

**POSIBLES RELACIONES ENTRE MEDIDAS
FISICAS, QUIMICAS Y NUTRICIONALES EN
FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris*)¹**

*Ricardo Bressani*², *Luiz G. Elías*² y *Miriam E. de España*³

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

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el fin de establecer relaciones entre características físicas, químicas y nutricionales en cultivares de frijol de consumo popular. Para tal propósito, se recolectaron cinco cultivares de color negro, dos rojos y dos de color blanco. Las características físicas fueron: peso y tamaño del grano, color, porcentaje de cáscara, coeficiente de hidratación, tiempo de cocción y dureza del grano, y las características químicas: proteína, metionina y cistina, lisina y triptofano, inhibidores de tripsina, taninos y digestibilidad *in vitro*. Las propiedades nutricionales incluyeron evaluación de la calidad proteínica del frijol solo y suplementado con metionina y en

Manuscrito modificado recibido: 13-3-81.

- 1 Este trabajo se llevó a cabo con fondos de la Research Corporation, Nueva York, N.Y. (Subvención No. INCAP PN-740), y del International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá (Subvención No. INCAP PN-311).
 - 2 Jefe y Científico de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos del INCAP, respectivamente.
 - 3 Estudiante de la Facultad de Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Publicación INCAP E-1049.

mezclas de maíz:frijol, 90:10 y 70:30. Los resultados revelaron que el color del grano juega un papel importante en algunas relaciones físicas. El tiempo de cocción, por ejemplo, fue menor para los blancos que para los negros y rojos. Asimismo, el color está relacionado con algunas propiedades químicas, como taninos, cuyo contenido es significativamente más bajo en los cultivares blancos. Por otro lado, los granos de alto peso y volumen tienden a contener menor cantidad de proteína. Los granos de mayor tamaño absorbieron menos agua que los pequeños, y el contenido de cáscara aparentemente es una variable en esta característica. La digestibilidad de la proteína varió de 66 a 75%, y el contenido de la cáscara no interviene en esta medida. Se encontró una relación significativa entre la digestibilidad de la proteína y la de la materia seca. Los datos confirmaron que el frijol es excelente fuente de lisina y deficiente en aminoácidos azufrados, estos últimos en mayor concentración en granos con menor contenido de proteína. La suplementación con 0.3% de metionina indujo mejoras significativas en cuanto a calidad proteínica en todos los cultivares; sin embargo, el aumento no fue proporcional al valor inicial. El incremento en calidad se observó al determinar el valor proteínico de los cultivares de frijol en mezclas de éstos con maíz, pero, como en el caso de la suplementación con metionina, el incremento no fue proporcional al observado al usar el frijol solo. Por medio de análisis estadístico de los datos se estableció que en mezclas de maíz y frijol, los aminoácidos importantes son los azufrados y la lisina. En general, los resultados demostraron que existen múltiples factores que en una u otra forma intervienen en la determinación de la calidad de la proteína del frijol.

INTRODUCCION

A pesar de la gran importancia que se le ha dado a las leguminosas de grano como fuentes de proteína para grandes sectores poblacionales, sobre todo en países en proceso de desarrollo, poca atención se le ha prestado al conocimiento de las características de consumo que puedan ser de importancia tanto en programas de producción como en los de procesamiento. En años recientes, sin embargo, la información de tipo nutricional ha sido relativamente abundante, a pesar de que no se ha intentado relacionarla con las otras características ya indicadas.

En el caso de las leguminosas de grano, las características que pueden afectar al consumidor, directa o indirectamente, se pueden clasificar en tres grupos: a) las de orden físico, como color, tamaño y forma, porcentaje de cáscara y dureza de los cotiledones; b) las de procesamiento, por ejemplo, tiempo de cocción, absorción

de agua, textura y sabor; y c) las nutricionales, tales como contenido de factores antifisiológicos, deficiencia de aminoácidos esenciales, digestibilidad de la proteína y valor suplementario propiamente dicho.

En realidad, ha habido muy pocos estudios en los que se haya tratado de relacionar las características entre sí, dentro de cada grupo, con la posible excepción de las propiedades nutricionales. Ortega, Rodríguez y Hernández (1) indican que pueden existir relaciones inversas entre tamaño de semilla y contenido de proteína. Por otra parte, Burr, Kon y Morris (2) demostraron que el tamaño de la semilla está inversamente relacionado con la absorción de agua y el tiempo de cocción. Además, existen algunos estudios que demuestran un mayor contenido de cáscara en la semilla pequeña que en la grande (3). En lo referente a procesamiento y consumo, se sabe que existen fuertes preferencias, por parte del consumidor, por ciertas especies de leguminosas que por otras (4) y aun dentro de la misma especie, como lo es el consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) de diferente color (5). Las propiedades que imparten estas preferencias son desconocidas. Finalmente, en lo referente a propiedades nutricionales, se han hecho extensas revisiones (6) que realzan los factores antinutricionales y la deficiencia de aminoácidos azufrados en las leguminosas.

El estudio aquí descrito se realizó con el propósito de poder establecer posibles relaciones entre características físicas, químicas y nutricionales para usarlas en programas de producción, procesamiento y consumo, y de evaluación nutricional.

