

EL VALOR NUTRITIVO DEL FRIJOL TEXTURIZADO (*Phaseolus vulgaris*) EN DIETAS PARA AVES

EDMUNDO ROJAS R.¹
ANDRÉS BEZARES S.^{1, 3}
ERNESTO ÁVILA G.¹
AUGUSTO AGUILERA A.²

Resumen

Se realizaron cuatro experimentos, con objeto de evaluar el frijol texturizado como fuente de proteína en dietas para pollos y gallinas. En el primero, con pollos se comparó al frijol crudo vs frijol texturizado (procesamiento térmico 120 C por 6 min) en dietas con 12% de proteína usando como única fuente de proteína al frijol. Los resultados de 7 a 21 días indicaron pérdida de peso y mayor mortalidad ($P < 0.05$) en los pollos que consumieron la dieta con frijol crudo; la dieta de frijol texturizado, produjo aumentos de peso y se redujo la mortalidad en las aves. En el segundo experimento con pollos de 7 a 28 días de edad, se estudió el efecto de procesamiento térmico en autoclave (0.704 kg/cm^2) del frijol ya texturizado durante 0, 15, 30, 60 y 120 minutos. Se encontró que el valor alimenticio del frijol texturizado no se mejora con procesamiento térmico adicional; la ganancia de peso de los pollos disminuyó ($P < 0.05$) a medida que aumentó el tiempo de cocción. En un tercer experimento niveles (0, 10 y 20%) de frijol texturizado se incluyeron en dietas sorgo + soya para pollos de 2 a 7 semanas de edad. No se observaron diferencias ($P > 0.05$) en ganancia de peso y conversión alimenticia entre tratamientos. En un cuarto experi-

mento, la inclusión de 0, 15 y 30% de frijol texturizado fue estudiada con dietas isocalóricas para gallinas. Los datos obtenidos en 70 días de experimentación indicaron un comportamiento similar, en producción de huevo ($P > 0.05$), conversión alimenticia y peso del huevo. Los resultados obtenidos en este estudio indican que el valor alimenticio del frijol crudo aumenta con la texturización, proceso mediante el cual se destruyen algunos de los factores tóxicos; el frijol texturizado es una fuente alternativa de proteína en dietas para aves.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris*) es una leguminosa que constituye en gran parte la dieta del pueblo mexicano. Sin embargo, en ocasiones el frijol no reúne los requisitos necesarios de calidad para el consumo humano por dureza a la cocción o plagas, o se tienen excedentes, que pueden ser derivados a la alimentación animal. El frijol contiene alrededor de 20% de proteína y es una buena fuente de lisina. El frijol en forma cruda contiene factores tóxicos, lo que limita su empleo en dietas de monogástricos; además, la proteína es deficiente en los aminoácidos azufrados y triptofano (Jaffé, 1940; Luginbuhl y Jungherv, 1949; y Mc Donald, Edwards y Greenhalgh, 1975). La adición de metionina mejoró el crecimiento de ratas recibiendo frijol como única fuente de proteína en dietas con 8—10%, como lo demostraron Rusell *et al.* (1946). Dentro de los factores tóxicos para monogástricos encontrados en frijoles crudos se encuentran las lectinas o fitohemaglutininas, a los inhibidores de proteasa y a los taninos (Liener, 1976). Estas subs-

Recibido para su publicación el 7 de junio de 1983.

¹ Departamento de Avicultura, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias, SARH, Apartado Postal 41-652, México 10, D.F.

² Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Méx.

³ Dirección actual: Productos de Maíz, Río Consulado 721, México 4, D.F.

tancias tóxicas 1) Interfieren con la digestión y absorción de nutrientes, 2) Disminuyen la utilización sistemática de proteínas, por un incremento en el catabolismo de los tejidos o por alteración en la síntesis proteica; y 3) incrementan la síntesis de enzimas pancreáticas y el peso del páncreas aumenta en pollos y ratas (Myer, Conn y Froseth, 1982).

