

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACION CON VITAMINAS
Y MINERALES SOBRE LA UTILIZACION DE LA PROTEINA
DE MEZCLAS DE MAIZ:FRIJOL¹**

G. Contreras², L. G. Elías³ y R. Bressani⁴

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

RESUMEN

El propósito del presente estudio fue establecer el efecto de algunas vitaminas y minerales sobre la utilización de la proteína de mezclas de maíz y frijol en las proporciones de 87:13 y 70:30. Para la realización de los experimentos, se suplementaron dietas de maíz y frijol en las proporciones indicadas, con tiamina, niacina, piridoxina, riboflavina y vitamina A, y con hierro, zinc, yodo y magnesio, tanto en forma aislada como conjunta. Como

Manuscrito modificado recibido: 29-7-81.

- 1 Esta investigación se llevó a cabo con fondos provenientes de las Subvenciones Nos. PN-740 de la Research Corporation, Nueva York, y PN-311 del International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá
- 2 Estudiante de Postgrado, Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Apartado Postal 1188, Guatemala, Guatemala, C. A.
- 3 Científico, División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.
- 4 Jefe de la misma División.

referencia se utilizó el efecto de la adición de todos los nutrientes. Los resultados muestran mejores índices de utilización de la proteína para la mezcla de 70:30 que para la de 87:13. Aun cuando no fue posible establecer diferencias significativas entre los tratamientos carentes de algunas o de todas las vitaminas y minerales estudiados —probablemente debido al tiempo relativamente corto que duró el experimento, que no fue suficiente para magnificar su efecto— los resultados sugieren la importancia de estos nutrientes, ya que en todos los casos la dieta completa acusó los valores más altos de utilización proteínica. El mismo comportamiento se observó al suplementar las mezclas con los aminoácidos en que se consideraron deficientes, o sea lisina, metionina y triptofano. Se estudió también la respuesta aislada al mejoramiento de la calidad proteínica de las mezclas mediante la suplementación con los aminoácidos deficientes. Los resultados sugieren que esta medida no es efectiva a menos que las vitaminas, minerales y calorías estén presentes en las mezclas. Los datos obtenidos del análisis químico de las ratas revelan una acumulación de grasa en el carcás de los animales alimentados con la dieta de 70:30, al compararla con la de 87:13. Se sugiere un estudio más detallado al respecto, que pueda explicar este fenómeno.

INTRODUCCION

La desnutrición es uno de los problemas más graves que afrontan los países en vías de desarrollo. Representa, además, un serio obstáculo de superar dentro del círculo vicioso de factores que frenan el progreso de los pueblos latinoamericanos.

Se ha establecido claramente que la desnutrición es la resultante de la interacción de diversos factores económicos, políticos y sociales; por consiguiente, su solución requiere de una acción multidisciplinaria y multisectorial. Sin embargo, una metodología que analice en forma global todas las causas, interrelacione las variables, y sugiera soluciones adecuadas es de gran complejidad y extremadamente costosa. Además, existen serias dudas en cuanto a su aplicación práctica en los países en desarrollo (1). Por lo tanto, un análisis por bloques de los diferentes factores condicionantes del problema puede ser una metodología adecuada para su estudio, sin perder de vista que estos bloques de sistemas están conformados por una serie de subsistemas íntimamente relacionados entre sí, y que todo este conjunto constituye el suprasistema de la problemática de la desnutrición (2).

Uno de los bloques condicionantes de la desnutrición ha sido identificado como el bajo consumo de alimentos y, especialmente,

de aquéllos de alto valor proteínico. Dado el bajo poder adquisitivo de la población, el consumo de alimentos proteínicos de origen animal, cuyo alto costo los convierte en artículos de lujo, es extremadamente reducido o nulo. Por tal motivo, en la dieta común de la población predomina el consumo de proteínas de origen vegetal, de menor costo, pero también de menor valor nutricional, siendo sus fuentes principales los cereales y las leguminosas.

Estas dos fuentes de proteína en forma aislada presentan limitaciones en su utilización, por poseer patrones de aminoácidos deficientes. No obstante, en mezclas y proporciones adecuadas, los aminoácidos se complementan para constituir una proteína de mejor valor biológico. En diferentes estudios (3-5) se ha determinado la relación ideal de maíz:frijol. Esta relación está lejos de ser alcanzada, sin embargo, y en la actualidad, dichos alimentos se consumen en una proporción que no permite la utilización máxima de la proteína resultante. Mejorar la relación del consumo actual implica un aumento de la ingesta de frijol, lo cual está condicionado por aspectos de tipo fisiológico, nutricional y económico. Por otro lado, las dietas habituales de la población pueden carecer de otros nutrientes, los cuales pueden afectar la salud del hombre, así como también influir en la utilización de la proteína y energía ingeridas.

