T-181
C.2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTROAMERICA Y PANAMA

EFECTO DE LAS CONDICIONES DE COCCION SOBRE LA ACTIVIDAD TOXICA RESIDUAL, DISPONIBILIDAD DE AMINOACIDOS Y VALOR PROTEINICO DE ALGUNAS LEGUMINOSAS

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA
GUATEMALA, C. A.
BIBLIOTECA

MIGUEL HERNANDEZ INFANTE

CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y

CIENCIAS DE ALIMENTOS (CESNA)

Curso de postgrado en Ciencias y

Tecnología de Alimentos

Guatemala, 1975.

FE DE ERRATAS

		Dice	Por
Página 1	párrafo 2	bajjo	bajo
Página 2	párrafo 6	cauppi	caupí
Página 3	párrafo 7	suprimir a (línea 5)	
Página 4	párrafo 7	Lienen	Liener
Página 5	párrafo 2	si	sí
Página 8	párrafo 5	acúcares	azúcares
Página 13	párrafo 5	2.2	2.2.1
Página 14	párrafo 3	00	100
Página 14	párrafo 3	/100 de dieta	100 g de dieta
Página 14	llamada 1	Che.	Chem.
Página 16	párrafo 3	elguminosas	leguminosas
Página 20	párrafo 4	cuadros	Cuadros
Página 20	párrafo 5	promedo	promedio
Página 21	párrafo 4	fig.	Fig.
Página 24	párrafo 1	paraa	para
Página 28	referencia 21	Scoence	Science
Página 30	referencia 59	Chew.	Chem.
Cuadro 2		Prolamina	Prolina
Cuadro 15 cont. (bajo Gandul molido 15' cocción)		2.3	-2.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTROAMERICA Y PANAMA

EFECTO DE LAS CONDICIONES DE COCCION SOBRE LA ACTIVIDAD TOXICA RESIDUAL, DISPONIBILIDAD DE AMINOACIDOS Y VALOR PROTEINICO DE ALGUNAS LEGUMINOSAS

MIGUEL HERNANDEZ INFANTE

CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN NUTRICION Y

CIENCIAS DE ALIMENTOS (CESNA)

Curso de postgrado en Ciencias y

Tecnología de Alimentos

Guatemala, 1975.

INCAP T-186

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTROAMERICA Y PANAMA

EFECTO DE LAS CONDICIONES DE COCCION SOBRE LA ACTIVIDAD TOXICA RESIDUAL, DISPONIBILIDAD DE AMINOACIDOS Y VALOR PROTEINICO DE ALGUNAS LEGUMINOSAS

Tesis elaborada por

MIGUEL HERNANDEZ INFANTE

Previo a optar el grado de

MAESTRO

(Magister Scientificae)

Centro de Estudios Superiores en Nutrición y

Ciencias de Alimentos (CESNA)

Curso de postgrado en Ciencias y

Tecnología de Alimentos

Guatemala, enero de 1975

COMITE INTERINSTITUCIONAL DEL CESNA

Director del CESNA - Dr. Carlos Tejada

Decano de la Facultad de Ciencias Médicas - Dr. Carlos Armando Soto

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia - Lic. Leonel Carrillo

Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Dr. Victor Manuel Orellana

Director del Departamento de Historia de la Facultad de Humanidades. - Lic. Daniel Contreras

Director de la Escuela de Nutrición - Dra. Susana J. Icaza

Director del Curso de Postgrado en Salud Pública con Enfasis en Nutrición Maternoinfantil - Dr. Luis Octavio Angel

Director del Curso de Postgrado en Bioquímica y Nutrición Humana - Dr. Oscar Pineda

Director del Curso de Postgrado en Ciencias de Alimentos y Nutrición Animal - Dr. J. Edgar Braham

JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Decano	Lic. Leonel Carrillo
Vocal 1o.	Lic. Mario Dary
Vocal 2o.	Lic. Adolfo León Gross
Vocal 3o.	Lic. S. Javier Castellanos
Vocal 4o.	Br. Herman Wyss
Vocal 5o.	Br. Thelma Alvarado
Secretario	Lic. Carlos Augusto Posadas V.

DEDICO ESTA TESIS

AL INSTITUTO DE NUTRICION DE CENTRO AMERICA Y PANAMA (INCAP)

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

A MI ESPOSA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS Y DEMAS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

A MIS COMPAÑEROS

A MI PATRIA

RECONOCIMIENTOS

Agradezco sinceramente al Dr. Luiz G. Elías, por sus consejos y ayuda para la realización de esta tesis

Al Dr. J. Edgar Braham, por sus estímulos y ayuda durante mis estudios

Al Dr. Miguel A. Guzmán por su valiosa colaboración para la elaboración de este trabajo

A mi comité asesor por el estímulo que me brindaron

Al personal de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos por su valiosa colaboración durante mis estudios.

Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por haberme otorgado la beca para este curso

Al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), en especial al Dr. José Luis Mateos y a la M. en C. Angela Sotelo López por su interés en la continuación de mis estudios.

COMITE ASESOR DE TESIS

Dr. Luiz G. Elías

Dr. Roberto Gómez Brenes

Dr. J. Edgar Braham

Dr. Ricardo Bressani

Dr. Mario R. Molina

Dr. Miguel A. Guzmán

CONTENIDO

I. INTRODUCCION

II. REVISION DE LITERATURA

1) Generalidades

2) Composición

3) Factores tóxicos

a) Inhibidores de tripsina
b) Hemaglutinas
c) Otros

4) Causas que dificultan el estudio de las fracciones tóxicas

5) Efecto de cocción sobre el valor nutritivo de los factores tóxicos de las leguminosas

6) Disponibilidad de aminoácidos

a) Causas de la reducción de la disponibilidad de aminoácidos

7) Mejoramiento del valor nutritivo

a) Suplementación con aminoácidos
b) Suplementación con cereales

III. PROPOSITOS

IV. MATERIALES Y METODOS

V. RESULTADOS Y DISCUSION

VI. SUMARIO

VII. BIBLIOGRAFIA

VIII. APENDICES

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1 Análisis proximal de diferentes leguminosas de grano.

Cuadro No. 2 Composición de aminoácidos de diferentes leguminosas de grano.

Cuadro No. 3 Inhibidores de tripsina en diferentes leguminosas de grano crudas.

Cuadro No. 4 Inhibidores de tripsina residuales en diferentes leguminosas de grano, molidas y cocidas.

Cuadro No. 5 Inhibidores de tripsina residuales en diferentes leguminosas de grano, enteras y cocidas.

Cuadro No. 6 Porcentaje de destrucción de inhibidores de tripsina durante la cocción de leguminosas molidas y enteras.

Cuadro No. 7 Coeficiente de digestibilidad "in vitro" de diferentes leguminosas de grano molidas y cocidas.

Cuadro No. 8 Coeficiente de digestibilidad "in vitro" de diferentes leguminosas de grano enteras y cocidas.

Cuadro No. 9 Contenido de lisina disponible en muestras de caupí crudo, molido y cocido con y sin sal.

Cuadro No. 10 Transferencia de calor en diferentes leguminosas de grano, durante la cocción.

Cuadro No. 11 Indice de eficiencia proteínica en diferentes leguminosas de grano molidas y enteras cocidas con y sin sal.

Cuadro No. 12 Indice de eficiencia proteínica en leguminosas de grano, enteras y cocidas con y sin sal.

Cuadro No. 13 Coeficiente de digestibilidad aparente ("in vivo") de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con y sin sal.

Cuadro No. 14 Indice de crecimiento pancreático en diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras, con y sin sal.

Cuadro No. 15 Ganancia de peso de ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con y sin sal.

Cuadro No. 16 Alimento ingerido por ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con y sin sal.

Cuadro No. 17 Alimento ingerido y ganancia de peso por ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano enteras y cocidas con y sin sal.

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura No. 1 Inhibidores de tripsina en el frijol negro de enredo, molido y entero cocido con y sin sal.

Figura No. 2 Inhibidores de tripsina en el gandul molido y entero cocido con y sin sal.

Figura No. 3 Inhibidores de tripsina en el caupí molido y entero cocido con y sin sal.

Figura No. 4 Transferencia de calor en el frijol negro de enredo, molido y entero.

I. INTRODUCCION

La alimentación habitual de Latinoamérica, con excepción de la Argentina y el Uruguay (22), se basa generalmente en productos de tipo vegetal. Entre ellos destacan principalmente los cereales, que por su intensidad de cultivo, producción y menor costo son los preferidos de la población, especialmente de la de menores recursos económicos (13).

Es conocido, sin embargo que los cereales presentan un contenido relativamente bajjo de proteína (alrededor del 9o/o) así como una deficiencia de lisina, que es un aminoácido indispensable para el organismo.

Las leguminosas constituyen una importante fuente de proteína en la dieta para una gran mayoría de la población del mundo (21), especialmente en aquellos países en los que el consumo de proteínas animales está limitada por no encontrarse disponibles, o por aspectos de tipo religioso, cultural o económico (48). Su producción es menor y su costo mas alto que los de los cereales, pero se consideran un buen alimento para la población debido a su alto contenido proteínico, que es alrededor del 20o/o (18-30o/o) (11,13,48).

Existe el problema sin embargo, que en ellas, además de una baja digestibilidad, se encuentra presente una gran cantidad de sustancias tóxicas, que impiden un máximo aprovechamiento de esta fuente alimenticia de tipo vegetal. Se han realizado numerosos estudios al respecto, y se ha observado que el aprovechamiento de estos alimentos incrementa cuando se les somete a un tratamiento de cocción, debido a que los factores tóxicos presentes en ellos, tales como hemaglutininas e inhibidores de tripsina, son termolábiles.

Aun en estas condiciones se observa que a pesar del alto contenido proteínico de las leguminosas, hay una utilización deficiente de esta proteína cuyo contenido de metionina es inadecuado (12,34). Esta circunstancia puede deberse a varios factores, entre ellos una disminución en la disponibilidad de aminoácidos por el efecto del tratamiento o procesamiento, o bien por la presencia de otros factores que permanecen después del tratamiento de cocción. Esto no ha sido hasta la fecha completamente estudiado por la circunstancia de que los efectos tóxicos más visibles y notorios que ellos producen en los diferentes tipos de animales utilizados en experimentación desaparecen con el proceso de cocción.

En base a estas consideraciones, y para obtener un mayor conocimiento y aprovechamiento de las leguminosas, en este estudio se determinaron los posibles factores tóxicos residuales, así como el efecto que los diferentes tipos de tratamiento de cocción tienen tanto en la disponibilidad de aminoácidos, como en esos factores residuales.

II. REVISION DE LITERATURA

Generalidades

El hombre ha consumido las semillas de leguminosas desde hace mucho tiempo, y según datos de la FAO de 1968, las fuentes de origen vegetal proporcionaron el 71o/o de la proteína ingerida, del cual alrededor del 13o/o provinieron de leguminosas de grano (11).

Composición

En general la composición química de las leguminosas muestra un alto contenido proteínico que varía de 18 a 30o/o (4, 11, 12, 34, 52) y que generalmente son globulinas, aunque en algunas especies también hay albúminas (4). Su contenido graso o extracto etéreo, es muy bajo y varía de 0.8 a 1.9o/o, excepto en el caso de la soya que tiene hasta un 20o/o (34), pero es muy rico en ácidos grasos esenciales (1, 4, 46). Presentan un alto contenido en carbohidratos que varía de 46 a 59o/o (12, 26, 34) y que son bastantes digeribles (4).

Se les reconoce como una buena fuente de vitaminas del complejo B, especialmente tiamina (1, 25, 34). La cantidad relativamente elevada de niacina que contienen es importante sobre todo para las poblaciones consumidoras de maíz, porque cuando se consumen estos dos productos en forma combinada previenen la pelagra (32). La cantidad de ácido ascórbico es baja, además se destruye con el tiempo de almacenaje, oxidación y calentamiento (4).

Con respecto al contenido de aminoácido se han encontrado variaciones de importancia entre las distintas especies, asi como entre variedades de una misma especie (11, 32). Se han comprobado por numerosos autores que la metionina es el aminoácido limitante (12, 15, 21, 29, 34, 43), notándose que esta deficiencia es responsable por el crecimiento limitado en ratas alimentadas con leguminosas.

La excepción en cuanto a esta generalidad, la presenta el gandul (**Cajanus cajan**) el cual es deficiente igualmente en metionina y en triptofano (10, 13, 29, 32, 34), aunque se ha observado que tiene un pocomás de metionina que las otras leguminosas (10).

El cauppí (**Vigna sinensis**) es la leguminosa con el contenido de lisina más alto (12), lo cual es importante sobre todo cuando se va a usar como suplemento de los cereales. El frijol común (**Phaseolus vulgaris**) encaja en este patrón general de composición, notándose que además de la metionina tiene cantidades limitantes de leucina y triptofano cuando se compara con el patrón de referencia de la FAO (26).

Factores Tóxicos

Las leguminosas juegan un papel importante en la dieta humana pero contienen una serie de sustancias que pueden ser consideradas tóxicas para el animal (48). Existe un gran número de estos factores tóxicos, unos son termolábiles en tanto que otros son termoestables (32), y de acuerdo a la toxicidad que presentan en estado crudo, las leguminosas se han clasificado en tres grupos (32):

1o.) Las que producen pérdida de peso y la muerte de los animales de experimentación en un lapso aproximado de 2 a 3 semanas (Semillas de frijoles y gallinazos, **Dolichos lablab**).

2o) Las que producen un crecimiento moderado, que no obstante es mejor si se consumen en forma cocida (soya).

3o.) Las que no resultan en diferencias de importancia en cuanto a crecimiento entre los animales si ellas se utilizan en forma cruda o cocida (caupí, garbanzo y lentejas).

Algunos de estos compuestos se han llegado a caracterizar en forma bastante definida en tanto que de otros sólo se conoce parcialmente su efecto, y para una descripción más detallada se pueden clasificar en tres grupos:

a) Inhibidores de tripsina
b) Hemaglutininas
c) Otros

a) Inhibidores de tripsina

Los inhibidores de tripsina han adquirido gran importancia y se han estudiado ampliamente debido, principalmente, al lugar que ocupa la soya en la nutrición humana y animal (48) Posteriormente su estudio se ha extendido al resto de las leguminosas. Bowman (9) y otros autores (61) concuerdan en que el bajo valor alimenticio de muchas leguminosas crudas se debe a los inhibidores de tripsina.

Kunitz (47), trabajando en harina de soya desengrasada, aisló una proteína cristalina que inhibía la acción proteolitica de la tripsina, y notó que la cristalización repetida de esta proteína no alteraba su actividad.

Wagner y Riehm (61) indican que hay proteínas de bajo peso molecular que inhiben la acción de la tripsina, y para comprobar su afirmación, aislaron parcialmente este inhibidor a partir del frijol blanco crudo (**Phaseolus vulgaris**), y a la vez estudiaron sus propiedades físico-químicas y forma de acción con los siguientes resultados: a) la purificación de la enzima baja la actividad a un 90o/o; b) la fracción purificada demostro tener características a afines a otras fracciones aisladas anteriormente y que también poseían actividad antitríptica; c) la fracción es rica en cisteína y baja en metionina; d) no contiene grupos tiol o residuos de triptofano; e) por filtración en gel, la molécula nativa ha demostrado ser una simple cadena polipeptídica cuyo peso molecular, determinado por ultracentrífuga, fue de alrededor de 25,000 y f) observaron que por cada mol del inhibidor se inhibían dos moléculas de tripsina.

Tauber y col. (59), también aislaron el inhibidor de tripsina en el frijol lima (**Phaseolus vulgaris**), encontrando que inhibe poderosamente la proteólisis con pepsina, y que en estado cristalino es excepcionalmente estable al calor. Sin embargo, en este frijol el autoclaveado extensivo no inhibió el crecimiento de ratones o la actividad tríptica.

Sambeth y col. (55) separaron cuatro fracciones de soya (**Glicina max**), que tenía actividad de inhibidor de tripsina. Encontraron que las fracciones causaron diferentes efectos sobre el páncreas y crecimiento en pollos, por lo que suponen que los efectos antitrípticos se deben a varios componentes relacionados, más bien que a una sola fracción específica.

Forma de Acción

El efecto de este inhibidor de tripsina ha provocado algunas controversias, pero, en general, la mayoría coincide en que la acción consiste en ejercer una inhibición de las enzimas proteolíticas del tracto gastrointestinal (6, 29, 48, 50).

Además de estas inhibiciones enzimáticas, se ha observado que las leguminosas provocan una hipertrofia pancreática (6, 33, 55) y una contracción de la vesícula biliar. No existe entre las diferentes variedades de leguminosas una relación cuantitativa entre la actividad antitríptica y el aumento del tamaño del páncreas (29). Hay que hacer notar que la actividad de las enzimas del páncreas varía con la edad de los animales y con la composición de la dieta ingerida (33).

