

COMPLEMENTACION DEL FRIJOL GANDUL (*Cajanus cajan*) CON HARINA DE SOYA Y PESCADO EN DIETAS PARA RATAS DE LABORATORIO¹

Ma. Ester Li*, Carlos Campabadal* y Emilio Vargas**

ABSTRACT

Complementary value of soybean meal and fish meal to diets based on pigeon pea (*Cajanus cajan*) for laboratory rats. Three studies were conducted to evaluate the complementary effect of soybean meal and fish meal on the nutritive quality of pigeon pea diets for laboratory rats. The results demonstrated that there is a complementary effect between the protein of soybean and fish meal. In both cases the animals fed the diets containing 75% of the protein from soybean and fish meal, showed better daily weight gains and feed conversion than the animals fed all the protein from soybean or fish meal.

The protein efficiency ratio (PER) for the diets that contained all protein from pigeon pea, fish meal, milk, and 75% of the protein from fish meal and 25% pigeon pea were 2.25, 2.80, 2.99 and 2.53, respectively. The PER of the last three diets were not significantly different and superior to the pigeon pea diet.

For the soybean study the PER were 1.75, 2.39, 2.81 and 2.18 for the pigeon pea, soybean, milk and 75% soybean and 25% pigeon pea as a protein source, respectively. The results also showed the low protein digestibility of the pigeon pea protein (37 and 48%).

INTRODUCCION

En los últimos años, las leguminosas de grano han recibido renovada atención como fuentes de proteína para la dieta humana y animal, debido al reconocimiento general del efecto complementario que tienen sobre la dieta de poblaciones alimentadas a base de cereales y tubérculos, así como por el hecho de que la disponibilidad de leguminosas de grano tradicionales, ha disminuido progresivamente, y se ha logrado poco en lo referente al incremento en producción. Además de los esfuerzos por aumentar la producción, es también esencial el aumento en la aceptabilidad y valor nutricional de

las leguminosas tradicionales y no tradicionales para la alimentación humana y animal.

El frijol gandul (*Cajanus cajan*), es una leguminosa de grano que ofrece una buena alternativa puesto que presenta una amplia gama de adaptabilidad a suelos pobres y ácidos, a sequías, así como a tierras bajas tropicales y alturas intermedias (11) y con producciones de 400 a 5.000 kg/ha (12). No obstante, su uso es aún limitado por falta de mayor conocimiento agronómico, así como sobre el procesamiento, factores tóxicos y el valor nutritivo del grano. Se ha encontrado que el contenido de proteína es adecuado, sin embargo, presenta deficiencias en aminoácidos azufrados totales y triptófano lo que limita su utilización (2,7). Por otra parte, también contiene algunos factores tóxicos los cuales pueden ser eliminados, al menos en forma parcial, por la cocción (2, 8, 9).

¹ Recibido el 16 de noviembre de 1981.

* Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.

** Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud (INCIENSA).

El presente trabajo describe el efecto de la complementación de la proteína de frijol gandul con proteína de soya o pescado, y de combinaciones de estas dos últimas, sobre el rendimiento de animales de laboratorio.

MATERIALES Y METODOS

Procesamiento de las muestras

En los ensayos aquí descritos se utilizó el frijol gandul (*Cajanus cajan*) de la variedad UCR-64-2B cultivada en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica. En todos los casos las muestras fueron procesadas como se describe a continuación: el frijol entero se colocó en un recipiente apropiado al cual se agregó 3 l de agua por kg de frijol, cociéndose luego por un período de 60 minutos a presión ambiental, contando a partir de que el agua alcanzó el grado de ebullición (98 C) (9). Se eliminó entonces el caldo de cocción y el material resultante se deshidrató a 70 C por un período de 24 horas y luego se molió en malla de 1 mm para su posterior utilización en los ensayos biológicos.

Análisis químico

Las materias primas utilizadas como fuente de proteína (leche, gandul, soya y harina de pescado) fueron analizadas para determinar su composición química proximal, siguiendo los métodos oficiales de la A.O.A.C. (1). El contenido de proteína y humedad de las raciones experimentales, así como de las heces fueron cuantificadas siguiendo las técnicas indicadas. En el Cuadro 1 se detalla la composición química proximal de las fuentes proteínicas utilizadas en todos los ensayos.