El trabajo aquí descrito tuvo por objetivo tratar de determinar la influencia de algunos nutrientes, tanto aminoácidos como vitaminas y minerales, sobre la utilización de dietas de maíz:frijol en la proporción promedio consumida por la población, así como en una combinación de mayor valor proteínico (3).

MATERIALES Y METODOS

El estudio consistió en realizar experimentos con ratas, para investigar la influencia relativa de las vitaminas tiamina, riboflavina, niacina, piridoxina y vitamina A, y los minerales hierro, zinc, yodo y magnesio, en la utilización de mezclas de maíz:frijol, en proporciones de 87:13 y de 70:30, respectivamente, solas y suplementadas con L-lisina HCl (0.3%), DL-metionina (0.3%) y DL-triptofano (0.1%).

Materiales

Se utilizó una preparación comercial de harina de maíz blanco y harina de frijol negro, con el fin de asegurar uniformidad en

las mezclas utilizadas. Se prepararon mezclas en proporción de 87 partes de maíz y 13 de frijol, y 70 partes de maíz y 30 de frijol, respectivamente. El contenido de proteína total fue de 9.4% para la mezcla de 87:13, y de 12.0% para la mezcla de 70:30. Se tomaron 90 partes de dichas mezclas y se llevaron a 100 utilizando cuatro de una mezcla mineral, cinco de aceite de soya y una de aceite de bacalao. Las vitaminas se prepararon en una solución de alcohol, la cual fue adicionada a razón de 50 ml por kg de dieta (6). El contenido de proteínas fue de 8.5 y 10.6 g % para las dietas a base de las mezclas de maíz·frijol de 87 13 y de 70:30, respectivamente; el control de caseína contenía 10.0 g % de proteína.

En los tratamientos dietéticos en los cuales se estudiaron vitaminas, la solución utilizada se preparaba quitando una de las vitaminas en estudio para cada tratamiento. El mismo proceso se utilizó para el estudio de los minerales. La mezcla de vitaminas y minerales se detalla en la Tabla 1. Los minerales se mezclaron en recipientes de vidrio para evitar contaminación.

Métodos

1 Químicos

Se determinó en las harinas de frijol y maíz su contenido proteínico, así como en cada una de las dietas (7, 8)

2. Biológicos

Para estos ensayos se utilizaron ratas Wistar de 21 días de edad provenientes de la colonia animal del INCAP, a razón de ocho por cada tratamiento, mitad machos y mitad hembras, cuidando de que el peso total de cada grupo fuese similar. Se alojaron en jaulas individuales con fondo de malla levadizo, provistas de comederos metálicos individuales. En todos los casos, el agua y las raciones experimentales se suministraron *ad libitum*. Semanalmente, se llevó durante cuatro semanas, un control de la ingesta y del aumento de peso de cada rata, con el fin de calcular la relación entre aumento de peso y proteína ingerida. La proteína utilizable se obtuvo multiplicando el contenido de proteína de la dieta por el valor nutritivo relativo de la caseína.

3. Bioquímicos

Las ratas alimentadas con la dieta completa, es decir, la

TABLA 1

**COMPOSICION DE LAS MEZCLAS DE VITAMINAS Y MINERALES
UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS CON RATAS EXPERIMENTALES**

Vitaminas	g*	Minerales	o/o
Tiamina	0.6	Carbonato de calcio	29.93
Riboflavina	0.6	Fosfato dipotásico	33.67
Piridoxina	0.6	Fosfato monocálcico	7.48
Pantotenato de calcio	2.0	Sulfato de magnesio	10.35
Acido nicotínico	1.0	Cloruro de sodio	15.46
Biotina	0.002	Citrato férrico	2.63
Acido fólico	0.004	Yoduro de potasio	0.08
Inositol	8.0	Sulfato de manganeso	0.36
Acido p-amino benzoico	6.0	Sulfato de cobre	0.02
Menadiona	0.2	Cloruro de zinc	0.02
Vitamina B ₁₂	0.6		

* Para un litro de solución.

mezcla de maíz-frijol con vitaminas, minerales y calorías, se sacrificaron a los 28 días de ensayo. A estos animales se les extrajo el hígado y se determinó, tanto en carcás como en hígado, humedad, grasa y proteína (8).