Booth (6) ha confirmado que la inhibición del crecimiento puede ser reversible con la adición de triptofano, metionina y valina a la dieta de soya cruda, que el pobre crecimiento no es causa de la hipertrofia pancreática y, según él, esta disminución en la tasa de crecimiento y eficiencia proteínica, se debe a una estimulación directa del páncreas, con el resultado de una pérdida excesiva de aminoácidos críticos contenidos en las enzimas pancreáticas. Como un efecto concomitante, el inhibidor provoca un retardo en la digestión de caseína (13).

De las leguminosas que mayor actividad antitríptica han presentado se encuentran la soya **(Glicina max)** y el frijol negro moteado **(Phaseolus vulgaris).**

En tanto que las dietas a base de soya cruda no tienen efectos mortales, con los frijoles sucede lo contrario, pues en éstos, se observa inicialmente un síndrome de diarrea, seguido por un rechazo de la dieta y finalmente la muerte, aproximadamente a las dos semanas de ingerir una dieta con la leguminosa cruda (13).

b) Hemaglutininas

En muchas semillas de leguminosas y en otras plantas, existen sustancias termolábiles llamadas fitohemaglutininas que son capaces de aglutinar los glóbulos rojos de la sangre (28).

Lienen (50) observó, que aun después de un calentamiento para destruir el inhibidor de tripsina, había inhibición de crecimiento en ratas recién destetadas cuando se les administraba intraperitonealmente la fracción calentada. Esta evidencia demostró que el factor termolábil responsable era diferente del inhibidor tríptico, lo cual ha sido observado también por otros autores (42, 48). Liener aisló la hemaglutinina de la soya, notando que mientras se perdía la actividad antitríptica había un incremento en la actividad hemaglutinante.

Jaffé y Gaede (29), consideran que las hemaglutininas tóxicas no parecen ser totalmente responsables del efecto tóxico del frijol crudo, pues sólo tienen ligeras propiedades tóxicas. En sus experimentos obtuvieron una aglutinina, denominada faseolotoxina A, a partir del frijol crudo **(Phaseolus vulgaris)** que estaba compuesta de una sola fracción con actividades hemaglutinantes y tóxicas en una misma proporción (50o/o de c/u).

Otros autores han también aislado fracciones hemaglutinantes en diferentes leguminosas. Sambeth (55) lo hizo en soya **(Glicina max)** y Jaffé (40) trabajando con frijol negro **(Phaseolus vulgaris),** separó por electroforesis las diferentes fracciones, de las cuales dos poseían

actividad hemaglutinante. Camejo (17) ha revisado algunas propiedades físico-químicas de la faseolotoxina A aislada del frijol negro.

Las dietas con un alto contenido en hemaglutininas no mejoran con la adición de caseína hidrolizada (9, 30, 31, 35, 41, 42, 48), mientras que si se observa un fuerte estímulo del crecimiento causado por la suplementación con este mismo hidrolizado proteínico si la dieta se prepara con leguminosas libres de actividad hemaglutinante (35).

Los extractos de arveja, grabanzos y lentejas no son activos en aglutinar sangre humana, en tanto que la dósis letal de soya y frijol es semejante si se aplican por vía intraperitoneal, pero el frijol es más nocivo por vía oral (39, 50). Liener (49) dice que una posible explicación pudiera ser que la aglutinina de soya es fácilmente digerible por la pepsina, mientras que la aglutinina del frijol es notablemente resistente a esta acción.

Forma de Acción

La aglutinina de las leguminosas provoca una disminución en el valor nutritivo y causa efectos tóxicos, lo cual también ha sido ampliamente revisado (26, 30, 35, 38, 41, 42, 43,). En forma sintetizada, el efecto tóxico de las aglutininas está posiblemente relacionado con su acción sobre la mucosa y la absorción intestinal. Jaffé (35) es de la opinión que la acción de esta hemaglutinina consiste en combinarse con las células externas de la pared intestinal, interfiriendo así con la absorción (42, 43). Se sabe que esta acción es cierta porque se ha observado una lenta absorción de glucosa, inversamente proporcional a la concentración de la aglutinina (41). Se ha encontrado que las aglutininas del frijol son resistentes a la actividad enzimática del tracto gastrointestinal, pues en estudios efectuados en ratas se han notado que las heces presentan acción hemaglutinante detectable cuando los animales ingieren dietas de frijol crudo (42).

c) Otros factores tóxicos

Entre los factores tóxicos en las leguminosas que son diferentes a las hemaglutininas y a los inhibidores de tripsina, se encuentran toxinas, que incluyen glucósidos cianogenéticos, saponinas, alcaloides, factores bociogénicos y factores tóxicos que producen latirismo, favismo y lupinus (3, 4, 48). Otros inhibidores de enzimas, ácido dejencólico y ácido cianhídrico, han sido también observados (8, 35). Estos factores han sido poco estudiados y pueden ser tanto termolábiles como termoestables (28).

Se ha llegado a establecer la presencia de estos compuestos, a través de estudios con ratas alimentadas con dietas a base de frijol crudo. Los animales demostraron que dichas dietas contenían principios tóxicos que no eran iguales ni a la fracción antitríptica ni a la hemaglutinante (30). La multiplicidad de efectos tóxicos de las leguminosas en pollos es también una evidencia de la presencia de estos factores (51).

Causas o factores que dificultan el estudio de las fracciones tóxicas.

El estudio in vitro de las leguminosas sobre el efecto que todos estos factores tóxicos tienen en la dieta, es todavía objeto de controversia, y a pesar de las numerosas publicaciones, el progreso es lento, situación que puede deberse a varios factores:

a) Es difícil aislar en cantidades suficientes fracciones purificadas con únicamente una actividad bioquímica.

b) Una fracción purificada, que para su estudio se incorpora a una dieta no tóxica, puede tener un efecto diferente que el de una combinación de principios activos que se encuentran en forma natural en las semillas.

c) Las fracciones usadas no se definen lo suficiente con respecto a sus diferentes actividades bioquímicas, ya que las actividades bioquímicas y biológicas varían considerablemente entre especies y aun entre variedades (42).

Efecto de cocción sobre el valor nutritivo y los factores tóxicos de las leguminosas

En el frijol crudo y en otras leguminosas existe un factor termolábil que impide el crecimiento normal de ratas que ingieren una dieta adecuada. Además se ha observado una baja digestibilidad de la dieta, no únicamente de proteína, sino también de grasa. Los factores que ocasionan este estado pueden ser las fracciones tóxicas presentes, que son destruídas en su mayoría por un tratamiento de cocción (41).

En realidad este concepto de cocción ha sido bastante revisado y se nota que mejora marcadamente el valor de las leguminosas (28, 38, 41, 48).

El grado de mejoramiento del valor nutritivo por el tratamiento con calor, depende de la temperatura, tiempo de calentamiento y condiciones de humedad (48). Debido a los abundantes estudios al respecto, el tipo de tratamiento de cocción varía bastante de autor a autor, por lo cual se ha dificultado la estandarización de este proceso, sin embargo, algunos autores coinciden en sus puntos de vista y se hará a continuación una revisión.

Remojo

Muchos autores concuerdan que previo a la cocción de las leguminosas es aconsejable y recomendable someterlas a un proceso de remojo (4, 26, 29, 43, 48). Las causas por las que se debe realizar este paso, son que, en primer lugar, no hay pérdida de nutrientes, y en segundo lugar que durante el remojo se pierden muchas sustancias tóxicas, sobre todo cuando se cambia el agua de remojo, y además este tratamiento causa un cierto ablandamiento, por lo que las condiciones de cocción son menos drásticas. Hay una ligera variación en cuanto al tiempo de remojo, pero la práctica mas común ha sido remojar toda la noche (16 a 18 horas) (4, 7, 29).

Cocción

Con respecto a la cocción propiamente dicha, Bressani y col. (13) han recomendado autoclavear a 16 lb de presión y 121° C por períodos de tiempo que pueden ir de 10 a 30 minutos. Un calentamiento por un lapso mayor de tiempo provoca una disminución del valor nutritivo de la proteína, pues causa cambios en el contenido de aminoácidos esenciales, demostrándose que el contenido de lisina disponible disminuye conforme aumenta el tiempo de cocción.

Kakade y Evans (43) efectuaron el tratamiento de cocción del frijol blanco, a 121 °C por 5 minutos en autoclave notando que las ratas alimentadas con esta leguminosa cocida

ganaron peso y no murieron; un calentamiento mayor de ese tiempo no promovió tan buen crecimiento y se notó una destrucción o inactivación de algunos aminoácidos esenciales en estos frijoles sobrecalentados.

Liener (51), estudiando el efecto de la cocción en pollos ha notado que si el frijol se autoclavea a 121 °C por 30 minutos mejora marcadamente el aumento de peso con respecto a la dieta cruda, eliminándose también el aumento de peso del páncreas, producto de la dieta cruda.

Braham y col (10) encontraron que la temperatura óptima de cocción para el gandul (Cajanus indicus) fue de 20 minutos a 121 °C y 16 lb de presión, y un tiempo mayor de calentamiento disminuyó el valor nutritivo de esta leguminosa.

Jaffé (29) ha recomendado poner las semillas de leguminosas, después del remojo, 30 minutos en autoclave ya que de esta manera se destruyen los principios tóxicos, principalmente de ejotes y Hyacinth, que no se destruyen si el material se autoclavea en seco.

Además del efecto que tiene el tratamiento de cocción sobre los factores tóxicos, también disminuye la disponibilidad de algunos aminoácidos como lisina y cisteína (4), e interviene en la digestibilidad de la proteína incrementándola considerablemente (10, 36, 48). Jaffé (36) observó que las leguminosas con actividad más alta de inhibidor de tripsina fueron también aquellas que in vivo mejoraron más su digestibilidad por el cocimiento. Esto puede ser debido a que el inhibidor es rico en cistina y al someterlo a cocción pierde su actividad y en consecuencia hay mayor disponibilidad de este aminoácido azufrado (29, 61). Un caso notable es el caupí (Vigna sinensis), el cual puede añadirse a mezclas vegetales ya sea en forma cruda o cocida y no causa efectos tóxicos (20). La suplementación con metionina incrementa el valor del caupí, tanto en forma cruda como cocida sin haber diferencias significativas (56).

El tratamiento de cocción puede afectar también el contenido vitamínico de las leguminosas, por ejemplo, se ha notado una disminución en la cantidad de tiamina (21) sobre todo bajo dos condiciones muy especiales como son, cuando se trata con agua hirviendo para producir un ablandamiento más rápido (4) y cuando se cocina, con el mismo fin, añadiendo bicarbonato de sodio (37).

Disponibilidad de aminoácidos

Uno de los factores que afecta el valor nutritivo de las proteínas es la disponibilidad biológica de los aminoácidos. La disponibilidad de aminoácidos puede ser definida como la cantidad de aminoácidos que está presente en el alimento y que puede ser utilizada para síntesis proteica en el organismo. Esta definición se puede aplicar también para situaciones en las cuales la falta de esta utilización es debida a una digestibilidad incompleta o retardada, o porque los nutrientes son absorbidos en forma inactivada (24).

Causas de la reducción de la disponibilidad de aminoácidos

a) Una de las razones principales de la reducción de la disponibilidad de aminoácidos es la baja digestibilidad del alimento. En general las proteínas animales son completamente mas digeribles que las proteínas vegetales, porque éstas contienen celulosa indigerible en las paredes celulares.

b) En algunos casos los azúcares unidos a los grupos aminos aparentemente interfieren con la hidrólisis de aminoádos adyacentes.

c) En el caso de leguminosas, se sabe que éstas contienen inhibidores de enzimas digestivas.

d) Con un incremento en el tiempo de tratamiento con calor, la proporción de proteínas no digerible se eleva y la cantidad de aminoácidos libres disminuye. Los aminoácidos más sensibles a la destrucción por el calor son la lisina, la cisteína, la arginina y la histidina.

e) El calentamiento de la proteína en presencia de glucosa causa una disponibilidad reducida de la mayoría de los aminoácidos, pero el efecto se nota más marcadamente con la lisina (5).

La reacción entre la lisina de la proteína y los azúcares durante el calentamiento, es acompañado por un desarrollo de productos coloreados, y es la llamada reacción de Maillard. Probablemente la mayoría de los aminoácidos libres reaccionan con los acúcares reductores durante el calentamiento. Igualmente se ha informado que las interacciones entre la proteína y los lípidos en la harina de pescado reducen la digestibilidad y disponibilidad de la lisina (5).

Mejoramiento del valor nutritivo

Se ha notado que el valor nutritivo de las leguminosas se incrementa mediante un proceso de cocción, aunque puede haber otras formas de mejorar dicho valor nutritivo. Una de ellas es agregar a estas leguminosas los aminoácidos en que son deficientes (28), o bien mediante la suplementación con otros productos tales como los cereales (32, 58), lo que se traduce en un valor biológico de la mezcla superior al de cada uno de los ingredientes por sí solo.

Suplementación con aminoácidos

Bressani y col (13) encontraron que el valor biológico de las leguminosas se incrementaba al agregar 0.2o/o de metionina a la dieta.

Otros autores han sugerido la adición de metionina al 0.3o/o (34, 54), con lo cual se aumenta el consumo de alimento, retención de nitrógeno y la ganancia de peso en ratas. Para incrementar el valor nutritivo del gandul es necesario añadir al mismo tiempo triptofano y metionina, que son los dos aminoácidos igualmente deficientes en esta leguminosa (10, 28, 34).

La efectividad de los aminoácidos añadidos, aparentemente consiste en su habilidad para sintetizar las proteínas endógenas secretadas por el páncreas y perdidas en las heces (48).

Bricker y Mitchell (16), han encontrado que las necesidades del hombre con respecto a metionina y cistina son considerablemente más bajas que las de la rata, y las proteínas que tienen esta deficiencia suelen tener un valor biológico más alto en el hombre.

Suplementación con cereales

La suplementación con cereales se considera el método más apropiado para mejorar la calidad de las leguminosas; su estudio ha recibido gran impulso, sobre todo en lo relativo a determinar cuál es la mezcla óptima entre ambos (15, 20, 32, 45).

Sin embargo, por el momento, es más importante encontrar la manera de producir mayores cantidades de frijol y aumentar su consumo (4, 11). Precisamente, la escasez de alimentos en países técnicamente subdesarrollados, como los centroamericanos en particular, se debe a la ausencia de prácticas agrícolas adecuadas, lo que redunda en una producción agronómica insuficiente (10).

Las investigaciones agronómicas y genéticas llevadas a cabo en semillas de leguminosas deberán considerar la selección de variedades con menor concentración de antimetabolitos, toxinas, factores de flatulencia y mayor aceptación por parte de la población (11). Es evidente que esta selección de leguminosas, así como su uso en la alimentación, van a depender de las condiciones prevalentes en cada país y aun de la situación regional existente dentro de un mismo país (32).

No existe duda de que su uso, sobre todo en la alimentación infantil de clases económicamente bajas, puede constituir un aporte significativo a la solución del problema de la desnutrición (32). Sin embargo, su utilización, ya sea como tal o en forma de productos suplementados para la nutrición humana, y principalmente la infantil, requiere un cuidadoso control para evitar posibles accidentes (29).

III. PROPOSITOS

1) Determinar las condiciones óptimas de cocción que permitan mejorar el valor nutritivo de algunas leguminosas de grano (frijol negro de enredo, caupí, gandul, frijol negro de cáscara opaca, frijol rojo y frijol blanco), y que dichas condiciones óptimas sean a la vez convenientes a la industria alimenticia.

2) Desarrollar una técnica de experimentación que permita determinar la actividad de los factores tóxicos residuales, después de los tratamientos ensayados.

