

TRABAJOS DE INVESTIGACION

Mezclas vegetales para consumo humano

XVIII.—Desarrollo de la Mezcla Vegetal INCAP 17, a base de semillas leguminosas.¹

LUIZ G. ELÍAS², ROBERT P. BATES³ Y RICARDO BRESSANI⁴
Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP),
Guatemala, C. A.

RESUMEN

El estudio describe los resultados de complementación entre las proteínas de la harina de semilla de algodón y las de tres semillas leguminosas: el caupí (*Vigna sinensis*), el gandul (*Cajanus cajan*) y el frijol negro (*Phaseolus vulgaris*). La combinación óptima entre las proteínas de la harina de algodón y el caupí se alcanzó cuando la primera aportaba el 60% de la proteína en la dieta, y la segunda el 40%. Estos mismos resultados fueron obtenidos para la harina de algodón y el frijol negro. En cambio, en el caso de la harina de algodón y el gandul, la mejor combinación ocurrió cuando el primer producto aportaba 70% de la proteína y el segundo, el 30%. Los índices de eficiencia proteínica más elevados fueron obtenidos con el caupí. Estos datos sirvieron de base para la formulación de la Mezcla Vegetal INCAP N° 17, que contiene 27% de harina de semilla de algodón, 45% de harina de cualquier semilla leguminosa, 25% de harina de maíz y 3% de levadura tipo torula. El valor proteínico de esta fórmula es similar al de mezclas vegetales desarrolladas previamente.

- 1 La presente investigación se llevó a cabo con fondos provenientes de la Fundación W. K. Kellogg, con sede en Battle Creek, Michigan, Estados Unidos de América.
- 2 Científico y Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), respectivamente.
- 3 Tecnólogo de Alimentos que, con beca adjudicada por los Institutos Nacionales de Salud (NIH) de Estados Unidos, llevó a cabo estudios especiales en la citada División.

Publicación INCAP E-389.

Recibido: 21-10-1968

Se encontró que la fórmula a base de caupí puede prepararse con la leguminosa en estado crudo. Sin embargo, en el caso del frijol negro y del gandul, éstos deben someterse previamente a cocción, ya que el cocimiento a que la mezcla se sujeta antes de su consumo no destruye totalmente los factores tóxicos que contienen dichas leguminosas.

Se realizaron varios experimentos de mejoramiento de la mezcla por medio de la adición de aminoácidos, cuyos resultados no fueron consistentes. Es posible que estas mezclas sean deficientes en metionina, treonina y triptofano, hipótesis que, evidentemente, necesita una investigación más a fondo.

INTRODUCCION

El éxito logrado en la utilización de mezclas de proteínas vegetales para consumo humano (1-5) ha estimulado al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá a proseguir sus estudios en este campo, con el objeto de desarrollar nuevas fórmulas en las que algunos de los ingredientes procedan de fuentes vegetales ajenas a las ya utilizadas en la elaboración de fórmulas previas.

Uno de los aspectos más relevantes de esta investigación deriva del hecho de que las fuentes de proteínas vegetales varían entre las diversas regiones y aun dentro de una misma zona, siendo necesario, por consiguiente, concebir otras combinaciones que permitan la continuidad del programa. Como ejemplos de esta naturaleza puede citarse la creación de las Mezclas Vegetales INCAP 14 y 15 (5, 6), en las que la harina de algodón de la Mezcla Vegetal 9 se sustituyó por harina de soya, totalmente en la primera y parcialmente en la segunda. En ambos casos el valor nutritivo de dichas fórmulas es igual o superior al de la Mezcla Vegetal INCAP 9 (5).

En el presente estudio se informa sobre la utilización de varias clases de semillas leguminosas como sustituto parcial de las proteínas del algodón y del maíz, utilizándose los resultados de estos estudios en la formulación de la Mezcla Vegetal INCAP 17.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de materiales

Las diversas clases de leguminosas usadas en el presente estudio fueron las siguientes el caupí (*Vigna sinensis*), el

gandul (*Cajanus cajan* o *Cajanus indicus*) y el frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), muestras todas ellas obtenidas en Guatemala. La harina de semilla de algodón usada se elaboró teniendo en cuenta los requerimientos establecidos para consumo humano (7).

Cocción de las semillas leguminosas

Después de la adición de agua en cantidades suficientes, las semillas se sometieron a cocción en el autoclave, durante 10 minutos, a 16 libras de presión y a una temperatura de 121°C. Ya cocido el material, se secó en un horno con aire a la temperatura de 70°C, y luego se molió en un molino tipo Wiley, a un grueso de 40 mallas.

