

300627

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD LA SALLE

Escuela de Química
con estudios incorporados a la UNAM

90
Revisada
[Signature]
11/10/93

" CONTENIDO Y DISTRIBUCION DE SODIO, POTASIO,
CALCIO Y MAGNESIO EN EL GRANO DE TRES CULTIVARES DE
FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO. "

Revisada
[Signature]

TESIS PROFESIONAL

Revisada
[Signature]

que para obtener el título de
Químico Farmacéutico Biólogo

PRESENTA

Adriana Salazar Sánchez

México, 199

5

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC AGRDECIMIENTOS CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de:

Universidad Nacional Autónoma de México
Departamento de Bioquímica Vegetal
División de Posgrado de Bioquímica
Facultad de Ciencias
UNAM

Instituto Politécnico Nacional
Dpto. Graduados e Investigación en Alimentos
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas

Participaron en la dirección de este trabajo:

Dra. Irma Bernal Lugo

Dpto. de Bioquímica Vegetal
División de Posgrado de Bioquímica
Facultad de Ciencias
UNAM

M. en C. Oscar H. Velasco González

Dpto. Graduados e Investigación en Alimentos
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
IPN

Q. Irene Montalvo Velarde

Escuela de Química
Universidad La Salle.

Revisores asignados por el H. Consejo de aprobación de
anteproyectos de tesis:

Q. Ma. Teresa Estrada de Gómez Muriel

QFB. Ma. de Jesús Ramírez P.

MC. Miguel Hernández Infante

ABREVIATURAS UTILIZADAS

Aa	=	absorción atómica
AF	=	ácido fítico
atm	=	atmósfera
Ca	=	calcio
CaCl ₂	=	cloruro de calcio
col	=	colaboradores
CRC	=	crudo recién cosechado (ó fresco)
ENCB	=	Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
g	=	gramos
h	=	hora(s)
HCl	=	ácido clorhídrico
H ₂ SO ₄	=	ácido sulfúrico
H ₂ O	=	agua
HNO ₃	=	ácido nítrico
HR	=	humedad relativa
Huas	=	Huasteco
IPN	=	Instituto Politécnico Nacional
K	=	potasio
KCl	=	cloruro de potasio
KI	=	ioduro de potasio
La	=	lantano
Mg	=	magnesio
Mich	=	Michigan 800
ml	=	mililitros
mM	=	miliMolar
ug	=	microgramos
umoles	=	micromoles
Na	=	sodio
NaCl	=	cloruro de sodio
OC	=	Ojo de Cabra
Paredes celulares	=	son de los cotiledones
P/V	=	correspondencia peso a volúmen
rpm	=	revoluciones por minuto
seg	=	segundos
TCC	=	tiempo de cocción a consumo
UNAM	=	Universidad Nacional Autónoma de México
V/V	=	correspondencia volúmen a volúmen

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC C O N T E N I D O CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

TEMA	PAGINA
ABREVIATURAS UTILIZADAS	... 6
INDICE DE FIGURAS	... 9
INDICE DE TABLAS	... 10
RESUMEN	... 11
CAPITULO I. INTRODUCCION	
I.1 ANTECEDENTES	... 13
I.2 EL FRIJOL	... 15
I.3 CULTIVO, PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL	... 15
I.4 ANATOMIA DEL GRANO	... 17
I.5 COMPOSICION QUIMICA	... 18
I.6 VALOR NUTRITIVO	... 23
I.7 EL PROCESO DE COCCION	... 27
I.7.1 Mecanismos para la termosuavización	... 28
I.8 LOS IONES Y LA COCCION	... 30
I.9 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA	... 31
I.9.1 Generalidades	... 31
I.9.2 Sensibilidad del equipo	... 33
I.9.3 Limitantes. Clasificación	... 34
I.9.3.a Interferencias químicas	... 34
I.9.3.b Interferencias por ionización	... 35
I.9.3.c Interferencias de matrices	... 35
I.9.3.d Interferencias de espectros	... 35
CAPITULO II. OBJETIVOS	... 38
CAPITULO III. MATERIALES	
III.1 MATERIAL BIOLÓGICO	... 40
III.2 EQUIPO	... 40
III.3 MATERIAL DE LABORATORIO	... 40
III.4 REACTIVOS	... 41
CAPITULO IV. METODOS	
IV.1 RECEPCION DE MUESTRAS	... 42
IV.2 CONTENIDO DE HUMEDAD	... 42
IV.3 CONTENIDO DE GRANOS EN 10 g MUESTRA	... 42
IV.4 AISLAMIENTO DE TESTA Y COTILEDONES	... 45
IV.5 MOLIENDA Y TAMIZADO DE COTILEDONES	... 46
IV.6 DESENGRASADO DE HARINAS DE COTILEDONES	... 46
IV.7 OBTENCION DE PAREDES CELULARES DE LOS COTILEDONES	... 47
IV.8 CALCINADO DE MUESTRAS	... 49

IV.9 DETERMINACION DE MINERALES	...	50
IV.10 ANALISIS ESTADISTICO	...	55
CAPITULO V. RESULTADOS		
V.1 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS	...	57
V.2 CARACTERISTICAS ANATOMICAS	...	60
V.3 CARACTERISTICAS BROMATOLOGICAS	...	62
V.4 CONTENIDO DE MINERALES	...	65
CAPITULO VI. DISCUSION DE RESULTADOS	...	72
CAPITULO VII. CONCLUSIONES	...	83
CAPITULO VIII. APENDICE		
VIII.1 ANOTACIONES, RECOMENDACIONES Y DISCUSION DE METODOLOGIA	...	85
CAPITULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	...	91

INDICE DE FIGURAS

Nº	CONCEPTO	PAGINA
1	Planta de frijol, <u>Ph. vulgaris</u>	... 16
2	Principales estructuras anatómicas externas del grano de frijol	... 19
3	Principales estructuras anatómicas internas del grano de frijol	... 20
4	Ruta del desarrollo Experimental	... 43
5	Tubo centrifugado para recolección de paredes celulares de cotiledones	... 48
6	Curva patrón para el estándar de Sodio	... 51
7	Curva patrón para el estándar de Potasio	... 52
8	Curva patrón para el estándar de Calcio	... 53
9	Curva patrón para el estándar de Magnesio	... 54
10	Relación del contenido de potasio en testa y el tiempo de cocción	... 77
11	Relación del peso de un grano con el tiempo de cocción	... 78
12	Relación del contenido porcentual de testa con el tiempo de cocción	... 79

INDICE DE TABLAS

Nº	CONCEPTO	PAGINA
1	Composición química porcentual del grano de frijol CRC entero	... 21
2	Diluciones para las soluciones de las muestras de frijol CRC	... 56
3	Características cualitativas	... 58
4	Características anatómicas	... 59
5	Contenido de estructura anatómica en gramo por grano	... 61
6	Parámetros bromatológicos	... 63
7	Contenido de cenizas de estructura anatómica en gramo por grano	... 64
8	Contenido de Iones (mg / gramo de estructura anatómica)	... 66
9	Contenido de Iones (mg / grano)	... 67
10	Contenido de Iones (mmol / 100 gramos de muestra)	... 68
11	Contenido de Iones (umol / grano)	... 70
12	Contenido de Iones en paredes celulares de los cotiledones	... 71
13	Tiempo de cocción para el grano de frijol CRC	... 73
14	Rangos de humedad, cenizas y grasa para frijol de diversos orígenes	... 74
15	Rangos de composición iónica para frijol de diversos orígenes	... 76

RESUMEN

El frijol es muy importante en la dieta de los pueblos de Latinoamérica, incluyendo a México, ya que aporta un porcentaje de la proteína que éstos consumen además de carbohidratos, vitaminas y minerales.

Para ser consumido, el frijol requiere ser cocido hasta alcanzar una textura suave, no granulosa y aceptable al paladar del consumidor. El tiempo de cocción a consumo depende de la estabilidad térmica de la lamela media y está influido por la relación de cationes divalentes y monovalentes presentes en el grano.

Para demostrar si el contenido y la distribución de iones influyen en el tiempo de cocción y por ende en la estabilidad térmica de la lamela, se determinó el contenido de Na, K, Ca y Mg en las diversas estructuras anatómicas de los cultivares Michigan 800, Huasteco y Ojo de Cabra. Son granos de frijol crudo y recién cosechados, esto es frescos, que se consumen en México y que presentan diferentes tiempos de cocción.

Para realizar el presente trabajo se realizó la separación de estructuras anatómicas. Se aislaron testas, cotiledones y paredes celulares de los cotiledones, por ser las estructuras anatómicas de mayor interés por su importante contenido de minerales y por su participación en el proceso de cocción.

Se encontró que el Mg está en mayor proporción en las 3 estructuras anatómicas del grano en comparación con los otros 3 cationes (Na, K y Ca), lo que resultó sorprendente pues no se esperaban estos resultados. En los 3 cultivares de frijol fresco estudiados, el Ca se encontró en menor proporción para las 3 estructuras anatómicas.

En relación al tiempo de cocción, se encontró que existe una relación entre éste con el peso del grano, con el contenido de testa del grano y con el contenido de K en testa. El contenido de iones divalentes no influye en forma determinante al tiempo de cocción del frijol fresco aunque en un grano, los iones divalentes en mg sea mayor en los cotiledones que en testa.

Comparando los cultivares aquí estudiados para el frijol Mexicano con el frijol de Estados Unidos y el de Brasil, el Mexicano posee mayor contenido mineral.

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC I N T R O D U C C I O N CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CAPITULO I. INTRODUCCION

I.1 ANTECEDENTES

El frijol al igual que otras leguminosas constituye una fuente importante de proteínas particularmente en aquellos países donde el consumo de proteínas de origen animal está limitado por su poca disponibilidad o en donde aún habiéndolas, no las consumen por motivos culturales o religiosos (Sgarbieri y Whitaker, 1982; Stanley y Aguilera, 1985). Además de proporcionar proteínas, también es una fuente importante de carbohidratos complejos, fibra, vitaminas, minerales y ácidos grasos poli-insaturados.

Para consumo humano el frijol debe ser cocido. El tratamiento térmico del frijol incrementa el coeficiente de digestibilidad proteica y disminuye los factores tóxicos y antinutricionales presentes en el grano crudo, lo que redundará en un aumento del valor nutritivo del grano. Sin embargo, además de los beneficios antes mencionados, la cocción trae aparejadas ciertas desventajas como son una disminución en el contenido de vitaminas y una disminución en el valor biológico de la proteína, ya que durante este proceso disminuye la disponibilidad de aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina (Aguilera y Stanley, 1985). Este efecto dual de la cocción, sobre las propiedades nutritivas del grano, hace deseable el contar con cultivares de frijol que posean cortos tiempos de cocción en los cuales los efectos indeseables se minimizan lo suficiente como para que se

presenten con los efectos benéficos del tratamiento térmico. Lo anterior se puede lograr a través de: a) programas de fitomejoramiento, b) o selección y caracterización de los cultivares ya existentes. Algunos de los eventos que participan en la cocción del frijol han sido definidos pero se desconoce su influencia en la velocidad que requiere un cultivar para cocerse, por lo que en la actualidad no se cuenta con marcadores bioquímicos que permitan la clasificación e identificación de los materiales involucrados.

Por microscopía de luz se ha observado que durante la cocción, las células del cotiledón se separan (Jones y Boulter, 1983). Esta separación celular se realiza debido a la solubilización de la lamela media. Esto sugiere que la velocidad de cocción del grano depende de la velocidad de solubilización de la lamela o lámina media. Esta estructura mantiene a las células individuales juntas y rígidas; consiste en su mayor parte de pectina, esta pectina interacciona con iones divalentes particularmente Ca y Mg, tal interacción provoca que sea insoluble. La pectina es un polímero ramificado formado por unidades de ácido galacturónico parcialmente metilado. El grado de metilación y la cantidad y tipo de cadenas laterales varía con la fuente de pectina.

Con el propósito de determinar la posible relación entre el contenido de iones y la velocidad de cocción del grano, en este trabajo se cuantificaron los niveles de iones divalentes

y iones monovalentes presentes en tres cultivares de frijol consumidos en México y que muestran diferente velocidad de cocción a consumo.

I.2 EL FRIJOL.

Durante milénios, los recursos vegetales más importantes para la dieta básica de los pueblos del Medio Oriente, India, Asia, Centro y Sudamérica han sido las leguminosas (Jones y Boulter, 1983; Mora, 1982; Sefa-Dedeh y col., 1978). Familia que comprende más de 11 000 especies, y entre las cuáles se encuentran los **frijoles** (Elías, 1982).

La Figura 1 muestra el dibujo de una planta de frijol y sus granos (Durvan, 1970).

I.3 CULTIVO, PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL.

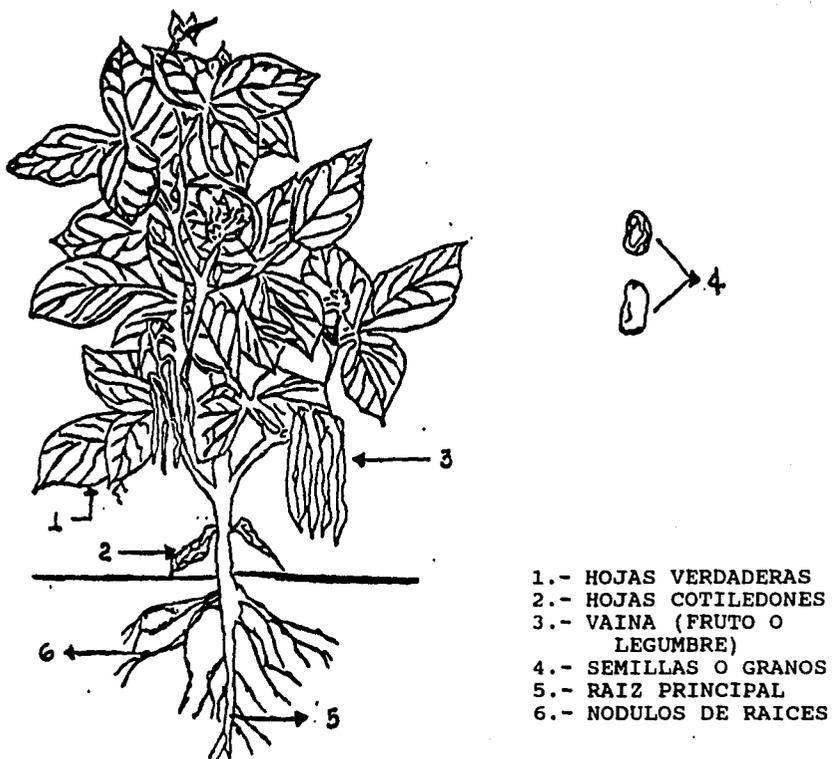
Aproximadamente el 70% de la superficie total cultivable del país se destina a alimentos básicos (maíz, frijol, trigo, arroz, papa). El 30% restante, lo cubren setenta cultivos más. Originalmente el frijol fué una planta exclusiva de los trópicos y por su adaptabilidad a casi cualquier altitud, se cultiva en todo el mundo (Jaffé y Brucker, 1972).

Se puede decir que el frijol del género Phaseolus es uno de los cultivos básicos en la agricultura de México, ocupa el tercer lugar en importancia Nacional, después del maíz y el trigo; siendo las especies de frijol bayo y negro, las de mayor consumo.

Se siembran alrededor de 2 millones de hectáreas de frijol, la mayoría de ellas (85 - 90 %) son de temporal y el resto son de riego; con un rendimiento promedio de 700 kg/hectárea.

FIGURA Nº 1.

PLANTA DE FRIJOL, "Phaseolus vulgaris".



.....
Durvan, S.A. 1970.

Las entidades de mayor consumo de frijol en el país, cuyo consumo representa el 61% de la producción Nacional anual son: D.F., Veracruz, Edo. de México, Jalisco, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Nuevo León y Oaxaca (Crispín y col., 1986).