IV. MATERIALES Y METODOS

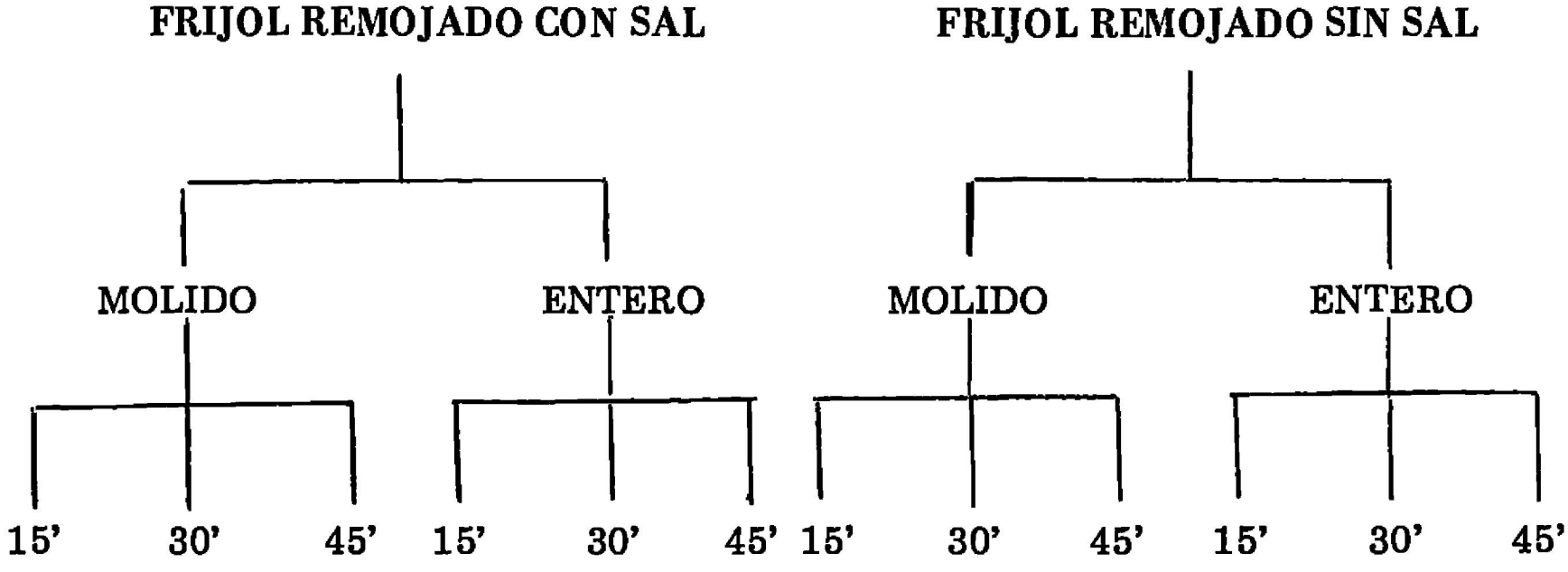
1. Materiales

Se estudiaron seis muestras locales de frijol de diferentes variedades:

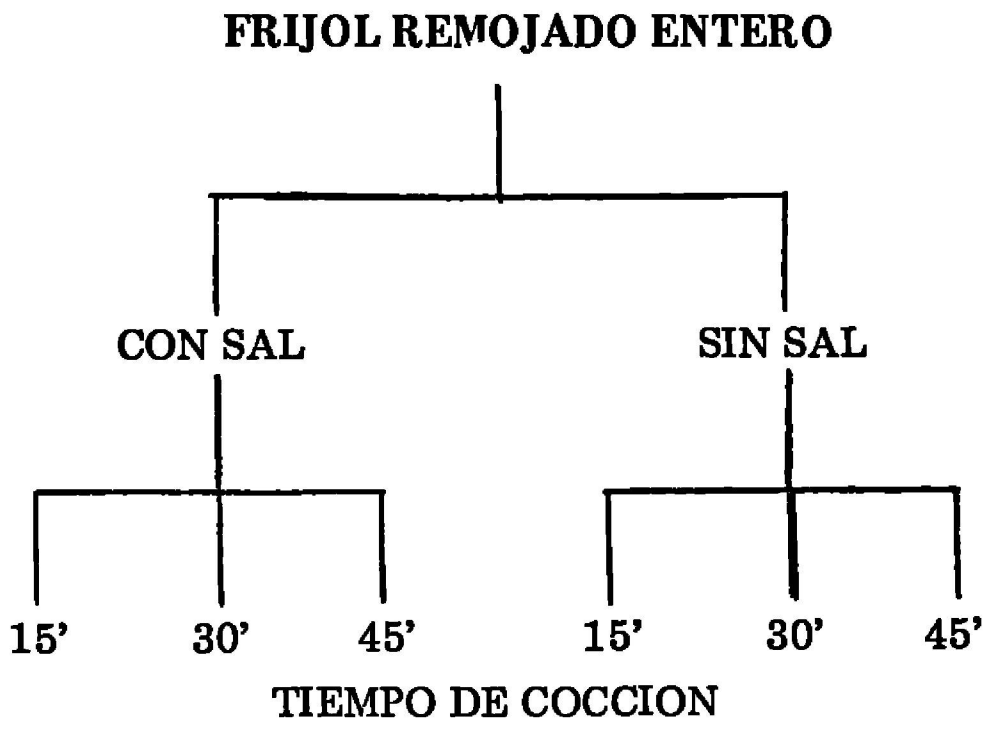
1)	Frijol negro de enredo	**(Phaseolus vulgaris)**
2)	Caupí	**(Vigna sinensis)**
3)	Gandul	**(Cajanus cajan)**
4)	Frijol negro de cáscara opaca	**(Phaseolus vulgaris)**
5)	Frijol rojo	**(Phaseolus vulgaris)**
6)	Frijol blanco	**(Phaseolus vulgaris)**

Los dos primeros fueron cultivados en la finca experimental del INCAP, y los restantes se obtuvieron en mercados públicos de la ciudad de Guatemala.

El frijol negro de enredo, el caupí y el gandul se sometieron al siguiente modelo de estudio:



En las muestras restantes, y debido a los resultados adversos que se notaron en el frijol molido, se optó por suprimir esta última condición de trabajo, por lo cual el esquema puede representarse como sigue:



1.1 Preparación de la muestra

El frijol se sometió inicialmente a un tratamiento de limpieza con aire; el que se usó como "molido" se molió en un molino tipo Raymond con un tamiz de malla número 40. Ambos frijoles, molido y entero, se remojaron durante 18 horas en agua con una relación sólido: líquido de 1:3. Finalizado el remojo, y sin remover el agua, las muestras se sometieron a cocción, adicionando sal a las muestras de frijol que así lo requerían de acuerdo al modelo de estudio. La concentración de cloruro de sodio que se agregó fue de 20 gramos por 0.5 kg de frijol seco, molido o entero. Esta concentración de sal se adoptó como patrón por ser la más aceptada organolépticamente por el grupo de panelistas escogidos para ese efecto. Los recipientes utilizados para la cocción fueron de acero, cilíndricos con una altura de 50 cm y un diámetro de 30 cm La cocción se realizó en condiciones estándar de autoclave a 121 ^{o}C y 15 lb de presión.

Los frijoles cocidos (sólo en los frijoles cocidos enteros se descartó el agua de cocimiento) se secaron en un secador de bandejas con aire caliente, a temperaturas de 60 - 70 ^{o}C. Posteriormente se molieron nuevamente en el mismo molino y con el mismo tamiz, siendo ésta la materia prima de la cual se partió para los estudios químicos y biológicos.

2. Métodos

2.1. Químicos

2.1.1. Análisis proximal

Se siguieron los métodos descritos en el AOAC (2) para proteínas, cenizas, extracto etéreo, humedad y fibra cruda; los carbohiddratos se obtuvieron por diferencia. Este análisis se realizó en todas las muestras.

2.1.2. Análisis de aminoácidos

La determinación del contenido de aminoácidos se realizó por hidrólisis ácida, y se analizaron en un autoanalizador de aminoácidos de la casa "Technicon". Este análisis sólo se efectuó en el caupí, gandul y frijol negro de enredo crudo.

2.1.3. Actividad antitríptica

Se midieron los inhibidores de tripsina presentes en las muestras crudas por el método descrito por Kakade y col. (44) utilizando BAPA como sustrato. El análisis se realizó en todas las muestras y la variabilidad con respecto al promedio se expresó como Sx (error estándar).

2.1.4. Actividad tóxica residual

Para este análisis se midió la actividad de los inhibidores de tripsina remanentes después de los diferentes tratamientos de cocción para el frijol negro de enredo, caupí y gandul por la misma técnica descrita anteriormente. La variabilidad con respecto al promedio se expresó como Sx (error estándar).

2.1.5 Digestibilidad in vitro

La digestión de la muestra se efectuó con pepsina según el método descrito en el AOAC (2). Esta determinación se realizó para el frijol negro de enredo, caupí y gandul crudos y con sus diferentes tratamientos de cocción.

2.1.6 Lisina disponible

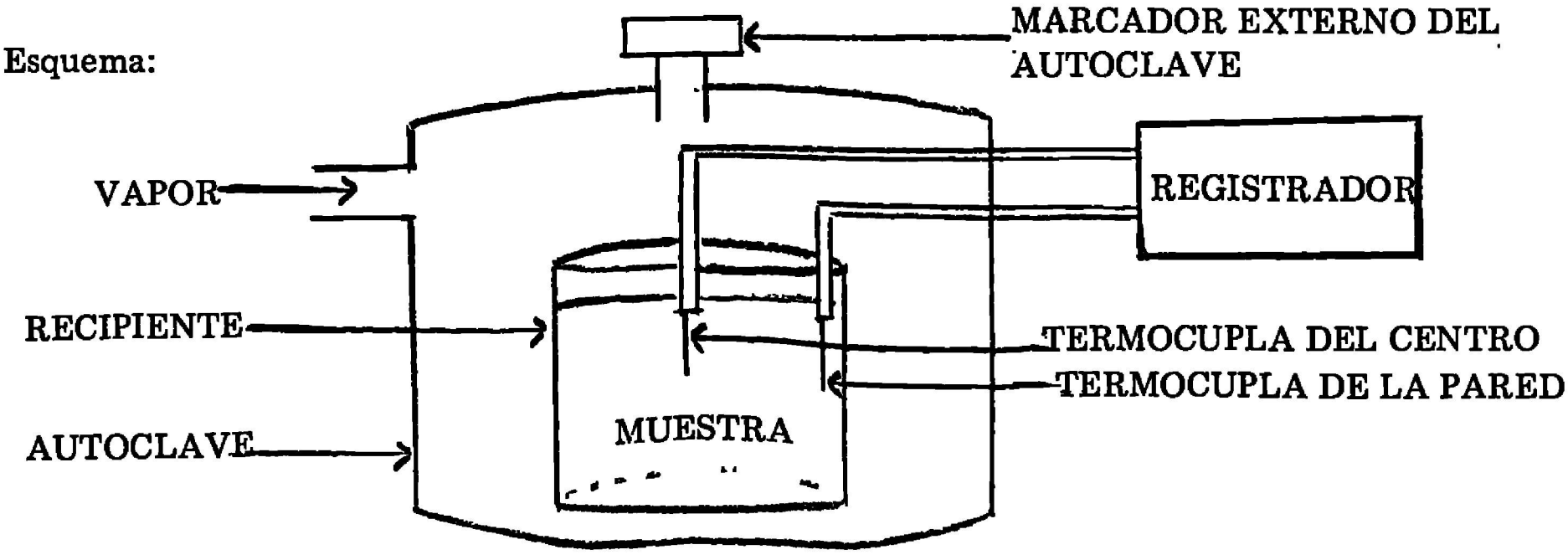
Se siguió el método de Carpenter (18) para esta determinación, y se efectuó únicamente en el caupí crudo, molido y cocido.

2.2 Físicos

2.2. Transferencia de calor

Este ensayo se hizo con el objeto de conocer el grado de transferencia de calor a las diferentes partes de la masa del frijol. El procedimiento utilizado fue el siguiente: El frijol molido y entero, se remojó en agua durante 18 horas usando una relación sólido: líquido de 1:3, en recipientes cilíndricos de acero, con una altura de 20 cm. y un diámetro de 10 cm. La transferencia de calor se midió por termopares o termocuplas conectadas a un registrador, que señalaban a diferentes intervalos de tiempo la temperatura interna de la masa calentada. Un termopar se colocó en el centro del recipiente, a la altura del punto mas frío, y el otro en la pared del recipiente, el cual se colocó dentro del autoclave y se procedió a cocer el frijol.

Esquema:



El tiempo de cocción se empezó a tomar a los 15 minutos cuando los marcadores externos del autoclave marcaban 121 °C y 15 lb de presión.

3. Biológicos

3.1 Preparación de las dietas.

Para preparar las dietas, se utilizó el frijol cocido y seco, como ya se describió anteriormente. Este material suministró la fuente proteínica. Se elaboraron raciones conteniendo 10o/o de proteína, a partir de la siguiente fórmula:

Material	o/o
Frijol	10.0
Sales minerales (1)	4.0
Aceite de soya	5.0
Aceite de bacalao	1.0
Almidón (c.s.p.)	00.0
Solución de vitaminas (2)	5 ml/100 de dietas.

Todas las dietas ya preparadas se analizaron para determinar su contenido de nitrógeno.

3.2 Indice de eficiencia proteínica y coeficiente de digestibilidad aparente

Para este ensayo se utilizaron ratas recién destetadas, de la raza Wistar de la colonia animal del INCAP. Cada grupo estaba integrado por seis ratas, tres machos y tres hembras, cada una colocada en una jaula individual con comida y agua "ad libitum".

Las ratas y el alimento ingerido se pesaron semanalmente, durante cuatro semanas, para la determinación del índice de eficiencia proteínica. El coeficiente de digestibilidad aparente, se determinó durante siete días adicionales en las mismas ratas, recolectando las heces y pesando el alimento ingerido diariamente. A las heces después de deshidratarlas se les determinó el contenido de nitrógeno.

Fórmulas:

$$\text{Indice de Eficiencia Proteínica (IEP)} = \frac{\text{Peso ganado}}{\text{Proteína ingerida}}$$

$$\text{o/o Digestibilidad (aparente)} = \frac{I_N - F_N}{I_N}$$

donde:

I_N = Nitrógeno ingerido

F_N = Nitrógeno fecal

1. Hegsted, D.M.; R.C. Mills, C.A. Elvehjem y E.B. Hart. "Choline in the nutrition of chicks". J. Biol. Che., 138: 459-466. 1951.

2. Manna, L. y S.M. Hauge. "A posible relationship of vitamin B_{13} to orotic acid". J. Biol. Chem., 202:91-98. 1953.

Como control para ambos, se utilizó un grupo con caseína al 10o/o de proteína. La variabilidad con respecto al promedio se expresó como S_x (error estándar).

3.3 Páncreas

Después de la semana de digestibilidad, las ratas se sacrificaron con cloroformo y se extrajo el páncreas para obtener la relación del peso del órgano con respecto al peso corporal. Asimismo, se determinó el índice de crecimiento pancreático por medio de la fórmula siguiente:

$$\text{Indice de Crecimiento pancreático (ICP)} = \frac{\text{Ganancia de peso}}{\text{Peso del páncreas X 100}}$$

La caseína se usó nuevamente como control y la variabilidad con respecto al promedio se expresó como S_x (error estándar)

Alimento ingerido y ganancia de peso

Se midió la cantidad de alimento ingerido y la ganancia de peso en todas las muestras con sus respectivos tratamientos. La variabilidad con respecto al promedio se espresó como S_x (error estándar).

V. R ESULTADOS

1. Químicos.

Los resultados obtenidos en el análisis proximal se presentan en el Cuadro No.1. Puede observarse que las diferentes leguminosas de grano estudiadas son muy similares en su composición, y sólo el frijol negro de enredo mostró un contenido de humedad más alto (17.7) en comparación con las demás muestras. El extracto etéreo fue muy bajo en todos los casos lo que concuerda perfectamente con lo informado en la literatura (34). El contenido de carbohidratos fue muy similar en todas las muestras, y en lo referente al contenido de proteína se puede observar que los valores caen dentro de los límites establecidos en la literatura (4, 11, 12, 34, 52), siendo el frijol blanco (23.0) y el caupí (22.9) los que presentaron el contenido más elevado. La fibra crudà se considera normal, excepto para el gandul que dio un valor ligeramente alto (7.68o/o).

En el Cuadro No.2, se sumarizan los resultados de los análisis de los aminoácidos realizados en el frijol negro, caupí y gandul. Se observa que el frijol negro de enredo presenta un-contenido de lisina ligeramente superior al informado por Bressani y Elías (14), en cambio la metionina (1.07 g aa/16 g N) concuerda perfectamente con los valores encontrados por estos investigadores en el frijol común (Phaseolus vulgaris). El caupí y el gandul presentan valores inferiores de lisina comparados con el frijol común, sin embargo son superiores a los establecidos por la FAO. El contenido de metionina de estas dos leguminosas es superior al del frijol común, pero las tres leguminosas presentan valores de metionina inferiores a los establecidos por la FAO, resultados que están de acuerdo con lo que se ha informado en la literatura (12, 15, 21, 29, 34, 43). Es conveniente hacer notar que el gandul dió valores más bajos con respecto al frijol negro de enredo y al caupí, en la mayoría de los aminoácidos

En el Cuadro No 3 se presentan los resultados de los inhibidores de tripsina en diferentes elguminosas de grano crudas. Se observa que el frijol negro de enredo con 31.9 unidades de tripsina inhibidas (TUI/m1), es el que contiene una concentración más elevada de ellos; el gandul y el frijol rojo presentan valores de 20.91 y 20.04 TUI/ m1 respectivamente, mientras que el frijol blanco y el caupí son los que presentaron un menor contenido de ellos (9.56 y 6.66 TUI/m1 respectivamente).. Es interesante hacer notar que aun dentro de una misma variedad de frijol (Phaseolus vulgaris) existan diferentes concentraciones de inhibidores de tripsina, como se puede ver en este Cuadro.

