

308627



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

11
24

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Efecto de los Tratamientos Caseros de Preparación
de Frijol Pinto (*Phaseolus vulgaris* L.) Sobre el
Contenido de Taninos y Valor Nutritivo de las Proteínas.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
FRANCISCO MARTIN GOYCOOLEA VALENCIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

CENTRO DE INVESTIGACION EN ALIMENTACION Y DESARROLLO, A. C.
HERMOSILLO, SONORA

SUSTENTANTE:

FRANCISCO MARTIN GOYCOOLEA VALENCIA

ASESOR ACADEMICO U.L.S.A.:

Q. IRENE MONTALVO VELARDE

ASESOR EXTERNO DEL PROYECTO:

DR. MAURO E. VALENCIA JULLERAT

DEDICATORIAS

Esta tesis debe ser dedicada a varias personas,

- A ti mamá, con todo mi amor por haberme dado las alas y mostrarme que siempre hay un nuevo cielo por conquistar.
- Papá, por tu apoyo siempre presente y decisivo para lograr este reto y los que en el futuro vengan.
- A mis hermanos Laura Armida, Ileana y Luis Gerardo con todo mi cariño.
- A Mauro, Baty, Aimeé y Yazmín Valencia de todo corazón.
- A mis abuelas Armida y María Luisa, y a mis tíos.
- A Rosa Elena Aguilar por su apoyo y compañía durante mi carrera.
- A mis amigos de siempre por extenderme tantas veces su mano, en especial al Lic. de Icaza y al Ing. Ramos por su colaboración en este trabajo.
- A la Q. Irene Montalvo y al Dr. Inocencio Higuera por su confianza y amistad.

... Para ustedes todos que
han sido mi inspiración
para continuar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. todo el apoyo brindado para la elaboración de este proyecto, el cual hubiera sido imposible de realizar sin la valiosa ayuda de numerosos colegas de dicha institución. Muy especialmente al Dr. Mauro Valencia J. por su brillante dirección y por la oportunidad tan valiosa que tuve de trabajar a su lado. A la maestra Elvira González de Mejía, al Dr. Carlos E. Peña L. y directivos del CIAD, a la Universidad de Sonora especialmente al Dr. Jesús M. Barrón por su colaboración. Así mismo a: M.C. Reginaldo Báez, Q.B. Elsa Bringas, Q.B. Ana María y Q.B. Ana Lorenia Castillón, Q.B. Evangelina Morales, Q.B. Susana Grijelva, Q.B. María Luisa Valdez, Q.B. Emma Lorenia León, Lic. Socorro Tamayo, Q.B. Silvia Moya, Q.B. Ana Isabel Valenzuela, Q.B. Enrique Celada, M.C. Augusto Trujó, M.C. José L. Atondo, M.C. Martha Nidia Ballesteros y Lic. Carlos Fernández por su ayuda incondicional durante la fase experimental del proyecto. Así mismo doy las gracias a Silvia Sánchez, Fali Gil, Ing. Rafael Ramos, Lic. Mario de Icaza y Ing. Alfonso Aguilar por su tiempo durante la preparación de este manuscrito. Expreso también mi agradecimiento a la Q. Irene Montalvo V. por su asesoría y apoyo para la presentación de esta tesis, así como al Dr. Pedro Valle V. por sus sugerencias a la misma.

CONTENIDO

Pag.

INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	5
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	6
Leguminosas y Alimentación.....	6
Importancia.....	6
Producción.....	7
Preferencia.....	10
Procesamiento.....	13
Frijol Común (<i>Phaseolus Vulgaris</i> L.).....	14
Antecedentes.....	14
El cultivo de frijol en México.....	15
Estructura de la Semilla.....	16
Composición Química.....	18
Propiedades Nutricias de las Proteínas del <i>P. vulgaris</i> L....	20
Contenido de Aminoácidos.....	20
Biodisponibilidad.....	22
Métodos Biológicos para Evaluar Calidad de Proteína.....	24
Procesamiento Casero del Frijol.....	30
Factores Antifisiológicos Presentes. Efectos del Proceso	38
Compuestos Polifenólicos (Taninos).....	40
Generalidades.....	40
Clasificación.....	42
Interacción con Proteínas.....	44

Taninos de Frijol Común y su Estabilidad al Proceso.....	47
MATERIALES Y METODOS.....	53
Obtención de la muestra.....	53
Estudio de campo.....	53
Preparación de la Muestra.....	54
Análisis Químicos.....	56
Análisis de Taninos.....	57
Evaluación Biológica.....	58
RESULTADOS Y DISCUSION.....	61
Encuesta.....	61
Análisis Químico.....	66
Textura.....	66
Ramojo.....	69
Taninos.....	69
Otros Factores Antifisiológicos.....	74
Valor Nutritivo de Proteínas.....	74
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES.....	81
BIBLIOGRAFIA REVISADA.....	82
APENDICE I.....	90

INDICE DE CUADROS

Pag.

Cuadro 1. Leguminosas Comestibles que Comúnmente se Cultivan en el Mundo.....	8
Cuadro 2. Consumo de Leguminosas en Areas Urbanas y Rurales en los Países de Centroamérica.....	12
Cuadro 3. Contenido, Tipo, Composición, y Propiedades Nutritivas de las Proteínas de Frijol Común (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>).....	21
Cuadro 4. Contenido y Retención de Minerales y Vitaminas Antes y después del Cocinado en Variedades Comerciales de Frijol Común.....	34
Cuadro 5. Efecto del Proceso en la Calidad Biológica de la proteína de las Leguminosas.....	33
Cuadro 6. Efecto del Tratamiento Térmico sobre la Disponibilidad de Metionina y Lisina en Caují (<i>V. Unguiculata</i>).....	35
Cuadro 7. Partición de los Compuestos Polifenólicos del Frijol Después del Cocimiento.....	50
Cuadro 8. Composición de la Dieta Basal Usada en la Evaluación Biológica de la Proteína.....	60
Cuadro 9. Principales Métodos de Preparación Casera de Frijol Pinto en Hermosillo, Sonora.....	62
Cuadro 10. Distribución de Tratamientos de Preparación y de Consumo de Caldo por Sector Socioeconómico Según Encuesta.....	63
Cuadro 11. Composición Proximal de Harinas de Frijol Pinto Crudo y Procesado por Diversos Tratamientos Caseros.....	67
Cuadro 12. Efecto de los Diferentes Tratamientos Caseros de Preparación de Frijol Pinto sobre su Textura Después del Cocimiento.....	68
Cuadro 13. Distribución del Contenido de Taninos en Diferentes Estructuras y Tratamientos Caseros....	70
Cuadro 14. Razón de Eficiencia Proteínica (PER) y Digestibilidad Aparente de Proteína para Frijol Pinto Procesado por Diversos Tratamientos Caseros.....	75
Cuadro 15. Análisis de Varianza del PER en Frijol Pinto....	77

	Pag.
Figura 1. Producción de Leguminosas.....	9
Figura 2. Estructura de una Semilla Leguminosa.....	17
Figura 3. Estructuras y Reacciones de Algunos Taninos.....	43
Figura 4. Métodos Caseros en Hillo, Son.....	65

RESUMEN

Se establecieron los métodos de preparación de frijol pinto (Phaseolus vulgaris L.) mediante la aplicación de una encuesta a una muestra estadísticamente representativa de amas de casa de diferentes estratos socioeconómicos. Se detectaron los tratamientos de mayor aceptación, y se decidió hacer evaluación química y biológica de proteínas para conocer el efecto de los factores: tipo de olla, remojo previo y adición de caldo de cocimiento. La calidad de la proteína se evaluó mediante la determinación del índice de eficiencia proteica (PER) y de la digestibilidad aparente de proteína (DAP). El efecto de mayor significancia sobre el valor de PER fue el tipo de cocción ($p < 0.001$), seguido de la adición de caldo ($p < 0.05$). El remojo no fue significativo por sí mismo ni a través de sus interacciones en relación al PER. Para la olla abierta se encontró una correlación inversa entre PER y contenido de taninos ($r = -0.85$; $p < 0.05$). Los valores de PER y DAP más altos fueron para los tratamientos en olla abierta y sin caldo. Se pudo demostrar que el efecto detrimental del caldo sobre la calidad de la proteína de frijol cocido en olla abierta está asociado a la concentración de taninos residuales que migran durante el cocimiento desde la cáscara del grano hacia dicho caldo.

INTRODUCCION

Hoy en día la creciente demanda mundial de alimentos para nutrir a más de 5 mil millones de habitantes, conlleva a la búsqueda de fuentes de abastecimiento económicamente accesibles y que aseguren el futuro alimentario en los países del Tercer Mundo en donde, prevalece la deficiencia proteínico-energética. Lo anterior vuelve necesaria la implementación de programas agrícolas y de investigación que arrojen soluciones a estos problemas. En este contexto, las leguminosas representan una importante alternativa, sin embargo, la disponibilidad y el aprovechamiento masivo de estos cultivos en los últimos años ha disminuido [76].

En la actualidad se conocen alrededor de 13,000 especies de leguminosas de las cuales, 20 son de importancia económica [12]. El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es la leguminosa de mayor consumo en Latinoamérica, en donde además debido a diferencias geográficas, ecológicas y culturales se consume una amplia gama de variedades. En México, el frijol ha sido cultivado desde épocas prehistóricas [44], y actualmente se siembra en todo el territorio nacional [57]. En Sonora en 1986 la cosecha anual de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en las variedades: Canario 72, 78, y 100, Azufrado 100, Azufrado Pimono 78 y Pinto UI-111 y UI-114 fue de 14,000 hectáreas con un potencial productivo de 15,344 toneladas (1.096 ton/Ha de rendimiento promedio) de las cuales aproximadamente 6,000 correspondieron a la variedades Pinto [78]. Adicionalmente, a pesar de que a Sonora se le considera un estado productor de proteína animal, las canastas de consumo de sus

zonas rurales muestran al frijol como el segundo alimento mas importante [87].

El contenido de proteína cruda del frijol es relativamente elevado, varía según la variedad entre 22 y 32% [22]. Este alto contenido de proteína lo hace una atractiva fuente de este nutrimento. Además, son un importante complemento dietario debido a su alto contenido de lisina, que es limitante en las proteínas de los cereales [12]. Sin embargo, tanto las proteínas del frijol como las de otras leguminosas se consideran como de pobre calidad. Esto se atribuye, en primera instancia a la deficiencia de L-metionina que presenta su perfil de aminoácidos. Así mismo, se sabe que las proteínas de reserva del frijol presentan una estructura terciaria globular compacta y resistente a la proteólisis [56].

En este sentido, a pesar de que el tratamiento térmico favorece la desnaturalización de las proteínas y hace mas disponibles los aminoácidos presentes, cuando las condiciones de cocimiento incluyen tiempos prolongados o altas temperaturas, ocurren reacciones que disminuyen la digestibilidad de algunos aminoácidos indispensables. En forma análoga, se sabe que el frijol común y el resto de las leguminosas presentan en mayor o menor grado compuestos antifisiológicos, dentro de los cuales se encuentran aquellos que intervienen con la absorción de proteínas, los principales de ellos son las hemaglutininas, los inhibidores de tripsina y los taninos [25]. De éstos, los taninos han atraído especial atención principalmente debido a la actividad biológica termolabile que presentan.

La actividad de los taninos está basada en su estructura química, la cual es rica en grupos -OH que los convierte en compuestos altamente afines por las proteínas. Se unen a ellas para formar complejos no hidrolizables por las enzimas digestivas [3,25,34]. De aquí que la presencia de taninos en la dieta tenga un efecto detrimental sobre la disponibilidad y la eficiencia de los aminoácidos en el organismo, por tanto sobre la calidad nutricia de la proteína [13,47,51].

En el frijol común el total de los taninos se concentra en la cáscara, y la cantidad detectada de estos antinutrientes guarda relación con la coloración de la misma [5,23]. En esta leguminosa también se ha estudiado el efecto de los procesos de preparación sobre el destino que siguen los taninos [3,9] y actualmente se sabe que la mayor parte de estos compuestos se deposita en el caldo de cocimiento [5,14,51]. Esta situación cobra relevancia debido a que en Latinoamérica es una costumbre generalizada alimentar a los menores de edad con caldos de diversas clases incluido el de frijol [13]. La mayoría de la población ignora que este caldo causa una disminución en el valor nutritivo de la proteína y la información al respecto es escasa. De aquí la importancia de llevar a cabo un estudio de esta naturaleza, que además de arrojar nueva información, pueda contribuir a encontrar formas factibles de aprovechar mejor el potencial nutritivo del frijol común.

OBJETIVOS

General

Establecer comparaciones entre los principales tratamientos caseros de preparación de Phaseolus vulgaris, con atención a la calidad nutritiva de las proteínas, así como evaluar la cantidad de polifenoles (taninos) como posibles factores asociados a dicha calidad.

Particulares

Conocer los principales hábitos de consumo frijol pinto en una zona urbana representativa de la región del noroeste de la República mexicana haciendo énfasis al remojo, tipo de cocimiento, y a la ingesta de caldo.

Analizar el valor nutritivo de las proteínas provenientes de frijol común procesado por tratamientos caseros habituales.

Estudiar la presencia de factores antifisiológicos estables al tratamiento térmico (taninos) a lo largo de los procesos de cocción. Así como el impacto de dichos factores sobre el valor nutritivo de la proteína

REVISION BIBLIOGRAFICA

Leguminosas y Alimentación

Importancia

Durante la prehistoria, el hombre fue seleccionando sus alimentos de acuerdo a la seguridad que estos brindaban y a su necesidad instintiva de nutrimentos. El resultado de esta misma selección en la era neolítica, fue la incorporación de cereales y leguminosas en la alimentación en las diversas regiones del planeta [12]. La domesticación de las diferentes especies de dichos cultivos fue un factor fundamental en la transición de la vida nómada de caza y recolección, a la sedentaria ligada a la agricultura [5].

Después de los cereales las leguminosas constituyen la principal fuente de alimentos a nivel mundial. Ante la problemática alimentaria y la deficiencia crónica de proteína que existen en los países subdesarrollados, el incremento en el consumo de estos cultivos se presenta como la mejor alternativa por ser alimentos de bajo costo así como importantes aportadoras de proteína y energía. Sin embargo, su aprovechamiento se ha visto limitado en los últimos años. Esto se ha atribuido a fenómenos económicos originados en la década de los sesenta cuando se comenzaron a adoptar programas destinados a incrementar la producción agrícola mediante el desarrollo de variedades de cultivo capaces de producir mayores volúmenes por área cultivada. El más importante de ellos fue el Programa de Variedades de Alto Rendimiento (HYVP) que se originó en México y Filipinas en 1956,

mismo que se llamó Revolución Verde. El éxito de estos programas se ha visto limitado especialmente en los países del Tercer Mundo, en los que no se cuenta con la infraestructura tecnológica necesaria para sostener la variedad desarrollada [28].

La Revolución Verde ha traído incrementos en la producción de trigo, maíz y arroz, mas no así en la de leguminosas las cuales por el contrario han sido desplazadas en el mercado, y su disponibilidad también ha disminuido [76], de aquí la importancia de desarrollar nuevas variedades resistentes a pestes, enfermedades y a las sequías [64]. Hoy en día se conocen 13 000 especies de leguminosas las cuales sólo 20 tienen importancia económica (Cuadro 1).

Producción

Las leguminosas ocupan un importante lugar en la alimentación mundial, con una producción anual de 156 millones de toneladas. El rendimiento por hectárea es muy variable y menor que el de los cereales, según el tipo de leguminosa varía entre 200 y 1500 kg/Ha. En la última década los volúmenes de producción para cada género se han mantenido casi constantes [76], únicamente la producción de soya es la que se ha incrementado a mas del doble en este periodo y para el resto de las leguminosas, destinadas exclusivamente a la alimentación, la producción ha aumentado en muy pequeña proporción (11.3%). Esto coincide con los fenómenos económicos originados por la Revolución Verde.

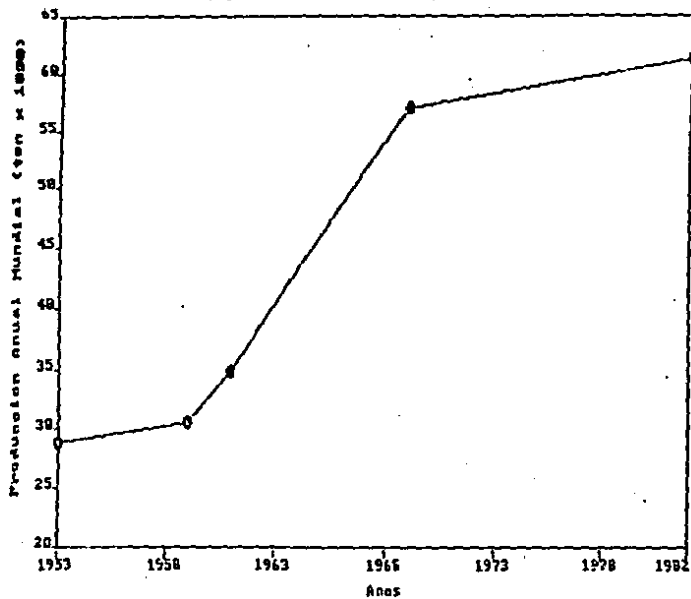
A excepción de la soya y el chícharo la producción del resto de las leguminosas se concentra en los países en desarrollo. En la Figura 1 es posible distinguir el bajo incremento que tuvo la

Cuadro 1.- Leguminosas Comestibles que Comúnmente se Cultivan en el Mundo.