Ensayos biológicos

Se llevaron a cabo tres estudios con ratas jóvenes en proceso de crecimiento. El primero tuvo como propósito evaluar la complementación entre la proteína del frijol gandul con la de la harina de pescado. Para este fin se prepararon las dietas que se muestran en el Cuadro 2, las cuales se calcularon con 10% de proteína proveniente en la primera ración del frijol gandul, y en las demás raciones, de combinaciones con la harina de pescado en proporciones de 25, 50, 75 y 100% de la cantidad de proteína de la dieta. Asimismo, se preparó otra con le-

che que se usó como testigo. Cada dieta llevaba, además, mezcla mineral 4,0%; aceite de algodón 5,0%; aceite de bacalao 1,0%; y almidón de yuca en la proporción necesaria para ajustar al 100% (6). Cada una de las dietas se suplementó con 5 ml/100 g de una solución completa de vitaminas (10). Se asignaron al azar 8 animales (4 machos y 4 hembras) por dieta, de tal manera que el peso inicial promedio por grupo fue igual. Los animales, alojados en jaulas individuales de tela metálica con fondo levantado, tuvieron acceso *ad libitum* al agua y a la dieta. Las ratas se pesaron cada siete días por un total de 28 y se llevó un registro semanal del consumo de alimento. La prueba de digestibilidad se llevó a cabo por el método de recolección total durante cuatro días consecutivos en la cuarta semana del período experimental.

El segundo ensayo consistió en determinar el efecto de la complementación entre la proteína de la soya con la del gandul. Para la realización de este estudio se prepararon seis dietas, cuya composición se presenta en el Cuadro 3. Como puede apreciarse, la proteína de la soya sustituyó a la del gandul en un 25, 50, 75 y 100%. Además, se preparó una dieta a base de leche como única fuente de proteína, la cual sirvió como testigo. En este ensayo se emplearon 48 ratas de la raza Wistar de 21 días de edad, las que se distribuyeron en 6 grupos de 8 animales cada uno (4 machos y 4 hembras), cada uno de los cuales recibió una dieta diferente, siendo el peso promedio inicial de las ratas el mismo en todos los grupos. El experimento se llevó a cabo según el método descrito anteriormente.

El tercer ensayo tuvo como objeto estudiar el efecto de la complementación entre las proteínas del gandul, soya y harina de pescado. En este caso se alimentaron 32 ratas blancas (16 machos y 16 hembras) jóvenes de la raza Wistar con un peso promedio de 60,8 g, con las dietas cuya composición se describe en el Cuadro 4. La distribución de los animales, la preparación de las dietas y el método experimental fue igual al descrito en el primer ensayo.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño estrictamente al azar y se compararon los efectos de tratamiento, sexo y sus interacciones por medio del análisis de variancia. Para comparar los medios de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan (13). Diferencias

Cuadro 1. Composición química proximal del frijol gandul, harina de pescado y soya y de la leche, utilizados en los ensayos biológicos (g/100 g, base seca)

Determinación	Leche íntegra deshidratada	Harina de		Pescado
		Frijol de soya	Frijol gandul	
Materia seca	93,3	91,0	93,1	96,6
Proteína	25,0	48,0	21,3	60,4
Extracto etéreo	26,4	1,3	1,9	3,7
Fibra cruda	0,2	5,9	8,2	0,7
Cenizas	5,4	6,1	3,3	22,2
Extracto libre de Nitrógeno	36,3	29,7	58,4	9,6

Cuadro 3. Composición de las dietas experimentales utilizadas en el Ensayo 2. (g/100 g)

Ingredientes	Dietas ¹					
	1	2	3	4	5	6
Harina de frijol gandul	53,2	39,9	26,6	13,3	---	---
Harina de frijol de soya	---	5,2	10,4	15,6	20,8	---
Leche íntegra deshidratada	---	---	---	---	---	39,4
Almidón de yuca	36,8	44,9	53,0	61,1	69,2	50,6
Aceite vegetal	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Aceite de bacalao	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Minerales ²	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Proteína cruda	10,5	10,4	10,8	10,7	10,2	10,5
Materia seca	89,8	89,6	88,2	88,5	87,5	91,6

- 1 Todas las dietas fueron suplementadas con 5 ml/100 g de solución de vitaminas (10).
2. Minerales Hegsted (6).