4 *Análisis Estadístico*

Los resultados obtenidos se sometieron a análisis de varianza, descomponiendo la variabilidad total de acuerdo con los efectos e interacciones que se consideraron de utilidad para la interpretación de dichos resultados. Posteriormente se aplicó el test múltiple de Duncan (9), con miras a determinar los mejores tratamientos, de acuerdo con su significación estadística. Para comparar las mejores dietas experimentales con la dieta control, se utilizó la prueba de Student (10) en los casos en que se consideró necesario.

RESULTADOS

1 Efecto de la Adición de Vitaminas sobre la Calidad Proteínica de Dietas a Base de Frijol y Maíz

La Tabla 2 muestra el efecto de la supresión de vitamina A y de algunas vitaminas del complejo B sobre el consumo de las dietas a base de una mezcla de maíz (87^o/o) y frijol (13^o/o) y sobre el crecimiento de los animales. Según se observa, los valores obtenidos no presentan significancia estadística en lo que a los parámetros medidos se refiere.

Los resultados obtenidos con la dieta de maíz (70^o/o) y frijol (30^o/o) también se exponen en la Tabla 2. Como en el caso anterior, no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en ingesta o en aumento de peso en el mismo período experimental, y con una ingestión similar a las dietas de maíz y frijol en la proporción de 87:13. Las diferencias en aumento ponderal entre las dos combinaciones para cualquier tratamiento son estadísticamente significativas de acuerdo con el análisis de varianza efectuado.

Los resultados con las dietas de maíz:frijol, de 87:13 y de 70:30 suplementadas con los respectivos aminoácidos limitantes, se describen en la Tabla 3. Como en el estudio anterior, la supresión de las vitaminas no indujo cambios significativos entre tratamientos, dentro de cada tipo de dieta. Fue de interés observar que los aminoácidos mejoraron la calidad de la proteína de la dieta de 87:13, no así la de 70:30.

Con el propósito de determinar los efectos de las carencias vitamínicas en las dietas de maíz y frijol, sin y con suplemento de aminoácidos, se calculó la proteína utilizable a partir de los datos de consumo de dieta y contenido proteínico de las mismas.

La Tabla 4 permite apreciar los valores comparativos de las mezclas en ausencia de las vitaminas estudiadas. Según se determinó por el análisis estadístico, los resultados obtenidos con la mezcla de 70:30 son superiores a los de la mezcla de 87:13, tanto para las dietas sin adición de aminoácidos como cuando estos fueron agregados. Únicamente las dietas carentes de vitamina A y de las cinco vitaminas en estudio, derivadas a partir de la mezcla de 70:30, no acusan diferencias estadísticas con las dietas derivadas a partir de la mezcla de 87:13.

El efecto de la adición de aminoácidos sobre la calidad de la proteína de la mezcla de maíz:frijol, de 87:13, en ausencia de las

TABLA 2

EFFECTO DE LA SUPRESION DE ALGUNAS VITAMINAS EN DIETAS A BASE DE MAIZ:FRIJOL
EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30, SOBRE EL CRECIMIENTO DE RATAS ALBINAS

Vitamina ausente	87:13		70:30	
	Ingesta g/28 días	Aumento de peso g/28 días	Ingesta g/28 días	Aumento de peso g/28 días
Vitamina A	450.0 ± 17.0	87.5 ± 2.9	456.6 ± 17.8	108.2 ± 6.5
Vit. A, tiamina, niacina, ribofla- vina, piridoxina	417.2 ± 14.0	85.8 ± 4.2	450.0 ± 17.8	107.8 ± 6.3
Tiamina	443.0 ± 11.9	91.7 ± 4.1	442.0 ± 17.0	105.1 ± 5.2
Riboflavina	423.6 ± 15.2	90.0 ± 5.0	429.1 ± 22.2	103.5 ± 6.2
Piridoxina	439.8 ± 8.5	94.1 ± 3.1	447.2 ± 15.7	115.3 ± 6.2
Niacina	413.8 ± 7.4	86.3 ± 5.1	466.8 ± 16.3	121.3 ± 4.3
Ninguna	437.1 ± 16.9	97.2 ± 2.4	451.1 ± 11.7	117.8 ± 7.3
Dieta de caseína	461.0 ± 19.0	113.0 ± 7.6	461.0 ± 19.0	113.0 ± 7.6

TABLA 3

EFFECTO DE LA SUPRESION DE ALGUNAS VITAMINAS EN DIETAS DE MAIZ:FRIJOL EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30, SUPLEMENTADAS CON AMINOACIDOS* SOBRE EL CRECIMIENTO DE RATAS