MATERIALES Y METODOS

Se recolectaron ocho cultivares de los programas de producción del ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, Guatemala) y uno de la finca experimental del INCAP, de conocida aceptabilidad por parte de la población. De los nueve cultivares, cinco tenían cáscara negra, dos, cáscara roja y dos, cáscara blanca. Algunos datos agronómicos, así como la procedencia de los mismos se presentan en la Tabla 1.

Las muestras se sometieron a análisis físicos, químicos y biológicos. Los análisis físicos comprendieron: a) peso de 100 granos; b) tamaño del grano por desplazamiento de volumen; c) color y grado de brillantez del grano; d) porcentaje de cáscara en 25 semillas, replicado dos veces; e) coeficiente de hidratación usando 100

TABLA 1

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS CULTIVARES DE FRIJOL

Cultivar		Peso g/grano	Vol. ml/grano	Cáscara o/o	Tiempo de cocción min	Dureza de grano g - fuerza	Coefficiente de absorción de agua $Y = a + blnX$
Negro	1	0.243	0.243	7.97	75	7.0	13.8 + 12.3*
	2	0.277	0.217	9.29	70	9.1	- 12.7 + 20.1*
	7	0.164	0.168	7.89	85	12.3	40.7 + 3.8
	8	0.175	0.160	6.99	75	10.2	37.9 + 5.4
	9	0.173	0.173	6.97	75	15.2	40.9 + 3.6
Rojo	3	0.713	0.528	7.15	80	18.7	- 26.7 + 19.3*
	4	0.254	0.229	7.95	80	13.0	32.9 + 5.5
Blanco	5	0.243	0.188	7.68	50	11.4	32.9 + 6.0
	6	0.389	0.406	7.61	60	12.1	- 5.2 + 18.5*

* Lenta y reducida absorción de agua.

granos (7); f) tiempo de cocción (8); y g) dureza del grano (7). Los análisis químicos consistieron en determinar: a) proteína (9); b) metionina y cistina (10); c) lisina y triptofano (11, 12); d) inhibidores de tripsina (13); e) taninos (14); y f) residuo indigerible *in vitro* (15).

Por último, las muestras fueron remojadas y luego sometidas a cocción de acuerdo con la metodología ya establecida (8), y se deshidrataron excluyendo el agua de remojo pero incluyendo el agua de cocción. Se efectuaron cuatro ensayos biológicos de NPR; el primero, en el que las muestras proporcionaron 100/o de proteína sin suplementación con metionina; el segundo, que fue igual al anterior, pero con un suplemento de 0.30/o de la dieta de DL-metionina; el tercero, en el que se determinó el efecto suplementario de cada cultivar al maíz en una mezcla de maíz:frijol de 90:10; y el cuarto, en el que se determinó el efecto complementario usando una mezcla de maíz:frijol de 70:30. En estos dos últimos ensayos también se usó el NPR al 100/o de proteína en la dieta, utilizando ocho ratas recién destetadas por grupo experimental durante un período de 10 días. La dieta basal contenía 40/o de minerales (16), 10/o de aceite de hígado de bacalao, 50/o de aceite vegetal, 900/o de almidón de maíz y 5 ml de una mezcla vitamínica completa (15). La fuente de proteína, frijol con o sin metionina, o las mezclas de 90:10 ó de 70:30 de maíz: frijol en su equivalente en peso a 100/o de proteína, se agregaron a la dieta basal en sustitución del almidón de maíz. También se realizó un estudio de digestibilidad *in vivo*.

RESULTADOS

Características Físicas

En la Tabla 1 se exponen algunos datos sobre las evaluaciones físicas realizadas en los 9 cultivares de frijol. El peso por grano varió entre 0.164 y 0.713 g; ello se refleja en el volumen del grano expresado en ml/grano, que fluctuó entre 0.160 y 0.528 ml, y el porcentaje de cáscara entre los nueve cultivares varió de 6.97 a 9.290/o. Con respecto al tiempo de cocción, los negros requieren entre 70 y 85 minutos. La Tabla 1 también muestra el coeficiente de hidratación, expresado como la regresión logarítmica ($y = a + b \ln x$) calculada de los datos de absorción de agua (y), medida hasta un período de 24 horas cada cuatro horas (tiempo de remojo = x).

Menores coeficientes indican más rápida absorción de agua. La mayor parte de las muestras alcanzaron el máximo coeficiente a las 16 horas; sin embargo, el cultivar N-8 alcanzó su máximo valor a las 8 horas y el R-3, a las 18 horas. Los coeficientes estadísticos de hidratación fueron diferentes para todas las muestras independientemente del color.

Características Químicas

El contenido de proteína en el grano crudo y cocido, y el de lisina, metionina, cistina y triptofano se detallan en la Tabla 2. Para todos los cultivares independientemente del color, la proteína en el grano crudo varió entre 17.6 y 25.90/o. En el grano cocido, esta variación fue de 18.5 a 27.40/o, correspondiendo el valor mínimo y máximo a los mismos cultivares. En todos los casos se observó un pequeño aumento —alrededor de 1.5 puntos porcentuales— entre la muestra cruda y la cocida. La variabilidad en lisina expresada en base a la proteína fue de 6.08 a 7.31 g/16 g N. Asimismo, para el contenido de metionina, la variación fue de 1.19 a 1.41 g/16 g N, y para cistina, de 0.42 a 0.62 g/16 g N. Finalmente, en lo que atañe al contenido de triptofano, la variación para todas las muestras fue de 0.71 a 1.10 g/16 g N.

