

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA  
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA  
(INCAP)

**DETERMINACION DE TANINOS EN  
LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL  
FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*)  
BAJO DIFERENTES PROCESAMIENTOS**

TESIS ELABORADA POR  
CLARA LUZ GODINEZ SOTO DE PEREDA

Previo a optar al grado de

**MAESTRO**  
(Magister Scienticae)

CURSO DE POSTGRADO EN CIENCIAS Y  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Guatemala, noviembre de 1994

T-521

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA  
INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANA  
(INCAP)

DETERMINACION DE TANINOS EN  
LAS DIFERENTES FRACCIONES DEL  
FRIJOL (Phaseolus Vulgaris)  
BAJO DIFERENTES PROCESAMIENTOS

TESIS ELABORADA POR

CLARA LIZ GONZALEZ SOTO DE PEREDA

Prácticamente a obtener el grado de

MAESTRO  
(Magister Scientiarum)

CURSO DE POSTGRADO EN CIENCIAS Y  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Guatemala, noviembre de 1984

T-251



DL  
06  
T(774)

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**DECANO  
SECRETARIO  
VOCAL PRIMERO  
VOCAL SEGUNDO  
VOCAL TERCERO  
VOCAL CUARTO  
VOCAL QUINTO**

**Lic. Jorge Pérez Folgar  
Licda. Eleonora Gaitán Izaguirre  
Lic. Miguel Angel Herrera Gálvez  
Lic. Leonel Arroyo Catalán  
Lic. Miguel Orlando Garza Sagastume  
Br. Jorge Luis Galindo Arévalo  
Br. Edgar Antonio García del Pozo**





**COMITE INTERINSTITUCIONAL INCAP/USAC**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Lic. Janette Sandoval de Cardona  
Representante, Decana, Facultad de  
Ciencias Químicas y Farmacia

Lic. Antonieta González  
Directora Escuela de Nutrición  
Facultad de Ciencias Químicas  
y Farmacia

Lic. Ninfa Aldina Méndez  
Escuela de Nutrición  
Facultad de Ciencias Químicas  
y Farmacia

Lic. Martha Cazali  
Facultad de Humanidades

Ing. Aníbal Martínez Muñoz  
Facultad de Agronomía

Dr. Edgar Axel Oliva  
Decano Facultad de Ciencias  
Médicas

Lic. Marco Antonio Quezada  
Facultad de Ciencias Médicas

Dr. Mario Alberto Figueroa  
Facultad de Ciencias Médicas

COMITÉ INSTITUCIONAL INVESTIGACIONES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Lic. Jenette Sandoval de Carbone  
Representante, Decano, Facultad de  
Ciencias Químicas y Farmacia

Lic. Antonieta González  
Directora Escuela de Nutrición  
Facultad de Ciencias Químicas  
y Farmacia

Lic. Ninya Aída Méndez  
Escuela de Nutrición  
Facultad de Ciencias Químicas  
y Farmacia

Lic. Martha Casali  
Facultad de Humanidades

Ing. Aníbal Martínez Muñoz  
Facultad de Agronomía

Dr. Edgar Axel Oliva  
Decano Facultad de Ciencias  
Médicas

Lic. Marco Antonio Guzmán  
Facultad de Ciencias Médicas

Dr. Mario Alberto Figueroa  
Facultad de Ciencias Médicas



**INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA**

**Dr. Hernán Delgado,  
Director**

**Dr. Rafael Flores  
Jefe, Proceso de Transferencia  
de Tecnología**

**Lic. María T. Menchú  
Jefe, Programa de Socioeconomía**

**Dr. Erik Díaz Bustos  
Jefe, Programa de Formación y Desarrollo  
de Recursos Humanos**

**Lic. Myriam Ruiz Maldonado  
Programa de Formación y Desarrollo  
de Recursos Humanos**





**COMITE ASESOR DE TESIS**

Dr. J. Edgar Braham, (Q.E.D)

Dr. Ricardo Bressani

Dr. Luiz G. Elías

COMITE ASesor DE YEBIS

Dr. J. Edgar Graham, (G.E.D.)

Dr. Ricardo Bressani

Dr. Luis G. Elias



**DEDICO ESTA TESIS**

A Dios Todopoderoso

A mi esposo

A mis hijos

A mis padres y hermanos





## **RECONOCIMIENTO**

**Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá  
A la Universidad de San Carlos de Guatemala**

RECONOCIMIENTO

A la Universidad de San Carlos de Guatemala  
Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá



## CONTENIDO

---

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.   | Introducción   |    |
| II.  | Revisión de Literatura   |    |
| A.   | Composición Química de las Leguminosas   | 3  |
| B.   | Factores Aantifisiológicos de las Leguminosas  | 5  |
|      | 1. Flatulencia   | 5  |
|      | 2. Factor Goitrogénico   | 7  |
|      | 3. Glucósidos Cianogénicos   | 7  |
|      | 4. Latirismo   | 8  |
|      | 5. Favismo   | 8  |
|      | 6. Hemaglutininas  | 8  |
|      | 7. Inhibidores de tripsina   | 9  |
|      | 8. Polifenoles (taninos)   | 12 |
|      | 9. Efecto del Procesamiento Sobre el Valor Nutritivo de las Leguminosas de Grano                                     | 14 |
| III. | OBJETIVOS  | 18 |
| A.   | General  | 18 |
| B.   | Específicos  | 18 |
| IV.  | Hipótesis  | 19 |
| V.   | Plan de Estudio  | 20 |
| A.   | Muestras   | 20 |
| B.   | Preparación de las Muestras  | 20 |
| C.   | Métodos  | 22 |
|      | 1. Métodos Químicos  | 22 |
|      | 2. Métodos Biológicos  | 23 |
| VI.  | Diseños Experimentales   | 26 |
| VII. | Resultados y Discusión   | 28 |
| A.   | Distribución de Taninos en las Diferentes Fracciones Físicas del Grano de Frijol ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> ) Crudo | 28 |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| B.    | Distribución de Taninos en las Fracciones Físicas del Grano y Producto del Proceso . . . . . | 31 |
| 1.    | Cocción Atmosférica . . . . .  | 31 |
| 2.    | Cocción a Presión . . . . .  | 34 |
| 3.    | Tostación . . . . .  | 37 |
| C.    | Comparación entre Procesos . . . . .   | 38 |
| D.    | Efecto del Remojo . . . . .  | 40 |
| 1.    | Frijol Rojo . . . . .  | 40 |
| 2.    | Frijol Negro . . . . .   | 41 |
| E.    | Efecto de la Cocción a Presión (15 psi, 121 <sup>0</sup> C) . . . . .                        | 42 |
| 1.    | Frijol Rojo . . . . .  | 42 |
| 2.    | Frijol Negro . . . . .   | 44 |
| F.    | Análisis Biológico . . . . .   | 46 |
| VIII. | Conclusiones . . . . .   | 49 |
| IX.   | Recomendaciones . . . . .  | 52 |
| X.    | Resumen . . . . .  | 54 |
| XI.   | Bibliografía . . . . .   | 58 |
| XII.  | Apéndice . . . . .   | 66 |



# I. INTRODUCCION

---

Entre los alimentos vegetales, las semillas de leguminosas representan una rica fuente de proteína. Estos vegetales no solamente contienen una cantidad relativamente grande de proteína sino también un patrón de aminoácidos que contemplan al del maíz y otros cereales de grano (39). En la mayoría de los países de Centro América, los frijoles de la variedad *Phaseolus Vulgaris*, proveen el 20-30% de la proteína de la dieta en el área rural (95).

La composición química y el contenido de lisina, metionina y triptofano de los frijoles y otras semillas de leguminosas, han sido estudiados por varios investigadores (23, 24, 57).

Por otro lado, la mayoría de los frijoles contienen sustancias tóxicas, cuya eliminación es de un interés particular desde el punto de vista de alimentación y nutrición de los países. Algunas de estas sustancias tóxicas, presentes en los frijoles son en general inactivadas o destruidas por el tratamiento térmico (67); pero en algunos casos se hacen necesarios, además del calor, tratamientos como remojo o germinación para eliminar completamente la toxicidad (67). Jaffé y Honavar et al (52, 50), demostraron que el remojo antes del tratamiento térmico es un paso esencial para eliminar los efectos antifisiológicos de los frijoles (*Phaseolus Vulgaris*). Sin embargo, otros autores (61), indican que el calor por sí solo puede completamente eliminar la toxicidad de los frijoles.



Entre estas sustancias tóxicas de los frijoles (*Phaseolus Vulgaris*), se encuentran los taninos, elementos termoestables, solubles en agua y con capacidad de unirse a las proteínas, disminuyendo en esta forma la digestibilidad protéica y la disponibilidad de amonoácidos (6,19,90,102).

El presente estudio tiene por objeto determinar el contenido de taninos en las diferentes fracciones del frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo diferentes procesamientos y recomendar el más apropiado desde el punto de vista nutricional.



## II. REVISION DE LITERATURA

---

Entre los alimentos vegetales, las semillas de leguminosas representan una rica fuente de proteína. Estos vegetales no solamente contienen una cantidad relativamente grande de proteína sino también un patrón de aminoácidos que complementan a aquellos del maíz y otros cereales de grano (41). En la mayoría de los países de Centro América, los frijoles de la variedad *Phaseolus Vulgaris*, proveen el 30-20% de la proteína de la dieta en el área rural (95). En la región de México-Guatemala, de donde los frijoles son nativos, éstos han sido cultivados continuamente por lo menos durante 4,000 años (20).

A pesar de su relativamente alto contenido de proteína, se ha establecido por varios investigadores (20, 37, 39), que la calidad proteínica de los frijoles (*Phaseolus Vulgaris*) es baja. Esto ha sido atribuido no sólo a su deficiencia en el contenido de aminoácidos azufrados (22), sino también a su pobre digestibilidad (18).

Bressani y Col. (25), estudiaron la digestibilidad de la proteína de frijoles y se han propuesto varias teorías, las cuales incluyen la presencia de inhibidores de tripsina, hemaglutininas, glucósidos cianogénicos y otros factores antifisiológicos (25, 53). Además de la presencia de estos factores tóxicos lábiles al calor, los frijoles también contienen pigmentos que son responsables del color de la cáscara de la semilla (40) y del valor nutritivo de su proteína. Elías (36), estudiando diversos cultivares de frijoles, encontró que el color de la cáscara de la semilla podría influenciar la utilización de la proteína del frijol, por la



disminución de su digestibilidad. Elías y Col. (40), estudiaron la posible relación entre el color del revestimiento de la semilla de los frijoles y el valor nutritivo de sus proteínas. La digestibilidad de la proteína fue más baja para los frijoles rojos (70.4%) y negros (70.5%) con caldo; mientras que sin caldo se obtuvieron valores de 78.7 y 77.9% respectivamente. Además, encontraron en este estudio, que la actividad hemaglutinante estaba localizada en los cotiledones de todas las muestras utilizadas, con baja actividad en la cáscara de la semilla. No se encontró actividad en los frijoles cocinados o en el caldo de cocción. La actividad de tripsina estuvo influenciada por un factor lábil al calor (verdadero inhibidor de tripsina) y por un factor resistente al calor (taninos). El factor lábil al calor o verdadero inhibidor de tripsina fue más alto en los cotiledones (16-18 UTI/mg de muestra) que en la cáscara de la semilla; mientras que el factor resistente al calor se encontró en una concentración más alta en la cáscara de la semilla. Indican los autores de este estudio (40) que las cáscaras de las semillas roja y negra tuvieron una concentración más alta del factor lábil al calor (23-31 UTI/mg muestra) que la cáscara blanca de la semilla (7-9 UTI/mg muestra). La concentración de taninos fue más alta en las cáscaras de las semillas coloreadas (38-43 mg/g) y bajas en los frijoles de cáscara de color blanco (1.3 mg/g). Se encontraron valores dentro del rango de 3.8-5.9 mg/g en los cotiledones de las tres variedades estudiadas. Se observó una correlación significativamente alta ( $r = 0.88$ ) entre la concentración de taninos en la cáscara de la semilla y la actividad del inhibidor de tripsina.



#### A. COMPOSICION QUIMICA DE LAS LEGUMINOSAS:

El grano del frijol (*Phaseolus Vulgaris*) está formado por tres estructuras anatómicas principales: **Revestimiento de la semilla, los cotiledones y ejes embrionales (20)**. Estas tres fracciones representan 7.7, 90.5 y 1.8% de la materia seca del grano, respectivamente (76).

Las semillas de leguminosas comestibles contienen de 3.0 a 8.0% de fibra cruda y de 51.0 a 65.0% de carbohidratos solubles totales (20, 26).

El contenido lipídico de las leguminosas es relativamente bajo en base a la composición total, variando de 1 a 6% dependiendo de la especie. Bressani y Col (26), obtuvieron un rango de 0.7 a 1.8% en tres diferentes variedades de leguminosas.

El contenido de cenizas de estas legumbres varía de 2.5 a 4.2% (20). Estas plantas alimenticias contienen gran cantidad de fósforo, encontrándose promedios alrededor de 300 mg/100 g de frijoles. El contenido de calcio es muy variable, cerca de 100 mg/100 g de grano. La concentración de hierro varía de 5 a 12 mg/100 g, lo que clasifica a las leguminosas como regulares fuentes de este mineral (20). Algunos investigadores (83, 93), han reportado que existe más concentración de calcio que de fósforo en la cáscara de la semilla que en los cotiledones; el contenido de hierro es ligeramente más alto en la cáscara del grano (34).

En cuanto a vitaminas, las leguminosas son buenas fuentes de tiamina, riboflavina y niacina (23, 79, 89). Otros reportes (34), indican que estas vitaminas del complejo B, se encuentran en grandes concentraciones en el germen



que en los cotiledones. El grano seco de algunas variedades de leguminosas, por ejemplo, Cicer Arietinum, contiene ácido ascórbico (20). Se ha reportado también (8, 20, 77), que el remojo en agua para estimular la germinación de los granos secos de las leguminosas, aumenta el contenido de todas las vitaminas, con excepción del ácido fólico.

El contenido de proteína cruda de las semillas comestibles de leguminosas varía de 18 a 32% (20, 26). La proteína está localizada en los cotiledones y ejes embrionales de los frijoles (20), pequeñas cantidades se encuentran presentes en el revestimiento de la semilla (89). Bresanni (17), encontró que el contenido de nitrógeno varió de 2.69 a 4.52% en 268 variedades de Phaseolus Vulgaris de Centroamérica. La clase de proteína predominante en la especie Phaseolus son las Globulinas, solubles en sal y algunas de éstas se ha demostrado que son resistentes a la hidrólisis por las enzimas proteolíticas. Seidl y Col. (86) indican que la presencia de estas proteínas en las leguminosas podría explicar la baja digestibilidad de la proteína de estas plantas de grano.

Las semillas de leguminosas, específicamente los frijoles, se han mencionado con frecuencia como buenos alimentos para corregir las deficiencias de aminoácidos de los cereales (26). Jones y Col. (58), estudiando los frijoles consumidos por los indios Mayas, reportaron que la proteína de estas leguminosas tiende a complementar la del maíz a una proporción relativamente alta de lisina, triptofano, histidina y cistina, comparada con las cantidades encontradas en el maíz. La baja incidencia de pelagra en el área rural centroamericana, podría ser explicable si se toma en cuenta el contenido de niacina y triptofano de los frijoles, ya que el triptofano puede ser convertido en niacina dentro del cuerpo



(58). De acuerdo a la proteína de referencia de la FAO (42), las proteínas del maíz son bajas en por lo menos tres aminoácidos; mientras que los frijoles son bajos en uno o dos aminoácidos (28). Bressani y Col. (26), mencionan que las semillas de leguminosas tienen relativamente un alto contenido de aminoácidos, pero comparadas con la proteína de referencia de la FAO (42), las leguminosas estudiadas fueron deficientes en metionina, cistina, leucina y triptofano. Otros autores (9,54) reportan la marcada deficiencia de metionina en las leguminosas.

## **B. FACTORES ANTIFISIOLOGICOS DE LAS LEGUMINOSAS:**

A pesar que las leguminosas se consideran buenas fuentes de proteína por su relativamente alto contenido de aminoácidos, también presentan efectos fisiológicos que afectan su utilización en humanos, tanto jóvenes como adultos. Varios investigadores han estudiado y clasificado estas sustancias tóxicas presentes en las leguminosas de grano (53, 67, 78, 81). Bressani y Elías (20), las clasifican como: a) inhibidores de tripsina, b) hemaglutininas, c) factores goitrogénicos, d) glucósidos cianogénicos, e) factores latéricos y f) compuestos que causan favismo. Otros autores (2, 10, 92), mencionan con frecuencia el problema de flatulencia causada por las leguminosas de grano.

