ESTUDIOS SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA DE VARIAS ESPECIES DE LEGUMINOSAS[1]

Ricardo Bressani, [2] *Luiz G. Elías,* [3] *y Mario R. Molina* [3]

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

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue investigar más a fondo el problema de la baja digestibilidad de la proteína de las leguminosas de grano. Se estudiaron así tres muestras de frijol común (P. vulgaris) de color blanco, negro y rojo, y una de caupí (V. sinensis), otra de gandul (C. cajan) y, por último, harina de soya, obtenida por extracción con solventes y bajas temperaturas. Se utilizó la caseína como proteína de referencia. Los estudios se llevaron a cabo en perros jóvenes en crecimiento, los que fueron alimentados con dietas que contenían harinas precocidas de las diferentes leguminosas. La evaluación se hizo por mediciones de balance de nitrógeno, digestibilidad aparente y verdadera, y digestibilidad de la materia seca y de la energía. Además, el frijol cocido se fraccionó en nitrógeno soluble en agua o en 0.1 M de NaCl y nitrógeno insoluble; lo mismo se hizo con las heces, y a partir de los datos resultantes se estimó la digestibilidad de cada fracción.

Los datos sugieren que entre los frijoles, los de color blanco son superiores en calidad a los negros y a los rojos. Entre las otras tres leguminosas estudiadas el orden de calidad es: soya, caupí, y gandul.

La digestibilidad de la proteína fue significativamente menor en las die-

Recibido. 29 – 9 – 1976

1 Este trabajo se llevó a cabo con fondos de la Research Corporation, con sede en la ciudad de Nueva York, N. Y., E.U.A. (Subvención No. INCAP 740).

2 Jefe de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP.

3 Jefe del Programa de Alimentos Básicos y Jefe del Programa de Tecnología de Alimentos de la citada División, respectivamente.

Publicación INCAP E– 915

tas a base de leguminosas que en la preparada con caseína, y en todos los casos, salvo en el del frijol rojo, aumentó en función del nivel de ingesta.

La digestibilidad de la materia seca y de la energía disminuyó a medida que aumentaba la ingesta (más frijol en la dieta) con la excepción de la soya y de la caseína.

Los datos también indicaron que la digestibilidad de ambas fracciones, la soluble y la insoluble, es baja, pero de las dos, la digestibilidad de la fracción de N soluble fue significativamene menor que la fracción insoluble.

Se propone que el procedimiento en cuestión podría usarse como un método de estudio más detallado del problema de la digestibilidad de las leguminosas, identificando mejor las fracciones. Finalmente, se concluye que posiblemente son cuatro los factores que de una manera u otra influyen en la baja digestibilidad de la proteína. Estos son: los inhibidores de la tripsina, el procesamiento, ciertas fracciones proteínicas resistentes a la hidrólisis y quizás la presencia de sustancias como los fenoles, que reaccionan con las proteínas.

INTRODUCCION

La mayor parte de los estudios nutricionales o bioquímicos con leguminosas de grano conciernen principalmente a dos factores importantes en la determinación del valor nutritivo y utilización de los nutrientes que contienen. El primero de esos factores son los compuestos de acción antifisiológica como los inhibidores de tripsina y hemaglutininas (1) los que se destruyen durante la cocción a que se someten previo a su consumo (1,2). Por consiguiente, este hecho sugiere que dichos factores no son determinantes de la baja digestibilidad de la proteína de las leguminosas comestibles. El segundo factor de importancia nutricional es la deficiencia de aminoácidos azufrados de que adolece la proteína de las leguminosas de grano (3), deficiencia que, sin embargo, no afecta la digestibilidad de la proteína, notándose su efecto más bien a nivel metabólico.

A pesar de lo expuesto, existen varios informes demostrativos de una gran variación en la digestibilidad de la proteína de las leguminosas. Jaffé (4), por ejemplo, pudo comprobar una variación significativa en este sentido entre especies y dentro de una misma especie. Por su parte, Esselbaugh y colaboradores (5) en sus estudios en humanos, encontraron que la proteína de la arveja (**Pisum sativum**) tenía una digestibilidad aparente de 78.8%, en comparación con la proteína del huevo, cuyo valor es de 85.6%; la adición de metionina no mejoró la digestibilidad de su proteína. Rosales Arzú (6) en sus estudios con niños, informa que el nitrógeno fecal del nitrógeno ingerido de leche acusó un valor equivalente al 19% del nitrógeno ingerido, mientras que cuando se les alimentó con frijol (**Phaseolus vulgaris**), el nitrógeno fecal fue de 36% del nitrógeno ingerido. Estos datos rindieron un valor de nitrógeno absorbido de