En los Cuadros Nos. 4 y 5 y Figuras Nos. 1, 2 y 3 se muestran los resultados de los inhibidores de tripsina remanentes después de someter a las leguminosas a los diferentes tratamientos de cocción para su consumo. En todos los casos se nota el efecto de la destrucción de este compuesto por la cocción, sin embargo en el frijol negro de enredo molido se encuentran valores bastante elevados (25.3 TUI/m1 a los 45 minutos de cocción sin sal), notándose que la destrucción ha sido mínima; en cambio en el frijol entero hubo una gran destrucción de ellos (4.1 TUI/m1 a los 45 minutos de cocción sin sal). Con respecto al caupí molido y entero, la destrucción de estos inhibidores fue muy similar, y a pesar de su bajo contenido de ellos en estado crudo, se observa que siempre permanece una cantidad que no parece ser destruída por los diferentes tratamientos de cocción que se efectuaron. En el gandul se destruye un gran porcentaje de los inhibidores de tripsina, siendo mayor en el entero que en el molido.

Al efectuar los análisis estadísticos no se encontró que el tiempo de cocción tuviera un efecto significativo en la destrucción de los inhibidores de tripsina. Solamente en el caso del caupí (molido y entero) la adición de sal aumentó significativamente la destrucción de los inhibidores de tripsina ($P \leq 0.05$).

Los porcentajes de destrucción de los inhibidores de tripsina durante la cocción se presentan en el Cuadro No.6, observándose siempre una mayor destrucción en el frijol entero cocido que en el frijol molido cocido.

Los resultados del coeficiente de digestibilidad "in vitro" se presentan en los Cuadros Nos. 7 y 8. En el caso de las muestras molidas y cocidas, los valores máximos de digestibilidad fueron de 87.9 y 90.7 para el frijol negro de enredo y el gandul cocidos sin sal por 15 minutos respectivamente, y de 86.9 para el caupí cocido con sal por 30 minutos. Se nota en los valores de este cuadro que no hay diferencias significativas entre la leguminosa entera y molida, o entre los diferentes tiempos de cocción; asimismo, no se encontró que la sal tuviera ningún efecto significativo sobre este parámetro, excepto en el caso del caupí molido sin sal con el cual se obtuvieron resultados inferiores (79.3, 65.3, 54.8) cuando se comparan con el caupí molido con sal (86.6, 86.9, 80.8). También se puede observar que el coeficiente de digestibilidad "in vitro" para el frijol crudo es más alto y tiende a disminuir ligeramente conforme aumenta el tiempo de cocción.

El contenido de lisina disponible se determinó únicamente en el caupí crudo y en el molido y cocido, y los resultados se presentan en el Cuadro No.9. Los valores encontrados para el caupí crudo (6.29 g/16 g N) están de acuerdo a lo informado por Ruiloba (19). Para el caupí cocido sin sal se obtuvieron valores de 3.406, 2.401 y 1.995 g/16 g N de lisina disponible a los 15, 30 y 45 minutos de cocción respectivamente. En cambio en el caupí cocido con sal se encontraron valores de 5.414, 5.833 y 2.936 g/16 g N de lisina disponible, para los mismos tiempos de cocción mencionados anteriormente. En general, se puede decir que en el caso del caupí cocido sin sal, se observó que el contenido de lisina disponible disminuyó significativamente conforme aumentó el tiempo de cocción, siendo mayor la disminución que en el caupí cocido con sal. En este último tratamiento se puede notar que a los 15 y 30 minutos de cocción no hay una disminución significativa en la disponibilidad de lisina, en cambio a los 45 minutos se nota una disminución significativa; sin embargo el contenido de lisina es superior al que se encontró en esta leguminosa cocida sin sal. Estos resultados están de acuerdo a los informados por Bressani y Elías (14), que indican que a medida que aumenta el tiempo de cocción hay una menor disponibilidad de aminoácidos, debido principalmente a la reacción de Maillard.

2. Físicos

En el Cuadro No.10, se presentan los resultados del grado de transferencia de calor para diferentes leguminosas de grano molidas y enteras a 0, 15, 30 y 45 minutos de cocción. El tiempo cero se tomó a los 15 minutos de haber encendido el autoclave cuando los marcadores señalaban 15 lb de presión y 121 ^{o}C. Como se puede observar, la temperatura máxima obtenida en el centro de la masa a los 45 minutos de cocción para las leguminosas molidas fue de 74.0, 56.5 y 61.5 para el frijol negro de enredo, el caupí y el gandul respectivamente, en cambio en los frijoles cocidos enteros, la temperatura en el centro de la masa a los 15 minutos de cocción fue de 117.0, 117.0 y 117.5 ^{o}C para las mismas leguminosas respectivamente. Es de hacer notar

que la temperatura en la masa cercana a la pared a los 45 minutos de cocción alcanzó valores superiores a 115 °C, excepto en el caso del frijol negro de enredo molido, en el que la temperatura fue de 105 °C.

De una manera general podemos decir que en las leguminosas molidas la transferencia de calor hasta el centro de la masa es deficiente, alcanzando una temperatura muy inferior a la necesaria para inactivar los inhibidores de crecimiento, aun a los 45 minutos de cocción. En cambio, la temperatura que se alcanza en la masa cercana a la pared del recipiente es superior a la que se obtiene en el centro, pero aún son temperaturas inferiores a las que se alcanzan al cocer las leguminosas en forma entera..En la **Figura No.4** se presentan los valores de trasmisión de calor para el frijol negro de enredo molido y entero, proceso que fue similar para el resto de las leguminosas, y con las cuales se obtuvieron resultados semejantes.

3. Biológicos

En los Cuadros Nos. 11 y 12 se presentan los resultados del índice de eficiencia proteínica (IEP) para las diferentes leguminosas de grano estudiadas. Con el frijol negro de enredo molido (con y sin sal) se obtuvo un índice negativo para todos los tiempos de cocción, de tal manera que a los 15 minutos de cocción sin sal no fue posible obtener ningún dato, debido a la mortalidad total observada en los animales de experimentación, efecto que se observó también, aunque en menor grado, en los diferentes tratamientos de esta leguminosa molida. El IEP negativo que se obtuvo con ésta y las demás leguminosas molidas, se debe a la pérdida de peso que se presentan en los animales de experimentación. Con el frijol negro de enredo entero, se encontraron valores considerados dentro de lo normal, existiendo una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$) con respecto al frijol molido. No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de cocción, ni por la adición de sal a esta leguminosa, excepto cuando se coció con sal por 15 minutos. En esta condición de procesamiento se obtuvo el valor máximo de IEP que fue de 1.30.

Con el caupí molido también se encontraron valores negativos, pero en ningún caso hubo mortalidad, y todos los valores resultaron inferiores con respecto a los que se encontraron para el caupí entero con una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). Se nota que el índice de eficiencia proteínica tiene valores más altos a menor tiempo de cocción, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de cocción. Con esta leguminosa se nota que la sal mejora significativamente este índice ($P \leq 0.05$). También en este caso, el valor máximo del IEP (1.44), se encontró en la muestra cocida con sal por 15 minutos.

Con el gandul, a pesar de los valores negativos encontrados, tampoco hubo mortalidad, y nuevamente se puede observar que los resultados obtenidos con el gandul molido son inferiores a los que se obtienen con el entero, existiendo entre ellos una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de cocción, ni por la adición de sal. Nuevamente, el mejor IEP (2.09) se obtuvo con la muestra entera cocida con sal por 15 minutos.

Debido a los resultados adversos que se obtuvieron con el frijol negro de enredo, el caupí y el gandul molidos, las siguientes leguminosas (frijol negro de cáscara opaca, frijol rojo y frijol blanco) sólo se procesaron en forma entera a diferentes tiempos de cocción, con y sin sal.

Con el frijol negro de cáscara opaca, no se observó que el IEP variara significativamente para los diferentes tiempos de cocción, ni que la adición de sal tuviera un efecto significativo sobre este índice, encontrándose el valor máximo (0.94) a los 30 minutos de cocción con sal y el mínimo (0.69) a los 45 minutos de cocción sin sal.

Con el frijol rojo se observó que la sal mejoró significativamente el IEP con respecto al frijol sin sal ($P \leq 0.05$), igualmente se notó que el índice de eficiencia proteínica disminuía conforme aumentaba el tiempo de cocción, siendo significativamente ($P \leq 0.05$) mejor a los 15 y 30 minutos con respecto al de 45 minutos, sobre todo en el frijol sin sal, donde los valores obtenidos fueron de 1.20, 0.75 y 0.46 para 15, 30 y 45 minutos de cocción respectivamente.

Con el frijol blanco el IEP disminuyó conforme aumentó el tiempo de cocción, siendo mejor significativamente ($P \leq 0.05$) a los 15 minutos que a los 30 y 45 minutos de cocción; la adición de sal no mejoró significativamente este índice. Con esta leguminosa el valor máximo de IEP se encontró en el frijol sin sal entero, cocido por 15 minutos (1.54).

Comparando el índice de eficiencia proteínica de las diferentes leguminosas cocidas en forma entera, con y sin sal en los tres tiempos de cocción, se encontró que el promedio de IEP para el gandul fue el más alto (1.84), difiriendo significativamente ($P \leq 0.05$) de las demás leguminosas; para el caupí fue de 1.24, para el frijol blanco 1.23, frijol rojo 1.00, frijol negro de enredo 0.96 y para el frijol negro de cáscara opaca de 0.86.

Los resultados de la determinación del coeficiente de digestibilidad aparente "in vivo", se resumen en el Cuadro No.13. Se puede observar que la mortalidad de las ratas en el caso del frijol negro de enredo es bastante elevada, por lo que sólo se presentan datos de los animales que sobrevivieron, siendo el valor máximo de 44.9 para el frijol cocido con sal por 30 minutos. En general, se puede notar que todas las leguminosas molidas presentan valores que son menores significativamente ($P \leq 0.05$) a los obtenidos en forma entera. En cuanto al efecto de la cocción, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de cocción en el frijol negro de enredo, en el caupí y en el gandul, asimismo la adición de sal en el caupí y en el gandul (molidos y enteros) no modificó significativamente este coeficiente, pero en el frijol negro de enredo entero, la adición de sal disminuyó significativamente ($P \leq 0.05$), el coeficiente de digestibilidad.

Los resultados promedios del coeficiente de digestibilidad "in vivo" para estas leguminosas enteras resultaron superiores a los informados en el frijol común por Bressani y Elías (14), siendo el gandul (77.7) y el caupí (76.2) mejores significativamente ($P \leq 0.05$) que el frijol negro de enredo (72.1).

El índice de crecimiento pancreático (ICP) es un parámetro que se determinó en este estudio con el objeto de poder relacionar el crecimiento del páncreas con la cantidad de factores tóxicos presentes en las leguminosas, ya que en la literatura (6, 33, 55) se ha mencionado constantemente que los factores tóxicos presentes en las leguminosas, tales como inhibidores de tripsina y hemaglutininas, provocan una hipertrofia de este órgano. Debido a que este índice se calcula utilizando la razón ganancia de peso/peso de páncreas, se asume que conforme mayor es el ICP menor es la cantidad de inhibidores de crecimiento en la leguminosa que se está evaluando.

En el Cuadro No.14 se presentan los resultados obtenidos al calcular este índice, notándose que las leguminosas molidas arrojan un índice negativo debido a la pérdida de peso, siendo estos valores muy inferiores cuando se comparan con los obtenidos con la leguminosa entera ($P \leq 0.01$).

Con el frijol negro de enredo, caupí, gandul, frijol rojo y frijol negro de cáscara opaca, no se encontraron diferencias significativas con este índice, para los diferentes tiempos de cocción. Solamente en el caso del frijol blanco sin sal, se encontró un ICP significativamente ($P \leq 0.05$) más alto (1.64) a los 15 minutos de cocción que a los 30 (1.07) y 45 (1.05) minutos.

El efecto beneficioso de la adición de sal sólo se notó en el frijol rojo, en el cual se observó una mejora significativa ($P \leq 0.05$) en este índice (1.48) con respecto al frijol rojo sin sal (0.89).

En los cuadros Nos. 15, 16 y 17 se presentan los resultados de la ganancia de peso y del alimento ingerido con las leguminosas estudiadas bajo los difernetes tratamientos. Como se puede observar, la ganancia en peso mostró las mismas tendencias encontradas para el índice de eficiencia proteínica con respecto a los diferentes procesamientos a que fueron sometidas estas leguminosas.

En todas las pruebas biológicas se tomó como control a la caseína, y los resultados aparecen en la parte inferior de cada cuadro. Todos los resultados presentados en los cuadros son valores promedo de seis observaciones (excepto cuando se especifique lo contrario), y la desviación con respecto al promedio se expresó como el error estándar.

VI. DISCUSION

Los datos del análisis proximal resultaron semejantes a los que se han informado anteriormente (4, 34). Es necesario hacer notar que el contenido de humedad de estas leguminosas puede dificultar su conservación y disminuir su resistencia al biodeterioro, ya que se ha informado que un alto contenido de humedad inicial tiende a incrementar el tiempo de cocción (19).

Las leguminosas son ricas en lisina (12, 15) lo cual se comprobó en este trabajo, y los resultados encontrados también confirman que la metionina es el aminoácido más limitante, siendo aún más deficiente en el frijol negro de enredo. Es posible que por esta razón, se obtuvo un valor nutritivo inferior con esta leguminosa al obtenido con el gandul y el caupí.

El alto contenido de inhibidores de tripsina encontrado en el frijol negro de enredo, explica la elevada mortalidad observada en ratas por otros autores (13), cuando esta leguminosa es ofrecida en forma cruda. Otros resultados encontrados en la literatura han indicado que estos inhibidores de crecimiento pueden ser destruídos por medio de una cocción adecuada de las semillas enteras (13, 41, 43, 51).

Una de las hipótesis que se formuló para el presente trabajo de tesis fue que la molienda de la leguminosa, previo a la etapa de cocción, podría aumentar la destrucción de los inhibidores de crecimiento que éstas contienen, a través de una acción térmica más eficiente durante la cocción. Sin embargo, los resultados obtenidos no corroboraron esta hipótesis, ya que los datos químicos y bilógicos encontrados en este trabajo indican que el alto grado de mortalidad que se observó con el frijol negro de enredo molido y cocido, se debe al elevado contenido residual de estos inhibidores, que puede ser explicado por la deficiencia en la transferencia de calor a toda la masa de cocción, como puede observarse en la figura No. 4. En cambio en el frijol entero la destrucción de los inhibidores es mayor, y al mismo tiempo se puede observar que se realiza mejor la transmisión de calor en esta forma. Una posible explicación para este fenómeno es el hecho que el frijol molido forma grumos dentro del recipiente, que impiden que la transmisión de calor sea homogénea y llegue a las partes más internas de la masa de cocción. Esto no sucede con el frijol entero, ya que siempre existen entre las semillas pequeños espacios por los que el agua puede penetrar, y ser el principal vehículo para trasmitir el calor en todo el recipiente que contiene la muestra. A este respecto, un trabajo realizado por Elías y Huezo*, muestra que el frijol común molido (**Phaseolus vulgaris**) proporciona muy buenos resultados cuando se cuece en esta forma. Sin embargo, el proceso de cocción que ellos emplearon es diferente al que se utilizó en este trabajo. El método de deshidratación empleado fue por medio de un secador de rodillos, con lo cual se evita un sobrecalentamiento de la masa, y además ésta se calienta uniformemente lo que provoca una mayor destrucción de los factores tóxicos.

Con el caupí y el gandul se encontró que la destrucción de los inhibidores de tripsina se llevó a cabo, en su mayor parte, tanto en el molido como en el entero, y es posible que esto se deba al menor contenido que estas leguminosas presentan de estos factores en estado crudo, como se pudo constatar en los análisis químicos obtenidos.

* Luiz G. Elías y María Teresa Huezo (Científicos de la División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP). Comunicación personal. 1974.

En todos los resultados obtenidos en la determinación de inhibidores de tripsina, se nota que siempre se encuentra una cantidad remanente de ellos, sin importar el tratamiento a que se han sometido estas leguminosas. Esto parece indicar que existen factores tóxicos termoestables en ellas, lo cual puede inducir una menor digestibilidad y, por lo tanto, una disminución de su valor nutritivo.