### **1. Flatulencia:**

La ingestión de grandes cantidades de frijoles causa flatulencia en humanos y animales. La acumulación de flatus en el tracto intestinal causa malestar, ruidos abdominales, calambres, dolor, diarrea, (83). Algunos autores han propuesto que los oligosacáridos de azúcares de la familia rafinosa



(rafinosa, estaquiosa y verbascosa) de los frijoles, son causantes de flatulencia en humanos y animales experimentales (83).

Ellos explican que los componentes de los azúcares de la familia rafinosa no son digeridos por el hombre porque su mucosa intestinal carece de la enzima hidrolítica alfa-1,6-galactosidasa (83) y, que estos azúcares por sí mismos no pueden pasar a través de la pared intestinal (83). La microflora, en la parte más baja del tracto intestinal, metaboliza estos oligosacáridos y produce grandes cantidades de dióxido de carbono e hidrógeno, así como pequeñas cantidades de metano durante el proceso (83).

Sin embargo, recientes estudios han demostrado que aún cuando se remueven estos oligosacáridos de los frijoles, no se elimina completamente la capacidad de producir gases de estas leguminosas secas (83). Los compuestos activos en el residuo y/o extracto de los frijoles, causantes de flatulencia aún no han sido identificados, pero son presumiblemente distintos de los azúcares de la familia rafinosa (83). También se menciona a la fibra como uno de los mayores componentes del residuo de los frijoles, la cual puede estar involucrada en la fermentación por microorganismos y, subsecuentemente producir flatulencia (83).

Cantidades sustanciales de componentes de los frijoles que causan flatulencia pueden ser eliminados por varios procesos comunes: remojo, cocimiento, descartando el agua de cocimiento, germinación, fermentación o agregando al frijol antibióticos o productos bacteriostáticos (83).



## 2. Factor Goitrogénico:

Varios autores han reportado un número de casos de "goiter" en infantes humanos, quienes fueron alimentados con leche de frijol de soya (51, 82) Van Wyk y Col. (98), mencionan que en los casos de goiteroénismo, está bloqueada la toma de yodo por la tiroides y se mejora incrementando la ingesta de yodo. Phaseolus Vulgaris, Pisum sativum y cacahuates están entre aquellos alimentos que inhiben la toma de yodo radiactivo por la tiroides en sujetos humanos. Existe un acuerdo general en que la actividad goiterogénica de los frijoles de soya es considerablemente reducida por calor (87).

## 3. Glucósidos Cianogénicos:

Algunas leguminosas como el frijol lima (Phaseolus Tanatus) contienen un glucósido cianogénico llamado "Phaseolunatin". La semilla también contiene una enzima, B-glucosidasa, la cual libera HCN sólo si el grano es estrujado antes del cocimiento. Entre las leguminosas que se sospecha que tienen glucósidos cianogénicos están: Cicer arietinum, Vicia sativa y Vicia Faba (98).

## 4. Latirismo:

El latirismo es una enfermedad que en el hombre se manifiesta por una parálisis de los labios inferiores. Ha sido reconocida desde tiempos de Hipócrates y, más recientemente, ha afectado a algunos segmentos de la población de la India (78). La etiología de esta enfermedad es generalmente



asociada con el consumo de leguminosas *Lathyrus sativus*; aunque el principio tóxico B(N - V-Lglutamyl-aminopropionitrile) no ha sido encontrado en *Lathyrus sativus* (93), sino en otras leguminosas como *Lathyrus adoratus* (94), *Lathyrus prusillus* (96). El principio tóxico de *Lathyrus adoratus* es estable al calor pero puede ser removido por lavadas repetidas con agua (43, 65).

#### 5. Favismo:

El síndrome de favismo, se caracteriza por una anemia hemolítica, generalmente asociada a la ingestión de leguminosas frescas o no cocinadas como *Vicia fava*. Este síndrome ocurre comúnmente en algunos países del Mediterráneo (78). El agente causante del favismo parece ser lábil al calor, ya que la enfermedad se asocia generalmente con la ingesta de habas frescas o parcialmente cocinadas (71).

#### 6. Hemaglutininas:

Jaffé (54), encontró un alto grado de toxicidad en ratas alimentadas con dietas conteniendo *Dolichos labiad*, *Canavalia ensiformis* y *Phaeolus lanatus*; ya que esta toxicidad no pudo ser contrarrestada por caseína, Jaffé (55), concluyó que el principal tóxico involucrado no era un inhibidor de tripsina.

Las leguminosas poseen sustancias capaces de aglutinar las células de los glóbulos rojos de varias especies de animales. Estas sustancias han sido estudiadas por varios investigadores (46, 75, 85). Las hemaglutininas a veces son referidas como lectinas (16) y están ampliamente distribuidas



entre las leguminosas (78). Liener (68, 69), llamó la atención al hecho de que la ingestión oral de la hemaglutinina purificada del frijol de soya podía inhibir el crecimiento de las ratas.

La acción de las hemaglutininas es combinarse con las células de la membrana que cubre la pared intestinal y, de esta forma, interfiere con la absorción intestinal de nutrientes (78). Las hemaglutininas del frijol de soya son destruidas por autoclave (78). La inactivación parcial por calor de la hemaglutinina purificada de *Phaseolus vulgaris*, mostró una destrucción paralela de toxicidad y actividad hemaglutinante (56).

#### 7. Inhibidores de Tripsina:

Los inhibidores de tripsina (IT) son factores cuya actividad antinutricional desaparece por calentamiento (53). Se ha demostrado que no todas las leguminosas de grano mejoran con el efecto del calentamiento o autoclaveado; lo que puede indicar que las leguminosas tienen diferente actividad o concentración de IT entre especies y aún entre cultivares (20).

La hipótesis sobre la baja digestibilidad, como explicación del reducido valor alimenticio de muchas leguminosas crudas, encontró apoyo con el descubrimiento por Bowman (14) y por Ham y Sandstedt (48), quienes observaron que las comidas de aceite de soya cruda contenían un inhibidor de tripsina. Esto permitió suponer que el IT era el responsable del bajo valor nutritivo de la alimentación a base de aceite de soya cruda, comparada con el aceite de soya calentado, en el cual el IT fue inactivado.



Borchers y Col. (13), estudiaron el efecto sobre el crecimiento en ratas y pollos alimentados parcialmente con preparaciones purificadas de un inhibidor de tripsina de la soya cruda. Los resultados de este estudio indicaron que este IT no tuvo efecto sobre el crecimiento de los animales experimentales. Esto podría indicar que un IT de la soya carece de actividad inhibidora de tripsina. En 1948, Bowman (15), aisló tres inhibidores de tripsina de la soya.

Elías y Col. (40), encontraron que los frijoles de cáscara coloreada, el inhibidor de tripsina se encuentra en los cotiledones, así como en el revestimiento de la semilla, siendo más alto en la cáscara. En el caso de los cultivares blancos, el IT fue más alto en los cotiledones y significativamente más bajo en la cáscara. Después del cocimiento, el IT fue detectado en las semillas enteras, así como en el caldo de cocimiento de las variedades coloreadas; mientras que muy poca inhibición se encontró en el líquido de cocimiento de las variedades blancas.

Algunos autores (101), concluyen que el IT es la causa mayor de la baja utilización de la proteína en frijoles de soya cruda. En otros experimentos (1), la tripsina contrarrestó la disminución del crecimiento en pollos que recibieron dietas conteniendo frijol de soya cruda.

Jaffé (54), observó que aquellas leguminosas que contenían la más alta actividad de IT, fueron también aquellas en las cuales la digestibilidad, medida in vivo en ratas, fue mayormente mejorada con el cocimiento. Esto se debe probablemente a la destrucción de los IT (78).



Por otro lado, se ha observado muy bien, que pollos (32) y ratas (3, 12), alimentados con aceite de soya cruda, desarrollan una marcada hipertrofia del páncreas. Contrariamente a lo que había sido generalmente aceptado, la cantidad de tripsina encontrada en los intestinos de ratas (72, 73) y pollos (3, 64), alimentados con frijoles de soya calentados. Esto puede ser el resultado de una pérdida endógena de aminoácidos esenciales de un páncreas hiperactivo, el cual está respondiendo, en una etapa compensatoria, a los factores del IT (78).

#### 8. Polifenoles (taninos):

Además de la presencia de factores tóxicos lábiles al calor, algunas leguminosas como los frijoles (*Phaseolus vulgaris*), también contienen pigmentos que son responsables del color de la cáscara de la semilla y del valor nutritivo de su proteína (40).

Cualquier compuesto polifenólico con un peso molecular mayor de 500 puede considerarse un "tanino". Los dos grupos distintos son taninos hidrolizables y taninos condensados. Ellos tienen en común actividades de "ligar proteínas" y "formar piel", pero difieren considerablemente en la distribución botánica y otras propiedades. El ácido tánico es típico de los taninos hidrolizables. Este es realmente hidrolizado enzimáticamente o espontáneamente a glucosa y ácido gálico con siete o menos unidades de ácido gálico por glucosa (90). Los taninos condensados (flavonoles), son polímeros flavonoides compuestos predominantemente de unidades de Leucoantocianidina ligadas carbono con carbono, de la posición cuatro de unidad a la posición seis u ocho de la siguiente. Ellos no se dañan bajo



condiciones fisiológicas cuando se tratan drásticamente, ellos usualmente producen menos polímeros solubles o monómeros flavonoides, particularmente, catequinas y antocianidinas (90).

Las cáscaras de las semillas de los frijoles deben su color a diferentes polifenoles (antocianidinas) relacionados estrechamente a los taninos (40). Los taninos pueden reaccionar con las proteínas disminuyendo su digestibilidad y, por consiguiente, su calidad proteínica (40, 49, 97). Además, es bien conocido el efecto de inhibición de enzimas por los taninos, como un efecto de éste sobre el metabolismo de las proteínas (45, 94). Tamir y Alumot (94), determinaron el grado de inhibición de tripsina, alfa-amilasa y lipasa por taninos condensados del "carobs" y compararon esta inhibición con la causada por un glucósido del m-ácido digálico (taninos hidrolizables). Los autores encontraron que los taninos condensados fueron inhibidores muy fuertes de todas las enzimas ensayadas, siendo la alfa-amilasa la más sensitiva y la menos sensitiva la lipasa. Por otro lado, la reacción de los taninos con proteínas parece depender de su estructura y no solamente de la presencia de grupos activos.

Elfas y Col. (40), sugieren que los polifenoles medidos como ácido tánico, podrían ser responsables de la baja digestibilidad de las variedades coloreadas de frijol, comparadas con los cultivares blancos. La digestibilidad de la proteína fue más baja para los frijoles rojos (70.4%) y negros (75.0%) con caldo; mientras que sin caldo obtuvieron valores de 78.7% y 77.9%, respectivamente. La concentración de taninos fue alto en semillas de cáscaras coloreadas (38-43 mg/g) y bajo en frijoles de



revestimiento blanco (1.3 mg/g). Se encontró una correlación significativamente alta ( $r = 0.88$ ) entre la concentración de taninos en la cáscara de la semilla y la actividad inhibitoria de tripsina.

A pesar de que existe un acuerdo general que los taninos en alimentos como "carobs" (3, 11), sorgo (74), cocoa (76), ejercen efectos tóxicos, la información sobre los efectos fisiológicos de estos compuestos es limitada y a menudo contradictoria (91).

Glick y Joslyn (45), mencionan que la toxicidad de los taninos disminuye con el incremento de edad y peso de las ratas. Las ratas de mayor edad y con mayor peso pudieron recobrase y ajustarse a los taninos de la dieta.

Estos mismos autores (45), encontraron que las ratas alimentadas con dietas conteniendo varios taninos y fenoles relacionados, excretaron más nitrógeno en las heces que los controles. Vohra y Col. (100), dieron una dieta con diferentes niveles de ácido tánico a pollos. El peso ganado por los pollos disminuyó a medida que aumentaba el contenido de ácido tánico en la dieta, sobre un nivel de 4%. A un nivel de 5% de ácido tánico en la dieta, el 70% de los pollos murieron antes de dos semanas en el experimento.

El significado nutricional de estos hallazgos debería ser objeto de más investigaciones para mejorar el valor nutritivo de las leguminosas comestibles, consideradas como un artículo de primera necesidad en la dieta de poblaciones en muchas partes del mundo.



9. Efecto del Procesamiento Sobre el Valor Nutritivo de las Leguminosas de Grano:

a. Efectos del calor:

Es bien conocido que una exposición apropiada de los alimentos al calor es ventajosa para obtener algunos efectos deseables en sus propiedades químicas, físicas, organolépticas y nutritivas. El blanqueo, para inactivación enzimática, permite una cualidad uniforme de alimentos vegetales y prolonga la vida de muchos productos alimenticios (10).

El tratamiento calórico aplicado a leguminosas mejora su textura y palatabilidad y también ayuda a destruir o inactivar algunos componentes tóxicos lábiles al calor, tales como: inhibidores de tripsina, hemaglutininas, (20).

Bressani y Col. (27), reportan que los frijoles negros cocinados por 10-30 minutos a 121 grados centígrados, mejoraron su utilización proteínica comparados con los frijoles crudos. Sin embargo, más de 30 minutos de cocimiento, causó una disminución en el valor nutritivo de los frijoles, medido por la cantidad de lisina disponible en las muestras estudiadas, los pesos ganados por las ratas y los valores obtenidos de Índice de Eficiencia Protéica (PER). Los mismos autores mencionan que los frijoles cocinados en una marmita abierta por cuatro horas, dieron resultados tan buenos como el cocimiento a presión. Otros autores (20), establecen un mínimo de dos horas para cocinar frijoles secos (*P. vulgaris*) a presión atmosférica. Elías y Col. (38), reportan que un tiempo de cocimiento alrededor de 30 minutos a 121 grados centígrados (250°F) a 16 libras de presión, sin un



previo remojo, disminuye el valor nutritivo de la proteína. La baja disponibilidad de lisina es principalmente responsable de este efecto. Aunque por otro lado, muestras remojadas, han mostrado una reducción en el valor nutritivo con un tiempo de cocimiento superior a 10 minutos (88).

El procesamiento térmico puede afectar adversamente la calidad de la proteína de productos alimenticios, a través de reacciones químicas, las cuales permiten la destrucción o inactivación de algunos aminoácidos (20).

Estas reacciones químicas se clasifican en tres tipos:

- La reacción entre ciertos aminoácidos y otros constituyentes de las proteínas. En este caso, los aminoácidos no son destruidos, ya que se recobran después de la hidrólisis ácida (20).
- Reacción de azúcares reductores con aminoácidos que poseen grupos reactivos de nitrógeno, dando como resultado la conocida reacción de Maillard. En este caso el complejo formado no es atacado por las enzimas digestivas, ya que el complejo azúcar-aminoácido no puede ser puesto en libertad por hidrólisis ácida (20).
- La destrucción de ciertos aminoácidos puede ocurrir en algunas reacciones entre proteínas y carbohidratos. Lisina, metionina, arginina y triptofano están involucrados en estos tipos de interacciones (20).

Kakade y Evans (62), establecieron que la digestibilidad in vitro de frijoles (*Phaseolus vulgaris*) se mejora por un tratamiento térmico moderado



(autoclaveados a 121<sup>0</sup>C, durante cinco minutos) destruye efectos tóxicos. Sin embargo, un cocimiento excesivo (4 horas) disminuye la digestibilidad. Esto sugiere que los efectos adversos pueden ser debidos a la reacción de los aminoácidos libres con carbohidratos. Estos mismos autores (63), confirmaron más tarde, utilizando pruebas in vivo, que el calor excesivo reduce el valor nutritivo de los frijoles debido a la destrucción o inactivación de ciertos aminoácidos esenciales.

