

2e1  
99



**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Química

**ALTERNATIVAS PARA EL USO DE  
FRIJOL ENDURECIDO**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

P r e s e n t a :

**RAMIREZ ARRIAGA TITO JULIO**

México, 1986.



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.



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

PRESIDENTE: ZOILA NIETO VILLALOBOS.  
VOCAL: ADOLFO GALNARES CAMPOS.  
SECRETARIO: MARCOS FRANCISCO BAEZ FERNÁNDEZ.  
1ER. SUPLENTE: JOSÉ ADOLFO DE LA VEGA RODRÍGUEZ.  
2DO. SUPLENTE: FRANCISCO JAVIER CASILLAS GÓMEZ.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE QUÍMICA DE LA U.N.A.M.

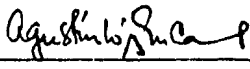
NOMBRE Y FIRMA DEL SUSTENTANTE.

  
TITO JULIO RAMÍREZ ARRIAGA.

ASESOR DEL TEMA.

  
M. EN C. ZOILA NIETO VILLALOBOS.

SUPERVISOR TÉCNICO DEL TEMA.

  
DR. AGUSTÍN LÓPEZ MUNGUÍA.

# INDICE

CAPITULO	PAG.
I. INTRODUCCION -----	3
II. OBJETIVOS -----	4
III. GENERALIDADES -----	5
1. CULTIVO Y PRODUCCION DEL FRIJOL EN MEXICO ---	5
2. COMPOSICION QUIMICA Y TOXICOLOGICA DEL FRIJOL -----	7
3. PROCESOS QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD NUTRITIVA DEL FRIJOL -----	9
A) GERMINACION -----	9
B) REMOJO -----	9
C) COCCION -----	9
D) EXTRUSION -----	10
E) HORNEADO -----	10
F) FREIDO -----	10
G) ALMACENAMIENTO -----	11
H) FERMENTACION -----	12
I) SUPLEMENTACION -----	13
4. PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA PRODUCCION, ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACION DEL FRIJOL ---	14

CAPITULO	PAG.
IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL Y METODOS	
1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL FRIJOL--	15
2. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES OPTIMAS PARA LA COCCIÓN DEL FRIJOL ENDURECIDO -----	16
3. DESARROLLO DE ALIMENTOS ELABORADOS A BASE DE HARINA DE FRIJOL ENDURECIDO CRUDO -----	18
A) ELABORACION DE UNA PASTA ALIMENTICIA TIPO TALLARIN-	18
B) ELABORACION DE GALLETAS DULCES-----	20
C) ELABORACION DE PAN BLANCO TIPO BOLILLO -----	21
4. DESARROLLO DE ALIMENTOS FERMENTADOS A BASE - DE FRIJOL ENDURECIDO -----	24
A) ELABORACION DE UNA BEBIDA FERMENTADA LACTICA -----	24
B) ELABORACION DE UN PRODUCTO TIPO TEMPEH -----	27
5. EVALUACIÓN DE FACTORES RELACIONADOS CON LA - CALIDAD NUTRICIONAL Y TOXICOLÓGICA DE LOS PRO DUCTOS DESARROLLADOS -----	28
A) CALIDAD NUTRICIONAL -----	29
B) CALIDAD TOXICOLOGICA -----	27
V. RESULTADOS Y DISCUSION -----	30
VI. CONCLUSIONES -----	48
VII. RECOMENDACIONES -----	49
VIII. BIBLIOGRAFIA -----	50
IX. APENDICE -----	55

## I. INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris*), es la principal leguminosa que se consume en Latinoamérica incluyendo México y constituye junto con el maíz la base de la alimentación, ya que es una de las fuentes de proteína y de energía más barata y accesible para la población de bajos recursos económicos.

Desde hace muchos años, el frijol ha sido estudiado por varios investigadores, en aspectos relacionados con; el contenido de factores antinutricionales (20, 25), calidad nutritiva (5, 13, 43), efectos del procesamiento y tiempos de cocción sobre la calidad nutritiva (6, 16, 23, 30, 42), suplementación con aminoácidos y con cereales (5, 36,39) así como el efecto de las condiciones y tiempo de almacenamiento sobre su calidad nutritiva (6,19, 28, 42).

Dentro de los factores que afectan la calidad del frijol es conveniente señalar que las deficiencias en los sistemas de almacenamiento, -- constituyen una de las causas por las cuales el frijol sufre el proceso de endurecimiento, el cual repercute tanto en su valor nutricional así como en su depreciación.