La Tabla 3 reseña los datos correspondientes al contenido de inhibidores de tripsina y de taninos en muestras crudas y cocidas. La variación en inhibidores de tripsina en los cultivares crudos fue de 10.6 a 20.0 UIT/ml, y disminuyó significativamente en las muestras cocidas de todos los cultivares; con una variación de 1.6 a 5.7. El contenido de taninos varió entre 0.39 y 1.290/o en las muestras crudas, y entre 0.27 y 0.810/o en las cocidas. En este caso, se constató una menor concentración de taninos en los frijoles blancos y aproximadamente la misma, en promedio, para los frijoles negros y rojos.

Características Nutricionales

La Tabla 4 detalla los resultados de la digestibilidad *in vivo* de la proteína de los cultivares de frijol, así como los datos del residuo indigerible determinado *in vitro*. En referencia a la digestibilidad *in vivo*, se presenta el rango de variación entre ratas dentro de un cultivar y el promedio. A juzgar por el rango de un frijol, la variabilidad es relativamente alta, en particular para los cultivares negros y rojos, y no tanto para los blancos. El promedio para

TABLA 2

CONTENIDO DE PROTEINA, LISINA, METIONINA, CISTINA Y TRIPTOFANO

Cultivar		Proteína, o/o		Lisina	Metionina	Cistina	Triptofano
		Crudo	Cocido				
				g/16 g N			
Negro	1	21.0	22.7	7.05	1.27	0.50	1.09
	2	19.2	20.9	6.50	1.35	0.58	1.10
	7	23.1	24.2	6.25	1.30	0.50	0.84
	8	25.9	27.4	6.11	1.20	0.44	0.71
	9	24.3	25.8	6.68	1.19	0.51	0.69
Rojo	3	17.6	18.5	7.01	1.41	0.62	0.89
	4	20.6	22.5	6.43	1.28	0.46	0.99
Blanco	5	21.1	22.4	7.31	1.23	0.53	1.01
	6	20.8	22.8	6.08	1.29	0.42	1.09

TABLA 3

CONTENIDO DE INHIBIDORES DE TRIPSINA Y TANINOS EN CULTIVARES DE FRIJOL

Cultivar		Inhibidores de tripsina, UIT/ml		Taninos, o/o*	
		Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Negro	1	19.8	5.7	0.72	0.70
	2	10.6	3.0	1.04	0.81
	7	13.1	4.8	0.57	0.47
	8	11.3	2.1	1.15	0.68
	9	18.9	4.6	1.00	0.48
Rojo	3	20.0	3.7	1.14	0.64
	4	12.7	1.6	1.29	0.59
Blanco	5	13.6	2.5	0.39	0.27
	6	13.4	2.7	0.42	0.28

* Como equivalentes de ácido tánico.

todas las muestras de color blanco fue de 75.2^o/o y, finalmente, para las rojas, de 71.7^o/o. En cuanto al residuo indigerible, los valores variaron entre 24.6 y 31.5^o/o para todas las muestras, existiendo aparentemente una buena relación con la digestibilidad proteínica aparente, hecho que se comentará ampliamente más adelante en este trabajo. Finalmente, la Tabla 3 también incluye valores de la digestibilidad de la materia seca, con una variación de 87.3 a 91.5^o/o para todos los frijoles independientemente del color.

TABLA 4
DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA *in vivo* DE CULTIVARES DE FRIJOL

Cultivar		Digestibilidad proteínica, ^o /o		Digestibilidad, ^o /o materia seca	Residuo no digerible, ^o /o
		Aparente	Verdadera		
Negro	1	(61.0-77.1) 70.4	73.9	87.3	25.0
	2	(61.6-76.1) 68.5	72.2	89.4	31.5
	7	(71.5-79.4) 74.9*	77.2*	90.1*	30.5
	8	(63.8-83.7) 72.3	77.0	89.9	26.9
	9	(57.8-76.5) 67.4	71.1	89.5	30.1
Rojo	3	(62.1-69.0) 65.7	68.5	88.1	30.7
	4	(65.6-74.1) 71.3	75.0	90.3	26.4
Blanco	5	(72.9-78.5) 75.0	76.9	90.2	25.3
	6	(71.7-76.8) 75.3*	78.9*	91.5*	24.6

* Promedio de cinco animales.

En la Tabla 5 se describen los datos promedio de cada frijol referente a los aumentos en peso y consumo de alimentos, sometidos a pruebas biológicas, solos, suplementados con metionina, o en mezclas de frijol:maíz en las proporciones de 10:90 o de 30:70. El análisis de estos datos indica que los aumentos ponderales obtenidos solo con frijol fueron bajos —de 4 a 13 g para todos los cultivares— y aumentaron significativamente de 15 a 25 g cuando los frijoles se sometieron a análisis biológicos en una mezcla de 10:90 frijol:maíz, y todavía más cuando los cultivares se analizaron nutricionalmente en una mezcla de 30:70 de frijol:maíz. En este caso, el aumento en peso promedio para los nueve cultivares fue de 22 a 30 g. Estos incrementos son similares a los obtenidos al suplementar el frijol con metionina. En esta situación, los aumentos ponderales promedio dieron una variación de 22 a 32 g.