Vitamina ausente	87:13		70:30	
	Ingesta g/28 días	Aumento de peso g/28 días	Ingesta g/28 días	Aumento de peso g/28 días
Vitamina A	378.0 ± 14.7	115.08 ± 7.6	403.0 ± 38.3	107.8 ± 14.2
Vit. A, tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina	440.0 ± 11.0	128.16 ± 6.5	425.1 ± 26.4	103.5 ± 9.2
Riboflavina	384.0 ± 16.7	116.66 ± 10.3	411.8 ± 17.2	101.8 ± 11.1
Piridoxina	426.0 ± 15.0	128.33 ± 6.2	422.3 ± 24.3	108.0 ± 9.0
Tiamina	459.0 ± 17.1	141.33 ± 10.3	406.5 ± 27.2	102.8 ± 11.5
Niacina	422.0 ± 21.0	133.66 ± 12.3	407.8 ± 17.2	125.6 ± 8.3
Ninguna	450.0 ± 17.8	107.85 ± 6.3	408.8 ± 15.5	133.2 ± 8.0
Dieta de caseína	461.0 ± 19.0	113.00 ± 7.6	461.0 ± 19.0	113.0 ± 7.6

* Lisina, metionina, triptofano.

TABLA 4

EFFECTOS COMPARATIVOS DE LA AUSENCIA DE ALGUNAS VITAMINAS EN DIETAS A BASE DE MAIZ:FRIJOL EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30 Y DE ESTAS DIETAS SUPLEMENTADAS CON AMINOACIDOS* EN LAS MISMAS PROPORCIONES

Vitamina ausente	Proteína utilizable, % sin suplemento de aa		Proteína utilizable, % con suplemento de aa	
	87:13	70.30	87:13	70.30
Vitamina A	5.86 ^d	7.04 ^{b,c**}	6.81 ^{c,d}	8.80 ^a
Vit. A., niacina, tiamina, riboflavina, piridoxina	6.17 ^d	7.14 ^{a,b,c,}	6.32 ^d	8.41 ^b
Tiamina	6.20 ^d	7.15 ^{a,b,}	6.74 ^{c,d}	8.52 ^b
Niacina	6.24 ^d	7.78 ^{a,b}	7.01 ^{c,d}	8.43 ^b
Riboflavina	6.33 ^d	7.18 ^{a,b}	6.46 ^{c,d}	8.27 ^b
Piridoxina	6.39 ^{c,d}	7.69 ^a	6.71 ^{e,d}	8.64 ^b
Ninguna	6.45 ^{c,d}	7.83 ^a	7.14 ^c	9.00 ^a
Dieta de caseína		9.00		9.00

* Lisina, metionina, triptofano

** Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (P < 0.05).

mismas vitaminas, también figura en la Tabla 4. Como se puede apreciar, la dieta en la cual se suprimieron las cinco vitaminas en estudio presentó el valor más bajo de proteína utilizable con respecto a los demás tratamientos, siendo esta diferencia significativa únicamente al compararla con la dieta completa.

La misma Tabla 4 muestra, además, los valores obtenidos para las diferentes dietas preparadas a base de maíz y frijol en la proporción de 70.30 y suplementadas con los mismos aminoácidos. La dieta completa presentó un valor de proteína utilizable significativamente más alto en comparación con los demás tratamientos, con excepción de la dieta carente de vitamina A, ésta, a su vez, es también diferente de las otras dietas con respecto a los parámetros medidos.

Los valores comparativos obtenidos para las dos mezclas indican que todas las dietas a base de la mezcla de 70:30 son diferentes estadísticamente de las derivadas de la mezcla de 87:13, con respecto a los valores de utilización proteínica.

En general, la carencia de las diferentes vitaminas estudiadas en las dos mezclas, con o sin suplementación de aminoácidos, no presenta un comportamiento regular. Vale la pena destacar que las diferencias ponderales en términos de proteína utilizable fueron más notorias al suplementar la mezcla de 70:30 con aminoácidos que al aplicar igual tratamiento a la mezcla de 87:13, siendo este efecto estadísticamente significativo.

2. Efecto de la Adición de Minerales sobre la Calidad Proteínica de Dietas a Base de Maíz y Frijol

En la Tabla 5 se detalla el efecto de la ausencia de minerales sobre el consumo y el crecimiento de animales alimentados a base de maíz y frijol en la proporción de 87:13. Los efectos de la ausencia de Mg solo o en combinación con Fe, Zn y I₂ fueron los más notorios, a pesar de que la ausencia de Fe y Zn también fue importante.