Con el propósito de averiguar si los inhibidores de crecimiento —que comúnmente se encuentran en las semillas leguminosas— eran destruidos por la cocción al preparar las fórmulas con harinas de semillas leguminosas crudas, se llevó a cabo también un experimento, en el que las mezclas se cocinaron con agua por un período de 15 minutos.

Una vez cocidas, las mezclas fueron deshidratadas por medio de liofilización. Se utilizaron como controles las mezclas vegetales en las cuales se usó la leguminosa autoclaveada y que fueron preparadas por el método ya descrito.

Estudios biológicos.—Complementación entre las proteínas de la harina de semilla de algodón y la de las semillas leguminosas.

Para la realización de los tres estudios, uno por cada especie de leguminosa, se prepararon dietas con un nivel de 10% de proteína. En una de ellas toda la proteína provenía de la harina de semilla de algodón, y en otra, de la leguminosa. La proteína de las otras dietas estaba formada por diferentes combinaciones entre la harina de algodón y la semilla leguminosa, de tal manera que todas eran isoproteínicas. Luego cada dieta fue suplementada con 4% de minerales (8), 5% de aceite de semilla de algodón, 1% de aceite de hígado de bacalao, y almidón de maíz, en cantidades suficientes para ajustar 100%. Además, las dietas se complementaron con 5 ml de una mezcla de vitaminas por 100 g (9).

Suplementación con aminoácidos

Para el desarrollo de estos estudios se empleó la fórmula N° 17, diseñada a partir de los resultados descritos en la sección anterior, usando harina de caupí. Se llevaron a cabo tres ensayos utilizando 37% de la fórmula 17, con caupí, de modo que ésta aportara 10% de la proteína de la dieta. También se adicionaron varios aminoácidos ya fuese solos o en combinación con el fin de establecer cuál de ellos era el más limitante, agregándose éstos en cantidades que reemplazaban un peso igual de almidón de maíz. Sin embargo, no se intentó ninguna corrección para el nitrógeno que aportó la adición del aminoácido.

Comparación entre el valor proteínico de las Mezclas Vegetales 9 y 17

En estos estudios se utilizaron 37 g de la Mezcla Vegetal 9 (a base de harina de algodón y de maíz) por 100 g de ración, a fin de que la mezcla aportase 10% de proteína a la dieta. La Mezcla Vegetal 17 se preparó con 45% de cualquiera de las tres leguminosas (caupí, gandul o frijol negro), 27% de harina de semilla de algodón, 25% de harina de maíz o arroz y 3% de levadura torula en todos los casos. Para la elaboración de las dietas se tomó 37 g de cada fórmula por cada 100 g de manera que tuviesen una concentración proteínica de 10% y se suplementaron con las cantidades de los otros ingredientes ya mencionados.

Valor nutritivo de la fórmula 17 preparada con semillas leguminosas crudas o cocidas

En estos ensayos se preparó la fórmula 17 con cada una de las semillas leguminosas, utilizándose éstas crudas o cocidas. Además, se estudió el efecto de la cocción en la fórmula 17 preparada con leguminosas en estado crudo. Las dietas se elaboraron usando 37% de cada fórmula para proveer 10% de proteína, y se suplementaron en la forma descrita.

Como animales de experimentación para los ensayos biológicos se usaron ratas blancas, raza Wistar, de la colonia del INCAP. Estas se alojaron en jaulas individuales con fondos levantados de tela metálica, ofreciéndoseles *ad libitum* tanto el alimento como el agua.

Cada grupo experimental incluía por lo menos 3 ratas machos y 3 hembras, con un peso promedio inicial que entre los diversos grupos no difería en más de 1 gramo. Se llevó un registro semanal de la ganancia en peso de los animales y del alimento consumido en el curso de todo el experimento, cuya duración fue de 28 días. Al final de éste se evaluó el valor nutritivo de las mezclas, utilizando la razón de eficiencia proteínica ("Protein Efficiency Ratio" = PER).

La composición de las raciones utilizadas en cada experimento se describe en los cuadros que ilustran la sección correspondiente a Resultados.

Los ingredientes y las dietas experimentales usados se analizaron para determinar su contenido de nitrógeno valiéndose del método de la AOAC (10).

RESULTADOS

1. *Desarrollo de la Fórmula N° 17*

Los datos obtenidos al complementar las proteínas del algodón con las del caupí figuran en el Cuadro N° 1.