**b. Descascarado y remojo:**

El remojo es un pre-tratamiento para la decorticación, pues facilita la remoción de la cáscara o piel. Los granos remojados en agua por un corto tiempo permiten una separación más fácil de la cáscara, debido a que la corteza toma más agua que el resto del grano, lo cual permite separarla con facilidad. Las leguminosas, también pueden remojarse en agua caliente debajo de su punto de ebullición para permitir que la cáscara de la semilla se hinche y se desprenda del cotiledón (88). El descascarado de las leguminosas de grano comestibles, es muy importante desde el punto de vista nutricional tomando en cuenta que ciertas sustancias tóxicas se encuentran en mayor concentración en el revestimiento de la semilla.

Con respecto al efecto del remojo sobre el valor nutritivo de frijoles (*Phaseolus vulgaris*), Kakade y Evans (60), encontraron que remojando los frijoles por cuatro días, se destruyeron cerca del 28% de la actividad inhibitoria de tripsina y 75% de la actividad de las hemaglutininas. Esto puede deberse a que estos factores antinutricionales fueron destruidos, inactivados o posiblemente "hechados fuera" de la semilla como un resultado



del proceso de remojo. Gallardo y Col. (43), indican que los tratamientos de calor húmedo sobre los 100<sup>0</sup>C, elimina las actividades de inhibidores de tripsina y hemaglutininas. En este estudio se observó una inactivación parcial cuando se usó calor seco. En el caso de la inactivación del inhibidor de tripsina usando calor seco, se obtuvo resultados más positivos cuando las leguminosas estudiadas fueron previamente remojadas por 14 horas.







### III. OBJETIVOS

---

**A. GENERAL:**

Determinar el balance de taninos en las diferentes fracciones del frijol (*Phaseolus Vulgaris*) bajo diferentes procesamientos.

**B. ESPECIFICOS:**

1. Sección "A":

1.1 Determinar el contenido de taninos en las diferentes fracciones del frijol crudo y determinar balance de materiales.

2. Sección "B":

2.1 Determinar taninos y balance de materiales en el frijol después del procesamiento.

2.1.1 Húmedo por presión

2.1.2 Húmedo atmosférico

2.1.3 Calor seco: tostador

3. Sección "C":

3.1 Determinar taninos y balance de materiales durante remojo y cocción en las diferentes fracciones del frijol: líquido de remojo, cáscara y cotiledón.



4. Sección "D":

- 4.1 Determinar el contenido de taninos en frijol cocido colado y colado frito y asociar el contenido de éstos con la digestibilidad y el Índice de Eficiencia Protéica (PER).



## IV. HIPOTESIS

---

Existe un balance de taninos en las diferentes fracciones del frijol (*Phaseolus vulgaris*) que puede ser alterado por procesamiento térmico.







## V. PLAN DE ESTUDIO

---

### A. MUESTRAS

Para el presente estudio se utilizaron muestras de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) color negro, blanco y rojo. El frijol negro (variedad Tamazulapa) se obtuvo de la División de Ciencias Agrícolas del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. El frijol blanco y rojo fueron variedades comerciales que se consumen en Guatemala. Todas las muestras utilizadas fueron de cosecha reciente.

### B. PREPARACION DE LAS MUESTRAS

#### 1. Sección "A":

Para esta parte del estudio se utilizaron 100 g de frijol crudo, previamente remojado durante 15 minutos en beakers de 500 ml. Seguidamente, se procedió a separar la cáscara del cotiledón, utilizando para ello un bisturí. Ambas fracciones se secaron en un horno de bandejas pasando finalmente a un molino de martillos. Las muestras se colocaron en frascos de vidrio y fueron almacenadas a 4°C hasta su utilización.

#### 2. Sección "B":

Las muestras de frijol utilizadas se limpiaron y luego fueron sometidas a:



2.1 **Procesamiento térmico húmedo a presión:** 100 g de cada variedad de frijol se cocieron en 300 ml de agua durante 20 minutos, a 16 libras de presión (121°C). Seguidamente, se separaron manualmente las dos fracciones de la semilla (cáscara y cotiledón), luego se secaron, molieron y almacenaron bajo las mismas condiciones.

2.2 **Procesamiento térmico húmedo a presión atmosférica:** se procedió de la misma forma que en el inciso anterior, con la diferencia que las muestras se sometieron a cocción en recipientes de aluminio también en una proporción 1:3 de frijol-agua hasta que se cocieron.

2.3 **Procesamiento seco:** se utilizó la misma metodología descrita para los dos procesos anteriores. Para la cocción del frijol se utilizó el tostador "Tostincap".

### 3. **Sección "C":**

Con el objeto de conocer los cambios de distribución de los taninos durante remojo y cocción, se utilizaron lotes de frijoles de 25 g cada uno. Se agregaron 75 c.c. de agua a cada lote y se midió la distribución de los taninos (en agua, cáscara y cotiledón) a tiempos específicos (0,2,4,6, y 8 horas de remojo). Luego se hizo lo mismo con diferentes tiempos de cocción (sin remojo) a 15,30,45,60 y 90 minutos a 16 libras de presión (121°C).



4. Sección "D":

Se pesaron lotes de frijoles de aproximadamente 4 kg. cada uno, los que fueron cocinados durante 20 minutos a 15 libras de presión (121°C). Cada lote se licuó a manera de obtener "frijol colado". Un lote de cada variedad estudiada, además de los pasos anteriores, se frió con aceite vegetal para tener "frijol colado frito".

C. **METODOS**

1. **Métodos Químicos:**

En la sección A y B se determinaron taninos en la cáscara, cotiledón y agua de cocción de las muestras de frijol utilizadas, por medio de los siguientes métodos:

1.1 **Método descrito por Joslyn (59)**, el cual utiliza el reactivo de Folin-Dennis y carbonato de sodio al 35%, para formar un compuesto coloreado azul, cuya absorbancia se mide a 760 nm y está directamente relacionado con la concentración de taninos. Esta reacción, en general, se utiliza para toda sustancia que contenga un grupo fenólico y no específicamente para taninos.

1.2 **Reacción de vainillina:** Se utilizó el método descrito por Price y Col. (74) y los resultados se expresaron en equivalentes de catequina.



En la sección "C" se analizaron taninos en agua, cáscara y cotiledón, por los métodos ya indicados.

En la sección "D", se evaluaron taninos en el frijol cocido colado y en el frijol cocido colado frito.

## 2. Métodos Biológicos:

En la sección "D", además de los métodos químicos, se utilizó un método biológico, con el objeto de asociar el contenido de taninos en frijol cocido colado y en frijol cocido frito con la Digestibilidad (D) e Índice de Eficiencia Protéica (PER).

### 2.1 Preparación de las dietas:

Las dietas se prepararon utilizando como única fuente de proteína, las harinas de los diferentes tipos de frijol cocidos y fritos.

Las raciones tuvieron un 10% de proteína y se prepararon según la fórmula siguiente (96):

|   | <b>INGREDIENTES</b>      | <b>CANTIDAD</b> |
|---|--------------------------|-----------------|
| - | <i>Proteína</i>          | 10              |
| - | <i>Aceite Vegetal</i>    | 4               |
| - | <i>Aceite de bacalao</i> | 1               |
| - | <i>Minerales</i>         | 5               |
| - | <i>Almidón</i>           | 80              |
| - | <i>Vitaminas</i>         | 5 ml/100 g      |



## 2.2 Digestibilidad de la proteína:

Para la determinación de la digestibilidad aparente y verdadera de la proteína, se utilizaron ocho ratas (4 machos y 4 hembras) para cada ración, de 21 días de edad de la colonia del INCAP. El período experimental tuvo una duración de 14 días. El grupo control fue alimentado con una ración de proteína (caseína) también de 10%. Además, se contó con un grupo de ratas con dieta libre de nitrógeno (96).

Los datos obtenidos se expresaron en base seca utilizando las siguientes fórmulas:

$$a. \quad \text{Digestibilidad Aparente (\%)} = \frac{NI - NF}{NI} \times 100$$

$$b. \quad \text{Digestibilidad Verdadera (\%)} = \frac{NI - (NF - NM)}{NI} \times 100$$

Donde:

NI = Nitrógeno ingerido  
NF = Nitrógeno fecal  
NM = Nitrógeno metabólico endógeno

Durante el tiempo que duró el experimento se llevó un registro diario del consumo de alimentos por cada rata y se recolectaron las heces. Estas heces fueron secadas en un horno de aire a 60°C por 24 horas; luego fueron pesadas y



finalmente molidas en un molino de martillos de 30 mallas. El contenido de nitrógeno se realizó por el método de Kjeldahl (5).

### 2.3 Indice de Eficiencia Protéica (PER):

Se utilizaron ratas blancas de la colonia del INCAP, de 21 días de nacidas, cada grupo estuvo integrado por 4 machos y 4 hembras. A las ratas se les suministró alimento "ad-libitum", durante 28 días que duró el experimento. Se pesó cada rata al inicio y al final del mismo, se determinó la ingesta protéica, con el objeto de calcular el Indice de Eficiencia Protéica (96) de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$PER = \frac{\text{Ganancia de peso del grupo experimental (g)}}{\text{Ingesta de proteína del grupo experimental (g)}}$$



## VI. DISEÑOS EXPERIMENTALES

---

**A. PARA LAS SECCIONES "A" Y "B": Análisis factorial 3 x 4**

**FRIJOL**

|                        |                |                |                |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| <i>Variedad</i>        | <i>NEGRO</i>   | <i>BLANCO</i>  | <i>ROJO</i>    |
| <i>Tipo de Proceso</i> | <i>C P A S</i> | <i>C P A S</i> | <i>C P A S</i> |

- C* = *Crudo*
- P* = *Cocido a presión (121°C)*
- A* = *Cocido a presión atmosférica*
- S* = *Tostado en secador*

**B. PARA LAS SECCION "C":**

**1. Análisis factorial 3 x 5**

**FRIJOL**

|                               |                  |                  |                  |
|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <i>Variedad</i>               | <i>ROJO</i>      | <i>NEGRO</i>     | <i>BLANCO</i>    |
| <i>Tiempo de remojo (hrs)</i> | <i>0 2 4 6 8</i> | <i>0 2 4 6 8</i> | <i>0 2 4 6 8</i> |



2. Análisis factorial 3 x 5

FRIJOL

| Variedad                | ROJO |    |    |    |    | NEGRO |    |    |    |    | BLANCO |    |    |    |    |
|-------------------------|------|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|
| Tiempo de cocción (min) | 10   | 30 | 45 | 60 | 90 | 15    | 30 | 45 | 60 | 90 | 15     | 30 | 45 | 60 | 90 |

C. PARA LAS SECCION "D": Análisis factorial 3 x 2

FRIJOL

| Variedad            | NEGRO  |       | BLANCO |       | ROJO   |       |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Tipo de Preparación | Colado | Frito | Colado | Frito | Colado | Frito |



## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

---

Se sabe que existe un balance de taninos en las diferentes fracciones del frijol (*Phaseolus vulgaris*) que puede ser alterado al someter el grano a procesamiento, especialmente a procesamiento térmico.

El objeto del presente estudio fue determinar ese balance de taninos en las diferentes fracciones del frijol, bajo diferentes procesos de cocción y remojo.

En primer lugar, se determinó el balance de taninos en las diferentes fracciones físicas del grano de frijol crudo. Para lo cual se calculó la distribución porcentual de dichas fracciones en el grano. Seguidamente, se estableció el contenido de taninos (g/100 g de muestra) en cada fracción física. Estos dos resultados se relacionaron para obtener la cantidad total de taninos en el grano. Este resultado se comparó con el dato obtenido del análisis directo del grano entero crudo, con la finalidad de conocer el porcentaje de recuperación, esperando encontrar valores similares en ambos casos.

### A. DISTRIBUCION DE TANINOS EN LAS DIFERENTES FRACCIONES FISICAS DEL GRANO DE FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS*) CRUDO.

El cuadro No. 1, muestra la distribución porcentual de cáscara y cotiledón en el grano de frijol crudo de color rojo, negro y blanco. El contenido promedio de cáscara fue de 10% y de cotiledón 90%.



Los resultados indicados en el cuadro anterior, confirman resultados previamente publicados por varios investigadores (20, 79).

El contenido de taninos (g/100 g de muestra) expresado como ácido tánico y como catequinas, en el frijol entero crudo así como en las fracciones físicas también del grano crudo, se detalla en el Cuadro No. 2.

La mayor cantidad de estos compuestos, para todos los casos, se encuentra en la cáscara del grano; existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre fracciones y entre frijoles. De acuerdo a los resultados, el frijol rojo contiene mayor cantidad de taninos en su cáscara, mientras que la cáscara del frijol blanco tiene valores más bajos de taninos. Con respecto a catequinas, la cáscara es la fracción física con valores más altos en los tres frijoles.

Por el contrario, el cotiledón de los frijoles, muestra valores significativamente menores de taninos que la cáscara. En el frijol blanco se encuentran las menores concentraciones. En relación a catequinas, el cotiledón contiene cantidades similares entre frijoles, aunque el frijol negro y el rojo contienen valores un poco más elevados que el cotiledón del frijol blanco.



El cuadro en mención, muestra también el contenido de taninos (g/100 g de muestra) obtenido del análisis directo del grano entero crudo. Los resultados muestran que el frijol de cáscara roja presenta el mayor porcentaje de taninos.

Los resultados obtenidos en esta fase del estudio concuerdan con datos previamente publicados, en los cuales la cáscara del frijol es la fracción física que contiene la mayor parte de los taninos. Por el contrario, el cotiledón sólo tiene cantidades pequeñas. Además, las variedades coloreadas de frijoles son las que presentan en mayor cantidad estos factores antifisiológicos (29,40).

La relación entre el porcentaje de cada fracción física del grano y el contenido de taninos en esa misma fracción, se observa en el Cuadro No. 3, tanto como ácido tánico que como catequinas (g/100 g de muestra) para los tres tipos de frijoles estudiados. El porcentaje promedio de recuperación fue de 104% y de 99%, respectivamente.

Llama la atención las recuperaciones de taninos obtenidos de la comparación del contenido en el frijol entero crudo y el derivado de los pesos de las fracciones y su respectivo contenido de taninos. Estas recuperaciones fueron mayores del 100% en los frijoles rojo y negro y menores en el frijol blanco. Estos datos parecen indicar que existe una mejor extracción de taninos de la cáscara sola que del grano entero ya que, la muestra de cáscara sola es más homogénea que la muestra de frijol entero, en la cual la proporción de cáscara puede variar en el peso de muestra utilizada.



El dato obtenido en el frijol blanco, puede deberse a que en esta variedad, no existen sustancias contaminantes que puedan alterar los resultados, como podría estar sucediendo con las variedades coloreadas de frijol.

Con respecto a las recuperaciones de taninos y de catequinas, se observa una mejor solubilidad o extracción de estos factores por el método químico descrito por Joslyn (59) que cuando se expresan como catequinas (80). Quizá porque este último método es específico para taninos y el anterior se utiliza para toda sustancia que contenga un grupo fenólico y no específicamente para taninos.

## B. DISTRIBUCION DE TANINOS EN LAS FRACCIONES FISICAS DEL GRANO Y PRODUCTO DEL PROCESO

### 1. Cocción Atmosférica:

El cuadro No. 4, muestra el balance de materiales en los tres tipos de frijol, después de someter los granos a proceso térmico a presión atmosférica durante dos horas.

En este caso, además de la cáscara y el cotiledón aparece una fracción más que es el caldo de cocción, cuyos sólidos representan entre el 2.7% al 6.3% del peso del grano. La cáscara representa entre el 10.4% y el 11.8% en el frijol cocido; mientras que el cotiledón entre el 82.3% al 86.9%. Estudios anteriores (29), han indicado que los sólidos del caldo representan alrededor del 8 al 14% del peso, cifras un poco mayores a las encontradas en este estudio.



Mientras tanto en el Cuadro No. 5, se observa el contenido de taninos (g/100 g de muestra) como ácido tánico y como catequinas en las diferentes fracciones de los frijoles rojo, negro y blanco después de su cocción a presión térmica.

Los datos del cuadro, muestran que los taninos y las catequinas se concentran significativamente en los sólidos del agua de cocción o caldo de los frijoles. Esto comprueba la solubilidad de estos compuestos, indicada por la literatura (90).

En el caso de los taninos, el frijol negro presenta el valor más alto. Esto podría explicarse en base a la cantidad de sólidos en el caldo (Cuadro No. 4) que fue mayor que en el caso del frijol rojo y blanco. Puede ser también debido a la clase de sustancias fenólicas del frijol negro, más solubles que las presentes en el frijol rojo.