La Tabla 6 resume los valores de la razón proteínica neta. En las muestras de color negro, la variación fue de 1.71 a 2.34 cuando se utilizaron por sí solos en la dieta. El agregado de metionina aumentó el valor para todos los frijoles, y rindió una variación de 2.59 a 3.53. Asimismo, se observa que cuando los frijoles negros se sometieron a ensayos biológicos mezclados con maíz, para la mezcla de 10:90 de frijol:maíz, la variación en NPR fue de 2.79 a 3.48 y para la mezcla de 30:70, la variación encontrada fue de 2.88 a 3.83. El mismo tipo de respuesta se observó para los frijoles de color rojo y para los blancos. En estos casos, el NPR aumentó con la adición de metionina o al realizar el ensayo usando el frijol en mezclas con maíz.

DISCUSION

Según se dijo, el propósito del estudio fue establecer la importancia de algunos parámetros físicos y químicos capaces de predecir la calidad nutricional de la proteína del frijol como único alimento, o como parte de sistemas alimentarios a base de maíz: frijol común.

A pesar del número relativamente pequeño de muestras, los datos en general indican que las relaciones entre ellos deben circunscribirse al color de la testa del grano. Es posible que debido al número pequeño de muestras, no se haya podido establecer ninguna relación entre peso y volumen de grano con el porcentaje de cáscara, tiempo de cocción y dureza de los mismos. Sin embargo, en lo que se refiere a tiempo de cocción, se comprobó que los

TABLA 5

AUMENTO EN PESO Y ALIMENTO CONSUMIDO POR RATAS ALIMENTADAS CON DIFERENTES CULTIVARES DE FRIJOL EN VARIOS SISTEMAS ALIMENTICIOS

Cultivar		Frijol solo		Frijol + metionina		Frijol: maíz 10:90		Frijol: maíz 30:70	
		Alimento ingerido	Aumento en peso	Alimento ingerido	Aumento en peso	Alimento ingerido	Aumento en peso	Alimento ingerido	Aumento en peso
		g	g	g	g	g	g	g	g
Negro	1	64.0	6.9	99.4	22.4	97.6	24.8	96.9	30.4
	2	65.4	9.1	85.9	22.5	86.0	18.0	86.5	30.0
	7	81.8	12.9	91.5	29.3	89.4	19.3	88.4	27.0
	8	65.2	5.3	90.1	23.0	86.9	20.0	93.1	27.6
	9	74.3	6.8	82.0	23.9	82.8	20.8	91.8	22.3
Rojo	3	78.1	10.3	87.6	23.5	84.9	15.3	76.3	24.1
	4	63.9	3.9	104.1	23.0	93.4	19.4	89.9	29.3
Blanco	5	76.8	12.6	84.0	29.8	85.1	18.5	84.3	26.5
	6	72.5	10.8	102.0	31.6	83.9	19.5	90.4	29.0

TABLA 6

RAZON PROTEINICA NETA DE LOS CULTIVARES DE *Phaseolus vulgaris* CON Y SIN LA SUPLEMENTACION CON METIONINA, Y EN LA RELACION 10:90 y 30:70 FRIJOL:MAIZ*

Cultivar		Frijol solo**	Frijol + metionina**	Frijol:maíz 10:90***	Frijol:maíz 30:70***
Negro	1	1.92	2.59	3.48	3.49
	2	2.34	2.99	3.23	3.83
	7	2.16	3.43	3.13	3.51
	8	1.71	3.34	3.43	3.35
	9	1.88	3.53	2.99	2.88
Rojo	3	2.29	3.11	2.78	3.52
	4	1.64	2.65	2.95	3.58
Blanco	5	2.33	4.19	3.13	3.66
	6	2.43	3.62	3.33	3.67

* NPR caseína: 5.08.

** Peso inicial: 48 g.

*** Peso inicial: 47 g.

frijoles blancos requieren menos tiempo que los negros y rojos, y que existe poca diferencia entre estos dos últimos. No se pudo establecer ninguna relación entre tiempo de cocción y dureza del grano medido por el penetrómetro (16), como han informado otros investigadores (8).

Se trató de establecer alguna relación entre las características físicas estudiadas y algunos de los componentes químicos analizados. Dentro de cada color y para todos los colores, los granos de alto peso y volumen contienen menos proteína que los de bajo peso y volumen.

Al evaluar un mayor número de muestras, sería interesante indagar si esta relación es suficientemente fuerte como para ser indicativa del contenido de proteína. No debe extrañar la relación, ya que un grano grande probablemente acumula más carbohidratos que uno pequeño, diluyendo así la proteína acumulada en el grano.