Según se aprecia, la ganancia en peso que se obtuvo con la dieta en la que la proteína provenía solamente del frijol fue de 57 gramos, y el PER, de 1.74; a medida que la proteína del frijol era sustituida parcialmente por la proteína del algodón, se observó un aumento notorio no sólo en el crecimiento de las ratas, sino también en la eficiencia proteínica. Aparentemente, la combinación óptima entre estas dos proteínas se obtiene cuando el 60% de éstas procede del algodón y el 40% del frijol, ya que en este caso se obtuvo una eficiencia proteínica de 2.63, en comparación con 2.35, obtenida con la dieta en la que la proteína provenía solamente del algodón.

Los resultados de combinar las proteínas del algodón con las del gandul constan en el Cuadro N° 2. Al igual que en el experimento anterior, las proteínas del algodón mejoraron significativamente el valor nutritivo de la leguminosa. En este caso, el PER resultante de la dieta a base de sólo gandul fue de 1.19, en contraste con 1.94 con la dieta de algodón únicamente, siendo la ganancia en peso de 30 y de 102 g, respectivamente. Cuando el 70% de las proteínas provenía del algodón y el 30% del gandul, el aumento en peso de los animales fue de 115 g y el PER, de 2.38, lo que indica que con estas pro-

CUADRO N° 1
COMPLEMENTACION DE LAS PROTEINAS DEL ALGODON CON LAS DEL CAUPI¹

Ingredientes	1	2	3	4	5	6	7	8
Harina de semilla de algodón, %	—	4.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	20.00
Harina de caupí, %	42.2	33.76	25.32	21.10	16.88	12.66	8.44	—
% de distribución proteínica en la dieta:								
proveniente de la harina de semilla de algodón	0	20	40	50	60	70	80	100
proveniente del caupí	100	80	60	50	40	30	20	—
Proteína en la dieta, %	10.3	10.3	11.7	10.7	10.5	11.7	10.6	10.9
Ganancia en peso, g	57	86	107	112	108	124	112	103
Indice de eficiencia proteínica ²	1.74	2.16	2.17	2.51	2.63	2.42	2.58	2.35

Peso promedio inicial, 45 g.

¹ Todas las dietas contenían: mezcla mineral Hegsted, 4.0% (8); aceite de semilla de algodón, 5.0%; aceite de hígado de bacalao, 1.0%; solución de vitaminas, 5 ml por 100 g de dieta (9), y almidón de maíz en cantidades suficientes para ajustar 100 g.

² Indice de eficiencia proteínica: g de aumento en peso/g proteína consumida.

CUADRO N° 2

COMPLEMENTACION DE LAS PROTEINAS DEL ALGODON CON LAS DEL GANDUL¹

Ingredientes	1	2	3	4	5	6	7	8
Harina de semilla de algodón, %	—	4.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	20.0
Harina de gandul, %	50.0	40.0	30.0	25.0	20.0	15.0	10.0	—
% de distribución protefínica en la dieta:								
proveniente del algodón	0	20	40	50	60	70	80	100
proveniente del gandul	100	80	60	50	40	30	20	0
Proteína en la dieta, %	10.7	11.6	12.0	11.2	11.3	11.5	11.8	12.3
Ganancia en peso, g	30	83	100	106	92	115	115	102
Indice de eficiencia protefínica ²	1.19	1.92	1.99	2.23	2.09	2.38	2.18	1.94

Peso promedio inicial, 46 g.

1, 2 Véanse notas al pie del Cuadro N° 1.

CUADRO N° 3

COMPLEMENTACION DE LAS PROTEINAS DEL ALGODON CON LAS DEL FRIJOL NEGRO¹

Ingredientes	1	2	3	4	5	6	7
Harina de semilla de algodón, %	—	3.81	7.60	9.50	11.41	15.21	19.02
Harina de frijol negro, %	46.70	37.33	28.02	23.35	18.68	9.34	—
% de distribución proteínica en la dieta:							
proveniente del algodón	0	20	40	50	60	80	100
proveniente del frijol	100	80	60	50	40	20	0
Proteína en la dieta, %	10.3	9.7	10.0	10.7	10.0	10.1	9.9
Ganancia en peso, g	42	55	69	79	92	86	65
Índice de eficiencia proteínica ²	1.59	1.85	2.15	2.08	2.34	2.32	1.94

Peso promedio inicial, 42 g.