Los factores involucrados en el proceso del endurecimiento del frijol, así como las modificaciones bioquímicas y estructurales que tienen lugar en el grano durante este proceso, no han sido hasta la fecha suficientemente estudiadas. Es por esta razón que se pretende en forma -- multidisciplinaria analizar el problema del endurecimiento abarcando; la susceptibilidad que las diferentes variedades presentan endurecimiento bajo diversas condiciones de almacenamiento, las modificaciones bioquímicas y estructurales ocurridas durante este proceso y finalmente, las alternativas tecnológicas que el frijol puede presentar, objeto del presente estudio, ya que los tres primeros puntos son objetos de investigaciones adjuntas.

## II. OBJETIVOS

Debido a las condiciones que prevalecen en los almacenes gubernamentales, hay una existencia constante de grandes cantidades de frijol que ha sufrido el proceso de endurecimiento.

Tomando en cuenta su importancia nutricional y económica que esta leguminosa tiene en nuestro país, se plantearon los objetivos de las alternativas tecnológicas de uso de dicho frijol en el presente estudio.

- Determinar la influencia del proceso del endurecimiento, sobre la calidad física, química y nutritiva del frijol.
- Determinar las condiciones óptimas para la cocción del frijol endurecido.
- Desarrollar alimentos para consumo humano, elaborados a base de harina de frijol crudo endurecido
- Desarrollar alimentos fermentados para consumo humano, utilizando como materia prima principal, el frijol endurecido.
- Determinar la calidad sensorial, nutricional y toxicológica de los productos desarrollados.

### III. GENERALIDADES

#### I. CULTIVO Y PRODUCCIÓN DEL FRIJOL EN MÉXICO:

El cultivo del frijol en México es de gran importancia. Aproximadamente el 70% de la superficie total cultivable del país, se destina a alimentos básicos, tales como; maíz, frijol, trigo, arroz y papa. El 30% restante, lo cubren setenta cultivos más.

En México, se siembra alrededor de dos millones de hectáreas de frijol, la mayoría de ellas (85-90%) es de temporal y el resto de riego. El rendimiento promedio por hectárea es aproximadamente de 700 kg. (9, 10).

El frijol, se cultiva en climas tropicales, templados y fríos, en suelos neutros o ligeramente alcalinos y su adaptación varía entre los 50 hasta los 2300 metros sobre el nivel del mar. La cosecha se realiza entre los 70 y 90 días después de la siembra (15).

En la República Mexicana, existen múltiples variedades de frijol, - las cuales se diferencian entre sí, debido a sus características físicas, rendimiento por hectárea, resistencia a plagas, enfermedades y a factores ecológicos y meteorológicos. Existen actualmente, veinte variedades mejoradas de frijol y alrededor de cincuenta criollas, las cuales se cultivan comercialmente (8, 9).

Las entidades de mayor consumo de frijol en el país son; el Distrito Federal, Veracruz, Estado de México, Jalisco, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Nuevo León y Oaxaca, que representan el 61% de la producción nacional anual.

La Producción Nacional del Frijol, los volúmenes de importación y - exportación de los últimos años, se presentan en el Cuadro N° 1.



CUADRO N° 1

PRODUCCION, IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES NACIONALES DE FRIJOL.

AÑOS	PRODUCCION. (TON)	IMPORTACION. (TON)	EXPORTACION (TON)
1971	925,042	No hubo	No hubo
1972	953,785	No hubo	33,070
1973	853,374	No hubo	34,415
1974	1,026,457	12,176	No hubo
1975	1,025,942	130,505	No hubo
1976	1,005,855	No hubo	16,994
1977	679,485	No hubo	145,738
1978	782,704	No hubo	54,504
1979	952,724	No hubo	No hubo
1980	554,595	293,008	No hubo
1981	971,359	462,000	No hubo
1982	1,192,967	109,033	No hubo
1983	1,054,328	193,700	No hubo
1984	1,287,856	181,105	No hubo

(12). Dirección General de Productos Básicos. Secretaría de Comercio.

México 1985.

## 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y FACTORES TÓXICOS DEL FRIJOL.

### A) PROTEINAS

El frijol presenta un alto contenido proteico, el cual varía del 18 al 37% en granos secos. Sin embargo estas proteínas son de baja calidad, ya que son deficientes en los aminoácidos azufrados como metionina y -cisteína.