Cuadro 2. Composición de las dietas experimentales utilizadas en el Ensayo 1 (g/100 g)

Ingredientes	Dietas ¹					
	1	2	3	4	5	6
Harina de frijol gandul	54,6	41,0	27,3	13,7	---	---
Harina de pescado	---	4,2	8,3	12,5	16,7	---
Leche íntegra deshidratada	---	---	---	---	---	39,4
Almidón de yuca	35,4	44,8	54,4	63,8	73,3	55,6
Aceite vegetal	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	---
Aceite de bacalao	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Minerales ²	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Proteína cruda	11,3	13,6	12,2	14,0	10,6	12,4
Materia seca	90,7	88,8	90,1	89,5	89,3	92,8

- 1 Todas las dietas fueron suplementadas con 5 ml/100 g de una solución de vitaminas (10).
- 2 Sales minerales Hegsted (6).

Cuadro 4. Composición de las dietas experimentales utilizadas en el Ensayo 3 (g/100 g)

Ingredientes	Dietas ¹			
	1	2	3	4
Harina de frijol gandul	12,5	12,5	12,5	---
Harina de frijol de soya	5,3	10,5	10,5	---
Harina de pescado	8,8	4,4	4,4	---
Leche íntegra deshidratada	---	---	---	39,4
Almidón de yuca	68,4	67,6	67,5	55,6
Aceite de bacalao	1,0	1,0	1,0	1,0
Minerales ²	4,0	4,0	4,0	4,0
Metionina (DL)	---	---	0,14	---
Proteína cruda	9,8	9,3	10,2	10,7
Materia seca	86,6	86,3	86,3	90,3

- 1 Todas las dietas fueron suplementadas con 5 ml/100 g de una solución de vitaminas (10).
- 2 Minerales Hegsted (6).

significativas fueron asociadas con un mínimo de probabilidad de 5%.

RESULTADOS

Los resultados del primer experimento se dan a conocer en el Cuadro 5, en el que puede observarse un efecto de complementación entre el gandum y la harina de pescado. La ganancia de peso

en las cuales la proteína provenía de mezclas de harina de pescado y de gandum consumieron cantidades estadísticamente iguales, con un promedio de 13,9 g por día en comparación a 12,8 g para los animales del grupo testigo. Esta diferencia no es significativa ($p < 0,05$). Los animales con la dieta a base de harina de pescado tuvieron los menores consumos de alimento (11,2 g por día) en comparación con los animales cuya única fuente de proteína fue el gandum (12,5 g por día).

Cuadro 5. Efecto de la complementación de la proteína de gandum con la proteína de pescado evaluado en ratas

Medida	Dieta ¹					
	1	2	3	4	5	6
Peso inicial, g	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2
Peso final, g	144,8	160,7	167,9	179,6	150,0	185,8
Ganancia de peso, g/día	2,8 ^d	3,3 ^{bcd}	3,6 ^{abc}	4,0 ^{ab}	3,0 ^{cd}	4,2 ^a
Consumo de alimento, g/día	12,5 ^{bc}	13,6 ^{ab}	14,4 ^a	13,8 ^{ab}	11,2 ^c	12,8 ^{abc}
Conversión alimenticia ²	4,6 ^a	4,1 ^b	4,0 ^b	3,4 ^{cd}	3,9 ^{bc}	3,0 ^d
Digestibilidad de materia seca, %	71,6 ^c	72,6 ^c	84,3 ^a	78,6 ^b	84,4 ^a	87,6 ^a
Digestibilidad de proteína cruda, %	37,0 ^d	49,4 ^c	62,3 ^b	57,3 ^b	60,0 ^b	70,9 ^a
PER ³	2,25 ^b	2,15 ^b	2,41 ^b	2,53 ^a	2,80 ^a	2,99 ^a

a, b, c, d, Cifras con letras distintas dentro de la misma línea, difieren significativamente ($p < 0,05$).

1 Ver Cuadro 2.

2 Gramos de alimento consumido por gramo de aumento de peso.

3 Índice de eficiencia proteínica: gramos de aumento de peso por gramo de proteína consumida.

de los animales fue mayor a medida que se incrementó el contenido de harina de pescado en la ración hasta que aportó un 75% de la proteína; con la cual los animales ganaron 4,0 g por día en comparación a 2,8 para la ración a base de gandum. Esta diferencia fue significativa. Asimismo debe indicarse que los animales con la ración que contenía 75% de proteína de pescado y 25 de gandum, presentaron ganancias de peso estadísticamente iguales a los del grupo testigo y superiores a las del grupo con 100% de proteína de pescado.