Nombre Científico	Nombre Común
<u>Arachis hypogaea L.</u>	Cacahuete o mami
<u>Cajanus cajan (L.) Millsp.</u>	Guandil
<u>Cicer arietinum L.</u>	Garbanzo
<u>Glycine max (L.) Merr.</u>	Soya
<u>Labiab purpureus (L.)</u>	Frijol egipcio
<u>Lathyrus sativus L.</u>	Khesari
<u>Lathyrus culinaris Medik.</u>	Lenteja común
<u>Lupinus albus L.</u>	Altramuz blanco
<u>Lupinus angustifolius L.</u>	Altramuz azul
<u>Lupinus luteus L.</u>	Altramuz amarillo
<u>Macrotyloma uniflorum (Lamb.) Verdc.</u>	Kulthi
<u>Phaseolus lunatus</u>	Judía o alubia
<u>Phaseolus vulgaris L.</u>	Frijol común
<u>Pisum sativum L.</u>	Chicharo
<u>Psophocarpus tetragonolobus (L.) DC.</u>	Judía careta
<u>Vicia faba L.</u>	Haba
<u>Vigna aconitifolia (Jacq.) Marchal</u>	Frijol mariposa
<u>Vigna mungo (L.) Hepper</u>	Frijol mungo
<u>Vigna radiata (L.) Wilczek</u>	Frijol de oro
<u>Vigna umbellata (Thunb.) Ohwi y Ohashi</u>	Frijol mami
<u>Vigna unguiculata (L.) Walp.</u>	Caupi
<u>Voandzeia subterranea (L.) Thouars</u>	Grano de Barrilla

Fuente: Salunkhe et al. [63]

Figura 1. Produccion de Leguminosas



Fuente: FAO (28)

producción a nivel mundial en el periodo 1969 a 1982, mucho menor del que se presentó entre 1958 y 1969 [8,27]. Los principales países productores de leguminosas son China, India, U.R.S.S., E.U.A. y Brasil. De éstos China e India contribuyen con cerca del 50% de la producción. En Latinoamérica Brasil es el principal productor con 15,800,000 ton, México le sigue muy por abajo con 2,102,000 toneladas/año [27].

Por otra parte, las pérdidas de granos en los países subdesarrollados alcanzan altos niveles debido a deficiencias tecnológicas que prevalecen durante el manejo postcosecha principalmente durante el almacenamiento, transporte y procesamiento. Cifras conservadoras indican que por lo menos 107 millones de toneladas de alimento se perdieron en 1976, la cantidad de cereales y leguminosas desperdiciadas en ese año hubiese sido suficiente para suplir el requerimiento anual de calorías de 168 millones de personas [64].

Preferencia

La preferencia de un tipo de leguminosa sobre otra se relaciona a la disponibilidad que dicha leguminosa tiene en una región determinada [76]. De las leguminosas conocidas 10 son las que se consumen en gran escala a nivel mundial, en Latinoamérica a excepción de Uruguay y Argentina el frijol común (Phaseolus vulgaris L.) es la de mayor consumo en sus diferentes variedades [12,82]. En Asia, las de mayor demanda son garbanzo, guandúl, chícharo, lenteja y caupí [6], a diferencia de Africa, en donde el haba común tiene gran aceptación, a su vez la zona del

mediterráneo se distingue por su consumo principalmente de garbanzo, judía y lenteja.

Existen evidencias de que el consumo de leguminosas es mayor en los estratos de población de bajos recursos económicos. En general en las comunidades rurales se consume mayor cantidad de leguminosas que en las áreas urbanas. En el Cuadro 2 se presenta esta situación para los países de Centroamérica. México no se incluyó en el estudio que muestran los datos del cuadro, sin embargo, mediante encuestas tipo recordatorio de 24 horas se sabe que la ingesta per cápita es de 86 g diarios para zonas rurales del País [87], y en general para el total de la población se calcula un consumo diario promedio de 44 g per cápita [41], mismos que son comparables al de los países centroamericanos e incluso un poco mayor para el caso de las zonas rurales.

En cuanto al aporte de nutrimentos de las leguminosas el porcentaje de contribución de calorías y proteínas a la dieta de la población es, para el caso de las calorías de 9.41 y 7.25% para las zonas rural y urbana respectivamente. Por lo que se refiere a la proteína, los porcentajes de contribución siguen la misma tendencia con 20.45 y 14.2% respectivamente en áreas rurales y urbanas [6]. Adicionalmente se puede agregar que el consumo está influenciado por diversos factores como disponibilidad en el mercado, conveniencia de preparación, tiempo de cocción, ausencia de efectos adversos y aporte nutricional [12].

Cuadro 2.- Consumo de Leguminosas en Areas Urbanas y Rurales en los Países de Centroamérica.

País	Consumo per cápita (g/día)	
	Urbana	Rural
Guatemala	45	50
El Salvador	52	59
Honduras	47	41
Nicaragua	50	72
Costa Rica	48	57
Panamá	19	20
México	44	86

Fuente: Bressani y Elias [12]

Fuentes: Valencia et al. [86] e INEGI [41]

Procesamiento

Las leguminosas, igual que otros alimentos requieren ser procesadas para ser aceptables para consumo humano. Estos procesos tienen por objeto principalmente conferir suavidad y palatabilidad a la semilla y de esta forma hacerla comestible. Así mismo, al someterla a un tratamiento térmico tienen lugar numerosos mecanismos de inactivación de sustancias antifisiológicas que están presentes en forma natural en casi todos los vegetales, y que serían potencialmente tóxicas al ser humano si la semilla se consumiera en su estado crudo.

Al hablar de procesamiento de leguminosas se considera tanto a los tratamientos caseros como a las operaciones de preparación que se llavan a cabo a nivel industrial. A diferencia de éstos últimos que se han ido modificando según los avances de la tecnología, las prácticas de preparación caseras se han conservado a lo largo de los siglos y forman parte integral de la cultura de los pobladores de las diversas regiones del mundo [54].

Algunas de las operaciones de mayor difusión empleadas en el procesamiento de las leguminosas incluyen el descascarado, el molido, el tostado, el hinchado, la germinación y la fermentación de las leguminosas. Estas prácticas son de gran aceptación en los países de Africa, Asia y algunos de Latinoamérica [8,19]. Así mismo el remojo y el cocimiento en agua son dos prácticas muy comunes, ambas se tratarán a detalle posteriormente.

Frijol Común (Phaseolus vulgaris L.)

Antecedentes

El frijol común (Phaseolus vulgaris L.) ocupa un lugar muy importante en la dieta humana especialmente de los países Latinoamericanos. Se cultiva principalmente en áreas templadas y en regiones semitropicales del mundo. Dentro de la clasificación botánica pertenece a la familia leguminosa, subfamilia papilionoideas, tribu faseoleas, sub-tribu faseolinas y género phaseolus. En cuanto a su origen, existen evidencias de que la domesticación data de hace más de 6 milenios de acuerdo a los testimonios arqueológicos localizados en las regiones de Ocampo, Tamaulipas [43] y la cueva de Coxcatlán, Puebla, México [59]. Además mediante exploraciones botánicas se ha demostrado que aún existen variedades silvestres de Phaseolus vulgaris que crecen en los sitios de ruinas arqueológicas. Estos hechos indican que el frijol debe ser originario de alguna región localizada en el área occidental de México a 1200 metros sobre el nivel del mar [60].

El volumen de producción de esta leguminosa a nivel mundial en 1984 fue de 15,469 000 ton métricas. Los principales productores son India, Brasil, China, México, Estados Unidos y Burma [41]. Por lo que respecta a la variedad Pinto utilizada para el presente estudio, se sabe que tiene importancia económica principalmente en los Estados Unidos, sin embargo, también se siembra en el norte de México. De acuerdo a reportes censales que datan de principios de siglo, esta variedad de frijol comenzó a tener importancia comercial en el estado de Nuevo México (E.U.A.) en el año de 1900 [31].

La floración del frijol pinto ocurre a los 45 días y su ciclo vegetativo es de 90. Es tolerante al arrugamiento y su rendimiento promedio es de 1.2 ton/Ha [78,79]; sin embargo, cuando se optimizan las condiciones agronómicas de cultivo, el rendimiento potencial es de hasta 3 ton/Ha, la fecha recomendada para sembrar esta variedad de frijol en el Estado de Sonora es, para el ciclo Primavera-Verano, a más tardar el día 25 de Febrero y para el ciclo Otoño-Invierno el 25 de Agosto [33].

El Cultivo de Frijol en México

El frijol común ocupa el lugar más importante dentro de la producción de leguminosas en la República Mexicana. En 1983 México alcanzó autosuficiencia en frijol e incluso en 1984 se exportaron 140,000 toneladas de este grano. Sin embargo, en 1985 la producción decayó y fue necesaria la importación de 116,000 ton. En 1986 esta situación se agravó y la demanda aumentó en mayor proporción que la producción, en dicho año se produjeron 1,083,072 ton que fueron insuficientes para satisfacer una demanda de 1,372,000 ton por lo que fue necesario importar 200,549 ton del grano [41].

Las variedades de frijol que se cultivan en el país son numerosas y se han clasificado en 6 grupos de acuerdo a sus características físicas, éstos son: Blancos, Colores, Canario, Negro Tropical, Negro Arribeño y Bayo [67]. Se consideraron para ello parámetros como forma, tamaño, espesor y características de la hoja.

Para el Estado de Sonora la producción en 1986 fue de 12,649 ton cultivadas en 14 000 Ha. Del total de la producción en este

estado el 50% correspondió a la variedad Pinto UI-111 y Pinto UI-114 (6,305 ton), el resto de la producción estatal se distribuyó entre las variedades Canarias 72,78 y 100, Azufrado 100, y Azufrado Pimono 78 (78).

Estructura de la Semilla

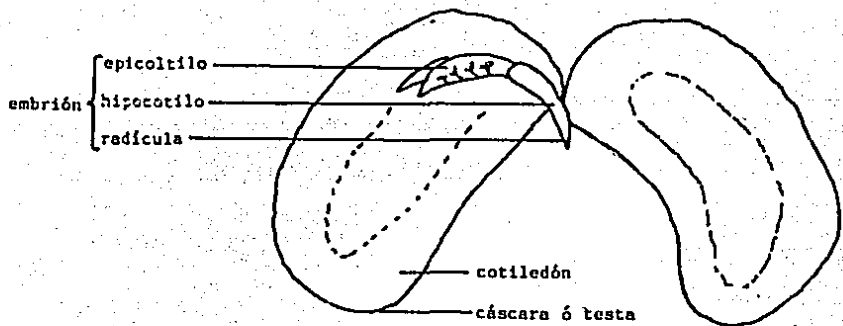
La estructura de la semilla de frijol es casi semejante a la del resto de las leguminosas, en la Figura 2 se esquematiza la anatomía interna y externa de un grano de frijol. Como se puede apreciar en el esquema la semilla posee varias estructuras mismas que a continuación se describen [24].

Testa. Es la capa mas externa de la semilla, también llamada cáscara, esta estructura es la responsable de conferir protección al grano. Está compuesta por una fina cutícula que yace sobre una capa de células de forma prismática y de gruesa pared celular llamadas células en empalizada. La testa representa el 7.7% del peso de la semilla. Así mismo, en ella se pueden distinguir otras tres estructuras anatómicas: el hilium, el micropilo y el rafé o torillo.

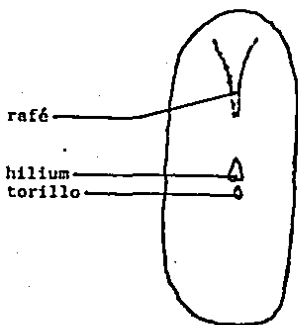
Hilium. Es una protuberancia larga y ovalada que se encuentra cerca de la mitad del perfil del frijol, su función principal es la de unir al grano a la parte interna de la vaina.

Micropilo. Es una pequeña abertura que se presenta en la testa de la semilla, sirve para permitir el paso del oxígeno a las estructuras internas del frijol.

Rafé. Se localiza a un lado del hilium en posición opuesta al micropilo, dicha estructura se origina en la base del tallo y durante la maduración se fusiona con la cáscara.



B



A

A: Vista frontal externa

B: Vista de los cotiledones abiertos

Figura 2. Estructura de una Semilla Leguminosa

Embrión. Está conformado por la radícula, el hipocotilo y el epicotilo. Dichas estructuras están protegidas únicamente por la cáscara y en total representan el 1.8% del peso del frijol.

Cotiledón. Es la estructura de reserva del grano. Está compuesto por células de parénquima en las que se almacenan principalmente carbohidratos y proteínas necesarios para el desarrollo del embrión y forman la mayor parte del grano al representar el 90.5% de su peso.

Composición Química

La constitución química de las diversas leguminosas varía de acuerdo a la diversidad de especies y variedades así como a la localización geográfica y las condiciones de cultivo de las mismas.

Proteína. Las proteínas del frijol se encuentran distribuidas en las diferentes estructuras de la semilla. La mayor parte de ellas se encuentran en los cotiledones (85.3%), el resto se distribuye en el embrión y en la testa, con 3.28 y 1.42% de proteína respectivamente. En general estas proteínas son de dos tipos: (1) Metabólicas, que son responsables de las funciones celulares y que incluyen enzimas y proteínas estructurales; y (2) Proteínas de almacenamiento, éstas representan el 70% del nitrógeno de la semilla y se localizan en las células del cotiledón formando cuerpos proteicos que miden de 5 a 8 [93].

Las proteínas del frijol se han fraccionado por métodos convencionales [56], y se han podido identificar como las principales a las globulinas G1 y G2, ambas forman el 38.5 y

13.8% del total de la proteína respectivamente, la albúmina comprende el 31.5%, y la glutelina que representa el 22.4% restante. La globulina G1 también llamada vicilina es la que representa la mayor parte de la proteína de almacenamiento y junto con la fitohemaglutinina asociada a la fracción G2, respectivamente constituyen el 50 y 10 % de las proteínas del cotiledón.

El porcentaje de proteína del frijol es variable, de acuerdo a la variedad y a la región se han encontrado diferencias significativas para dicho valor. En variedades mexicanas de frijol el intervalo de proteína informado es de 22.9 a 28.4% [87], mientras que en Norteamérica, este mismo intervalo fue de 17.8 a 26.4% [81].

Otros Constituyentes. El contenido de lípidos del frijol común es muy bajo comparado con el de otras leguminosas, con un contenido que fluctúa en el rango de 0.8 a 1.9% [67], dichos lípidos están constituidos principalmente por ácidos grasos insaturados (84.3%), y en menor proporción por ácidos grasos saturados (15.7%) [76]. Por lo que se refiere a cenizas, se sabe que éstas se constituyen principalmente por sales de fósforo, potasio, magnesio, calcio y otros elementos menores, el contenido varía entre 4 a 5.5%. Por lo que se refiere a la fibra, ésta se encuentra principalmente en la testa del frijol, representa del 5 al 7.0% de su composición química y está constituida principalmente por cadenas de hemicelulosa y pectina. Los carbohidratos son el componente más abundante en una proporción de 54.6 a 64% y están formados por mono- y oligosacáridos, almidón y otros polisacáridos [76].

Propiedades Nutricias de las Proteínas del Phaseolus vulgaris L.

En general las leguminosas contribuyen substancialmente al contenido de proteína de la dieta de una gran parte de la población, especialmente en Latinoamérica y en aquellas regiones donde el consumo de proteína animal es bajo debido su alto costo o a impedimentos de tipo cultural. Así mismo, la proteína de las leguminosas constituye un importante complemento dietario a la de los cereales [12].

Contenido de Aminoácidos.

Uno de los factores mas importantes relacionado a la calidad de una proteína es la composición de aminoácidos en comparación con los requerimientos de dichos aminoácidos por el organismo que la consume [45]. Las proteínas de las leguminosas se sabe perfectamente que presentan un perfil de aminoácidos desbalanceado en lo que se refiere a los de tipo sulfurados o azufrados. Así mismo, la calificación química (C.Q.) se define como la razón existente entre el contenido del aminoácido indispensable presente en menor cantidad en la proteína evaluada, dividido por el de la concentración de ese mismo aminoácido en una proteína considerada como ideal (usualmente huevo).

Para el caso de la proteína del frijol la calificación química indica que la metionina es el aminoácido limitante primario. En el Cuadro 3 se presentan los perfiles de aminoácidos de tres variedades de Phaseolus vulgaris, así como la calificación química de los aminoácidos azufrados. Aunados a estos resultados, aquellos provenientes de experimentos biológicos han demostrado que la suplementación con l-metionina

Cuadro 3.- Contenido, Tipo, Composición, y Propiedades Nutritivas de las Proteínas de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.).¹

	Cultivar			Patrón F A C 1973
	Gran Norteño	Pinto	Frijol Kidney	
Proteína (%)	26.64	27.93	29.90	---
Albúminas ²	15.59	12.00	16.76	---
Globulinas ²	59.06	56.80	59.81	---
Dig. de N	69.00	64.00	71.00	---
C. Q. ³	60.00	62.90	62.90	---
Isoleucina	39	43	44	40
Leucina	69	78	76	70
Lisina	63	64	53	55
Met + cis	21	22	22	35
Tir + phe	81	90	89	60
Treonina	35	34	52	40
Valina	50	47	50	51

¹El contenido de aminoácidos está dado como mg/g de proteína.

²% del total de las proteínas.

³C.Q. = Calificación Química para aminoácidos azufrados

Fuente: Puzstai et al. [73]

de la proteína del frijol conduce a incrementos significativos en los valores de relación de eficiencia de proteína (PER), utilización neta de proteína (NFU) y digestibilidad aparente de proteína (DAP) [81,73]. Marquez y Lajolo [56], estudiaron la composición de las fracciones protéicas del frijol común y encontraron que las albúminas y las glutelinas son relativamente buenas fuentes de aminoácidos azufrados, mientras que las globulinas G1 y G2 no lo son. En cuanto al contenido de lisina, el de las cuatro fracciones fue siempre elevado en relación con el del huevo empleado como patrón, de aquí que las leguminosas sirvan de complemento protéico a los cereales que son deficientes en lisina. En este sentido, los estudios de Yépez et al. [93], revelan que la calidad de una mezcla de frijol pinto-tortilla de trigo (58.8 : 41.2) en términos de valor relativo de proteína (RPV) es similar a la de una proteína de alta calidad (lactoalbúmina), empleada como control en el estudio, este hecho también ha sido demostrado en otras regiones del mundo y con otras mezclas de leguminosas y cereales [12].