La comercialización del frijol se lleva a cabo por la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), principalmente. Esta compañía maneja aproximadamente el 45% de la producción Nacional. Cuando existen pérdidas del frijol debidas a la falta de consumo (porque el frijol se encuentra endurecido) se propician las importaciones. Sin embargo, en Noviembre de 1991, México se convirtió en un país autosuficiente en la producción de frijol, maíz y trigo (Morales y Ramírez, 1991).

I.4 ANATOMIA DEL GRANO DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO.

La estructura del frijol, la dan las partes anatómicas del grano (Stanley y Aguilera, 1985); en la parte externa del grano (Figura 2), se encuentran:

* La cubierta del grano que es la testa, compuesta por una capa de células de pared gruesa llamadas células empalizada. Para retirar la cubierta del grano puede realizarse un pelado manual directo, al trabajar con granos crudos, o puede ser de una manera indirecta, en la que después de poner el grano de frijol en agua durante varias horas, puede retirarse manualmente con facilidad la cubierta exterior del grano.

* El hilio, es una cicatriz ovalada en la superficie del

grano en la parte media del borde.

* El micrópilo, es una pequeña abertura de la testa junto al hilio.

* El rafé, es una arruga del hilio opuesta al micrópilo.

En la parte interior del grano de frijol (Figura 3), se encuentra el eje embrionario constituido por:

* El embrión o talluelo, formado por dos hojas primarias.

* Un tallo, compuesto por el epicotilo e hipocotilo.

* Una raíz rudimentaria o radícula.

* Y dos cotiledones, que forman la parte principal del frijol. En su microestructura éstos se constituyen por células parenquimatosas (enlazadas por la pared celular a través de la lámina media) y un envoltorio vascular ocasional, formado por células empacadas (Stanley y Aguilera, 1985).

I.5 COMPOSICION QUIMICA DEL FRIJOL.

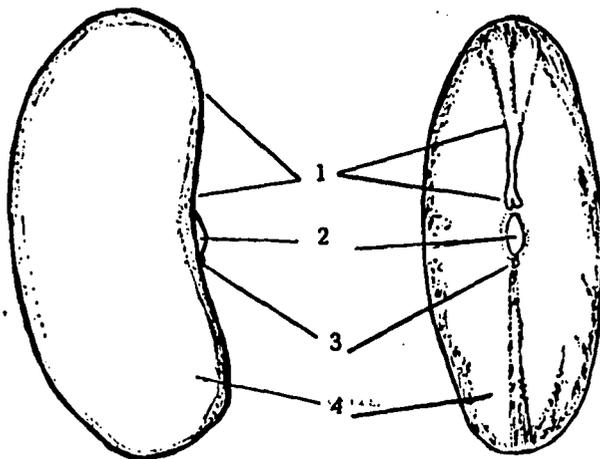
Debido a que la testa y los cotiledones son las estructuras anatómicas mayoritarias en el grano y las que participan en el proceso de cocción del frijol, en esta sección se especifica la composición química de las mismas.

La cantidad total de los componentes, que conforman la composición química porcentual del frijol, está regida por: el tipo de cultivar, por la localización del grano en la vaina, por las condiciones de crecimiento, por la localización geográfica del cultivo, por las condiciones de cosecha (Ramírez, 1990).

En la Tabla 1 se muestra la composición química porcentual

FIGURA Nº 2.

PRINCIPALES ESTRUCTURAS ANATOMICAS EXTERNAS DEL GRANO
DE FRIJOL FRESCO (*Phaseolus vulgaris*).

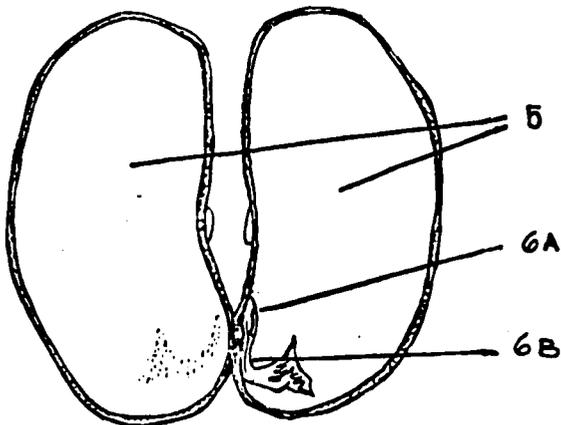


- 1.- RAFE
- 2.- HILIO
- 3.- MICROPILO
- 4.- TESTA

.....
Weier, T.E. y Stocking, G.R. 1980.

FIGURA Nº 3 .

PRINCIPALES ESTRUCTURAS ANATOMICAS INTERNAS DEL
GRANO DE FRIJOL FRESCO (*Phaseolus vulgaris*).



- 5.- COTILEDONES
- 6.- EJE EMBRIONARIO =
RADICULA (6A) +
EMBRION (6B)

.....
Weier, T.E. y Stocking, G.R. 1980.

TABLA No 1

COMPOSICION QUIMICA PORCENTUAL DEL GRANO DE
FRIJOL CRUDO Y ENTERO.

componente	%
AGUA	10.4
PROTEINA	22.5
GRASA	1.5
CARBOHIDRATOS TOTALES	61.9
CENIZAS	3.7

* Stanley, D.W. y Aguilera, J.M. 1985.

del frijol crudo entero (Stanley y Aguilera, 1985).

Dentro de los constituyentes principales del grano de frijol, se encuentran :

Los carbohidratos. Entre éstos, el más abundante es el almidón que se encuentra contenido en los cotiledones, además se encuentran azúcares enlazados covalentemente a las proteínas de reserva, éstos son: manosa, glucosamina, galactosa, xilosa y fructosa (Chang, 1982; Sathé y Salunkhe, 1981). Los gránulos de almidón en las leguminosas son resistentes al hinchamiento y ruptura, y se caracterizan por contener de 20 a 30 % de amilosa (Sathé y Salunkhe, 1981). Las temperaturas de gelatinización de este componente varían de 60 a 75 °C.

Las paredes celulares de las células de los cotiledones consisten de celulosa, hemicelulosa y lignina. Se encuentran unidas a través de la lámina media constituida, principalmente, de sustancias pécticas. Estas sustancias pécticas forman un gel polielectrolítico por entrecruzamiento de cationes divalentes que sirve como material adhesivo en la unión celular (Aguilera y Stanley, 1985; Stanley y Aguilera, 1985).

Entre las proteínas de los cotiledones se tienen: globulinas, albúminas, glutelinas y prolaminas, entre otras (Chang, 1982). La mayoría de estas proteínas se encuentran localizadas en estructuras llamadas "cuerpos proteicos", los cuáles son generalmente esféricos, rodeados de una membrana lipo-proteica con inclusiones cristalinas ricas en fitina (Jean-Caude, 1978; Stanley y Aguilera, 1985).

El fitato presente en los cuerpos proteicos, se encuentra como un complejo de sal soluble formado por proteína-calcio-fitato en su mayoría, y en un 10 a un 15% se encuentra como cristales globoides insolubles (Reddy y col, 1988). La fitina es el hexametrafosfato de mioinositol y constituye la reserva de fósforo del grano.

Los lípidos se encuentran como cuerpos oleosos almacenados principalmente en los cotiledones siendo el ácido linoléico y ácido linolénico los ácidos grasos mayoritarios (Stanley y Aguilera, 1985).

El frijol es rico en minerales, entre los que se encuentran: calcio, hierro, cobre, zinc, potasio, sodio, magnesio, etc, ..., etc. (Jones y Boulter, 1983).

Entre los carbohidratos contenidos en la testa están: la celulosa, la hemicelulosa y sustancias pécticas. También se encuentra la lignina, que es un componente de la lámina media, no removible por agentes quelantes. Y los polifenoles, que son compuestos que dan el color del grano (Stanley y Aguilera, 1985).

I.6 VALOR NUTRITIVO.

Se ha incrementado el consumo de frijol por su alto contenido proteico, gran aportación calórica y bajo costo (Aguilera y col., 1982; Aguilera y Stanley, 1985; Jones y Boulter, 1983; Molina y col., 1982; Mora, 1982; Stanley y Aguilera, 1985). Sin embargo, existen hábitos inadecuados en

la cocción del frijol (como la falta de utilización de sales en el remojo o la ausencia del remojo o un menor tiempo de cocción al requerido) ser consumido que ocasionan la presencia de factores antinutricionales, éstos limitan su valor nutricional pero con una buena preparación pueden ser inactivados (Aguilera y col., 1982; El-Hag y col., 1978; Stanley y Aguilera, 1985).

El frijol es una fuente pobre de aminoácidos azufrados como metionina y cisteína. Si estos aminoácidos son adicionados, se puede mejorar la calidad nutritiva del frijol (Bressani y col., 1963; Molina y col., 1975). Así, los cereales (ricos en metionina y cisteína) resultan el suplemento ideal del frijol, y el frijol (por su alto contenido en lisina), resulta el suplemento ideal de los cereales (Aguilera y Stanley, 1985).

También, el frijol aporta a la dieta vitaminas como tiamina (B1), riboflavina (B2) y niacina (Jones y Boulter, 1983; Stanley y Aguilera, 1985).

La celulosa, la hemicelulosa y sustancias pécticas son otros componentes del grano entero, que aportan principalmente fibra a la dieta (Peña y Ortega, 1986).

De la inactivación de enzimas o de la insolubilización de las proteínas resulta la interacción de los polifenoles con proteínas, por lo que se limita el aprovechamiento de las proteínas (Deshpande y col., 1982).

Los frijoles crudos se caracterizan por contener sustancias tóxicas. La mayoría de ellas son termolábiles y con la temperatura alcanzada durante la cocción se pueden inactivar. Entre los factores tóxicos que contiene el frijol están: los inhibidores de enzimas, hemaglutininas, factores antivitaminicos, ácido fítico, factores productores de flatulencia, saponinas, isoflavona, etc, ... (Harper, 1975; Jaffé y Brucker, 1972).

El fitato disminuye la biodisponibilidad de minerales esenciales (Ca, Mg, Zn, Fe) y posiblemente el complejo presente interfiere con la utilización de la proteína (Reddy y col., 1988; Stanley y Aguilera, 1985).

Nutricionalmente, el fitato afecta la absorción y la utilización de minerales por su precipitación como sal insoluble en el estómago y duodeno (Harper, 1975).

La evaluación bioquímica para conocer el valor nutritivo del frijol se encuentra en una etapa de pleno desarrollo. Martín de Portela (1982), ha estudiado los mecanismos que conducen a alteraciones en el aporte mineral tanto en el proceso de cultivo del frijol (que con el uso de fertilizantes se empobrece el suelo de algunos elementos importantes para nutrir a la planta) como durante algunos de los procesos utilizados para el mayor aprovechamiento del grano (por ejemplo, con el secado en condiciones energéticas se favorece la volatilización de algunos elementos y con el refinamiento como la molienda, que ayuda a reducir el tamaño de las partículas, se desfavorece el aporte mineral

por las posibles pérdidas ocurridas).

En estudios recientes, la obtención de concentrados de proteína del frijol blanco común, ha sido utilizada para adicionarse a harinas de diferentes tipos de leguminosas o para adicionarse a alimentos tradicionales y así elevar el valor nutritivo (Duszkiewicz-Reinhard y col., 1988).

Dentro del proceso de cocción del frijol, se tienen ventajas como es la desnaturalización de proteínas con lo que aumenta la digestibilidad de las mismas y disminuye el contenido de factores tóxicos que son termolábiles (Jones y Boulter, 1983; Molina y col., 1975).

Aunque en todos los casos la cocción del frijol tiene beneficios sobre el aumento del coeficiente de digestibilidad proteica pues la combinación del proceso de " Germinado " junto con el tratamiento de calor tiene mayor eficacia, ya que este proceso de germinado trae consigo una excelente digestibilidad proteica y la reducción de la actividad del inhibidor de tripsina. Sin embargo, también se tienen desventajas, entre éstas se tiene la disminución en la calidad nutritiva del grano debido a que se afecta el contenido de grasas, minerales y de aminoácidos como la lisina (El-Hag y col., 1978). Por esta razón de acuerdo a como se trabajen las condiciones del proceso de germinado (tiempo, temperatura y humedad), será el valor nutritivo que se obtenga (Nielsen y Liener, 1988).

I.7 PROCESAMIENTO DEL FRIJOL PARA CONSUMO HUMANO.

Para desarrollar el sabor y la textura del frijol, aceptable al paladar, es necesario cocerlo para consumo humano. Dentro de este proceso de cocción se incluyen los siguientes eventos:

1o. REMOJO.- los granos permanecen en agua durante toda la noche a temperatura ambiente.

2o. DRENADO.- desalojo del agua de remojo.

3o. COCCION.- los granos permanecen en agua fresca hirviendo durante el tiempo necesario para que el grano adquiriera la textura y sabor agradables al paladar (Aguilera y col., 1982; Aguilera y Stanley, 1985). La cocción del frijol se realiza a presión normal o reducida (Bressani y col., 1963).

Además, con este proceso se inactivan los inhibidores de tripsina y hemaglutininas y hacen que, nutricionalmente, se encuentre asimilable la proteína que contiene (Aguilera y col., 1982; Mora, 1982; Sefa-Dedeh y col., 1978).

Algunos vegetales y también algunas frutas, necesitan ser blanqueadas (permanecer durante 2 o 3 minutos en agua hirviendo) para inactivar sus sistemas enzimáticos como el de las peroxidases, entre otros (Kermasha y Metche, 1988); pero el frijol no sólo necesita ser blanqueado, sino que el tiempo de exposición al calor debe ser mucho mayor y variable para cada cultivar, y así poder ser ingerido.

Dentro de la preparación para el consumo del frijol usualmente se incluyen los procesos de remojo y tratamiento térmico .

Con el remojo, disminuye considerablemente el tiempo de cocción por lo que influye de manera positiva en la calidad nutritiva, además ayuda en el ahorro de energía para la preparación y consumo del frijol. La eficiencia del proceso de remojo depende directamente del tiempo, de la temperatura y del uso de soluciones salinas que faciliten después la cocción (González de Mejía, 1982; Molina y col., 1975; Molina y col., 1982).

Se ha considerado que la calidad de la cocción del frijol está influida por el tiempo de almacenamiento (Mora, 1982; Sefa-Dedeh y col., 1978); por el grosor de la testa y por el contenido en celulosa y lignina que tiene ésta (Aguilera y Stanley, 1985).

El tiempo del proceso de cocción del frijol para que sea consumido es variable según el cultivar y el lote de frijol del que se trate (Moreno y Ramírez, 1986; Quiroz, 1990).

I.7.1 Mecanismos propuestos para la termosuavización del frijol.

Con el proceso de cocción, se induce una alteración de la estructura del grano de frijol pues existe una separación de las células y el material adhesivo (Aguilera y Stanley, 1985, Stanley y Aguilera, 1985).

Se ha postulado que la solubilización de la lamela media que acompaña al fenómeno de la cocción se debe realizar por:

a) la acción de quelantes citoplasmáticos (Kon y Sanshick,

1981; Moscoso y col., 1984);

b) y/o por un recambio de los iones divalentes de los pectatos por iones monovalentes (Van Buren, 1986). Esta propuesta sugiere que la velocidad de cocción dependerá de los contenidos de iones divalentes y iones monovalentes presentes en el grano de frijol;

c) y/o por despolimerización de la pectina.

El mecanismo basado en los quelantes citoplasmáticos propone al ácido fítico (AF) como principal responsable de la solubilización de las pectinas. Recientemente Bernal y col (1991), demostraron que el AF no participa como agente quelante en la cocción del frijol.