1, 2 Véanse notas al pie del Cuadro N° 1.

CUADRO N° 4
COMPARACION ENTRE LA MEZCLA VEGETAL 9 Y LA MEZCLA VEGETAL 17¹

Ingredientes	1 MV9	2 MV17	3 MV17	4 MV17	5 MV17	6 MV17	7 MV17	8 Testigo
Harina de semilla de algodón, %	38.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	—
Harina de caupí %	—	45.00	45.00	—	—	—	—	—
Harina de gandul %	—	—	—	45.00	45.00	—	—	—
Harina de frijol negro %	—	—	—	—	—	45.00	45.00	—
Harina de maíz %	58.00	25.00	—	25.00	—	25.00	—	—
Harina de arroz %	—	—	25.00	—	25.00	—	25.00	—
Caseína libre de vitaminas %	—	—	—	—	—	—	—	11.20
Proteína en la dieta, %	11.5	13.0	12.5	12.6	12.1	12.0	12.3	12.2
Ganancia en peso, g	93	126	129	106	101	97	99	126
Indice de eficiencia proteínica ²	2.04	2.18	2.27	2.16	2.21	2.19	2.14	2.73

Peso promedio inicial, 46 g.

1, 2 Véanse notas al pie del Cuadro N° 1.

porciones se obtiene la mejor complementación entre los dos productos en lo que a su valor nutritivo se refiere.

Los datos en el Cuadro N° 3 conciernen a los resultados de combinar la proteína del frijol negro corriente con la del algodón. Como se observa, el índice de eficiencia proteínica del frijol ascendió de 1.59 a 2.34 con la dieta preparada combinando 60% de algodón y 40% de la leguminosa en cuestión; el incremento en peso fue de 42 y 92 g, respectivamente. La dieta elaborada sólo con proteína de algodón se tradujo en una eficiencia proteínica de 1.94 y una ganancia en peso de 65 g.

Las proporciones óptimas encontradas para el caupí y el algodón, y para el frijol negro y el algodón, son las mismas, o sea 60% de proteína de algodón y 40% de proteína de la leguminosa. En el caso del gandul dicha proporción es de 70% de algodón y 30% de la leguminosa. Sin embargo, para propósitos prácticos pueden considerarse las mismas proporciones del caupí y del frijol negro, ya que, como se aprecia en el Cuadro N° 2, los mejores índices de eficiencia proteica fueron obtenidos cuando del 50 al 70% de la proteína provenía del algodón, y del 50 al 30% del gandul. Ya que la harina de algodón contiene 50% de proteína y la de las leguminosas alrededor de 20%, la proporción 60/40, en términos absolutos, equivale a 27 y 45 g de harina de algodón y de harina de leguminosa, respectivamente.

En base a los hallazgos de los experimentos anteriores, se formuló la Mezcla Vegetal INCAP 17, que en términos porcentuales consiste de: harina de algodón, 27; harina de semilla leguminosa, 45; harina de maíz, 25; y levadura torula, 3.

2. *Evaluación del valor proteínico de la Fórmula N° 17*

Esta mezcla, así como sus variantes en cuanto al uso de cualesquiera de las tres semillas leguminosas y de maíz o arroz, fueron evaluadas biológicamente. En el Cuadro N° 4 se expresa la composición de la Mezcla Vegetal 17 con sus variaciones, así como los resultados de las pruebas biológicas a que fueron sometidas. Según lo atestiguan los datos, para fines de comparación se incluyó un grupo que recibió la Mezcla Vegetal 9 y otro, alimentado con caseína, que sirvió como testigo.

La comparación de la eficiencia proteínica de las distintas variaciones de la Mezcla Vegetal INCAP 17 con la de la Mez-

cla Vegetal 9 (Cuadro Nº 4) no revela ninguna diferencia significativa en lo referente a este parámetro. Los valores obtenidos variaron de 2.14 a 2.27, en contraste con el de 2.04 correspondiente a la Mezcla Vegetal 9; el grupo testigo, que recibió caseína, acusó un índice de eficiencia porteínica de 2.73. De manera general puede también decirse que las mezclas en las que la proteína del maíz fue sustituida por la del arroz indujeron tasas levemente mejores de crecimiento y del PER. De las variaciones de la Mezcla Vegetal 17, las elaboradas con caupí produjeron las mayores ganancias de peso en los animales.