Biodisponibilidad

La biodisponibilidad de una proteína, se refiere al grado en el que los aminoácidos presentes son transportados a través de la membrana intestinal y dentro del organismo [45]. Así mismo, necesariamente la biodisponibilidad de una proteína incluye a su digestibilidad, es decir, la facilidad de la cadena peptídica para sufrir una degradación por las enzimas hidrolíticas del tracto digestivo. El grado de digestión de la proteína está influenciado por diversos factores, entre otros la configuración

y la solubilidad son determinantes. En general las proteínas globulares tienden a ser altamente digestibles, sin embargo, las albúminas y globulinas se encuentran casi siempre asociadas a lípidos, metales, ácidos nucleicos o carbohidratos, por tanto su digestibilidad se ve afectada y no es tan alta como se esperaría, debido a la presencia de dichos factores. Otro aspecto importante que afecta la digestibilidad, son los factores antifisiológicos presentes [71].

Para el caso del frijol común, Sgarbieri et al. [82], informan que sobre todo la fracción protéica de albúmina, presenta una muy baja disponibilidad biológica de aminoácidos principalmente de metionina (29 - 41 %). La digestibilidad de la proteína del frijol común ha sido ampliamente estudiada. Al igual que la del resto de las leguminosas presenta valores bajos, para la semilla cruda la digestibilidad estuvo en un intervalo de 56 a 64% en diferentes cultivares de frijol, y para semillas cocidas 76 a 78 % [29]. Bressani et al. [9] emplearon seres humanos para evaluar la digestibilidad de algunas variedades Latinoamericanas de Phaseolus vulgaris, la conclusión que obtuvieron dichos autores fue que del contenido total de proteína por lo menos el 40% se desperdician en las heces este hecho deja demostrado que las proteínas del frijol se aprovechan pobremente por el ser humano.

Con el objeto de entender mas a fondo las causas responsables de lo mencionado anteriormente, Márquez y Lajolo [55] estudiaron la digestibilidad para las fracciones protéicas aisladas del frijol, mediante ensayos in vitro y diferentes proteasas se evaluó la formación de productos (aminoácidos libres) a lo largo

del tiempo. Para la digestión con tripsina se vio que las globulinas en su estado crudo fueron las que presentaron los valores mas bajos en relación a caseína, 12 y 35% para las fracciones G1 y G2 respectivamente; mientras que las albúminas, también crudas, presentaron valores mas altos, 81% del de caseína. Esta diferencia de digestibilidad la atribuyen los autores a la conformación estructural compacta de las globulinas que dificulta la acción de la enzima sobre la cadena peptídica. Los mismos hechos han sido confirmados en experimentos in vivo [53]. Se ha confirmado que ratas alimentadas con globulina G1 cruda tienden a perder peso en forma similar a la de ratas sometidas a una dieta libre de proteína. Con esto se explica en gran parte el hecho de que la proteína del frijol tenga una digestibilidad tan baja, simplemente al considerar que las globulinas representan poco mas del 50% de la proteína total de esta leguminosa.

Métodos Biológicos para Evaluar Calidad de Proteína

La calidad nutricional de una proteína está definida tanto por su digestibilidad como por la cantidad, disponibilidad y proporción de los aminoácidos indispensables presentes, así como por la presencia de cantidades suficientes de aminoácidos no indispensables. En este sentido, el objetivo de un bioensayo es evaluar la eficiencia en la utilización de proteínas dietarias como fuentes de aminoácidos indispensables para seres vivos. El bioensayo tiene dos posibles aplicaciones [49] :

- a) Evaluar las proteínas alimentarias de acuerdo a su eficiencia de utilización bajo condiciones específicas.
- b) Medir la eficiencia de utilización de proteínas como fuentes de nitrógeno y aminoácidos indispensables para reunir los requerimientos de estos nutrimentos por el organismo en estudio.

Existen diversos métodos para evaluar la calidad de la proteína, la mayoría se basa en los efectos producidos por dicha proteína sobre el organismo de acuerdo a varios criterios. Existen ensayos de niveles múltiples y de un sólo nivel según la información que se deriva de ellos. En general los ensayos se dividen en técnicas que dependen del crecimiento corporal de los animales y otras que dependen del balance de nitrógeno.

Entre los métodos basados en el cambio de peso corporal se encuentran:

Relación de Eficiencia de Proteína (PER). En 1919 Osborne et al. [58] idearon un método para predecir el valor nutritivo a base de cuantificar la relación entre la ganancia de peso corporal y la cantidad de proteína consumida. El índice obtenido de dicha relación se denominó relación de eficiencia protéica (PER del inglés "protein efficiency ratio"). En el estudio de estos pioneros de la nutrición se muestra que los valores de PER varían según el nivel de proteína en la dieta y recomiendan que cada proteína debe ser evaluada en su nivel óptimo, sin embargo, actualmente el método estandarizado y oficial propuesto por la AOAC [2] establece que la dieta debe contener 10% de proteína independientemente de la fuente estudiada. Este método es aplicable para evaluar fuentes de proteínas con un contenido de

nitrógeno mayor o igual a 1.8% para esta forma asegurar el 10% de proteína en la dieta. El PER se obtiene según la fórmula :

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganancia de peso (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}}$$

El valor de PER obtenido se ajusta de acuerdo al encontrado para caseína calidad ANRC (Animal National Research Council), considerando este último como 2.5, de esta forma es posible hacer comparaciones entre los resultados obtenidos por diferentes laboratorios.

A pesar de que el PER es el único método oficial para determinar calidad de proteínas, es necesario considerar que presenta limitantes serias, la principal es que no considera la proteína para mantenimiento corporal y asume que la totalidad de ésta se destina para el crecimiento lo cual es erróneo y significa que los valores obtenidos no son proporcionales, es decir, un valor de PER de 2 no es el doble de veces mayor que un valor de 1. Así mismo, el método se ve afectado por factores que influyen en la ingesta total de alimento, lo cual disminuye la capacidad para hacer discriminación entre proteínas de diferente calidad. Además el ensayo no es siempre reproducible a pesar de los esfuerzos que se han hecho para disminuir la variabilidad inter-laboratorios [77].

Relación Neta de Proteína (NPR). Es una modificación del PER propuesta por Bender y Doell [11], con la diferencia de que en el experimento se incluye un grupo de ratas bajo una dieta libre de nitrógeno y requiere únicamente de 10 días experimentales. El método se fundamenta en la suposición de que existe una relación

lineal para el incremento de peso del animal en función de la ingesta de nitrógeno, desde un punto de dosificación nula hasta donde el incremento de peso empieza a decaer.

El valor de NPR se obtiene de la relación :

$$\text{NPR} = \frac{\text{GP} + |\text{DLN}|}{\text{PC}}$$

Donde :

GP = Ganancia de peso (g)

DLN = Pérdida de peso del grupo libre de nitrógeno (g)

PC = Proteína consumida (g)

Las ventajas del NPR consisten en que es un bioensayo rápido y útil para evaluar la calidad de proteínas que no promueven el crecimiento y que por tanto no podrían analizarse por el PER. El NPR se puede calcular durante el período experimental del PER, únicamente incluyendo un grupo libre de nitrógeno y cuantificando peso corporal y proteína consumida a los 10 días del experimento. Por otra parte ha mostrado una alta correlación con métodos estimadores de retención de nitrógeno como el NPU.

Otros métodos utilizados para evaluar la calidad de las proteínas basados en el cambio de peso corporal es el RPV (valor relativo de proteína). Este método se ha visto que reduce mucho la variabilidad entre los resultados obtenidos por diferentes laboratorios.

En cuanto a los métodos más importantes basados en la retención de nitrógeno los más utilizados son el valor biológico de la proteína (BV), el valor de digestibilidad aparente de

proteína (DAP), el de digestibilidad verdadera (TD) y el de utilización neta de proteína (NPU)

Digestibilidad Aparente de Proteína (DAP). Es función de la retención de nitrógeno y se obtiene tradicionalmente de la relación entre el nitrógeno ingerido en la dieta y el excretado en las heces. Valencia et al., [86] informaron de un método para calcular la digestibilidad aparente de una proteína utilizando un marcador químico inerte (Cr_2O_3), el cual se adiciona en la dieta experimental con el objeto de evitar la colección total de heces, este marcador se incorpora en 0,2% en la formulación de la dieta. Para la determinación de la digestibilidad se aprovecha la última semana experimental del ensayo de PER y durante este periodo se colectan muestras de excretas fecales de cada dieta, posteriormente se determina cuantitativamente Cr_2O_3 tanto en la dieta como en las heces para lo cual se procede a realizar una digestión de la muestra en una mezcla altamente oxidante de HNO_3 y $HClO_4$ hasta obtener la oxidación total del cromo con correspondiente aparición de un color naranja característico el cual es cuantificable en un espectrofotómetro ($\lambda = 444 \text{ nm}$) y directamente proporcional a la concentración. Así mismo es necesario cuantificar nitrógeno total tanto en heces como en dietas por el método de macro-Kjeldhal AOAC [2], con estos datos es posible calcular la digestibilidad aparente de la dieta de acuerdo a la relación:

$$X \text{ DAP} = \left[\begin{array}{c} \frac{X \text{ Cr}_2 \text{ O}_3 \text{ D}}{\text{-----}} \\ \text{---} X \text{ Cr}_2 \text{ O}_3 \text{ H} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \frac{X \text{ PR H}}{\text{-----}} \\ \text{---} X \text{ PR D} \end{array} \right]$$

Donde:

D = Dieta experimental

H = Heces

PR = Proteína (I de nitrógeno x 6.25)

Estos son algunos de los bioensayos mas importantes que se emplean para conocer el valor nutritivo de una proteína. Es importante tomar en cuenta al seleccionar un método que cualquier ensayo biológico está sujeto a limitantes en cuanto a la información que de él se deriva, por tanto, es importante hacer las siguientes consideraciones antes de elegir un método:

1. Los resultados obtenidos dependen de los aminoácidos limitantes, de su disponibilidad y de su balance, así como de la presencia o de la ausencia de otros factores interferentes.
2. Se obtiene sólo un índice numérico para una variedad de funciones, una proteína puede ser de alta calidad para un propósito, y puede no serlo para otro.
3. El ensayo de laboratorio se lleva a cabo bajo condiciones experimentales controladas, que desde luego difieren de aquellas encontradas en condiciones no experimentales.
4. Los resultados son extrapolados de animales experimentales a humanos, esto conduce a una mala estimación del valor nutritivo, ya que las extrapolaciones no son siempre válidas debido a que los requerimientos de aminoácidos de los animales y el hombre son diferentes.
5. Los diferentes tipos de ensayos a menudo proporcionan valores distintos [70].

A pesar de las limitantes que se han citado anteriormente, es importante dejar bien claro que a la fecha, los métodos biológicos de evaluación de proteínas siguen siendo las herramientas más útiles para conocer y poder predecir el aprovechamiento de dichas proteínas por organismos vivos, así mismo las evaluaciones biológicas han sido muy utilizadas en la comparación de la calidad de diferentes fuentes de proteínas. En este sentido cabe añadir que el diseño experimental y por ende la bioestadística juegan un papel fundamental en la correcta interpretación de los resultados y en la calidad de la información que se obtiene.

Procesamiento Casero del Frijol

El frijol común al igual que otras leguminosas requiere de un proceso para ser aceptable a la preferencia humana, generalmente este proceso incluye un calentamiento utilizando agua como agente de transmisión de calor. Así mismo es frecuente que el frijol sea remojado antes de cocerse. A continuación se abordan algunos aspectos relacionados a estas dos prácticas.

Remojo. El remojo del frijol forma parte integral de su procesamiento, el objeto principal de esta operación es inducir la ganancia de agua por la semilla con el consecuente ablandamiento de la misma, para de esta forma facilitar los procesos posteriores de cocinado o fermentación. En Latinoamérica es una práctica común remojar el frijol durante toda la noche para al siguiente día cocerlo en agua a ebullición [13], el agua de remojo es removida o bien, se utiliza para el cocimiento. El tiempo que requiere este proceso es variable y depende del tipo

de leguminosa, por ejemplo para el frijol común puede ser de hasta 18 horas y en general para el resto de las leguminosas este tiempo varía de 12 a 24 horas. Sin embargo, existen varios métodos para acelerar el proceso, uno es incrementar la temperatura del medio de remojo [8], ya que generalmente se lleva a cabo en agua a temperatura ambiente (20 a 30°C). Otro método consiste en la adición de sales como el NaHCO₃, al agua de remojo [21,42], esto facilita la absorción de agua debido a cambios en la permeabilidad de la cáscara inducidos por un gradiente de cargas iónicas entre el interior de la semilla y el medio exterior. Los estudios de Barrón [8] a este respecto, muestran que existe un alto grado de correlación entre los parámetros tiempo de remojo y porcentaje de absorción de agua para frijol común variedad pinto. Este autor indica que los tiempos requeridos para alcanzar la máxima imbibición de agua por el grano fueron menores cuando se incrementó la temperatura del agua de remojo.

Durante el proceso de remojo tienen lugar una serie de fenómenos físicos de intercambio entre la semilla y el medio externo, que involucran principalmente a moléculas de bajo peso molecular, proteínas (hemaglutininas e inhibidores de tripsina) así como compuestos polifenólicos (taninos) [74,21]. En cuanto a los cambios que suceden en las microestructuras del grano, los estudios de Varrieno-Marston y Jackson [89] dan información valiosa para su elucidación, especialmente de los mecanismos de penetración de agua al interior del cotiledón. Estas autoras emplearon microscopía electrónica de barrido (SEM) y observaron que el agua ingresa a la semilla a través de una pequeña

abertura llamada hilum (ver Figura 2), para posteriormente ser transportada desde las células de parénquima que rodean a los cotiledones hacia las estructuras internas de éstos aparentemente en ausencia de un gradiente de concentración.

Cocimiento. El cocimiento en agua es probablemente el método más antiguo que se conoce para procesar las leguminosas, es necesario tanto para suavizar la cáscara como para desarrollar un perfil de textura y sabor aceptable en toda la semilla, además de que es un factor fundamental en la destrucción o inactivación de componentes tóxicos presentes en forma natural en todas las leguminosas.

El cocinado puede efectuarse en agua a ebullición (100 C:1 atm), o bien a alta presión (121 C:15 psi), en ambos casos con o sin la adición de condimentos [29]. El tiempo de cocción depende de la leguminosa, la variedad de la misma, la edad del grano, la historia de almacenamiento, así como de otros factores ligados a la calidad de la semilla. Especialmente, cuando las condiciones de almacenamiento son deficientes el grano desarrolla dos propiedades indeseables, una es el endurecimiento de cáscara y otra es el fenómeno de resistencia a la cocción, ambos defectos conducen a fuertes incrementos en el tiempo de cocción y por tanto a un mayor gasto de combustible [63].

Con la ayuda de estudios químicos, electroforéticos y de microscopía electrónica ha sido posible conocer los principales cambios que tienen lugar durante la cocción, algunos de ellos se citan a continuación [74] :

- Liberación parcial de magnesio al agua de cocimiento.
- Rápida gelatinización del almidón intracelular.

- Plastificación gradual o solubilización parcial de los componentes intermedios de la lamella y separación de células de frijol a lo largo de las capas de la pared celular sin ruptura de la célula.
- Desnaturalización lenta y progresiva de las proteínas.

Así mismo, durante el cocimiento la retención de vitaminas y minerales se ve afectada en diferente grado, el Cuadro 4 presenta esta situación para los principales minerales y vitaminas y los porcentajes en que se retienen cada uno de ellos después del cocimiento en agua a ebullición.

Para la mayoría de las leguminosas se sabe que el proceso de cocción induce una mejoría en el valor nutritivo [29], se ha visto que los valores de PER, DAP y NPU aumentan significativamente en comparación con la semilla cruda. El Cuadro 5 presenta los resultados de un estudio nutricional en el que se procesaron leguminosas por diferentes métodos para conocer los cambios en la calidad de sus proteínas. Se puede observar que aparentemente no existen diferencias de valor nutritivo entre las leguminosas cocidas en agua a ebullición y las cocinadas a presión, sino únicamente aquellas que fueron tostadas presentaron los valores de digestibilidad mas bajos y similares a los de la semilla cruda.

Recientemente se ha demostrado que el calentamiento de las diferentes fracciones de proteína del frijol, produce diferentes efectos sobre su digestibilidad [56]. Al calentar las globulinas G1 y G2 la digestión de sus aminoácidos alcanzó respectivamente valores de 56 y 82% en relación al de caseína, mientras que para las albúminas decayó a 5%. Esta situación se ha atribuido al

Cuadro 4.- Contenido y Retención de Minerales y Vitaminas Antes y Después del Cocinado en Variedades Comerciales de Frijol Común.

Compuesto	Cantidad Detectada (mg %) ¹		
	Antes de Cocer	Después de Cocer	Retención (%)
Tiamina	0.99	0.72	75.1
Riboflavina	0.20	0.15	75.9
Niacina	1.79	1.22	70.4
Vitamina B6	0.49	0.35	70.9
Folacina	0.30	0.22	70.4
Sodio	10.30	3.40	38.5
Zinc	3.20	3.00	94.0
Manganeso	1.40	1.50	100.0
Cobra	0.95	0.71	78.9
Hierro	5.84	5.84	100.0
Fósforo ²	0.46	0.43	94.9
Potasio ¹	1.54	1.29	81.6
Calcio ²	0.15	0.15	100.0
Magnesio ²	0.20	0.17	86.6

¹Valor medio en base seca

²P, K, Ca y Mg están dados en g % Fuente: Augustin et al.[4]

Cuadro 5.- Efecto del Proceso en la Calidad Biológica de la Proteína de las Leguminosas.^{1, 2}

Proceso	PER	† TD	NPU
Sin Procesar	1.48 ^a	64 ^a	46 ^a
Agua a ebullición	2.12 ^b	75 ^b	63 ^b
Agua (121 C; 15 psi)	2.13 ^b	74 ^b	60 ^b
Tostado (150 - 200 C)	1.52 ^a	68 ^a	53 ^a

¹Las muestras analizadas fueron: guandúl, frijol mungo, judía y garbanzo

²Las medias que aparecen seguidas bajo la misma literal no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Fuente: Geervani et al. [29]

desarrollo de impedimentos estéricos o a un bloqueo de aminoácidos en esta fracción proteica durante el proceso térmico. Actualmente se sabe que la globulina G1 es la proteína mejor digerible después de su desnaturalización, entre otras causas a esto se debe el incremento a la calidad de la proteína después del cocimiento, como ha sido demostrado experimentalmente. Los valores del PER para diferentes variedades de frijol común cocido estuvieron en un intervalo de 1.0 a 2.0 con un valor medio de 1.1, mientras que el frijol crudo tuvo un valor medio de PER del orden de 0.45 cuando no produjo muerte de las ratas debido a efectos tóxicos [85].