Como apoyo al mecanismo que considera que la solubilización de las pectinas de la lamela media requiere de un recambio de iones divalentes (Ca y Mg) de los pectatos por iones monovalentes (Na y K), existe la siguiente evidencia: cuando se remoja frijol en soluciones salinas que contienen Na como catión principal (cloruro, fosfato, carbonato, bicarbonato, hexametrafosfato) en vez de utilizar H₂O únicamente, el tiempo de cocción del frijol se disminuye (Sievwright y Shipe, 1986); sin embargo, hay que aclarar que el pH era > 7.0.

Esta evidencia se utiliza dentro de las innovaciones que están surgiendo para producir una cocción rápida del frijol, como el remojo del grano en una solución de varias sales, proceso del cuál se origina la producción de frijol instantáneo en polvo (Aguilera y col., 1982).

I.8 RELACION DE ALGUNOS CATIONES EN LA COCCION DEL GRANO DE FRIJOL.

En esta sección se presentan algunos datos y su interpretación como apoyo a la posible relación entre los contenidos de iones del grano y la velocidad de cocción del frijol.

Elías (1982), encontró que si los niveles de cationes monovalentes es mayor que los de cationes divalentes, en los granos de frijol, entonces se facilita la disolución de las sustancias pécticas presentes; con esta disolución se facilita la cocción de los granos de frijol y como consecuencia se obtiene su ablandamiento. De acuerdo a estos datos, se sugiere que de los 3 cultivares estudiados en el presente trabajo, el grano que es más fácil de cocer sea el que contenga mayor cantidad de Na y K (contenido que principalmente se espera encontrar en los cotiledones).

Un contenido alto de Ca ocasiona mayor firmeza en el tejido que lo contengan (Poovaiah, 1986; Stanley y Aguilera, 1985) y en algunos casos la influencia del calcio para proporcionar firmeza en los tejidos es deseable (Hsiao-Chen y McFeeters, 1983); este contenido elevado de Ca hace pensar en la presencia de mayor cantidad de sustancias pécticas insolubles en el agua de remojo y/o cocción, ya que el porcentaje de pectinas solubles, de los cotiledones en agua caliente y en hexametáfosfato, es proporcional al tiempo de cocción del frijol (Castillo, 1990).

Con lo referente a los cultivares del presente trabajo, se

espera que el contenido de Ca en las estructuras anatómicas del grano sea bajo y exista una asociación con la textura del grano crudo y fresco.

Jackson y Varriano-Marston (1981), y Moscoso (1982), reportan que a medida que el frijol va envejeciendo, la cantidad de Na y K perdidos durante el remojo es mayor que para el frijol fresco lo que ocasiona que aumente la proporción de Ca y Mg, dificultándose así la cocción. Estos argumentos aún se continúan estudiando pues sólo resulta cierto si se trata de cotiledones, y no es así cuando se trata de testas. Por esta razón es importante plantear cómo se encuentran distribuidos el Na, K, Ca y Mg en las diferentes estructuras anatómicas del grano de frijol CRC y obtener bases para futuras investigaciones con la distribución de iones en frijol cocido y en frijol endurecido.

I.9 ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA.

I.9.1 Generalidades

Cuando se requiere analizar una muestra para determinar el contenido de un elemento metálico, por el método de absorción atómica (como aluminio, hierro, calcio, magnesio, sodio o potasio); es necesario que la muestra se encuentre en solución para ser aspirada por el espectrofotómetro y convertida en vapor atómico.

La muestra vaporizada después es transportada hacia la flama donde una gran proporción de átomos del metal contenido en la muestra, poblarán la flama en el estado fundamental (como átomos neutros); estos átomos son irradiados por un rayo de

luz monocromática que proviene de una fuente de energía, o lámpara de cátodo hueco (Alkemade y Milatz, 1955; Pawluk, 1967; Perkin-Elmer, 1976; Walsh, 1955; Walter, 1969). Puesto que las longitudes de onda del rayo de luz son iguales entre sí los átomos neutros del metal al pasar a través de la flama, son capaces de absorber una porción de energía por lo que se reduce la intensidad del rayo de luz. Si este átomo es excitado, entonces la cantidad de luz absorbida se emite (Ewing, 1976).

Ya que la absorción de la luz por la muestra vaporizada es proporcional a la concentración de átomos neutros del metal en la flama, la medición de la absorción puede ser usada como una medida cuantitativa de la concentración del elemento metálico de la muestra original en cuestión (Walsh, 1955). Debido a los avances en la tecnología del equipo, para la mayoría de las determinaciones, el tiempo consumido en las mediciones se ha reducido hasta un 25% (Pawluk, 1967).

Por otra parte, para tener un rango analítico del 20 al 80% de absorción con una variación del 1 o 2%, debe prepararse una solución de la muestra fácilmente aspirable a través del tubo de muestreo del vaporizador del equipo (Perkin-Elmer, 1976). Normalmente, es suficiente utilizar 3 diferentes estándares para la calibración del equipo y el trazo de la curva patrón.

La concentración requerida, es estimada de acuerdo a las sensibilidades dadas en la metodología que plantea Perkin-Elmer, (1976); se debe tomar en cuenta que en la preparación

de las soluciones, por lo menos se requieren de 2 ml de solución para cada medida de absorción.

Una vez preparadas las soluciones se procede a leer en el espectrofotómetro de absorción atómica. Las corridas se realizan introduciendo primero el estándar después la muestra, estándar - muestra - estándar - etc., ... etc.

De los resultados obtenidos, se calcula un promedio y se determina la concentración del metal a la que corresponde cada muestra. Si el equipo proporciona las equivalencias en concentración, ya no es necesario trazar una curva patrón pero sí, es necesario calibrar adecuadamente el equipo (Ewing, 1976; Perkin-Elmer, 1976; Walter, 1969).

I.9.2 Sensibilidad en la absorción por el equipo de Absorción atómica.

Se refiere a la concentración de una solución de un elemento en agua que absorbe el 1% de luz irradiada, expresándose como ug/ml/1% (Perkin-Elmer 1976).

El 1% de absorción corresponde a 0.0044 de absorbancia, de acuerdo a Ewing (1976). Así se tiene que las sensibilidades para los iones de Ca, Mg, Na, K son:

Ca	=	0.030	ppm.
Mg	=	0.008	ppm.
Na	=	0.040	ppm.
K	=	0.100	ppm.

Estos valores se pueden usar para conocer la sensibilidad de la lámpara utilizada y para los estándares; cuando se utilizan las concentraciones de 15 a 65 o 100 veces mayores, se puede observar que la curva patrón es lineal.

Puede ocurrir que la sensibilidad de absorción disminuya ocasionando que no se dé una relación lineal entre la absorbancia y la concentración (Walter 1969).

Entre las causas de esto se tiene que :

- a) la vaporización es incompleta.
- b) la disociación molecular (átomos por unidad de volumen), no se lleva a cabo por temperaturas bajas de la flama.
- c) hay ionización o excitación.
- d) el equipo no termina de aislar la línea analítica de otras líneas emitidas.

I.9.3 Limitantes existentes en el método de absorción atómica. Clasificación.

La aplicación del método, se encuentra limitada principalmente por interferencias para metales cuya línea de resonancia está dentro del rango de luz ultravioleta (U.V.) y las regiones visibles del espectro electromagnético (Alkemade, 1955; Perkin-Elmer, 1976).

Las interferencias ocurren en la determinación de un elemento específico y se debe considerar para la preparación del estándar para dicho elemento (Walter, 1969).

Se clasifican en :

I.9.3.a Interferencias Químicas.

Ocurren cuando el elemento de interés se combina con algún ión presente en la solución para formar un compuesto reduciéndose la cantidad de átomos neutros en la flama del equipo (Alkemade, 1955). Como resultado disminuye la

sensibilidad de la absorción atómica cambiando el valor de la absorción (Walsh, 1955).

Este tipo de interferencia puede controlarse con el uso de temperaturas altas en la flama o adicionando a la solución de la muestra o del estándar, un agente liberador o catión competitivo (Walter, 1969).

I.9.3.b Interferencias por Ionización.

Ocurren cuando uno de los átomos neutros pierde un electrón por la temperatura alta de la flama originándose, así, un catión que es capaz de absorber radiaciones a diferentes longitudes de onda que el átomo original (Alkemade, 1955).

Este tipo de interferencia puede ser controlada con la adición en exceso de un elemento de fácil ionización (de 1000 a 2000 ug/ml de un metal alcalino), a la solución estándar y de la muestra (Walter, 1969).

I.9.3.c Interferencias de Matrices.

También llamada "Interferencia de Masa" (Walsh, 1955). Ocurren cuando las características físicas de la solución de la muestra difieren de las características físicas de la solución estándar (Alkemade, 1955).

Este tipo de interferencia puede ser controlada diluyendo la solución de la muestra para reducir las sales presentes o los ácidos disueltos (Walter, 1969).

I.9.3.d Interferencias de Espectros.

Generalmente se presenta en la geoquímica, pues la mayoría de las muestras incluyen un gran número de elementos. Si las

líneas espectrales de un sólo elemento no pueden ser resueltas por parte del elemento a ser determinado, se origina un error analítico positivo porque se adicionan dos señales (Walter, 1969).

Puede ocurrir cuando se utilizan lámparas de cátodo hueco multielemento, porque otros elementos pueden emitir radiaciones a la longitud de onda del elemento en estudio. También suele suceder que cuando se usan lámparas de cátodo hueco simples, éstas pueden contener impurezas en el material del cátodo y por esto, actúan como si fuese una lámpara multielemento (Ewing, 1976).

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC O B J E T I V O S CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CAPITULO II. OBJETIVOS

* Determinar algunas de las características morfológicas externas del grano de frijol que contribuyan a establecer alguna diferencia "detectable a simple vista" y que puedan indicar que el grano de frijol requiere tiempos de cocción largos o cortos cuando éste se encuentra crudo y recién cosechado.

* Determinar los niveles de sodio, potasio, calcio y magnesio en la testa, en los cotiledones y en las paredes celulares de los cotiledones.

* Analizar estadísticamente los datos obtenidos.

* Relacionar los tiempos de cocción conocidos en la literatura con las características físicas observadas a simple vista y los contenidos iónicos determinados en el grano de frijol crudo recién cosechado de los 3 cultivares utilizados en el presente trabajo.

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC DEBARROLLO CC
CC CC
CC EXPERIMENTAL CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CAPITULO III. MATERIALES

III.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Las muestras utilizadas fueron de frijol (*P. vulgaris*), crudo recién cosechado (CRC), representadas por tres cultivares diferentes: Michigan 800, Huasteco y Ojo de Cabra.

Fueron otorgadas por el Departamento de Bioquímica Vegetal de la División de Estudios de Posgrado de Bioquímica en la UNAM y se recibieron con fecha de cosecha: Febrero de 1988. Los 3 cultivos fueron realizados en Morelos en el mismo ciclo agrícola, bajo las mismas condiciones de riego, de fertilización y de manejo post-cosecha.

III.2 EQUIPO

- * Balanza analítica Sartorius Digital con sensibilidad de 0.1 mg.
- * Centrifuga. Damon/IEC División: IEC HN - S.
- * Desecador, con CaCl₂ anhidro como agente secante.
- * Espectrofotómetro de absorción atómica. Perkin-Elmer 209-B.
- * Estufa al vacío, Equipar S.A. Precision GCA. corp.
- * Estufa de convección mecánica. Precision. GCA.
- * Extractor Soxhlet. Pyrex. UNAM.
- * Homogeneizador eléctrico. Sybron/Thermolyne.
- * Lámparas de cátodo hueco para determinar: sodio, potasio, calcio y magnesio.
- * Mallas Nº 20, 40 y 60 para molino de laboratorio Wiley.
- * Microscopio de luz. ZEISS.
- * Molino de laboratorio Wiley. Scientific Aparatus; Arthur H. Thomas Co.
- * Mufla para laboratorio tipo caja. Mod. 51848. Lindberg.
- * Parrilla eléctrica PS. Precision Scientific. GCA.
- * Potenciómetro digital. Corning 125, pH meter 3D.

III.3 MATERIAL DE LABORATORIO

- * agitador.
- * bisturi.
- * brocha de cerdas suaves.
- * cartucho poroso.

- * crisoles de porcelana.
- * cucharillas de vidrio.
- * embudo de cola larga. Pyrex.
- * frascos ambar de 150 ml.
- * matraz aforado de 50 y 100 ml. Pyrex.
- * matraz de fondo plano de 500 ml. Pyrex, con boca esmerilada, entrada 24/40.
- * mechero Bunsen.
- * papel filtro Watman Nº 1.
- * papel Parafilm "M" de laboratorio. American National Can.
- * pinzas para crisol.
- * pinzas para soporte universal.
- * pinzas quirúrgicas.
- * pipetas Pasteur.
- * placa de vidrio.
- * porta- y cubre- objetos para frotis de microscópio.
- * refrigerante. Pyrex.
- * rejillas de asbesto.
- * soporte universal.
- * triángulo de porcelana.
- * tubos de ensaye plásticos para centrífuga.
- * vasos de precipitados de 10, 100, 250 y 1000 ml. Pyrex.
- * vidrio de reloj.

III.4 REACTIVOS

- * acetona. Sigma, Chemical Company.
- * ácido clorhídrico concentrado. Baker.
- * ácido nítrico al 25%. Baker.
- * agua deionizada.
- * benceno. Baker.
- * carbonato de calcio. Baker.
- * cloruro de potasio. Baker.
- * cloruro de sodio. Baker.
- * éter etílico anhidro. Baker.
- * hielo seco.
- * lugol. Preparado con KI. Baker.
- * magnesio en granalla. Sigma, Chemical Company.
- * óxido de Lantano. Sigma, Chemical Company.
- * trietanolamina. Sigma, Chemical Company.

CAPITULO IV. METODOS

IV.1 RECEPCION DE MUESTRAS.

Las muestras de frijol CRC, se mantuvieron en refrigeración, en frascos herméticamente sellados con papel parafilm además de su tapa convencional.

En estas condiciones el grano conserva sus características de frescura.

Para trabajar las muestras, antes de abrir los frascos, se estabilizaron a temperatura ambiente.

En la Figura 4, se muestra un esquema de las determinaciones efectuadas en el desarrollo experimental de este trabajo.

IV.2 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.

El contenido de humedad de las muestras, se determinó por el procedimiento de "estufa de secado con vacío", (Altamirano y Morales de León, 1985).

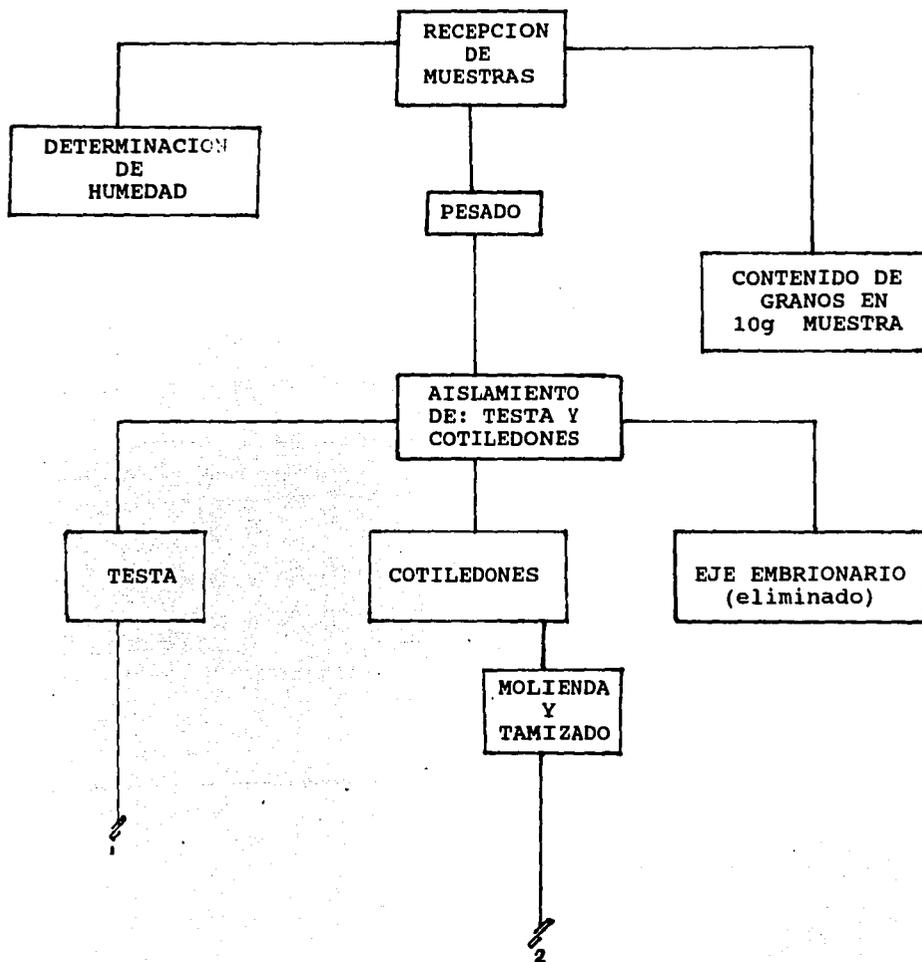
Esta determinación se realizó por quintuplicado y se expresó como el promedio de las determinaciones y la desviación estándar de cada uno.