Ya que aparentemente el tamaño del grano puede estar relacionado con el contenido proteínico, sería de interés conocer cómo está influenciado por el rendimiento. Los datos obtenidos con respecto a la absorción de agua indican claramente que existen diferencias entre muestras, que por el momento no pueden explicarse. No obstante, se encontró una posible relación entre la velocidad de absorción de agua dentro de las 8-12 horas y el contenido de proteína. Las muestras de bajo contenido de proteína y, por consiguiente, altas en carbohidratos, mostraron tasas de absorción de agua menores que los frijoles con mayor cantidad de proteína. Como el contenido proteínico está directamente relacionado con el tamaño del grano, se puede inferir que probablemente la absorción de agua depende también del tamaño del grano.

Se ha informado acerca de la relación entre el tamaño del grano y la absorción de agua (3), y cómo dentro de un mismo lote de frijol, los granos pequeños absorben menos agua. Se asume así que al absorber menos agua, necesitan un mayor tiempo de cocción.

Sin embargo, de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se ha encontrado que los cultivares de grano más grande absorben menos agua que los de grano pequeño, ya que estos últimos contienen más proteína. Es probable que dentro de los cultivares de grano grande, así como dentro de los de grano pequeño, existan diferencias en cuanto a absorción de agua de acuerdo con el tamaño.

Los resultados también sugieren que la tasa de absorción de agua tiene relación con el contenido de cáscara, o sea que una alta absorción se relaciona con un bajo contenido de cáscara.

El hecho de que esa absorción de agua esté positivamente relacionada con un menor contenido de cáscara, y que este último parámetro a su vez parece estar asociado con el tamaño del grano, nuevamente hace suponer que los granos de menor tamaño son los que absorben más agua. Con respecto a la cáscara, además de la cantidad de la misma, sería interesante explorar en el futuro los aspectos de grosor y estructura.

El análisis de estos parámetros físicoquímicos en conjunto apunta hacia la siguiente relación: los granos que muestran mayor contenido de proteína, y que revelaron mayor absorción de agua, corresponden a aquéllos de menor tamaño y, por consiguiente, con menor contenido de cáscara.

Es probable que exista más de una variable que explique mejor la velocidad de absorción de agua. Este aspecto, sin embargo,

requiere el análisis de un mayor número de muestras que las estudiadas en este trabajo. Esta es un área de investigación que merece más atención, ya que a través de medidas simples tal vez sea posible predecir características deseables del frijol.

Con respecto a los resultados biológicos, se encontraron varias relaciones que pueden ser de atractivo como predictivas de calidad nutricional. El análisis de la digestibilidad (D) de la proteína y su relación con el residuo indigestible (RI), indicó una regresión $D = 92.08 - 0.75 (RI)$ ($r = 0.59$). Aunque la correlación no es estadísticamente significativa, parece ser que el residuo indigestible puede predecir la digestibilidad *in vivo* de la proteína, lo cual sería interesante demostrar con un mayor número de muestras. Dos de ellas, la de frijol negro 7 y la de frijol negro 1, son los cultivares que dieron valores que redujeron la significancia de la relación.

Todos los cultivares estudiados arrojaron valores de digestibilidad de la proteína no mayores de 75% y no menores del 66%. Una explicación propuesta para explicar este resultado ha sido el contenido de cáscara del frijol. Con miras a demostrar si esto es cierto o no, se relacionó la digestibilidad de la proteína de cada rata con la ingesta de cáscara, estimada de las cifras de contenido de cáscara en el frijol, contenido de frijol en las dietas e ingestión de frijol. Las relaciones encontradas se resumen en las Tablas 7 y 8. El análisis estadístico indicó que la cáscara del grano de frijol no guarda relación alguna con la baja digestibilidad de la proteína ni con la digestibilidad de la materia seca.

TABLA 7

ECUACIONES DE REGRESION ENTRE LA INGESTION DE CASCARA DEL FRIJOL Y LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEINA

Cultivar	$D_p = a + b (C_i)$	r
Negro	$66.4828 + 2.6169 (C_i)$	0.2135
Rojo	$72.0499 - 1.8500 (C_i)$	- 0.1869
Blanco	$75.6140 - 0.2025 (C_i)$	- 0.0454
Todos	$66.5668 + 2.4609 (C_i)$	0.2561

D_p = Digestibilidad de la proteína.

C_i = Ingestión de cáscara.

TABLA 8

ECUACIONES DE REGRESION ENTRE LA INGESTION
DE LA CASCARA DEL FRIJOL Y LA DIGESTIBILIDAD
DE LA MATERIA SECA

Cultivar	$D_s = a + b (C_j)$	r
Negro	88.2791 + 0.5984 (C _j)	0.1119
Rojo	92.8861 - 1.8992 (C _j)	- 0.5375
Blanco	89.2540 + 0.6281 (C _j)	0.2748
Todos	88.2479 + 0.7122 (C _j)	0.1822

D_s = Digestibilidad de la materia seca.

C_j = Ingestión de cáscara.