En relación con el consumo de alimento, la información indica que los animales con las tres ra-

La conversión alimenticia siguió una tendencia semejante a la ganancia de peso. Sin embargo, en este caso no se observó diferencia significativa entre la dieta con 75% de proteína de pescado y 25 de gandum en relación con la dieta con 100% de harina de pescado.

La digestibilidad de la materia seca de las raciones aumentó al sustituir la proteína del frijol gandum por proteína de pescado. Según se indica en el Cuadro 5, la ración en la cual la proteína provenía de partes iguales del frijol gandum y de la harina de pescado tuvo una digestibilidad de 84,3% en comparación a 84,6 y 87,6% para las raciones a

base de proteína de pescado y leche. Estas tres dietas tuvieron una digestibilidad estadísticamente igual y superior a las otras tres raciones experimentales. La digestibilidad de la proteína cruda siguió una tendencia similar a la de la materia seca, sin embargo, las raciones con 50, 75 y 100% de harina de pescado fueron iguales, con un promedio de 59,9% en comparación a 70,9% para la proteína de leche. Esta diferencia fue significativa. La ración cuya proteína provenía del gandul alcanzó una digestibilidad del 37% lo cual es significativamente inferior ($P < 0,05$) a todos los demás grupos experimentales.

El índice de eficiencia proteínica (PER) siguió una tendencia semejante a las demás variables evaluadas. En este caso, la dieta con 75% de proteína de harina de pescado, con un PER de 2,53 fue estadísticamente igual ($P < 0,05$) a las dietas con 100% de harina de pescado o leche, cuya PER fueron 2,80 y 2,99, respectivamente. Estos valores fueron significativamente mayores que los obtenidos con los otros grupos experimentales, los cuales fueron iguales entre sí y con un valor promedio de 2,27.

Los resultados del segundo ensayo biológico en el cual la proteína del frijol gandul fue sustitui-

da en forma creciente por la proteína del frijol de soya, se presentan en el Cuadro 6. Al igual que en el ensayo anterior, se observa una mejora sustancial en el comportamiento de los animales. Sin embargo, en forma general, los animales con dietas cuya proteína era totalmente de origen vegetal presentaron un rendimiento inferior a aquellos sometidos a una dieta que incluía proteína de origen animal (leche).

En relación con la ganancia de peso promedio, se observó un incremento de 2,3 hasta 3,4 g/día en los animales alimentados con la dieta a base de proteína de gandul en comparación con aquellos que tenían 75% de proteína de soya. Esta diferencia fue significativa. Al comparar las ganancias de peso de los animales con la dieta con 75% de proteína de soya y la del grupo testigo, se observó que éstas son iguales ($p < 0,05$).

En relación con el consumo de alimentos, los datos indican que los animales de todos los grupos consumieron cantidades similares de alimento con un promedio general de 12,3 g/animal/día. Los animales con la dieta a base de proteína de gandul fueron los que consumieron menos alimento con un promedio de 11,4 g/animal/día.

Cuadro 6. Efecto de la complementación de la proteína del frijol gandul con la proteína del frijol de soya evaluada en ratas

Medida	Dieta ¹					
	1	2	3	4	5	6
Peso inicial, g	44,6	44,6	44,6	44,6	44,6	44,6
Peso final, g	124,9	129,0	122,5	141,1	128,8	150,2
Ganancia de peso, g/día	2,3 ^d	3,0 ^{bc}	2,8 ^{cd}	3,4 ^{ab}	3,0 ^{bc}	3,8 ^a
Consumo de alimento, g/día	11,4	12,7	12,4	13,3	12,4	11,7
Conversión alimenticia, g/día	5,0 ^c	4,2 ^b	4,5 ^{bc}	4,1 ^b	4,2 ^b	3,1 ^a
Digestibilidad de la materia seca, %	75,3 ^e	81,1 ^d	84,8 ^c	86,9 ^{bc}	89,7 ^b	93,6 ^a
Digestibilidad de la proteína cruda, %	48,8 ^c	54,7 ^c	64,1 ^b	71,6 ^b	73,3 ^b	89,1 ^a
PER ³	1,75 ^e	2,10 ^{cd}	1,90 ^{de}	2,18 ^{bc}	2,39 ^b	2,81 ^a

a, b, c, d, e Cifras con letras distintas dentro de la misma línea difieren significativamente ($p < 0,05$)

¹ Ver Cuadro 3.