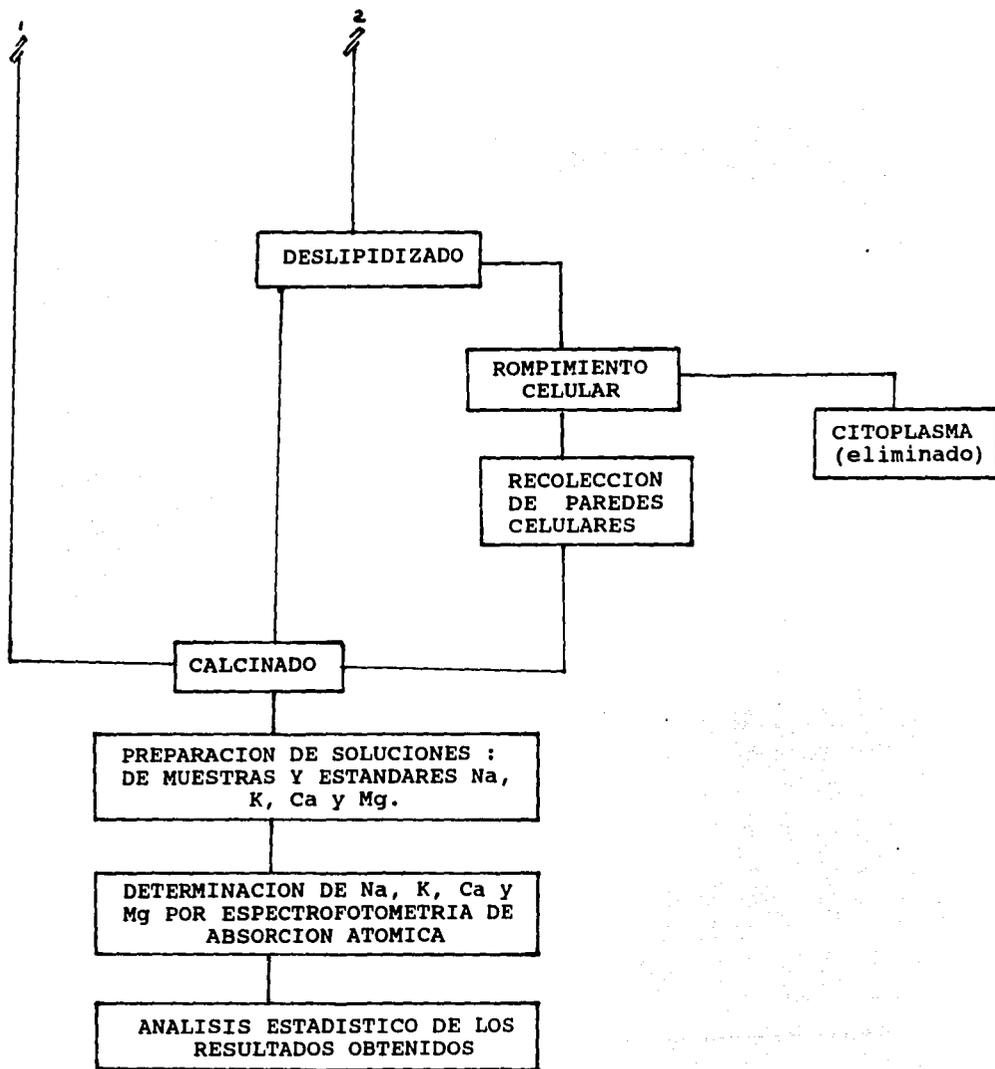
IV.3 CONTENIDO DE GRANOS EN 10 g DE FRIJOL.

Para conocer el número de granos, se pesaron pequeños lotes de 10 g. de frijol; cada uno de éstos se colocó sobre un vidrio de reloj y se contó el número de granos contenidos en la muestra. La determinación se realizó por quintuplicado y se expresó como el promedio de las 5 determinaciones ■ la

FIGURA Nº 4.

RUTA DEL DESARROLLO EXPERIMENTAL.





desviación estándar.

Durante esta determinación se realizaron observaciones de las características presentadas por cada uno de los 3 cultivares del presente trabajo comparándolos entre sí. Las características observables a simple vista fueron:

* color;

* impurezas (tomando en cuenta basura, piedras, granos que no corresponden a ese cultivar, granos rotos, granos incompletos, granos con testas y/o cotiledones arrugados o rotos);

* tamaño del grano;

* facilidad de pelado (dentro de ésta se tomaron en cuenta los tiempos del pelado del lote de 50 g, se observó el grosor que tenía la testa de cada cultivar en comparación con los otros 2 cultivares, así como la oblongación que presentan los cotiledones);

* brillo de la testa (que nos dá una idea del probable contenido de lípidos en testa).

IV.4 AISLAMIENTO DE TESTA Y COTILEDONES.

La separación de las estructuras anatómicas del grano de frijol se realizó en forma manual. La testa se removió con la ayuda de un bisturí y pinzas quirúrgicas. En los casos donde la testa se observó un poco despegada de los cotiledones, se presionaba el grano ligeramente con los dedos para facilitar el pelado.

Cada uno de los granos, se abrió a lo largo, se eliminó el eje embrionario y se guardaron los cotiledones.

Se pesaron las testas obtenidas y los cotiledones obtenidos. Se realizaron los cálculos correspondientes a cada una de las muestras para presentar los contenidos porcentuales con respecto al peso inicial de trabajo (ver apéndice). También, se realizaron los cálculos correspondientes al eje embrionario que fué eliminado por diferencia de pesos.

IV.5 OBTENCION DE HARINA DE COTILEDONES.

MOLIENDA Y TAMIZADO.

Para facilitar su manejo posterior, los cotiledones se pulverizaron en un molino de laboratorio y las harinas se tamizaron con malla N° 20, después con malla N° 40 y por último con malla N° 60. Las harinas se recolectaron con una pequeña brocha de cerdas suaves para evitar pérdidas.

IV.6 DESENGRASADO DE LAS HARINAS DE LOS COTILEDONES.

La muestra de harina de los cotiledones fué separada en dos porciones: 5 g, se utilizó para la obtención de cenizas y el resto fué sometida a una extracción etérea continua en "Soxhlet" con éter etílico anhidro como solvente, (Altamirano y Morales de León, 1985).

La extracción se realizó durante 24 h. Una vez transcurrido el tiempo de extracción etérea, se dejó escurrir el cartucho donde se realizó la extracción etérea hasta que se secó. Se obtuvo el peso del extracto etéreo por una relación entre la diferencia del peso del cartucho conteniendo la muestra y el peso del cartucho conteniendo la muestra desengrasada, entre el peso de la muestra. Se calculó el porcentaje de lípidos en cotiledones de acuerdo al porcentaje de cotiledones que

corresponde a cada cultivar de frijol CRC.

IV.7 OBTENCION DE PAREDES CELULARES DE LOS COTILEDONES.

La muestra de harina de cotiledones (40 a 42 g) ya desengrasada, se colocó en varios tubos de plástico para centrífuga (2-3 g por tubo).

Se les adicionó 15 ml de benceno a cada tubo y se agitaron durante 15-20 minutos a temperatura ambiente. Transcurrido este tiempo la suspensión se centrifugó por 5 minutos en una centrífuga de mesa a 3000 rpm.

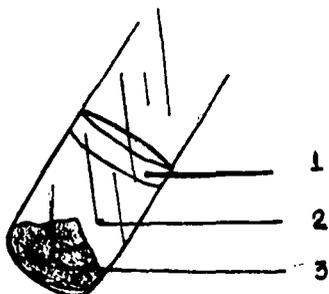
El sobrenadante se descartó y la pastilla se resuspendió en 15 ml de trietanolamina 1 mM a pH=7.0.

Esta suspensión se congeló sumergiendo el tubo en un baño de acetona-hielo seco y se descongeló rápidamente sumergiendo el tubo en un baño de agua caliente por 30 seg. Esta operación se repitió 3 veces. La efectividad de los ciclos congelación-descongelación sirvió para que la separación de las paredes celulares se realizara correctamente, lo cual se siguió por microscopía, mediante la observación de frotis teñidos con lugol.

Una vez que se observó que las paredes celulares se separaban de las células y se encontraban limpias de organelos, el tubo de ensaye se centrifugó a 6000 rpm. y se obtuvieron tres capas (Figura 5), las cuáles fueron separadas por medio de una cucharilla y pipetas Pasteur. Los componentes de cada fracción se identificaron por microscopía observando con un frotis teñido con lugol.

F I G U R A N º 5 .

**TUBO CENTRIFUGADO PARA RECOLECTAR PAREDES CELULARES
DE COTILEDONES DE FRIJOL FRESCO (Phaseolus vulgaris).**



- 1.- nata mucilaginosa
(paredes celulares)
- 2.- sobrenadante
- 3.- pastilla
(sedimento)

La capa superior estaba formada por una nata blanca mucilaginoso que contenía las paredes celulares libres de gránulos de almidón y protoplastos. La capa intermedia contenía lo soluble; y la última capa es la pastilla, contenía los residuos celulares, y gránulos de almidón. .

Las paredes celulares se lavaron con H₂O deionizada para eliminar los cristales de trietanolamina que pudiesen haber quedado incrustados en las paredes celulares. Se secaron en estufa de vacío a 45 °C. Se pesaron y se realizaron los cálculos para presentar los resultados porcentuales que correspondían a los cotiledones.

Asimismo se calculó el contenido porcentual de citoplasma (partes solubles de las células, residuos celulares y gránulos de almidón) como la diferencia entre cotiledones y paredes celulares, considerando que se hayan separado el 100% de paredes celulares.

IV.8 CALCINADO DE LAS MUESTRAS.

4-7 g de testas, 5 g de harina de cotiledones desengrasada y 1-5 g de paredes celulares de los cotiledones, se colocaron en diferentes crisoles (previamente puestos a peso constante), se carbonizaron bajo la flama de un mechero hasta que no hubo desprendimiento de humo y se calcinaron en la mufla a 500 ± 10 °C por 9 h. Pasado este tiempo se les adicionó 2-3 gotas de HCl concentrado y se colocaron de nuevo en la mufla hasta que las cenizas fueron blancas.

Las muestras se dejaron enfriar en un desecador, se pesaron directamente en una balanza analítica y se realizaron los

cálculos para obtener los resultados que corresponden al porcentaje que cada estructura proporciona de material inorgánico no combustible (cenizas que son minerales).

IV.9 DETERMINACION DE MINERALES.

Se determinaron los siguientes cationes monovalentes y divalentes: sodio y potasio; calcio y magnesio respectivamente, por el método de Espectrofotometría de Aa, en base a la metodología presentada por Alkemade y Milatz (1955), Pawluk (1967), Perkin-Elmer (1976), Walsh (1955) y Walter (1969). Las determinaciones se realizaron en un equipo de absorción atómica Perkin-Elmer mod. 209 y mod. 3000 utilizando lámparas de cátodo hueco correspondientes a cada catión.

Es importante saber que el material utilizado en este inciso, debe ser lavado previamente con una solución de HNO_3 al 25% para evitar cualquier interferencia.

La cuantificación de estos iones se hizo por comparación con su respectiva curva estándar con las concentraciones que se dan en el apéndice (Figuras 6, 7, 8 y 9).

Para evitar las posibles interferencias por ionización, las determinaciones iónicas, tanto de las curvas patrón como de las diversas estructuras anatómicas del frijol, se realizaron en presencia de una solución de La al 1% P/V (Perkin-Elmer, 1976).

Para evitar las posibles interferencias químicas, a las curvas estándar de los cationes monovalentes, además de la solución de La se les adicionó un exceso (1000 - 2000 $\mu\text{g/ml}$)

FIGURA N° 6

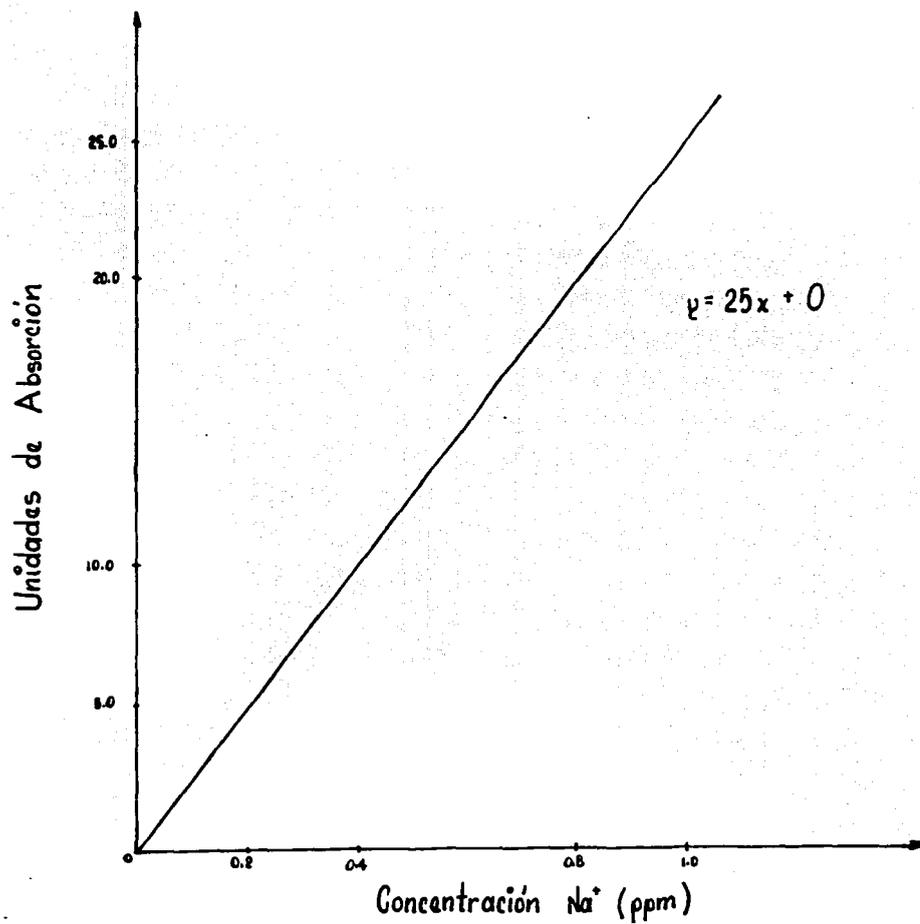
CURVA ESTANDAR DE SODIO (Na^+)

FIGURA N° 7

CURVA ESTANDAR DE POTASIO (K⁺)

