



Centro Internacional de Agricultura Tropical

SEMINARIO



18 Abril 1990



DIGESTIBILIDAD DE LAS PROTEINAS DE FRIJOL FACTORES REGULADORES

L. R. Lareo*

1.- En general los alimentos denominados protéicos presentan algunas limitaciones nutricionales que los alejan de ser alimentos ideales. Entre estos problemas se encuentran la existencia de aminoácidos limitantes, esto son los aminoácidos que están en menor cantidad de la requerida por los humanos. Si todos los aminoácidos están presentes, el problema puede radicar en su biodisponibilidad, es decir el humano puede utilizar una cantidad menor de la que se encuentra químicamente presente en el alimento. Pero el primer paso para que cualquiera de estos problemas se presente radica en la digestibilidad misma de las proteínas del alimento. El valor de la digestibilidad de una proteína indica la cantidad de la misma que el cuerpo es capaz de colocar en forma asimilable, es decir reducir su tamaño para que pueda ser absorbido. Este proceso presenta muchos factores de interferencia que hacen que el valor de digestibilidad sea, usualmente, muy distante del ideal 100%.

2.- En general las leguminosas de grano presentan una baja digestibilidad. Entre estas, el frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) a pesar de presentar un valor bajo, presenta también un amplio rango de variabilidad para diferentes genotipos.

3.- Muchos factores generan este efecto. El compuesto antinutricional, o familia de compuestos, propuestos como el principal factor interferente son los taninos. Los inhibidores de proteasas, como la tripsina y la quimiotripsina, están también reportados como otro factor limitante, pero su característica de ser termolábiles, reduce su efecto nocivo. Las fitohemaglutininas, o, más comúnmente, lectinas se han considerado otro factor más.

* Laboratorio de Nutrición y Calidad de Frijol, CIAT

PED. EXTERIOR

4.- De una revisión profunda de la literatura, y de datos preliminares de nuestro laboratorio, surge un complejo de factores que regulan la digestibilidad de la proteína de frijol. Estos factores son: taninos, fibra de la testa, inhibidores de proteasas, la estructura misma de la proteína que se va a digerir, interacciones de estas proteínas y otros nutrientes presentes en el cotiledón, como son los almidones, pectinas, etc., inclusive algunos factores protéicos solubles.

5.- El modelo empleado para explicar los datos, presentados en este seminario, es lineal. Esto es no se están considerando factores de interacción de orden superior, todos los factores son independientes.

6.- A pesar de que la metodología empleada, fue la de la digestibilidad "in vitro", existen suficientes evidencias de que este dato refleja, con una alta confiabilidad, lo que sucede en un organismo superior.

7.- Como ya ha sido reportado, la digestibilidad del frijol crudo presenta un valor bajo debido a la confluencia, en esas condiciones, de todos los factores considerados.

8.- El proceso de remojo no ejerce ningún efecto sobre el valor de la digestibilidad. Sabiendo que durante este proceso, una alta proporción de los taninos presentes en la testa migran, acarreados por el agua, al cotiledón y no notándose ningún efecto causado por ellos, se concluye que se requiere de cierta cantidad de energía de activación para que realmente interactuen con las proteínas. Es decir los taninos no ejercen su efecto negativo, hasta que el grano no es calentado durante el proceso de cocción.

9.- Los taninos que de la testa migraron al agua de remojo, no ejercen un efecto mayor, pues al comparar la digestibilidad de los granos cocidos en su propia agua de remojo y en agua destilada; con y sin testa, es decir con y sin taninos; no se encuentran mayores diferencias en los valores.

10.- Los taninos presentan un efecto negativo máximo que va del 15 al 81%, en el caso de existir, y según el genotipo.

11.- Los factores de cotiledón, estos son la estructura de la proteína y las interacciones con otros nutrientes, representan valores máximos de su efecto entre el 50 y 100%.

12.- Cuando los materiales se digestaron con el caldo se encontró que este reducía la digestibilidad. Ya se había reportado este efecto y se atribuía a la presencia de los taninos en el caldo que interactuaban con las enzimas digestivas. Se evaluó la digestibilidad con materiales a los que se lae había removido la testa y se encontró un efecto igual o mayor. Se postuló entonces la presencia de un factor protéico soluble que está reduciendo la digestibilidad del frijol ingerido con el caldo.

13.- El efecto máximo del caldo oscila entre 15 y 32%, en el caso que los materiales se evaluaron en presencia de este.

14.- Este es un efecto importante de considerar ya que en muchas regiones del mundo se emplea el caldo de frijol como alimento del destete.