² Gramos de alimento consumido por gramo de aumento de peso.

³ Índice de eficiencia proteínica: gramos de aumento de peso por gramo de proteína consumida.

La conversión alimenticia siguió una tendencia semejante a la de la ganancia en peso, sin embargo en este caso, los valores encontrados para los animales del grupo testigo, con una conversión de 3,1, fueron significativamente mejores que en los demás grupos experimentales, efecto que también se observó en la digestibilidad de la materia seca, proteína cruda e índice de eficiencia proteínica (PER). En relación con la digestibilidad de la proteína cruda, destaca el gran incremento observado al sustituir la del frijol gandul, por la de soya, en cuyo caso, el valor de la digestibilidad pasó de 48,8% para la dieta exclusivamente con proteína de gandul, hasta 71,6 para la que contenía 75% de soya. El PER también fue mejorado en forma significativa al sustituir proteína de soya por la del gandul. Al comparar el comportamiento de los animales del grupo que consumió la dieta con 75% de proteína de soya y 25% de gandul con los que consumieron 100% de soya, se observó que los dos

grupos experimentales se comportaron en forma semejante para todas las variables evaluadas.

Los resultados del tercer ensayo biológico se resumen en el Cuadro 7. La información indica que los animales alimentados con las dietas en las cuales la soya aportó un 50% de la proteína y la harina de pescado y el gandul un 25% cada uno, tuvieron ganancias de peso estadísticamente iguales a las del grupo testigo. Los animales de la dieta 1, con 50% de harina de pescado, presentaron las menores ganancias de peso, con solo 2,1 g/animal/día en comparación a 3,1 para el grupo testigo, no obstante que este último grupo fue el que presentó el menor consumo de alimento con solo 9,9 g/animal/día.

En relación con la conversión alimenticia, los datos indican que los tres grupos de animales cuyas dietas contenían gandul, tuvieron una conversión estadísticamente igual, con un promedio de 4,5 en comparación a 3,4 para el grupo testigo. Esta diferencia es significativa ($p < 0,05$).

Cuadro 7. Efecto de la complementación de la proteína del frijol gandul con la proteína de del frijol de soya y la harina de pescado.

Medida	Dieta ¹			
	1	2	3	4
Peso inicial, g	60,8	60,8	60,8	60,8
Peso final, g	118,8	133,9	140,1	146,8
Ganancia de peso, g/día	2,1 ^b	2,6 ^{ab}	2,8 ^a	3,1 ^a
Consumo de alimento, g/día	10,0 ^{bc}	11,0 ^{ab}	11,4 ^a	9,8 ^c
Conversión alimenticia ²	4,8 ^a	4,5 ^a	4,1 ^a	3,2 ^b
Digestibilidad de la materia seca, %	73,8 ^c	75,2 ^c	81,2 ^b	85,8 ^a
Digestibilidad de la proteína cruda, %	74,3 ^c	74,0 ^c	80,8 ^b	86,1 ^a
PER ³	2,14 ^c	2,52 ^b	2,43 ^b	2,91 ^a

a, b, c Cifras con letras distintas dentro de la misma línea difieren significativamente ($p < 0,05$).

1 Ver Cuadro 4.

2 Gramos de alimento consumido por gramo de aumento de peso.

3 Índice de eficiencia proteínica: gramos de peso por gramo de proteína consumida.

La digestibilidad de la materia seca y proteína cruda de la dieta con 50% de harina de pescado y la que contiene 50% de harina de soya (dietas 1 y 2) fueron iguales y significativamente ($p < 0,05$) menores que en la dieta con 50% de soya suplementada con metionina. En ambos casos, la dieta testigo fue superior a las experimentales. Al igual que la digestibilidad de materia seca y proteína, el PER de la dieta testigo fue superior al de los otros grupos experimentales. La suplementación con metionina no mejora el PER de la dieta con 50% de soya (dieta 3). Los animales con la dieta que contenía 50% de harina de pescado fueron los que mostraron el menor índice de eficiencia proteínica.