En este último caso y para los frijoles rojos, sin embargo, parece haber una relación negativa que amerita ser estudiada con más detalle en un mayor número de muestras. Si es que esta relación verdaderamente existe, es probable que ello no se deba al contenido de fibra cruda de la cáscara, sino más bien al contenido de taninos. Elías, Fernández y Bressani (17) han demostrado que los frijoles rojos contienen, en promedio, más taninos que los negros, y ambos más que los blancos. Más aún, la digestibilidad de la proteína y de la materia seca es ligeramente menor en los frijoles rojos y negros que en los blancos.

Los resultados del estudio revelaron, asimismo, que existe una estrecha relación entre la digestibilidad de la materia seca y la de la proteína, a pesar de que el cultivar negro 1 dio valores fuera de la línea que establece la relación.

Los datos del estudio corroboran los hallazgos de Elías, Fernández y Bressani (17), ya que los frijoles blancos contienen los niveles más bajos en taninos, tanto crudos como cocidos, en comparación con los negros y rojos. Se podría indicar que la baja digestibilidad de la proteína está asociada a los niveles de inhibidores de tripsina residuales después de la cocción. Sin embargo, no parece haber ninguna relación, aunque se reconoce que el bajo número de muestras puede ser la razón para ello.

Los resultados del estudio aquí descrito confirman que la proteína del frijol es excelente fuente de lisina, y, como ya se ha

indicado (18) los frijoles con bajo contenido proteínico contienen más metionina por gramo de proteína, no así en lo que se refiere a cistina. Finalmente, muchos de ellos contienen niveles adecuados de triptofano. Estas características los hacen excelentes fuentes suplementarias de los cereales y en particular del maíz (19).

El efecto suplementario del frijol en cuanto a los cereales, y en particular el maíz, se hizo evidente en los resultados biológicos. En primer lugar, la adición de metionina, el aminoácido limitante en la proteína de las leguminosas de grano (20), se tradujo en un incremento altamente significativo en la calidad de la proteína. No obstante, el aumento no fue proporcional al valor proteínico inicial y, en general, cuanto más bajo era éste, mayor era el incremento. Para los frijoles negros, el aumento porcentual varió entre 21.7 y 48.8%; en los rojos, de 26.4 a 38.1; y en los blancos, entre 32.9 y 39.4%. La razón de estos resultados puede radicar en el hecho de que al estar reducida la disponibilidad y el contenido de aminoácidos azufrados en unas variedades más que en otras, el agregado de una cantidad de metionina resulta en una respuesta positiva pero no proporcional, puesto que se favorece a aquellas variedades que contienen la menor cantidad de aminoácidos azufrados. Sin embargo, la razón no puede ser tan sencilla, ya que la adecuación en otros aminoácidos, el color del grano y otros factores, pueden ejercer también cierta influencia. Por ejemplo, el efecto de los taninos de reducir el crecimiento de los animales se puede contrarrestar con la metionina.

El segundo aspecto de interés es el incremento en la calidad, al usar 10 y 30% de frijol con 90 y 70% de maíz en la dieta. En seis de los nueve casos, la dieta 30:70 dio mejores valores de calidad proteínica que la dieta 10:90. Asimismo, en cinco de los nueve casos, la dieta 30:70 dio mejores valores de calidad proteínica que los observados con la adición de metionina. El incremento en calidad para el frijol negro en una mezcla de 10:90 con maíz, varió de 27.5 a 50.1%, y para la mezcla de 30:70, de 34.7 a 48.9%. Para el frijol rojo, la dieta de 10:90 dio incrementos porcentuales de 17.6 a 44.4%, y para la de 30:70, éstos fueron de 34.9 a 54.2%. Finalmente, en el frijol blanco, el incremento en calidad proteínica en la mezcla de 10:90 varió de 18.8 a 27.0, y para la de 30:70, de 30.6 a 33.8%. Estos datos sugieren respuestas no proporcionales cuando la calidad de la proteína del frijol se evalúa en mezclas con maíz, lo cual debe estar relacionado con la complementación que pueda ocurrir entre los aminoácidos que limitan la calidad de las dos fuentes de proteína.

Con el propósito de establecer el grado de importancia de los aminoácidos azufrados, lisina y triptofano, estos dos últimos más deficientes en la proteína del maíz (21), se realizaron cálculos estadísticos de regresión múltiple entre los tres aminoácidos y la calidad proteínica medida experimentalmente. Estos análisis revelaron que el triptofano no tenía influencia, no así los aminoácidos azufrados y la lisina. En vista de lo expuesto, sólo se discutirán estos dos últimos aminoácidos. Aunque los análisis se efectuaron por color de frijol, para los propósitos de este trabajo los ensayos se practicaron en tres grupos, como sigue: sólo frijol, frijol:maíz 30:70 y frijol:maíz 10:90. En la Tabla 9 se resumen las correlaciones, que fueron altamente significativas, observándose que la calidad proteínica era de 2.08 para sólo frijol, de 3.48 para la mezcla 30:70, y de

TABLA 9

**CORRELACIONES ENTRE LA INGESTION DE AMINOACIDOS
AZUFRADOS Y LISINA Y ENTRE ESTOS AMINOACIDOS
Y LA INGESTION DE PROTEINA**