15.- Se concluye que los factores mas importantes a manejar genéticamente son la estructura de las proteínas en si y los factores solubles. Los taninos, si bien presentan un efecto, grande en algunos materiales, son en general menos nocivos que los efectos antes mencionados y que lo reportado previamente cuando se les consideraba causantes únicos de todo el problema.

APPARENT PROTEIN DIGESTIBILITY OF VARIOUS
PROTEIN SOURCE FOODS

Food	Protein Digestibility (%)
Chickens Franks	92
Casein	90
Soy Isolate	88
Tuna	87
Wheat	85
Sausage	84
Milk	82
Egg	79
Common Bean	74

APPARENT PROTEIN DIGESTIBILITY OF VARIOUS
LEGUME GRAINS SPECIES FED TO RATS

Specie	Protein Digestibility (%)
Glycine max	81.1-83.0
Lens sculenta	80.2
Vigna sinensis	76.5-81.4
Cajanus cajan	76.5
Cicer arietinum	76.3
Dolichos lablab	74.5
Pisum sativum	70.7-76.0
<u>Phaseolus vulgaris</u>	68.7-74.2
Cajanus indicus	47.7-75.3

-From Jaffé (1950)

**CALCULATION OF ENERGETIC COST OF LOW COMMON
BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY**

- * Bean Yield (Kg./Ha.) = 1,500
- * Average Protein Content (g./100g. DM) = 24.0
- * Grain Dry Matter Content = 87.0%
- * Correted Yield (Kg./Ha., DM) = 1,300
- * Correted Protein Yield (Kg./Ha., DM) = 310
- * Average Bean Protein Digestibility (g./100g.) = 70.0
- * Net Usefull Protein
 Correted Protein Yield*Average Protein Digestibility
 (Kg./Ha., DM) = 220
- * Total Energy Input (Kcal./Ha.) = 2.7×10^6 (Pimentel)
 5.0×10^6 (Williams)
- * Energy Input/Corrected Yield (Kcal./Kg., DM) = 2.1×10^3
- * Energy Input/Corrected Protein Yield
 (Kcal./Kg. of protein) = 8.7×10^3
- * Energy Input/Net Usefull Protein
 (Kcal./Kg digestible protein) = 12.3×10^3
- * Energy "Losses" by the 70.0% Digestibility (as %) = 41.0

MODEL FOR STUDY BEAN PROTEIN
DIGESTIBILITY CONTROL
FACTORS

Protein Digestibility = f (Testa Factors, Cotyledon
Factors)

Protein Digestibility = f (Tannins, Testa Fiber, Protein
Structure, Protease Inhibitors,
Other Nutrients, Unkown Factors)

Protein Digestibility = f (Tannins in the Grain, Tannins in
the Soaking Water, Tannins in the
Broth, Testa Fiber, Protein
Structure, Protease Inhibitors,
Heat Resistant Protease
Inhibitors, Soaking Water Soluble
Inhibitory Factors, Broth Soluble
Inhibitory Factors, Protein
Interaction with Other Nutrients,
Unkown Factors)

The model is **ADDITIVE**

**SOAKING AND COOKING EFFECT ON PROTEIN DIGESTIBILITY
OF INTEGRAL GRAIN BY COLOR**

Digestibility (%)

	Testa Color							
	White	Cream	Yellow	Maroon	Pink	Red	Purple	Black
Raw Beans	68.7	67.6	68.9	67.5	67.2	68.4	68.9	68.6
	<u>b/1</u>	<u>b/23</u>	<u>b/1</u>	<u>b/23</u>	<u>b/3</u>	<u>b/12</u>	<u>b/1</u>	<u>b/1</u>
Soaked Beans	68.9	67.1	68.4	67.6	66.9	68.7	67.7	69.3
	<u>b/12</u>	<u>b/34</u>	<u>b/2</u>	<u>b/3</u>	<u>b/5</u>	<u>b/12</u>	<u>c/3</u>	<u>b/1</u>
Cooked in	77.2	78.7	79.9	78.9	77.5	80.5	78.3	79.8
Soaking Water	<u>a/6</u>	<u>a/345</u>	<u>a/12</u>	<u>a/234</u>	<u>a/5</u>	<u>a/1</u>	<u>a/45</u>	<u>a/123</u>
Cooked in	78.1	78.0	79.1	79.2	77.4	80.1	78.6	81.2
Destiled Water	<u>a/45</u>	<u>a/45</u>	<u>a/3</u>	<u>a/3</u>	<u>a/5</u>	<u>a/2</u>	<u>a/34</u>	<u>a/1</u>

Means with the same letter or number are not statistically different by the Duncan Multiple Range test at 0.05 level. Letter underlined (a) for significance between treatments within the same color/Numbers for the significance between color within the same treatment.

