común (crudo)	(6)	3 77	3 13	97 25	3 71
Leche descremada + maiz común tostado	(9)	5.24	2 47	72 48	2.29
Maíz opaco — 2	(5)	6 01	2 08	70 18	2.02
Soya texturizada + maíz común crudo	(7)	5 41	1 80	84 61	1 38
Soya texturizada + maiz común tostado	(8)	10 60	1 10	97 30	1 44
Maiz común hervido	(2)	8 63	0 95	80 93	1 01
Maiz común crudo	(1)	9 15	1 13	79 92	0.91
Maiz comun germinado	(4)	10 79	1 07	95 84	0 56
Maiz común tostado	(3)	32 43	0 78	68.92	0 28

* Pendiente de la ecuación de regresion lineal para crecimiento de la rata
** Numero de dieta segun Cuadro 1
Dieta control caseína al 10% + 0 3% de DL-metionina

D A = 68 92%, valor mejorado por efecto de la complementación con soya texturizada (dieta ocho, D A = 97 30%), superior a la D A obtenida obtenida con el control de caseína (D. A = 90 85%)

La D A obtenida con la dieta elaborada con maíz común germinado (dieta cuatro, D A = 95 84%), se puede explicar con base en una mayor proporción de compuestos simples, tales como azúcares, A A y acidos grasos, durante el proceso de germinación (6)

Por otro lado, son bastante dudosos los resultados encontrados con las dietas a base de maíz opaco II (D A = 70 18%), así como tambien con la dieta a base de maiz común tostado, complementado con leche descremada (D A = 72 48%) Lo cual sugiere un posterior ensayo confirmativo

3 5 Pendiente de la ecuación de regresión

En el Cuadro 5 se presentan las pendientes de las ecuaciones de regresion lineal de las tasas de crecimiento (peso acumulado vs tiempo)

Se observa cierto efecto discriminatorio por parte de dichas pendientes en relacion a las respuestas de PER Así por ejemplo, el coeficiente de correlacion, r, fue igual a —0 139 en E A vs PER, E A vs b (pendiente), r = —0 268, PER vs b, r = 0 859

4 CONCLUSIONES

1 Se encontro una buena correlación entre los diversos procesamientos llevados a cabo en muestra de maíz (**Zea mays**) y las Eficiencias Alimenticias (E A) medidas en ratas

2 La tostacion en el maíz produjo la mayor disminución del Valor Nutricional, el cual se incremento con la suplementación de lisina, triptofano e isoleucina, en ensayos biologicos en ratas

3 Hubo un mejor efecto de complementación entre leche descremada y maíz común tostado, que entre soya texturizada y maíz comun tostado

4 Los resultados de PER no fueron lo suficientemente discriminatorios para observar los efectos de procesamiento, pero si permitieron deducir la baja calidad nutricional del maíz como fuente exclusiva de nitrógeno

5 Se demostró que el proceso de tostación en el maíz lleva consigo una disminución en la Digestibilidad Aparente, la cual es incrementada por efecto de complementación con soya texturizada

6 La dieta elaborada con maíz opaco 2 proporcionó resultados satisfactorios de E A y de PER, pero fueron dudosas las respuestas de D A

BIBLIOGRAFIA

1 Problems in the development and application of rapid methods proteins quality **Food Techn, 31** (6) 73 77, 84, 1977

2 Evaluation of Protein Quality Report of an Internacional Conference, Na cional Academy of Sciences— National Research Council, EE UU , 1963

3 Jansen G R (1978) Biological Evaluation of Protein Quality **Food Techn, 32** (12) 52 56

4 Lachance, P A , Bressani, R , Elias, L C (1977) Shorter Protein Bioassays, **Food Techn**, 31 (6) 82 84

5 Protein Efficiency Ratio, pitfalls and causes of variability **Cereal Chem**, 54 949 957 (1977)

6 Boner, V Fisiologia Vegetal Edit Aguilar, México, D F., 1970

7 Carpenter, K J (1975) Damage to lysine in food processing, its measurements and its significance **Nutr Abstr. Rev** , 43 423-451

8 Bressani, R (1958) Chemical Changes in Corn During Preparation of Tortilla **Agric and Food Chem** , 4 (10) 770

9 Leonardo J Mata, J , Urrutia, Garcia, B , Bressani, R , Lachance, P , Guzman, M Un Modelo de Fortificacion del Maiz con Harina de Soya, Lisina y otros Nutrimentos, en una Comunidad Rural de Bajo Nivel Socioeconómico INCAP Guatemala, 1972

10 Bressani, R (1960) Optimum Levels of Amino Acids Supplementation for Limetheated Corn **Ind Proc** 19 320

11 The United Nations University (1980) Nutritional Evaluation of Protein Foods Edited by Pellet, P L , Young, V R **Food and Nutrition Bulletin Suplement 4**

12 Association of Official Analytica Chemist, Washington, D C Official Methods Analysis of the A O A C 12th Ed , Washington, D C , 1975 1094 P

13 Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Métodos de Laboratorio para Análisis de Alimentos Guatemala, 1976

14 Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Recursos Proteinicos en América Latina Behar, M , Bressani, R , Editores Guatemala, 1970