Fuente de proteína	NPR	A.A. azufrados y lisina	A.A. azufrados a ingestión proteínica	Lisina a ingestión proteínica
Sólo frijol	2.08 ± 0.53	0.876	0.832	0.893
Frijol:maíz (30:70)	3.48 ± 0.51	0.919	0.975	0.911
Frijol:maíz (10:90)	3.23 ± 0.50	0.887	0.934	0.843

3.23 para la mezcla 10:90. Estos datos confirman los resultados de estudios previos acerca del mejor valor proteínico de una mezcla de frijol:maíz, 30:70 sobre una de 100% frijol o una de 10:90, frijol:maíz (22). Ahora bien, se puede notar que la correlación entre los aminoácidos azufrados y la lisina es altamente significativa. El valor más alto se obtuvo con la dieta de 30:70, o sea la de calidad superior. La lisina y los azufrados también ejercieron

mayor influencia, en la ingestión de proteína de la dieta 30:70, que en el caso de las otras. Esto era de esperarse, ya que fue demostrado, en estudios anteriores, que una dieta de 30:70 de frijol:maíz es deficiente en los dos aminoácidos (22). Con miras a establecer cuál de los dos aminoácidos era más importante en cada situación, se realizaron correlaciones entre la calidad proteínica determinada y los dos aminoácidos. Los resultados estadísticos (véase Tabla 10) sugieren lo siguiente: para sólo frijol, la metionina es más importante, hecho que ya ha sido demostrado (20); para la mezcla de 30:70 de frijol:maíz, los dos aminoácidos son importantes, pero la metionina lo es un poco más que la lisina; y para la mezcla de 10:90 frijol:maíz, también son importantes dichos aminoácidos, sólo que, en este caso, la lisina es ligeramente superior a la metionina.

TABLA 10

**CORRELACION MULTIPLE ENTRE CALIDAD PROTEINICA
Y LA INGESTION DE LOS AMINOACIDOS AZUFRADOS
Y LISINA**

Fuente de proteína	Correlación múltiple	
	Calidad proteínica vrs. A. A. azufrados	Calidad proteínica vrs. lisina
Sólo frijol	0.020	0.009
Frijol:maíz (30:70)	0.001	0.000
Frijol:maíz (10:90)	0.059	0.069

Las dietas para la realización de los estudios biológicos se calcularon para que contuvieran 10% de proteína, según se ha establecido para el método de utilización proteínica neta (NPU) utilizado en el presente estudio (15, 23). Se notó, sin embargo, que no todas las ratas consumieron la misma cantidad de proteína, ni aumentaron lo mismo en peso en el período experimental utilizado. En vista de ello, se procedió a realizar un análisis estadístico entre la proteína ingerida y el aumento ponderal. Según se mostró en las Tablas anteriores, este análisis confirmó que el frijol blanco solo, o con maíz, fue el de mejor calidad proteínica. El frijol negro, sin embargo, es superior al rojo cuando se evalúan solos en la

dieta, no así cuando se evalúan con maíz, en cuyo caso son similares.

En general, los resultados del estudio demuestran la existencia de múltiples factores que intervienen en una u otra forma en determinar la calidad proteínica del frijol. Por consiguiente, en futuros estudios, será necesario utilizar un mayor número de muestras dentro de cada color y reducir el número de evaluaciones. Ello es necesario a fin de determinar con mayor claridad la existencia o ausencia de interacciones que sirvan para establecer estándares nutricionales para el uso del fitomejorador, en beneficio de la población en general.

SUMMARY

POSSIBLE INTERRELATIONSHIP AMONG PHYSICAL, CHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS IN COMMON BEANS (*Phaseolus vulgaris*)

The present study was carried out for the purpose of establishing interrelationships among physical, chemical and nutritional characteristics in common beans. The study was conducted with five black, two red and two white-coated cultivars. The physical characteristics were: weight and grain size, color, seed coat percentage, hydration coefficient, cooking time, and seed hardness. The chemical characteristics studied included: protein, methionine and cystine, lysine and tryptophan, trypsin inhibitors, tannins and *in vitro* protein digestibility. The nutritional characterization was done by assaying protein quality of the beans fed alone, with 0.3% methionine or in corn:bean mixtures 90:10 or 70:30, by the protein efficiency ratio (PER). The results indicated that grain color plays an important role in connection with some physical properties, such as tannins, which are found in lower content in white beans. On the other hand, seeds of a high weight and volume tend to have a lower protein concentration. Large seeds absorbed less water than smaller seeds and seed coat percentage may influence such parameter. Protein digestibility varied from 66 to 75% and seed coat content was not related to it. A significant relationship was found between protein and dry matter digestibility. The nutritional information confirmed the high content of lysine and low content of sulfur amino acids. The latter were found in lower concentration in seeds with a high protein content. Supplementation with 0.3% methionine improved protein quality; the improvement however was not proportional to the unsupplemented value. Improvement in quality was also observed when the protein value of the bean cultivars was tested in

the presence of 90 or 70% corn; nevertheless, the supplementary value was not proportional to the value of the beans tested alone. By means of regression analysis it was established that in corn:bean mixtures, the important amino acids are lysine and methionine and cystine. The results, as a whole, therefore, illustrate that the quality of beans is determined by many factors intervening in variable degree.