**SOAKING AND COOKING EFFECT ON PROTEIN DIGESTIBILITY
OF PEELED GRAIN BY COLOR**

Digestibility (%)

	Testa Color							
	White	Cream	Yellow	Maroon	Pink	Red	Purple	Black
Raw Beans	67.8	67.2	68.0	67.3	66.4	68.4	68.3	68.8
	<u>b</u> /23	<u>c</u> /34	<u>b</u> /123	<u>b</u> /34	<u>c</u> /4	<u>c</u> /12	<u>c</u> /12	<u>c</u> /1
Soaked Beans	67.5	68.1	67.6	67.3	67.0	67.7	66.5	68.8
	<u>b</u> /23	<u>c</u> /2	<u>c</u> /23	<u>b</u> /3	<u>c</u> /34	<u>c</u> /23	<u>d</u> /6	<u>c</u> /1
Cooked in	78.5	76.2	80.3	79.8	76.8	75.9	75.7	78.9
Soaking Water	<u>a</u> /2	<u>b</u> /3	<u>b</u> /1	<u>a</u> /12	<u>b</u> /3	<u>b</u> /3	<u>b</u> /3	<u>b</u> /12
Cooked in	79.5	79.5	81.9	79.2	82.1	82.5	80.8	84.5
Distilled Water	<u>a</u> /4	<u>a</u> /4	<u>a</u> /2	<u>a</u> /4	<u>a</u> /2	<u>a</u> /2	<u>a</u> /3	<u>a</u> /1

Means with the same letter or number are not statistically different by the Duncan Multiple Range test at 0.05 level. Letter underlined (a) for significance between treatments within the same color/Numbers for the significance between color within the same treatment.

MATERIALS (ADVANCED LINES AND VARIETIES)
USED IN THE BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY
STUDY AS PROTOTYPES OF TESTA COLOR

Testa Color	Material
White	WAF 9
Cream-Beige	BAN 31
Yellow	MAYOCOBA
Maroon	AROANA
Pink	PVA 1111
Red	RAB 035
Purple	ICA DUVA
Black	PORRILLO SINTETICO

COMPARISON OF PROTEIN DIGESTIBILITY OF RAW
CULTIVARS WITH THE WILD MATERIAL G-12891

CULTIVAR	Protein Digestibility
WAF 9	68.7 b
BAN 31	67.6 cd
Mayocoba	68.9 b
Aroana	67.5 cd
PVA 1111	67.2 d
RAB 035	68.4 bc
ICA Duva	68.9 b
Porriillo Sintético	68.6 b
*G-12891	70.6 a

Means with the same letter are not statistically different by the Duncan Multiple Range test at 0.05 level.

PROTEIN DIGESTIBILITY OF WILD MATERIALS (Arc+, Arc-)
WITH DIFFERENT TREATMENTS

Protein Digestibility					
Material	Arc. Type	With testa		Without testa	
		With broth	Without broth	With broth	Without broth
G-12822	1	73.9hi	74.4e	73.6fg	83.2a
G-12866	2	74.5ghi	77.5e	77.4e	83.0b
G-12922	3	74.7gh	74.1hi	----	----
G-12949	4	73.7i	77.1e	77.4e	82.8b
G-02771	5	74.6ghi	77.4e	74.9fg	82.5b
G-12910	-	75.9f	77.3e	76.6e	82.9ab
G-12891	3	74.1hi	79.6d	75.9f	81.2c

Means with the same letter are not statistically different by the Duncan Multiple Range test at 0.05 level.

COMPARISON OF THE PROTEIN DIGESTIBILITY OF PAIRED
MATERIALS BY THE PRESENCE OR ABSENCE OF SOME
SPECIAL PROTEIN FRACTIONS.

Material	Protein Fraction	Protein Digestibility (Without testa, without broth)
G-12891	Arcelin +	83.2
G-12910	Arcelin -	82.9
Viva	Lectin +	80.1
Pinto 111	Lectin -	80.2
BAN 31	Phaseolin +	79.5
BMC 3352	Phaseolin -	79.7

EFFECT OF TANNINS ON THE "IN VITRO" BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY

TANNINS IN

CULTIV	GRAIN				SOAKING WATER	BROTH		
	During soak.	During cook. no soak.	During cook. in dest. water	During cook. in soak. water		of dest. water	of soak. water	from soak wat.
White	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Cream	NS	NS	1.81	3.95	2.14	1.87	3.36	1.49
Yellow	NS	NS	2.01	NS	2.01	2.95	2.34	NS
Maroon	NS	NS	NS	NS	NS	2.95	2.98	NS
Pink	NS	NS	3.81	NS	3.81	1.87	1.14	NS
Red	NS	NS	1.01	8.58	7.50	NS	5.50	5.50
Purple	NS	1.61	2.79	3.62	NS	1.34	1.60	NS
Black	NS	NS	4.23	4.76	NS	1.47	2.21	3.68