3. *Valor proteínico de la Fórmula Nº 17 preparada con las diferentes leguminosas, crudas o cocidas*

Los datos correspondientes a las leguminosas que se utilizan en la Mezcla Vegetal 17, sujetas a diversas condiciones de cocción, constan en el Cuadro Nº 5.

Según se observa, la cocción mejoró significativamente la ganancia en peso de los animales y el PER de las mezclas preparadas con gandul y con frijol negro. El aumento en peso y la eficiencia de la proteína de la mezcla elaborada con gandul crudo fue de 51 g y 1.45, mientras que la cocción incrementó estos valores a 90 g y 1.89, respectivamente.

En el caso de la mezcla preparada con frijol negro crudo hubo una alta tasa de mortalidad entre los animales que la consumieron.

Los resultados obtenidos con la mezcla preparada con caupí crudo parecen indicar que prácticamente no existen diferencias en cuanto a la eficiencia proteínica, cuando ésta se compara con la misma mezcla cocida por el método casero.

La comparación de los índices de eficiencia proteínica de las fórmulas cocidas por el procedimiento casero, con aquellas preparadas con las leguminosas sometidas al autoclave, confirma que con las últimas las ratas acusaron mayor ganancia en peso y una eficiencia proteínica más alta, en contraste con las primeras. Los valores de PER obtenidos con las leguminosas cocidas por el método casero fueron de 2.00, 1.45 y 1.89, comparados con 2.14, 2.31 y 2.08, obtenidos con las de caupí, gandul y frijol negro cuya cocción se hizo en el autoclave.

CUADRO N° 5

VARIACIONES EN EL VALOR NUTRITIVO DE LA MEZCLA VEGETAL 17 BAJO DIVERSAS CONDICIONES DE COCCION

Mezcla Vegetal 17 ¹ a base de:	Tratamiento	Ganancia en peso ⁵ g	Indice de eficiencia proteínica ⁶	Mortalidad
Caupí	Caupí crudo ²	94	1.98	0/8
	Mezcla cocida ³	105	2.00	0/8
	Caupí cocido en autoclave ⁴	104	2.14	0/8
Gandul	Gandul crudo ²	51	1.45	0/8
	Mezcla cocida ³	90	1.89	0/8
	Gandul cocido en autoclave ⁴	103	2.31	0/8
Frijol negro	Frijol negro cocido ²	—	—	7/8
	Mezcla cocida ³	49	1.42	0/8
	Frijol negro cocido autoclave ⁴	100	2.08	0/8
Caseína		113	2.59	0/8

¹ Las dietas basales contenían: MV17, 37.0%; mezcla mineral Hegsted, 4.0% (8); aceite de semilla de algodón, 5.0%; aceite de hígado de bacalao, 1.0%; solución de vitaminas, 5 ml para 100 g (9), y almidón de maíz, en cantidades suficientes para ajustar 100 g.

² Semilla leguminosa presente en la mezcla en estado crudo.

³ Preparada con leguminosa en estado crudo y luego cocida a presión atmosférica por 15 minutos.

⁴ Leguminosa sometida a cocción en autoclave, deshidratada y luego incorporada en la mezcla.

⁵ Peso promedio inicial, 44 g.

⁶ Véase nota 2 al pie del Cuadro N° 1.

4. Suplementación de la Fórmula N° 17 con aminoácidos

Los resultados del primer estudio de suplementación con aminoácidos se detallan en el Cuadro N° 6. El examen de los datos revela que la dieta sin suplementación indujo una eficiencia proteínica de 2.21; el agregado individual de 0.3% de metionina, 0.375% de lisina y 0.1% de triptofano tuvo como resultado índices de eficiencia proteínica de 2.83, 2.52 y 2.44,

CUADRO N° 6

SUPLEMENTACION CON AMINOACIDOS DE LA MEZCLA VEGETAL 17 ELABORADA A BASE DE CAUPI

Suplemento a dieta basal ¹	Cantidad %	Aumento en peso ² g	Indice de eficiencia proteínica ³
Ninguno	—	105	2.21
L-lisina HCl	0.125	113	2.18
L-lisina HCl	0.250	112	2.15
L-lisina HCl	0.375	125	2.52
DL-metionina	0.100	129	2.66
DL-metionina	0.200	127	2.41
DL-metionina	0.300	133	2.83
DL-triptofano	0.100	115	2.44
DL-treonina	0.200	106	2.23
DL-isoleucina	0.200	114	2.37

¹ Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 5. Las dietas contenían un promedio de 11.2% de proteína.

² Peso promedio inicial, 48 g.