DISCUSION

Las leguminosas, incluso la soya, son deficientes en aminoácidos azufrados totales, lo cual constituye uno de los principales factores limitantes en la utilización de sus proteínas (2, 7). En el caso del frijol gandul, además, el triptófano es tan limitante como los aminoácidos azufrados, por lo que deben ser agregados en conjunto para tener respuestas satisfactorias de los animales (7). En el presente estudio, los resultados revelan que la proteína de pescado o de soya o mezclas de ellas, constituyen fuentes satisfactorias de los aminoáci-

dos mencionados a juzgar por la mejoría en el rendimiento de los animales, cuando en las dietas se combina la proteína o el frijol gandul con cualquiera de las dos proteínas mencionadas o mezclas de ellas. Es interesante señalar que aparentemente existe un efecto complementario de la soya sobre el gandul, no obstante, que son deficientes en aminoácidos azufrados (7, 14). Sin embargo los resultados indican que la calidad de la proteína de la soya es superior a la del frijol gandul y que la calidad de la dieta mejora, de tal forma que una dieta en la cual el 75% de la proteína proviene de la soya y el 25% del gandul, tiene un valor nutritivo igual o ligeramente superior a una dieta en la cual el 100% de la proteína proviene de la soya. Debe mencionarse, sin embargo, que la utilización de la proteína es ligeramente superior en la dieta que contiene 100% de proteína de soya.

Con base en la información obtenida sobre las ganancias de peso y utilización de la proteína (PER) inducidas en los animales experimentales en este y otros estudios llevados a cabo en nuestros laboratorios (4, 9), y no obstante que el frijol gandul es deficiente en aminoácidos azufrados totales y triptófano (2, 7), puede afirmarse que su valor nutritivo es de alrededor de un 70% en relación al de la leche íntegra. Estos valores son consistentemente superiores a los obtenidos en estudios llevados a cabo por otros investigadores (2, 5, 7). La discrepancia en los datos puede deberse a diferencias en las características de los distintos cultivos utilizados. Otro factor importante es el proceso de cocción a que el material es sometido para el estudio. Se ha sugerido (9) que el proceso de cocción en autoclave es demasiado drástico para la proteína del gandul, a juzgar por los bajos rendimientos de los animales en comparación con los obtenidos cuando son alimentados con gandul cocido a presión ambiental.

Un aspecto relativamente poco estudiado es la baja digestibilidad de la proteína del frijol gandul. En este estudio, la digestibilidad de la proteína del gandul fue de 37 y 48,8%, mientras que en otros estudios llevados a cabo en nuestros laboratorios se han obtenido valores entre 30,6 y 57% (4, 9). Otros investigadores han obtenido digestibilidades que varían desde 47 hasta 90% (3, 7). La razón de la baja digestibilidad de la proteína de las leguminosas no es bien conocida. Bressani y Elías (3) han sugerido como posibles causas que afectan su digestibilidad los siguientes: los factores tóxicos

o antifisiológicos presentes en las leguminosas (inhibidores de tripsina y amilasa, fitohemaglutininas, etc.); el procesamiento del grano previo a la evaluación biológica (tiempo de almacenamiento, tipo y tiempo de cocción, etc.); la presencia de pigmentos, especialmente de compuestos fenólicos como los taninos, así como otros compuestos como fitatos, saponinas, etc.; el tipo y estructura de las proteínas presentes en las leguminosas. La digestibilidad de las leguminosas, por lo tanto, es un área de investigación que merece más atención puesto que el valor nutritivo de un alimento está determinado por su ingesta, la digestibilidad y la utilización metabólica de los nutrimentos absorbidos.

Los resultados indican que es posible sustituir hasta un 25% de la proteína de la harina de pescado o de la soya por proteína del frijol gandul, sin menoscabo del valor nutritivo de los productos originales. Esta información expresada en términos de peso, implicaría una mezcla de 51% de harina de pescado y 49% de harina de frijol gandul, lo cual resultaría en un producto con 41% de proteína. En el caso de la soya sería una mezcla de 57% de soya con 43% de harina de gandul, resultando un producto con 36% de proteína de buena calidad. Asimismo, con base en los resultados del ensayo, 3 es posible formular mezclas de gandul, soya y pescado, una de las cuales sería la mezcla 25 : 50 : 25, en base proteínica, lo cual en términos de peso sería una mezcla compuesta por 45 por ciento de gandul, 39 de soya y 16 de harina de pescado; mezcla que tendría un 38% de proteína de excelente calidad.