A pesar de las importantes mejoras producidas por el proceso de cocción, cuando éste se prolonga tienen lugar diversas reacciones químicas que conducen a un descenso en la calidad de la proteína. Dentro de las que se pueden mencionar las que se lleven a cabo entre aminoácidos con grupos amino reactivos y azúcares reductores presentes, así como aquellas que conducen a la destrucción de aminoácidos sensibles al procesamiento térmico. Así mismo, está comprobado que la cantidad de lisina disponible disminuye significativamente después del cocimiento prolongado y por tanto lleva a un detrimento en la calidad de la proteína. En el Cuadro 6 se presentan los contenidos de lisina y metionina bajo diferentes tiempos y condiciones de cocimiento, en ella es posible apreciar que tiempos prolongados de cocimiento producen un descenso en la cantidad de lisina disponible, así mismo se puede notar que el cocinado a presión tiene un efecto significativo sobre la disminución de la disponibilidad de este aminoácido, a diferencia del de metionina en el que no se

Cuadro 6.- Efecto del Tratamiento Térmico sobre la Disponibilidad de Metionina y Lisina en Caupi (V. unquiculata).¹

Tratamiento	Metionina Disponible (g/16 g N)	Lisina Disponible (g/16 g N)
Sin Procesar	1.4 ^a	5.3 ^a
Agua a presión:		
15 min	1.5 ^a	5.2 ^a
30 min	1.5 ^a	5.4 ^a
60 min	1.6 ^a	4.6 ^b
120 min	1.5 ^a	4.1 ^c
240 min	1.4 ^a	2.8 ^d
Remojo y a ebullición (25 a 35 min)	1.5 ^a	5.1 ^a
Remojo y a presión (15 min)	1.5 ^a	4.8 ^b

¹Los datos seguidos bajo la misma literal no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Fuente: Walker [90]

detectaron diferencias significativas en relación al tiempo ni al proceso utilizado, coincidiendo con otros estudios de la literatura [57].

A continuación se describe la importancia del tratamiento térmico sobre la inactivación de sustancias antinutrientes. Necesariamente este efecto va unido a la mejoría en el valor nutritivo de las proteínas, pero no por el efecto del calor sobre la proteína en sí, sino sobre las sustancias que tienden a disminuir el aprovechamiento de dichos nutrientes.

Factores Antifisiológicos Presentes. Efectos del Proceso.

En las leguminosas existen en mayor o menor proporción, ciertos compuestos que afectan la utilización de la proteína así como su digestibilidad. Así mismo se tiene pleno conocimiento de otros componentes que producen efectos adversos sobre organismos biológicos. Entre los primeros se incluye principalmente a las hemaglutininas o lectinas, inhibidores de proteasas principalmente tripsina, así como taninos y polifenoles asociados. Entre los segundos, que no intervienen directamente sobre la utilización de la proteína se han detectado glucósidos cianogénicos, polisacáridos flatulentos y alcaloides entre otros [74]. Dichos compuestos se han denominado factores antifisiológicos o antinutrientes y la concentración detectada de ellos en los diferentes géneros de leguminosas ha preocupado a los científicos en las últimas décadas. Actualmente existe gran información disponible a este respecto, así como sobre el papel que juegan en el aprovechamiento de los nutrientes presentes [1, 8, 13, 23, 69, 82].

Lectinas. Las hemaglutininas o lectinas son glucoproteínas con actividad biológica que tienen la capacidad de unirse a moléculas de azúcares de manera altamente específica [52]. En el frijol se ha demostrado que las fitohemaglutininas llegan a representar hasta el 10% de la proteína total del grano y su estructura es similar a la de la globulina G2, al igual que las otras proteínas se localizan en los cuerpos protéicos del cotiledón y forman parte de las proteínas de reserva.

El contenido de lectinas se ha comprobado que correlaciona significativamente con la depresión del crecimiento en ratas [73]. Pak et al. [69] estudiaron el efecto de diferentes tratamientos de preparación sobre el contenido de lectinas detectado en los granos cocidos, estos autores informan que la actividad hemaglutinante disminuye conforme aumenta el tiempo de cocimiento, 90 min en agua a ebullición bastaron para eliminar por completo dicha actividad. Así mismo cuando se dio un remojo a la semilla previo al cocimiento, después de 60 min el título de hemaglutinación fue mínimo, esto sirve para explicar las mejorías en valor nutritivo asociadas al proceso térmico. De hecho, el frijol y otras leguminosas en su estado crudo presentan una toxicidad potencial debida a la alta cantidad de lectinas, esto merece especial atención en la elaboración industrial de productos tipo harinas y purés obtenidos a partir de estos vegetales, ya que los tratamientos térmicos a veces no son suficientes para la destrucción total de la actividad aglutinante.

Inhibidores de Tripsina. El otro tipo de compuestos que merece importancia por su presencia en el frijol común es el

constituido por los inhibidores de proteasas, particularmente de tripsina, que se han asociado al pobre valor nutritivo de las leguminosas en su estado crudo. En frijol común se ha visto que la mayor parte de la actividad inhibitoria de tripsina (IT) se encuentra asociada a la fracción proteica de albúmina. En ensayos aislados se ha podido demostrar que aun después del cocimiento a ebullición por 1 h permanece parte de dicha actividad [56], aunque para estudios en semilla completa esta situación ha sido distinta ya que cortos periodos de cocimiento han sido suficientes para su destrucción [1,8]. Así mismo, se ha intentado relacionar esta actividad IT con la presencia de polifenoles localizados en la cáscara de la semilla y con la coloración de ésta [23], para semillas de cáscara blanca dicha actividad se presenta similar en los cotiledones y en la cáscara, a diferencia de las semillas de testa pigmentada en las que fue siempre mayor en las cáscaras, sin embargo, debe distinguirse entre los inhibidores de tripsina verdaderos y la actividad IT que presentan otros compuestos después del cocimiento, como es el caso de los taninos. El efecto de polifenoles (taninos) sobre el valor nutritivo será descrito en detalle a lo largo del siguiente tema, por ahora basta con mencionar que los taninos también son responsables por parte de la actividad IT.

Compuestos Polifenólicos (Taninos)

Generalidades

Existe otro grupo de sustancias nocivas desde el punto de vista nutricional que ha atraído el interés de varios grupos de investigación en todo el mundo durante los últimos años

(5,14,21,23,25,32,62,71,83), en este tema se tratarán los aspectos mas importantes referentes a su naturaleza y a la importancia que tiene su presencia en fuentes de proteina vegetal para consumo humano, particularmente en frijol común.

Los taninos son sustancias de origen vegetal que se encuentran distribuidas ampliamente en la naturaleza, forman el grupo mas importante de los metabolitos secundarios involucrados en la defensa de la planta [36]. Su descubrimiento data del siglo XVII en el que se utilizaban para curtir las pieles, posteriormente se pudo comprender que esta propiedad "milagrosa", estaba dada por la capacidad que tienen dichas sustancias para unirse a las proteínas y por tanto para entrecruzar las cadenas de colágeno del cuero, para de esta forma conferirle protección contra el ataque microbiano, el agua y la abrasión [37].

Inicialmente se definió a los taninos como compuestos solubles en agua, de peso molecular entre 300 y 3,000, con la propiedad de precipitar alcaloides, gelatina y otras proteínas [10]. Recientemente se ha añadido a la definición la premisa de que además deben contener un número suficiente de grupos fenólicos hidoxilo (1 a 2 por 100 unidades de peso molecular) que los hagan capaces de formar enlaces cruzados con las proteínas y otras moléculas afines [5], así mismo, se sabe que existen polifenoles que alcanzan pesos moleculares de hasta 13,000 [47].

Frecuentemente la presencia de taninos en los alimentos es la que determina el sabor, principalmente la astringencia, como en el caso de frutas, café, te, vino y cerveza [36]. Sin embargo, también la presencia de taninos en alimentos repercute en la

utilización de la proteína [84] como será explicado posteriormente.

Clasificación

De acuerdo a su estructura y propiedades fisico-químicas los taninos se han dividido en dos grupos distintivos: el de los taninos hidrolizables y el de los taninos condensados [37]. A continuación se presentan algunas de las características distintivas de cada uno de estos grupos.

Taninos Hidrolizables. Como su nombre lo indica este tipo de compuestos son capaces de sufrir una degradación cuando son tratados en medio ácido, alcalino o por enzimas (tanasas). Como productos de la hidrólisis se genera una molécula de azúcar (usualmente glucosa) por 7 o mas moléculas de ácido fenólico. El ácido tánico (I, Fig. 3) es el mas común de los taninos hidrolizables, al hidrolizarse produce glucosa y ácido gálico (II). Otro compuesto típico producto de la hidrólisis de un tanino de este tipo es el ácido elálgico (III). Debido a la escasa distribución de este grupo de taninos en la familia de las leguminosas no se hará mayor énfasis en ellos, a excepción de mencionar que al igual que el otro tipo de taninos, el de los condensados, tienen la capacidad de precipitar a las proteínas.

Taninos Condensados (Procianidinas). El segundo grupo en que se han dividido los taninos es el de los taninos condensados. Reciben este nombre el grupo de substancias poliméricas formadas por unidades monómeras de moléculas de flavan 3-ol (IV) [15], se denominan proantocianidinas debido a su propensión para despolimerizarse en medio ácido para producir pigmentos

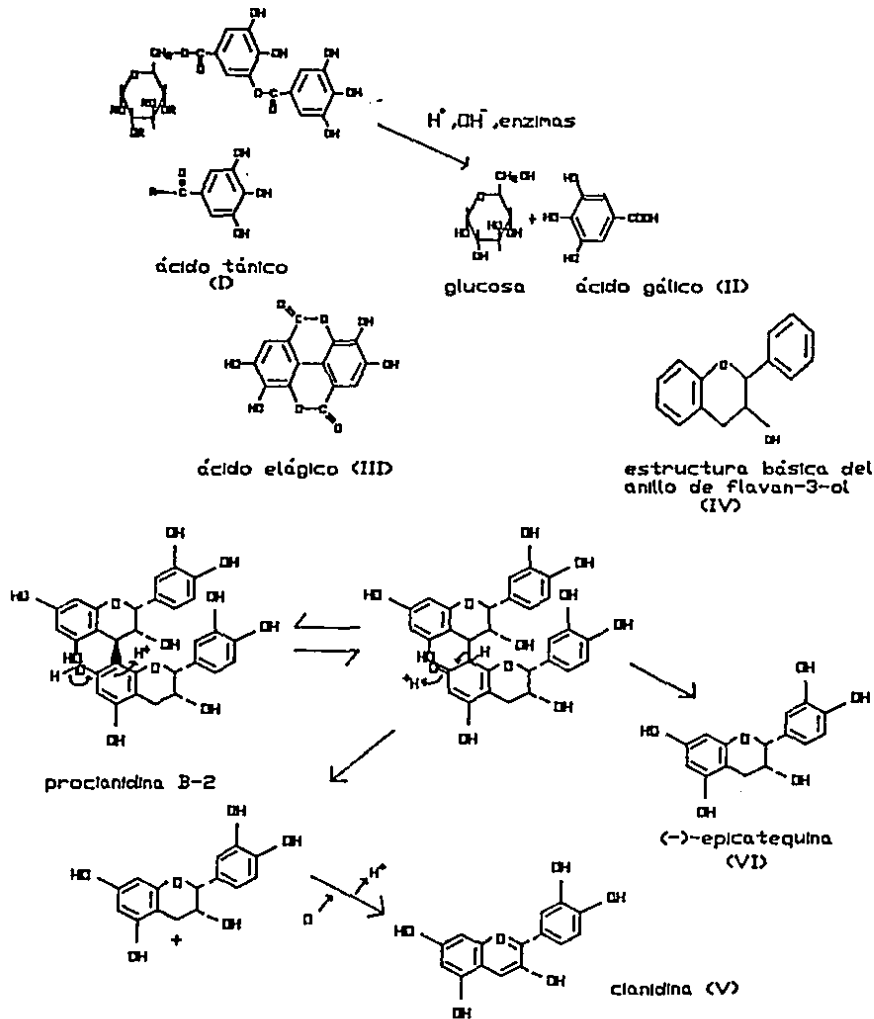


Figura 3. Estructuras y Reacciones de Algunos Taninos

antocianidínicos como la cianidina (V). Desde el punto de vista químico los taninos condensados resultan de la condensación de dos o más moléculas de catequina o de epicatequina (VI), que son las dos principales estructuras monómeras de los taninos de esta clase, entre ambas únicamente difiere la posición en el espacio del grupo -OH en la posición 3 del heterociclo. A diferencia de los taninos hidrolizables, los condensados son resistentes a la degradación enzimática. En la Figura 3 se esquematiza la reacción de hidrólisis de la procianidina B-2 y los productos formados.

La presencia de taninos condensados en leguminosas está claramente evidenciada, este tipo de compuestos se sabe que se encuentran en la judía careta, el haba, chicharo, frijol de oro, caupí, guandú, soya, garbanzo, frijol mungo, frijol común y muchas más (para el uso de nombres científicos recúrrase al Cuadro 1) [15,48,55,58,84].

Interacción con Proteínas

Los taninos se caracterizan por su habilidad para interaccionar y precipitar a las proteínas. Esta propiedad es la responsable de la astringencia que presentan un gran número de materiales vegetales, así como del detrimento en la calidad de la proteína de los alimentos que los contienen. Los taninos son afines a las proteínas y se unen a ellas por mecanismos diversos [3,17,66], entre los que se han propuesto se incluyen :

- Formación de puentes de hidrógeno,
- Interacciones hidrofóbicas y,
- Formación de enlaces covalentes.

En el frijol común existen cantidades importantes de taninos condensados que se han aislado y purificado para su estudio. Al reaccionar taninos condensados de frijol con la fracción protéica de globulina G1 en una relación similar a la encontrada en la naturaleza (1:25), se pudo comprobar que la precipitación de la proteína no variaba en un rango de pH de 4 a 8 [5], de esta forma se trató de demostrar que la formación del complejo proteína involucra principalmente a interacciones hidrofóbicas mas que a puentes de hidrógeno. Paralelo a esto, Oh et al., [63] proponen que la interacción hidrofóbica es la principal forma de enlazamiento entre taninos condensados y proteínas, sin embargo, otros autores sugieren que este proceso es altamente cooperativo y está regido por interacciones múltiples entre las moléculas. Asquith et al. [3] aplicaron técnicas de radioinmunoensayo para estudiar interacciones entre taninos y proteínas, sus estudios y otros mas [17,36] revelan que tanto la proteína como el tanino presentan alta especificidad para su enlazamiento y que los complejos formados deben analizarse por separado.

En cuanto a la proteína, las características que maximizan la oportunidad para que se verifique su unión a la molécula de tanino, se sabe que fundamentalmente la presencia del aminoácido prolina es determinante para su afinidad debido a que tiene un efecto en la desestabilización de la α - hélice. También se requiere que la estructura de la proteína sea abierta, y que tanto los grupos carbonilo como amino estén disponibles. Hagerman y Butler [17] sugieren que proteínas con estructuras globulares compactas como la ribonucleasa A, citocromo C, lisozima y mioglobina presentan baja afinidad por el tanino, a diferencia de

albúmina, histona F1 o caseína que presentan una estructura mas suelta y ofrecen un mejor acceso del tanino a la cadena peptídica.

Aspectos nutricios. El significado nutricional de la formación del complejo proteína-tanino ha sido motivo de amplia investigación, especialmente en cereales (sorgo) y leguminosas (frijol común, caupí, frijol mungo, soya, judía carota) como fuentes de proteína dietaria tanto para alimentos balanceados como para consumo humano [13,14,21,23,25,32,38,47,51,62,71]. Estos reportes y otros mas han demostrado que los compuestos polifenólicos disminuyen la calidad de las proteínas al unirse a ellas directamente o al accionar con las enzimas digestivas necesarias para la proteólisis con la consecuente disminución de la absorción de aminoácidos en el tracto digestivo. A este respecto Glick y Joslyn [30] observaron una caída en la retención de nitrógeno de ratas alimentadas con 2% de ácido tánico y de tanino condensado, así como una depresión significativa sobre el crecimiento de los animales.

La adición directa de taninos a la dieta disminuye la digestibilidad de la proteína al indisponer la de los aminoácidos individualmente, este hecho es muy marcado en el caso de prolina por su alta afinidad, también está comprobado que la ingestión de altas concentraciones de taninos produce lesiones en el tracto digestivo de la rata como gastroenteritis y congestión de la pared intestinal. Así mismo, cuando la cantidad de taninos ingeridos es comprable a la que contienen las leguminosas, los efectos adversos aunque son mas leves persisten. De hecho se sabe que existe un efecto sobre la actividad enzimática de las células

de la mucosa intestinal específicamente a nivel mitocondrial [81]. A este respecto Lacombe et al. [50] estudiaron a detalle el efecto de la adición de ácido tánico y taninos condensados en la dieta, sobre la actividad de las ATP-ases del enterocito y reportan que efectivamente existe inhibición de tipo no competitiva sobre las enzimas de la mitocondria. Estos autores también encontraron que la presencia de taninos en el tracto gastrointestinal conduce a un aumento en la secreción de mucosa, lo cual se pudo interpretar como un efecto de protección directa sobre el borde de cepillo del enterocito o bien debido a la indisposición del tanino por la formación de complejos mucinatanino.