del nitrógeno ingerido en el caso de la leche y de sólo 64.3% en el del frijol. Seidl, Jaffé y Jaffé (7), informaron de la acción inhibidora de una fracción proteínica de leguminosas de grano sobre varias enzimas proteolíticas, pero los factores responsables o las razones del por qué de esa acción, no han sido aún elucidados. Varios factores podrían ser los responsables; en general, la digestibilidad de las proteínas de origen vegetal tiende a ser menor que la de aquéllas de origen animal (8), posiblemente debido a su estructura. Las condiciones de cocción también pueden influir sobre la digestibilidad de la proteína (9, 10), y lo mismo sucede con los pigmentos de la cáscara (11) y la velocidad de su paso por el aparato digestivo (6,12).

El presente estudio se llevó a cabo con el propósito de aportar más información sobre el problema de digestibilidad de la proteína de las leguminosas de grano.

MATERIALES Y METODOS

Las leguminosas de grano sometidas a estudio fueron tres selecciones de frijol común (**P. vulgaris**) de color negro, rojo y blanco, una selección de caupí, variedad Mississippi Silver Skin (**Vigna unensis**) y una de gandul (**Cajanus cajan**), variedad Pinto. Además se utilizó harina de soya (ISN de 76%), y caseína como proteína de referencia.

Tanto el frijol común como el caupí y el gandul (20 kg de cada uno) se sometieron a cocción en el autoclave a 15 lb de presión, durante 20 minutos y después de haber permanecido en remojo por el término de 2 horas. Luego se eliminó el agua sobrante y el material fue deshidratado con aire caliente (55 – 60° C). Una vez deshidratadas, las muestras fueron molidas y analizadas por su contenido de grasa, fibra cruda y nitrógeno total por el método de Kjeldahl (13) y las calorías totales se determinaron por medio de un calorímetro de bomba. Estos materiales fueron utilizados para preparar las dietas descritas en la Tabla I, en el que también se detalla el contenido de nitrógeno, grasa, fibra cruda y calorías de las harinas de leguminosas bajo estudio. Todas las dietas contenían la misma concentración de proteína y fibra cruda y cantidades similares de calorías. Además, las dietas fueron suplementadas con minerales y vitaminas.

El nitrógeno de las muestras cocidas y deshidratadas fue fraccionado en nitrógeno soluble e insoluble en agua. Para estos propósitos, dos muestras de un gramo cada una fueron suspendidas y agitadas en 50 cc de agua dos veces, haciendo así un total de 20 minutos. Luego se centrifugaron midiendo el sobrenadante total y pesando el residuo, los cuales fueron analizados por nitrógeno. El

mismo procedimiento se efectuó para deteminar el nitrógeno soluble e insoluble en cloruro de sodio 0.1 M.

TABLA 1

COMPOSICION DE LAS DIETAS USADAS EN EL ESTUDIO, ELABORADAS A BASE DE VARIAS LEGUMINOSAS

Ingredientes	Dietas No. 1	2	3	4	5	6	7	8
Frijol blanco	62.1	–	–	–	–	–	–	–
Frijol rojo	–	76.6	–	–	–	–	–	–
Frijol negro	–	–	71.6	–	–	–	–	–
Gandul	–	–	–	79.9	–	–	–	–
Caupí	–	–	–	–	56.1	–	–	–
Soya, harina	–	–	–	–	–	32.7	–	–
Caseína	–	–	–	–	–	–	18.9	–
Aceite de soya	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
Minerales	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitaminas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Celulosa	3.4	2.8	3.0	–	3.4	5.5	6.1	6.0
Azúcar	4.4	–	–	–	4.4	4.4	4.4	4.4
Dextrina	10.0	0.5	5.3	–	16.0	37.3	50.5	69.4
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Solución de vitaminas y minerales	4	4	4	4	4	4	4	4
Proteína, %	16.9	15.6	16.3	16.2	16.2	16.7	15.7	15.7
Grasa, %	15.8	16.0	16.0	16.4	15.8	15.3	18.0	15.7
Fibra cruda, %	6.0	5.3	5.0	6.6	5.7	4.5	4.9	4.0
Calorías/100 g	475.0	468.0	466.0	480.0	456.0	481.0	498.0	489.0

Para los estudios de digestibilidad y balance de nitrógeno se utilizaron 8 perros, 4 hembras y 4 machos, cuyo peso varió entre 5.01 y 8.16 kg. Se formaron dos grupos de 4 perros cada uno, con dos de cada sexo. Un grupo se alimentó con las dietas del frijol común (**P. vulgaris**) en sus 3 colores; con caseína, y con una dieta libre de nitrógeno. El otro grupo recibió las dietas de caupí (**V. sinensis**), gandul (**C. cajan**), soya, caseína y una dieta libre de nitrógeno.