³ Véase nota 2 al pie del Cuadro N° 1.

respectivamente. Al parecer, la adición de treonina y de isoleucina no tuvo ningún efecto complementario. En el Cuadro N° 7 se presentan, asimismo, los resultados obtenidos al suplementar la fórmula N° 17 con varios aminoácidos. En este caso, según se aprecia, ninguna combinación produjo un incremento significativo en el valor proteínico de la mezcla. Por lo tanto, se llevó a cabo otro experimento en el que el nivel de la proteína en la dieta se redujo con el propósito de lograr una mayor sensibilidad a la suplementación con aminoácidos. Los resultados correspondientes se dan a conocer en el Cuadro N° 8, pudiéndose observar que —como lo revelan los datos— la adición de metionina, treonina y triptofano sí indujo un aumento significativo en el valor proteínico de la fórmula N° 17 preparada con caupí. Sin embargo, el agregado de metionina por sí solo no ocasionó ningún mejoramiento en el valor nutritivo de la mezcla.

CUADRO N° 7

**SUPLEMENTACION CON AMINOACIDOS DE LA MEZCLA
VEGETAL INCAP 17 A BASE DE CAUPI**

Suplemento a dieta basal ¹	Cantidad %	Aumento en peso ² g	Indice de eficiencia proteínica ³
Ninguno	—	110	2.04
DL-metionina	0.30	118	2.28
DL-metionina + L-lisina HCl	0.30 0.25	119	2.11
DL-metionina + DL-triptofano	0.30 0.10	118	2.18
DL-metionina + DL-isoleucina	0.30 0.20	117	2.06
DL-metionina + L-lisina HCl + DL-triptofano	0.30 0.25 0.10	128	2.31
DL-metionina + L-lisina HCl + DL-isoleucina	0.30 0.25 0.20	117	2.17
DL-metionina + L-lisina HCl + DL-triptofano + DL-isoleucina	0.30 0.25 0.10 0.20	120	2.21
Caseína	—	122	2.62

¹ Véase nota 1 al pie del Cuadro N° 6. Las dietas contenían un promedio de 12.4% de proteína.

² Peso promedio inicial, 47 g.

³ Véase nota 2 al pie del Cuadro N° 1.

CUADRO N° 8

SUPLEMENTACION CON AMINOACIDOS DE LA MEZCLA VEGETAL 17 ELABORADA A BASE DE CAUPI

Suplemento a dieta basal ¹	Cantidad %	Aumento en peso ² g	Indice de eficiencia proteínica ³
Ninguno	—	68	2.02
DL-metionina	0.20	65	1.96
DL-metionina + DL-treonina	0.20 0.20	93	2.38
DL-metionina + DL-treonina + DL-triptofano	0.20 0.20 0.10	103	2.68
Caseína	—	112	2.92

¹ Todas las dietas contenían los siguientes ingredientes: Mezcla Vegetal N° 17, 30.0%; mezcla mineral Hegsted, 4.0% (8); aceite de semilla de algodón, 5.0%; aceite de hígado de bacalao, 1.0%; solución de vitaminas, 5 ml (9), y almidón de maíz, en cantidades suficientes para ajustar 100 g. Proteína en la dieta, 9.2%.

² Peso promedio inicial, 45 g.

³ Véase nota 2 al pie del Cuadro N° 1.

DISCUSION

Es interesante subrayar que de las tres leguminosas estudiadas, el frijol caupí resultó ser el mejor en cuanto a valor nutritivo según revelan los datos correspondientes a la dieta N° 1 (Cuadros Nos. 1-3). Estos resultados confirman los obtenidos en experimentos anteriores (1) en los cuales también se demostró la superioridad del caupí sobre otras leguminosas. En dichos estudios (11) se comprobaron diferencias significativas entre las diversas variedades de caupí, hecho que sugiere que las mezclas del tipo descrito en la presente investigación podrían ser de mejor valor proteínico usándose las variedades de caupí que tienen el valor nutritivo más alto. En la literatura relativa al tema hay datos (12) indicativos de que esta leguminosa forma parte de la alimentación básica

en determinados lugares del Brasil. Es posible que otros países de la América del Sur también incluyan esta leguminosa en sus dietas, lo que facilitaría en gran medida su utilización en mezclas del tipo aquí descrito. Por otro lado, en términos generales, el frijol constituye un alimento básico en casi todos los países latinoamericanos, lo que también haría más factible su introducción en el desarrollo de fórmulas de esta naturaleza.