Untawale y Mc Ginnis (1979) demostraron que procesos de calentamiento como el autoclaveado de frijoles, disminuyen el efecto detrimental de varios factores anti-nutricionales. En sus estudios encontraron que el autoclaveado del frijol, mejora el crecimiento y elimina la mortalidad de pollitos por adhesión de lactobacilos y coliformes a la pared intestinal. La suplementación con penicilina a dietas con frijol crudo o cocido reduce el número de microbios sensitivos a penicilina (lactobacilos y entrococos).

Fernández, Manning y Mc Ginnis (1972) encontraron que gallinas alimentadas con frijol cocido en autoclave tuvieron una producción similar a las alimentadas con una dieta testigo y mejor que aquellas con frijol crudo.

El autoclaveado en laboratorio no es un método práctico para procesar el frijol destinado para la alimentación animal. El proceso de extrusión podría ser un método de calentamiento más práctico (Harper, 1978).

Con objeto de evaluar al frijol rojo variedad Amapolo (*Phaseolus vulgaris*) en forma texturizada como fuente de proteína en dietas para aves se realizaron 4 estudios.

Material y métodos

El análisis proximal del frijol (A.O.A.C., 1975) utilizado en esta serie de experimentos se muestra en el Cuadro 1.

En los experimentos 1 y 2 se utilizaron pollos de engorda de un día de edad, sin sexar, de una línea comercial. En el experimento 3 se usaron pollos mixtos Plymouth Rock blancos, obtenidos de una incubación realizada en el C.E.P. "El Horno", Chapin-go, México.

Las aves fueron alojadas en criadoras

CUADRO 1

Análisis químico bromatológico del frijol amapolo texturizado

Constituyente Base original	%
Proteína (N x 6.25)	20.22
Humedad	8.70
Grasa	1.80
Fibra	2.90
Cenizas	2.40
E. L. N.	63.84

eléctricas en batería con temperatura regulada por termostato, en la fase de iniciación y en la fase de finalización (Experimento 3) se alojaron en jaulas para aves en desarrollo, antes de iniciarse los experimentos los pollos fueron alimentados con una dieta práctica de iniciación con 23% de proteína de acuerdo a lo establecido por el N.R.C. (1977).

En el Experimento 4, con gallinas en postura, se utilizaron aves de una línea comercial de tipo mediano "Tatum" de 60 semanas de edad; las cuales se alojaron al azar en jaulas individuales para aves en postura.

Los diseños experimentales empleados fueron completamente al azar. Las dietas experimentales se ofrecieron por triplicado, excepto en el Experimento 4 que fue por duplicado y para corregir la deficiencia de aminoácidos azufrados del frijol se suplementó metionina en forma sintética. Durante el transcurso de los experimentos se ofreció agua y alimento a libertad. En los Experimentos 1, 2 y 3 semanalmente se registraron datos de consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia, en el Experimento 4 cada dos semanas se resumieron los datos de consumo de alimento, peso del huevo; porcentaje de postura y conversión alimenticia.

Los datos de las variables en estudio se sometieron a un análisis de varianza de acuerdo a lo descrito por Snedecor y Cochran (1971), las diferencias entre medias

se compararon a través de la prueba de Duncan (1955).

Experimento 1. Se comparó el valor alimenticio del frijol crudo con el frijol texturizado en dietas semipurificadas con 12% de proteína, usando como única fuente de proteína al frijol. El frijol texturizado se procesó en un extrusor comercial de la Compañía Aceite Casa, S.A. de C.V. El proceso involucra cocción del frijol por calor húmedo y presión. El frijol es forzado a través de orificios pequeños, lo que provoca calentamiento por fricción y la molienda del ingrediente. Los tratamientos estudiados fueron dietas a base de frijol crudo o texturizado y una dieta testigo a base de pasta de soya con 12% de proteína para fines de comparación. La composición de las dietas empleadas se observa en el Cuadro 2. Cada tratamiento se ofreció por triplicado a grupos de 7 pollos cada uno.