El frijol contiene principalmente dos tipos de proteínas; las globulinas y las albúminas. Siendo las primeras el constituyente mayoritario (alrededor del 85%) del contenido proteico total en el frijol.

### B) GRASAS

El contenido de grasa en el frijol es muy bajo; varía de un 0.8% a un 2.2%. En general son ricos en ácidos grasos insaturados como el oleico, el linoleico y el linolénico, siendo los dos últimos esenciales para el hombre.

### C) CARBOHIDRATOS

El frijol contiene desde un 47 hasta un 71% de carbohidratos, de los cuales el porcentaje relativamente alto (15-20%) son indigeribles. De estos carbohidratos se representan dos fracciones respecto a su solubilidad acuosa.

Insolubles en agua.- Representan de un 12 a un 15%, compuestos principalmente de fibra cruda (celulosa, hemicelulosa y lignina).

Solubles en agua.- Estos carbohidratos están presentes del 5 al 8%. - Constituido principalmente por pectinas y oligosacáridos.

### D) MINERALES.

En general el frijol es buena fuente de calcio y de hierro. Contiene del 3 al 4% de minerales, compuestos por sales de fósforo, potasio y magnesio, entre otros.

## E) VITAMINAS

Los granos de *Phaseolus vulgaris*, son buena fuente de vitamina B<sub>1</sub> y de niacina. Pero presentan bajos contenidos de vitamina K y B<sub>2</sub>.

## F) FACTORES TOXICOS

Los frijoles crudos se caracterizan por contener sustancias tóxicas. Pero la mayoría de ellas son termolábiles (20, 25).

Entre los factores tóxicos que contiene el frijol están:

- Inhibidores de enzimas (tripsina, quimotripsina y amilasas).
- Hemaglutininas.
- Factores antivitaminicos
- Acido ftico
- Factores productores de flatulencia
- Saponinas
- Isoflavona

### 3. PROCESOS QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD NUTRITIVA DEL FRIJOL

#### A) GERMINACION

La germinación es el proceso en el cual las semillas presentan actividad metabólica, con el fin de nutrirse a sí mismas y producir desarrollo vegetativo (14). Este proceso origina una disminución en la calidad nutritiva de la semilla, debido a la disminución del contenido de proteínas, grasas y minerales, además del contenido de aminoácidos y de lisina. Durante este proceso, la digestibilidad de la proteína no se ve afectada, en cambio el contenido tóxico, disminuye.

#### B) REMOJO

En estudios reportados en la literatura (23, 28, 42), existe evidencia de que este proceso influye de manera positiva sobre la calidad nutritiva del frijol, ya que por medio de él, se disminuye considerablemente el tiempo de cocción, consecuentemente se disminuye el deterioro de nutrientes, además de obtenerse un ahorro considerable de energía.

La eficiencia del proceso de remojo, depende directamente del tiempo, de la temperatura y del uso de soluciones de sodio durante este proceso.

#### C) COCCION

Se han realizado un gran número de estudios sobre el efecto que presenta el proceso de cocción sobre la calidad nutritiva del frijol (6, 16, 19, 23, 28, 42). La mayoría de ellos han concluido que este proceso, provoca una baja en la calidad nutritiva, la cual es medida biológicamente como

Relación de Eficiencia Proteica (PER) y Utilización Neta Proteica (NPU). Esto se debe a que disminuye la disponibilidad de algunos aminoácidos, principalmente lisina y metionina, además de la desnaturalización de las proteínas. Sin embargo se ha demostrado que el proceso de cocción, aumenta la digestibilidad de la proteína y disminuye el contenido de factores tóxicos.

#### D) EXTRUSION

Algunos estudios (21), han demostrado que durante el proceso de extrusión, el almidón y las proteínas sufren cambios en sus características físicas, químicas y nutricionales. Estos cambios se deben principalmente a los efectos de la temperatura y de la presión, que predominan en este proceso. Se ha observado que el contenido de vitaminas y la disponibilidad de aminoácidos, como lisina, decrecen sustancialmente durante este proceso.

#### E) HORNEADO

Se ha demostrado que el proceso del horneado, produce una disminución en la disponibilidad de aminoácidos, principalmente básicos como lisina. Este efecto se debe a la reacción de Maillard, la cual consiste en la reacción entre el grupo  $\epsilon$ -amino de la lisina y el grupo carboxilo de los carbohidratos. Esta reacción se lleva a cabo a altas temperaturas y a valores de pH ligeramente alcalinos (22).