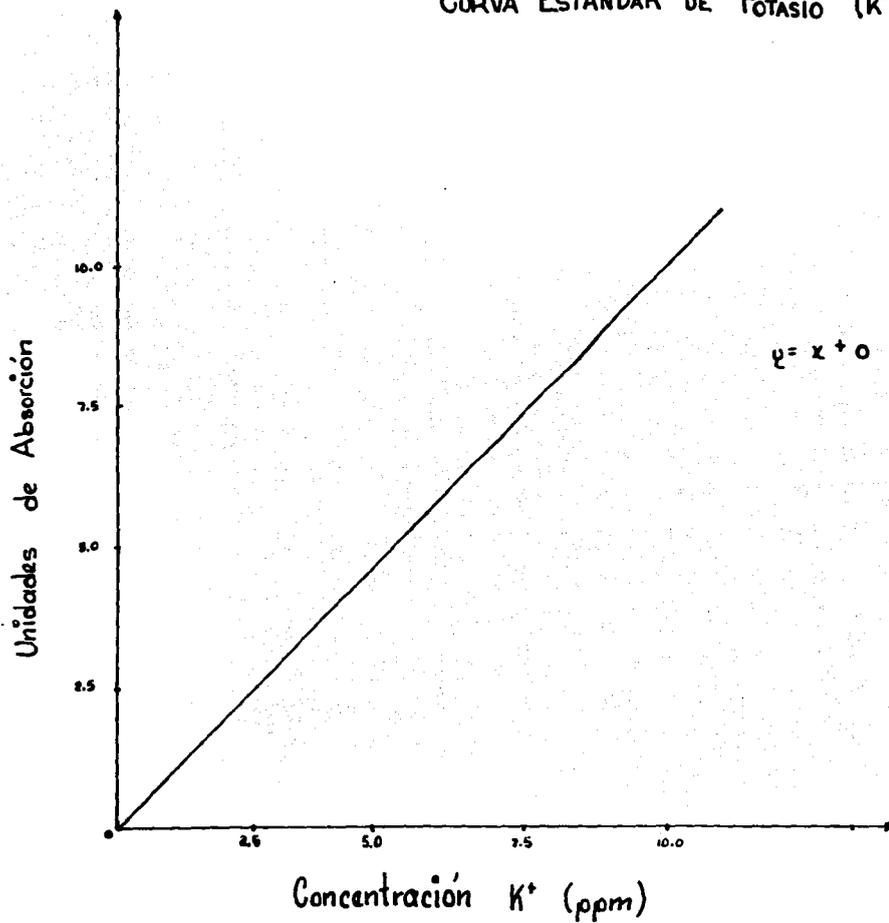


FIGURA N° 8

CURVA ESTANDAR DE CALCIO (Ca^{++})

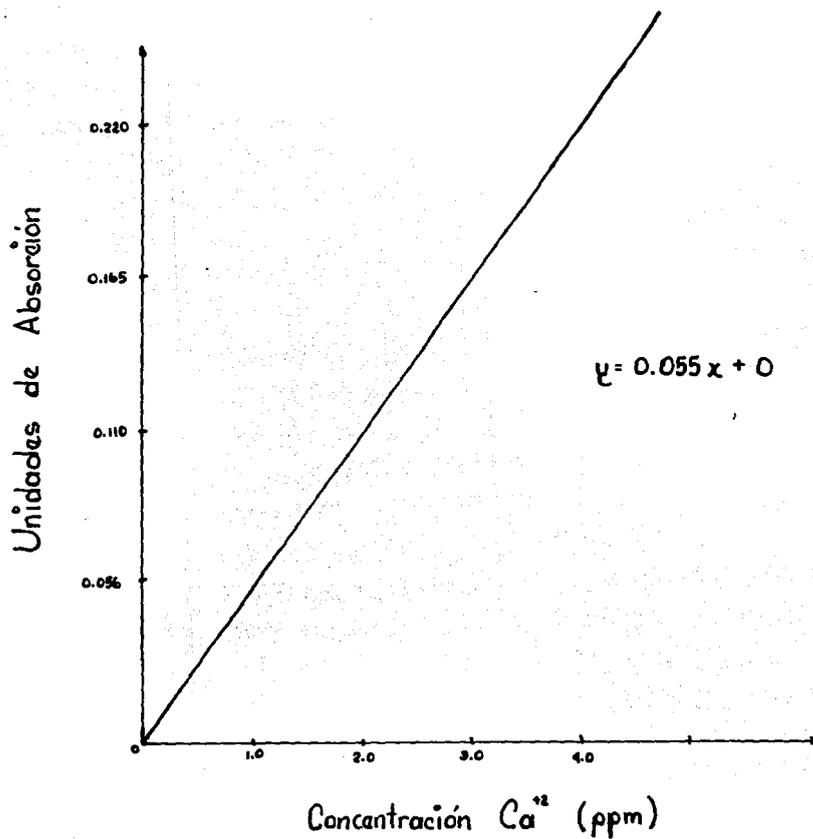
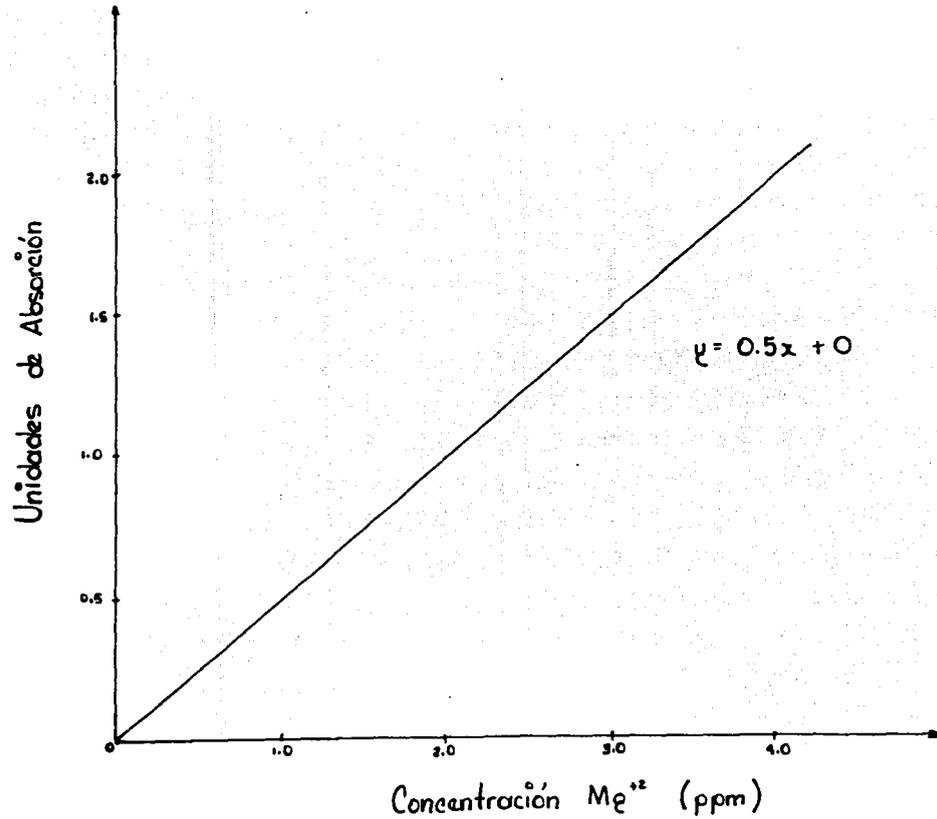


FIGURA N° 9

CURVA ESTANDAR DE MAGNESIO (Mg^{+2})



de sales de K para la determinación de Na y de sales de Na para la determinación de K (Perkin-Elmer, 1976).

Para la determinación de la cantidad de iones en cada una de las estructuras anatómicas del grano de frijol, las muestras calcinadas se disolvieron con 10 ml de una solución de HCl al 20% V/V; como no se disolvieron completamente se calentaron en baño maría. Esta disolución se filtró con papel filtro lavado con HCl previamente, terminando la filtración se realizó un lavado del papel filtro con H₂O deionizada y se aforó a 50 ml con H₂O deionizada.

De estas soluciones se tomaron 15 ml por triplicado. A cada una de éstas se les adicionó 6 ml de la solución de La al 5% y se aforaron a 100 ml para obtener 1% P/V de La en la solución final.

Por último se realizaron las diluciones que se muestran en la Tabla 2, fué para que las lecturas se localizaran dentro del intervalo de la curva estándar.

IV.10 ANALISIS ESTADISTICO.

Los resultados obtenidos se manejaron con un "análisis de varianza", para k-muestras independientes con un valor de probabilidad del 95% y un factor de confianza $\alpha = 0.05$.

Después se realizó un análisis de intervalo múltiple por el método "gráfico-estadístico Tukey" (Durán y col., 1987).

TABLA No 2

DILUCIONES PARA LAS SOLUCIONES DE MUESTRAS DE FRIJOL
CRUDO RECIEN COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS.

CATION	T E S T A			C O T I L E D O N E S			P A R E D C E L U L A R *		
	Michigan	Huasteco	O.Cabra	Michigan	Huasteco	O.Cabra	Michigan	Huasteco	O.Cabra
sodio	1:300	1:230	1:330	1:155	1:150	1:130	1:260	1:30	1:240
potasio	1:100	1:80	1:95	1:60	1:65	1:65	1:80	1:15	1:80
calcio	1:30	1:20	1:20	-	-	1:05	-	-	-
magnesio	1:100	1:100	1:100	1:100	1:100	1:100	1:100	1:100	1:100

(-) no se le efectuó dilución. Se realizaron las lecturas directamente

* las paredes celulares son de los cotiledones

CAPITULO V. RESULTADOS

V.1 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS.

Se realizaron observaciones por comparación a simple vista de algunas características cualitativas del grano de frijol CRC de los cultivares Mich, OC y Huas, como son: color; impurezas presentes en los lotes de la muestra empleada por ejemplo basuras, piedras, granos que no corresponden a ese cultivar, granos rotos, granos incompletos, granos con testas y/o cotiledones arrugados o rotos; tamaño del grano; tiempo de pelado para 50 g de muestra; grosor y brillo de la testa; curvatura de los cotiledones (Tabla 3).

Se encontró que estas características observadas a simple vista eran homogéneas dentro de un mismo cultivar, pero eran diferentes al compararlas entre los 3 cultivares. Huas denotó más acentuadas las características de color y oblongación de los cotiledones, mientras que OC mostró mayor tamaño del grano y mayor grosor y brillo de la testa. Por su parte, los granos de Mich fueron los más fáciles y rápidos de pelar, y los de menor tamaño.

Los lotes de muestras de Mich, Huas y OC se encontraron libres de impurezas, libres de piedras, basura o granos que no pertenecían a ese cultivar; también se encontraron libres de granos incompletos y libres de granos con rupturas o modificaciones en la testa.

TABLA No 3

CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DEL FRIJOL CRUDO RECIEN
COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS.

cultivar	color	impurezas (1)	tamaño	tiempo pelado (hr/50 g)	grosor testa	brillo testa	oblongación de cot
Mich.	bayo	ninguna	menor	10	delgada	opaca	menor
Huas.	negro	ninguna	medio	56	media	1/2 brillo	mayor
OC.	pinto	ninguna	mayor	75	gruesa	brillante	media

1) Se refiere a granos incompletos, con rupturas en la testa y también a la existencia de piedras, basura o granos que no pertenecen a ese cultivar.

cot significa = cotiledones

TABLA No 4

CARACTERISTICAS ANATOMICAS DE 3 CULTIVARES DISTINTOS, DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO

características	::	M I C H I G A N	H U A S T E C O	OJO DE CABRA
# granos en 10g de muestra (a,1)	:: :: :: :: ::	57.0 ± 0.8 *	49.2 ± 0.6 ***	35.6 ± 0.9 **
peso de un grano (g) (a,2)	:: :: :: :: ::	0.175 ± 0.04 *	0.203 ± 0.04 ***	0.281 ± 0.08 **
testa %	:: :: :: :: ::	8.84	9.97	13.20
cotiledones %	:: :: :: :: ::	90.19	82.72	81.67
embrión % (4)	:: :: :: :: ::	0.97	7.31	5.13
pared celular de cot. % (3)	:: :: :: :: ::	11.41	4.30	12.43
citoplasma de cot. % (3,4)	:: :: :: :: ::	88.59	95.7	87.57

a) media ± desviación estándar

1) valor experimental obtenido por peso directo en balanza

2) valor calculado como 10 g. muestra / No granos contenidos

3) proviene de muestras de harina deslipidizada de los cotiledones

Se realizó una sola determinación

4) fu] eliminado. Se presenta el valor calculado.

Se realizó una sola determinación

cot significa = cotiledones

g. significa = gramos

en un mismo renglón, los números seguidos de diversos símbolos son significativamente diferentes a un valor de probabilidad de 95 %

V.2 CARACTERISTICAS ANATOMICAS.

Las características anatómicas que se cuantificaron fueron peso del grano y contenido porcentual de las diversas estructuras anatómicas del grano (Tabla 4). Siendo las estructuras anatómicas de mayor interés para el presente trabajo: testa, cotiledones y paredes celulares de los cotiledones.

Se observó que en todos los casos, los cotiledones contribuyen en mayor proporción al peso total del frijol. La contribución de la testa, a este mismo parámetro, fué variable mayor para OC, intermedia para Huas y menor para Mich.

Aparentemente, a mayor peso del grano, mayor proporción de testa. El número de granos en 10 g. de muestra fué menor en OC que en Huas, porque el grano del primero presentó mayor peso y mayor tamaño que el segundo cultivar.

Las diferencias encontradas en peso y número de granos/g. de cada cultivar, fueron significativas estadísticamente, al manejar un valor de $\alpha = 0.05$ (Tabla 4).

Por otro lado, el contenido y/o recuperación de paredes celulares de los cotiledones fué similar para Mich y OC, mientras que para Huas fué de sólo la mitad (Tabla 4).

Al relacionar estos resultados con el peso de cada estructura anatómica en un grano de frijol CRC (Tabla 5), se observó que los cotiledones pesaban más que la testa para los 3 cultivares estudiados; el grano de OC fué el que contenía las estructuras anatómicas más pesadas (Tabla 5).

TABLA No 5

CONTRIBUCION DE LAS macro- Y micro- ESTRUCTURAS ANATOMICAS AL PESO DE UN GRANO DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS. (en g.estructura/grano).

cultivar	macroestructuras			microestructura de cotiledones	peso de un grano (1)
	testa	cotiledones	embrión	pared celular *	
Mich.	0.015	0.158	0.002	0.020	0.175
Huas.	0.020	0.168	0.015	0.009	0.203
OC.	0.037	0.229	0.014	0.035	0.281

1) se reporta el promedio de 5 lotes de 10 g. cada uno entre el No de granos contenidos. Se reportan valores calculados de la sumatoria de testa, cotiledones y embrión.

* son paredes celulares de los cotiledones.

V.3 CARACTERISTICAS BROMATOLOGICAS.

En la Tabla 6, se presentan: el contenido de humedad en el grano completo, el contenido de lípidos en los cotiledones y el contenido de cenizas o iones totales en cada una de las estructuras aisladas del grano de frijol CRC.

Se observó que, el contenido de humedad en el grano y el de lípidos en cotiledones fueron similares y mayores para Mich y Huas que el que presentó OC. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas a un valor de probabilidad del 95%.

El contenido de cenizas (Tabla 6), fué mayor en testa que en cotiledones para los 3 cultivares. El mayor contenido fué el de la testa de Mich en comparación a Huas y OC; en los cotiledones se encontraron contenidos similares entre los 3 cultivares aunque menores a los encontrados en las testas; aunque, en testa y cotiledones de Huas fué similar el contenido mientras que en los otros 2 cultivares el contenido de cenizas en testa fué casi 10 veces mayor al que presentaron los cotiledones.