Al analizar la disponibilidad de la lisina en el caupí crudo y molido, se encontró que es menor conforme aumenta el tiempo de cocción; esta disminución puede deberse a la reacción de Maillard (5), que consiste en la unión de los grupos amino libres de los aminoácidos de las proteínas, con los grupos aldehídos libres de los carbohidratos. Esta reacción dio como resultado que la harina obtenida de la cocción fuera más oscura que la del caupí crudo. La disminución en el contenido de lisina disponible se reflejó en los valores obtenidos con el caupí molido, tanto en el índice de eficiencia proteínica como en el coeficiente de digestibilidad "in vivo" e "in vitro".

Los resultados de la determinación del coeficiente de digestibilidad "in vitro" son más elevados que los obtenidos para el coeficiente de digestibilidad "in vivo", no encontrándose correlación alguna entre estos índices cuando se compararon las leguminosas en conjunto (frijol negro de enredo, caupí y gandul). Sin embargo, sí existió una correlación para las muestras individuales del frijol negro de enredo ($r = 0.74$) y caupí ($r = 0.75$) molidos y enteros. Estos resultados indican que no se puede utilizar la digestibilidad "in vitro" indistintamente como una indicación de la digestibilidad "in vivo" de la proteína de las leguminosas.

La digestibilidad "in vitro" no parece reflejar la cantidad de inhibidores de tripsina residuales que se encuentran en las leguminosas molidas, sin embargo, en el caupí molido, que presenta una baja cantidad de inhibidores de tripsina, se encontró que el coeficiente de digestibilidad "in vitro" se ve afectado por la disminución de lisina disponible, existiendo una correlación entre estos dos parámetros químicos ($r = 0.89$).

Es posible que se encontrara esta misma correlación para el gandul molido, pues su bajo contenido en inhibidores de tripsina no explica el bajo valor nutritivo encontrado en los ensayos biológicos. Lo mismo podría aducirse en el caso del frijol negro de enredo, a pesar de que en éste, el bajo valor nutritivo se deba posiblemente, no sólo a una disminución en calidad proteínica, sino también al elevado contenido de inhibidores residuales.

El índice de eficiencia proteínica (IEP) del frijol negro de enredo molido mostró resultados negativos, y la mortalidad en los animales de experimentación fue alta, debido, posiblemente, al gran contenido de inhibidores de tripsina residuales encontrados, efecto éste que no se notó en el frijol entero, además se observó un incremento en el IEP con respecto al molido. Los análisis estadísticos efectuados mostraron una alta correlación entre este índice y los inhibidores de tripsina residuales ($r = 0.85$) para el frijol negro de enredo tanto molido como entero, siendo mayor esta correlación en el caso del frijol molido.

Con el caupí molido también se encontraron valores muy bajos, incluso negativos. No obstante que existe una correlación entre el IEP y los inhibidores residuales ($r = 0.58$), no se debe a éstos los resultados tan bajos que se obtuvieron, ya que se ha informado que el caupí en estado crudo proporciona índices de eficiencia proteínica que no se diferencian significativamente de aquellos obtenidos con el cocido (32). Es por ello que los resultados obtenidos se deben más bien a que se redujo en algunos casos la disponibilidad de lisina en más

del 50o/o, existiendo una alta correlación (r = 0.89) entre el IEP y la disponibilidad de este aminoácido. El índice mejora marcadamente cuando el caupí se cuece en forma entera, dando resultados que están de acuerdo a los que se han mencionado en la literatura (12).

Con respecto al efecto benéfico de la sal sobre el valor nutritivo del caupí y del frijol rojo, no se puede, con los resultados obtenidos, ofrecer una explicación a estos hallazgos. Sin embargo, es posible que la calidad proteínica superior del caupí procesado se deba al mayor contenido de lisina disponible en el caupí molido y cocido con sal, al compararse con los resultados obtenidos para la misma leguminosa molida sin sal; asimismo, tampoco es posible ofrecer una explicación del efecto protector de la sal sobre la disponibilidad de lisina en las muestras de caupí molido.

El mejor índice de eficiencia proteínica obtenido a los 15 minutos de cocción para el frijol rojo y el frijol blanco, indica la necesidad de determinar el tiempo óptimo de cocción para las diferentes leguminosas de grano, con el propósito de mantener su máximo valor nutritivo.

Cuendo se comparó el IEP de todas las leguminosas enteras bajo los diferentes tratamientos, el gandul mostró el valor más alto, resultado éste que no está de acuerdo al que se ha informado en la literatura (10). Este hallazgo puede deberse a la variedad que se utilizó, por lo que se considera conveniente estudiar con más detalle esta leguminosa, para poder introducirla en la producción y consumo del área centroamericana.

Es de interés señalar que los valores de IEP mas bajos obtenidos corresponden a las leguminosas que más se consumen en Centro América y México (frijol rojo, frijol negro de enredo y frijol negro de cáscara opaca),. Por lo tanto, si se quiere mejorar el estado de nutrición inadecuada de la población, es necesario incrementar el valor nutritivo de estas leguminosas, lo cual puede lograrse mediante el mejoramiento de las técnicas agrícolas, o bien introduciendo nuevas variedades que contengan un mejor balance de aminoácidos esenciales, una mayor digestibilidad y un menor contenido de factores tóxicos.

Los resutlados obtenidos para el coeficiente de digestibilidad "in vivo", sugieren un efecto de los inhibidores de tripsina sobre la digestibilidad y el valor nutritivo de las proteínas del frijol, ya que se encontró una correlación entre los inhibidores de tripsina y la calidad proteínica, medida por el IEP, excepto para el caupí, debido al bajo contenido de inhibidores de tripsina encontrados para esta leguminosa. En este caso, la menor digestibilidad se debe a la menor disponibilidad de lisina en la leguminosa molida.

Al igual que para los IEP obtenidos, es de interés señalar que de estas tres leguminosas, el frijol negro de enredo resultó ser la que presentó el coeficiente de digestibilidad "in vivo" más bajo, que bien puede deberse al alto contenido de inhibidores residuales con los cuales existe una correlación significativa (r = 0.80).

El índice de crecimiento pancreático (ICP) proporcionó resultados que indican que este índice puede ser considerado como un buen parámetro para medir el contenido de inhibidores de tripsina en las leguminosas. Existe una alta correlación entre el ICP y el IEP (r = 0.92), pero también existe correlación entre el ICP y el contenido de inhibidores de tripsina medido por métodos químicos para el frijol negro de enredo (r = 0.91) y para el gandul (r = 0.72), por lo cual parece ser un indicador de la presencia de estos factores tóxicos, que pueden causar la hipertrofia pancreática que se ha descrito en la literatura (51). En el caso del caupí no existió

correlación debido, probablemente, al bajo contenido de estos factores tóxicos ya sea en el material crudo o cocido. Al efectuar los análisis estadísticos paraa las tres leguminosas en conjunto, sí se encontró correlación ($r = 0.68$) entre estos dos parámetros.

Es necesario obtener más datos sobre este índice para poder considerarlo con más detenimiento, sobre todo, es de gran importancia que se estandarice la disección del páncreas, ya que es éste el factor que más errores puede introducir en el cálculo del índice de crecimiento pancreático.

VII. SUMARIO

Con el objeto de determinar las condiciones óptimas de cocción del frijol negro de enredo, frijol negro de cáscara opaca, frijol rojo, frijol blanco, caupí y gandul, se cocieron en condiciones estándar de autoclave (121 °C y 15 lb de presión), durante 15, 30 y 45 minutos con sal y sin sal, y en forma molida y entera. A partir de estas muestras, que sirvieron como materia prima, se efectuaron diversos análisis químicos, físicos, biológicos y estadísticos, cuyos resultados se pueden resumir como sigue:

El análisis proximal y el de contenido de aminoácidos arrojaron valores normales y dentro de los límites establecidos en la literatura. Las leguminosas en estado crudo presentaron un contenido más elevado de inhibidores de tripsina que las cocidas molidas, y éstas a su vez contenían mayor cantidad que las cocidas enteras. El caupí resultó ser la leguminosa con menor contenido de estos inhibidores, y el frijol negro de enredo el de mayor contenido

Se encontró una deficiencia en la transferencia de calor para todos los frijoles molidos, notándose que en ellos la destrucción de inhibidores de tripsina fue menor que en los frijoles enteros, pues en éstos hubo buena trasmisión de calor. El frijol negro de enredo y el gandul molidos mostraron, por esta razón, valores muy bajos en lo relativo al índice de eficiencia proteínica y al coeficiente de digestibilidad. En el caupí molido, a pesar del poco contenido residual de inhibidores de tripsina, se nota, también, una disminución en el IEP y en el coeficiente de digestibilidad, lo que puede deberse a una disminucion en la disponibilidad de lisina, debida probablemente a que la cáscara puede tener un efecto protector durante la cocción.

Con respecto a las pruebas biológicas, se encontraron valores del índice de eficiencia proteínica muy bajos y, en algunos casos, negativos, para las leguminosas molidas, como consecuencia del elevado contenido residual de inhibidores de tripsina y de la disminución en la disponibilidad de lisina descrita en el párrafo anterior. El IEP mejora significativamente en los frijoles enteros. Entre las leguminosas el mejor IEP fue el del gandul, y los de menor índice fueron el frijol negro de enredo y el frijol negro de cáscara opaca. Con respecto al tiempo de cocción, se nota que el IEP del frijol blanco y del frijol rojo fue significativamente mejor a los 15 minutos que a los 30 y 45 minutos de cocción; en las demás leguminosas no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tiempos de cocción. La adición de sal mejoró significativamente el índice de eficiencia proteínica del caupí y del frijol rojo, mientras que en las otras leguminosas no se notó un efecto significativo por esta adición.

Los resultados de ganancia de peso y de alimento ingerido, fueron significativamente mayores en la leguminosa entera que en la molida, siguiendo estos parámetros la misma tendencia que el IEP mencionado anteriormente.

Se obtuvieron valores bastante elevados en lo relativo al coeficiente de digestibilidad "in vitro", no encontrándose una correlación entre esta medida química y el coeficiente de digestibilidad "in vivo". El coeficiente de digestibilidad aparente "in vivo" fue significativamente mayor en las leguminosas cocidas en forma entera, que en las cocidas en forma molida, siendo los valores más altos para el gandul y el caupí que para el frijol negro de enredo.

El índice de crecimiento pancreático proporcionó resultados semejantes a los que se obtuvieron con el IEP, con el que mostró una alta correlación. El ICP también correlaciona con el contenido de inhibidores de tripsina residuales de estas leguminosas en sus diferentes tratamientos de cocción, sugiriendo la posibilidad de que pueda utilizarse como un indicador de la presencia de inhibidores de tripsina residuales en leguminosas cocidas.

BIBLIOGRAFIA

1) Altschul, A.M. Processed plant protein foodstuffs. New York, Academic Press, Inc., 1958 pp. 717-735.

2) Association Official Agricultural Chemists, Washington, D.C. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. llth ed. Washington, D.C., 1970

3) Astrid, R. y María Angélica Tagle. "Latirismo" Nutr. Bromatol. Toxic., 5 (3): 75-80. 1966.

4) Aykroyd, W. R. y J. Doughty. Legumes in human nutrition" [Rome, Italy] FAO [1964] 138 p. (FAO, Nutrition Studies, No. 19).

5) Bigwood, E. J. "Availability of aminoacids in foods". In: International encyclopaedia of food and nutrition. Vol. 11, Protein and aminoacid functions. Oxford, Pergamon Press Ltd, 1972.

6) Booth, A.N.; D.J. Robbins y W.E. Ribelin. "Effect of raw soybean meal and aminoacid pancreatic Hypertrophy in rats". Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 104: 681-683. 1960.

7) Bourne, M. "Size, density and hardshell in dry beans". Food Tech., 21: 335-338. 1967.

8) Bowman, D.E. "Amylase inhibitor of navy beans". Science, 102: 358-359. 1945.

9) ————. "Fractions derived from soybean and navy bean which retard tryptic digestion of casein". Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 57: 139-140. 1944.

10) Braham, J.E.; R.M. Vela, R. Bressani y R. Jarquín. "Efecto de la cocción y de la suplementación con aminoácidos, sobre el valor nutritivo de la proteína del gandul (Cajanus indicus)". Arch. Venezolanos Nutr., 15: 19-32. 1965.

11) Bressani, R. "Perspectivas para otros alimentos". En: Conferencia [sobre] Mejoramiento Nutricional del Maíz. INCAP, Guatemala, 6-8 de marzo de 1972 [Guatemala, INCAP, 1972] pp. 297-317. (Publicación INCAP L-3).

12) ————.; L.G. Elías y Delia Navarrete. "Nutritive value of Central American beans. IV. The essential aminoacid content of samples of black beans, rice beans and cowpeas of Guatemala". J. Food Science, 26: 525-528. 1961.

13) Bressani, R.; L.G. Elías y Ana Teresa Valiente. "Effect of cooking and aminoacid suplementation on the nutritive value of black beans (Phaseolus vulgaris)). Brit. J. Nutr.,; 17: 69-78. 1963.

14) ————. y L.G. Elías. "Legume foods". In: New protein food. New York. Academic Press. 1974. (En prensa).

15) ————.; Ana Teresa Valiente y C.E. Tejada. "All-vegetable protein mixtures for human feeding. Vl. The value of combinations of lime-treated corn and cooked black beans". J. Food Science, 27: 394-400. 1962.

16) Bricker, M.L. y H.H. Mitchell. "The protein requeriments of the adult rat in terms of the protein contained in egg, milk and soy flour". J. Nutr., 34: 491-505. 1947.

17) Camejo, G. "Constantes físico-químicas de la faseolotoxina a (fitohemaglutinina) aislada de la caraota negra (Phaseolus vulgaris)". Acta Cient. Venezolana., 15: 110-111. 1964.

18) Carpenter, K.J. y Gabrielle M. Ellinger. "The estimation of available lysine in protein concentrates". Biochem. J., 61: XI-XII. 1955.

19) De Freitas de Ruiloba, Elizabeth. "Efecto de las diferentes condiciones de almacenaje sobre las características físico-químicas y nutricionales del frijol (Phaseolus vulgaris)". TESIS (Magister Scientificae) Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. INCAP&CESNA. Guatemala. 1973. 54[37]p.

20) Elías, L.G.; R.P. Bates y R. Bressani. "Mezclas vegetales para consumo humano., Desarrollo de la mezcla vegetal INCAP XVII, a base de semillas de leguminosas". Arch. Lat. Nutr., 19: 109-127. 1969.

21) ————.; R. Colindres y R. Bressani. "The nutritive value of eight varieties of cowpea (Vigna sinensis)". J. Food Scoence., 29: 118-122. 1964.

22) Food end Agriculture Organization of the United Nations. Food balance sheets: 1960-62. Rome, 1966. 1 v.

23) ————. Necesidades en proteínas. Informe del Comité de la FAO para el estudio de las necesidades en proteína. Roma, 1958. 57 p. (FAO, estudios sobre nutrición No. 16).

24) .Harper, A.E. y H.J.H. De Muelenaere. Nutritive value of cereal proteins". In: Fifth International Congress of Biochemistry. Moscow, August 1961., Oxford, Pergamon Press Ltd.[1962.]

25) Hedin, P.A. y R.A. Adachi. "Effect of diet and time of feeding on gastrointestinal gas production in rats". J. Nutr., 77: 229-236. 1962.

25) Hintz, H.F.; D.E. Hogue y L. Krook. "Toxicity of red kidney beans in the rat". J. Nutr., 93: 77-86. 1967.

27) Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Manual de Laboratorio de análisis de alimentos. Guatemala, 1964. 98p.

28) Jaffé, W.G. "Factores tóxicos en leguminosas". Arch. Lat. Nutr., 18: 203-218. 1968.

29) ————. "Limiting essential aminoacids of some legume seeds". Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 71: 398-399. 1949.

30) ————. "La toxicidad de las caraotas crudas para conejos". **Acta Cient. Venezolana.**, 1: 16. 1950.

31) ————. "Toxicity of raw kidney beans". **Experientia.**, 2: 81-85. 1949.

32) ————. "Las semillas de leguminosas como fuentes de proteínas en América Latina". **En: Conferencia sobre Recursos Proteínicos en la América Latina.** INCAP, Guatemala, 24-27 de febrero de 1970. [Guatemala, INCAP, 1971] pp. 228-241. (Publicación INCAP L-1).

33) ————. "Alteraciones pancreáticas en ratas con deficiencias de proteínas". **Arch. Venezolanos Nutr.**, 13: 175-191. 1963.

34) ————. "El valor biológico de algunas leguminosas de importancia en la alimentación venezolana". **Arch. Venezolanos Nutr.**, 1: 107-126. 1950.

35) ————. "Estudios sobre la inhibición del crecimiento de ratas causadas por algunas semillas de leguminosas". **Acta Cient. Venezolana.**, 1: 62-64. 1950.

36) ————. "Protein digestibility and trypsin inhibitor activity of legume seeds". **Proc. Soc. Exp. Biol Med.**, 75: 219-220. 1950.