RESUMEN

Se describen tres ensayos llevados a cabo con el fin de determinar el efecto complementario de la harina de soya y pescado sobre la calidad nutritiva de dietas a base de gandul (*Cajanus cajan*) en ratas de laboratorio. Los resultados indican que existe un efecto complementario entre la proteína del frijol gandul y la proteína de soya o de pescado. En ambos casos, los animales alimentados con las dietas que contenían 75% de proteína de harina de pescado o de soya, mostraron mejores ganancias de peso y conversiones alimenticias que aquellos alimentados con dietas cuya proteína provenía exclusivamente de la soya o del pescado. Los índices de eficiencia proteínica (PER) para las dietas

que contenían como única fuente de proteína gandum, pescado, leche o una mezcla de 75% de proteína de pescado y 25 de gandum fueron de 2,25, 2,80, 2,99 y 2,53, respectivamente. El PER de las tres últimas dietas fueron estadísticamente iguales y superiores a la dieta con gandum. En el estudio con soya se observaron PER de 1,75, 2,39, 2,81 y 2,18 para las dietas con gandum, soya, leche o 75% de soya y 25 de gandum, como fuentes de proteína, respectivamente. Los resultados indican, asimismo, la baja digestibilidad de la proteína del gandum, la que fluctúa entre 37,0 y 48,8%.

LITERATURA CITADA

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of the AOAC. 11 ed. Washington, D.C., The Association, 1970. 957 p.
2. BRAHAM, J. E., VELA, R.M., BRESSANI, R. y JARQUIN, R. Efecto de la cocción y de la suplementación con aminoácidos sobre el valor nutritivo de la proteína del gandum. Archivos Venezolanos de Nutrición 15: 19-32. 1965.
3. BRESSANI, R. y ELIAS, L.G. The problem of legume protein digestibility. In HULSE, J.H., RACHIE, K.O. y BILLINGSLEY, L.W., eds. Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. International Development Research Centre. Publicación IDCR-TS7e. Ottawa, Canada, 1977. pp. 61-72.
4. CAMPABADAL, C.M., VARGAS, E., MUSMANNI, M., MURILLO, M. y FOURNIER, R. Efecto de la suplementación con metionina y triptófano sobre el valor nutritivo del frijol gandum (*Cajanus cajan*) utilizado como fuente de proteína. Agronomía Costarricense 2: 163-169. 1978.
5. ELIAS, L.G., CRISTALES, F.R., BRESSANI, R. y MIRANDA H. Composición química y valor nutritivo de algunas leguminosas de grano. Turrialba 26: 375-380. 1976.
6. HEGSTED, D.M., MILLS, R.C., ELVEHJEM, C.A. y HART, E.B. Choline in the nutrition of chicks, Journal of Biological Chemistry 138: 459-466. 1941.
7. HULSE, J.H. Problems of nutritional quality of pigeon-pea and chick-pea and prospects of research. In HULSE, J.H., RACHIE, K.O. y BILLINGSLEY, L.W., eds. Nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. International Development Research Centre. Publicación IDCR-TS7e. Ottawa, Canada, 1977. pp. 88-98.
8. JAFFE, W.G. Factores tóxicos en leguminosas. Archivos Venezolanos de Nutrición 18: 205-218. 1968.
9. LI, M.E., CAMPABADAL, C., RODRIGUEZ, J. y VARGAS, E. Efecto de diferentes tipos de tratamiento térmico sobre la calidad proteínica del frijol gandum (*Cajanus cajan*). Enviado para su publicación a Agronomía Costarricense. 1981.
10. MANNA, L. y HAUGE, S.M. A possible relationship of vitamin B₁₂ to orotic acid. Journal of Biological Chemistry 202: 91-96. 1953.
11. MORTON, S.L. *Cajanus cajan*. The nutritious, historic, versatile pigeon pea, *Cajanus cajan*. Jamaica 9: 141-147. 1976.
12. RACHIE, K.O. Méritos agronómicos que presentan algunas plantas leguminosas de grano comestible cultivadas en las tierras bajas del trópico. In El potencial del frijol y otras leguminosas de grano comestible en América Latina. Colombia, CIAT, 1975.
13. STEEL, R.G. y TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, MacGraw-Hill, 1960.
14. WILCKE, H.L., HOPKINS, D.T., y WAGGLE, D.H. Soy protein and human nutrition. New York, Academic Press, 1979. 406 p.