Las paredes celulares de Huas presentaron la mitad del contenido de cenizas que presentaron los otros 2 cultivares (Tabla 6). Este valor para paredes celulares fué similar al encontrado en testa o en cotiledones. Las paredes celulares de Mich y OC presentaron casi el doble de lo que presentaron sus cotiledones.

Al expresar el contenido de cenizas por grano (Tabla 7), se encontró que no hay grandes diferencias en el contenido de iones entre testa y cotiledones, aunque éstos pesaron más que

TABLA No 6

PARAMETROS BROMATOLOGICOS DE 3 CULTIVARES DISTINTOS
DE FRIJOL CRUDO RECIENTE COSECHADO.

cultivar	% HUMEDAD (1)		% LIPIDOS	% C E N I Z A S (2)		
	estructura	grano completo	cotiledones	testa	cot	PC cot
Mich.	8.95	+ 0.12	0.86	42.17	3.03	6.02
Huas.	8.90	+ 0.11	0.90	4.34	3.39	2.99
OC.	8.57	+ 0.14 *	0.26	20.66	2.80	6.74

* estadísticamente tiene diferencia significativa con los otros cultivares a un valor de probabilidad de 95 %

1) media + desviación estándar. Valores obtenidos del grano entero en 5 determinaciones.

2) cada estructura obtenida se calcina directamente y por separado

cot significa = cotiledones

PC cot significa = paredes celulares de los cotiledones

TABLA No 7

RELACION DE LAS CENIZAS PROPORCIONADAS POR LAS macro- Y micro-
ESTRUCTURAS ANATOMICAS PARA EL PESO DE UN GRANO DE FRIJOL
CRUDO RECIEN COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS.
(en g. cenizas de estructura/grano).

cultivar	macroestructuras		microestructura de cotiledones	peso de un grano (1)
	testa	cotiledones	pared celular *	
Mich.	0.006	0.005	0.001	0.175
Huas.	0.002	0.006	0.0003	0.203
oc.	0.008	0.006	0.002	0.281

1) se reporta el promedio obtenido de 5 lotes de 10 g. cada uno
entre el No. de granos contenidos

* son paredes celulares de los cotiledones

la testa. La testa de Huas contenía menos cenizas que la testa de Mich y esta última menos que la de OC; mientras que en los cotiledones de los 3 cultivares, los contenidos de cenizas fueron similares. La testa de Mich y OC contenía más cenizas que sus cotiledones, pero Huas no.

Se encontró que, las paredes celulares de Huas poseían la menor cantidad de cenizas de los 3 cultivares estudiados, seguido de las paredes celulares de Mich y por último, las de OC.

V.4 CONTENIDO DE MINERALES.

En testa (Tabla 8), en el contenido de cationes divalentes (Ca + Mg) existieron diferencias marcadas entre los 3 cultivares; mientras que en los cotiledones fué similar para los 3 cultivares. Por cada gramo de testa, en Mich fué mayor la cantidad contenida de Na y K que para Huas y casi tres veces mayor que para OC; en cotiledones no existieron grandes diferencias entre cationes monovalentes.

En cotiledones, la proporción de la sumatoria de iones divalentes entre la sumatoria de monovalentes fué mayor para Huas (= 2.33) seguido de OC (= 1.88) y seguido finalmente por Mich (= 1.39); mientras que en testa esta relación se mantuvo muy similar (uno a uno) para los 3 cultivares.

Cuando se realizó la comparación de los resultados en mmoles de ión / 100 g de estructura anatómica (Tabla 10) se obtuvo; en testa una proporción de uno a uno para los 3 cultivares, y en cotiledones mayor para Huas (= 3.30) seguido de OC (= 2.30) y por último Mich (= 1.62). Siendo de mucho mayor

TABLA No 8

CONTENIDO DE SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO PRESENTES EN LAS macro- Y micro-
ESTRUCTURAS ANATOMICAS DE 3 CULTIVARES DISTINTOS DE FRIJOL CRUDO
RECIEN COSECHADO (en mg.Ión / g.estructura @).

Ión / cultivar:	macro - T E S T A				ESTRUCTURAS C O T I L E D O N E S				micro-ESTRUCTURA (cotiledones) P A R E D C E L U L A R			
	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Mich.	14.13	12.95	9.07	20.87	7.28	5.60	0.22	17.79	21.67	22.99	0.44	49.50
Huas.	8.42	7.11	2.38	15.94	2.51	6.27	0.05	20.42	6.04	3.96	0.46	58.07
OC.	8.51	3.20	2.23	8.35	4.56	5.48	0.48	18.42	18.01	14.18	0.32	35.48

=@ se reportan los valores calculados de acuerdo a la cantidad obtenida de cada estructura
Las determinaciones por Espectrofotometría de Absorción atómica se realizaron por
triplicado.

TABLA No 9

DISTRIBUCION DE LOS MINERALES SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO EN LAS DIFERENTES ESTRUCTURAS ANATOMICAS DE UN GRANO DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO DE 3 CULTIVARES DISTINTOS (en mg. Ión/grano @).

Ión / cultivar	T E S T A				C O T I L E D O N E S			
	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Mich.	0.21	0.19	0.14	0.31	1.15	0.88	0.03	2.81
Huas.	0.17	0.14	0.05	0.32	0.42	1.05	0.01	3.43
OC.	0.31	0.12	0.08	0.31	1.04	1.25	0.11	4.22

=@ se reportan los valores calculados de acuerdo al peso de cada estructura contenida por de frijol crudo recién cosechado

TABLA No 10

CONTENIDO DE SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO EN TESTA Y COTILEDONES DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS (en mmol/100g.) @

Ión / cultivar :	T E S T A				C O T I L E D O N E S			
	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Mich. :	61.43	33.20	22.67	86.95	31.65	14.35	0.55	74.12
Huas. :	36.60	18.23	5.95	66.41	10.91	16.07	0.12	88.78
OC. :	37.00	13.91	5.57	34.79	19.82	14.05	1.20	76.75

@ se reportan los cálculos realizados con el peso atómico de c/ión y se presentan en milimoles por cada 100 gramos

contenido de cationes monovalentes la testa de Mich, ya sea que se exprese en mg ión / g de testa (Tabla 8) o en mmoles de ión / 100 g de estructura anatómica (Tabla 10); a este suceso se le llama cultivar dependiente.

En la comparación realizada paera el contenido de iones que se expresa como mg o umoles de cada ión en la estructura presente en un grano, se encuentra que hay una mayor proporción de iones en los cotiledones que en la testa (Tabla 9 y 11), lo cual se debe a que el peso de los cotiledones contribuye en mayor porporción al grano.

La proporción de iones divalentes a monovalentes en testa es similar para todos los cultivares (uno a uno) mientras que en los cotiledones esta relación es mayor para Huas que para OC y la proporción menor para Mich.

De los cuatro iones cuantificados en cada estructura anatómica, el ión predominante en ambas estructuras, independientemente de las unidades en que se expresen, es el Mg; sorpresivamente el de menor abundancia es el Ca.

En las paredes celulares el Mg también constituye el ión de mayor abundancia y la relación de iones divalentes a monovalentes, en base de moles, es mayor para Huas y similar para Mich y OC (Tabla 12).

Sin embargo, el contenido de Ca y Mg es similar en las paredes celulares de Mich y Huas, y mayores que la que presenta OC.

TABLA No 11

CONTENIDO DE SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO EN TESTA Y COTILEDONES DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS (en $\mu\text{mol/grano}$) @.

Ión / cultivar:	T E S T A				C O T I L E D O N E S			
	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Mich.	9.10	4.87	3.50	12.91	50.00	22.56	0.75	117.08
Huas.	7.30	3.58	1.25	13.33	18.20	26.92	0.25	142.91
OC.	13.47	3.07	2.00	12.91	45.20	32.05	2.75	175.83

@ se reportan los cálculos realizados con el peso atómico de cada ión y se presentan en micromoles por grano.

TABLA No 12

DISTRIBUCION DE LOS MINERALES SODIO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO CONTENIDOS EN PAREDES CELULARES DE LOS COTILEDONES DE FRIJOL CRUDO RECIEN COSECHADO DE TRES CULTIVARES DISTINTOS.

Ión / cultivar :	PARED C E L U L A R de cotiledones				PARED C E L U L A R de cotiledones			
	mmol/ 100 g. (1)				umol/ grano (2)			
	Na	K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg
Mich. :	94.21	58.94	1.10	206.25	4.09	1.51	0.03	8.59
Huas. :	26.26	10.15	1.15	241.95	1.14	0.26	0.03	10.08
OC. :	78.30	36.35	0.80	147.83	3.40	0.93	0.02	6.16

- 1) se reportan milimoles de ión por cada 100 gramos de pared celular contenida en los cotiledones
- 2) se reportan micromoles de ión por pared celular contenida en 2 cotiledones de un grano de frijol

CAPITULO VI. DISCUSION DE RESULTADOS

En el presente trabajo no se estudiaron ninguna de las características que se relacionan con el remojo y la cocción de los granos de frijol de Mich, OC y Huas pues se manejaron muestras crudas, recién cosechadas y frescas. Sin embargo, para fines de discusión los resultados se analizan en relación con el TCC que presentan los granos de frijol de estos cultivares (Tabla 13).

Las características del frijol observables por inspección (color, tamaño del grano, facilidad para remover la testa, oblongación de los cotiledones, etc.) no se analizan en cuanto a su influencia en el TCC por ser parámetros cualitativos donde la apreciación subjetiva modifica los resultados.

Los datos cuantitativos de este trabajo como composición química parcial y contenido de iones se analizan por comparación con lo reportado en la literatura. Para facilitar tal comparación, en la Tabla 14 se muestran los rangos de valores obtenidos para los cultivares de frijol aquí trabajados y los resultados tomados de la literatura que corresponden a los mismos cultivares pero de distintos países.

El frijol Mexicano presenta un menor contenido de humedad y grasa, esto último podría deberse a que en este trabajo se reporta sólo la grasa presente en los cotiledones, mientras que en los otros trabajos se utilizó harina de frijol total, esto es testa, cotiledones y eje embrionario.

TABLA No 13

TIEMPO DE COCCION PARA EL GRANO DE FRIJOL
CRUDO RECIEN COSECHADO, DE 3 CULTIVARES DISTINTOS. (*)

cultivar	tiempo de cocción (minutos)
Mich.	50
Huas.	90
OC.	145

1) El grano de frijol fu] remojado por 18 horas a 25 (C

Los datos presentados son el promedio de 15 determinaciones.

* Bernal-Lugo, I. 1991.

TABLA No 14

RANGOS EN HUMEDAD, CENIZAS Y GRASA DE FRIJOL
DE DIVERSOS ORIGENES.

Procedencia de los cultivares	humedad %	cenizas %	lípidos %
MEXICO (1)	8.57 - 8.95	3.93 - 6.88*	0.26 - 0.90**
BRASIL (2)	10.4 - 11.7	3.20 - 4.04	0.35 - 1.99
USA (3)	10.4 - 13.2	3.94 - 4.42	1.06 - 1.99

1) datos obtenidos del presente trabajo

2) J. Food Sci. (1971) 36:493 - 494

3) Qual. Plant Food Hum. Nutr. (1984) 34:53-65

* calculado de los datos en Tabla No 6 del presente trabajo

** determinación en cotiledones sin testa. Datos tomados
en Tabla No 6 del presente trabajo

El contenido de cenizas es un poco mayor para el frijol mexicano que para el Brasileño o el de los Estados Unidos.

Lo anterior sugiere que el frijol Mexicano posee un mayor contenido de minerales que el frijol de los otros dos orígenes.

El contenido de iones expresados como rangos, se muestran en la Tabla 15; donde puede observarse que los frijoles utilizados en este estudio muestran un mayor contenido de Na y Mg que el mostrado por frijoles Americanos o Brasileños, menor contenido de K y casi el mismo de Ca; aunque se trata de los mismos cultivares que en el presente trabajo se manejan, sólo su origen es diferente. Sin embargo, las diferencias encontradas pueden deberse tanto al tipo de suelo en que se realizó el cultivo como al origen de los cultivares así como el régimen de fertilización utilizado durante el cultivo.

Para determinar si el peso del grano, contenido de testa y el tipo de iones (monovalentes y divalentes) o cantidad de cada uno de los iones influían en el TCC se graficó cada uno de estos parámetros contra el TCC. Sólo en el caso de peso del grano, contenido de testa y contenido de K en testa se obtuvo una gráfica rectilínea con un coeficiente de correlación de $r=(-)0.98$, $r=0.98$ y $r=0.98$ respectivamente (Figuras 10, 11 y 12). Lo anterior sugiere que existe una relación entre peso del grano, contenido de testa y contenido de K en testa, con el TCC.

TABLA No 15

RANGOS DE COMPOSICION IONICA PARA FRIJOL DE DIVERSOS ORIGENES.

Ión (mg/g)	Mjxico (1)	Brasil (2)	USA (3)	USA (4)
Sodio	2.90 - 7.77	Nd	0.04 - 0.21	0.01 - 0.03
Potasio	4.86 - 6.10	Nd	13.20-17.80	8.20 -13.00
Calcio	0.30 - 0.97	0.26 - 0.78	0.70 - 2.10	0.59 - 1.81
Magnesio	16.08-18.45	1.71 - 2.44	1.60 - 2.30	1.23 - 1.78

- 1) datos obtenidos del presente trabajo
- 2) J. Food Sci. (1971) 36:493 - 494
- 3) J. Food Sci. (1981) 46:1701 - 1706
- 4) J. Agric. Food Chem. (1976) 24:1126 - 1130

Nd = significa no determinado
 mg/g = miligramos por gramo

FIGURA N° 10

Relación del Contenido de Potasio en Testa
y el tiempo de cocción a consumo de
3 cultivares de frijol crudo recién cosechado.

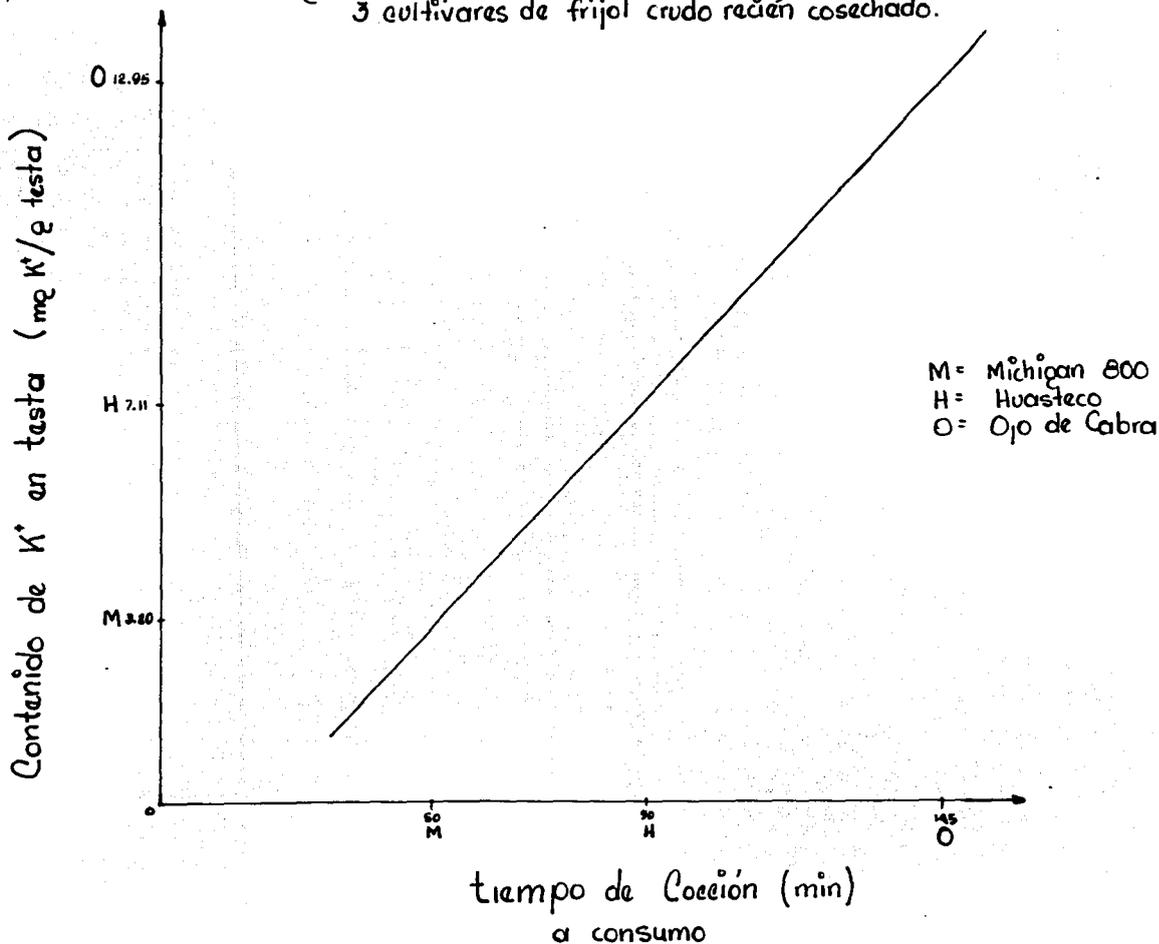


FIGURA N° 11

Relación del peso de un grano de frijol crudo recién cosechado y el tiempo de cocción a consumo de 3 cultivares distintos.