La ingesta proteínica fue de 2, 3 y 4 g/kg de peso /día y la de energía, de 120 kcal/kg/día. Cada nivel fue ofrecido a los animales

durante 7 días: 3 de adaptación y 4 de balance. Las dietas fueron ofrecidas al azar, de manera que todos los perros recibieron las diferentes dietas en diferentes tiempos, consumiendo así todos los niveles de ingesta proteínica. Para ajustar la ingesta de calorías se utilizó la dieta libre de nitrógeno.

Las heces, orina y dietas fueron analizadas por su contenido de nitrógeno valiéndose del método de Kjeldahl (13), así como por su contenido de agua y energía. Las muestras fecales del último

TABLA 2

BALANCE DE NITROGENO EN PERROS ALIMENTADOS CON DIETAS DE LEGUMINOSAS

Frijol (*P. vulgaris*)	Ingesta	Balance de nitrógeno			
		Fecal	Urinario	Absorbido	Retenido
		mg/kg/día			
Negro	285 ± 20.5	89 ± 8.6	120 ± 30.4	196 ± 24.0	76 ± 9.8
	465 ± 7.7	128 ± 15.7	139 ± 29.6	337 ± 14.3	198 ± 28.4
	627 ± 4.3	167 ± 15.3	250 ± 38.4	460 ± 11.5	210 ± 38.4
Rojo	287 ± 11.2	101 ± 18.2	72 ± 17.4	186 ± 14.5	114 ± 24.9
	392 ± 18.7	168 ± 6.7	81 ± 15.1	224 ± 13.1	143 ± 6.9
	597 ± 10.0	238 ± 18.2	172 ± 30.4	359 ± 11.9	187 ± 40.4
Blanco	290 ± 13.0	118 ± 9.8	86 ± 17.4	172 ± 5.2	86 ± 14.7
	479 ± 2.6	149 ± 6.2	119 ± 19.7	330 ± 7.0	211 ± 26.1
	624 ± 4.1	185 ± 21.1	149 ± 29.5	439 ± 22.9	290 ± 32.9
Caseína	314 ± 1.9	59 ± 3.9	106 ± 6.1	255 ± 5.7	149 ± 6.9
	470 ± 2.3	56 ± 9.4	109 ± 25.8	414 ± 7.8	305 ± 22.9
	599 ± 7.5	65 ± 3.9	161 ± 33.0	534 ± 10.1	373 ± 27.7
Soya (harina)	308 ± 9.2	162 ± 11.7	94 ± 8.6	146 ± 3.8	52 ± 12.4
	479 ± 2.5	198 ± 6.4	113 ± 7.4	281 ± 6.7	168 ± 12.3
	614 ± 4.9	220 ± 15.4	154 ± 9.7	394 ± 20.5	240 ± 26.2
Caupí	321 ± 1.9	118 ± 13.8	115 ± 9.3	203 ± 12.3	88 ± 21.0
	474 ± 0.6	139 ± 14.4	150 ± 2.6	335 ± 13.8	185 ± 12.8
	614 ± 1.7	172 ± 5.5	178 ± 17.6	442 ± 5.3	264 ± 13.0
Gandul	312 ± 7.5	147 ± 15.8	142 ± 18.0	165 ± 11.9	23 ± 16.8
	477 ± 1.9	173 ± 10.3	132 ± 12.2	304 ± 10.6	172 ± 20.2
	583 ± 3.1	227 ± 8.1	191 ± 7.9	356 ± 7.7	165 ± 11.4
Caseína	318 ± 0.9	51 ± 3.4	100 ± 3.9	267 ± 3.5	167 ± 6.3
	465 ± 1.0	59 ± 5.3	116 ± 7.8	406 ± 6.2	290 ± 13.6
	604 ± 1.6	60 ± 5.5	157 ± 9.5	544 ± 5.3	387 ± 14.2

balance, o sea cuando se les ofreció 4 g de proteína/kg/día, fueron utilizadas para obtener el nitrógeno soluble e insoluble en agua. Cada muestra fue suspendida, en duplicado, con 50 cc de agua, agitada por 20 minutos y luego centrifugada, analizándose el extracto y el residuo por su contenido de nitrógeno total. Lo mismo se hizo con las materias fecales del período en que los animales consumieron la dieta de caseína y la dieta libre de nitrógeno.