En cuanto a taninos en las cáscaras de los frijoles estudiados, no existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre los frijoles rojo y negro; no así en el frijol blanco, en donde la cantidad de los mismos fue mucho menor.

Las catequinas en las cáscaras de los tres frijoles presentan valores similares. Estos mismos comportamientos se observan en el contenido de taninos y catequinas de los cotiledones de todos los frijoles. Sin embargo, llama la atención que los valores de catequinas en la cáscara de los frijoles cocidos son similares a las del cotiledón, lo



cual no se observó en el frijol crudo (Cuadro No. 2). Esto podría ser debido a un intercambio o migración de las catequinas de la cáscara hacia el cotiledón, durante la cocción.

El Cuadro No. 6, muestra el porcentaje de recuperación de taninos y catequinas para cada tipo de frijol. Los valores más altos corresponden a los taninos para los frijoles rojo y negro. Siendo el frijol negro con un mayor porcentaje de recuperación (60%)

En el caso de las catequinas, el frijol rojo presenta el valor más bajo. Estos datos parecen indicar que, los taninos y catequinas presentes en el frijol de cáscara roja, sufren algún cambio químico que hace difícil su extracción por ambos métodos. Aunque es importante hacer notar que el mayor porcentaje de recuperación para todos los frijoles, nuevamente se obtiene a través del método descrito por Joslyn (59).

Por otro lado, queda la posibilidad de que la parte no recuperada se haya fijado químicamente con otros compuestos orgánicos del frijol como proteínas y carbohidratos, como ya fuera indicado (20), lo que podría explicar la falta de una completa recuperación de estas sustancias.

## 2. Cocción a Presión (15 psi, 121°C)

El Cuadro No. 7, muestra el balance de materiales en los frijoles rojo, negro y blanco después del proceso térmico a alta presión (121°C), durante 20 minutos.



En este caso, la cáscara del grano representa el 16.1% y 14.7% para el frijol rojo y negro, respectivamente. Estos datos son superiores a los registrados para los dos frijoles cocidos a presión atmosférica (Cuadro No.4), lo cual podría explicarse a que en la separación manual de la cáscara del cotiledón del grano de frijol cocido a presión hubo menos pérdidas de estos materiales que en el grano cocido a presión atmosférica, debido al excesivo ablandamiento del mismo en este último proceso mencionado.

Respecto a los cotiledones de ambos frijoles, éstos representan el 76% para el frijol rojo y, el 78% para el frijol negro. Los sólidos del caldo de cada frijol presentaron valores de 8% y 7.7%, los cuales son similares a los reportados por la literatura (29).

El contenido de taninos en las diferentes fracciones de los frijoles rojo, negro y blanco después del procesamiento térmico a presión, se muestra en el Cuadro No. 8. La mayor cantidad de taninos después del proceso se encuentra en el agua de cocción o caldo, siendo estadísticamente más alta en el frijol rojo ( $P < 0.05$ ).

El comportamiento de los taninos en las cáscaras no es estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ) para los frijoles rojos y negros, no así para el frijol blanco, que como siempre, presenta en esta fracción la cantidad más baja.

La concentración de taninos en los cotiledones de los frijoles estudiados, presenta diferencias significativas, siendo mayor el contenido en los cotiledones del frijol rojo.



A pesar que durante este proceso se obtuvieron valores más altos en cuanto a los porcentajes de cáscara y sólidos del caldo que los obtenidos en el proceso a presión atmosférica para los frijoles rojo y negro, ésto no influyó mayor cosa en el contenido de taninos de los frijoles en sus respectivas fracciones físicas, ya que para el caso del frijol rojo, la cantidad de taninos en cáscara y cotiledón fue mayor en este proceso que a presión atmosférica. En cuanto a contenido de taninos en el caldo, no hay diferencia significativa para el frijol rojo en ambos procesos.

Ahora bien, el frijol negro contiene más taninos en la cáscara en este proceso que a presión atmosférica. En las otras dos fracciones, el caldo presenta un valor mucho más bajo que el obtenido en el proceso anterior y, en cuanto al contenido de taninos en el cotiledón, no existen diferencias estadísticamente significativas en los dos procesos estudiados hasta ahora.

La concentración de taninos en las cáscaras de los frijoles en este proceso, podría indicar que la migración de los compuestos fenólicos hacia las otras fracciones del grano, se da en menor escala que durante la cocción atmosférica.

Los porcentajes de recuperación de los taninos de los frijoles estudiados cocidos a presión, se presentan en el Cuadro No. 9. Estos valores fueron de 84.6% para el frijol rojo y de 70% para el frijol negro, datos más altos que los reportados en el proceso a



cocción atmosférica, lo que podría indicar que durante este tipo de cocción, los taninos de los frijoles sufren menos cambios químicos que obstaculizan su recuperación, como podría estar sucediendo en la cocción a presión atmosférica.

Es necesario mencionar que durante la cocción a presión, los frijoles son sometidos a altas temperaturas ( $121^{\circ}\text{C}$ ), pero por un tiempo mucho más corto que cuando se cuecen a presión atmosférica; además, sólo una vez se les agrega agua en una relación de 1:3, lo que no sucede con el otro proceso de cocción, en donde se adiciona agua en forma constante. Estos dos aspectos podrían estar incidiendo en que a presión atmosférica se favorezcan más las reacciones químicas de ligamento de los taninos con otros compuestos presentes en el grano de frijol, debido a la mayor oportunidad de migración de éstos hacia el cotiledón y el caldo, dando como resultado porcentajes de recuperación más bajos.

### 3. Tostación:

Los frijoles de cáscara roja y negra fueron sometidos a tostación a una temperatura de  $200^{\circ}\text{C}$ , durante cinco minutos. El balance de materiales se muestra en el Cuadro No. 10.

En este proceso no existe la fracción líquida, por lo que la cáscara representa entre el 11.4 y el 11.9 y, el cotiledón entre el 88.1% y el 88.6%.



Al no existir el medio acuoso, en el cual los taninos son solubles, los mismos se concentran en la cáscara del grano tal y como se encuentran en forma natural.

El Cuadro No. 11, muestra el contenido de taninos en materiales del frijol rojo y negro cocinado en tostador a 200<sup>0</sup>C durante 5 minutos. La concentración más alta se obtuvo en el frijol de cáscara roja, existiendo diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) respecto al valor presentado por la cáscara del frijol negro.

No hubo diferencias significativas en el comportamiento de los taninos en los cotiledones de los frijoles estudiados.

Esta misma condición, de que no exista durante el proceso de cocción la fase líquida, podría ser la razón de obtener en este caso porcentajes de recuperación mucho más altos que en los procesos anteriores, tal y como se muestra en el Cuadro No. 12.

Los valores encontrados son de 81% de recuperación para el frijol rojo y de 105% para el frijol negro.

Es importante mencionar también que durante este proceso de cocción no existieron las pérdidas reportadas en los otros procesos durante la separación de las diferentes partes físicas del grano cocido, lo cual podría estar afectando los resultados obtenidos en esos casos.



### C. COMPARACION ENTRE PROCESOS

Lo importante en esta oportunidad es comparar los porcentajes de recuperación de taninos y catequinas después de cada tratamiento térmico a que fue sometido el grano de frijol, como se muestra en el Cuadro No. 13. Se observa en este cuadro, que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) entre frijoles y entre procesos.

En cuanto a frijoles, el frijol rojo presenta los valores más bajos a presión atmosférica, tanto en taninos como en catequinas. A presión (15 psi, 121°C), el frijol rojo tiene un mayor porcentaje de recuperación, 84.6%, que el frijol negro, 70%. Durante el tostado, el frijol negro presenta el dato más alto con 105% de recuperación.

Entre procesos, el promedio de recuperación más alto se obtiene durante la tostación con un 93%, seguido por el proceso a presión con 77.5% y, por último, el porcentaje promedio de recuperación para la cocción a presión atmosférica es de 53%. Esto podría deberse a que durante este proceso, los frijoles son sometidos a períodos más largos de cocción con adiciones continuas de agua, lo que estaría favoreciendo la migración de los taninos hacia las diferentes fracciones físicas del grano, estableciéndose ligaciones químicas entre estos compuestos y otros componentes, lo que afectaría su extracción por los métodos químicos utilizados en este estudio. Esta misma situación parece presentarse también en el proceso de cocción a presión, pero en un menor grado.



Lo anteriormente expuesto no se da en el proceso de tostación, por carecer éste de la fracción física líquida, hacia donde migran los taninos por ser solubles en agua. Por esta razón, los datos obtenidos durante este proceso son los más altos para los frijoles estudiados. Favoreciendo una recuperación casi total de los taninos, aunque nutricionalmente podría ser el proceso menos recomendado para la elaboración de los frijoles.

#### D. EFECTO DEL REMOJO

##### 1. Frijol Rojo:

El Cuadro No. 14, muestra el balance de materiales del frijol rojo después de cada tiempo de remojo. Los cambios son insignificativos con una leve diferencia en peso para la cáscara y el cotiledón.

El cuadro No. 15, muestra el contenido de taninos y catequinas en las diferentes fracciones del frijol rojo, durante diferente tiempo de remojo. Se observa que a medida que aumenta el tiempo de remojo disminuye significativamente e inversamente proporcional, la cantidad de taninos y catequinas en la cáscara. Por otro lado, como resultado del proceso, el contenido de catequinas en el agua aumenta proporcionalmente al aumentar el tiempo de remojo.

La recuperación de taninos y catequinas disminuye a medida que aumenta el tiempo de remojo, a excepción de las 4 horas, en donde se observa una recuperación del 131% de taninos. En promedio, la recuperación oscila entre 57.8% y 102%, como catequinas y taninos, respectivamente. Este comportamiento puede indicar que a mayor



tiempo de remojo existe una mayor migración de los taninos, lo que favorecería las uniones químicas entre estos factores y los carbohidratos y proteínas del grano del frijol, disminuyendo su disponibilidad y, por lo tanto, su extracción con los métodos químicos utilizados, especialmente en el caso de las catequinas, Cuadro No. 16.

## 2. Frijol Negro:

En el caso del frijol de cáscara negra, además de observarse en el Cuadro No. 17, el balance de materiales, en el Cuadro No. 18, se indica el contenido de taninos (g/100 g de muestra), en las diferentes fracciones del frijol durante diferentes tiempos de remojo. Para este tipo de frijol no se encontró ningún efecto significativo ( $P < 0.05$ ), en el contenido de taninos de las cáscaras respecto al tiempo de remojo. Sin embargo, el contenido de estos factores en las aguas fue estadísticamente significativa, observándose incremento de los taninos a medida que aumenta el tiempo de proceso.

Además del porcentaje de recuperación, se observa en el Cuadro No. 19, la distribución de taninos en cáscara, cotiledón y agua del frijol negro después de diferentes tiempos de remojo.

La recuperación para este tipo de frijol es, en promedio de 121%, dato superior al obtenido para el frijol rojo (102%). Esto podría deberse a la presencia de un mayor porcentaje de sólidos en algunas fracciones del frijol negro.



También al igual que en el frijol rojo, a medida que aumenta el tiempo de remojo disminuye la recuperación de los taninos, debido posiblemente a las reacciones químicas entre taninos y otros componentes de los frijoles, lo cual inhibe su extracción.

#### E. EFECTO DE LA COCCION A PRESION (15 psi, 121<sup>0</sup>C)

En los Cuadros Nos. 7, 8 y 9, se observa el comportamiento de los frijoles estudiados al ser sometidos a cocción a presión (16 psi, 121<sup>0</sup>C), por 20 minutos. En este caso, se pretende conocer la distribución y/o comportamiento de los taninos de los granos de los frijoles rojo y negro, cuando son cocinados a presión por diferentes tiempos.

##### 1. Frijol Rojo:

El Cuadro No. 20, muestra el balance de materiales del frijol rojo, después de diferentes tiempos de cocción a presión. En este cuadro, se aprecia un ligero aumento en el porcentaje de sólidos de la cáscara y caldo conforme aumenta el tiempo de proceso. Estos porcentajes en el cotiledón, no sufren mayores cambios.

Los cambios en peso y proporción de la cáscara y el caldo durante el proceso, podría explicarse debido a dos razones:

- a. Que durante la separación física de la cáscara y el cotiledón, se van pequeñas fracciones del cotiledón.
- b. La cáscara tiene un gran contenido de fibra dietética, la cual estaría ligando compuestos orgánicos presentes en el cotiledón, los cuales normalmente serían solubilizados hacia el caldo.



El cuadro No. 21 muestra, como resultado del proceso, que el contenido de taninos y catequinas en las cáscaras y caldos de cocción disminuyen significativamente ( $P < 0.05$ ), conforme aumenta el tiempo de cocción; lo que podría estar confirmando que estos compuestos sufren reacciones químicas que los une a otros, cuando son sometidos a cocción y, de preferencia cuando existe un medio acuoso. Esta ligación química aumenta conforme aumenta el tiempo de proceso.

En los cotiledones el contenido de taninos permanece relativamente constante con respecto al tiempo de procesamiento. Sin embargo, es de interés observar que el contenido de catequinas aumenta de 1.57 g/100 g a los 15 minutos a 2.94 g/100 g a los 90 de cocción; lo que indica que no sólo hay migración de estos elementos de la cáscara al caldo, sino también de estas dos fracciones hacia el cotiledón a medida que avanza el tiempo del proceso. En cuanto al porcentaje de recuperación de estos factores después del proceso, éste, en promedio, es de 50% como ácido tánico y de 44% como catequina, como se demuestra en el Cuadro No. 22.

En este cuadro, se observa la distribución de taninos y catequinas en cáscara, cotiledón y caldo en el frijol rojo después de diferentes tiempos de cocción a presión (15 psi, 121<sup>00</sup>) y los respectivos porcentajes de recuperación en base al análisis directo en el grano de frijol crudo entero.



Se observa en este cuadro, que para el caso de los taninos, los porcentajes de recuperación disminuyen significativamente; lo contrario sucede para las catequinas, en donde se observa un significativo aumento en las recuperaciones a medida que aumenta el tiempo de cocción del frijol.

De acuerdo a las recuperaciones que se muestran en los Cuadros Nos. 16 y 19; las obtenidas en esta etapa del estudio, podrían estar indicando que efectivamente los taninos en general reaccionan químicamente con otros compuestos del grano de frijol cuando son sometidos a cocción lo que dificulta su extracción, en particular en la cáscara y el cotiledón; sin embargo, se confirma lo indicado por la literatura (60), en cuanto a que la práctica de remojar los frijoles antes de cocinarlos, favorece la eliminación de gran parte de estos compuestos eliminando el agua de remojo, lo que favorece su valor nutritivo.

## 2. Frijol Negro:

En cuanto al balance de materiales del frijol negro después de someterlo a diferentes tiempos de cocción a presión (15 psi, 121°C), se observa en el Cuadro No. 23, un aumento significativo en la fracción seca del caldo de cocción. Un comportamiento similar se presenta en las cáscaras a medida que aumenta el tiempo de cocción. Los cotiledones no sufren sustancialmente ningún cambio a lo largo del proceso.



Para el caso del frijol negro, el contenido de taninos en las diferentes fracciones y durante diferentes tiempos de cocción a presión (15 psi, 121<sup>0</sup>C), los resultados se muestran en el Cuadro No. 24; después del procesamiento los taninos muestran una disminución en las cáscaras, cotiledones y caldo; sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas entre tiempos de cocción, para las cáscaras y cotiledones, pero sí son significativas para los caldos, fracción en donde se concentran en mayor cantidad los taninos tomando en cuenta su solubilidad.

En cuanto a la distribución de taninos en cáscara, cotiledón y caldo del frijol negro después de diferentes tiempos de cocción a presión (15 psi, 121<sup>0</sup>C) y sus respectivos porcentajes de recuperación, se observa en el Cuadro No. 25, que la recuperación tiende a disminuir a medida que aumenta el tiempo de cocción, obteniéndose en promedio un porcentaje de recuperación del 60%. A igual que en el frijol rojo, se observa una mayor "perdida" de taninos mientras más se expone el grano al calor; además, junto con el medio acuoso presente, favorecen el desplazamiento de estos elementos hacia las diferentes fracciones del grano, beneficiándose de esta forma las reacciones químicas que podrían ocurrir entre taninos, carbohidratos y proteínas, lo que estaría dando como resultado que no se recupere un buen porcentaje de los mismos.