Los resultados obtenidos con la dieta de maíz y frijol en la proporción de 70:30 los ilustra también la Tabla 5. Los efectos no fueron tan marcados como con la dieta de 87:13, aunque se notó un ligero efecto debido a la ausencia de zinc y de magnesio, hierro y yodo.

El consumo de dieta y el aumento en peso de los animales alimentados con las dietas de 87:13 y de 70:30, de maíz-frijol, suplementadas con los respectivos aminoácidos limitantes, se resumen en la Tabla 6. Los efectos en este caso no fueron notorios, exceptuando el efecto de la ausencia de I₂ y Zn, y de I₂ en el caso de la dieta de 87:13 de maíz frijol.

Los datos de proteína utilizable, que permiten apreciar mejor los efectos de la ausencia de minerales en las dietas con y sin aminoácidos, figuran en la Tabla 7. Según se nota, la dieta de 87:13 completa presenta diferencias significativas únicamente cuando se compara con la dieta carente de magnesio. Esta, a su vez, no es diferente al compararse con las dietas en que se suprimió el hierro, el yodo y el zinc, o los cuatro minerales en estudio.

La dieta completa de 70:30 presenta los valores más altos de proteína utilizable. Sin embargo, esta dieta solamente difiere estadísticamente de la carente de hierro, y no presenta —con los demás

TABLA 5

EFFECTO DE LA SUPRESION DE ALGUNOS MINERALES EN DIETAS A BASE DE MAIZ:FRIJOL
EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30, SOBRE EL CRECIMIENTO DE RATAS ALBINAS

Mineral ausente	87:13		70:30	
	Ingesta	Aumento de peso	Ingesta	Aumento de peso
	g/28 días	g/28 días	g/28 días	g/28 días
Magnesio	404.6 ± 9.3	80.5 ± 4.0	461.8 ± 21.1	122.2 ± 7.2
Magnesio, hierro, zinc, yodo	382.6 ± 13.9	80.0 ± 3.8	421.3 ± 15.3	112.2 ± 6.4
Hierro	426.5 ± 13.8	90.7 ± 5.1	468.3 ± 16.0	118.1 ± 5.9
Zinc	402.1 ± 15.3	87.0 ± 6.5	431.7 ± 16.6	113.5 ± 7.1
Yodo	429.3 ± 17.7	94.6 ± 6.4	483.1 ± 15.3	128.8 ± 6.8
Ninguno	437.1 ± 16.9	97.2 ± 2.4	451.1 ± 11.7	117.8 ± 7.3
Dieta de caseína	446.0 ± 12.8	124.0 ± 4.2	446.0 ± 12.8	124.0 ± 4.2

TABLA 6

**EFFECTO DE LA SUPRESION DE ALGUNOS MINERALES EN DIETAS A BASE DE MAIZ:FRIJOL
EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30 SUPLEMENTADAS CON AMINOACIDOS*,
SOBRE EL CRECIMIENTO DE RATAS ALBINAS**

Mineral ausente	87:13		70:30	
	Ingesta g/28 días	Aumento de peso g/28 días	Ingesta g/28 días	Aumento de peso g/28 días
Magnesio	421.5 ± 10.0	98.3 ± 2.0	429.1 ± 14.0	122.3 ± 5.2
Magnesio, hierro, yodo, zinc	393.7 ± 15.2	93.3 ± 5.4	397.3 ± 16.8	119.6 ± 7.1
Hierro	433.5 ± 13.4	105.0 ± 6.0	394.5 ± 15.3	121.0 ± 6.8
Zinc	429.7 ± 15.7	100.2 ± 4.7	417.5 ± 12.1	120.8 ± 4.9
Yodo	393.7 ± 25.1	94.2 ± 7.9	412.0 ± 15.3	126.5 ± 7.2
Ninguno	450.0 ± 17.8	107.8 ± 6.3	408.8 ± 15.5	133.2 ± 8.0
Dieta de caseína	446.0 ± 12.8	124.0 ± 4.2	446.0 ± 12.8	124.0 ± 4.2

* Lisina, metionina, triptofano.