Experimento 2. Se utilizaron 126 pollos de 7 a 28 días de edad para estudiar el efecto del calor adicional sobre el frijol texturizado. El frijol texturizado fue sometido al autoclave a cocción a 10 lb/pulg² (0.704

CUADRO 2

Composición de las dietas base utilizadas en los experimentos 1 y 2

Ingredientes	Dietas %	
	Soya	Frijol
Pasta de soya	26.840	—
Frijol texturizado	—	59.342
Mezcla de Vitaminas ^a	0.200	0.200
Mezcla de Minerales ^a	5.380	5.380
Cloruro de Colina (25%)	1.000	1.000
Almidón de maíz	60.490	27.918
Aceite de soya	6.000	6.000
DL-metionina	0.090	0.160
Análisis calculado:		
Proteína %	12.00	12.00
Metionina + cistina	0.45	0.45
Lisina	0.80	0.81

^a Márquez y Avila (1974).

kg/cm²) durante 0, 15, 30, 60 y 120 minutos. Como testigo se utilizó una dieta con pasta de soya. Las dietas de cada tratamiento se ofrecieron a tres grupos de 7 aves cada uno. La composición de la dieta basal de frijol y la dieta testigo aparecen en el Cuadro 2. Al finalizar el estudio se sacrificaron 6 aves de cada tratamiento, se extrajo el páncreas y se pesó.

Experimento 3. Se estudió el efecto de la inclusión de 0, 10 y 20% de frijol texturizado en dietas para pollos en crecimiento de 2-7 semanas de edad. El frijol se adicionó a expensas del sorgo y de la pasta de soya de la dieta base (Cuadro 3) con

CUADRO 3

Composición de la dieta base para pollos en crecimiento de 2-7 semanas de edad (Experimento 3)

Ingredientes	%
Sorgo (8.82) ^a	64.131 ^b
Pasta de Soya (46.65)	30.800 ^b
Roca fosfórica	3.550
Carbonato de calcio	.800
Sal	.400
Mezcla de Vitaminas ^c	.120
Mezcla de Minerales ^c	.029
DL-metionina	.170
Análisis calculado:	
Proteína	20.02
Lisina	1.08
Metionina + cistina	.75
Energía metabolizable Kcal/kg	2,850

^a Proteína cruda del ingrediente, %.

^b La inclusión de frijol a la dieta fue en sustitución del sorgo y soya en niveles de 0, 10 y 20%.

^c Cuca, Avila y Pró (1980).

20% de proteína. Cada tratamiento constó de 3 repeticiones con 9 pollos cada una. Al finalizar el trabajo se sacrificaron 6 aves de cada tratamiento para cuantificar el peso del páncreas.

Experimento 4. Se estudió la inclusión de 0, 15 y 30% de frijol texturizado en

CUADRO 4

Composición de las dietas experimentales para gallinas de producción empleadas (Experimento 4)

	Dietas %		
	1	2	3
Sorgo (8.7) ^a	62.895 ^b	52.182	41.039
Pasta de soya (48.0)	19.542	15.165	10.865
Frijol texturizado (20.2)	—	15.000	30.000
Pasta de cártamo (20.0)	3.000	3.000	3.000
Harina de alfalfa (18.0)	3.000	3.000	3.000
Sal	0.400	0.400	0.400
CaCO ₃	6.355	6.355	6.355
Roca fosfórica	4.500	4.500	4.500
Mezcla de Vitaminas ^c	0.020	0.020	0.020
Mezcla de Minerales ^c	0.030	0.030	0.030
Aceite de cártamo	0.087	0.185	0.288
DL-metionina	0.095	0.125	0.155
L-lisina HCl	0.076	0.038	—
Análisis calculado:			
Proteína	16.0	16.0	16.0
Metionina + cistina	0.60	0.60	0.60
Lisina	0.82	0.82	0.82
Calcio	3.28	3.28	3.28
Fósforo	0.62	0.62	0.62
Energía metabolizable Kcal/kg	2,668	2,668	2,668

^a Indica el contenido de proteína cruda del ingrediente, %.

^b La inclusión del frijol a las dietas fue en sustitución del sorgo y la soya en niveles de 0, 15 y 30%.