RESULTADOS

Los datos de balance de nitrógeno para las muestras de frijol común (**P. vulgaris**) se resumen en la parte superior de la Tabla 2 y en la parte inferior del mismo se consignan los datos de balance nitrogenado para el caupí, el gandul, la soya y su control de caseína. En ambos casos se nota que a mayor ingesta de nitrógeno de cualquiera de las leguminosas estudiadas o de caseína, corresponde una mayor retención nitrogenada, lo que era de esperar. A partir de los datos de nitrógeno ingerido y del nitrógeno absorbido se calculó la regresión al nitrógeno retenido. Las ecuaciones se resumen en la Tabla 3, las cuales indican que posiblemente el frijol blanco es superior al negro y al rojo, siendo este último el de calidad proteínica inferior. Asimismo, los datos indican que la calidad de la proteína del caupí es similar a la de la soya y que ambos son superiores en este sentido al gandul.

TABLA 3

REGRESION DE NITROGENO INGERIDO A NITROGENO RETENIDO, Y DE NITROGENO ABSORBIDO A RETENIDO, DE LOS ESTUDIOS DE BALANCE EFECTUADOS EN PERROS ALIMENTADOS CON LEGUMINOSAS

Leguminosa	NR = a + b NI	r*	NR = a +b NA	r*
Frijol negro	− 82.87 + 0.52	0.90	−63.41 + 0.66	0.9
Frijol rojo	− 68.99 + 0.48	0.86	−59.98 + 0.78	0.9
Frijol blanco	−100.74 + 0.63	0.95	−71.13 + 0.84	0.9
Caseína	−106.50 + 0.83	0.92	−68.94 + 0.86	0.9
Soya	−113.65 + 0.57	0.97	−72.05 + 0.82	0.9
Caupí	−107.74 + 0.61	0.98	−74.23 + 0.77	0.9
Gandul	−111.28 + 0.51	0.95	−88.52 + 0.76	0.9
Caseína	−104.91 + 0.82	0.97	−73.55 + 0.86	0.9

* Coeficiente de correlación.

En la Tabla 4 se reseña la digestibilidad de la proteína, tanto la aparente como la verdadera. Según muestran los datos, la digestibilidad aparente mejora al aumentar la ingesta de nitrógeno en todas las muestras, incluyendo la caseína, salvo en el caso del frijol rojo. La relación entre el aumento en la ingesta y la digestibilidad no es del todo clara, ya que en algunos casos aumenta, mientras que en otros disminuye.

En la Tabla 5 muestra la digestibilidad de la materia seca con respecto al nivel de alimento consumido, pudiéndose notar que esa

TABLA 4

DIGESTIBILIDAD PROTEINICA APARENTE Y VERDADERA DE LAS LEGUMINOSAS BAJO ESTUDIO

Leguminosa	Ingesta	Digestibilidad de la proteína, %	
	mg N/kg/ día	Aparente	Verdadera
Frijol negro	285	68.8 ± 4.3	80.7 ± 4.1
	465	72.5 ± 3.2	79.8 ± 3.1
	627	73.4 ± 2.3	78.8 ± 2.1
Frijol rojo	287	64.8 ± 5.6	76.6 ± 6.4
	392	57.1 ± 1.0	65.8 ± 1.4
	597	60.1 ± 2.6	65.8 ± 2.5
Frijol blanco	290	59.3 ± 1.8	71.0 ± 1.8
	479	68.9 ± 1.3	76.0 ± 1.1
	624	70.3 ± 3.5	75.8 ± 3.6
Caseína	314	81.2 ± 1.3	92.0 ± 1.9
	470	88.1 ± 2.0	95.3 ± 1.6
	599	89.1 ± 0.7	94.8 ± 0.6
Soya	308	47.4 ± 2.4	62.0 ± 2.4
	474	58.7 ± 1.3	68.1 ± 1.8
	614	64.2 ± 2.9	71.4 ± 2.8
Caupí	321	63.2 ± 4.1	77.3 ± 4.3
	474	70.7 ± 3.0	80.2 ± 3.9
	614	72.0 ± 0.9	79.3 ± 1.1
Gandul	312	52.4 ± 4.4	60.3 ± 3.7
	477	63.7 ± 2.2	73.2 ± 2.3
	583	61.1 ± 1.3	68.8 ± 2.1
Caseína	318	84.0 ± 1.1	98.1 ± 1.0
	465	87.3 ± 1.2	97.0 ± 1.0
	604	90.1 ± 0.9	97.5 ± 0.9

digestibilidad disminuye conforme la ingesta aumenta en todas las leguminosas, excepto con la soya. Esta última se comportó como la caseína, en la que la digestibilidad de la materia orgánica no fue afectada por la ingesta.