## F. ANALISIS BIOLÓGICO

Los lotes de frijol rojo, negro y blanco se cocinaron durante 15 minutos a 15 psi de presión y 121°C, luego se licuaron. La mitad de cada uno de estos lotes se frió en aceite vegetal. Tanto a los frijoles colados como a los colados fritos, se les practicaron análisis químicos y biológicos, cuyos resultados se observan en el Cuadro No. 26.

Se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en el contenido promedio de taninos para cada frijol (0.13, 0.05 y 0.09 g/100 g de muestra para frijoles rojo, blanco y negro, respectivamente).

Como siempre, los frijoles colorados presentan mayor cantidad de estos compuestos.

De acuerdo a los resultados, el tratamiento aplicado influye en el contenido de taninos de las dietas, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre los frijoles colados y los fritos. Los valores más altos corresponden a los colados. Esto podría estar indicando que los granos sometidos a un tratamiento térmico más drástico y prolongado, como en el caso de la fritura, favorecen las reacciones químicas de ligamento, entre las cuales se encontrarían las uniones entre los taninos y otros compuestos presentes en los frijoles, lo que podría dificultar la extracción de los mismos. Sin embargo, existe la posibilidad de que la diferencia sea debido a una dilución por la grasa adicionada para freirlos.



En cuanto a las catequinas, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las dietas y entre los procesos; aunque se puede observar, especialmente en los frijoles rojos y negros, un valor más alto en el frijol colado. Nuevamente podría indicarse que existe una mejor solubilidad o extracción de polifenoles por el método químico descrito por Joslyn (59) que cuando los mismos se expresan como catequinas (80).

Según la literatura, entre los compuestos que se unen a los taninos y/o catequinas se encuentran las proteínas (30, 103), situación que posiblemente dificulta el aprovechamiento de estas últimas por parte del organismo. También los taninos por calentamiento en soluciones ácidas, inhiben ciertas enzimas como la tripsina, amilasa y lipasa, debido a la estructura proteínica de la enzima (47, 31), disminuyendo la disponibilidad de los aminoácidos (49) presentes en las dietas, específicamente de lisina. Lo anterior podría ser la causa de los resultados obtenidos para la digestibilidad aparente de cada dieta, entre las cuales existen diferencias significativas, observándose valores más altos para los frijoles que solamente fueron colados que para los fritos, situación ésta última que favorece las reacciones químicas antes descritas.

Los valores encontrados para la digestibilidad verdadera de las dietas, indican que existen diferencias significativas entre frijoles, siendo los colorados con los valores mas bajos. En cuanto a tratamientos o procesos, no existen diferencias estadísticamente significativas, lo que estaría indicando que desde el punto de vista nutricional, todas las dietas presentan el mismo efecto. De acuerdo al valor obtenido para la caseína



(97.5%), los valores de las dietas de frijol son altos, lo que podría deberse a un aumento en la excreción de nitrógeno endógeno, como en algún caso ha sido reportado por la literatura (25) por el consumo de este tipo de leguminosas. También podría deberse a un posible error experimental o de laboratorio.

Los valores de Índice de Eficiencia Protéica, oscilaron entre 0.27 y 0.51, datos sumamente bajos en relación al obtenido por la caseína (2.77). Igual que en la digestibilidad verdadera, existen diferencias significativas entre los frijoles pero no así entre procesos, siendo los frijoles blancos los que presentan valores más altos. Una vez más, queda comprobado el efecto negativo de los taninos sobre la calidad nutricional de los alimentos que los contienen, especialmente cuando no se elimina el caldo de cocción, como sucedió en el presente caso (38), causando daño a la proteína del frijol.

De esta parte del este estudio, se concluye que los polifenoles presentes en los granos de los frijoles estudiados, posiblemente sufren reacciones químicas con las proteínas debido a la capacidad que tienen estos compuestos de formar complejos que tienden a ser más fuertes a medida que aumenta el peso molecular del polifenol. El complejo se forma entre el grupo -OH del tanino y los grupos = CO de las uniones peptídicas de las proteínas (30, 103). Lo anterior, podría estar dificultando la extracción de estos compuestos por los métodos químicos utilizados (69, 80), y dañar el valor nutritivo de las dietas, especialmente la de los frijoles coloreados, lo cual se representa en los resultados obtenidos para las digestibilidades e índices de eficiencia protéica.



## VIII. CONCLUSIONES

---

1. Los taninos se encuentran concentrados en el revestimiento del grano de frijol, especialmente en los frijoles colorados.
2. Se obtiene una mejor extracción de taninos, cuando se separan las diferentes fracciones físicas del grano de frijol que cuando el análisis se hace en el grano entero.
3. Cuando los frijoles se someten a cocción atmosférica, gran parte de los taninos migran hacia el agua de cocción, posiblemente debido a la solubilidad de éstos en presencia de un medio acuoso.
4. Por el método de cocción atmosférica, las recuperaciones de taninos y de catequinas varía entre 46-60% y entre 37-56% respectivamente, sugiriendo que el resto ha quedado ligado químicamente en el grano, algo que debe ser estudiado con mayor detalle.
5. La recuperación de taninos en frijoles cocinados a presión (15 psi, 121<sup>o</sup>C), es de 84.6% y 70% para los rojos y negros, respectivamente. Valores más altos que a presión atmosférica, lo que sugiere que las reacciones químicas entre taninos y otros compuestos del grano se dan en menor escala en este proceso, posiblemente porque en éste hay menos líquido de cocción (caldo).



6. En el tostado, donde no existe la fracción acuosa, los taninos se concentran en la cáscara del grano tal y como se encuentran en forma natural; además, se obtienen recuperaciones más altas que en los otros dos procesos de cocción, siendo el 81% y de 105% para el frijol rojo y negro, respectivamente.
7. Cuando los frijoles rojos y negros se someten a remojo entre 2 y 8 horas, se observa una disminución de taninos en las cáscaras y agua de remojo, a medida que aumenta el tiempo del proceso; las recuperaciones también presentan estos comportamientos, especialmente cuando se expresan como catequinas.
8. Los taninos de los frijoles estudiados cuando se someten a cocción, sufren reacciones químicas que los ligan a otros compuestos del grano, dificultando de esta forma su extracción; ésto se intensifica a medida que aumenta el tiempo de exposición al calor (15, 30, 45, 60 y 90 minutos). En este caso, se obtuvo un promedio de recuperación de 50% y de 60% para el frijol rojo y negro respectivamente, ésto ocurre principalmente cuando se expresan como taninos.
9. En la parte biológica, los valores reportados para taninos indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre los frijoles colados y los fritos. Los valores más altos corresponden a los "colados".
10. Los resultados para catequinas indican que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los frijoles y respectivos procesos, aunque se pueden observar, especialmente en los frijoles rojos y negros, un valor más alto en el frijol "colado".



11. Los valores encontrados para la digestibilidad verdadera (DV) de las dietas, indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre frijoles, siendo los colorados con los valores más bajos. Además, no existen diferencias significativas entre los frijoles colados y los fritos, lo que estaría indicando que desde el punto de vista nutricional todos los frijoles estudiados presentan el mismo efecto.
  
12. Los valores de Índice de Eficiencia Protéica (PER), presentaron comportamientos similares a los de la DV; es decir, que existen diferencias significativas entre los tres frijoles, pero no así entre procesos (colados y fritos).







## IX. RECOMENDACIONES

---

En la naturaleza existen dos grupos de taninos, hidrolizables y condensados, éstos tienen en común actividades de "ligar proteínas" y "formar piel", pero difieren considerablemente en otras propiedades, por lo que se recomienda:

1. Que se realice un fraccionamiento más detallado de polifenoles, en base a peso molecular, características de absorción, etc. para obtener datos más concretos.
2. Que se analicen detalladamente los compuestos de reacción de los taninos de acuerdo al proceso utilizado.
3. Para confirmar el efecto biológico de los taninos según el procesamiento, debe realizarse un estudio en donde la única variable sea la ingestión de los mismos.
4. Desde el punto de vista nutricional, debe insistirse en la práctica de remojar los granos de frijol, por lo menos durante ocho horas, antes de la cocción. Según las observaciones realizadas en el estudio, este período de



tiempo es en el que se logra una mayor "difusión" de taninos del frijol hacia el agua de remojo. Además, si se quiere eliminar una mayor cantidad de estas sustancias, se recomienda utilizar cocción a presión (15 psi) durante 15 a 20 minutos y desechar el caldo. La adopción de estas medidas dependerá en mayor grado de los hábitos alimentarios de la población.



## X. RESUMEN

---

Se sabe que existe un balance de taninos en las diferentes fracciones físicas del frijol (*Phaseolus Vulgaris*) que puede ser alterado por diversos procesos.

El contenido de taninos expresados como ácido tánico y como catequinas en el frijol crudo, se concentra en la cáscara del grano, existiendo diferencias significativas entre las fracciones (cáscara y cotiledón) y, entre frijoles (rojo, negro y blanco); siendo el frijol rojo el que contiene mayor cantidad de taninos y catequinas en su cáscara (1.99 y 23.34 g/100 g, respectivamente). El porcentaje promedio de recuperación, tanto para taninos como para catequinas, para los tres tipos de frijoles estudiados fue de 104% y de 99%, respectivamente.

Después de someter los granos de frijol rojo, negro y blanco a cocción atmosférica por dos horas, los taninos y catequinas se concentran significativamente en los sólidos del agua de cocción de los frijoles. En el caso de los taninos, el frijol negro presenta el valor más alto con 0.82 g/100 g y, como catequinas, el frijol rojo (13.53 g/100 g).

El frijol negro, presenta el mayor porcentaje de recuperación de taninos y catequinas (60% y 56%, respectivamente) durante este proceso.



Los tres frijoles se sometieron a cocción a 15 psi, 121<sup>0</sup>C durante 20 minutos. La mayor cantidad de taninos después del proceso se encuentra en el agua de cocción o caldo, siendo estadísticamente más alta en el frijol rojo (0.74 g/100 g).

Los porcentajes de recuperación de los taninos fueron de 84.6% para el frijol rojo y de 70% para el frijol negro.

Los frijoles rojos y negros, fueron tostados a una temperatura aproximada de 200<sup>0</sup>C, por cinco minutos. La concentración más alta de taninos se encuentra en el frijol rojo con 1.51 g/100 g.

Los valores de recuperación para los frijoles fueron de 81% para el frijol rojo y de 105% para el frijol negro.

Cuando se comparan procesos, el frijol rojo presenta los valores más bajos de recuperación a presión atmosférica, tanto como taninos como en catequinas (46% y 37%, respectivamente). A presión (15 psi, 121<sup>0</sup>C), el frijol rojo presenta un mayor porcentaje de recuperación (84.6%) que el frijol negro (70%). Durante el tostado el frijol negro presenta el dato más alto con 105% de recuperación. En términos generales, con el tostado se obtiene el mayor porcentaje de recuperación (93%), seguido por el proceso a presión (77.5%) y, por último a presión atmosférica (53%).

El efecto del remojo en el frijol rojo, muestra que a medida que aumenta el tiempo del proceso, disminuye la cantidad de taninos y catequinas (1.63 a 0.69 y de 23.34 a 11.24 g/100 g, respectivamente) en la cáscara del grano. Por



otro lado, el contenido de taninos y catequinas en el agua de remojo aumenta proporcionalmente al aumentar el tiempo de procesamiento (0.82 a 1.63 y de 17.1 a 28.8 g/100 g, respectivamente).

La recuperación de taninos y catequinas disminuye a medida que aumenta el tiempo de remojo, a excepción de las cuatro horas, en donde se observa una recuperación del 131% de taninos. En promedio, la recuperación oscila entre 57.8% y 102%, como catequinas y taninos respectivamente.

En el caso del frijol negro, no hubo ningún efecto significativo en el contenido de taninos de la cáscara en el tiempo de remojo. Sin embargo, el contenido de estos factores en las aguas fue estadísticamente significativo ( $P < 0.05$ ), observándose incremento de los taninos a medida que aumenta el tiempo de proceso (0.54 a 0.96 g/100 g). La recuperación para este tipo de frijol fue, en promedio de 121%.

Al estudiar el efecto de diferentes tiempos de cocción a presión (15 psi, 121°C) en el frijol rojo, se observa que el contenido de taninos y catequinas en la cáscara y caldo disminuye significativamente conforme aumenta el tiempo de cocción. El porcentaje promedio de recuperación para este frijol fue de 50% como taninos y de 44% como catequinas.

Para el frijol negro, no hay diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) en los resultados de contenido de taninos durante los diferentes tiempos de cocción a presión, aunque se observa una disminución en las tres fracciones del grano (cáscara, cotiledón y caldo). Los porcentajes de recuperación para el



frijol negro, disminuyen conforme aumenta el tiempo de cocción, obteniéndose un valor promedio de 60%.

En base al presente estudio se concluye que el balance de taninos en las diferentes fracciones del frijol (*Phaseolus vulgaris*) rojo, negro y blanco puede ser alterado por procesos térmicos y de remojo debido a la solubilidad de estos factores en agua y a las reacciones químicas entre los taninos y otros componentes del grano, pudiéndose escoger el que mayor beneficios nutricionales brinde.

Respecto a la parte biológica del presente trabajo, los valores de taninos y catequinas de todas las dietas, fueron muy bajos, observándose datos más altos para los frijoles colados y como se ha observado en el transcurso del estudio, los frijoles blancos presentan los valores más bajos y los colorados los datos más altos. En el caso de taninos, estas diferencias fueron estadísticamente significativas entre frijoles y procesos.

Para el frijol blanco se obtuvo un valor promedio de PER de 0.49, 60% de DA Y 98% de DV. El frijol negro reportó valores de 0.30, 46% y 94%, respectivamente. El frijol rojo, presentó los valores más bajos para la DA y DV con 42% y 87%, respectivamente. El valor de PER fue de 0.39. Estos resultados no presentaron diferencias estadísticamente significativas.



## XI. BIBLIOGRAFIA

---

1. Almquist, H. J. and Merritt, J. B. "Effect of soybean antitrypsin on growth of the chick". Arch. Biochem. 35:352. 1952.
2. Alvares, W.C. "What causes flatulence" J. Am. Med. Assoc. 120:21. 1942.
3. Alumot, E. et. al. "Low caloric value of carob as the possible cause of growth depression in chicks". J. Sci. Food. Agr. 15: 259. 1964.
4. \_\_\_\_\_ and Z. Nitsan. "The influence of soybean antitrypsin on the intestinal proteolysis of the chick". J. Nutr. 73:71. 1961
5. Association of Official Analytical Chemist, D.C. Official Methods of analysis of the A.O.A.C. Washington, D.C., 1970. P. 532
6. Banco de Guatemala. Estudio sobre el frijol. En: Informe Económico XXIV. Oct.-Dic., pp. 31-63. 1977
7. Banerjee, S. Rohatgi and Lahiri, S. "Pantothenic acid, folic acid, biotin and niacin contents of germinated pulses". Fd.Res. 19:134. 1954.
8. Benerjee, S.R. et al. "Pyridoxine, inositol and vitamin K contentes of germinated pulses". Fd. Res. 20: 545. 1955.
9. Baptist, N.G. "Essential amino-acids of some common tropical legumes and cereals". Brit. J. Nutr. 8: 218. 1954.
10. Berk, J.E. "Gastrointestinal gas". Ann. N.Y. Acad. Sci. 150:1. 1968. Citado en Fd. Chem. 13 (1):26. 1984.
11. Bondi, A. and H. Meyer. "Digestibility trials with poultry. The digestibility of dura, carobs and hide fleshings". J. Agr. Sci. 34:118. 1944
12. Booth, A. N. "Effect of raw soybean meal and amino-acids on pancreatic hiper-trohpy in rats". Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 104:681. 1960
13. Borchers, R.; C.W. Ackerson and F.e. Mussehl. "Trypsin inhibitor. VIII. Growth inhibiting properties of a soybean trypsin inhibitor" Arch. Biochem. 19: 317. 1948.
14. Bowman, D.E. "Fractions derived from soybeans and navy beans with retard the tryptic digestion of casein". Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 57: 139. 1944.