^c Cuca, Avila y Pró (1980).

dietas isocalóricas para gallinas en postura. La inclusión de los niveles de frijol fue en sustitución del sorgo y de la pasta de soya. Las dietas utilizadas contenían 16% de proteínas (Cuadro 4). Cada tratamiento tuvo 2 repeticiones, cada una con 10 gallinas.

Resultados y discusión

Experimento 1. Los resultados obtenidos durante los 14 días de experimentación referentes a ganancia de peso, consumo de alimento y % de mortalidad se encuentran resumidos en el Cuadro 5. Se encontraron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$). Existió pérdida de peso, menor consumo de alimento y una mayor mortalidad

en los pollos alimentados con dietas a base de frijol crudo, la dieta con frijol texturizado produjo aumentos de peso y redujo la mortalidad. Sin embargo, las ganancias de peso fueron inferiores a las producidas por la dieta testigo con base de pasta de soya. Untawale y Mc Ginnis (1979) encuentran una mejora en el crecimiento de los pollos alimentados con frijol crudo con la adición de calor debido a la destrucción de factores tóxicos, resultados que apoyan los datos de este estudio.

Untawale y Mc Ginnis (1976) observaron que la alta mortalidad en pollitos alimentados con frijol crudo se asociaba con microorganismos, especialmente coliformes

CUADRO 5

Valor nutritivo del frijol crudo y texturizado para pollos en iniciación de 7-21 días de edad (Experimento 1)

Tratamientos	Ganancia de peso (g) ^a	Consumo de alimento (g)	Porcentaje de mortalidad
Pasta de soya	101.1 ^b	535 ^b	0 ^b
Frijol crudo	-18.1 ^b	91 ^d	19 ^c
Frijol texturizado	39.4 ^c	231 ^c	0 ^b
Error estándar	4.1	36.9	5.5

^a Peso inicial por pollo, 87.1 g.

^{b, c, d} Números con distintas letras son diferentes estadísticamente (P < 0.01).

y enterococos presentes en intestino, sangre, hígado y riñón.

Por otro lado (Jaffé y Vega, 1968), explican que el resultado de la alta mortalidad en los pollos es debida a que las actividades tóxicas y aglutinantes son producidas por una reacción de la fitotoxina con las membranas celulares y que el daño de la membrana epitelial permite la penetración microbiana en las paredes intestinales.

Untawale y Mc Ginnis (1976) mostraron que dietas de frijol crudo suplementadas con antibiótico reducían la toxicidad y alta mortalidad en pollitos, por acción sobre la microflora intestinal.

Experimento 2. Los resultados obteni-

dos durante el período experimental se encuentran resumidos en el Cuadro 6. Los resultados muestran que el frijol texturizado no responde al procesamiento térmico adicional, ya que a medida que aumentó el tiempo de cocción disminuyó la ganancia de peso (P < 0.05). El consumo de alimento se redujo significativamente con calor adicional y la conversión alimenticia empeoró a medida que aumentó el tiempo del autoclaveado del frijol. Para el peso del páncreas no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Estos resultados indicaron que el proceso de texturización fue suficiente para destruir factores antinutricionales presentes en el frijol crudo y que por el contrario el calor extra

CUADRO 6

Efecto del calor húmedo sobre el valor nutritivo del frijol texturizado en dietas para pollos en iniciación de 7-28 días de edad (Experimento 2)

Tratamientos	Autoclave (minutos)	Ganancia de peso (g) ^a	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia	Peso del páncreas (% de peso vivo)
Pasta de soya	—	211.8 ^b	604 ^b	2.85 ^b	.325 ^b
Frijol texturizado	0	78.4 ^c	393 ^c	5.05 ^c	.349 ^b
Frijol texturizado	15	62.5 ^d	299 ^d	4.78 ^c	.360 ^b
Frijol texturizado	30	54.5 ^e	300 ^d	5.58 ^d	.350 ^b
Frijol texturizado	60	56.8 ^e	329 ^e	5.87 ^d	.368 ^b
Frijol texturizado	120	44.4 ^f	276 ^f	6.20 ^e	.361 ^b
Error estándar		5.14	13.4	0.29	0.01

^a Peso inicial por pollo, 87.1 g.