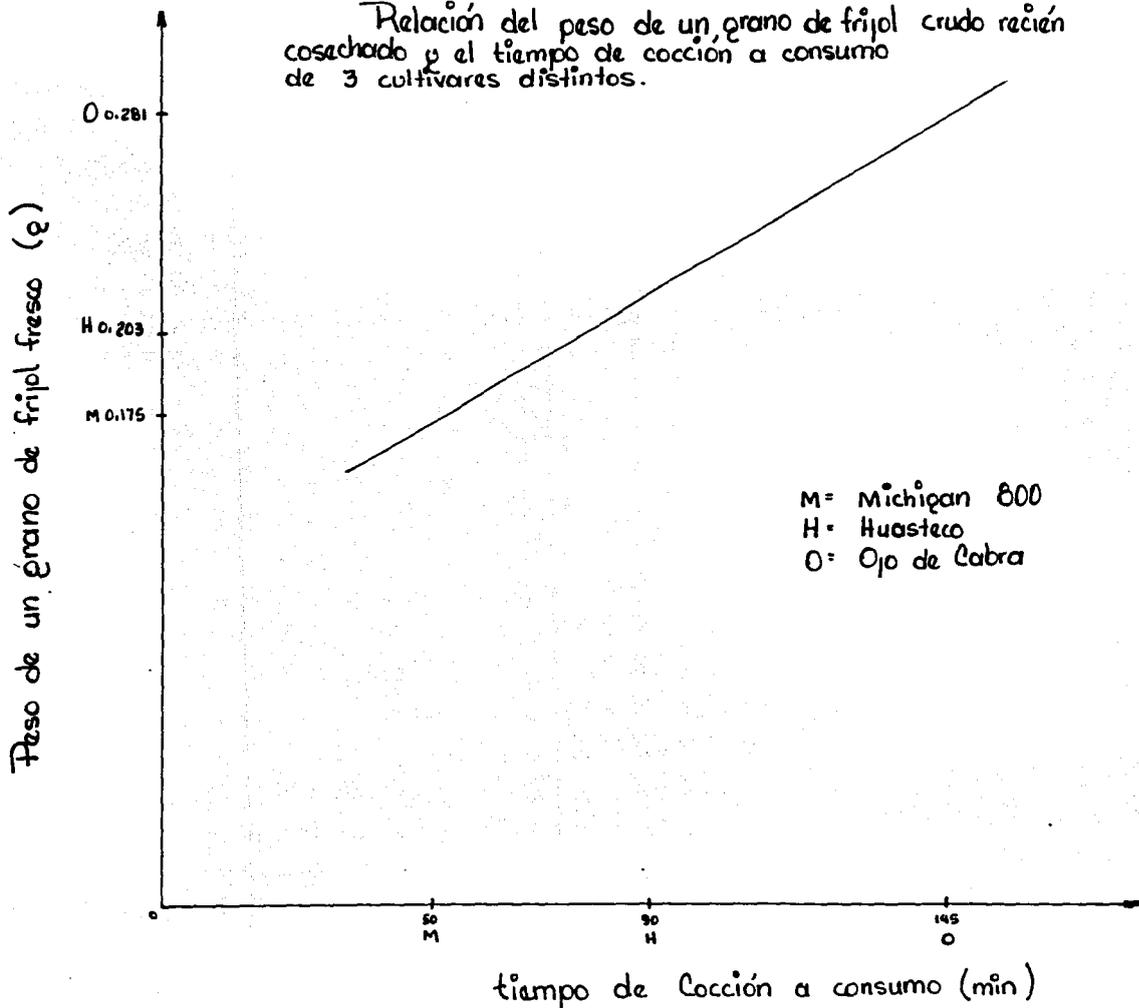
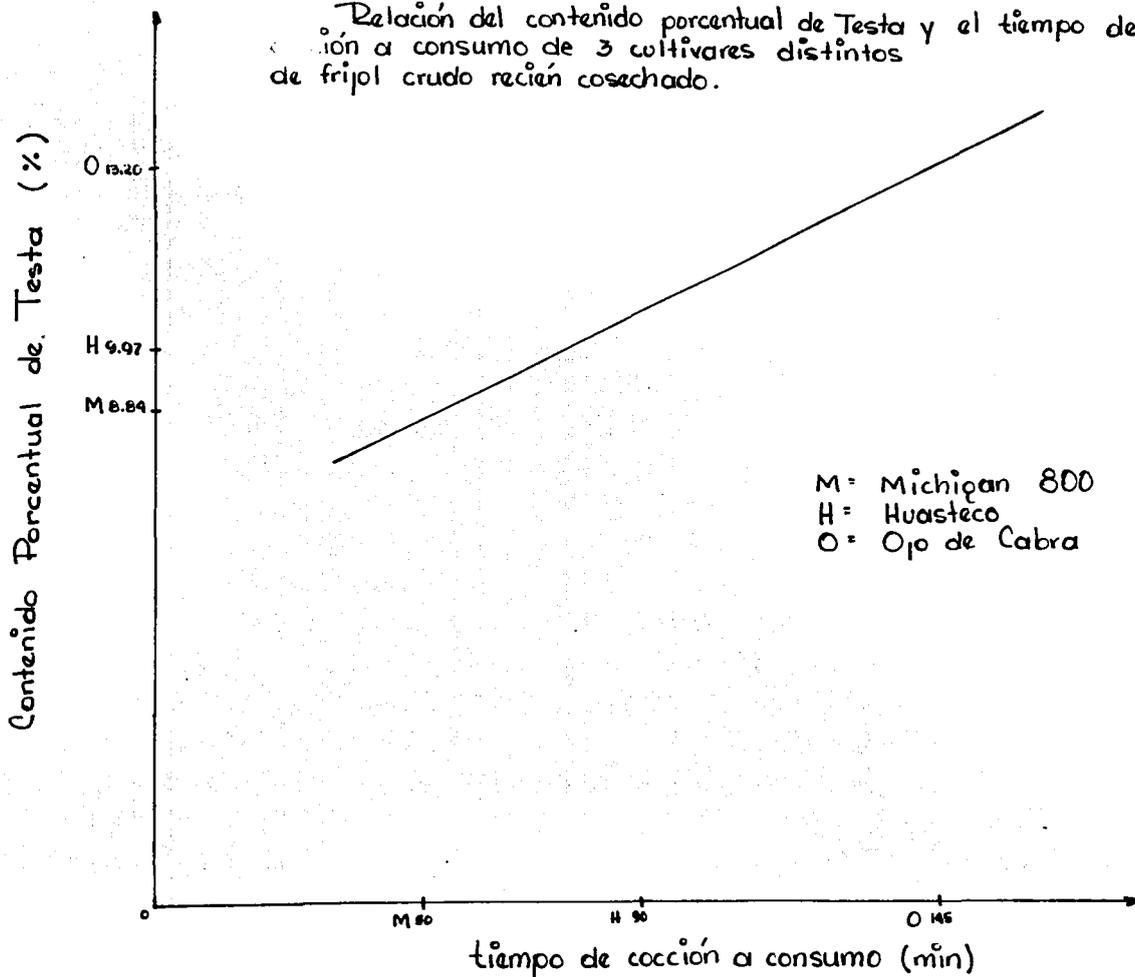


FIGURA N° 12

Relación del contenido porcentual de Testa y el tiempo de cocción a consumo de 3 cultivares distintos de frijol crudo recién cosechado.



M = Michigan 800
H = Huasteco
O = Ojo de Cabra

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

No resulta sorprendente el hecho de que el menor contenido iónico lo presente de Ca, sobre todo porque se ha demostrado que el Ca influye en la textura de alimentos fermentados (Hsiao-Chien y McFeeters, 1983) y que además juega un papel importante en la estructura de paredes celulares (Poovaiah, 1986).

Los datos anteriores sugieren que el contenido de iones divalentes no influye en forma determinante al TCC del frijol fresco y que de los iones monovalentes sólo el K contenido en testa influye el TCC del frijol fresco.

Se ha demostrado que en frijol almacenado, la velocidad de termosuavización del frijol se correlaciona con la velocidad con se solubilizan las pectinas tanto de la testa como de los cotiledones (Moscoso y col., 1984). Por otro lado, se ha demostrado que la termodespolarización de pectinas se ve facilitada en presencia de K; bien podría ser que durante el remojo y/o durante la cocción, el K contenido en la testa se redistribuya facilitando la solubilización térmica de las pectinas con lo cual la suavización del grano se alcanzaría en menor TCC.

Datos preliminares de la Dra. Bernal (1991), indican que durante la cocción el Na y el K abandonan el grano (en mayor proporción el primero que el último), mientras que el Ca es retenido en el grano en su totalidad. Lo anterior sugiere que durante la cocción del frijol no se realiza un intercambio de Ca por iones monovalentes, pues de ser así se esperaría

encontrar al Ca en el caldo de cocción y no se encuentra, como lo indican los resultados encontrados por la Dra. Bernal (1991) en su trabajo; pero podría ser que el proceso de cocción incluya la redistribución de K de la testa hacia la lamela media donde podría interaccionar con la porción de pectinas que presenten un grupo carboxilo libre y de esta manera facilitar la termodespolimerización y por ende la suavización del grano.

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC CONCLUSIONES CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

* El mayor contenido de iones se presentó en la testa cuando es expresado en mg/g de estructura anatómica; mientras que cuando se expresa en mg/estructura de un grano, el mayor contenido iónico lo presentan los cotiledones.

* El ión presente en mayor proporción fué el Magnesio tanto para los cotiledones como para la testa o para las paredes celulares de los cotiledones, mientras que el de menor proporción fué el Calcio.

* El contenido de Potasio en la testa, el peso del grano de frijol fresco y el contenido de la testa correlacionaron de manera directa con el tiempo de cocción a consumo para los cultivares Michigan 800, Huasteco y Ojo de Cabra.

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC APENDICE CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CAPITULO VIII. APENDICE

VIII.1 ANOTACIONES, RECOMENDACIONES Y DISCUSION DE LA METODOLOGIA.

* En el presente trabajo se utiliza el término "grano(s)" para hacer referencia a las "semilla(s)" de frijol que son comestibles y evitar confusiones con las "semillas" de frijol que se utilizan para cultivo.

También se utiliza el término "cultivar(es)" para hacer referencia a las "variedad(es)" de frijol que son consumidas por el ser humano.

* Una vez recibidas las muestras, se realizaron pruebas con lotes pequeños (primero con 1 g y después con 10 g) con el propósito de establecer la metodología a seguir. En estas pruebas no se utilizó toda la muestra, por lo que el sobrante se anexó a los lotes iniciales de 50 g de frijol CRC con los que finalmente se trabajó: un 10% para la obtención de cenizas de los cotiledones y el resto para la obtención de paredes celulares en cotiledones.

Por esto el peso a partir del cuál se trabajó , fué:

variedad	peso (g)
Michigan 800	51.5200
Ojo de Cabra	58.8153
Huasteco	58.5170

* En las características cualitativas de los cultivares utilizados fueron observadas a simple vista con el motivo de no realizar mediciones para determinar (a criterio personal), las diferencias en un inicio dentro de un mismo cultivar y/o entre los 3 cultivares, con el fin de que a nivel industrial, se facilitase la detección de frijol deteriorado o en vías de deterioro, así se agilizaría la producción, disminuyéndose costos y gastos; y a nivel experimental, el fin sería la determinación de los factores que toman parte en el fenómeno del endurecimiento y así poder vislumbrar la ruta que tiende a seguir el frijol al endurecerse.

* En la separación de estructuras anatómicas se aislaron testas, cotiledones y paredes celulares de los cotiledones, por ser las estructuras anatómicas de mayor interés por su importante contenido de minerales y su participación en el proceso de cocción.

* Para la obtención de paredes celulares de cotiledones, se realizó el montaje de una técnica apropiada a las características químico-estructurales del grano de frijol que tuvo como guía las técnicas utilizadas por Herrero, (1989) y por Konno y col., (1986).

Cuando se realizaron las primeras pruebas para determinar el procedimiento a seguir en la obtención de paredes celulares de los cotiledones, se tuvo como primer obstáculo la presencia de almidón gelatinizado que evitaba la recuperación de paredes celulares puras y libres de almidón, además las muestras de harina de cotiledones se apelmazaban con la adición del benceno.

Dentro de estos primeros ensayos se pudo haber generado una maduración acelerada por la deshidratación ocurrida en el tratamiento celular ocasionando la acumulación de almidón y proteína. Lo que puede ser observable al microscopio. También esto se debe tomar en cuenta, para la obtención de paredes celulares de cotiledones, al diferenciar la aleurona del frijol con la de la cebada, donde el almidón es extracelular (Herrero, 1989).

Se trató de hidrolizar el almidón gelatinizado. Para esto, puede recurrirse al uso de enzimas como α -amilasa de B. subtilis, cuya actividad depende de la concentración del sustrato (Dondero y col., 1978). Este procedimiento no es seguro pues se ha encontrado, que los gránulos de almidón son resistentes a rupturas (Sathé y Salunkhe, 1981). Por lo tanto no se recomienda si se quieren obtener resultados satisfactorios.

* Debido a esto, se realizó la extracción etérea de las harinas de cotiledones de los 3 cultivares con resultados positivos, ya que la grasa contenida evitaba la sensibilización de la célula, por lo que el manejo posterior de las muestras para la obtención de paredes celulares era imposible.

El deslipidizado se llevó a cabo para eliminar la grasa existente en los cotiledones de frijol. Este se realizó durante 24 h; ya que si no hubiera sido así, se podía correr el riesgo de propiciar la gelatinización del almidón presente en la célula al comenzar el rompimiento celular (Hahn y col., 1977).

Una vez realizada la extracción etérea se dejó escurrir el cartucho que contenía la muestra deslipidizada a temperatura ambiente y bajo la campana de extracción (por seguridad) hasta que se encontraba completamente seco, ya que el éter etílico es volátil en estas condiciones (Index Merck, 1983).

* La técnica empleada para la obtención de las paredes celulares de los cotiledones, en una sola extracción, fué eficaz .

* De las harinas de cotiledones de cada cultivar, se utilizó un 10% aproximadamente para obtener las cenizas correspondientes a la porción inorgánica no quemable de los cotiledones y la porción de harina restante fué utilizada para la obtención de paredes celulares.