En otro tipo de estudios se ha investigado el efecto de la adición de agentes afines por moléculas tánicas como la polivinilpirrolidona (PVP) y polietilenglicol (PEG), sobre la capacidad del tanino para unirse a la proteína [38]. Se ha demostrado que en presencia de PVP o PEG la digestibilidad de la dieta se incrementa aproximadamente en un 4% aun en presencia de cantidades elevadas de taninos [7,32,51].

Taninos de Frijol Común y su Estabilidad al Proceso

En frijol común (Phaseolus vulgaris L.) la presencia de taninos ha sido estudiada [5,13,14,23,32,71] así como su efecto sobre el valor nutritivo. En la sección anterior se han tratado aspectos relevantes relacionados al tema, sin embargo, ahora se enfatizará en la situación para dicha leguminosa.

Los esfuerzos de investigación en Latinoamérica, Africa e India dirigidos hacia el mejor aprovechamiento de las leguminosas, como fuente de proteína vegetal han sido grandes. En Guatemala, un reconocido grupo de investigadores centró sus intereses a lo largo de la década pasada al estudio del papel de los polifenoles sobre el valor nutritivo del frijol, algunos de sus descubrimientos se expondrán a continuación.

La cantidad de taninos condensados en Phaseolus vulgaris varía según el cultivar estudiado, la variedad Pinto se sitúa entre las altas en contenido de taninos comparada con otras (26,5 mg eq. catequina/g) [55,71]. Así mismo, se ha encontrado que la localización de los taninos en el frijol se concentra principalmente en la testa. En este sentido, Desphande et al. [20] estudiaron el efecto del descascarado (previo remojo) y observaron que la eliminación de la cáscara disminuía el contenido total de taninos del grano en un 95%. En este estudio también se comprobó que la digestibilidad de la proteína de las semillas sin cáscara era mayor que la de las semillas completas, especialmente en aquellas variedades ricas en taninos, esto coincide con otros estudios encontrados en la literatura [23,71].

En cuanto al remojo es un factor importante asociado a la eliminación de polifenoles y otros antinutrientes [5,13,36], así mismo otros autores que han trabajado con leguminosas consumidas en Egipto reportan que esta operación trae consigo mejoras importantes en los valores de PER y NPR obtenidos para caupí y garbanzo. Desphande et al. [36] determinaron que el remojo del frijol común en agua destilada y en una solución de NaHCO al 2% (p/v) tuvo un efecto sobre la eliminación de taninos de la

semilla. Doce horas de remojo en agua destilada causaron la eliminación del 64% del contenido original y de 91% cuando se remojó en solución salina durante el mismo tiempo. En contraste existen estudios cuyas evidencias [5] intentan demostrar que durante el remojo lo que sucede es que, los polifenoles por ser moléculas de naturaleza hidrosoluble tienden a migrar al interior de los cotiledones por un proceso de difusión, para ahí reaccionar con las proteínas durante el cocimiento, se ha encontrado que el PER y la DAP de cotiledones de frijol remojados fue menor que la de aquellos no remojados y que esta situación sólo se presenta en variedades de frijol ricas en taninos. A pesar de que la validez de este estudio es contradictorio a los anteriormente citados, que recomiendan el remojo como una operación favorable al valor nutritivo [13].

El Caldo de Cocimiento. Se sabe actualmente que los polifenoles son compuestos que presentan actividad termoestable [71], y aunque el contenido de taninos cuantificados disminuye después de la cocción de un 30 a 40% , gran parte de ellos pasan al caldo de cocimiento [13,23]. Esto significa que no siempre son eliminados de la dieta, además está comprobado que la cantidad de tanino capaz de extraerse se ve disminuida cuando existe interacción con proteínas por tanto no pueden ser analizados por los métodos convencionales y las apreciaciones pueden ser erróneas [17,72]. Es importante hacer referencia a los estudios que conciernen al destino de los polifenoles a lo largo del cocimiento. En el Cuadro 7 se presentan los resultados de un sondeo acerca de la distribución de taninos de algunas variedades de frijol. Estos datos revelan que de el total de los polifenoles

Cuadro 7.- Partición de los Compuestos Polifenólicos del Frijol Después del Cocimiento.

Muestra	Color del Frijol		
	Negro (g de ácido tánico/500 g)	Blanco	Rojo
Frijol crudo	4.50	1.80	7.35
Frijol Cocido	2.72	1.20	2.75
Caldo	0.86	0.28	0.86
	% de distribución		
Frijol crudo	100.00	100.00	100.00
Frijol cocido	60.4	66.7	37.4
Caldo de cocimiento	19.1	15.5	11.7
Tanino Enlazado (?)	20.5	17.8	50.9

Fuente: Brassani [14]

encontrados en el frijol crudo permanecen después del cocimiento 60.4, 66.7 y 37.4% en las variedades Negro, Blanco y Rojo respectivamente. También es posible distinguir que existe una fracción de polifenoles que aparentemente queda enlazada y que no fue posible cuantificar por las técnicas utilizadas. Esto se puede explicar por la dificultad que existe para extraer y analizar taninos cuya estructura se ha comprometido en el enlace a proteínas. Por otra parte, es realmente relevante el hecho de que en el caldo de cocimiento se depositan cantidades considerables de taninos después del cocimiento. La ingestión de este caldo tiene un efecto detrimental sobre la calidad de la proteína asociada a la presencia de polifenoles [13,23,92] en términos de digestibilidad y eficiencia de proteína.

La ingestión de frijol y otras leguminosas en presencia de su caldo de cocimiento se ha demostrado que produce descensos significativos en la calidad de la proteína presente en términos de digestibilidad y PER [8,51]. Esto ha sido relacionado con la presencia de taninos en dichas muestras. Elias *et al.* [23], han demostrado que únicamente los caldos provenientes de variedades con alta concentración de taninos son los que disminuyen significativamente los valores de DAP y PER, a diferencia de aquellos provenientes de variedades con bajo contenido de taninos en los que el efecto del caldo no fue significativo. A pesar de la existencia de reportes relacionados a este tema en específico, la información es escasa y no es suficiente para explicar por completo estos hechos. Además es importante no olvidar que el caldo del frijol está asociado al sabor y por tanto a la

preferencia y la aceptación de esta leguminosa, por lo que no es fácil pensar que se elimine de la dieta por completo.

Finalmente y a manera de conclusión sobre la información expuesta a lo largo de este capítulo, cabe dejar claro que, así como la calidad de una proteína no es función de un solo factor sino de varios de ellos y de sus posibles interacciones, para el caso del frijol común, la presencia de taninos u otros factores tóxicos tan solo es una causa mas asociada al valor nutritivo de su proteína. De hecho otros factores como la variedad, la historia de manejo postcosecha y el proceso de preparación son igualmente importantes y en conjunto son los que determinan el que estas proteínas alcancen un valor nutritivo óptimo de acuerdo a su naturaleza. Cabe añadir que el frijol común ha formado parte integral de la alimentación de numerosos pueblos de Latinoamérica y otras regiones del mundo, como parte de su cultura, merece toda la atención que se le ha brindado a la fecha así como los esfuerzos que en el futuro se sigan haciendo para optimizar su aprovechamiento a nivel doméstico sin sacrificar su aceptación. Esto, sin duda alguna sigue siendo un reto para la ciencia moderna.

MATERIALES Y METODOS

Obtención de la Muestra

La muestra de frijol pinto (Phaseolus vulgaris L.) variedad UI-114 se obtuvo de un campo comercial del distrito de riego No.51, Costa de Hermosillo. La muestra correspondió al ciclo de cultivo primavera-verano, 1986. El frijol se limpió en un limpiador mecánico Brabender (Mod. Labofix) con una malla # 2.2 y un cilindro # 9. Durante el estudio se almacenó en bolsas de polietileno y tambos de 20 litros de capacidad a 5°C y humedad relativa menor de 80%.

Estudio de Campo

El método de preparación de frijol (Phaseolus vulgaris) a nivel casero fue un parámetro fundamental a estudiar debido a la relación existente entre este tipo de prácticas y el valor nutritivo, sobre todo en relación al destino de compuestos polifenólicos.

Para determinar las formas más comunes de procesamiento del frijol a nivel casero se elaboró una encuesta enfocada a las principales prácticas culinarias como fueron: remojo, cantidad de agua, tipo de olla y tiempo de cocimiento, ingredientes adicionales, formas de preparación para consumo y prácticas en relación a su uso como parte de la alimentación infantil (Ver Anexo 1).

Para la aplicación del diseño muestral se seleccionó la ciudad de Hermosillo, Sonora, tomando en consideración el número

de familias de acuerdo a datos censales de 1980 , mediante un muestreo aleatorio simple para proporciones de acuerdo a:

$$N_i = \frac{NZ^2 PQ}{(N-1)e^2 + Z^2 PQ}$$

donde: $P = Q = 0.5$; $z = 1.845$

$$e = 0.05$$

El número de familias entrevistadas por colonia se determinó proporcionalmente de acuerdo a una estratificación socioeconómica previa, por la cual se dividió la ciudad en 8 sectores representativos de los distintos estratos de la población [18].

Preparación de la Muestra

La encuesta reveló las diferentes formas de preparación casera del frijol y de acuerdo a dicha información se elaboraron los tratamientos experimentales para la evaluación biológica del valor nutritivo de sus proteínas (PER y DAP) y del contenido de taninos en las diversas modalidades de preparación.

Para la cocción de los frijoles se utilizaron ollas abiertas de peltre para el cocimiento a ebullición, y ollas de presión (121 C; 15 psi). Los tiempos para el cocimiento a ebullición fueron 80 y 140 minutos, con remojo y sin remojo previo del frijol respectivamente. En la modalidad de cocimiento a presión fueron de 25 y 40 minutos, para el frijol previamente remojado y sin remojar respectivamente. El tiempo de remojo para los tratamientos en esta modalidad fue de 10 h a temperatura ambiente (25 C).

Con el objeto de tener una medida de la textura final del frijol obtenida en cada tipo de cocimiento, se recurrió a la evaluación de este parámetro con un Instron Universal (Mod. TM-EM Instron LTD.). Se utilizó como indicador de blandura a la máxima fuerza (Kg) para comprimir, cortar y extraer una cantidad específica de frijol cocido. Para realizar esta determinación se empleó una celda con rejillas (Wire-extrusion cell, WEC) diseñada por OTMS (Ottawa Test Measuring System) usada anteriormente por Voisey et al. [80]. La técnica consistió en colocar una cantidad específica de muestra (aproximadamente 140 g) en un recipiente de acero inoxidable y de forma oblonga, con dimensiones de 4.5 cm. por lado de base, y 12.5 cm. de altura. A través de esta celda la muestra fue cortada y extruida y se registró la fuerza (Kg) empleada para llevar a cabo estas operaciones.

Durante el proceso de preparación del frijol, en todos los tratamientos se mantuvieron controladas las relaciones físicas de cantidad de frijol a agua de remojo (1:2), frijol a agua para cocer (1:5) y frijol cocido drenado a caldo de cocimiento agregado (1 : 0.73). Las tres relaciones se basaron en los resultados obtenidos de la encuesta. La cantidad de caldo adicionado se determinó por la consistencia del frijol molido (evaluación subjetiva) que fue entre semiguado y caldado, según la viscosidad de la pasta.

Para los tratamientos con caldo, ésta se agregó antes del molido y los tratamientos sin caldo se drenaron inmediatamente después de la cocción, agregándose únicamente el agua necesaria para facilitar el trabajo de molido. Esta última operación se llevo a cabo en una licuadora comercial con capacidad de 5 l

(marca Waring) hasta obtener una pasta de textura uniforme, el frijol molido se extendió en charolas de acero inoxidable, las cuales se introdujeron a un secador de tunel a una temperatura de 50 ± 5 °C y velocidad de aire constante. Las muestras permanecieron en el secador hasta que se obtuvo un contenido final de humedad de $7 \pm 1.5\%$ (aprox. 10 h).

Las muestras a analizar fueron procesadas de acuerdo a los siguientes tratamientos:

- Cocimiento en olla abierta; adición de caldo de cocimiento.
- Cocimiento en olla abierta; drenado inmediato después de cocer.
- Cocimiento en olla abierta; remojo previo; adición de caldo de cocimiento.
- Cocimiento en olla abierta; remojo previo; drenado inmediato después del cocimiento.
- Cocimiento en olla de presión; adición de caldo de cocimiento.
- Cocimiento en olla de presión; drenado inmediato después del cocimiento.
- Cocimiento en olla de presión; remojo previo; adición de caldo de cocimiento.
- Cocimiento en olla de presión; remojo previo; drenado inmediato después del cocimiento.

Análisis Químico

Las determinaciones de humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra cruda se llevaron a cabo en muestras de frijol crudo y en las harinas usadas para la elaboración de dietas experimentales, por los métodos oficiales de la AOAC [2]. Los carbohidratos solubles se determinaron por diferencia.

Análisis de Taninos

Para el análisis de taninos se obtuvo una muestra de granos de frijol y de caldos recién cocidos, representativa de cada tratamiento. El frijol fue descaucutado a mano, las cáscaras, cotillones y caldos de cocimiento se congelaron por separado en viales a $-35 \pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta su evaluación química. Para la determinación de taninos, se liofilizaron aproximadamente 2 g de cada muestra previamente congelada empleando un liofilizador Labconco (modelo Freeze Dryer No.5) a 25-50 torr, y -54°C . Antes de analizarse fueron molidas a malla # 40 en un molino Willey de laboratorio. Para la cuantificación de taninos se se siguió la prueba de la vainillina-HCl [72], para lo cual se extrajeron 0.2g de cada muestra previamente molida, con 10 ml de metanol grado analítico (Merck) con agitación continua en una plancha Lab-line a 250 RPM durante 2 horas. Se centrifugó 5 minutos en una centrifuga de mesa y el sobrenadante fue empleado en las determinaciones. Mediante ensayos preliminares se comprobó que bajo estas condiciones de trabajo se obtenían las mayores lecturas de absorbancia para la reacción entre los taninos condensados y la vainillina, por lo tanto la extracción era completa. En el caso de las muestras cocidas-liofilizadas se recurrió a la modificación de la prueba citada anteriormente propuesta por Butler et al. [16]. En ambos casos el contenido de taninos se obtuvo a partir de una curva estándar de (+)-catequina (Sigma).

El reactivo de vainillina se preparó diariamente mezclando volúmenes iguales de vainillina al 1% en ácido acético glacial (p/v) y de ácido clorhídrico 8% en ácido acético glacial (v/v).

El extracto metanólico se diluyó en 4 volúmenes de ácido acético y se usaron alícuotas de 2 ml para el ensayo. Se agregaron 5 ml del reactivo de vainillina a cada tubo, ésto a intervalos de 3 minutos y la reacción se dejó proceder durante 5 minutos. Todos los ensayos se efectuaron en un baño de agua a 30 °C y los reactivos fueron previamente equilibrados a esta temperatura. Las lecturas de absorbancia se efectuaron a 495 nm en un espectrofotómetro Perkin-Elmer (modelo Lambda 3).

Evaluación Biológica

Diseño Experimental.

El experimento fue un diseño completamente aleatorizado y se estructuró como factorial 2³ o 2 x 2 x 2 con tres factores y dos niveles para cada factor, ocho tratamientos y seis animales por tratamiento, de acuerdo al modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + \beta_j + \gamma_k + (T\beta)_{ij} + (T\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} \\ + (T\beta\gamma)_{ijk} + \xi_{ijkl} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2. \\ j = 1, 2. \\ k = 1, 2. \\ l = 1, \dots, 6. \end{array}$$

Los factores fueron:

Tipo de cocimiento (A): olla abierta y olla de presión

Caldo de cocimiento (B): con caldo y sin caldo

Remojo (C): con remojo y sin remojo previo

Con tres efectos principales, A, B y C; tres interacciones dobles, BC, AC y AB; y una interacción triple ABC. Lo anterior se probó a través de análisis de varianza posterior a la prueba de Bartlett para corroborar homogeneidad de varianza [9].

En el proceso de aleatorización se asignaron las unidades experimentales a cada tratamiento mediante una tabla de números aleatorios y se aleatorizó de igual manera la posición de cada tratamiento en el estante de jaulas. Antes de iniciar el experimento se verificó que no hubiera diferencias significativas en los pesos de las ratas entre los tratamientos ($p > 0.05$).

Razón de Eficiencia de Proteína (PER)

El PER se determinó según el procedimiento establecido oficialmente por la AOAC [2]. Se utilizaron ratas macho Sprague Dawley recién destetadas, alojadas en jaulas individuales de acero inoxidable con alimento y agua ad libitum, a una temperatura ambiente de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa que fluctuaba entre 55 y 65%. El período experimental fue de 28 días y se utilizó Caseína-ANRC como control al 10% al igual que los tratamientos de prueba. La composición de la dieta basal se presenta en el Cuadro 8.

Digestibilidad Aparente de la Proteína (DAP).

La DAP fue determinada utilizando la relación de concentración de Cr_2O_3 y proteína en la dieta experimental y en las heces durante la última semana del PER de acuerdo a Valencia et al. [87].

Cuadro 8. Composición de la Dieta Basal Usada en la Evaluación Biológica de la Proteína.²

Ingrediente	%
Aceite de Cártamo ¹	9.0
Pre-mezcla vitamínica ^{1,3}	1.0
Pre-mezcla mineral ^{1,4}	5.0
Cr ₂ O ₃	0.2
Celulosa	1.0
Agua	5.0
Fuente de Proteína para formular al 10%	Variable
Almidón y Dextrosa para aforar a 100%	Variable

¹El aceite, minerales, celulosa y agua fueron ajustados de acuerdo al análisis proximal de los ingredientes. Las muestras se calcularon como (1.6% N en la muestra) x 100 de acuerdo al método 43.212 del AOAC (2) aplicable a fuentes de mas de 1.8% de N.