15. Bowman D.E. Arch. Biochem. 16: 109. 1948. Citado en: Indian J. Med. Res. 57: 92. 1969
16. Boyd, W.C. and E. Shapleigh. "Specific precipitating activity of plant agglutinins (lactins). Science. 119: 419. 1954.
17. Bressani, R. En: "Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Frijol. XV. Reunión Anual San Salvador, El Salvador, Febrero 24-28, 1969. (C.L. Arias, ed.). Instituto Int. de Ciencias Agr. de la OEA, Dirección Regional para la Zona Norte, Guatemala, C.A. pp. 5-7. 1970.
18. Bressani, R. y L. G. Elías. "Evaluación de la calidad proteínica de varias leguminosas de grano usado diversos métodos biológicos". Arch. Latinoamericanos de Nutrición. 26:325. 1976.
19. Bressani, R. and L. G. Elías. "Improvement of the nutritional quality of food legumes". Fd. Nutr. Bulletin. 1(4): 23. 1979.
20. Bressani, R.; L.G. Elías. Legume Foods. In: "New Protein Foods". Vol. 1A. "Technology". Ed. A.M. Altschul Academic Press, New York. 1974. pp. 40-111.
21. Bressani, R.; L. G. Elías; J.E. Braham and M. Erales. "Vegetable protein mixtures for human consumption". Arch. Latinoamer. Nutr. 17:177. 1967.
22. Bressani, R.; M. Flores and L. G. Elías. Acceptability and value of food legumes in the human diet. In "Potentials of field beans and other food legumes in Latin America." Ed. D. Wall, Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT. Series Seminar No. 2E). pp. 27-19.
23. Bressani, R.; E. Marcucci; C.E. Robles and N.S. Scrimshaw. "Nutritive Value of Central American Beans. Variation in the nitrogen, tryptophane, and niacin contents of ten guatemalan black beans (*Phaseolus Vulgaris*), and the retention of the niacin after cooking". Fd. Res. 19:263. 1954.
24. Bressani, R. J., J. Méndez and N.S. Scrimshaw. "Valor nutritivo de los frijoles centroamericanos. III. Variaciones en el contenido de proteínas, metionina, triptófano, tiamina, roboflavina y niacina de muestras de *Phaseolus vulgaris* cultivadas en Costa Rica, El Salvador y Honduras. Archivos Venezolanos de Nutrición. 10:71. 1960.
25. Bressani, R., L. G. Elías and M. R. Molina. The problem of legume grain protein digestibility. Present at the 35th. Annual Meeting of the Institute of Food Technologists, June 8-12, Chicago, Il. 1975.
26. Bressani, R., L. g. Elías and d.A. Navarrete. "Nutritive value of Central American Beans". IV. the essential aminoacid content of samples of black beans, red beans, rice beans and cowpeas of Guatemala". J. Fd. Sci. 26:525. 1961.



27. Bressani, R., L. G. Elías and A. T. Valiente. "Effect of cooking and of amino-acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris*)". Brit. J. Nutr. 17:(1): 69. 1963.
28. Bressani, R., A. T. Valiente and C. Tejada. "A. II. Vegetable protein mixtures for human feeding. VI. The value of combination of lime-treated corn and cooked black beans". J. Fd. Sci. 27:394. 1962.
29. Bressani, R. y L. G. Elías. "The nutritional role of polyphenols in beans". In polyphenols in cereals and legumes. INCAP. Publication I -1106.
30. Calderón, P., J. Van Buren and W.B. Robinson. "Farmers influencing the formation of precipitates and hazes by gelatin and condensed and hidrolizable tannis". J. Agr. Food Chem. 16:479-482, 1968.
31. Chang, S.J. and M.L. Fuller. "Effect of tanning content of grain sorghum on other feeding value for growing chicks". Poultry Sc. 43: 30-36, 1964.
32. Chernick, S.S., S. Lepkovsky and L. Chaikoff. "A dietary factor regulating the enzyme content of the pancreas changes induced in size and proteolytic activity of the chick pancreas by the ingestion of raw soybean meal". Am. J. Physiol. 155:33. 1948.
33. Crean, D.E. and D.R. Haisman. "The interaction between phytic acid and divalent cations during the cooking of dried peas. J. Sci. Fd. Agr. 14:824. 1963.
34. Chicubu, S., S. Horiunchi, M. Furaya and S. Niiseki. Citado en: "New Protein Foods". Vol. 1A. "Technology". Ed. A. M. Altschul Academic Press, New York. 1974. pp. 40-111.
35. Dupuy, H. P. and J. G. Lee. "The isolation of a material capable of producing experimental lathyrism." J. Am. Pharm. A. 43:61. 1954.
36. Elías, L. G. y R. Bressani. "Importancia del color de la cáscara de las leguminosas de grano sobre sus características químicas, nutricionales y comerciales. Leguminosas de Grano. 2:59. 1975.
37. Elías, L. G., R. Bressani. "Nutritional factors affecting the consumption of legumious seeds". Arch. Latinoamer. Nutr. 24:365. 1974.
38. Elías, L. G., R. Bressani and M. Flores. "Problems and potentials in storage and processing of food legumes in Latin America". In: Potentials of Field Beans and Other Food Legumes in Latin America: A Seminar. Cali, Colombia, Cnetro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), feb.-mar. 1973. p. 52.
39. Elías, L. G., R. Colindres and R. Bressani. "The nutritive value of eight varieties of cowpea (*Vigna sinensis*)". J. Fd. Sci. 29:118. 1964.



40. Elías, L. G., D. G. de Fernández and R. Bressani. "Possible effect of seed coat polyphenolics on the nutritinal quality of bean protein". J. Fd. Sci. 44: 524. 1979.
41. FAO. (1954). El Maíz en la Alimentación. Estudio sobre su valor nutritivo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. F.A.O. -Estudios sobre Nutrición No. 9. Roma. p.56.
42. FAO. Protein Requirements. FAO Nutritional Studies No. 16, FAO Italy, 1957. p. 12.
43. Gallardo, F., H. Araya, N. Pak and M. A. Tagle. "Toxic factors in chilean legumes, II. Trypsin inhibitor activity. (English summary)". Arch. Latinoamer. Nutr. 24: 101. 1974.
44. Geiger, G.J., H. Steenbock and H. T. Parsons. "Lathyrism in the rat". J. Nutr. 6:427. 1933.
45. Glick, Z. and M. A. Joslyn. "Effect of tannic acid on related compounds on the absorption and utilization of proteins in the rat". J. Nutr. 6:427. 1933.
46. Goddard, V. R. and L. B. Mendel. "Plant hemagglutinins with special reference to a preparation from the navy bean. (Phaseolus communis). J. Biol. Chem. 82:447. 1929.
47. González de Fernández, Dolores. "Estudio sobre las posibles relaciones entre los pigmentos presentes en la cáscara de frijol y el valor nutritivo de éste". Tesis (Magister Scientifcae). USAC, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia - INCAP/CESNA (Curso de Postgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Guatemala, 1975, p.5).
48. Ham, W. E. and R. M. Sandstedt. "A proteolytic inhibiting substance in the extract from unheated soybean meal". J. Biol. Chem. 154:505. 1944.
49. Haslam, E. "Polyfenol-protein interactions. Biochem. J. 139:285. 1974.
50. Honavar, P. M., C. V. Shih and I. E. Liener. "Inhibition of the growth of rats by purified hemagglutinin fractions isolated from Phaseolus Vulgaris". J. Nutr. 77: 109. 1962.
51. Hydowitz, J.D. "Occurence of goiter in an infant on a soy diet". New England J. Med. 262: 351. 1960.
52. Jaffé, W. G. "Limitting essential amino-acids in some legume seeds". Proc. Soc. Expert Med. Biol. 71: 398. 1949.
53. Jaffé, W. G. "Factores tóxicos en leguminosas". Arch. Latinoamer. Nutr. 18: 205. 1968.
54. Jaffé, W. G. "Protein digestibility and trypsin inhibitor activity of legume seeds. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 75:219. 1950.



55. Jaffé, W. G. "Toxicity of raw kidney beans". Experiments. 5: 81. 1949. Citado en: Indian J. Med. Res. 57:92. 1969.
56. Jaffé, W. G. "Über phytotoxine and bohnen (*Phaseolus vulgaris*)". Artztl. Forsch. 12:1012. 1961. Citado en Indian J. Med. Res. 57:92. 1969.
57. Jellife, D. B., G. Arroyave, F. Aguirre, A. Aguirre and N. S. Scrimshaw. "The amino-acid composition of certain tropical pulses and cereals. J. Trop. Med. Hgy. 59:216. 1956.
58. Jones, B.B. "Proteins of the black bean of the Mayas *Phaseolus Vulgaris*". J. Bio. chem. 122:745. 1938.
59. Joslyn, M.A. Methods of food analysis. 2nd. ed. New York, Academic Press, 1970. p. 701.
60. Kakade, M. L. and R. J. Evans. "Effect of soaking and germinating on the nutritive value of navy beans". J. Fd. Sci. 31:781. 1966.
61. Kakade, M. L. and R. J. Evans. "Growth inhibition of rats fed navy beans fractions". J. Agr. Fd. Chem. 13:450. 1965.
62. Kakade, M. L. and R. J. Evans. "Nutritive value of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). Brit. J. Nutr. 19:1269. 1965.
63. Kakade, M. L. and J. J. Evans. Quart. Bull. 46:87. 1963-64. Citado en: Legume Foods. In: "New Protein Foods", Vol 1A. "Technology". Ed. A.M. Altschul Acad. Press. N.Y. 1974. pp. 40-111.
64. Lepkovsky, S., E. Bingham and R. Pencharz. "The fate of the proteolytic enzymes from the pancreatic juice of chicks fed raw and heated soybean". Poultry Sci. 38: 1289. 1959.
65. Lewis, H. B., R. S. Fajans, M. B. Esterer, C. Shen and M. Oliphant. "The nutritive value of some legumes lathyrism in the rat. The sweet pea (*Lathyrus odoratus*), *lathyrus sativus*, *lathyrus cicera* and some other species of *Latyrus*". J. Nutr. 36:537. 1948.
66. Liener, E. E. Arch. Latinoamer. Nutr. 18:203. 1968.
67. Liener, I. E. "Toxic factors in edible legumes and their elimination". Amer. J. Clin. Nutr. 11:281. 1962.
68. Liener, I. E. "Soying, a toxic protein from the soybean. I. Inhibition of fat growth". J. Nutrit. 49:527, 1953.
69. Liener, I. E. and M. J. Pallansch. "Purification of a toxic substance from defatted soybean flour". J. Biol. Chem. 197:29. 1952.
70. Loomis, W. D. and J. Batta Phytochem. 5:423. 1966.



71. Luisada, A. "Favism: singular disease affecting chiefly red blood cells". Medicine, 20: 229. 1941.
72. Lyman, R. L. "The effect of raw soybean meal and trypsin inhibitor diets on the intestinal and pancreatic nitrogen in the rat". Ibid. 62:285. 1957. Citado en: Indian J. Med. Res 57:92. 1969.
73. Lyman, R. L. and S. Lepkovsky. "The effect of raw soybean meal and trypsin inhibitor diets on pancreatic enzyme secretion in the rat". J. Nutr. 62:269. 1957.
74. Moglymont, G.L. "Studies on nutrition of poultry. II. Toxicity of grain sorghum for chicks". Aust. Vet. J. 28:229. 1952. Citado en: J. Nutr. 100:509. 1970.
75. Mendel, L. B. "Vegetable agglutinins". J. Biol. Chem. 6:19. 1909.
76. Mueller, W. S. "The significance of tannic substances and theobromine in chocolate milk". J. Dietary Sci. 25:221. 1942.
77. Murray, H. C. "Vitamin content of field pea products: retention of thiamin and riboflavin in cooking". Fd. Res. 13:397. 1948.
78. Nagaranj, V. "Lathyrism". Indian J. Med. Res. 57:92. 1969.
79. Powres, W. D., M. W. Adams and I. J. Pflug. "Chemical, anatomical, and histochemical studies on the navy bean seed". Agron. J. 52:163., 1960.
80. Price, M. L., S. Van Scogoc y L. G. Buttle. "A critical evaluation of the vanillin reaction as assay for tannin in sorghum grain". J. Agric. Fd. Chem. 26(5): 1214. 1978.
81. Pusztai, A. "Trypsin inhibitors of plant origin, their chemistry and potential role in animal nutrition". Nutr. Abst. Rev. 37:1. 1967.
82. Rawson, R. W. and J. E. Rall. "The endocrinology of neoplastic disease". Recent program hormone Res. 11:273. 1955. Citado en: Indian J. Med. Res. 57:92. 1969.
83. Reddy, N. R. and M. D. Pierson. "Chemical, nutritional and physiological aspects of dry bean carbohydrates. A Review". Fd. Chem. 13(1): 26. 1984.
84. Schilling, E. D. and F. M. Strong. "Isolation, Structure, and Synthesis of a lathyrus factor from *L. odoratus*". J. Am. Chem. Soc. 76:2848. 1954.
85. Schneider, E. C. "The hemagglutinating and precipitating properties of the bean (*Phaseolus*). J. Biol. Chem. 11:47. 1911.
86. Seidl, D. M., Jaffé and W. G. Jaffé. "Digestibility and proteinase inhibitory action of a kidney bean globulin". J. Agr. Chem. 17: 1318. 1969.



87. Sharpless, G. R., I. Pearsons and G. S. Proto. "Production of goiter in rats with raw and heated soybean flour". J. Nutr. 17:545. 1939.
88. Siegel, A. and B. Fawcett. Food legume processing and utilization. IDRC, Ottawa, Canada, 1976.
89. Sign, S. "Distribution of Nutrients in the anatomical parts of common indian pulses" Cereal Chem. 45:13. 1968.
90. Singleton, V. L. and F. H. Kratzer. "Plant phenolics". In: National Academy of Sciences, Toxicants Occurring Naturally in Foods. Washington, D.C. 1973. pp. 327-339.
91. Singleton, V. L. and F. H. Kratzer. "Toxicity and related physiological activity of phenolic substances of plant origin". J. Agr. Fd. Chem. 17:497. 1969.
92. Steggerda, F. R. "Gastrointestinal gas following food consumption". Ann. N. Y. Acad. Sci. 150:57. 1968. Citado en: Food Chem. 13(1):26. 1984.
93. Strong, F. M. "Lathyrism and adoratism". Nutr. Rev. 14:65. 1956.
94. Tamir, M. and E. Alumot. "Inhibition of digestive enzymes by condensed tannins from green and ripe carobs". J. Sci. Food Agr. 20:199. 1969.
95. Tandon, O. B., R. Bressani, N. S. Scrimshaw and F. LeBeau. "Nutritive value of beans. Nutrients in Central American beans" J. Agr. Food Chem. 5:137. 1957.
96. United Nations University. Nutritional Evaluation of Protein Foods. Ed. by Peter L. Pellett and Vernon R. Young. The United Nations Univeristy, 1980. p. 97.
97. Vanburen, J. P. and W. B. Robinson. "Formatio of complexes between protein and tannic acid". J. Agr. Food Chem. 17:772. 1969.
98. Vanwyk, J. J., M. B. Arnold, J. Wynn and F. Pepper. "The effects of a soybean product on thyroid funtion in humans". Pediatrics. 24:752. 1959.
99. Verna, S.C., B. M. Lal and V. Parkash. "Changes in the chemical composition of the seed parts during ripenning of bengal gram (*Cicer arietinum* L. Seed". J. Sci. Food Agr. 15:25. 1964.
100. Vohra, P. F. H. Kratzer and M. A. Joslyn. "The growth depressing and toxic effects of tannins to chicks". Poultry Sci. 45:135. 1966.
101. Westfall, R. J. and S. M. Hauge. "The nutritive quality and the trypsin inhibitor content of soybean flour heated at various temperatures". J. Nutr. 35:352. 1952.



102. Winton, A. L. and K. B. Winton. "The structure and composition of foods". N.Y. John Wiley and Sons, Inc. 1935. p. 13.

103. Van Buren, J. P. and W. B. Robinson. "Formation of complexes between protein and tannic acid". J. Agr. Food Chem. 17:772-777. 1968.

104. ... ..

105. ... ..

106. ... ..

107. ... ..

108. ... ..

109. ... ..

110. ... ..

111. ... ..

112. ... ..

113. ... ..

114. ... ..

115. ... ..

116. ... ..

117. ... ..

118. ... ..

119. ... ..

120. ... ..

121. ... ..

122. ... ..

123. ... ..

124. ... ..

125. ... ..

126. ... ..

127. ... ..

128. ... ..

129. ... ..

130. ... ..

131. ... ..

132. ... ..

133. ... ..

134. ... ..

135. ... ..