La distribución del nitrógeno en soluble en agua e insoluble

TABLA 5

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA INGERIDA

Leguminosa	Ingesta de leguminosa, g/4 días	Digestibilidad de la materia seca, %
Frijol negro	212	86.8 ± 1.13
	406	81.7 ± 1.48
	607	78.4 ± 0.95
Frijol rojo	226	87.7 ± 2.21
	331	78.4 ± 0.84
	596	71.5 ± 4.63
Frijol blanco	175	84.3 ± 0.95
	310	82.2 ± 1.21
	444	80.6 ± 2.03
Caseína	62	87.5 ± 1.04
	98	89.3 ± 1.57
	145	89.0 ± 0.40
DLN*		84.3 ± 1.82
Soya	82	87.2 ± 0.78
	136	88.2 ± 0.96
	197	86.4 ± 0.99
Caupí	146	84.8 ± 1.14
	240	83.7 ± 1.62
	395	79.3 ± 0.17
Gandul	205	83.8 ± 1.82
	369	82.3 ± 1.35
	558	76.6 ± 0.88
Caseína	51	89.3 ± 0.54
	80	88.8 ± 0.92
	123	90.6 ± 1.03
DLN*	–	83.2 ± 1.07

* DLN = Dieta libre de nitrógeno.

TABLA 6

DISTRIBUCION DEL NITROGENO SOLUBLE E INSOLUBLE EN AGUA EN LA LEGUMINOSA COCIDA Y EN LAS HECES DERIVADAS DEL CONSUMO DE ESA LEGUMINOSA

(Expresada en términos de porcentaje)

eguminosa	En frijol		En heces	
	Soluble en agua	Insoluble en agua	Soluble en agua	Insoluble en agua
rijol blanco	23.3 (21.1)	76.7 (78.9)	45.5	54.5
rijol negro	15.2 (15.6)	84.8 (84.4)	36.2	63.8
rijol rojo	17.1 (16.3)	82.8 (83.7)	33.1	66.9
aseína	3.8 (2.3)	96.2 (97.4)	52.2	47.8
oya	57.4 (59.1)	42.6 (40.9)	43.7	56.3
aupí	40.9 (33.4)	59.1 (66.6)	49.0	51.0
andul	18.2 (16.9)	81.8 (83.1)	36.1	63.9
aseína	3.8 (2.6)	96.2 (97.4)	59.5	40.5
ieta libre de nitrógeno	— —	— —	47.4	52.6

as cifras entre paréntesis representan: nitrógeno soluble e insoluble en 0.1% de NaC1.

en agua, tanto en las harinas cocidas de las leguminosas como en las materias fecales, se presenta en la Tabla 6. El nitrógeno soluble en agua, según se observa, fue menor que el nitrógeno insoluble tanto en las leguminosas como en la caseína, salvo en la soya. Los resultados del análisis de heces revelan una mayor cantidad de nitrógeno insoluble que soluble, con excepción de la caseína. Es de interés notar que las heces de los animlaes alimentados con la dieta libre de nitrógeno, también contenían más nitrógeno insoluble en agua que soluble.

Usando esta información, así como la correspondiente al balance de nitrógeno, se calculó la digestibilidad de la fracción de nitrógeno soluble en agua y de la insoluble en agua.

Los datos de estos cálculos se resumen en la Tabla 7, notándose que, en general, la digestibilidad del nitrógeno soluble en agua fue siempre menor que la del nitrógeno insoluble, exceptuando la soya. Entre los frijoles comunes, el blanco y el negro tuvieron una fracción soluble en agua más digerible que la del frijol rojo, y el gandul se comportó como este último. La digestibilidad del nitrógeno insoluble fue alta y menos variable que la del nitrógeno soluble. Por último, en la Tabla 8 se detallan los datos concernientes a la digestibilidad de la energía, y se incluye también la ingesta de leguminosas de cada balance. Como lo revelan los datos, en todas

TABLA 7

DIGESTIBILIDAD DE LA FRACCION DE NITROGENO SOLUBLE E INSOLUBLE EN AGUA

(Expresada en términos de porcentaje)

Leguminosa o proteína	Digestibilidad	
	Fracción de nitrógeno soluble en agua	Fracción de nitrógeno insoluble en agua
Frijol negro	36.4 ± 10.2*	79.9 ± 0.9
Frijol blanco	41.2 ± 7.9	78.7 ± 2.5
Frijol rojo	14.2 ± 5.6	64.3 ± 5.6
Caseína	—	94.5 ± 0.6
Soya	72.7 ± 2.2	52.6 ± 3.9
Caupí	66.7 ± 1.7	76.0 ± 1.5
Gandul	22.5 ± 7.3	69.5 ± 1.7
Caseína	—	96.0 ± 0.4

* Promedio ± Error Estándar.

las leguminosas su mayor consumo redujo la digestibilidad de la energía, salvo en el caso de la harina de soya que no indujo un cambio notable, siendo más bien parecido al observado con la caseína.