37) Jaffé, W.G.; P. Bodowsky y G. Gorra. "El valor vitamínico de algunas leguminosas venezolanas". **Arch. Venezolanos Nutr.**, 1: 373-378. 1950.

38) ————. y C. Camejo. "La acción de una proteína tóxica, aislada de caraotas negras (Phaseolus vulgaris) sobre la absorción intestinal en ratas". **Acta Cient. Venezolana.**, 12: 59-61. 1961.

39) ————. y R. Gaede. "Purification of a toxic phytohemagglutinin from black bean (Phaseolus vulgaris)". **Nature.**, 1983: 1329-1330. 1959.

40) ————. y K Hanning. "Fractionation of proteins from kidney beans (Phaseolus vulgaris)". **Arch, Biochem. Biophys.**, 109: 80-91. 1965.

41) ————.; A. Planchart, J.I. Páez, R. Torrealba y Nelly Franceschi. "Nuevos estudios sobre un factor tóxico de las caraotas crudas (Phaseolus vulgaris)". **Arch. Venezolanos Nutr.**, 6: 195-205. 1955.

42) ————. y Clara L. Vega Lette. "Heat labile growth-inhibiting factors in beans (Phaseolus vulgaris)". **J. Nutr.**, 94: 203-210. 1968.

43) Kakade, M.L. y R.J. Evans. "Growth inhibition of rats fed raw navy bean (Phaseolus vulgaris)". **J. Nutr.**, 90: 191-198. 1966.

44) ————.; N. Simons y I.E. Liener. "An evaluation of natural vs synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples". **Cereal Chem.**, 46: 518-526. 1969.

45) Kendall, W.K.; W. Fougeres, J. Foucauld, Gladys Dominique y I.D. Behin. "Response of pre-school childrens to high intakes of Haitian cereal-beans mixtures". Arch. Lat. Nutr., 16: 53-64 1966.

46) Korytnyk, W. y E.A Metzler. "Composition of lipids of lima beans and certain other beans". J. Science Food Agr., 14: 841-844. 1963.

47) Kunitz, M. "Crystallization of a trypsin inhibitor from soybean". Science., 101: 668-669. 1945.

48) Liener, I.E. "Toxic factors in edible legumes and their elimination". Am. J. Clin. Nutr., 11: 281-299. 1962.

49) ————. "Inactivation studies in the soybean hemagglutinin". J. Biol. Chem., 233: 401-405. 1958.

50) ————. y M.J. Palansch. "Purification of a toxic substance from defatted soybean flour". J. Biol. Chem., 197: 29-36. 1952.

51) ————.; P.V. Wagh, D.F. Kaustermeir y P.E. Warbel. "The nutritive value of red kidney beans (Phaseolus vulgaris) for chicks". Fed. Proc., 22 (I): 551. 1963.

52) Patwardham, N.V. "Pulses and beans in human nutrition". Am. J. Clin. Nutr., 11: 12-30. 1962.

53) Powrie, W.D.; M.V. Adams y I. Pllug. "Chemical anatomical and histochemical studies on the navy bean seed". Agron. J., 52: 163-167. 1960.

54) Purdon, Martha E. y R.V. Brown. "Biological response of rats fed aminoacid supplemented pea bean (Phaseolus vulgaris) diets". Arch. Lat. Nutr., 17: 117-128. 1967.

55) Sambeth, W.; M.C. Nesheim y J.A. Serafin. "Separation of soybean whey into fractions with different biological activities for chicks and rats". J. Nutr., 92: 479-490. 1967.

56) Sherwood, F.W.; Virginia Weldon y W.J. Petterson. "Effect of cooking and of methionine supplementation on the growth promoting property of cowpea (Vigna sinensis) protein". J. Nutr., 52: 199-208. 1954.

57) Singh, S.; H.L. Singh y D.C. Sikka. "Distribution of nutrients in the anatomical parts of common Indian pulses". Cereal Chem., 45: 13-18. 1968.

58) Sirinit, K.; A. Soliman, A.T. Van Lee y K.W. King. "Nutritional value of Haitian cereal-legume blends". J.Nutr., 86: 415-522. 1965.

59)) Tauber, H.; B.B. Kershaw y R.D. Wrigh. "Studies on the growth inhibitor fraction of lima beans and isolation of a crystalline heat-stable trypsin inhibitor". J. Biol. Chew 179 (2): 1155-1162. 1949.

60) Viteri, F.E. y J. Alvarado. "Evaluación de la calidad de la proteína con énfasis en metodología". En: Conferencia sobre Recursos Proteínicos en la América Latina. INCAP, Guatemala, 24-27 de febrero de 1970. [Guatemala, INCAP, 1971] pp. 53-77 (Publicación INCAP L-I).

61) Wagner, L.P. y J.P. Riehm. "Purification and partial characterization of a trypsin inhibitor isolated from the navy bean". Arch. Biochem. Biophys, 121: 672-677. 1967.

CUADRO 1

Análisis proximal de diferentes leguminosas de grano (g/100 g)

Nutrientes	Frijol negro de enredo (Phaeolus vulgaris)	Caupí (Vigna sinensis)	Gandul (Cajanus cajan)	Frijol negro (Phaseolus vulgaris)	Frijol blanco (Phaseolus vulgaris)	Frijol rojo (Phaseolus vulgaris)
Humedad	17.71	13.23	12.47	12.97	12.37	14.13
Cenizas	3.38	3.54	3.41	4.07	4.09	4.54
Extracto etéreo	1.04	1.44	1.21	1.33	1.31	1.05
Proteína (N X 6.25)	20.7	22.9	20.8	20.8	23.0	20.2
Fibra cruda	3.83	5.27	7.68	5.12	5.24	4.65
Carbohidratos (por diferencia)	53.54	53.62	54.45	55.71	55.00	55.43

CUADRO 2

Composición de aminoácidos de diferentes leguminosas de grano

Amino-ácidos	* Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris) g AA/100g	g AA/16 g de N	** Caupi (Vigna sinensis) g AA/100 g	g AA/16 g de N	*** Gandul (Cajanus cajan) g AA/100 g	g AA/16 g de N
Fenil-alanina	1.403	6.765	1.498	6.539	0.313	1.505
Isoleu-cina	1.317	6.350	1.146	5.003	0.810	3.895
Leucina	2.270	10.946	1.936	8.451	1.424	6.848
Lisina	1.748	8.429	1.698	7.412	1.299	6.247
Metionina	0.222	1.070	0.299	1.305	0.269	1.293
Treonina	0.877	4.229	0.677	2.955	0.559	2.688
Valina	0.150	0.723	1.381	6.028	0.920	4.424
Histidina	0.741	3.573	0.801	3.496	0.708	3.404
Arginina	1.115	5.376	1.711	7.469	1.028	4.943
Tirosina	0.601	2.898	0.711	3.103	0.433	2.082
Alanina	1.173	5.656	1.057	4.614	0.862	4.145
Glicina	1.123	5.415	1.084	4.732	0.780	3.751
Serina	0.884	4.262	0.616	2.689	0.488	2.346
Acido as-pártico	3.309	15.950	3.000	13.096	2.005	9.642
Acido glutámico	4.161	20.065	4.247	18.540	4.207	20.232
Cisteína	Trazas		No hay		Trazas	
Prolamina	—		—		—	
Amoníaco	0.381	1.837	0.364	1.589	0.293	1.409

* 3.318o/o N en muestra

** 3.665o/o N en muestra

*** 3.327o/o N en muestra

CUADRO 3

Inhibidores de tripsina en diferentes leguminosas de grano crudas (TUI / ml)*

MUESTRAS	TUI / ml
Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)	31.90 ± 2.52 **
Caupí (Vigna sinensis)	6.66 ± 1.86
Gandul (Cajanus cajan)	20.91 ± 2.22
Frijol blanco (Phaseolus vulgaris)	9.56 ± 0.65
Frijol rojo (Phaseolus vulgaris)	20.04 ± 1.69
Frijol negro (Phaseolus vulgaris)	12.52 ± 0.60

* TUI = Unidades de tripsina inhibidas

** = Error estándar

CUADRO 4

Inhibidores de tripsina residuales en diferentes leguminosas de grano, molidas y cocidas (TUI / ml)*

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
0		31.9 ± 2.52 **		6.66 ± 1.86 **		20.9 ± 2.22 **
15	13.6 ± 2.0	24.1 ± 3.2	3.6 ± 0.2	4.0 ± 0.9	4.0 ± 0.6	3.7 ± 0.6
30	22.8 ± 3.4	22.7 ± 4.0	0.5 ± 0.4	3.5 ± 1.0	5.2 ± 0.3	6.2 ± 2.0
45	25.3 ± 6.2	25.3 ± 4.4	2.0 ± 0.7	5.8 ± 1.6	4.0 ± 0.5	5.9 ± 1.2

* TUI = Ver cuadro 3

** = error estándar

CUADRO 5

Inhibidores de tripsina residuales en diferentes leguminosas de grano enteras y cocidas (TUI / ml)*

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul Cajanus cajan)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
0		31.9 ± 2.52 **		6.66 ± 1.86 **		20.9 ± 2.22 **
15	5.7 ± 0.9	2.3 ± 0.2	2.5 ± 0.7	2.8 ± 0.5	3.6 ± 0.4	3.4 ± 0.7
30	2.7 ± 0.9	4.8 ± 1.3	1.1 ± 0.4	2.5 ± 0.3	2.5 ± 0.2	1.3 ± 0.4
45	7.9 ± 1.5	4.1 ± 0.8	1.6 ± 0.4	3.0 ± 0.7	2.8 ± 0.2	2.9 ± 0.3

* TUI / ml = Ver cuadro 3

** Error estándar

CUADRO 6

Porcentaje de destrucción de inhibidores de tripsina durante la coción de leguminosas molidas

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
15	57.37	24.46	45.95	39.94	80.86	82.30
30	28.53	28.84	92.49	47.45	75.12	70.33
45	20.69	20.69	69.97	12.91	80.86	71.77

CUADRO 6 (continuación)

Porcentaje de destrucción de inhibidores de tripsina durante la cocción de leguminosas enteras

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
15	82.13	92.79	62.46	57.96	82.78	83.74
30	91.54	84.95	83.48	62.46	88.04	93.78
45	75.24	87.15	75.98	54.95	86.61	86.13

CUADRO 7

Coeficiente de digestibilidad "in vitro" de diferentes leguminosas de grano molidas y cocidas (o/o)

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
0	—	88.92	—	87.43	—	93.13
15	84.96	87.90	86.60	79.31	88.27	90.67
30	83.56	87.90	86.99	65.29	85.24	89.23
45	83.32	86.75	80.83	64.85	86.39	78.46

CUADRO 8

Coeficiente de digestibilidad "in vitro" de diferentes leguminosas de grano enteras y cocidas (o/o)

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
0	—	88.92	—	87.43	—	93.13
15	82.84	81.44	84.68	85.55	88.51	89.23
30	81.44	83.32	83.80	84.46	87.79	88.27
45	78.84	83.08	84.90	82.54	87.11	88.03

CUADRO 9

Contenido de lisina disponible en muestras de caupí crudo, molido y cocido, con y sin sal (g/16 g N)

Muestras	Lisina disponible (g/16 g N)
Caupí crudo	6.290
Caupí molido 15' cocción sin sal	3.406
Caupí molido 30' cocción sin sal	2.401
Caupí molido 45' cocción sin sal	1.995
Caupí molido 15' cocción con sal	5.414
Caupí molido 30' cocción con sal	5.833
Caupí molido 45' cocción con sal	2.936

CUADRO 10

Transferencia de calor en diferentes leguminosas de grano, durante la cocción. (^{o} C).

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)				Caupí (Vigna sinensis)				Gandul (Cajanus cajan)			
	MOLIDO		ENTERO		MOLIDO		ENTERO		MOLIDO		ENTERO	
	Centro	Pared	Centro	Pared	Centro	Pared	Centro	Pared	Centro	Pared	Centro	Pared
0*	36.5	76.0	79.0	80.0	32.5	109.5	113.7	113.2	34.0	110.5	101.5	110.0
15'	54.0	94.0	117.0	117.5	40.5	112.2	117.0	117.0	41.2	113.5	117.5	117.5
30'	68.0	101.5	117.0	117.5	48.5	114.0	117.0	117.0	51.0	115.0	117.5	117.5
45'	74.0	105.5	117.0	117.5	56.5	115.0	117.0	117.0	61.5	115.5	117.5	117.5

* Tiempo cero, se tomó cuando el registrador del autoclave marcaba 15 lb. de presión. y 121^{o}C.

CUADRO 11

Indice de eficiencia proteínica (IEP) en diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	***	0.70 ± 0.14 *	−0.22 ± 0.06 *	1.37 ± 0.12 *	0.36 ± 0.21 *	1.92 ± 0.08 *
30	−1.55 ± 0.27 **	0.80 ± 0.11	−0.60 ± 0.11	1.16 ± 0.06	0.39 ± 0.13	1.86 ± 0.10
45	−1.01 ± 0.51 **	0.94 ± 0.10	−0.79 ± 0.05	0.84 ± 0.10	−0.26 ± 0.14	1.61 ± 0.10

Caseína (control = 3.04 ± 0.09

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Murieron todas

CUADRO 11 (continuación)

Indice de eficiencia proteínica (IEP) en diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	$-1.14^{**} \pm 0.10^{*}$	$1.30 \pm 0.08^{*}$	$0.54 \pm 0.12^{*}$	$1.44 \pm 0.03^{*}$	$-0.17 \pm 0.15^{*}$	2.09 ± 0.10
30	$-1.16^{***} \pm 0.33$	1.05 ± 0.12	0.16 ± 0.16	1.33 ± 0.08	-0.59 ± 0.07	1.82 ± 0.08
45	$-1.31^{***} \pm 0.12$	0.96 ± 0.05	-0.06 ± 0.17	1.33 ± 0.12	0.71 ± 0.12	1.70 ± 0.11

Caseína (control) = 2.98 ± 0.08

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Datos de tres ratas

CUADRO 12

Indice de eficiencia proteínica (IEP) en leguminosas de grano, enteras y cocidas con y sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro (Phaseolus vulgaris)		Frijol rojo (Phaseolus vulgaris)		Frijol blanco (Phaseolus vulgaris)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
15	0.74 ± 0.10 *	0.93 ± 0.06 *	1.20 ± 0.09 *	1.20 ± 0.09 *	1.24 ± 0.12 *	1.54 ± 0.08 *
30	0.94 ± 0.14	0.91 ± 0.06	1.30 ± 0.02	0.75 ± 0.07	1.30 ± 0.11	1.00 ± 0.10
45	0.91 ± 0.08	0.69 ± 0.11	1.07 ± 0.08	0.46 ± 0.09	1.30 ± 0.11	1.00 ± 0.05

Caseína (control) = 2.66 ± 0.09

* Error estándar

CUADRO 13

Coeficiente de digestibilidad aparente "in vivo" de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	***	73.0 ± 1.6 *	65.3 ± 4.8 *	77.5 ± 1.9 *	46.5 ± 0.7 *	80.4 ± 1.8 *
30	** 26.4	75.8 ± 2.9	53.5 ± 2.9	77.5 ± 4.3	50.6 ± 1.1	78.6 ± 0.6
45	** 29.8	74.2 ± 9.0	53.9 ± 3.0	74.3 ± 2.0	47.1 ± 1.3	78.1 ± 0.5

Caseína (control) = 91.1 ± 0.4

* Error estándar

** Datos de una rata

*** Murieron todas

CUADRO 13 (continuación)

Coeficiente de digestibilidad aparente "in vivo" de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	****	71.3 ± 1.6	63.9 ± 5.7	75.0 ± 1.6	40.9 ± 2.5	75.8 ± 0.5
30	** 44.9 ± 1.2	71.3 ± 1.0	66.7 ± 9.3	74.8 ± 1.4	45.7 ± 1.9	76.7 ± 1.7
45	*** 27.1 ± 9.0	67.5 ± 6.1	56.1 ± 3.0	76.1 ± 2.1	45.0 ± 2.4	76.7 ± 1.1

Caseína (control) = 92.1 ± 1.9

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Datos de tres ratas

**** Murieron todas

CUADRO 14

Indice de crecimiento pancreático (ICP) en diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	-1.23 ± 0.22 *	1.54 ± 0.17 *	0.60 ± 0.21 *	1.52 ± 0.06 *	-0.22 ± 0.13 *	1.96 ± 0.17 *
30	-1.39 ± 0.42	1.19 ± 0.17	0.19 ± 0.08	1.39 ± 0.15	-0.75 ± 0.11	1.97 ± 0.33
45	-1.09 ± 0.25	1.14 ± 0.11	-0.03 ± 0.12	1.35 ± 0.14	0.65 ± 0.11	1.55 ± 0.14

Caseína (control) = 2.56 ± 0.22

* Error estándar

CUADRO 14 (continuación)