²Todos los ingredientes son de Bioserv, N.J. E.U.A. excepto el aceite y Cr₂O₃.

³La pre-mezcla vitamínica contiene lo siguiente en g/Kg de dieta: ácido ascórbico 0.45, biotina 0.0002, pantotenato de calcio 0.03, colina 0.633, ácido fólico 0.0009, inositol 0.05, menadiona 0.02, niacina 0.04, ácido paraminobenzóico 0.05, piridoxina 0.01, riboflavina 0.01, tiamina 0.01, vitamina A 9000 UI, vitamina B 0.01 mg, vitamina D 1000 UI, vitamina E 25 UI.

⁴La pre-mezcla mineral contiene lo siguiente en g/Kg de dieta: aluminio 0.0005, calcio 11.08, cloro 4.79, cobre 0.0175, fluor 0.0027, yodo 0.0030, hierro 0.385, magnesio 1.396, azufre 0.1162 y zinc 0.0637.

RESULTADOS Y DISCUSION

Encuesta

El tamaño de muestra para los criterios establecidos en el diseño fue de 269 familias distribuidos en los ocho sectores socioeconómicos con selección al azar de las colonias en cada sector para cubrir la cuota. La distribución de encuestas por sector se presenta a continuación:

Estrato socioeconómico	# de encuestas
1	18
2	10
3	23
4	22
5	55
6	53
7	32
8	58

	TOTAL 269

En el Cuadro 9 se presentan los diferentes métodos empleados para cocer el frijol a nivel casero y los porcentajes de población que los practican. Así mismo, en el Cuadro 10 se presentan estos mismos resultados y otros relacionados a la encuesta pero desglosados por estrato socioeconómico. Es interesante anotar que el 27% de la población aseguró remojar el frijol en agua a temperatura ambiente antes de su cocimiento por 8 a 10 hr (toda la noche) usando agua en una proporción de 2 a 4

Cuadro 9.- Principales Métodos de Preparación Casera de Frijol Pinto en Hermosillo, Sonora.

Práctica Culinaria	Preferencia Entre La Población (%)	Rango de Tiempo Empleado (min)
Remojo (25 °C)	27.0	600 - 720
Olla Abierta (100 °C; 1 atm)	59.9	105 - 135
Olla Abierta; Remojo (100 °C; 1 atm)	20.0	75 - 90
Olla de Presión (121 °C; 15 psi)	9.5	40 - 60
Olla de Presión; Remojo (121 °C; 15 psi)	5.1	20 - 40
Olla Eléctrica; Remojo y sin él (80 °C; 1 atm)	5.5	480 - 600

Cuadro 10.- Distribución de Tratamientos de Preparación y de Consumo de Caldo por Sector Socioeconómico Según Encuesta.

Sector Socio-económico	Remojo [%]	Olla Abierta [%]	Olla de Prasión [%]	Olla Eléctrica [%]	Madres que dan el caldo a sus niños [%]
I	0.59	1.83	2.88	1.83	6.70
II	2.07	0.36	1.47	1.47	3.70
III	3.60	3.34	4.11	1.11	8.70
IV	3.52	5.14	2.17	0.72	8.22
V	5.44	18.60	1.84	0.00	20.40
VI	4.00	18.30	1.19	0.40	19.70
VII	2.87	10.92	1.08	0.00	11.90
VIII	5.08	20.85	0.00	0.00	20.80

Los porcentajes están dados en relación al total de la población muestreada

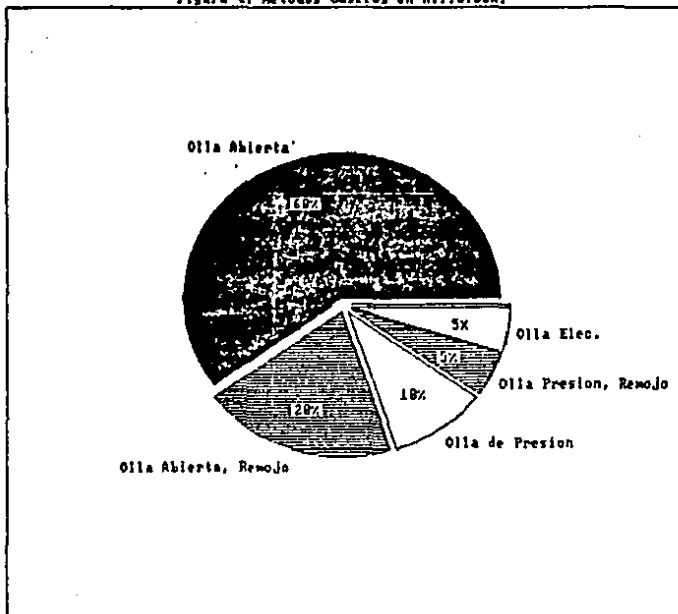
partes por una de frijol. El total de esta población descarta el agua de remojo y no la utiliza para cocer el frijol. En la Figura 4 se enfatiza la distribución de los tratamientos térmicos habituales de preparación de frijol y su preferencia entre la población en estudio.

La olla abierta de peltre fue el recipiente utilizado con mayor frecuencia; 80% de la población dijo usarla, su uso se manifestó marcadamente en los estratos de menor nivel socioeconómico. La olla de presión apareció en un 13% y la olla eléctrica (cocimiento lento) fue usada por el 5% restante. Estas dos últimas ollas se presentaron principalmente en los estratos de mayor nivel socioeconómico. En este sentido, es importante subrayar el predominio del uso de la olla abierta sobre la olla de presión, especialmente por las repercusiones nutrimentales que tienen estas prácticas, como se discute posteriormente.

Otro importante aspecto que se estudió fue la preferencia en la forma de consumo del frijol por la población. La respuesta general se distribuyó en dos formas principales: frijoles enteros con caldo (50%) y frijoles molidos con caldo (50%).

Finalmente, se verificó la situación del suministro de caldo a la población infantil. Los resultados indicaron que el 71% de las madres incluyen el caldo en la alimentación del niño antes de cumplir el primer año de edad, e incluso el 45% de ellas antes de los 6 meses. Estos datos siguen la tendencia reportada por Bressani et al. en otros países de Latinoamérica [13], que también usan el caldo de frijol en la alimentación del infante.

Figura 4. Metodos Caseros en Hillo.San.



Análisis Químico

La composición proximal de las harinas de frijol usadas en la elaboración de las dietas experimentales se mantuvo casi similar en todos los tratamientos (Cuadro 11), a excepción de las cenizas, cuyo contenido se vió afectado por la inclusión de caldo de cocimiento.

Textura

Los valores de textura obtenidos para frijol pinto por medio de la celda WEC se presentan en el Cuadro 12. Se puede observar, que la textura del frijol pinto presentó valores similares cuando el cocimiento fue realizado a presión y a ebullición con remojo previo, aun cuando los tiempos de cocimiento fueron marcadamente diferentes para cada tipo de cocimiento. Esta consideración fue hecha al tomar un error standard de ± 4.0 Kgf para la celda WEC en muestras de frijol (8). Por otro lado, las muestras cocidas tanto a ebullición como a presión, sin remojo previo, dieron valores considerablemente bajos de textura. Parece ser que en ambos casos, donde el cocimiento fue sin remojo previo, el tiempo óptimo de cocimiento seleccionado de acuerdo a los resultados de la encuesta fue excesivo. Sin embargo, las cuatro muestras diferentes de frijol pinto cocido fueron evaluadas, y de acuerdo a amas de casa se encontraron como adecuadas en sus características finales. Desafortunadamente no existen informes en la literatura disponibles que indiquen el uso de la celda WEC para evaluar textura de frijol tal como se hizo para el presente estudio, por ello en este momento es difícil comparar los

Cuadro 11.- Composición Proximal de Harinas de Frijol Pinto Crudo y Procesado por Diversos Tratamientos Caseros.¹

Tratamiento	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	CHO ² (%)
Frijol Crudo	24.31	2.32	4.11	4.09	65.17
Olla abierta 140 min, 100 °C, 1 atm					
Sin caldo	26.13	1.31	3.91	2.67	65.98
Con caldo	24.87	1.37	4.07	3.84	65.85
Olla de presión 40 min, 121 °C, 15 psi					
Sin caldo	25.25	1.71	3.98	2.81	66.25
Con caldo	24.71	1.74	4.07	3.62	65.86
Olla abierta; con remojo 90 min, 100 °C, 1 atm					
Sin caldo	25.54	2.32	4.01	2.73	65.40
Con caldo	23.97	1.21	3.92	3.77	67.13
Olla de presión; con remojo 25 min, 121 °C, 15 psi					
Sin caldo	24.85	1.18	3.79	2.98	65.20
Con caldo	23.59	1.63	3.95	3.71	67.85

¹ Los porcentajes se presentan corregidos para el porcentaje de base seca en las harinas.

² Los carbohidratos se obtuvieron por diferencia.

Cuadro 12.- Efecto de los Diferentes Tratamientos Caseros de Preparación de Frijol Pinto Sobre su Textura Después del Cocimiento

Tratamiento	Tiempo de Cocimiento (min)	Textura (WEC) (Kgf)
Olla Abierta (100 °C; 1 atm)	140	47.0
Olla Abierta; Remojo (100 °C; 1 atm)	90	74.0
Olla de Presión (121 °C; 15 psi)	40	39.0
Olla de Presión; Remojo (121 °C; 15 psi)	25	78.0

resultados con los de otros estudios de textura similares. No obstante, si se emplea el criterio de los jueces como se describió anteriormente, se puede afirmar que la textura del frijol pinto cocido, evaluada como máxima fuerza de corte empleando una celda tipo WEC, es considerada como aceptable para el consumo humano en un rango de 40 a 80 Kgf.

Remojo

El remojo del frijol tuvo un efecto sobre el tiempo de cocimiento tanto en el cocimiento a ebullición, como a presión (121 C; 15 psi). Para ambos tratamientos se obtuvo una reducción de tiempo de 26 y 37% respectivamente. En estudios anteriores se ha documentado el hecho de la disminución en tiempos de procesos de cocció'n asociados a la inhibición de agua en el grano de Phaseolus vulgaris [88]. Esta disminución repercute en un ahorro de energía durante su cocimiento.

Taninos

Los contenidos de taninos condensados para frijol pinto se presentan en el Cuadro 13. La variación fue en un amplio rango (258.0 - 1506.3 mg Eq. catequina/100 g). También se presentan los datos para cáscara, coriledón y caldo de cocimiento liofilizados para los diversos tratamientos. La diferencia tan marcada, principalmente entre el frijol entero crudo y el cocido es explicable, ya que durante los procesos de cocción se favorece la interacción tanino-proteína, donde estos complejos al ser

Cuadro 13. Distribución del Contenido de Taninos en Diferentes Estructuras y Tratamientos Caseros

Tratamiento	(mg Eq. de Catequina/100 g)		
	Cáscara	Cotiledón	Caldo
Frijol Crudo ¹	16303.5	N.D. ²	--
Frijol Remojado 10 hr.; 25 °C	253.75	4.25	27.49 ³
Cocido en Olla Abierta			

Sin remojo 140 min; 100 °C	14.00	6.25	108.50
Con remojo 90 min; 100 °C	13.25	7.25	262.50
Cocido en Olla de Presión			

Sin remojo 40 min; 121 °C; 15 psi	15.75	6.50	224.75
Con remojo 25 min; 121 °C; 15 psi	23.00	18.25	272.25

¹Determinación empleando el método convencional para análisis de taninos condensados por el reactivo de vainillina-HCl en metanol. Price *et al.* [72]. El resto de los análisis se hizo con la modificación de Butler *et al.* [16], para el mismo ensayo, que utiliza ácido acético en vez de metanol en el reactivo.

²N.D. cantidades no detectadas por el método usado.

³Dato calculado (mg eq. cat./ 100 ml agua de remojo).

insolubles no pueden extraerse por medio de los solventes recomendados para extraer taninos condensados [17], y por tanto sólo se cuantifica la fracción de taninos condensados que resultó libre (no enlazada a la proteína). Así mismo, es conocido que durante el cocimiento hay degradación de polifenoles [26] lo cual contribuye también a que las concentraciones detectadas sean tan bajas.

Por otra parte, el contenido de taninos en el frijol cocido para todos los tratamientos, fue tan bajo, que las técnicas convencionales para cuantificarlos [72] no alcanzaron a detectar su presencia. Por lo tanto se recurrió a una modificación de la técnica, propuesta por Butler et al. [16], en la que, para la preparación del reactivo, el metanol es substituido por ácido acético glacial. Bajo estas condiciones, en estudios previos se encontró que la reacción procede mas libremente ya que los coeficientes de extinción molar para diferentes oligómeros de flavan-3-ol muestran una uniformidad, mientras que en metanol no se presenta esta situación, por lo que dichos autores afirman que la cinética de la reacción es menos compleja cuando ésta se lleva a cabo en ácido acético glacial que cuando se lleva a cabo en metanol, y se incrementa la absorción de los grupos cromóforos formados entre la vainillina y los residuos de flavan-3-ol presentes en la estructura del tanino.

En cuanto al remojo, se observó que tuvo un efecto importante en la disminución del contenido de taninos, pues se obtuvo un 83% de reducción al considerar el frijol entero. Estudios previos [21], reportan pérdidas de taninos del 75%. Así mismo, la influencia del remojo sobre la concentración de taninos en el

cotiledón del frijol crudo y cocido se aprecia claramente al comparar ambos valores. La causa de esto va asociada a la difusión que presentan los polifenoles por su carácter hidrosoluble que les permite penetrar a las estructuras del cotiledón [5].

El contenido de taninos hallado en cáscaras varió considerablemente entre el frijol crudo y el frijol cocido (253.75 - 16303.5 mg eq. de catequina/100 g). Sin embargo, es difícil analizar esta comparación debido a que cuando el frijol está en su forma cruda el total de los taninos se encuentra en la cáscara [23] con un contenido de 16303.5 mg equivalentes de catequina /100g, lo cual no sucede en el frijol cocido, como lo muestran los valores en cotiledón y caldo de todos los tratamientos en los que la concentración de taninos se mantuvo en un rango de 5.25 a 18.25 mg eq. catequina/100g para los cotiledones y de 108.5 a 272.25 para los caldos, esto implica que durante el proceso parte de los taninos se han difundido al cotiledón y otra parte ha pasado al caldo de cocimiento. Las concentraciones en las cáscaras liofilizadas de frijol cocido también variaron, de hecho se puede apreciar una relación entre la concentración de taninos y el tiempo de cocimiento en olla de presión, con un total de 23 y 15.75 mg eq. de catequina/100g para 25 y 40 min de cocimiento respectivamente, es decir se observó que a medida que aumentó el tiempo de cocimiento la pérdida de taninos se incrementó. Es interesante hacer notar que esta tendencia únicamente se manifestó en la olla de presión mientras que en la olla normal no se presentó, sin embargo la información a este respecto es escasa y es necesaria mayor investigación

sobre los mecanismos que puedan estar asociados a interacciones moleculares, entre polifenoles y moléculas afines, y que puedan ocurrir durante el cocimiento bajo diferentes condiciones de proceso.

Finalmente, la concentración de taninos hallada en los caldos de cocimiento liofilizados, para todos los tratamientos fue la mayor con respecto a la de cáscaras y cotiledones. Con esto se deduce que una gran parte de los polifenoles tiende a migrar de la cáscara de la semilla al agua de cocimiento y ahí, participar probablemente en el enlazamiento a proteínas. Sin embargo, debe haber una fracción de tanino que no se une y permanece libre, ya que en presencia de bajas concentraciones de proteína, los polifenoles pueden unirse a uno o mas sitios en la superficie de la proteína causando agregación y precipitación de ésta [46]. Es por eso que sólo una cantidad limitada de taninos pueda participar en este enlazamiento. Por otro lado, se ha comprobado que en medio acuoso las interacciones hidrofóbicas tanino-proteína se ven favorecidas [66], con lo cual se puede explicar la unión del tanino del frijol, a la fracción protéica que se deposita en el caldo.

La cantidad de taninos en el caldo se mantuvo uniforme en todos los tratamientos, a excepción de la de olla abierta (100°C y 140 min), quizá el mayor tiempo de cocimiento favoreció una mayor asociación de taninos a proteínas, polisacáridos y otras moléculas afines que a su vez también se depositaron en mayor proporción en el caldo.

Otros Factores Antifisiológicos

En cuanto a la posible influencia de otros factores antifisiológicos como inhibidores de tripsina y hemaglutininas, los estudios de Barrón (8), en la misma variedad de frijol usada para este estudio (pinto UI-114), reportan valores muy bajos para el caso de inhibidores de tripsina aún con tiempos de cocimiento menores que los usados en la presente investigación. Por otra parte, se ha encontrado que dentro de las diversas variedades mexicanas de P. vulgaris, la variedad pinto contiene niveles considerados bajos y medios (39).

En cuanto al contenido de hemaglutininas se ha reportado que para frijol pinto el cocimiento a ebullición y a presión requirió 15 y 5 minutos respectivamente, para eliminar la actividad aglutinante (8).

Basados en estos reportes (8,39) no se consideró relevante llevar a cabo determinaciones de los factores antifisiológicos anteriormente mencionados, ya que los tratamientos térmicos aplicados para este estudio fueron bastante mas severos que los reportados anteriormente.

Valor Nutritivo de Proteínas

El efecto de mayor significancia estadística fue el tipo de cocción ($p < 0.0001$), seguido de la adición de caldo ($p < 0.05$). La interacción entre tipo de cocción y adición de caldo fue también significativa ($p < 0.025$). El efecto del remojo no fue significativo por sí mismo ni a través de sus interacciones. El Cuadro 14 muestra los resultados del PER y de la DAP,

Cuadro 14.- Razón de Eficiencia Proteínica (PER) y Digestibilidad Aparente de Proteína (DAP) para Frijol Pinto Procesado por Diversos Tratamientos Caseros.