^{b, c, d, e, f} Números con distinta letra son diferentes estadísticamente (P < 0.05).

produjo una disminución en el crecimiento de los pollos. A este respecto Almas y Bender (1980) encontraron que el exceso de calor en los frijoles reduce la disponibilidad de la lisina para el animal, por una reacción de los azúcares reductores con los grupos amino epsilon de la lisina.

Myer, Coon y Froseth (1982) en estudios con pollos de engorda en donde compararon al frijol extruido a 150 C contra el frijol autoclaveado a 121 C durante 15 minutos, encontraron un comportamiento similar con los dos procesamientos. Estos datos coinciden con los presentados en este estudio en donde se demuestra que la texturización de los frijoles es un procesamiento eficiente para destruir los factores tóxicos presentes en el frijol crudo.

Experimento 3. Los resultados obtenidos durante 5 semanas de experimentación referentes a ganancias de peso, conversión alimenticia y peso del páncreas, se encuen-

tran resumidos en el Cuadro 7. No se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en ganancia de peso, conversión alimenticia y peso del páncreas en los pollos que consumieron dietas con frijol texturizado a niveles de 0, 10 y 20%. Estos resultados muestran que aparentemente es factible el empleo de hasta 20% de frijol texturizado en dietas para pollos en crecimiento.

Experimento 4. En el Cuadro 8 se encuentran los resultados obtenidos con gallinas en postura durante 70 días de experimentación referentes a % de postura, peso del huevo y conversión alimenticia.

En el % de postura y el peso del huevo, no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos. En la conversión alimenticia, con la inclusión del 30% del frijol en la dieta empeoró la conversión alimenticia. Estos resultados indican la posibilidad de incluir 15 y 30% de frijol texturizado en dietas para gallinas. Los da-

CUADRO 7

Resultados con distintos niveles de frijol texturizado en dietas para pollos en crecimiento de 2-7 semanas de edad^a (Experimento 3)

Tratamientos	Ganancia de peso g	Conversión alimenticia	Peso del páncreas (% de peso vivo)
0% de frijol texturizado	940.1 ^b	2.72 ^b	0.235 ^b
10% de frijol texturizado	959.1 ^b	2.65 ^b	0.240 ^b
20% de frijol texturizado	954.3 ^b	2.68 ^b	0.292 ^b
Error estándar	29.7	0.07	0.03

^a Peso promedio inicial a los 14 días de edad, 157.7 g.

^b Valores con distinta letra son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$).

CUADRO 8

Efecto de niveles de frijol texturizado en dietas para gallinas (Experimento 4)

Niveles de frijol texturizado %	Porcentaje de postura	Peso promedio del huevo en g	Conversión alimenticia
0	54.7 ^a	65.0 ^a	3.18 ^{ab}
15	57.7 ^a	63.2 ^a	3.10 ^a
30	52.2 ^a	62.6 ^a	3.37 ^b
Error estándar	2.8	1.3	0.14

^{a, b, c} Números con distinta letra son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

tos de este estudio, coinciden con los informados por Fernández, Manning y Mc Ginnis (1972) con gallinas en postura quienes incluyeron hasta 50% de frijol cocinado (autoclave a 121 C durante 30 min) sin efectos adversos en la producción de huevo.

Myer, Conn y Froseth (1982) mostraron que los factores antinutricionales presentes en el frijol crudo se destruyen por calentamiento y que el proceso de extrusión puede ser un método para procesar el frijol crudo.

En base a los resultados obtenidos en esta serie de experimentos se puede concluir que el procesamiento de texturización tiene un efecto benéfico sobre el frijol crudo, destruyendo factores inhibidores del crecimiento y factores tóxicos que causan alta mortalidad en pollitos. La texturización del frijol permite el empleo de hasta un 20 o 30% en dietas para pollos en crecimiento y gallinas en postura respectivamente.