Indice de crecimiento pancreácito (ICP) en diferentes leguminosas de grano, enteras y cocidas con y sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro (Phaseolus vulgaris)		Frijol rojo (Phaseolus vulgaris)		Frijol blanco (Phaseolus vulgaris)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
15	$0.94 \pm 0.13^{*}$	$0.98 \pm 0.05^{*}$	$1.49 \pm 0.12^{*}$	$1.27 \pm 0.07^{*}$	$1.41 \pm 0.15^{*}$	$1.64 \pm 0.08^{*}$
30	0.87 ± 0.15	0.97 ± 0.06	1.51 ± 0.06	0.83 ± 0.04	1.29 ± 0.06	1.07 ± 0.11
45	0.88 ± 0.10	0.89 ± 0.12	1.44 ± 0.11	0.57 ± 0.09	1.31 ± 0.14	1.05 ± 0.09

Caseína (control) = 2.24 ± 0.11

* Error estándar

CUADRO 15

Ganancia de peso de ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	***	11.5 ± 3.2*	−3.2 ± 0.9*	34.5 ± 4.5*	8.3 ± 3.6**	55.2 ± 3.1*
30	−17.0 ± 1.0**	15.2 ± 2.5	−7.2 ± 1.1	23.5 ± 2.2	7.3 ± 2.7	56.3 ± 4.8
45	−11.0 ± 5.0**	17.7 ± 3.3	−10.2 ± 0.6	16.8 ± 2.7	−3.5 ± 1.9	45.8 ± 2.7

Caseína (control) = 119.7 ± 6.6

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Murieron todas

CUADRO 15 (continuación)

Ganancia de peso de ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras con sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	**−15.5 ± 0.5 *	33.0 ± 4.6 *	8.5 ± 2.1 *	27.7 ± 2.8 *	2.3 ± 1.9 *	55.8 ± 4.5 *
30	***−9.3 ± 3.3	20.8 ± 2.7	3.2 ± 2.3	28.0 ± 2.8	−7.5 ± 1.0	49.0 ± 6.5
45	***−15.0 ± 0.6	21.4 ± 2.5	−0.7 ± 2.2	25.3 ± 3.1	11.4 ± 1.8	41.4 ± 4.3

Caseína (control) = 121.5 ± 7.2

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Datos de tres ratas

CUADRO 16

Alimento ingerido por ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	***	157.7 ± 9.0*	146.8 ± 7.7*	237.2 ± 15.8*	187.7 ± 22.9*	280.8 ± 11.9*
30	113.0 ± 26.1**	180.0 ± 9.4	121.0 ± 5.5	192.8 ± 12.9	164.3 ± 12.7	310.0 ± 17.1
45	107.0 ± 7.0**	183.0 ± 13.8	123.2 ± 6.0	188.3 ± 9.4	130.8 ± 5.8	269.3 ± 18.1

Caseína (control) = 382.3 ± 15.1

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Murieron todas

CUADRO 16 (continuación)

Alimento ingerido por ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, molidas y enteras cocidas con sal

Tiempo de cocción	Frijol negro de enredo (Phaseolus vulgaris)		Caupí (Vigna sinensis)		Gandul (Cajanus cajan)	
	Molido	Entero	Molido	Entero	Molido	Entero
15	**122.5 ± 14.6	239.5 ± 22.8*	164.5 ± 11.4*	217.8 ± 19.2*	143.7 ± 10.1*	289.0 ± 16.4*
30	***140.0 ± 21.1	192.8 ± 14.9	161.5 ± 14.2	219.8 ± 13.7	131.8 ± 4.8	272.8 ± 15.1
45	***105.7 ± 5.9	202.0 ± 12.4	144.5 ± 4.2	207.2 ± 14.1	163.6 ± 3.0	245.7 ± 14.1

Caseína (control) = 373.5 ± 16.5

* Error estándar

** Datos de dos ratas

*** Datos de tres ratas

CUADRO 17

Alimento ingerido por ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, enteras y cocidas con y sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro (Phaseolus vulgaris)		Frijol rojo (Phaseolus vulgaris)		Frijol blanco (Phaseolus vulgaris)	
	Con sal	Sin Sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
15	221.3 ± 7.4 *	222.7 ± 9.4 *	248.7 ± 19.8 *	219.7 ± 9.2 *	262.5 ± 13.0 *	289.7 ± 28.2 *
30	199.7 ± 9.4	204.8 ± 6.5	262.5 ± 26.6	191.3 ± 10.5	231.5 ± 14.9	231.3 ± 19.5
45	206.8 ± 28.4	193.8 ± 14.7	251.0 ± 8.8	223.8 ± 17.3	221.2 ± 12.0	199.0 ± 15.9

Caseína (control) = 368.7 ± 13.42

* Error estándar

CUADRO 17 (continuación)

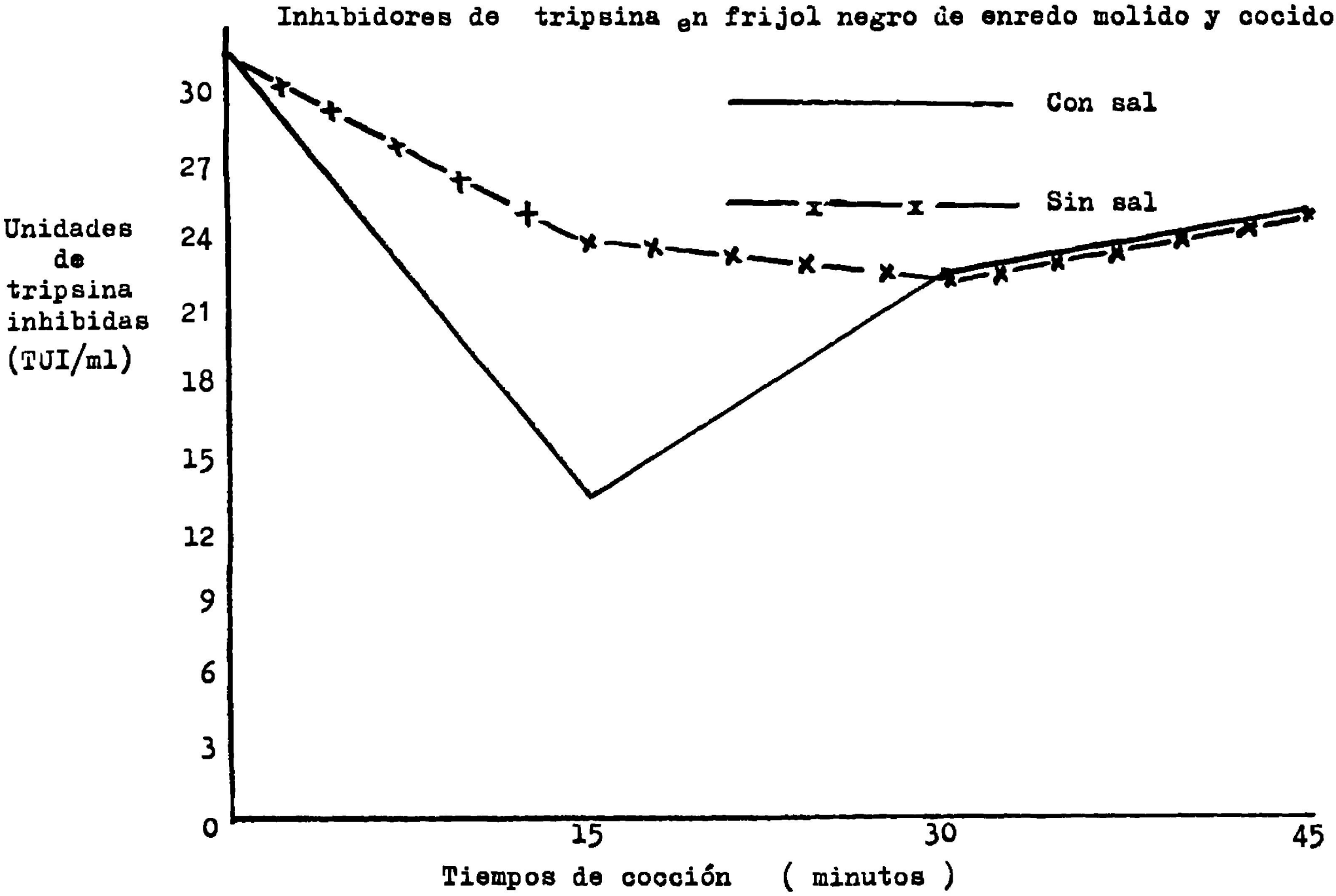
Ganancia de peso de ratas con dietas a base de diferentes leguminosas de grano, enteras y cocidas con y sin sal

Tiempo de cocción (minutos)	Frijol negro (Phaseolus vulgaris)		Frijol rojo (Phaseolus vulgaris)		Frijol blanco (Phaseolus vulgaris)	
	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal	Con sal	Sin sal
15	17.3 ± 2.4 *	23.0 ± 1.7 *	41.0 ± 3.4 *	41.0 ± 2.5 *	35.8 ± 2.9 *	50.8 ± 4.6 *
30	19.2 ± 2.5	20.5 ± 4.6	45.8 ± 2.2	16.2 ± 1.2	32.7 ± 1.1	27.8 ± 4.1
45	21.5 ± 3.7	14.5 ± 2.8	37.0 ± 2.5	12.0 ± 1.5	30.7 ± 2.3	23.7 ± 2.1

Caseína (control) = 101.3 ± 6.9

* Error estándar

Inhibidores de tripsina en frijol negro de enredo molido y cocido



Inhibidores de tripsina en frijol negro de enredo entero y cocido

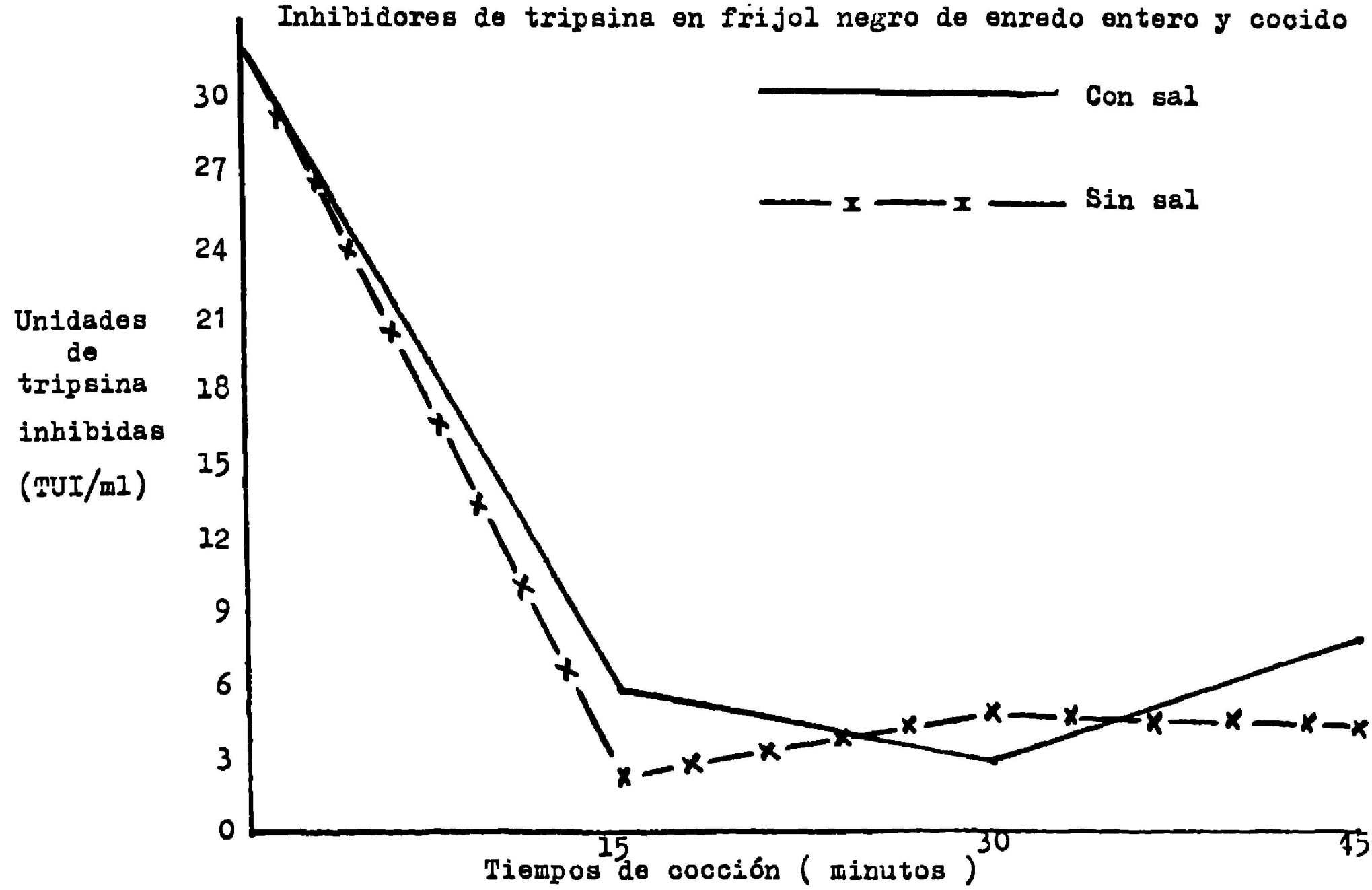
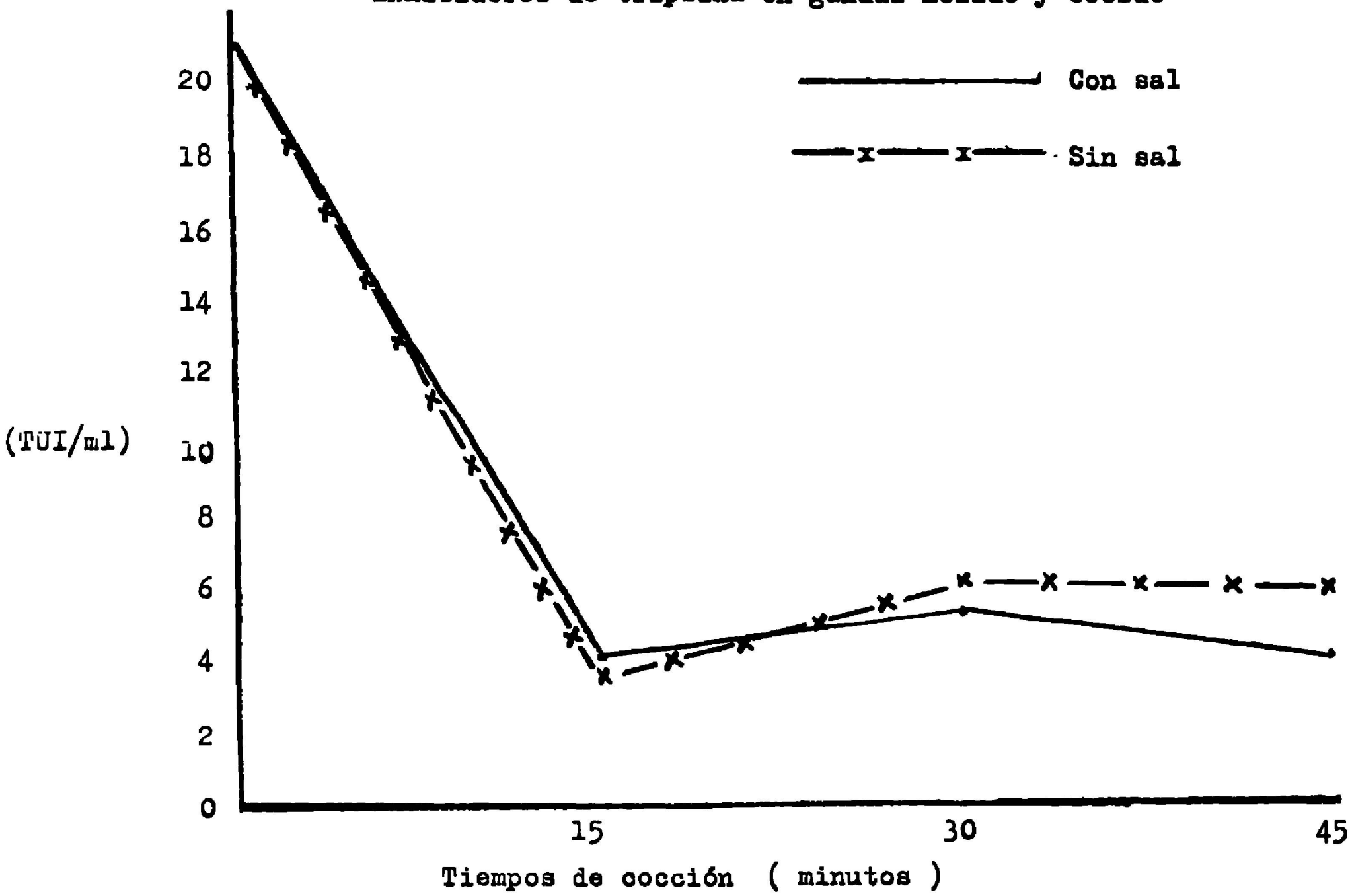