* Para romper las membranas celulares de los cotiledones y obtener las paredes celulares, se congelaron y descongelaron las suspensiones preparadas de las muestras, pues Stanley y Aguilera, (1985), reportan que "los cristales de hielo formados durante un congelamiento inducen la destrucción de las membranas celulares". Para evitar la posibilidad del movimiento de los iones (sobretudo Ca) que contienen las paredes celulares, se evitó que el tubo se sobrecalentara al descongelar.

* Durante la separación de las paredes celulares del resto de los organelos celulares en los cotiledones, se formaron 3 capas en el tubo centrifugado: una superior o nata mucilaginosa, una intermedia con organelos solubles y el sedimento que contenía almidón en su mayoría. Estas mismas capas las encuentran Sathé y Salunkhe (1981), en el aislamiento de almidón de frijol Ph. vulgaris L.

* Se observó que la nata mucilaginosa que correspondía a las paredes celulares puras, eran de densidad menor a la del agua y también fácilmente hidratables; las paredes celulares se encontraron flotando en el sobrenadante. Si después de 3 horas no habían sido aisladas, éstas dejaban de flotar depositándose sobre el sedimento.

El sedimento de la centrifugación no se utilizó para una segunda extracción de paredes celulares ya que, los cristales residuales de trietanolamina y los gránulos de almidón que hubiesen podido extraerse, durante el secado sufren transformaciones de descomposición en compuestos nitrogenados y gelatinizados, respectivamente (Index Merck, 1983).

* Para realizar los cálculos correspondientes a la cantidad obtenida de paredes celulares, se debe tomar en cuenta que durante la evaporación, se tienen incrustados cristales de trietanol amina residuales en las paredes celulares obtenidas, y que éstos contribuyen al peso final de la muestra. Esto se evita lavando las paredes celulares con H₂O deionizada (Díaz de León, 1989).

* En la obtención de cenizas, inicialmente el material inorgánico contenido en las estructuras del frijol CRC, se obtuvo mediante una digestión con una mezcla de H₂SO₄ /HNO₃ / H₂O (en proporción 1:1:1 V/V), pero al adicionar el La necesario para evitar interferencias por ionización durante las determinaciones por Espectrofotometría de Aa, éste se precipitaba por la presencia del H₂SO₄, porque el La forma sales insolubles. Los sulfatos formados por H₂SO₄ + La

precipitan ocasionando interferencias en el equipo tanto en la absorción de la disolución, en la vaporización atómica de la misma y en la precisión en que el equipo da las lecturas (Pawluk, 1967; Perkin-Elmer, 1976).

* Finalmente, se obtuvo el material inorgánico (iones totales) por calcinado en mufla y por esta razón, se utilizó HCl concentrado para concretar la conversión de las muestras a cenizas de color completamente blanco. Con el uso de HCl, el La adicionado (para evitar interferencias en las lecturas por Espectrofotometría de Absorción atómica) no precipita (Pawluk, 1976).

* En Espectrofotometría de Aa se requiere del uso de HCl concentrado en muestras sólidas, para poder disolverlas.

* En la determinación por Aa se utilizaron, en las soluciones estándar, la solución de La 1% para evitar interferencias por ionización, KCl y NaCl para evitar interferencias químicas.

En las soluciones de las muestras se utilizó la solución de La 1% pero no se incluyó la adición de KCl ni de NaCl ya que las muestras de frijol contienen los cationes de Na y K que entre sí ayudan a evitar la presencia de posibles interferencias químicas. Si fuesen adicionados a las muestras, se distorcionaría la determinación de las cantidades finales contenidas de Na y K, y éstas no serían las reales.

* Hahn y col. (1977), recomiendan preparar las soluciones que se van a analizar únicamente ese día, para minimizar los cambios en la concentración de la solución.

* Para la determinación de la cantidad de iones en cada una de las estructuras anatómicas del grano de frijol CRC, las muestras calcinadas se disolvieron con HCl al 20% V/V y se calentaron en baño maría para su mayor disolución.

* Con el uso de una curva patrón en las determinaciones realizadas por Aa se ayuda a permanecer dentro de un rango de linealidad; por esto fué necesario diluir las disoluciones de las muestras (Tabla 2), para que la determinación quedara dentro del margen de concentraciones que se manejaba en la curva patrón y para no perder la linealidad de la recta (Figuras 6, 7, 8 y 9). Las concentraciones en ppm para los estándares de Na, K, Ca y Mg se determinaron de acuerdo al Manual de operación del equipo de Aa, Perkin-Elmer; quedando para Sodio: 0.2, 0.4, 0.8, 1.0; para Potasio: 2.5, 5.0, 7.5, 10.0; para Calcio: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0; y para Magnesio: 1.0, 2.0, 3.0, 4.0.

* En los resultados del contenido de cationes monovalentes y divalentes, se debe tomar en cuenta que los resultados reportados para paredes celulares de los cotiledones, están sujetos a cambios debidos a los posibles movimientos

ocurridos de los iones durante el proceso de extracción de las paredes celulares.

* Después de que se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para k-muestras independientes, si se presentaban diferencias estadísticas, se realizaba un análisis de intervalo múltiple por el método gráfico-estadístico Tukey para determinar si las diferencias existentes eran estadísticamente significativas a un valor de $\alpha=0.05$.

Además si las diferencias eran estadísticamente significativas a un valor de probabilidad de 95%, se realizó un análisis extra de intervalo múltiple por el mismo método gráfico-estadístico Tukey con un valor de $\alpha=0.001$, pero con este análisis en ninguno de los casos se encontraron diferencias significativas estadísticamente.

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
CC CC
CC CC
CC REFERENCIAS CC
CC BIBLIOGRAFICAS CC
CC CC
CC CC
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC

CAPITULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Aguilera, J.M., Lusas, E.W., Uebersax, M.A. y Sabik, M.E. 1982. Roasting of Navy Beans (Ph. vulgaris) by particle - to - particle heat transfer. J. Food Sci. 47:996.
- Aguilera, J.M. y Stanley, D.W. 1985. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - The influence of storage and processing. J. Food Proc. Preserv. 9:145.
- Alkemade, C.T. y Milatz, J.M. 1955. El principio de la absorción atómica y su aplicación en el análisis de metales. J. Amer. Opt. Soc. 45:583.
- Antunes, P.L. y Sgarbieri, C.V. 1979. Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (Phaseolus vulgaris, L.) variety Rosinha G2. J. Food Sci. 44:1703.
- Bernal-Lugo, I. 1991. Datos Experimentales sobre el frijol. Tiempo de cocción y Textura. Dpto. de Bioquímica Vegetal. Fac. de Ciencias. UNAM.
- Bourne, M.C. 1982. Effect of Temperature on Firmness of raw fruits and vegetables. J. Food Sci. 47:440.
- Bressani, R., Elías, L.G. y Valiente, A. 1963. Effect of cooking and aminoacid supplementation on the value of black beans (Ph. vulgaris). Brit. J. Nutr. 17:69.
- Castillo, M.A. 1990. Participación del ácido fítico, pectinas y proteínas en la velocidad de cocción del grano de frijol. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. UNAM.
- Chang, K.C. y Satterlee, L.D. 1982. Chemistry of dry bean proteins. J. Food Proc. Preserv. 6:203.
- Crispín, M.A. y Miranda, S.C. 1986. El frijol: Un cultivo importante en México. INIA/SAG. Folleto de divulgación.
- Deshpande, S.S. y Cheryan, M. 1986. Microstructure and water uptake of Phaseolus and Winged beans. J. Food Sci. 51:1218.
- Deshpande, S.S., Sathe, S.K., Salunkhe, D.K. y Cornfarth, D.P. 1982. Effects of dehulling on phytic acid, polyphenols and enzyme inhibitors of dry beans (Ph. vulgaris). J. Food Sci. 47:1946.
- Díaz de León, S.F. 1989. Relación entre el grado de metilación de la pectina y el tiempo de cocción en algunas variedades de frijol. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. UNAM.

Dondero, M.L., Montgomery, M.W., McGill, L.A. y Law, D.K. 1978. Preparation of a potato hydrolysate using alfa-amylase. J. Food Sci. 43:1701.

Durán, D.A., Cisneros, C.A., Fernández, A.M., Gersenowies, R.J., Meraz, M.S. y Vargas, V.A. 1985. Manual de técnicas estadísticas. Facultad de Biología. UNAM.

Durvan, S.A. 1970. Gran Enciclopedia del Mundo. Tomo XI. España. páginas 851-853.

Duszkiewicz - Reinhard, W., Khan, K. y Funke, B. 1988. Microbiological evaluation of navy bean protein concentrate and its blend with retail ground beef. J. Food Sci. 1:88.

Elías, L.G. 1982. Conocimientos actuales sobre el proceso de endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:233.

El-Hag, N., Haard, N.F. y Morse, R.E. 1978. Influence of sprouting on the digestibility coefficient, trypsin inhibitor and globulin proteins of red kidney beans. J. Food Sci. 43:1874.

Ewing, M. 1976. Methods of Chemical analysis. Capítulo 12. Pergamon Press.

Gálvez, G.E. 1982. Producción de frijol en Centroamérica, Panamá y el Caribe durante la década de 1970-1980. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:217.

González de Mejía, E. 1982. Efecto de diferentes condiciones de almacenamiento sobre el desarrollo de la dureza del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:258.

Hahn, D.M., Jones, F.T., Akhavan, I. y Rockland, L.B. 1977. Light and scanning electron microscope studies on dry beans: Intracellular gelatinization of starch in cotyledons of large lima beans (*Ph. lunatus*). J. Food Sci. 42:1208.

Harper, C. 1975. Manual de Química Fisiológica. El Manual Moderno. México.

Herrero, C.M. 1989. Efecto del Acido giberélico en el rearreglo membranal de células de aleurona de semilla de cebada. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. UNAM.

Hincks, M.J. y Stanley, D.W. 1986. Multiple mechanisms of bean hardening. J. Food Sci. 21:731.

Hshiao-Chien, L.T. y McFeeters, R.F. 1983. Relationships among cell wall constituents, calcium and texture during cucumber fermentation and storage. J. Food Sci. 48:66.

Index Merck. 1983. Encyclopedia of chemical drugs and biologicals. Merck y Co. Inc. USA.

Jackson, G.M. y Varriano-Marston, E. 1981. Hard to cook phenomenon in beans. Effects of accelerated storage on absorption and cooking time. J. Food Sci. 46:799.

Jaffé, W.G. y Brucker, O. 1972. Toxicidad y especificidad de diferentes fitohemoaglutininas en frijoles Ph. vulgaris. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 25:79.

Jean-Caude, P. 1978. Protein bodies of seeds: ultrastructure, biochemistry, biosynthesis and degradation. Phytochem. 17:1473.

Jones, P.M. y Boulter, D. 1983. The cause of reduced cooking rate in Phaseolus vulgaris following adverse storage conditions. J. Food Sci. 48:623.

Kermasha, S. y Metche, M. 1988. Studies on seed peroxidase Phaseolus vulgaris cv, Haricot. J. Food Sci. 1:247.

Kon S. y Sanshuck D.W. 1981. Phytate content and its effects on cooking quality of beans. J. Food Sci. 5:169.

Konno, H., Yamasaki, Y. y Katoh, K. 1986. Enzymatic degradation of pectic substances and cell walls purified from carrot cell cultures. Phytochem. 3:623.

Liener, I.E. 1973. Legume toxins in relation to protein digestibility. J. Food Sci. 4:1070.

Luse, R.A. 1982. Estudios realizados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), sobre el problema del endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:401.

Manual de técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. 1984. INNSZ. Departamento de Ciencia y Tecnología. Martín de Portela, M.L. 1982. Revisión de los conocimientos actuales acerca de la evaluación del estado nutricional de los elementos minerales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:429.

Molina, M.R., Baten, M.A., Gómez-Brenes, R.A., King, K.W. y Bressani, R. 1976. Heat treatment: a process to control the development of the hard-to-cook phenomenon in black beans (Phaseolus vulgaris). J. Food Sci. 41:661.

Molina, M.R., de la Fuente, G. y Bressani, R. 1975. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black beans Ph. vulgaris. J. Food Sci. 40:507.

Molina, M.R., Rizo, M.E., Baten, M.A. y Bressani, R. 1982. Prevención del endurecimiento del frijol y aprovechamiento del grano endurecido. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:368.

Mora, C.M. 1982. Estudios realizados por el CIGRAS sobre el endurecimiento del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:326.

Morales, T.C. y Ramírez, L.A. 1991. Somos autosuficientes en maíz y Trigo. Publicación Excelsior. México.

Moscoso, W. 1982. Efecto del almacenamiento a Temperatura y Humedad altas, sobre algunas características físicas y químicas del frijol. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 2:342.

Moscoso, W., Bourne, M.C. y Hood, L.F. 1984. Relationships between the hard-to-cook phenomenon in Red Kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. J. Food Sci. 49:1577.

Nielsen, S.S. y Liener, I.E. 1988. Effect of germination on Trypsin inhibitor and hemagglutinating activities in Phaseolus vulgaris. J. Food Sci. 1:298.

Pawluk, S. 1967. Soil analyses by atomic absorption spectrophotometry. Atomic absorption newsletter.3:53.

Peña-Valdivia, C.B. y Ortega-Delgado, M.L. 1986. Partial Chemical composition, free soluble sugars and unavailable carbohydrates in the embryonic axis and seed coat of Phaseolus vulgaris L. (Canario group). Qual. Plant Plant Foods Hum. Nutr. 36:27.

Perkin-Elmer. 1976. Manual de operaciones del Espectrofotómetro de absorción atómica. Mod. 209. Perkin-Elmer, Co.

Perkin-Elmer. 1976. Manual de operaciones del Espectrofotómetro de absorción atómica. Mod. 5000. Perkin-Elmer, Co.

Poovaiyah, B.W. 1986. Role of Calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. Food Tech 5:86.

Ramírez, A.T. 1986. Alternativas para el uso de frijol endurecido. Tesis de Licenciatura. Fac. de Química. UNAM.

- Ramírez, G.J. 1990. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el endurecimiento del grano de frijol (Phaseolus vulgaris). Tesis de Doctorado. Fac. de Ciencias. UNAM.
- Reddy, N.R., Sathe, S.K. y Pierson, M.D. 1988. Removal of phytate from great Northern beans (Phaseolus vulgaris L.) and its combined density fraction. J. Food Sci. 1:107.
- Salunkhe, D.K. 1982. Legumes in human nutrition: Current status and future research needs. Current Sci. 51:387.
- Sathe, S.K. y Salunkhe, D.K. 1981. Isolation, partial characterization and modification of the Great Northern Bean (Ph. vulgaris L.) starch. J. Food Sci. 46:617.
- Sefa-Dedeh, S., Stanley, D.W. y Voisey, P.W. 1978. Effects of soaking time and cooking conditions on texture and microstructure of cowpeas (Vigna unguiculata). J. Food Sci. 43:1832.
- Sefa-Dedeh, S., Stanley, D.W. y Voisey, P.W. 1979. Effects of storage time and conditions on the hard-to-cook defect in cowpeas (Vigna unguiculata). J. Food Sci. 44:790.
- Sgabieri, V.C. y Whitaker, J.R. 1982. Physical, Chemical and Nutritional properties of common bean (Phaseolus) proteins. Adv. Food Research. 28:93.
- Stanley, D.W. y Aguilera, J.M. 1985. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - The influence of structure and composition. J. Food Biochem. 9:277.
- Van Buren J.P. 1986. Snap bean texture softening and pectin solubilization cause by the presence of salt during cooking. J. Food Sci. 5:131.
- Walsh, A. 1955. Spectroscopy. Spectrochem. Acta, 7:108.
- Walter, S. 1969. Atomic Absorption Spectroscopy. John Wiley y Sons, Inc. N.Y.
- Wayne, W.D. 1985. Bioestadística: Base para el Análisis de las Ciencias de la Salud. Limusa. México.
- Weier, T.E. y Stocking, G.R. 1980. Botánica. Limusa. México.