NS = Not significant statistical difference

EFFECT OF TANNINS ON THE "IN VITRO"
BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY

CULTIVAR COLOR	MAXIMUM EFFECT
White	NS
Cream	8.05
Yellow	2.41
Maroon	3.04
Pink	2.15
Red	14.03
Purple	5.22
Black	6.97

NS = Not significant
statistical difference

NON-TANNIC SOLUBLE FACTORS EFFECT ON "IN VITRO" BEAN PROTEIN
DIGESTIBILITY

SOLUBLE FACTORS IN

CULTIV	SOAKING WATER		BROTH				
	- testa	+ testa	OF DESTILED WATER		OF SOAKING WATER		
			- testa	+ testa	- testa	+ testa	
			NO SOAK.				
White	NS	NS	NS	NS	NS	2.08	1.60
Cream	NS	NS	2.61	5.03	1.87	3.61	3.36
Yellow	NS	NS	NS	5.17	2.95	2.81	2.34
Maroon	NS	NS	4.02	3.15	2.95	4.83	2.98
Pink	NS	NS	2.40	2.59	1.87	3.70	1.14
Red	NS	NS	2.01	6.44	NS	8.38	5.50
Purple	2.08	1.34	3.36	5.14	1.34	3.08	1.60
Black	NS	NS	NS	3.69	1.47	6.17	2.21

MAXIMUM VALUE OF THE EFFECT FOR EACH ONE OF THE
 PRINCIPAL FACTORS THAT CONTROL "IN VITRO"
 BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY

CULTIVAR	Tannins in the Grain	Cotyledon Factors	Soluble Factors
White	NS	11.69	2.08
Cream	8.05	11.70	3.61
Yellow	2.41	9.01	2.81
Maroon	3.04	12.03	4.83
Pink	2.15	8.77	3.70
Red	14.03	8.34	8.38
Purple	5.22	10.24	3.08
Black	6.97	6.13	6.17

PERCENTUAL DISTRIBUTION FOR TESTA AND COTYLEDON
FACTORS THAT CONTROL "IN VITRO"
BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY

CULTIVAR	Testa Factors	Cotyledon Factors
White	0.0	100.0
Cream	47.1	68.5
Yellow	20.0	75.0
Maroon	24.0	90.0
Pink	14.6	60.0
Red	80.9	48.0
Purple	32.2	64.4
Black	50.9	49.8

PERCENTUAL EFFECT OF THE MAXIMUN VALUE OF THE
BROTH FACTORS IN THE "IN VITRO"
BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY

CULTIVAR	% Effect
White	17.7
Cream	15.5
Yellow	19.7
Maroon	24.3
Pink	25.3
Red	27.3
Purple	15.8
Black	32.0

COMPARISON OF THE MAXIMUM GAP MEASURED AND CALCULATED
 FROM THE MAXIMUM VALUES OF THE CONTRIBUTION
 FOR EACH FACTOR FOR THE "IN VITRO"
 BEAN PROTEIN DIGESTIBILITY

CULTIVAR	Maximum Measured Gap	Maximum Calculated Gap
White	12.83	11.77*
Cream	17.08	23.36
Yellow	12.02	14.23*
Maroon	12.54	19.90
Pink	16.34	14.62**
Red	17.39	30.75
Purple	17.68	18.54*
Black	13.67	19.27

* Material with low probability of existence of other "unknown factor".
 ** Material with mild probability of existence of other "unknown factor"

**"IN VITRO" DIGESTIBILITIES OF
SOME REFERENCE AND PURIFIED
PROTEINS**

Protein	Digestibility
Casein	89.7a
Gamma Glob.	86.6b
BSA	82.9c
Ovalbumin	78.7d
Gelatin	82.0c
Phaseolin	77.2e
Arcelin 4	72.9f
Red Kidney Lectin	71.6g
Globulin A	77.4e
Globulin B	79.1d

CLUSTERING FOR MAJOR FACTORS BY CULTIVARS

For tannic factors

CREAM, RED > PURPLE, BLACK > WHITE, YELLOW, MARRON, PINK

For cotyledon factors

CREAM, WHITE, MAROON > PURPLE > BLACK, RED, PINK, YELLOW

Overall "normal" digestibility

BLACK, RED > MAROON, YELLOW, PURPLE > WHITE, CREAM, PINK

For soluble factors

RED, BLACK > MAROON, PINK > WHITE, CREAM, YELLOW, PURPLE