TABLA 7

EFFECTOS COMPARATIVOS DE LA AUSENCIA DE ALGUNOS MINERALES EN DIETAS A BASE DE MAIZ. FRIJOL EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30, RESPECTIVAMENTE, SIN Y CON SUPLEMENTOS DE AMINOACIDOS*

Mineral ausente	Proteína utilizable, o/o		Proteína utilizable, o/o	
	87:13	70:30	87:13	70:30
	Sin suplemento de aa		Con suplemento de aa	
Magnesio	5.44 ^d	7.29 ^{a,b**}	6.56 ^c	7.82 ^b
Magnesio, hierro, zinc, yodo	5.73 ^{c,d}	7.27 ^{a,b}	6.48 ^c	8.23 ^{a,b}
Hierro	5.82 ^{c,d}	6.90 ^b	6.71 ^c	8.39 ^{a,b}
Zinc	5.91 ^{c,d}	7.15 ^{a,b}	6.40 ^c	7.90 ^b
Yodo	6.02 ^{c,d}	7.24 ^{a,b}	6.52 ^c	8.39 ^{a,b}
Ninguno	6.45 ^c	7.83 ^a	7.14 ^c	9.00 ^a
Dieta de caseína	8.70	8.70	8.70	8.70

* Lisina, metionina, triptofano.

** Letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$)

tratamientos— significancia estadística alguna.

La comparación de las dos mezclas en ausencia de uno o varios minerales acusa diferencias significativas en todos los tratamientos a favor de la mezcla de 70:30. De manera similar a lo observado en los experimentos con vitaminas, el efecto de la presencia o ausencia de los mismos minerales no se tradujo en un comportamiento regular para las dos mezclas de frijol y maíz sometidas a estudio. Como era de esperar, la mezcla de 70:30 presentó diferencia significativa al compararla con la de 87:13. Asimismo, la suplementación con aminoácidos resultó también significativa.

En la Tabla 8 se muestra el efecto de la adición de los aminoácidos deficientes en las mezclas de maíz y frijol estudiadas. En este caso no se agregó ningún otro grupo de nutrientes, tratando

TABLA 8

EFFECTO DE LA ADICION DE AMINOACIDOS SOBRE LA CALIDAD PROTEINICA DE DIETAS CARENTES DE NUTRIENTES COMPLEMENTARIOS*, PREPARADAS A BASE DE MAIZ.FRIJOL EN PROPORCIONES DE 87:13 Y DE 70:30, RESPECTIVAMENTE

Mezclas	Ganancia de peso g/28 días	Alimento consumido g/28 días	Proteína utilizable o/o
87 13	58 ± 2.7	383 ± 7.9	4.50 ± 0.23
87·13 + lisina + metionina + triptofano**	69 ± 3.4	350 ± 11.1	5.46 ± 0.20
70 30	61 ± 1.4	309 ± 10.3	5.93 ± 0.09
70·30 + lisina + metionina + triptofano	38 ± 1.5	235 ± 5.3	4.40 ± 0.11
Dieta de caseína	124 ± 4.2	446 ± 4.2	8.70 ± 0.36

* Vitamina, minerales, calorías.

** Niveles de 0.3, 0.3 y 0.10%, respectivamente

así de establecer cómo el mejoramiento aislado de la calidad de la proteína influía en su utilización. La mezcla de 87:13, al ser suplementada, resulta en un valor ligeramente superior; en cambio, la mezcla de 70:30 sufre un deterioro en su utilización al ser suplementada.

Se consideró necesario determinar la composición química tanto de los hígados como del carcás de los animales alimentados con las dietas completas derivadas de las dos mezclas. Estos resultados se dan a conocer en la Tabla 9. En cuanto al contenido de grasa del hígado, no hay diferencia significativa entre las dos mezclas, pero sí la hay a favor de la de 87:13 cuando se compara el contenido de proteína. Para el carcás, el contenido de grasa es significativamente superior para los animales alimentados con la mezcla de 70:30, mientras que cuando se compara el contenido de proteína, las diferencias no son significativas.

TABLA 9

**COMPOSICION QUIMICA DE CARCAS E HIGADOS DE RATAS
EXPERIMENTALES ALIMENTADAS CON DIETAS COMPLETAS
A BASE DE MAIZ:FRIJOL, EN PROPORCIONES
DE 87-13 Y DE 70.30, RESPECTIVAMENTE**

Mezcla	Hígado			Carcás		
	Humedad o/o	Grasa* o/o	Proteína** o/o	Humedad o/o	Grasa* o/o	Proteína** o/o
87:13	69.10	11.87	64.30	57.6	34.80	79.24
70-30	71.82	11.05	62.21	63.7	38.12†	80.16
Dieta de caseína	68.90	8.56	65.39	57.6	35.60	86.10

* Base seca.

** Base seca y desgrasada

† $P < 0.05$.