#### F) FREIDO

Cuando el frijol sufre este proceso, los principales cambios que en su calidad nutritiva se han observado son; la disminución de un 35 % de su valor alimenticio, aumento considerable de grasa y una disminución drástica de la disponibilidad de algunos aminoácidos como lisina y metionina, comparado con el frijol crudo.

Los cambios ocurridos en el freído se han evaluado integralmente (16), realizándose pruebas biológicas como PER y Balance de Nitrógeno. Los resultados demuestran que el frijol freído, presenta menor calidad nutritiva que el frijol cocido.

## G) ALMACENAMIENTO.

En México, el frijol se cosecha por métodos manuales y mecánicos, es encostalado y posteriormente almacenado en bodegas con diferentes condiciones atmosféricas.

Existen grandes pérdidas del frijol durante su cultivo, cosecha, transportación y almacenamiento. Durante su cultivo, la planta es atacada por plagas, tales como; conchuela (*Epilachna varivestis* Malsant), la chicharrita (*Empoasca* spp), el picudo (*Apion godmani* Wagner), la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Weast) y la doradilla (*Diabrotica balteada* le Conte), las cuales ocasionan pérdidas hasta del 20 %.

Por otra parte, durante el almacenamiento prolongado del frijol, existen pérdidas del orden del 10 al 15 % del total almacenado, que en México, representan entre 100 y 150 mil toneladas de frijol al año. Los factores que originan estas pérdidas son principalmente; el endurecimiento del grano y la contaminación por plagas.

Se denomina como frijol endurecido, a aquel grano que cocido bajo condiciones de presión de temperatura (100 °C, 1 atm), presenta un tiempo de cocción mayor de 4.5 hs.

El problema del endurecimiento del frijol, no ha sido estudiado completamente, hasta la fecha y hasta el momento los estudios realizados (6, 19, 28, 30, 43), han propuesto que este proceso es producido por las malas condiciones del almacenamiento, tales como las altas temperaturas y humedades relativas también altas. Esto provoca cambios estructurales, químicos y bioquímicos tanto en el cotiledón, así como en la testa de la semilla, originando incrementos considerables en el tiempo de cocción y disminución de la calidad nutritiva del frijol. Los principales cambios observados en el grano del frijol son:

- Durante el almacenamiento disminuye el poder de absorción de agua, tanto en la cascarilla, así como en el cotiledón de la semilla.
- El poder germinativo y la viabilidad de la semilla, disminuyen.

- Durante el remojo y la cocción del frijol, la movilidad de cationes divalentes (calcio y magnesio) aumenta y la de cationes monovalentes (potasio) disminuye.
- El contenido de sustancias pécticas solubles, disminuye y el contenido de sustancias pécticas insolubles aumenta.
- Se observa además, un descenso en el contenido de ácido fítico fosforado.
- La actividad enzimática en la semilla, decrece.
- Es probable que durante la cocción del frijol, las sustancias pécticas se solubilizan debido a la acción quelante del ácido fítico fosforado sobre estas y debido al intercambio iónico que se lleva a cabo en la semilla.

## H) FERMENTACION

Se han realizado estudios sobre la fermentación del frijol (*Phaseolus vulgaris*) y del frijol de soya, para la producción de Miso, salsa de soya y de Tempeh, entre otros (37, 41, 44). Para la producción de este último, se utilizan hongos del género Rhizopus, específicamente R. oligosporus, el cual se caracteriza por ser altamente lipolítico y por secretar varias proteasas.

Durante la fermentación del frijol, se obtiene un incremento de sólidos solubles, lo que indica una digestibilidad superior al frijol cocido. Aumentando también la cantidad de nitrógeno soluble y de aminoácidos libres.

En lo que a la fracción lipídica se refiere, se produce una liberación de ácidos grasos esenciales, principalmente ácido linoleico. Esto es debido a la acción de las enzimas lipolíticas del hongo. Se han encontrado además tres antioxidantes, los cuales se producen durante la fermentación; el factor 2(6, 7, 4' Trihidroxisoflavona), diadzeína (7, 4' Dihidroxisoflavona) y la genesteína (5, 7, 4' Trihidroxisoflavona) (44). Estos antioxidantes actúan para la protección y preservación de la vitamina "E", la cual es esencial para el crecimiento del hongo.

Conforme avanza el tiempo de fermentación, se eleva la actividad del hongo, disminuyendo el contenido de carbohidratos y aumentando el contenido de vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, niacina y pantotenato.

El Tempeh, posee la mejor calidad nutritiva expresada como PER, entre los alimentos orientales y es casi equivalente al de la caseína.