136. ... ..

137. ... ..

138. ... ..

139. ... ..

140. ... ..

141. ... ..

142. ... ..

143. ... ..

144. ... ..

145. ... ..

146. ... ..

147. ... ..

148. ... ..

149. ... ..

150. ... ..

151. ... ..

152. ... ..

153. ... ..

154. ... ..

155. ... ..

156. ... ..

157. ... ..

158. ... ..

159. ... ..

160. ... ..

161. ... ..

162. ... ..

163. ... ..

164. ... ..

165. ... ..

166. ... ..

167. ... ..

168. ... ..

169. ... ..

170. ... ..

171. ... ..

172. ... ..

173. ... ..

174. ... ..

175. ... ..

176. ... ..

177. ... ..

178. ... ..

179. ... ..

180. ... ..

181. ... ..

182. ... ..

183. ... ..

184. ... ..

185. ... ..

186. ... ..

187. ... ..

188. ... ..

189. ... ..

190. ... ..

191. ... ..

192. ... ..

193. ... ..

194. ... ..

195. ... ..

196. ... ..

197. ... ..

198. ... ..

199. ... ..

200. ... ..



***APENDICES***







### CUADRO No. 1

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE CASCARA Y COTILEDON  
EN MUESTRAS DE FRIJOL CRUDO (*Phaseolus Vulgaris*)  
ROJO, NEGRO Y BLANCO

| FRIJOL | CASCARA | COTILEDON |
|--------|---------|-----------|
| Rojo   | 10.24   | 89.76     |
| Negro  | 10.16   | 89.84     |
| Blanco | 8.73    | 91.27     |

\* Promedios de dos determinaciones.

### CUADRO No. 2

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS  
(g/100 g de muestra) EN CASCARA Y COTILEDON DEL FRIJOL CRUDO  
(*Phaseolus Vulgaris*) ROJO, NEGRO Y BLANCO

| FRIJOL                       | CASCARA           | COTILEDON         | FRIJOL ENTERO CRUDO |
|------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| <b>A C I D O T A N I C O</b> |                   |                   |                     |
| Rojo                         | 1.99 <sup>d</sup> | 0.16 <sup>c</sup> | 0.26                |
| Negro                        | 0.98 <sup>b</sup> | 0.15 <sup>c</sup> | 0.20                |
| Blanco                       | 0.07 <sup>d</sup> | 0.01 <sup>e</sup> | 0.09                |
| <b>C A T E Q U I N A S</b>   |                   |                   |                     |
| Rojo                         | 23.34             | 1.85              | 4.08                |
| Negro                        | 6.87              | 1.85              | ---                 |
| Blanco                       | 1.87              | 1.66              | ---                 |

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadísticamente  
Significativas ( $p < 0.05$ )



### CUADRO No. 3

DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS  
(g/100 g de muestra) EN CASCARA Y COTILEDON DEL FRIJOL CRUDO  
(Phaseolus Vulgaris) ROJO, NEGRO Y BLANCO

| FRIJOL              | CASCARA           | COTILEDON         | TOTAL | ANALISIS<br>DIRECTO EN<br>GRANO<br>ENTERO | % DE<br>RECUPERACION |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------|---|----------------------|
| <b>ACIDO TANICO</b> |                   |                   |       |   |                      |
| Rojo                | 0.20 <sup>a</sup> | 0.14 <sup>c</sup> | 0.34  | 0.26                                      | 131                  |
| Negro               | 0.10 <sup>b</sup> | 0.13 <sup>c</sup> | 0.23  | 0.20                                      | 115                  |
| Blanco              | 0.06 <sup>d</sup> | 0.00 <sup>d</sup> | 0.06  | 0.09                                      | 67                   |
| <b>CATEQUINAS</b>   |                   |                   |       |   |                      |
| Rojo                | 2.39              | 1.66              | 4.05  | 4.08                                      | 99                   |
| Negro               | 0.69              | 1.66              | 2.35  | ---                                       | ---                  |
| Blanco              | 0.16              | 1.52              | 1.67  | ---                                       | ---                  |

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ )

### CUADRO No. 4

BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL (Phaseolus Vulgaris)  
ROJO, NEGRO Y BLANCO DESPUES DEL PROCESAMIENTO TERMICO  
A PRESION ATMOSFERICA. DATOS EN BASE SECA

| FRIJOL | GRANO COCIDO SECO |     |         |      |           |      |
|--------|-------------------|-----|---------|------|-----------|------|
|        | CALDO             |     | CASCARA |      | COTILEDON |      |
|        | g                 | %   | g       | %    | g         | %    |
| Rojo   | 0.70              | 5.9 | 1.4     | 11.8 | 9.8       | 82.3 |
| Negro  | 0.73              | 6.3 | 1.3     | 11.2 | 9.6       | 82.5 |
| Blanco | 0.31              | 2.7 | 1.2     | 10.4 | 10.0      | 86.9 |



### CUADRO No. 5

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS (g/100 g de muestra) EN MATERIALES DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO, NEGRO Y BLANCO COCIDO A PRESION TERMICA

| FRIJOL                       | CASCARA               | COTILEDON             | CALDO             |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>A C I D O T A N I C O</b> |                       |                       |                   |
| Rojo                         | 0.21 <sup>f</sup>     | 0.07 <sup>b,c</sup>   | 0.70 <sup>j</sup> |
| Negro                        | 0.19 <sup>e,f</sup>   | 0.06 <sup>a,b,c</sup> | 0.82 <sup>k</sup> |
| Blanco                       | 0.06 <sup>a,b,c</sup> | 0.02 <sup>a,b</sup>   | N.D               |
| <b>C A T E Q U I N A S</b>   |                       |                       |                   |
| Rojo                         | 0.76                  | 0.77                  | 13.54             |
| Negro                        | 0.76                  | 0.76                  | 8.94              |
| Blanco                       | 0.76                  | 0.77                  | 4.52              |

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadísticamente Significativas (p < 0.05)

### CUADRO No. 6

DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS (g/100 g de muestra) EN CASCARA, COTILEDON Y CALDO DE COCCION EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO, NEGRO Y BLANCO DESPUES DEL TRATAMIENTO TERMICO A PRESION ATMOSFERICA y % DE RECUPERACION

| FRIJOL                     | CASCARA | COTILEDON | CALDO | TOTAL | ANALISIS DIRECTO EN GRANO ENTERO | % DE RECUPERACION |
|----------------------------|---------|-----------|-------|-------|----------------------------------|-------------------|
| <b>T A N I N O S</b>       |         |           |       |       |                                  |                   |
| Rojo                       | 0.02    | 0.06      | 0.04  | 0.12  | 0.26                             | 46                |
| Negro                      | 0.02    | 0.05      | 0.05  | 0.12  | 0.20                             | 60                |
| Blanco                     | 0.00    | 0.02      | N.D   | ---   | ---                              | ---               |
| <b>C A T E Q U I N A S</b> |         |           |       |       |                                  |                   |
| Rojo                       | 0.09    | 0.63      | 0.80  | 1.52  | 4.05                             | 37                |
| Negro                      | 0.08    | 0.63      | 0.60  | 1.31  | 2.35                             | 56                |
| Blanco                     | 0.08    | 0.67      | 0.12  | 0.87  | 1.67                             | 52                |

N.D. No detectable



### CUADRO No. 7

BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*)  
ROJO, NEGRO Y BLANCO DESPUES DEL PROCESAMIENTO TERMICO  
A PRESION (121°C y 15 psi)

| FRIJOL | GRANO COCIDO SECO |     |         |      |           |      |
|--------|-------------------|-----|---------|------|-----------|------|
|        | CALDO             |     | CASCARA |      | COTILEDON |      |
|        | g                 | %   | g       | %    | g         | %    |
| Rojo   | 0.98              | 8.0 | 1.96    | 16.1 | 9.25      | 75.9 |
| Negro  | 0.92              | 7.7 | 1.75    | 14.7 | 9.25      | 77.6 |
| Blanco | N.D               | --  | N.D     | --   | N.D       | --   |

N.D. No determinado

### CUADRO No. 8

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO (g/100 g de muestra)  
EN MATERIALES DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO,  
NEGRO Y BLANCO COCIDO A ALTA PRESION (121°C)

| FRIJOL | CASCARA             | COTILEDON           | CALDO             |
|--------|---------------------|---------------------|-------------------|
| Rojo   | 0.29 <sup>h</sup>   | 0.15 <sup>d,e</sup> | 0.74 <sup>j</sup> |
| Negro  | 0.28 <sup>h</sup>   | 0.08 <sup>b,c</sup> | 0.48 <sup>i</sup> |
| Blanco | 0.07 <sup>b,c</sup> | 0.00 <sup>d</sup>   | N.D               |

N.D. No determinado

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadfisticamente  
Significativas (p< 0.05)



### CUADRO No. 9

**DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO (g/100 g de muestra)  
EN CASCARA, COTILEDON Y CALDO DE COCCION EN EL FRIJOL  
(Phaseolus Vulgaris) ROJO, NEGRO Y BLANCO DESPUES DEL PROCESAMIENTO  
TERMICO A ALTA PRESION (121°C) Y % DE RECUPERACION**

| FRIJOL | CASCARA | COTILEDON | CALDO | TOTAL | FRIJOL<br>CRUDO<br>ENTERO | % DE<br>RECUPERACION |
|--------|---------|-----------|-------|-------|---------------------------|----------------------|
| Rojo   | 0.05    | 0.11      | 0.06  | 0.22  | 0.26                      | 84.6                 |
| Negro  | 0.04    | 0.06      | 0.04  | 0.14  | 0.20                      | 70.0                 |
| Blanco | N.D.    | N.D.      | N.D.  | N.D.  | 0.09                      | ----                 |

N.D. = No determinado

### CUADRO No. 10

**BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL (Phaseolus Vulgaris) ROJO Y NEGRO,  
DESPUES DEL PROCESAMIENTO TERMICO SECO: TOSTACION, 200°C y 5 MINUTOS  
DE COCCION**

| FRIJOL | GRANOS TOSTADOS SECOS |      |           |      |
|--------|-----------------------|------|-----------|------|
|        | CASCARA               |      | COTILEDON |      |
|        | g                     | %    | g         | %    |
| Rojo   | 1.51                  | 11.4 | 12.11     | 88.6 |
| Negro  | 1.51                  | 11.9 | 11.87     | 88.1 |



### CUADRO No. 11

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO (g/100 g de muestra)  
EN MATERIALES DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO Y NEGRO COCINADO EN  
TOSTADOR: 200°C Y 5 MINUTOS DE COCCION

| FRIJOL | CASCARA           | COTILEDON               |
|--------|-------------------|-------------------------|
| Rojo   | 1.51 <sup>n</sup> | 0.05 <sup>a, b, c</sup> |
| Negro  | 1.17 <sup>n</sup> | 0.08 <sup>b, c</sup>    |

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadísticamente Significativas ( $p < 0.05$ )

### CUADRO No. 12

DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO (g/100 g de muestra)  
EN CASCARA Y COTILEDON DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO Y NEGRO  
DESPUES DEL PROCESAMIENTO SECO: TOSTADO Y % DE RECUPERACION

| FRIJOL | CASCARA | COTILEDON | TOTAL | FRIJOL CRUDO ENTERO * | % DE RECUPERACION |
|--------|---------|-----------|-------|-----------------------|-------------------|
| Rojo   | 0.17    | 0.04      | 0.21  | 0.26                  | 81                |
| Negro  | 0.14    | 0.07      | 0.21  | 0.20                  | 105               |

\* Valores obtenidos del análisis directo en los granos enteros crudos



**CUADRO No. 13**

**PORCENTAJES DE RECUPERACION DE TANINOS,  
POR PROCESOS, DE LOS FRIJOLES (*Phaseolus Vulgaris*)  
ROJO, NEGRO Y BLANCO**

| FRIJOL              | TIPO DE PROCESO |      |      |
|---------------------|-----------------|------|------|
|                     | P.A.            | A.P. | T.   |
| <b>ACIDO TANICO</b> |                 |      |      |
| Rojo                | 46.0            | 84.6 | 81   |
| Negro               | 60.0            | 70.6 | 105  |
| Blanco              | ---             | ---  | ---  |
| PROMEDIO            | 53.0            | 77.5 | 93.0 |
| <b>CATEQUINAS</b>   |                 |      |      |
| Rojo                | 37              | ---  | ---  |
| Negro               | 56              | ---  | ---  |
| Blanco              | 52              | ---  | ---  |
|                     | 48.3            | ---  | ---  |

PA. Presión atmosférica  
 AP. Alta presión (121°C)  
 T. Tostado



CUADRO No. 13

PORCENTAJES DE RECUPERACION DE TANNINOS  
POR PROCESOS DE LOS FRIJOL (Phaseolus vulgaris)  
ROJO, NEGRO Y BLANCO

**CUADRO No. 14**

**BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*) DE  
CASCARA ROJA, DESPUES DE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE REMOJO**

| TIEMPO<br>(HORAS) | DATOS EN BASE SECA |     |           |      |      |     |
|-------------------|--------------------|-----|-----------|------|------|-----|
|                   | CASCARA            |     | COTILEDON |      | AGUA |     |
|                   | g                  | %   | g         | %    | g    | %   |
| 0                 | 1.32               | 9.6 | 12.34     | 90.0 | 0.05 | 0.4 |
| 2                 | 1.20               | 9.6 | 11.20     | 90.0 | 0.05 | 0.4 |
| 4                 | 1.20               | 9.6 | 11.50     | 90.3 | 0.04 | 0.3 |
| 6                 | 1.20               | 9.5 | 11.40     | 90.2 | 0.04 | 0.3 |
| 8                 | 1.20               | 9.6 | 11.30     | 90.1 | 0.04 | 0.3 |



CUADRO No. 15

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y CATEQUINAS (g/100 g de muestra) EN MATERIALES DEL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO, DESPUES DE LOS DIFERENTES TIEMPOS DE REMOJO

| TIEMPO (HORAS) | CASCARA             | COTILEDON             | AGUA                |
|----------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
|                | ACIDO TANICO        |                       |                     |
|                | g                   | g                     | g                   |
| 0              | 1.63 <sup>l</sup>   | 0.15 <sup>a,b,c</sup> | ---                 |
| 2              | 1.69 <sup>l,m</sup> | 0.13 <sup>a,b,c</sup> | 0.82 <sup>d</sup>   |
| 4              | 1.46 <sup>k</sup>   | 0.22 <sup>c</sup>     | 0.88 <sup>d,h</sup> |
| 6              | 1.52 <sup>k</sup>   | 0.07 <sup>a</sup>     | 1.76 <sup>h</sup>   |
| 8              | 0.69 <sup>d</sup>   | 0.17 <sup>c</sup>     | 1.63 <sup>l</sup>   |
|                | CATEQUINAS          |                       |                     |
| 0              | 23.34               | 1.85                  | ---                 |
| 2              | 22.75               | 0.46                  | 17.1                |
| 4              | 10.50               | 0.48                  | 24.3                |
| 6              | 15.75               | 0.48                  | 27.0                |
| 8              | 11.24               | 0.50                  | 28.8                |

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadísticamente Significativas (p < 0.05)



**CUADRO No. 16**

**DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS (g/100 g de muestra) EN CASCARA, COTILEDON Y AGUA DE REMOJO EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO DESPUES DE DIFERENTES TIEMPOS DE REMOJO Y % DE RECUPERACION**

| TIEMPO (HORAS)      | CASCARA | COTILEDON | AGUA | TOTAL | FRIJOL CRUDO ENTERO* | % DE RECUPERACION |
|---------------------|---------|-----------|------|-------|----------------------|-------------------|
| <b>ACIDO TANICO</b> |         |           |      |       |                      |                   |
| 0                   | 0.16    | 0.13      | ---  | 0.29  | 0.26                 | 111               |
| 2                   | 0.16    | 0.11      | 0.0  | 0.27  | 0.26                 | 104               |
| 4                   | 0.14    | 0.20      | 0.0  | 0.34  | 0.26                 | 131               |
| 6                   | 0.14    | 0.06      | 0.0  | 0.20  | 0.26                 | 77                |
| 8                   | 0.07    | 0.15      | 0.0  | 0.22  | 0.26                 | 85                |
| PROMEDIO            |         |           |      |       |                      | 102               |
| <b>CATEQUINAS</b>   |         |           |      |       |                      |                   |
| 0                   | 2.24    | 1.66      | ---  | 3.90  | 4.05                 | 96.3              |
| 2                   | 2.18    | 0.41      | 0.07 | 2.66  | 4.05                 | 65.7              |
| 4                   | 1.01    | 0.43      | 0.07 | 1.51  | 4.05                 | 37.3              |
| 6                   | 1.50    | 0.43      | 0.08 | 2.01  | 4.05                 | 49.6              |
| 8                   | 1.08    | 0.45      | 0.09 | 1.62  | 4.05                 | 40.0              |
| PROMEDIO            |         |           |      |       |                      | 57.8              |