TABLA 8

DIGESTIBILIDAD DE LA ENERGIA DE LAS DIFERENTES DIETAS PREPARADAS A BASE DE LEGUMINOSAS DE GRANO

Leguminosa	Ingesta de energía kcal/4 días	Ingesta de frijol g/4 días	Digestibilidad aparente de la energía, %
Frijol negro	3089	212	88.1 ± 0.84
	3976	406	83.3 ± 1.55
	4558	607	78.7 ± 1.20
Frijol rojo	3004	226	88.4 ± 1.94
	2907	331	80.5 ± 0.92
	4195	596	70.9 ± 5.23
Frijol blanco	3221	175	86.1 ± 0.90
	3801	310	83.5 ± 1.80
	4142	444	80.6 ± 2.10
Caseína	3916	62	90.7 ± 0.72
	4015	98	91.7 ± 1.97
	4419	145	89.8 ± 0.42
Soya	2841	82	88.5 ± 0.89
	3163	136	89.3 ± 1.23
	3471	197	87.0 ± 0.70
Chipi	2800	146	85.3 ± 1.59
	2821	240	85.4 ± 1.49
	3560	395	79.5 ± 1.19
Gandul*	2797	205	85.6 ± 1.78
	3836	558	77.9 ± 1.28
Caseína	3114	51	91.3 ± 0.99
	3263	80	91.4 ± 0.76
	3766	123	91.7 ± 1.05
Soya*	3301	–	84.4 ± 2.33
	3524	–	*84.0 ± 1.17*

Corresponden las muestras del segundo balance.

TABLA 9

REGRESION ENTRE EL NITROGENO INGERIDO Y EL NITROGENO FECAL

Leguminosa	NF = a + bNI	r*
Frijol negro	24.62 + 0.22	0.80
Frijol rojo	16.67 + 0.44	0.92
Frijol blanco	57.25 + 0.20	0.76
Caseína	51.57 + 0.02	0.19
Soya	103.94 + 0.19	0.76
Caupí	55.95 + 0.18	0.73
Gandul	50.13 + 0.29	0.83
Caseína	41.70 + 0.03	0.40

* r = coeficiente de correlación.

DISCUSION

Los resultados de calidad proteínica obtenidos con el bala nitrogenado, confirman los hallazgos de otros estudios sobr mismo tema , usando otros métodos de evaluación (4, 5, 10). E las muestras de **P. vulgaris** utilizadas, el frijol blanco y el negro mostraron ser superiores al frijol rojo, y de las otras tres legumi sas, el caupí y la soya fueron superiores al gandul.

La calidad proteínica de todas las leguminosas fue inferi la caseína. Un dato que llamó la atención fue el que la calida la proteína de la soya utilizada no superara a la del caupí. Esto sultados no pueden explicarse a menos que la harina de soya t vía tuviera cierta actividad antitripsina, ya que es un producto mercial de alta solubilidad de nitrógeno, o sea de poco tratami térmico.

El examen de los resultados revela que independienteme del nivel de ingesta de nitrógeno, las cantidades de nitrógeno f fueron de 3 a 4 veces mayores que las de los animales que ing ron caseína, hecho demostrativo de la característica ya bien co cida de la menor digestibilidad de las proteínas de las legumin en comparación con las de origen animal. Esto lo indican claram te los valores de digestibilidad proteínica, tanto aparente, co verdadera. Así mismo, la Tabla 9 presenta las regresiones del trógeno ingerido sobre el nitrógeno fecal. Como se podrá obser entre las muestras de frijol común el coeficiente para el frijo

frijol rojo es dos veces mayor que el del frijol negro o blanco, lo que en otras palabras significa que para la misma ingesta de los tres frijoles, el rojo daría más nitrógeno fecal que los otros dos. La correlación entre nitrógeno ingerido y fecal fue mayor en este último que cuando los animales ingirieron los otros dos frijoles comunes.