Tratamiento	PER ± D.S.	A-PER ¹	% Digestibilidad Aparente de Proteína
Olla abierta; sin remojo			
Sin caldo 140 min, 100 °C	1.23 ± 0.24	1.24	71.76
Con caldo 140 min, 100 °C	1.05 ± 0.07	1.06	67.34
Olla de presión; sin remojo			
Sin caldo 40 min, 121 °C	1.05 ± 0.07	1.06	69.85
Con caldo 40 min, 121 °C	1.01 ± 0.06	1.02	67.38
Olla abierta; con remojo			
Sin caldo 90 min, 100 °C	1.24 ± 0.10	1.25	71.50
Con caldo 90 min, 100 °C	1.06 ± 0.18	1.07	70.36
Olla de presión; con remojo			
Sin caldo 25 min, 121 °C	0.89 ± 0.14	0.90	69.34
Con caldo 25 min, 121 °C	0.94 ± 0.07	0.95	66.06
Caseína ANRC	2.48 ± 0.18	2.50	91.56

¹ El A-PER corresponde al PER ajustado tomando como base el valor de Caseína-ANRC correspondiente al grupo de animales empleado como control de acuerdo al protocolo AOAC.

Los niveles de significancia se presentan en el Cuadro de análisis de Varianza (ANDEVA) del factorial (Cuadro 15).

El efecto mas importante detectado en este estudio fue el de tipo de cocción, donde la olla abierta tuvo valores significativamente mas altos para los tratamientos sin caldo, 1.23 y 1.24 respectivamente para frijol sin remojar y remojado en olla abierta, contra 1.05 y 0.89 (Cuadro 14) en olla de presión. Esto pudo deberse a una disminución en lisina disponible en función del tipo de cocimiento en olla abierta y olla de presión, como ha sido reportado para variedades de caupí (Vigna unguiculata (L.) Wolp) después de una hora de cocimiento a presión, con una disminución significativa de 5.1 a 4.6 g/16 g N de lisina disponible [91]. En relación a esto, se sabe que la disminución específica en lisina disponible se encuentra asociada al segundo grupo amino de este aminoácido, que lo hacen muy susceptible para participar en reacciones de Maillard con azúcares reductores y la subsecuente formación de derivados deoxicetósílicos biológicamente indisponibles [40]. Aunque la destrucción de lisina durante el procesamiento térmico ha sido estudiada desde el punto de vista cinético, para el caso de leguminosas cocidas en agua esta información es muy escasa, sin embargo Elias et al. [23] han observado cambios drásticos en lisina disponible y en menos tiempo en caupí (Vigna sinensis) en olla de presión (121 °C; 15 psi) con 54% de reducción a 15 minutos, 62% a 30 minutos y 69% en 45 minutos. Sus datos han correlacionado con disminuciones proporcionales en PER.

Por lo que se refiere al caldo se obtuvo una disminución significativa en el valor nutritivo de las proteínas de las

Cuadro 15.- Análisis de Varianza del PER en Frijol Pinto.

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Valor de F
Tipo de Cocción (A)	0.355	1	0.355	20.37*
Adición de caldo(B)	0.088	1	0.088	5.04**
Remojo (C)	0.032	1	0.032	1.86
Interacciones				
B x C	0.007	1	0.007	0.43
A x C	0.047	1	0.047	2.73
A x B	0.097	1	0.097	5.59***
A x B x C	0.066	1	0.066	0.38
Error	0.697	40		
Total	1.332	47		

*($p < 0.001$)

**($p < 0.05$)

***($p < 0.025$)

dietas donde se incluyó. Esto queda demostrado al comparar los valores de PER de 1.23 a 1.05 en caso de olla abierta sin remojo sin adición y con adición de caldo respectivamente, similares a los obtenidos en frijol previamente remojado y cocido en el mismo tipo de olla, en que el PER disminuyó de 1.24 a 1.06 cuando se agregó caldo de cocimiento. De nuevo, esta situación refleja lo mostrado en el Cuadro de ANDEVA donde el remojo no fue significativo ($p = 0.9$). Por otra parte, el efecto del caldo no fue significativo en el caso de olla de presión.

Los resultados anteriores para frijol pinto concuerdan con otros reportes de la literatura donde se ha observado disminución del valor nutritivo con la adición de caldo de cocimiento [7,51] para chícharo de vaca (caupí; *Vigna unguiculata* L. Walp.) y frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Este tipo de comportamiento se ha observado tanto en evaluaciones in vivo como in vitro.

Los procesos de cocción pueden inducir la formación de complejos proteína-taninos que pueden inhibir proteólisis a nivel intestinal, y los efectos por la inclusión o exclusión de caldos sobre índices de valor nutritivo como el PER y la DAP pueden estar estrechamente ligados a esta disminución del aprovechamiento del potencial nutritivo de las proteínas, como ha sido discutido por Bressani y Elías [13].

En el presente estudio se detectaron altas concentraciones de taninos en los caldos de cocimiento de las diferentes modalidades de preparación casera del frijol. Sin embargo, el efecto de la presencia de taninos en el caldo de cocimiento se hizo sólo evidente cuando el tiempo de cocción fue lo suficientemente prolongado para permitir que se indispusieran las cadenas

peptídicas por influencia de los polifenoles, así lo muestran los resultados de PER y DAP para el frijol cocido en olla abierta previamente remojado y sin remojar, con 90 y 140 minutos de cocimiento en agua a 100 C, respectivamente. En contraste con esto, el caldo de frijol cocido en olla de presión no resultó tener un efecto detrimental sobre la calidad de la proteína en términos de PER y DAP. Mediante análisis de regresión lineal también se pudo comprobar que en olla abierta existe buena correlación ($r=-0.85$; $p<0.05$) entre contenido de taninos en semilla entera cocida, sin caldo y con caldo, y valor de PER (ver cuadros 13, 14). Esto no se observó en el caso de olla de presión donde no hubo correlación entre taninos y PER, ($r = 0.08$) lo cual también concuerda con los valores de PER que no cambiaron significativamente por la adición de caldo.

Es necesario aclarar que los valores de digestibilidad no pudieron compararse estadísticamente debido a que la DAP se determina para toda la dieta y no hay repetición por tratamiento, por lo que únicamente se pudo analizar las tendencias de los datos obtenidos. En este estudio, se obtuvo una alta correlación entre los valores de PER y DAP ($r = 0.72$; $p<0.05$). Se puede afirmar que la información que se obtuvo del PER fue similar a la que se derivó de la DAP y ambos valores sirvieron como patrones para comparar la calidad de las proteínas.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

Este estudio detectó las formas más utilizadas de preparación del frijol pinto (Phaseolus vulgaris L.) a nivel poblacional y relacionadas con el valor nutritivo de la proteína. Esta situación fue independiente de las evaluaciones objetivas de propiedades físicas, sin embargo, los datos muestran diferencias, en reducciones de tiempos de cocción, tipo de recipiente utilizado, inclusión o remoción de caldo durante el consumo y prácticas de remojo, que manifiestan posibles mejoras en la optimización de valor nutritivo. Se pudo detectar la influencia relativa de la presencia de polifenoles sobre la calidad biológica de la proteína de la dieta y la relación que tiene su presencia con el método de preparación del frijol. En este estudio además se detectaron cambios de valor nutritivo en función del tipo de cocimiento; del posible deterioro térmico de la proteína y de los potenciales efectos de los taninos residuales.

La importancia de estos hallazgos crece al analizar la alta tendencia entre las madres por incluirlo en la alimentación infantil, como lo revelaron los datos de la encuesta.

En resumen los valores que resultaron más altos en valor nutritivo fueron los cocinados en olla abierta sin caldo; así mismo, el efecto del caldo resultó ser negativo en la olla abierta más no en olla de presión. Los valores más bajos fueron los de olla de presión, sin embargo, esta modalidad de cocimiento tuvo una frecuencia de utilización muy baja entre la población.

RECOMENDACIONES

La información derivada de este estudio pudiera ser difundida a través de programas de educación para el consumidor, etiquetado de preparación de alimentos y otros. A nivel casero se encontró como recomendable el remojar el frijol antes de cocerlo ya que esto favorece que el frijol se ablande previamente y pueda ser cocinado en menos tiempo, 10 horas de remojo previo y 90 minutos de cocción a ebullición permiten obtener un frijol de textura aceptable. El caldo de cocimiento del frijol presenta antinutrientes llamados taninos que tienden a disminuir el valor nutritivo de la proteína, por lo que se recomienda eliminarlo de la alimentación del niño.

BIBLIOGRAFIA REVISADA

1. Antunes, P.L., y Sgarbieri, V.C., "Effect of Heat Treatment on the Toxicity and the Nutritive Value of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* var. Roshina G2) Proteins." J. Agric. Food Chem., Vol. 28, No.3, p. 935-938, 1980.
2. AOAC, "Official Methods of Analysis." Ed. Association of Official Analytical Chemists. 31 th ed., Washington, D.C., 1984.
3. Asquith, T.H., y Butler, L.G., "Interactions of Condensed Tannins with Select Proteins." Phytochemistry, Vol. 25, No.7, p. 1591-1593, 1985.
4. Augustin, J., Beck, C.B., y Kalbfleisch, C. "Variation in the Vitamin and Mineral Content of Raw and Cooked Commercial *Phaseolus vulgaris* Classes." Food Tech., Vol.35, No.5, p.75-78, 1981.
5. Aw, T.L., y Swanson, B.G., "Influence of Tannin on *Phaseolus vulgaris* Protein Digestibility and Quality." J. Food Sci. Vol. 50, No.1, p. 67-71, 1985.
6. Aykroyd, W.R., y Doughty, J., "Legumes in Human Nutrition." FAO Food and Nutrition Series, No.12, Rome, p. 43-53, 1964.
7. Barroga, C.F., Laurena, A.C. y Mendoza, E.N. "Polyphenols in Mung Bean (*Vigna Radiata* (L.) Wilczek): Determination and Removal." J. Agric. Food Chem., Vol.38, No.8, p. 1157-1159, 1985.
8. Barrón, J.M. "Textual, Nutritional and Toxicological Qualities of Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)." Ph.D. Thesis, Queen Elizabeth College, University of London, 1984.
9. Bartlett, M.S. "Some Examples of Statistical Methods of Research in Agriculture and Applied Biology." J. Roy Statist. Soc. Suppl. Vol. 4, No.1, p. 137-170, 1937.
10. Bate-Smith, E.C., y Lerner, N.H., "Leucoanthocyanins in Leaves." Biochem. Jour., Vol.58, No.1, p. 126-132, 1954.
11. Bender, A.E., Doell, B.H., "Biological Evaluation of Proteins: A new Aspect." Brit. J. Nutr., Vol. 11, No.2, p.140-145, 1957.
12. Bressani, R., y Elias, L. "Legume Foods." En: "New Protein Foods." A.M. Altschul Ed., Ac. Press, N.Y., Vol. 1, p. 236-297, 1974.

13. Bressani, R. y Elias, L.G., "The Nutritional Role of Polyphenols in Beans." En: Polyphenols in Cereal and Legumes. J.H. Hulse Ed., International Development Research Center, Ottawa, Canada. p. 61-72, 1980.
14. Bressani, R. Elias, L.G., y Braham, J.E., "Reduction of Digestibility of Legume Proteins by Tannins." J. Plant Foods, Vol. 4, No.1, p. 34-55, 1982.
15. Butler, L.G., Hagerman, A.E., y Price, M.L., "Biochemical Effects of Sorghum Grain That Reduce the Assayable Tannin Content of Sorghum Polyphenols." En: "Polyphenols in Cereal and Legumes." (J.H. Hulse, ed.) IDRC, Canada, p.39-59, 1980.
16. Butler, L.G., Price, M.L., y Brotherson, J.E. "Vainillin Assay for Proanthocyanidin (Condensed Tannins): Modification of the Solvent for Estimation of the Degree of Polymerization." J. Agric. Food Chem. Vol. 30, No. 10, p.1087-1090, 1982.
17. Butler, L.G., Risol, D.J., Lebyrk, D.G., y Blytt, H.J., "Interaction of Proteins with Sorghum Tannin: Mechanism, Specificity and Significance." JAACS, Vol. 1, No. 5, p. 916-920, 1984.
18. Camberos, M., Aguilar, M., Valenzuela, J.A., y Sandoval, S., "Fuerza de Trabajo y Condiciones de Vida en la Ciudad de Hermosillo." Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora. p. 73-106, 1984.
19. Circle, S.J. and Smith, A.K. "Soybeans : Processing and Products" en : "Food Protein Sources", Pirie, N.W. (Ed.), Cambridge University Press, New York, p.67, 1975.
20. Desphande, S.S., Kathe, S.K., Salunkhe, D.K. y Cornforth, D.P. "Effects of Dehulling on Phytic Acid, Polyphenols, and Enzyme Inhibitors of Dry Beans (Phaseolus vulgaris L.)." J. Food Sci. Vol. 47, No.10, p. 1846-1850, 1982.
21. Desphande, S.S., y Cheryan, M. "Changes in Phytic Acid, Tannins and Trypsin Inhibitory Activity on Soaking of Dry Beans (Phaseolus vulgaris L.)." Nut. Rep. Int. Vol. 27 No. 2 p. 371-377, 1983.
22. Earle, F.R., y Jones, O. "Analysis of Seed Sample from 113 Plant Families." Econ. Bot. Vol. 16, No.3, p. 221-225, 1967.
23. Elias, L.G., De Fernández, D.G. y Bressani, R. "Possible Effects of Seed Coat Polyphenolics on the Nutritional Quality of Bean Protein." J. Food Sci. Vol. 44, No. 2, p. 524-527, 1979.
24. Esaw K. "Anatomía Vegetal." Ed. Omega, Barcelona, España, p. 609-623, 1959.

25. Fernández, R., Elías, L.G., Braham, J.E., y Bressani, R. "Trypsin Inhibitors and Hemagglutinins in Beans (Phaseolus vulgaris) and Their Relationship with the Content of Tannins and Associated Polyphenols." J. Agric. Food Chem. Vol. 30, p. 734-739, 1982.
26. Foo, L.Y. y Porter, L.J. "The Phytochemistry of Proanthocyanidin Polymers." Phytochemistry, Vol. 19, p. 1747-1754, 1982.
27. Food and Agriculture Organization. "Production Yearbook". Rome, 1982.
28. Food and Agriculture Organization. "Agricultural Development and Nutrition" Pacey A. and Payne F. (Ed.) Westview Press Co., E.U.A., p. 145-182, 1985.
29. Geervani, P., y Theophilus, P., Icaza, M. "Effect of home processing on the protein quality of selected legumes". J. Food Sci., Vol. 45, No. 4, p. 707, 1980.
30. Glick, Z. y Joslyn, M.A. "Effect of Tannic Acid and Related Compounds on the Absorption and Utilization of Proteins in the Rat". J. Nutr., Vol. 100, No. 2, p. 516-520, 1970.
31. Greenwood, M.L., "Pinto Beans: Their Preparation and Palatability." Agricultural Experiment Station of the New Mexico College of Agriculture and Mechanics Arts." Bol. No. 231, p. 3-5, 1935.
32. Griffiths, D.M., y Moseley, G., "The Effect of Diets Containing Field Beans of High or Low Polyphenolic Content on the Activity of Digestive Enzymes in the Intestine of Rats." J. Sci. Food Agric., Vol. 31, No. 2, p. 255-259, 1980.
33. Guerrero, C. Comunicación personal. Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Departamento de Fitopatología. Hermosillo, Sonora, 1987
34. Hagerman, A.E., y Butler, L.G., "The Specificity of Proanthocyanidin-protein Interactions." J. Biol. Chem., Vol. 256, No. 9, p. 4484-4487, 1981.
35. Haslam, E., "Polyphenol-Protein Interactions." Biochem. J., Vol. 39, No. 2, p. 285-286, 1974.
36. Haslam, E., "Symmetry and Promiscuity in Procyanidin Biochemistry." Phytochemistry, Vol. 16, No. 8, p. 1625-1640, 1977.
37. Haslam, E. "Vegetable Tannins." En: "The Biochemistry of Plants." Ed. E.E. Conn, Vol. 7, Ac. Press, N.Y., p. 527-585, 1981.

38. Hewitt, D., y Ford, J.E., "Influence of Tannins on the Protein Nutritional Quality of Food Grains." Proc. Nutr. Soc., Vol. 41, No. 7, p.7-17, 1982.
39. Hernández-Infante, M., Berrador-Pena, G. y Sotelo, A., "Nutritive Value of Two Different Beans (Phaseolus vulgaris) Supplemented with Methionine." J. Agric. Food Chem., Vol. 27, No.5, p.965-968, 1979.
40. Hurrell, R.F. y Carpenter, K.J. "The Estimation of Available Lysine in Foodstuffs after Maillard Reactions." Prog. Food Nutr. Sci., Vol. 5, pp. 5-35, 1981.
41. Instituto Nacional de de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), "El Sector Alimentario en México", México, p.76,128,179, 1987
42. Kadam, S.S., Subramanyan, P., y Jawala, H.K., "Improvement in Cooking Quality of Horse Gram by Pretreatment with Soak Solution." Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr., Vol. 31, No.2, 1981.
43. Kaplan, L., y McNeish, R.S., "Prehistoric Beans Remains from the Caves in the Ocampo Region of Tamaulipas, Mexico." Bot. Mus. Leaflets Harvard University, Vol. 19, No. 2, p.33-56, 1980.
44. Kaplan, L., "Archeology and Domestication in American Phaseolus (Beans)." Econ. Bot., Vol. 19, No. 4, p. 358-368, 1985.
45. Kies, C., "Bioavailability: A Factor in Protein Quality." J. Agric. Food Chem., Vol. 25, No.3, p. 435-440, 1981.
46. Kumar, R. "Chemical and Biochemical Nature of Fodder Tree Leaf Tannins." J. Agric. Food Chem., Vol. 31, No. 10, p. 1366-1368, 1983.
47. Kumar, R. y Singh, M., "Tannins: Their Adverse Role in Ruminant Nutrition." J. Agric. Food Chem. Vol. 32, No.4, p.447-453, 1984.
48. Kumar, R., Horigome, T., "Fractionation, Characterization and Protein-Precipitating Capacity of the Condensed Tannins from Robinia pseudo acacia L. Leaves." J. Agric. Food Chem., Vol. 34, No.3, p. 487-489, 1986.
49. Lachance, P.A., Sressani, R., y Elias, L.G., "Shorter Protein Bioassays." Food Tech., Vol. 31, No.6, p. 82-84, 1977.
50. Lacombe, C., Mitjavila, S., y Carrera, G., "The Action and Interaction of Three Alimentary Substances (Ethanol, Tannic Acid, and Sodium Sulfito) on the Activity of the ATP-ases in Enterocyte Brush Borders." Life Sci., Vol.8, No.10, p. 1245-1254, 1976.