Otro aspecto digno de mención referente a las leguminosas utilizadas concierne al gandul. Como se pudo observar en los resultados de los ensayos biológicos de complementación con algodón, esta proteína difirió en lo relativo al punto óptimo de combinación. Esto puede deberse a que dicha leguminosa presenta la particularidad de que su aminoácido deficiente en primer lugar es el triptofano (13), en lugar de la metionina, como usualmente sucede con la mayor parte de las semillas leguminosas (14). De esta manera, como la complementación entre dos proteínas depende básicamente de la cantidad y disponibilidad de aminoácidos de cada proteína en particular, es posible que, en el caso del gandul, la deficiencia secundaria de metionina, aminoácido que la semilla de algodón contiene en cantidades adecuadas, cambie el punto óptimo de complementación. La razón principal de esta complementación mutua se basa en la composición de los aminoácidos de ambas proteínas. La semilla de algodón presenta como deficiencia más importante la lisina, mientras que en las leguminosas este aminoácido por lo general está presente en cantidades suficientes; asimismo, el algodón suple parcialmente la metionina deficiente en las leguminosas. Es posible también que, ajeno a estos aminoácidos, el balance global de los demás mejore a la vez, con lo que se logra una proteína mejor que la de cada una de ellas consideradas individualmente.

Los resultados obtenidos con los diferentes métodos de cocción de la leguminosa o de la mezcla total son de gran interés práctico. La alta mortalidad que ocurrió entre los animales que consumieron la mezcla preparada con frijol negro crudo no fue inesperada, ya que varios autores (15, 16) han informado la presencia de factores tóxicos en varias semillas leguminosas sometidas a estudio, como son el inhibidor de la tripsina y las hemoaglutininas. Por otro lado, también se ha demostrado que este factor tóxico es destruido por el calor

(15, 16). Sin embargo, cabe señalar que de las tres leguminosas estudiadas en forma cruda, el frijol negro resultó ser el más tóxico, seguido del gandul. Al parecer, el caupí no contiene este factor tóxico, ya que al cocerlo no se obtuvo ninguna mejora desde el punto de vista nutricional, lo que permitiría usarlo en la fórmula en estado crudo. Sin embargo, en las fórmulas a base de gandul y de frijol negro, la cocción previa de estas leguminosas es necesaria, con el objeto de destruir por completo los factores tóxicos. Aparentemente, 15 minutos de cocción a presión atmosférica no son suficientes para estos propósitos.

En el caso de los ensayos de suplementación con aminoácidos, los resultados no fueron consistentes de un experimento a otro. Sin embargo, la adición de metionina, treonina y triptofano a la Mezcla Vegetal 17 preparada con caupí mejoró su índice de eficiencia proteínica, en contraste con el PER obtenido con la dieta sin suplementación, sobre todo en aquellos experimentos donde el nivel de proteína en la dieta era reducido. De acuerdo a los resultados en cuanto a crecimiento e índice de eficiencia proteínica (Cuadros Nos. 6-8), es probable que la metionina y la treonina sean los aminoácidos limitantes en primer término, seguidos del triptofano, hipótesis ésta que, indudablemente, amerita verificación. La poca constancia en estos resultados pudo haberse debido —además del uso de un nivel proteínico relativamente alto en las dietas— a la adición de los aminoácidos en concentraciones elevadas, a la secuencia en que éstos se agregaron y a diferencias entre las preparaciones a base de caupí que se usaron en cada experimento.

Estos datos de nuevo son de interés práctico, puesto que la finalidad de las fórmulas del tipo descrito es suplementar dietas pobres en proteína tanto en términos cuantitativos como cualitativos, dado que la proteína en general se caracteriza por deficiencias de los aminoácidos metionina y lisina. Hoy día los precios de estos aminoácidos son relativamente bajos, por lo que el costo de la fórmula no aumenta en mayor grado, sobre todo si se considera que las cantidades de aminoácidos que es necesario agregar son más o menos pequeñas.

SUMMARY

Vegetable mixtures for human consumption.

XVIII.—Development of mixture INCAP 17 based on legume seeds.