En cuanto a las otras leguminosas, el coeficiente de regresión del gandul fue mayor, así como la correlación que para el caupí y la soya. Finalmente, es de interés comparar esos datos con los de caseína, los que demostraron un coeficiente de regresión pequeño, por un lado, y una correlación no significativa, por el otro.

La digestibilidad de la materia seca ingerida, según se observa, tiende a disminuir conforme la ingesta de la leguminosa aumenta, y es diferente a la respuesta de los animales a la dieta a base de caseína, en cuyo caso la digestibilidad de la materia seca se mantiene constante. Esto sugiere que la capacidad del aparato digestivo disminuye a causa de la mayor ingesta de materia seca que contienen las leguminosas. Este efecto no es atribuible a la proteína de origen vegetal, ya que en el caso de la soya, la digestibilidad de la materia seca se mantuvo relativamente constante con respecto a una mayor ingesta.

El descenso en la digestibilidad de la materia seca tuvo como consecuencia una menor utilización de la energía de la dieta, ya que ésta se comportó de manera similar como lo muestran los datos expuestos, exceptuando la soya y la caseína. Sin embargo, la digestibilidad de la proteína no se comporta de manera similar a la de la materia seca o de la energía ingerida. Estos resultados parecen sugerir, pues, que la menor digestibilidad de la energía y materia seca podrían ser factores de importancia en cuanto a mantener bajo el consumo de leguminosas; éstos son factores agregados a las inconveniencias propias del consumo de leguminosas, como son la provocación de acidez, y la producción de gas (flatulencia) (1, 12).

Ahora bien, la información de que se ha dado cuenta indica que la fracción del nitrógeno soluble en agua o en cloruro de sodio del frijol cocido, es menos digerible que la fracción insoluble. Sin embargo, esta última se encuentra en mayor concentración en el frijol, de manera que ello también contribuye a los bajos valores de digestibilidad proteínica notificados a través de un aumento en la excreción de nitrógeno por las heces.

Es importante mencionar que el material usado para determinar el N soluble e insoluble en agua, había sido sometido a un tratamiento térmico, lo que puede explicar lo reducido del N soluble en agua o en sal, el cual es alto en las leguminosas no cocidas (7). Asimismo, se debe admitir que por el momento no existe ninguna seguridad de que esas fracciones del frijol cocido sean las mismas que se determinan en las materias fecales, problema que, desde lue-

go, debe ser resuelto. Si bien es cierto que la fracción soluble e agua es relativamente pequeña en el **P. vulgaris,** no lo es en l otras leguminosas como el caupí y la soya. Por otro lado, la fra ción insoluble es más digerible que la soluble, pero en todo ca menor que la misma fracción de nitrógeno de caseína.

Con base en los datos de que se ha dado cuenta y en los infe mes de varios investigadores (1, 2, 4, 7), es factible sugerir que digestibilidad de la proteína de las leguminosas de grano está re cionada a las cuatro condiciones que se presentan en la Figura Existe amplia información de que las leguminosas de grano en est do crudo tienen una digestibilidad proteínica baja (1, 14). Esta p tiene relación directa con los inhibidores de la tripsina (2, 4), pe el calentamiento controlado destruye los inhibidores, dando como resultado un aumento de la digestibilidad, el cual depen del control de la temperatura, presión y tiempo de cocción (9, 15 El incremento en digestibilidad de la proteína probablemente es resultado de la destrucción de la estructura terciaria de ciertas pro teínas que ofrecen resistencia a la hidrólisis enzimática. Sin emba go, esto puede ser un factor común en muchas proteínas de orig vegetal; asimismo, un rompimiento de la pared celular puede tra ducirse en un aumento en digestibilidad. Como un último comen tario, otro aumento en digestibilidad de mayor o menor magnitu puede obtenerse reduciendo, controlando o destruyendo el efec de sustancias que reaccionen con la proteína, como son los com puestos fenólicos y otros (11, 16, 17). No cabe ninguna duda acer ca de la necesidad de obtener más evidencia para cada uno de los factores señalados, en particular para los dos últimos. El mode (Figura 1), sólo se presenta con miras a lograr evidencia en favor en contra de la hipótesis propuesta.

SUMMARY

Protein digestibility of some legume foods

The present research was carried out to obtain additional informa and a better understanding of the well-known low digestibility of the prot of legume foods.