DISCUSION

Los datos obtenidos al estudiar el efecto de la carencia de vitamina A, niacina, tiamina, piridoxina y riboflavina sobre la utilización de la proteína aportada por la mezcla de frijol y maíz, 87 y 130/o, respectivamente, sugieren que la carencia aislada o conjunta de estos elementos nutritivos no constituye un factor limitante en la utilización de la proteína de la dieta constituida por estos dos alimentos. Es revelador, sin embargo, el hecho de que todos los tratamientos presentan valores más bajos que el obtenido con la dieta completa. Ello lo explica el hecho de que tanto las reservas orgánicas como los aportes que el maíz y el frijol hacen de estas vitaminas fueron capaces de mantener, en el organismo, niveles adecuados durante el tiempo que duró el experimento. Por consiguiente, es obvio que se necesitan períodos experimentales más largos en la aplicación de modelos similares a los aquí presentados, argumento aplicable tanto al estudio de vitaminas como al de minerales.

Al considerar el efecto de las carencias anotadas en una mezcla de 700/o de maíz y 300/o de frijol, proporción considerada

como ideal, solamente la carencia de vitamina A resultó ser crítica. Es probable que al mejorar la calidad y cantidad de la proteína de la dieta, las demandas de esta vitamina fuesen mayores. Así, es importante que en el futuro los estudios sean de más larga duración, con el propósito de depauperar a las ratas de sus reservas hepáticas y poder conocer mejor el efecto de la calidad proteínica de la dieta usada, sobre los requerimientos de esta vitamina. Como ocurrió con la mezcla anterior, todas las carencias de las vitaminas sometidas a estudio presentaron los valores más bajos de proteína utilizable, al compararse con la dieta completa.

Al suplementar las dos mezclas (87:13 y 70:30) con los aminoácidos deficientes, lisina, metionina y triptofano (3), los valores de proteína utilizable aumentaron, tal como era de esperar. Asimismo, las carencias aisladas o de grupo siguen el mismo patrón de comportamiento que presentan en las mezclas sin suplementar, o sea valores más bajos que los obtenidos con la dieta completa. Por otra parte, no se pudo demostrar si la carencia de determinada vitamina es más crítica que la causada por el grupo de las cinco en estudio. Este comportamiento permite deducir que, al menos durante el tiempo que dura el experimento, la carencia aislada puede ser tan importante como la carencia conjunta del grupo de vitaminas.

Al estudiar el efecto de algunos minerales, a saber: magnesio, hierro, zinc y yodo, sobre la utilización de la proteína aportada por las dos mezclas en estudio, se observó que en la mezcla de 87:13 el magnesio fue el elemento más crítico. Los demás minerales estudiados acusaron un comportamiento similar al que mostraron las vitaminas, o sea valores más bajos que los obtenidos con la dieta completa. Al probar su efecto sobre la mezcla de 70:30, el hierro resultó ser el elemento más crítico, y los demás minerales se comportaron en forma similar a la del caso anterior.

Cuando la mezcla de 87:13 fue suplementada con lisina, metionina y triptofano, no se evidenció diferencia de comportamiento en ninguno de los minerales. En cambio, la mezcla de 70:30, carente de magnesio, presentó el valor más bajo de proteína utilizable.

En conclusión, la carencia individual o de grupo de minerales provocó, en todos los casos, un descenso en la utilización de la proteína. Como la magnitud de esta diferencia fue prácticamente igual para un mineral que para el grupo, este hecho permite concluir que el mejor aprovechamiento de la proteína dietética de las dos mezclas se logró al satisfacer las necesidades totales de los minerales.

Desafortunadamente, los estudios llevados a cabo con minerales hacen énfasis en las alteraciones patológicas y bioquímicas, así como en las lesiones anatómicas que las carencias agudas o crónicas acarrearán. No obstante, su relación con la utilización de la proteína aún no ha sido bien establecida, por lo que no se puede sugerir una hipótesis que explique el comportamiento errático de estos minerales en relación con el parámetro medido.

Es interesante el resultado obtenido al mejorar, mediante la suplementación con lisina, metionina y triptofano, la calidad de la proteína de las dos mezclas, y en ausencia total de nutrientes complementarios, a saber: vitaminas, calorías, y minerales. Se notó una leve mejoría, en términos de proteína utilizable, con la mezcla de 87:13. En cambio, el efecto fue definitivamente negativo con la de 70:30. Es probable que en el primer caso, tanto las reservas orgánicas como los nutrientes aportados por el alimento en sí, fueron capaces de satisfacer las necesidades del organismo para utilizar la proteína resultante, durante el tiempo que duró el experimento. Sin embargo, con la de 70:30 el mejoramiento de la calidad se tradujo en una demanda muy alta de nutrientes complementarios para su metabolización; por lo tanto, el animal se depauperó en un tiempo más corto y posteriormente no pudo hacer uso de la proteína de mejor calidad de la dieta.