The paper describes the results of biological studies using rats to determine the point of optimum complementation as indicated by growth and Protein Efficiency Ratio (PER) between cottonseed protein concentrate and each one of the following leguminous seeds: cowpea (*Vigna sinensis*), chickpea (*Cajanus cajan*), and black beans (*Phaseolus vulgaris*). The combination giving highest protein quality between cottonseed and cowpea occurred when the first provided 60% of the protein of the diet and the second 40%. The same results, but of lower quality, were obtained from mixtures between cottonseed and black bean proteins. In the case of chickpea and cottonseed proteins, the best combination resulted when the first provided 30% of the protein in the diet and cottonseed 70%. The highest PER values observed from the three studies were obtained with cowpea. These results were used to formulate INCAP Vegetable Mixture 17, made of 27% cottonseed flour, 45% legume seed flour, 25% corn flour, and 3% torula yeast. The quality of these mixtures is similar to the formulae previously developed by INCAP. The mixture can be prepared using raw legume seed flour, since cooking before consumption destroys the toxic compounds known to be present in such seeds. Several studies are reported in which attempts were made to improve the quality of the mixture by supplementing with amino acids. The results were not consistent, suggesting that these mixtures are deficient in methionine, threonine, and tryptophan. Further tests are needed to elucidate this point.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Bressani, R., L. G. Elías, A. Aguirre & N. S. Scrimshaw.—All-vegetable protein mixtures for human feeding. III. The development of INCAP Vegetable Mixture Nine. *J. Nutrition*, 74: 201-208, 1961.
- (2) Bressani, R., A. Aguirre, L. G. Elías, R. Arroyave, R. Jarquín & N. S. Scrimshaw.—All-vegetable protein mixtures for human feeding. IV. Biological testing of INCAP Vegetable Mixture Nine in chicks. *J. Nutrition*, 74: 209-216, 1961.
- (3) Bressani, R., L. G. Elías & N. S. Scrimshaw.—All-vegetable protein mixtures for human feeding. VIII. Biological testing of INCAP Vegetable Mixture Nine in rats. *J. Food Sci.*, 27: 203-209, 1962.
- (4) Bressani, R., J. E. Braham, R. Jarquín & L. G. Elías.—Mezclas de proteínas vegetales para consumo humano. IX. Evaluación del valor nutritivo de las proteínas de la Mezcla Vegetal INCAP 9 en diversos animales de experimentación. *Arch. Venezol. Nutrición*, 12: 229-244, 1962.
- (5) Bressani, R. & L. G. Elías.—All-vegetable protein mixtures for human feeding. The development of INCAP Vegetable Mixture 14 based on soybean flour. *J. Food Sci.*, 31: 626-631, 1966.

- (6) Bressani, R., L. G. Elías, J. E. Braham & M. Erales.—Vegetable protein mixtures for human consumption. The development and nutritive value of INCAP Mixture 15, based on soybean and cottonseed protein concentrates. *Arch. Latinoamer. Nutrición*, 17: 177-195, 1967.
- (7) Bressani, R., L. G. Elías & E. Braham.—Cottonseed protein in human foods. *Adv. Chem. Series*, Nº 57, p. 75-100, 1966.
- (8) Hegsted, D. M., R. C. Mills, C. A. Elvehjem & E. B. Hart.—Choline in the nutrition of chicks. *J. Biol. Chem.*, 138: 459-466, 1941.
- (9) Manna, L. & S. M. Hauge.—A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. *J. Biol. Chem.*, 202: 91-96, 1953.
- (10) Association of Official Agricultural Chemists. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*. 9th ed. Washington, D. C., 1960.
- (11) Elías, L. G., R. Colindres & R. Bressani.—The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). *J. Food Sci.*, 29: 118-122, 1964.
- (12) Chávez, N., N. R. Teodosio, A. Gómez de Matos, Jr., C. A. Lima & J. L. de Almeida.—As proteínas do feijao macassa na nutrição. *Rev. brasil. med.*, 9: 603-607, 1952.
- (13) Maddaleno Vela, R.—Efecto de la cocción y de la suplementación con aminoácidos sobre la sal proteína del *gandul* (*Cajanus indicus*). Escuela Nacional Central de Agricultura, Guatemala, mayo 1964. (Tesis.)
- (14) Bressani, R., L. G. Elías & A. T. Valiente.—Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*, L.). *Brit. J. Nutrition*, 17: 69-78, 1963.
- (15) Jaffé, W. G.—Protein digestibility and trypsin inhibitor activity of legume seeds. *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 75: 219-220, 1950.
- (16) Jaffé, W. G., A. Planchart, J. I. Páez Pumar, R. Torrealba & D. N. Franceschi.—Nuevos estudios sobre un factor tóxico de las carotas crudas (*Phaseolus vulgaris*). *Arch. Venezol. Nutrición*, 6: 195-205, 1955.