Studies were performed with three cultivars of Phaseolus vulgaris **bla white, and red testa color, and with one variety each of cowpea** (Vigna sin sis), **pigeon pea** (Cajanus cajan), **and of a soybean flour obtained by solv extraction and low temperatures. Casein was used as reference protein. Th feeding trials were carried out with young growing dogs, fed diets contain the cooked legume grains as the sole source of protein. Utilization of the pro tein was measured by nitrogen balance, total apparent and true protein dig tibility; digestibilities of the soluble and insoluble nitrogen fractions of th cooked beans, and digestibility of the dry matter and of the calories ingest**

The data obtained suggest that white beans are superior in quality th

Figura 1.
Factores que posiblemente influencian la digestibilidad de la proteína de las

black and red beans, the order of quality for the three other legumes being soybean, cowpea and pigeon peas. Total protein digestibility of the legume grains was significantly lower than that of casein, and increased with respect to intake with the exception of the red bean. The digestibility of the dry matter and of the energy decreased as intake increased, with the exception of soybean and casein. Regression analyses showed that as bean intake increased there was a significant increase in fecal nitrogen. The coefficients of regression were higher for Phaseoulus than for cowpea, pigeon peas and soybean and among the bean samples it was higher for the red bean. No such relationship was evident for casein.

The digestibility of the soluble and insoluble nitrogen fractions of the cooked legume grain was low, but of the two fractions, the digestibility of the soluble fraction was significantly lower.

Based on the information presented and on data found in the literature it is suggested that four factors possibly contribute in different ways to the low digestibility of legume protein. These are: trypsin inhibitors, processing conditions, the structure of the protein, and perhaps, certain substances such as phenols, which react with the protein making it partially unavailable.

BIBLIOGRAFIA

1. Liener, I. Antitryptic and other antinutritional factors in legumes. En: **Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding.** Max Milner (Ed.). New York, Protein Advisory Group of the United Nations System, 1973, p. 239-258.
2. Jaffé, W.G. and C.L. Vega Lette. Heat-labile growth-inhibiting factors in beans **(Phaseolus vulgaris). J. Nutrition, 94**: 203-210, 1968.
3. Bressani, R. Legumes in human diets and how they might be improved. En: **Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding.** Max Milner (Ed.). New York, Protein Advisory Group of the United Nations System, 1973, p. 15-42.
4. Jaffé, W.G. El valor biológico comparativo de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana. **Arch. Venezol. Nutr. 1**: 107-126, 1950.
5. Esselbaugh, N.C., H.C. Murray, L.W. Hardie & M.N. Hard. The replacement value of the Alaska field pea **(Pisum sativum)** for human subjects. **J. Nutrition, 46**:109-122, 1952.
6. Rosales Arzú, A.M.(Nutricionalista en el grado de Licenciado). **Estudio sobre la Calidad Proteínica del Frijol y la de Tres Fracciones Derivadas por Solubilidad Diferencial en Niños Preescolares.** Trabajo de tesis, Escuela de Nutrición del Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencia de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, C.A., noviembre de 1972.
7. Seidl, D., M. Jaffé & W.G. Jaffé. Digestibility and proteinase inhibitory action of a kidney bean globulin. **J. Agr. Food Chem., 17**: 1318-1321, 1969.

8. Viteri, F. & R. Bressani. The quality of new sources of protein and their suitability for weanlings and young children. **Bull. Wld. Hlth. Org., 46**: 827-843, 1972.

9. Jaffé, W.G. y M.E. Flores. La cocción de frijoles **(Phaseolus vulgaris)**. **Arch. Latinoamer. Nutr., 25**: 79-90, 1975.

10. Elías, L.G., M. Hernández & R. Bressani. The nutritive value of precooked legume flours precessed by different methods. Manuscrito en preparación.

11. Kadirvel, R. & D.R. Clandinin. The effect of faba beans **(Vicia faba)** on the performance of turkey poults and broiler chicks from 0-4 weeks of age. **Poultry Sci., 53**: 1810, 1976.

12. Manner, J.H., W.G. Pond, J.K. Loosli & R.S. Lowrey. Effect of isolated soybean protein and casein on the gastric pH and rate of passage of food residues in baby pigs. **J. Animal Sci., 21**: 49-52, 1962.

13. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 10th ed. Washington, D.C., The Association, 1965.

14. Kakade, M.L.& R.J.Evans. Growth inhibition of rats fed raw navy beans **(Phaseolus vulgaris)**. **J. Nutrition, 90**: 191-198, 1966.

15. Molina, M.R., G. de la Fuente & R. Bressani. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean **(Phaseolus vulgaris)**. **J. Food Sci., 40**: 587-591, 1975.

16. McLead, M.N. Plant tannins – their role in forage quality. **Nutr. Abstr. Revs., 44**: 803, 1974.

17. Loomis, W.D. & J. Battaile. Plant phenolic compounds and the isolation of plant enzymes. **Phytochem., 5**: 423-438, 1966.