51. Laursna, A.C., Van Den, T. y Mendoza, E.M., "Effects of Condensed Tannins on the *in vitro* Protein Digestibility of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)." *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 32, No. 9, p.1045-1048, 1984.
52. Liener, I.E., "Significance for Humans of Biologically Active Factors in Soybeans and Other Food Legumes." *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Vol. 56, No.1, p.121-129, 1979.
53. Liener, I.E., y Thompson, R.M., "*In vitro* and *In vivo* Studies of the Major Storage Protein of the Navy Bean (*Phaseolus vulgaris*)." *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.*, Vol.30, No.1, 1980.
54. Lowenberg, M.E. et al., "Food and People." Ed. John Wiley and Sons Inc., 3a. ed., E.U.A., p.102-108, 1979.
55. Ma, Y., y Bliss, F.A., "Tannin Content and Inheritance in Common Bean." *Crop. Sci.*, Vol. 18, No. 4, p. 201-205, 1978.
56. Márquez, V.M., y Lajolo, F.M., "Composition and Digestibility of Albumins, Globulins, and Glutelins from *Phaseolus vulgaris*." *J. Agric. Food Chem.*, Vol.29, No.10, p. 1088-1074, 1981.
57. Marshall, H.F., Chang, K.C., y Miller, K.S., "Sulfur Aminoacid Stability. Effects of Processing on Legume Proteins." *J. Food Sci.*, Vol.47, No.5, p.1170-1174, 1982.
58. Matsuo, T., y Ito, S., "A Simple and Rapid Purification Method of Condensed Tannins From Several Young Fruits." *Agric. Biol. Chem.*, Vol.45, No.8, p.1885-1887, 1981.
59. McNeish, R.S., "The Origins of New World Civilization." *Sci. Am.*, Vol.211, No.5., p.39-37, 1984.
60. Miranda, C.S., "Origen del *Phaseolus vulgaris* L. (Frijol Común)." *Agronomía Tropical*, Vol.18, No.2, p.191-205, 1968.
61. Mitjevila, S., Lacomba, C., Carrera, G., y Derachs, R., "Tannic Acid and Oxidized Tannic Acid on the Functional State of Rat Intestinal Epithelium." *J. Nutr.*, Vol.107, No.12, p.2113-2121, 1977.
62. Molina, M.R., de la Fuente, G., y Bressani, R., "Interacciones Entre Tiempo de Remojo, Tiempo de Cocción, Valor Nutritivo y Otras Características del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)." *Arch. Latin. Nutr.*, Vol.24, No.3, p.469-483, 1974.
63. Moscoso, W., Bourne, M.V., y Hood, L.F., "Relationships Between the Hard-to-cook Phenomenon in Red Kidney Beans and Water Absorption, Functure Force, Pectin, Phytic Acid and Minerals." *J. Food Sci.*, Vol.49, No.6, p.1577-1583, 1984.

64. National Academy of Sciences, "Postharvest Food Losses in Developing Countries." Steering Committee for Study on Postharvest Food Losses in Developing Countries (Ed.), Washington D.C., p.90, 1978.
65. Oh, H.I., Hoff, J.E., "Fractionation of Grape Tannins by Affinity Chromatography and Partial Characterization of the Fractionation." *J. Food Sci.*, Vol.44, No.1, p.87-91, 1979.
66. Oh, H.I., Hoff, J.E., Amstrong, G.S. y Haff, L.A., "Hydrophobic Interaction in Tannin-Protein Complexes." *J. Agric. Food Chem.*, Vol.28, No.3, p.394-398, 1980.
67. Ortega, M.L., Rodríguez, C., y Hernández, E., "Análisis Bioquímico Exploratorio de Granos de los Genotipos de *Phaseolus vulgaris* L. y *P. coccineus* cultivados en México." *Fitotecnia Latinoamericana*, Vol. 1, p.70-74, 1974.
68. Osborne, T.B., Mendel, L.B., y Ferry, E.L., "Shorter Protein Bioassays." *Food Tech.*, Vol.31, No.6, p.82-84, 1977.
69. Pak, W., Mateluna, S., y Araya, H., "Efecto de Diversos Tratamientos Térmicos en el Contenido de Hemaglutininas y en la Calidad Protéica del Frijol (*Phaseolus vulgaris*)." *Arch. Latin. Nutr.*, Vol.28, No.2, p.184-195, 1978.
70. Pellat, P.L., y Young, V.R., "Nutritional Evaluation of Protein Foods." *The United Nations University*, p.41-57, 1980.
71. Phillips, D.E., Eyre, M.D., y Thompson, A., "Protein Quality in Seed Meals of *Phaseolus vulgaris* and Heat-Stable Factors Affecting the Utilization of Protein." *J. Sci. Food Agric.*, Vol.32, No.3, p.423-432, 1981.
72. Price M.L., Van Scoyoc, S. y Butler, L.G., "A Critical Evaluation of the Vanillin Reaction as an Assay for Tannin in Sorghum Grain." *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 25, No. 8, p. 1214-1218, 1978.
73. Pusztai, A., y Palmer, R., "Nutritional Evaluation of Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris*): Chemical Composition, Lectin Content and Nutritional Value of Selected Cultivars." *J. Sci. Food Agric.*, Vol.30, No.4, p.843-848, 1979.
74. Rockland, L.B., y Jones, F.T., "Scanning Electron Microscope Studies on dry Beans. Effects of Cooking on the Cellular Structure of Cotyledons in Rehydrated large Lima Beans." *J. Food Sci.*, Vol.39, No.3, p.342-346, 1974.
75. Rockland, L.B., y Radke, T.M., "Legume Protein Quality." *Food Tech.*, Vol.35, No.3, p.79-82, 1981.
76. Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. y Chavan, J.K., "Postharvest Biotechnology of Food Legumes." CRC Press Inc., 1985.


77. Semonds, K.W., y Hegsted, D.M., "Animal Bioassays: A Critical Evaluation With Special Reference to Assessing Nutritive Value for the Human." En: "Evaluation of Proteins for Humans." Bodwell, C.E. (Ed.), AVI Pub. Co., E.U.A., p.68-80, 1977.
78. SARH, "Guía Agrícola Para la Asistencia Técnica Agrícola. Area de Influencia del Campo Agrícola Experimental Costa de Hermosillo." Hermosillo, Sonora, México, p.62-67, 1984.
79. SARH, Coordinación General de Desarrollo Industrial. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Departamento de Divulgación Agroindustrial. (Comunicación Personal), 1987.
80. Sarkar, S.F., Howarth, R.E. y Goplen, B.P., "Condensed Tannins in Herbaceous Legumes." Crop. Sci. Vol. 16, p. 534-536, 1976.
81. Sathe, S.K., Deshpande, S.S., "Dry Beans of Phaseolus. A Review. Part 1. Chemical Composition: Proteins." CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition." Vol.20, No.1, p.1-46, 1983.
82. Sgarbieri, V.C., Antunes, P.L., y Almeida, L.D., "Nutritional Evaluation of Four Varieties of Dry Beans (Phaseolus vulgaris L.)." J. Food Sci., Vol.44, No.7, p.1306-1308, 1979.
83. Siewwright, C.A., y Ships, W.F., "Effect of Storage Conditions and Chemical Treatments of Firmness, In vitro Protein Digestibility, Condensed Tannins, Phytic Acid and Divalent Cations of Cooked Black Beans (Phaseolus vulgaris)." J. Food Sci., Vol.51, No.4, p.962-987, 1986.
84. Strumeyer, D.H., "Condensed Tannins in Grain Sorghum: Isolation, Fractionation, and Characterization." Cereal Chem., Vol.63, No.1, p.4-8, 1986.
85. Tobin, G., y Carpenter, K.J., "The Nutritional Value of the Dry Bean (Phaseolus vulgaris): A Literature Review." Nutr. Abs. Rev. Series A, Vol.48, No.3, p.919-936, 1978.
86. Valencia, M.E., Vavich, M.G., y Reid, B.L., "Protein Quality Evaluation of Corn Tortillas, Wheat Flour Tortillas, Pinto Beans, Soybeans and Their Combinations." Nutr. Rep. Int., Vol.19, No.2, 1979.
87. Valencia, M.E., Jardines, R.P., Noriega, E., "The Use of 24 Hour Recall Data from Nutrition Surveys to Determine Food Preference, Availability and Food Consumption Baskets in Populations." Nut. Rep. Int. Vol. 28, No.4, p.815-816, 1983.
88. Van Buren et al. "Processing Factors Influencing Splitting and Other Quality Characteristics of Canned Kidney Beans." J. Food Sci., Vol. 51, No.5, p.1226-1230, 1986.

89. Varriano-Marston, E., y Jackson, C.M., "Hard-to-cook Phenomenon in Beans: Structural Changes During Storage and Imbibition." *J. Food Sci.*, Vol. 46, No. 2, p. 194-197, 1981.
90. Volsey, P.W. y Nonnecke, I.L. "Measurement of Pea Tenderness. IV. Development and Evaluation of a Test Cell." *J. Texture Studies*. Vol. 3, No. 4, p. 459-472, 1972.
91. Walker, A.F. y Kochran, N. "Effect of Processing Including Domestic Cooking on Nutritional Quality of Legumes." *Proc. Nutr. Soc.* Vol. 41, No. 1, p. 41-51, 1982.
92. Wattersson, J.J., Butler, L.G. "Occurrence of an Unusual Leucoanthocyanidin and absence of Proanthocyanidins in Sorghum lears." *J. Agric. Food Chem.* Vol. 31, No. 1, p. 41-51, 1983.
93. Wolf W.J. "Legumes : Seed Composition and Structure, Processing into Protein Products and Protein Properties" En "Food Proteins." Whitaker J.R. y Tannenbaum S.R. (Ed.), Avi Pub. Co. Inc, Westport, Conn, p. 291-314, 1977.
94. Yápez, G.M., Ballesteros, M.N., Grijalva, M.I., Ramos, R. y Valencia, M.E. "Mezcla de Frijol-Tortilla de Maíz, Frijol-Tortilla de Harina de Trigo, de la dieta Sonorense. Valor Nutricional de las proteínas de las mezclas." *Rev. Tecnol. Aliment.* Vol 18, No. 1, p. 16-23, 1983.

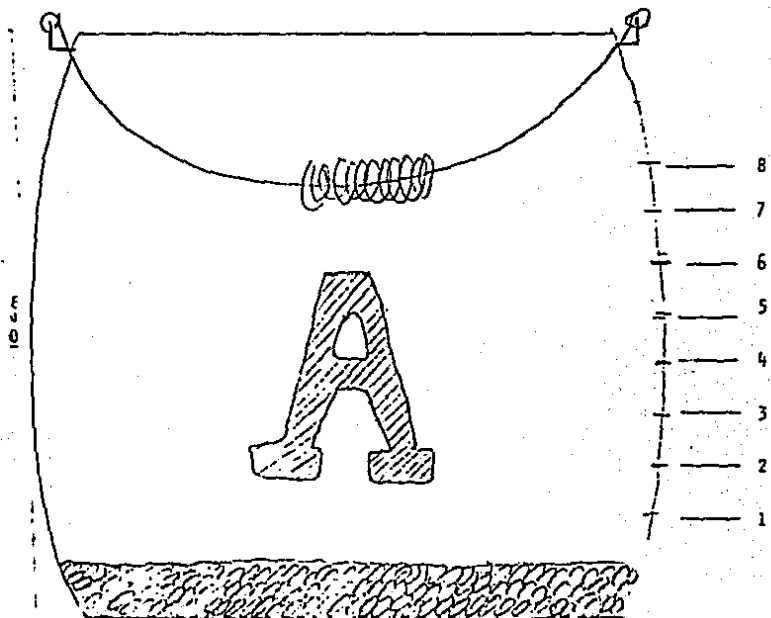
TENCUESTA _____ Esp-000
 DIRECCION _____ PINTO

INSTRUCCIONES: Marque con una cruz dentro de los paréntesis y escriba en donde
 se indican las respuestas correspondientes.

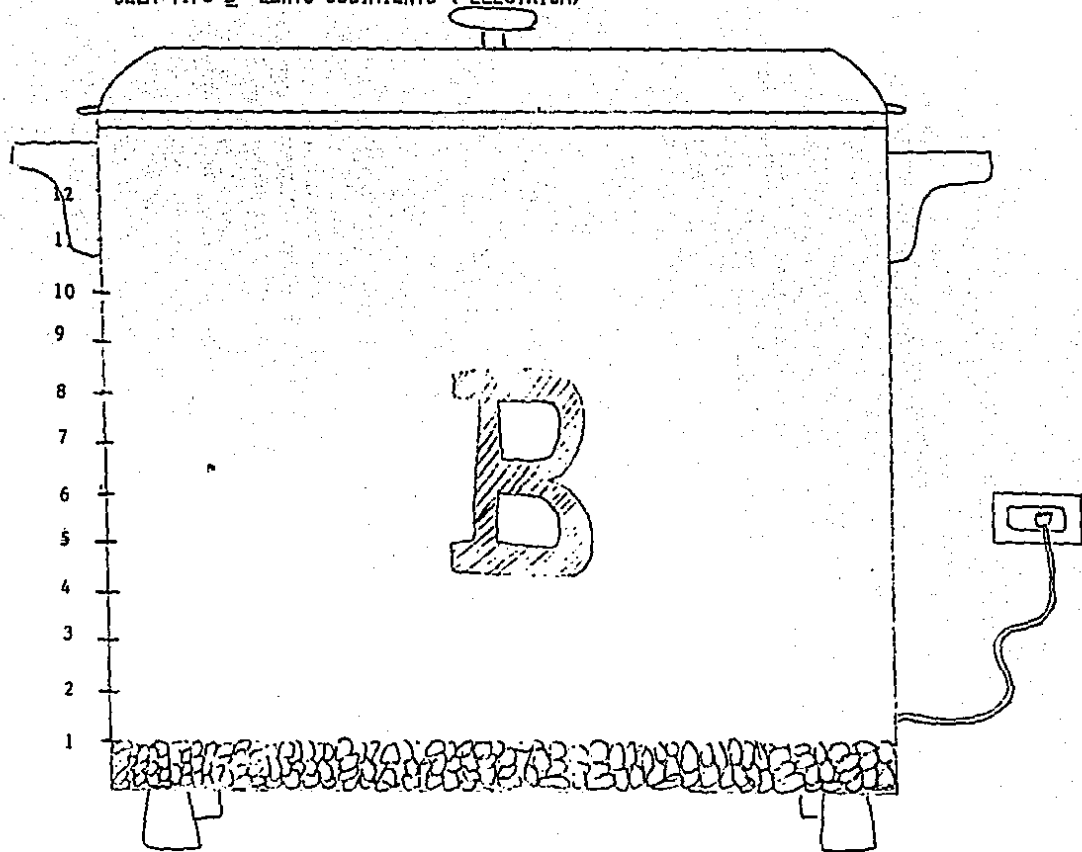
1. ¿Se usa el frijol verde de cocido?
 SI () NO ()
 * ¿Qué cantidad de agua adicional (consultar diagrama) se usará? SI contestó NO (X)
 Nivel mínimo _____ para la pregunta 1.
 * ¿Cómo se prepara el frijol?
 De los _____ a los _____ horas.
 * ¿Muestran esta misma agua de lavado para cocer el
 frijol después?
 SI () NO ()
2. ¿El tipo de olla es la que más frecuentemente utilizan para cocer el frijol?
 A () B () C () D () E ()
 * ¿Cuanto se cocinaba _____ el agua? SI contestó NO (X)
 * ¿En qué momento se usaba _____? para la pre-
 gunta 2. _____
 * ¿Se usó una espuma que se forma
 después del primer hervor?
 SI () NO ()
 * ¿Se usó el agua que se evaporó?
 SI () NO ()
 * La adicional _____
 Cantidad () Vaso ()
3. ¿Qué cantidad de agua adicional para cocer los frijoles (consultar diagrama)?
 Nivel mínimo _____
4. ¿Cuál tiempo se usa para cocer los frijoles? _____ horas a partir de _____
5. ¿Qué flama utilizan? Fuego lento () Fuego medio ()
 Fuego alto () No utilizan fuego ()
6. Mencione las ingredientes relacionadas aparte de agua que agregan
 Nombre del ingrediente Cantidad Momento de adición

7. ¿Cuál es la forma más usual como sirve usted los frijoles?

 ENTEROS SIN CALDO () ENLUCES CON CALDO () MOLIDOS (ARPAITOS) ()
 * Para molerlos adicionales
 Agua ()
 Caldo de frijol ()
 * ¿Qué cantidad de sal se
 usó?
 Cantidad ()
 Sal ()
 Aceite ()
8. ¿Alimenta a sus hijos pequeños con el caldo de los frijoles?
 SI () NO ()
 * ¿A partir de qué edad?
 0 a 2 años ()
 2 a 4 años ()
 4 a 12 meses ()
 1 a 5 años ()
9. ¿Clase y sistema de prevención _____

OLLA TIPO A NORMAL



OLLA TIPO B LENTO COCCIMENTO (ELETTRICA)



OLLA TIPO C. PRESTO (EXPRESS)