La composición corporal de los animales alimentados con las mezclas de maíz y frijol completas mostró una acumulación significativa de grasa en el hígado, en ambos casos. En cambio, al estudiar la composición del carcás, solamente la mezcla 70:30 provocó una acumulación significativa de grasa. Evidentemente, las mezclas no aportaron ni la calidad ni la cantidad suficiente de proteína para satisfacer los requerimientos de los animales, lo cual, como ya ha sido ampliamente demostrado, provoca una acumulación anormal de grasa en el hígado. En el caso de la mezcla de 70:30, la acumulación de grasa en el carcás no es fácilmente explicable, aunque existe evidencia (11) sugerente de que un aumento en el consumo de frijol puede ocasionar cambios en la composición corporal. Este punto amerita estudios más a fondo ya que, de ser comprobado, ofrecerá una explicación del bajo consumo de la población, debido a un mecanismo de rechazo por parte del organismo que se resiste a un cambio de su composición corporal.

Desde un punto de vista práctico, los resultados hacen pensar que los programas encaminados al mejoramiento del estado nutricional de poblaciones cuya dieta básica está constituida por maíz y frijol, deben tener en cuenta la adecuación de los minerales y

vitaminas en las dietas. Asimismo, la suplementación con los aminoácidos deficientes es una medida que mejora la calidad de la proteína en ambas mezclas. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que para que esta medida dé los resultados esperados, se debe tener cuidado de que las necesidades de nutrientes complementarios sean satisfechas.

Finalmente, se considera importante estudiar más detalladamente la relación entre el aumento del consumo de frijol y la composición corporal del individuo, ya que este aspecto podría representar un serio obstáculo en el incremento del consumo.

SUMMARY

EFFECT OF VITAMIN AND MINERAL SUPPLEMENTATION ON PROTEIN UTILIZATION OF MAIZE:BEAN MIXTURES

The present study was undertaken to establish the effect of some vitamins and minerals on protein utilization of maize:bean mixtures fed in an 87:13 and 70:30 weight ratio. The experiments were carried out by feeding such diets without thiamine, niacin, pyridoxin, riboflavin and vitamin A and without iron, zinc, iodine and magnesium, alone or in combination. Completely supplemented diets were used as reference.

The results indicated better protein utilization from the 70:30 maize:bean mixture than from the 87:13. Even though it was not possible to detect significant differences due to the lack of single nutrients, either vitamins or minerals, probably due to the relatively short experimental period, the results strongly suggest the importance of these nutrients in increasing protein utilization. The same result was true when both mixtures were supplemented with their limiting amino acids lysine, methionine and tryptophan. Furthermore, the addition of these amino acids without vitamins or minerals did not improve protein utilization, suggesting that nutrition is not due to single nutrients but to a nutrient balance.

Chemical carcass composition of the rats showed an increased fat accumulation for the animals fed the 70:30 mixture over those fed the 87:13 blend. No explanation was given, and this should be a subject of further research.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Instituto de Investigaciones Tecnológicas Metodología para un Análisis

- Multidisciplinario de la Desnutrición. Bogotá, Colombia, 1972, 136 p.
2. Fernández, F. & D L. Franklin Beans production systems En: **Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America.** Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1973, p. 188-198 (CIAT Series Seminar No. 2E).
 3. Bressani, R., A. T Valiente & C. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding VI. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans. *J Food Sci.*, **27**: 394-400, 1962.
 4. Bressani, R & L. G Elías Processed vegetable protein mixtures for human consumption in developing countries. En: **Advances in Food Research.** C O Chichester, E. W. Mraz and O. F. Stewart (Eds.) Vol. 16. New York, Academic Press, Inc , 1968, p. 1-103
 5. Bressani, R El sistema alimentario cereal-leguminosa de grano. *Inter-ciencia*, **4**(5) 254-259, 1979.
 6. Manna, L & S. M. Hauge A possible relationship of vitamin B₁₃ to orotic acid. *J Biol. Chem.*, **202**: 91-96, 1953.
 7. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970
 8. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. **Métodos de Laboratorio. Análisis de Alimentos.** Vol. I. Guatemala, INCAP, 1964, 97 p.
 9. Duncan, D. B. Multiple range and multiple *F* tests *Biometrics*, **11**: 1-42, 1955
 10. Snedecor, G. W. & W G Cochran. **Statistical Methods.** 6th ed. Ames, Iowa, The Iowa State University Press, 1967, 593 p.
 11. De Souza, N & J. E. Dutra de Oliveira. Self selection of dietary protein from rice and beans. *Ecol. Food Nutr.*, **3**: 3-5, 1974.