BIBLIOGRAFIA

1. Ortega, M. L., C. Rodríguez & E. Hernández. Análisis bioquímicos de 68 genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. y *P. coccineus* cultivados en México. *Fitotec. Latinoam.*, 10(1): 70-74, 1974.
2. Burr, H. K., S. Kon & H. J. Morris. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. *Food Technol.*, 22: 336-338, 1968.
3. Bourne, M. C. Size, density, and hardshell in dry beans. *Food Technol.*, 21: 335-338, 1967.
4. Elías, L. G. & R. Bressani. Otros factores que afectan la aceptabilidad de las leguminosas de grano. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 27(2) (Suplemento 2): 41-51, 1977.
5. Miranda, M., H. Algunos aspectos relacionados a introducción de nuevas variedades o especies de leguminosas de grano en Centroamérica. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 27(2) (Suplemento 2): 18-26, 1977.
6. Bressani, R. Legumes in human diets and how they might be improved. En: **Nutritional Improvement of Food Legumes by Breeding**. Proceedings of a Symposium sponsored by PAG, held at the Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, 3-5 July, 1972 and PAG Statement 22: "Upgrading Human Nutrition Through the Improvement of Food Legumes". M. Milner (Ed.). New York, Protein Advisory Group of the United Nations System, 1973, p. 15-42.
7. Linares Barrón, S. & C. Mendoza de Bosque. **Evaluación de Estándares Nutricionales y Tecnológicos de 20 Variedades de *Phaseolus vulgaris***. Tesis, M.S. Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C.A., junio de 1979.
8. Ruiloba, E. S. De Freitas de. **Efecto de Diferentes Condiciones de Almacenamiento sobre las Características Físico-químicas y Nutricionales del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)**. Tesis, M.S. Centro de Estudios Superiores en Nutrición y Ciencias de Alimentos (CESNA), Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/INCAP. Guatemala, C. A., noviembre de 1973.

9. Association of Official Agricultural Chemists. **Official Methods of Analysis of the AOAC**. 11th ed. Washington, D. C., The Association, 1970.
10. Bressani, R., L. G. Elías & D. A. Navarrete. Nutritive value of Central American beans. IV. The essential amino acid content of samples of black beans, red beans, rice beans, and cowpeas of Guatemala. **J. Food Sci.**, **26**(5): 525-528, 1961.
11. Gómez-Brenes, R. A. & R. Bressani. Método para la determinación de aminoácidos, aplicable a problemas de suplementación, fitomejoramiento y bioquímica nutricional. **Arch. Latinoamer. Nutr.**, **23**: 443-464, 1973.
12. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. **Métodos de Laboratorio. Análisis de Alimentos**. Vol. I. Guatemala, INCAP, 1964, 97 p.
13. Kakade, M. L. & R. J. Evans. Growth inhibition of rats fed raw navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **J. Nutrition**, **90**: 191-198, 1966.
14. Farrand, E. A. Flour properties in relation to the modern bread processes in the United Kingdom, with special reference to alpha-amylase and starch damage. **Cereal Chem.**, **41**: 98-110, 1964.
15. National Research Council. **Evaluation of Protein Quality**. Report of an International Conference. Washington, D. C., National Academy of Sciences-National Research Council, 1963, p. 23-27 (NAS-NRC Publication 1100).
16. 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.
17. Gómez-Brenes, R. A., L. G. Elías, E. de Ruiloba & R. Bressani. Desarrollo y uso de un instrumento de laboratorio para medir la dureza del grano de frijol. Presentado en: **XX Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA), San Pedro Sula, Honduras, 11-15 de febrero de 1974**.
18. Elías, L. G., D. G. de Fernández & R. Bressani. Studies on the possible effects of seed coat pigments of beans on the nutritional value of its protein. Presented at: **The Institute of Food Technologists 36th Annual Meeting held at Anaheim, California, June 6-9, 1976**.
19. Elías, L. G., R. Colindres y R. Bressani. The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*). **J. Food Sci.**, **29**: 118-122, 1964.
20. Elías, L. G. Posibilidades en el mejoramiento protéico del frijol y su contribución a elevar el nivel nutricional de la dieta centroamericana. En: **Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios (PCCMCA). Frijol. XVII Reunión Anual - Panamá, República de Panamá, marzo 2-5, 1971**. F. Rulfo (Ed.). Guatemala, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Dirección

- Regional para la Zona Norte, 1972, p. 30-34 (Publicación Miscelánea No. 100).
21. Jaffé, W. G. Limiting essential amino acids of some legume seeds. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, **71**: 398-399, 1949.
 22. Bressani, R. & L. G. Elías. Processed vegetable protein mixtures for human consumption in developing countries. En: **Advances in Food Research**. Vol. 16. C. O. Chichester, E. M. Mrak and G. F. Stewart (Eds.). New York, Academic Press, 1968, p. 1-103.
 23. Bressani, R., A. T. Valiente & C. Tejada. All-vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combination of lime-treated corn and cooked black beans. *J. Food Sci.*, **27**: 394-400, 1962.
 24. Bender, A. E. & B. H. Doell. Biological evaluation of proteins; a new aspect. *Brit. J. Nutr.*, **11**: 140-148, 1957.