\* Análisis directo del frijol entero crudo



### CUADRO No. 17

BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL  
(Phaseolus Vulgaris) COLOR NEGRO, DESPUES DE  
DIFERENTES TIEMPOS DE REMOJO

| TIEMPO<br>(HORAS) | DATOS EN BASE SECA |     |           |      |      |     |
|-------------------|--------------------|-----|-----------|------|------|-----|
|                   | CASCARA            |     | COTILEDON |      | AGUA |     |
|                   | g                  | %   | g         | %    | g    | %   |
| 0                 | 1.32               | 9.9 | 11.99     | 89.7 | 0.05 | 0.4 |
| 2                 | 1.20               | 9.5 | 11.40     | 90.2 | 0.04 | 0.3 |
| 4                 | 1.20               | 9.3 | 11.60     | 90.3 | 0.04 | 0.3 |
| 6                 | 1.20               | 9.5 | 11.30     | 89.8 | 0.08 | 0.6 |
| 8                 | 1.10               | 8.8 | 11.30     | 90.5 | 0.08 | 0.6 |

### CUADRO No. 18

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO (g/100 g  
de muestra) EN CASCARA, COTILEDON Y AGUA DEL  
FRIJOL (Phaseolus Vulgaris) COLOR NEGRO, DESPUES  
DE DIFERENTES TIEMPOS DE REMOJO

| TIEMPO/H<br>ORAS | CASCARA           | COTILEDON               | AGUA                 |
|------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|
| 0                | 1.23 <sup>j</sup> | 0.13 <sup>a, b, c</sup> | ---                  |
| 2                | ---               | ---                     | 0.54 <sup>d</sup>    |
| 4                | 1.76 <sup>e</sup> | 0.12 <sup>a, b, c</sup> | 0.69 <sup>f</sup>    |
| 6                | 1.31 <sup>j</sup> | 0.17 <sup>b, c</sup>    | 1.06 <sup>i</sup>    |
| 8                | 1.31 <sup>j</sup> | 0.08 <sup>a, b, i</sup> | 1.06 <sup>h, i</sup> |

NOTA:

Letras distintas indican diferencias  
estadísticamente Significativas ( $p < 0.05$ )



### CUADRO No. 19

DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO (g/100g DE MUESTRA) EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) NEGRO, DESPUES DE DIFERENTES TIEMPOS DE REMOJO Y % DE RECUPERACION

| TIEMPO (HORAS) | CASCARA | COTILEDON | AGUA | TOTAL | FRIJOL CRUDO ENTERO* | % DE RECUPERACION |
|----------------|---------|-----------|------|-------|----------------------|-------------------|
| 0*             | 0.12    | 0.12      | ---  | 0.24  | 0.20                 | 120               |
| 2              | ---     | ---       | 0.00 | ---   | 0.20                 | ---               |
| 4              | 0.16    | 0.11      | 0.00 | 0.27  | 0.20                 | 135               |
| 6              | 0.12    | 0.15      | 0.01 | 0.28  | 0.20                 | 140               |
| 8              | 0.11    | 0.07      | 0.00 | 0.18  | 0.20                 | 90                |

NOTA: En el tiempo cero, los frijoles se remojaron durante 15 minutos.

### CUADRO No. 20

BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) COLOR ROJO, DESPUES DE DIFERENTES TIEMPOS DE COCCION A PRESION (15 psi, 121°C).

| TIEMPO/<br>Minutos | FRACCIONES SECAS |       |           |      |       |      |
|--------------------|------------------|-------|-----------|------|-------|------|
|                    | CASCARA          |       | COTILEDON |      | CALDO |      |
|                    | g                | %     | g         | %    | g     | %    |
| 15                 | 1.96             | 16.1  | 9.25      | 75.8 | 0.99  | 8.1  |
| 30                 | 1.95             | 15.5  | 9.80      | 78.1 | 0.79  | 6.3  |
| 45                 | 2.02             | 16.4  | 9.60      | 77.0 | 0.81  | 6.5  |
| 60                 | 2.20             | 17.7  | 9.00      | 72.5 | 1.21  | 9.7  |
| 90                 | 2.60             | 20.7' | 8.60      | 68.4 | 1.38  | 11.0 |



## CUADRO No. 21

**CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS(g/100 g de muestra) EN MATERIALES DEL FRIJOL (Phaseolus Vulgaris) COLOR ROJÓ, DESPUES DEL PROCESAMIENTO A DIFERENTE TIEMPO DE COCCION A ALTA PRESION (121<sup>0</sup>c)**

| TIEMPO/<br>MINUTOS  | CASCARA              | COTILEDON            | AGUA                 |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>ACIDO TANICO</b> |                      |                      |                      |
| 15                  | 0.28 <sup>d</sup>    | 0.08 <sup>g</sup>    | 0.74 <sup>i</sup>    |
| 30                  | 0.21 <sup>c</sup>    | 0.08 <sup>g</sup>    | 0.52 <sup>f</sup>    |
| 45                  | 0.14 <sup>b</sup>    | 0.10 <sup>g, b</sup> | 0.67 <sup>h</sup>    |
| 60                  | 0.11 <sup>a, b</sup> | 0.08 <sup>g</sup>    | 0.48 <sup>f</sup>    |
| 90                  | 0.10 <sup>a, b</sup> | 0.08 <sup>g</sup>    | 0.32 <sup>d, e</sup> |
| <b>CATEQUINAS</b>   |                      |                      |                      |
| 15                  | 1.60                 | 1.57                 | 2.64                 |
| 30                  | 1.60                 | 1.58                 | 1.81                 |
| 45                  | 1.60                 | 1.35                 | 1.30                 |
| 60                  | 1.33                 | 1.90                 | 2.08                 |
| 90                  | 1.30                 | 2.94                 | 2.30                 |

**NOTA:** Letras distintas indican diferencias estadísticamente Significativas ( $p < 0.05$ )



### CUADRO No. 22

**DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS (g/100 g de muestra) EN CASCARA, COTILEDON Y CALDO EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) ROJO DESPUES DE DIFERENTES TIEMPOS DE COCCION A PRESION (121°C Y 15 psi) Y % DE RECUPERACION**

| TIEMPO<br>(Minutos) | CASCARA | COTILEDON | CALDO | TOTAL | FRIJOL CRUDO<br>ENTERO* | % DE<br>RECUPERACION |
|---------------------|---------|-----------|-------|-------|-------------------------|----------------------|
| <b>ACIDO TANICO</b> |         |           |       |       |                         |                      |
| 15                  | 0.04    | 0.06      | 0.06  | 0.16  | 0.26                    | 61.5                 |
| 30                  | 0.03    | 0.06      | 0.03  | 0.12  | 0.26                    | 46.0                 |
| 45                  | 0.02    | 0.08      | 0.04  | 0.14  | 0.26                    | 54.0                 |
| 60                  | 0.02    | 0.06      | 0.05  | 0.13  | 0.26                    | 50.0                 |
| 90                  | 0.02    | 0.05      | 0.03  | 0.10  | 0.26                    | 38.5                 |
| <b>PROMEDIO</b>     |         |           |       |       |                         | 50.0                 |
| <b>CATEQUINAS</b>   |         |           |       |       |                         |                      |
| 15                  | 0.26    | 1.20      | 0.21  | 1.50  | 4.05                    | 41.3                 |
| 30                  | 0.25    | 1.23      | 0.11  | 1.59  | 4.05                    | 39.3                 |
| 45                  | 0.26    | 1.04      | 0.08  | 1.38  | 4.05                    | 34.1                 |
| 60                  | 0.23    | 1.37      | 0.20  | 1.80  | 4.05                    | 44.4                 |
| 90                  | 0.27    | 2.01      | 0.25  | 2.53  | 4.05                    | 62.5                 |
| <b>PROMEDIO</b>     |         |           |       |       |                         | 44.3                 |

\* Análisis directo en el grano de frijol entero crudo



### CUADRO No. 23

BALANCE DE MATERIALES EN EL FRIJOL  
(Phaseolus Vulgaris) NEGRO, DESPUES DE DIFERENTES  
TIEMPOS DE COCCION A PRESION  
(15 psi, 121°C).

| TIEMPO/<br>Minutos | FRACCIONES SECAS |      |           |      |       |      |
|--------------------|------------------|------|-----------|------|-------|------|
|                    | CASCARA          |      | COTILEDON |      | CALDO |      |
|                    | g                | %    | g         | %    | g     | %    |
| 15                 | 1.75             | 14.6 | 9.25      | 77.3 | 0.96  | 8.0  |
| 30                 | 1.75             | 15.4 | 8.90      | 78.2 | 0.73  | 6.4  |
| 45                 | 2.05             | 17.2 | 8.75      | 73.4 | 1.12  | 9.4  |
| 60                 | 2.10             | 17.7 | 8.55      | 72.0 | 1.24  | 10.4 |
| 90                 | 2.00             | 16.4 | 8.80      | 72.3 | 1.37  | 11.2 |

### CUADRO No. 24

CONTENIDO DE TANINOS COMO ACIDO TANICO g/100 g  
de muestra) EN MATERIALES DEL FRIJOL (Phaseolus  
Vulgaris) COLOR NEGRO, DESPUES DEL PROCESAMIENTO  
A DIFERENTE TIEMPO DE COCCION A ALTA PRESION  
(121°C)

| TIEMPO/<br>Minutos | CASCARA             | COTILEDON           | CALDO               |
|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 15                 | 0.15 <sup>d</sup>   | 0.07 <sup>d</sup>   | 0.48 <sup>f</sup>   |
| 30                 | 0.07 <sup>d</sup>   | 0.11 <sup>a,b</sup> | 0.60 <sup>d</sup>   |
| 45                 | 0.08 <sup>d</sup>   | 0.11 <sup>a,b</sup> | 0.66 <sup>h</sup>   |
| 60                 | 0.08 <sup>d</sup>   | 0.08 <sup>d</sup>   | 0.35 <sup>e</sup>   |
| 90                 | 0.10 <sup>d,b</sup> | 0.06 <sup>d</sup>   | 0.30 <sup>d,e</sup> |

NOTA: Letras distintas indican diferencias estadísticamente Significativas ( $p < .05$ )



**CUADRO No. 25**

**DISTRIBUCION DE TANINOS COMO ACIDO TANICO Y COMO CATEQUINAS (g/100 g de muestra) EN CASCARA, COTILEDON Y CALDO EN EL FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris*) NEGRO DESPUES DE DIFERENTES TIEMPOS DE COCCION A PRESION (121°C Y 15 psi) Y % DE RECUPERACION**

| TIEMPO          | CASCARA | COTILEDON | CALDO | TOTAL | FRIJOL CRUDO ENTERO* | % DE RECUPERACION |
|-----------------|---------|-----------|-------|-------|----------------------|-------------------|
| 15              | 0.02    | 0.05      | 0.04  | 0.11  | 0.20                 | 55.0              |
| 30              | 0.01    | 0.09      | 0.04  | 0.14  | 0.20                 | 70.0              |
| 45              | 0.01    | 0.08      | 0.06  | 0.15  | 0.20                 | 75.0              |
| 60              | 0.01    | 0.06      | 0.04  | 0.12  | 0.20                 | 55.0              |
| 90              | 0.02    | 0.04      | 0.03  | 0.09  | 0.20                 | 45.5              |
| <b>PROMEDIO</b> |         |           |       |       |                      | <b>60.0</b>       |

\* Análisis directo en el grano de frijol entero crudo



### CUADRO No. 26

RESULTADO DE TANINOS Y CATEQUINAS (g/100 g de muestra), DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (PER) EN FRIJOLES (*Phaseolus Vulgaris*) COLADOS Y FRITOS

| ANALISIS          | ROJO |      | BLANCO |      | NEGRO |      |
|-------------------|------|------|--------|------|-------|------|
|                   | C    | F    | C      | F    | C     | F    |
| <i>Taninos</i>    | 0.14 | 0.13 | 0.07   | 0.03 | 0.10  | 0.08 |
| <i>Catequinas</i> | 0.36 | 0.28 | 0.27   | 0.27 | 0.28  | 0.26 |
| <i>D (A) %</i>    | 49.0 | 35.0 | 65.4   | 56.5 | 51.0  | 41.5 |
| <i>D (V) %</i>    | 87.9 | 86.0 | 97.7   | 92.8 | 94.9  | 95.0 |
| <i>P.E.R</i>      | 0.42 | 0.36 | 0.47   | 0.51 | 0.32  | 0.27 |

- C* = *Frijol colado*
- F* = *Fritos colado y frito*
- D (A)* = *Digestibilidad aparente*
- D (V)* = *Digestibilidad verdadera*




CUADRO NO. 28

RESULTADO DE TANINOS Y CATEQUINAS (g/100 g de muestra), DIGESTIBILIDAD APARENTE Y VERDADERA E INDICE DE EFICIENCIA PROTEICA (I.P.E.) EN FRIJOLLES (Phaseolus vulgaris) COLADOS Y FRITOS

| ANALISIS   | ROJO |      | BLANCO |      | NEGRO |      |
|------------|------|------|--------|------|-------|------|
|            | C    | F    | C      | F    | C     | F    |
| Taninos    | 0.14 | 0.13 | 0.07   | 0.03 | 0.10  | 0.08 |
| Catequinas | 0.38 | 0.38 | 0.57   | 0.57 | 0.58  | 0.58 |
| D (A) %    | 48.0 | 38.0 | 55.8   | 55.8 | 51.0  | 41.8 |
| D (V) %    | 87.8 | 88.0 | 97.7   | 97.8 | 94.8  | 88.0 |
| I.P.E.     | 0.12 | 0.38 | 0.47   | 0.51 | 0.32  | 0.27 |

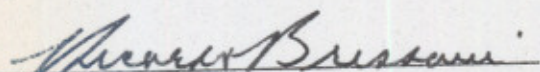
C = Frijol colado  
 F = Fritos colado y frito  
 D (A) = Digestibilidad aparente  
 D (V) = Digestibilidad verdadera



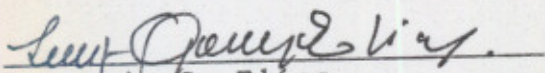


Licda. Clara Luz G. de Pereda

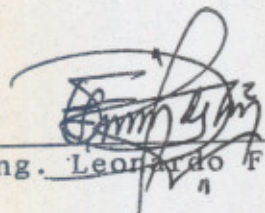
Vo.Bo. COMITE DE TESIS



Dr. Ricardo Bressani

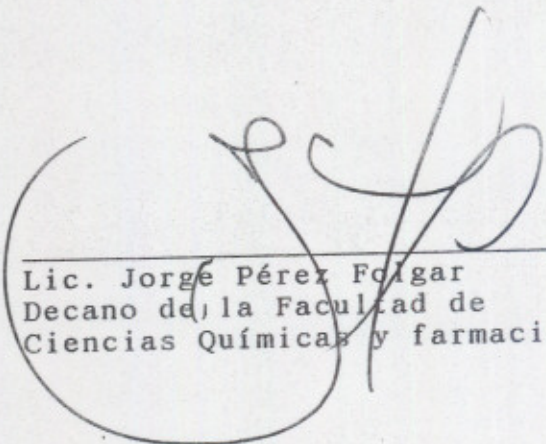


Dr. Luiz G. Elias



Ing. Leonardo F. De León

Imprímase:



Lic. Jorge Pérez Foigar  
Decano de la Facultad de  
Ciencias Químicas y farmacia

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



LICENCIADO EN CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIAS

VO. BO. COMITÉ DE TESIS

*[Signature]*  
Dr. Ricardo Bressani

*[Signature]*  
Dr. Luis B. Elias

*[Signature]*  
Ing. Leopoldo F. De León

*[Signature]*  
Impresor:  
Lic. Jorge Pérez Velasco  
Decano de la Facultad de  
Ciencias Químicas y Farmacias

MEMBRADO DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central