FIGURA 2

Inhibidores de tripsina en gandul molido y cocido



Inhibidores de tripsina en gandul entero y cocido

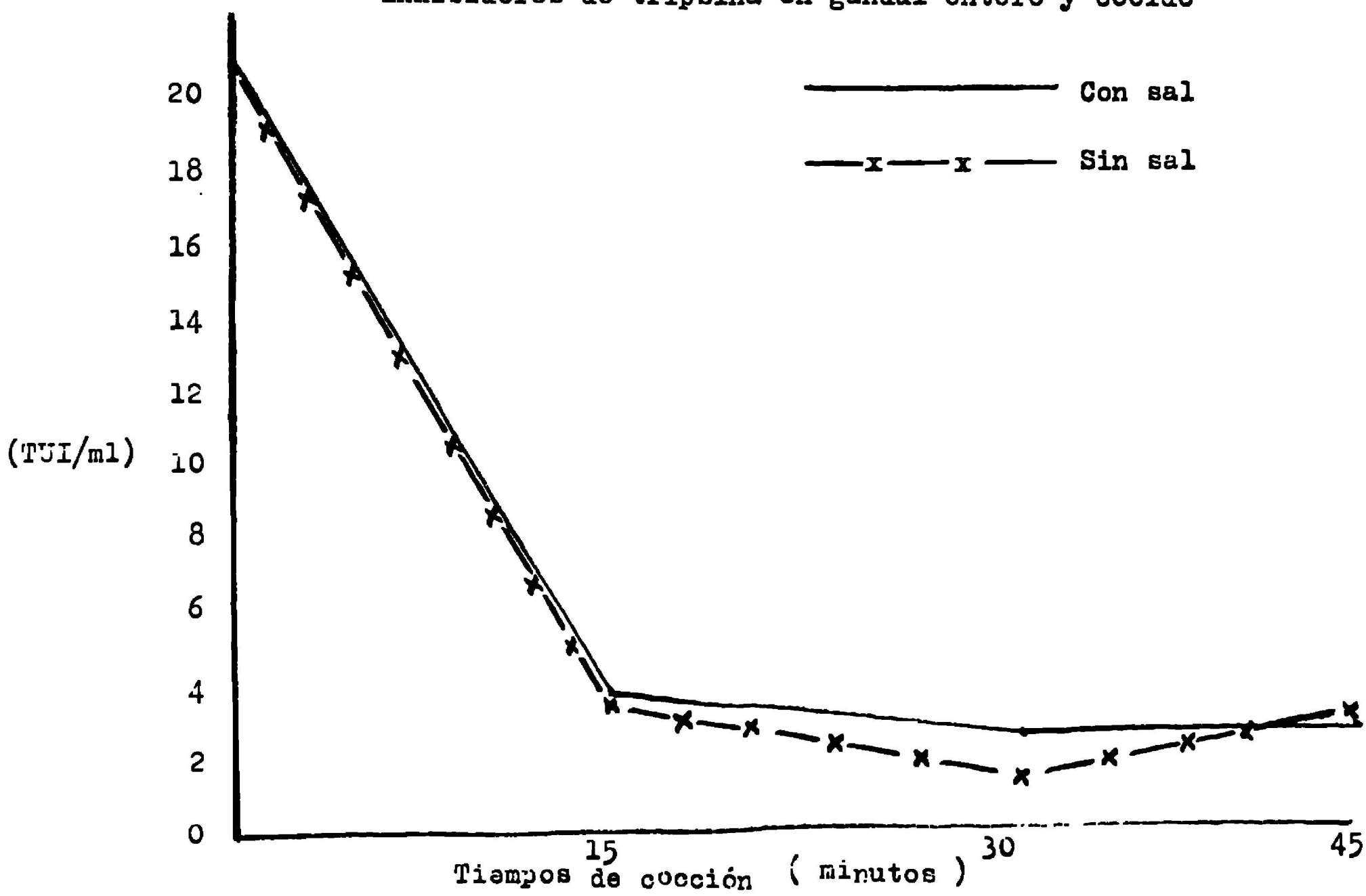
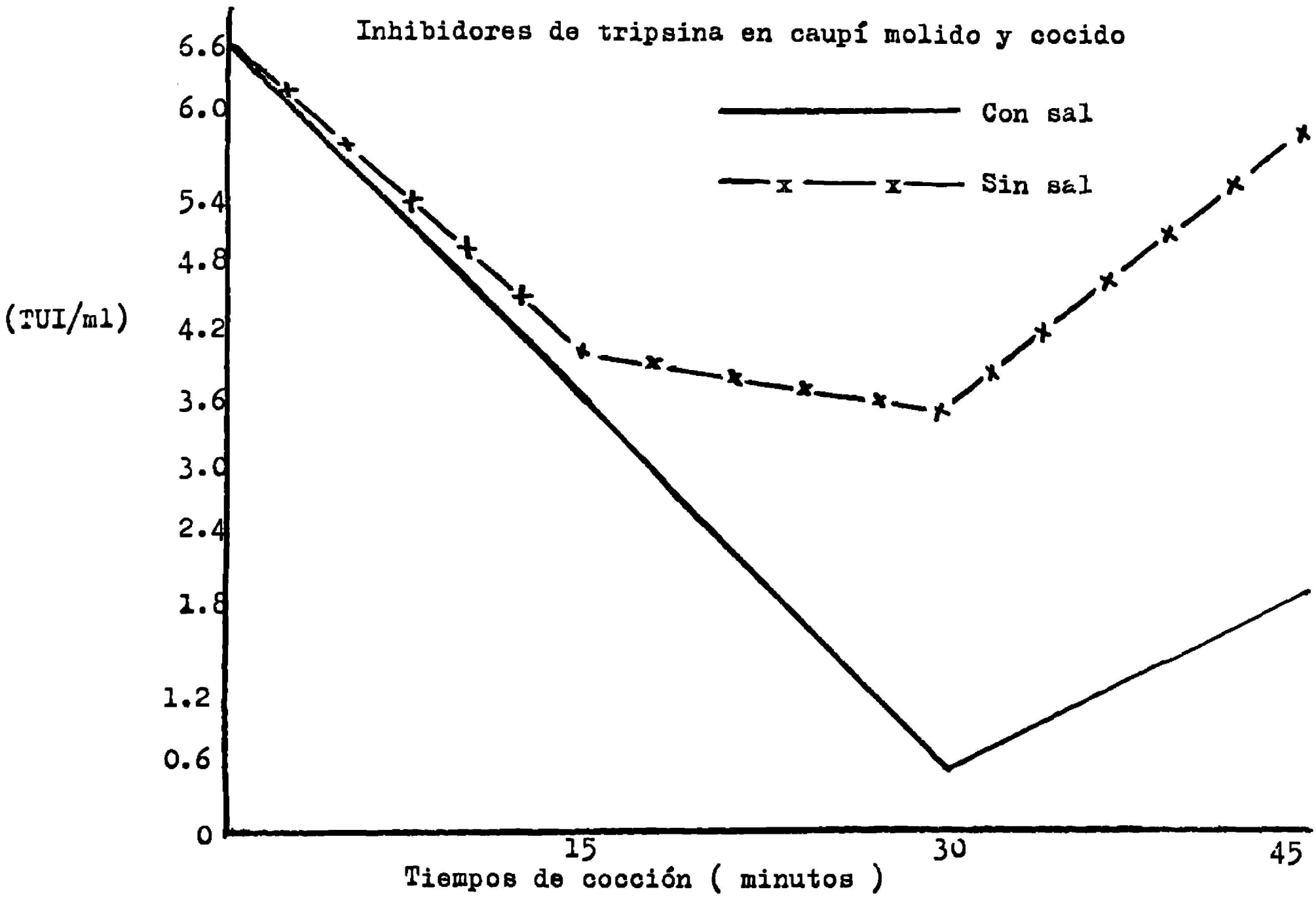


FIGURA 3


Inhibidores de tripsina en caupí molido y cocido
Con sal
Sin sal
(TUI/ml)
6.6
6.0
5.4
4.8
4.2
3.6
3.0
2.4
1.8
1.2
0.6
0
15
30
45
Tiempos de cocción (minutos)

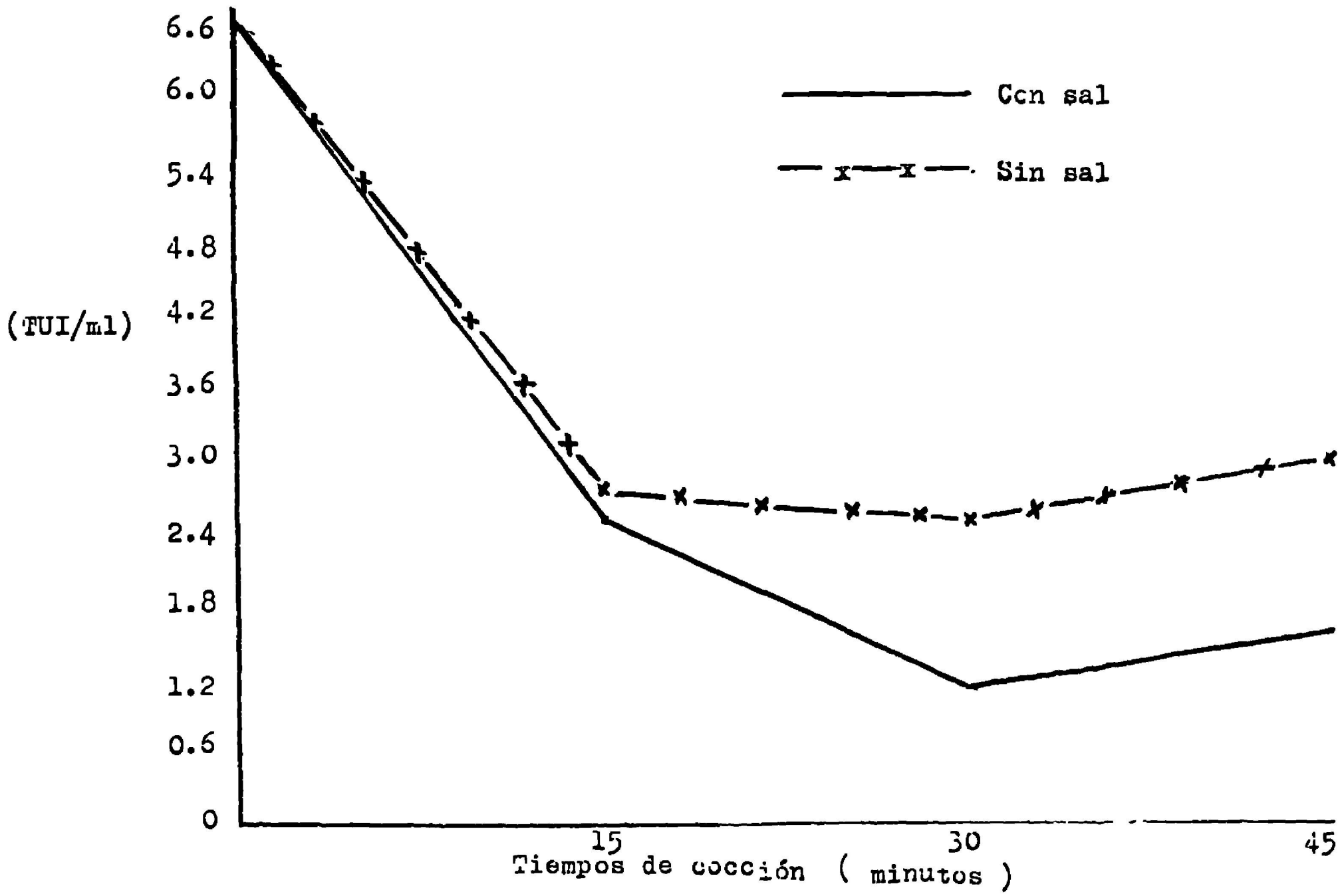
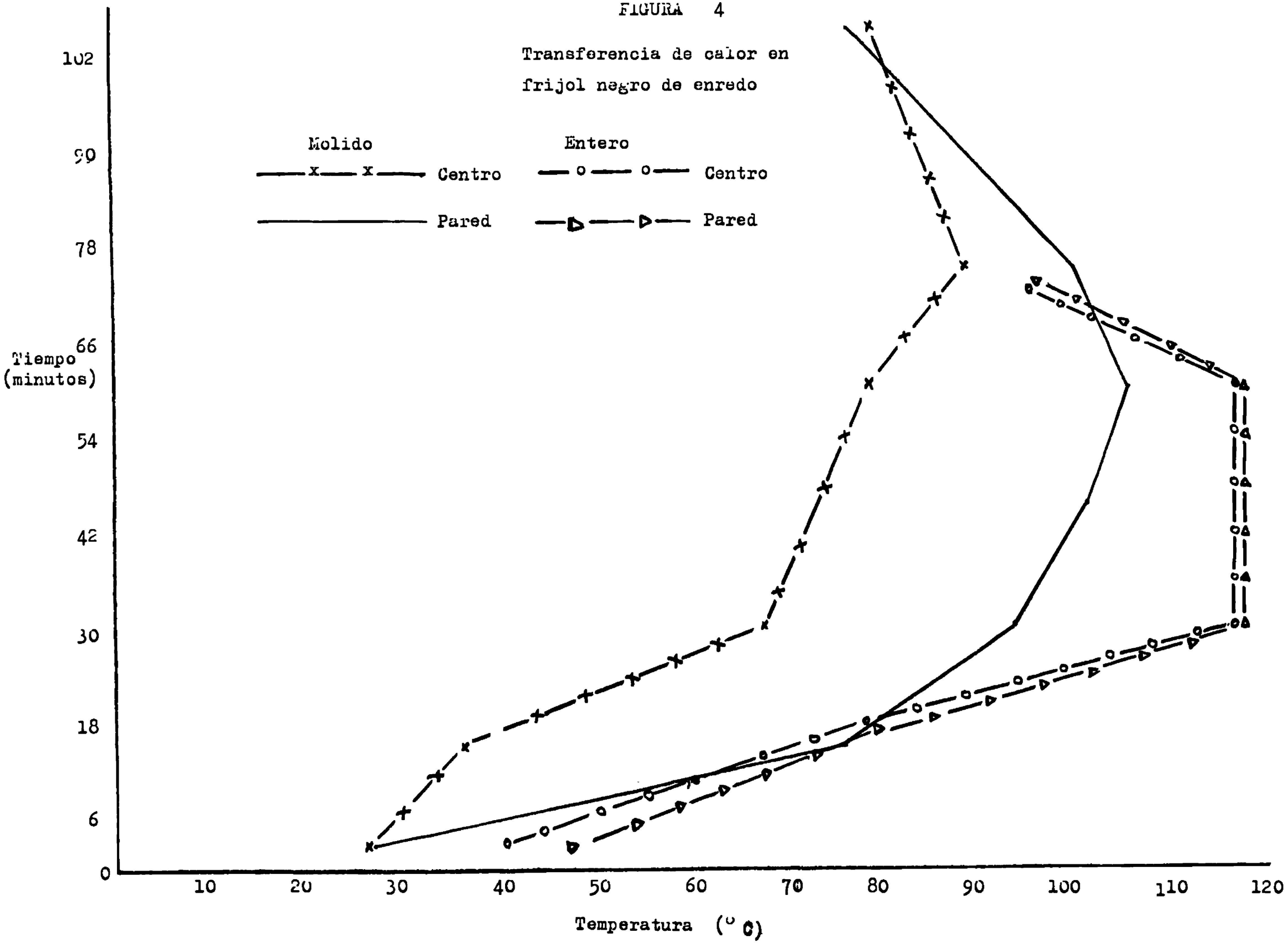

Inhibidores de tripsina en caupí entero y cocido
Con sal
Sin sal
(TUI/ml)
6.6
6.0
5.4
4.8
4.2
3.6
3.0
2.4
1.8
1.2
0.6
0
15
30
45
Tiempos de cocción (minutos)

FIGURA 4

Transferencia de calor en frijol negro de enredo



Vo. Bo. Comité de Tesis

Miguel Hernández I.

Dr. Luiz G. Elías
Asesor

Dr Roberto Gómez Brenes
Asesor

Dr. J. Edgar Braham
Asesor

Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Dr. Mario R. Molina
Asesor

Dr Miguel A. Guzmán
Asesor

Imprímase:

Lic. Leonel Carrillo
Facultad de Ciencias
Químicas y Farmacia