Summary

Four experiments were conducted to evaluate extruded beans as a protein source

in poultry diets. In Experiment one, broiler chicks from 7 to 21 days of age were fed 12% protein diets containing raw or extruded beans (120 C 6 min), as the only source of protein. Data obtained in broiler chicks fed raw-beans, were loss of weight and 19% mortality. Extruded beans increased ($P < 0.05$) weight gain and decreased mortality. In Experiment two, broiler chicks from 7 to 28 days of age were fed diets containing extruded beans cooked in autoclave (0.704 kg/cm²) during 0, 15, 30, 60 and 120 minutes. Results showed that autoclaved extruded beans do not improve weight gains or feed conversion. Weight gains decreased in chicks as the time of autoclaving was increased. In the third experiment levels of 0, 10 and 20% of extruded beans were fed in starting chick diets from 2 to 7 weeks of age. There were not found significant differences among treatments ($P > 0.05$) in weight gain and feed conversion. In the last experiment, rations with extruded beans (0, 15 and 30%) were studied in laying hens. Data obtained in 70 days showed no significant differences among treatments in egg production and egg weight. Feed conversion increased ($P < 0.05$) with the 30% extruded beans diet.

Literatura citada

- ALMAS, K., and A.E. BENDER, 1980, Effect of heat treatment of legumes on available lysine. *J. Sci. Food. Agric.* 31:448-452.
- A.O.A.C., 1975, Official methods of analysis. 12th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., U.S.A.
- CUCA, G.M., E. AVILA G. y A. PRÓ M., 1980, La alimentación de las aves, *Boletín Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.*, Boletín 1.
- DUNCAN, D.B., 1955, Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1-42.
- FERNÁNDEZ, R., B. MANNING and J. Mc GINNIS, 1972, Effect of autoclaving raw field beans and of a penicillin supplement on their utilization by laying hens. *Poultry Sci.* 51:1960-1962.
- HARPER, J.M., 1978, Food extrusion. *C.R.C. Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 11:155-255.
- JAFFÉ, W.G., 1949, Limiting essential amino acid of some legumes seeds. *Proc. Soc. Biol. Exp. Med.* 71:398-399.
- JAFFÉ, W.G. and C.L. VECA, 1968, Heat-labile growth-inhibiting factors in beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Nutr.* 94:203-210.
- LIENER, I.E., 1976, Legume toxins in relation to protein digestibility — a review. *J. Food Sci.* 41:1076-1081.
- LUGINBUHL, R.E. and E. JUNGHERR, 1949, A plate hemagglutination inhibition test for New-Castle disease antibiotics in avian and human serums. *Poult. Sci.* 28:622.
- MÁRQUEZ, V.A. and E. AVILA G., 1974, Effect of amino acid supplementation to triticales diets. *Poult. Sci.* 53:1231-1233.
- Mc DONALD, P., R.A. EDWARDS y J.F.D. GREENHALGH, 1975, *Nutrición Animal*. 2ª ed. Edit. Acribia, España.
- MYER, R.O., COON, C.N. and J.A. FROSETH, 1982, The nutritional value of extruded beans (*Phaseolus vulgaris*) and extruded mixtures of beans and soybeans in chick diets. *Poultry Sci.* 61:2117-2125.

- N.R.C., 1977, National Academy of Sciences, Nutrient requirements of poultry. *National Research Council*. Seventh edition. Washington, D.C.
- RUSSELL, W.C., M.W. TAYLOR, T.G. MEHRHOF and R.R. HIRSEN, 1946, The nutritive value of the protein of varieties of legumes and the effect of methionine supplementation. *J. Nutr.* 32: 313-325.
- SNEDECOR, G.W. and W.G. COCHRAN, 1971, Statistical methods, 6th Ed., *The Iowa State University Press*, Ames, Iowa.
- UNTAWALE, G.G. and J. MC GINNIS, 1976, Effects of dietary antibiotic supplements on mortality of chicks fed diets containing raw beans. *Poult. Sci.* 55:2101.
- UNTAWALE, G.G. and J. MC GINNIS, 1979, Effect of Rye and levels of raw and autoclaved beans (*Phaseolus vulgaris*) on adhesion of microflora to intestinal mucosa. *Poult. Sci.* 58:929-933.