Por su sabor suave puede combinarse con varios alimentos y condimentos, pero presenta el problema de su conservación, debido a que presenta una alta actividad lipolítica y proteolítica.

## I) SUPLEMENTACION

La suplementación, es el proceso mediante el cual, se incrementa la calidad nutritiva de los alimentos, por la combinación de dos o más fuentes de proteína, las cuales contienen aminoácidos esenciales que se complementan entre sí y es función de la proporción en que se encuentran en cada proteína.

Se han realizado varios estudios al respecto, para determinar como se - lleva cabo este proceso. Para lo cual se han preparado una serie de mezclas de diversas fuentes proteicas y se ha comprobado que este proceso se lleva a cabo más eficientemente cuando se mezcla una leguminosa con un - cereal (5, 36, 39). Por lo tanto, se han realizado mezclas frijol-trigo, frijol-maíz, etc. y se ha determinado por métodos químicos y biológicos que la calidad nutritiva se eleva considerablemente. Esto se debe a que el frijol, es rico en el aminoácido en que son deficientes los cereales (lisina) y estos, son ricos en los que son deficientes las leguminosas (aminoácidos azufrados).



#### 4. PRINCIPALES PROBLEMAS EN LA PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN DEL FRIJOL.

Entre los principales problemas que provocan disminución en la producción del frijol en México, es conveniente mencionar; el uso de variedades de baja productividad, las deficiencias en las prácticas de cultivo (época, suelo, fertilizante, etc.) y a los daños ocasionados por plagas y enfermedades.

En algunas entidades del país se cuenta con estadísticas de los problemas antes descritos, por lo que esto hace posible que se proporcionen sugerencias y recomendaciones técnicas para solventarlos (10). En otras partes de la República Mexicana los agricultores siguen empleando prácticas tradicionales para el cultivo del frijol.

Debido a las inadecuadas condiciones de las bodegas donde es almacenado el frijol y al desconocimiento de las medidas de conservación, estos factores han provocado que se endurezca y se dañe.

En México, la comercialización del frijol se realiza por medio de la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), que maneja aproximadamente el 45% de la producción nacional y el total de las importaciones - - anuales.

Los principales problemas para la comercialización del frijol son:

- No cumple con las especificaciones de la Norma de Calidad (11).
- Presenta el problema del endurecimiento, por lo que es rechazado tanto por industriales, como por las amas de casa. Esto se debe a que este frijol no presenta la calidad comercial requerida por estos consumidores.

El mayor problema en la comercialización del frijol es el endurecimiento, ya que hasta en ocasiones tiene que venderse hasta en un 50% de su valor y aún así se presentan problemas en su comercialización. Esto origina que CONASUPO acumule en sus bodegas grandes cantidades de dicho grano.

## IV. DESARROLLO EXPERIMENTAL Y METODOS

### 1. CARACTERIZACION FISICA Y QUIMICA DEL FRIJOL

#### A) MATERIALES

Se trabajó con un lote de 50 Kg de frijol negro San Luis cosecha - 1983 y otro lote de 30 Kg de misma variedad, pero cosecha 1985. Am los lotes fueron almacenados en bodegas gubernamentales y suminis-- trados por ellas mismas.

Ambos lotes se homogenizaron, tomándose muestras de 3 Kg para la ca- racterización física. Posteriormente se limpiaron, molieron y tami zaron hasta pasar por la malla No. 50. Esta harina fue la que se - utilizó para la caracterización química del frijol y para el desarro llo de algunos productos.

#### B) METODOLOGIA

Las muestras se caracterizaron físicamente siguiendo los métodos re- portados en AOAC y AACC (1, 2), determinando el peso del grano, mate ria extraña, densidad relativa, peso hectolítrico y el porcentaje - de granos dañados.

A las muestras de frijol crudo, se les determinó: humedad, protefna, grasa cruda, fibra cruda, cenizas y digestibilidad de protefna "in vitro". Para lo cual se siguieron los métodos reportados en AOAC (1).

## 2. DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE COCCIÓN PARA EL FRIJOL ENDURECIDO.

### A) MATERIALES

Muestras de frijol endurecido limpias y homogéneas, y soluciones salinas de remojo (Cuadro No. 2), fueron utilizadas para realizar este estudio.

CUADRO No. 2. SOLUCIONES DE REMOJO PARA EL FRIJOL ENDURECIDO

SOLUCION	% NaCl	% NaHCO <sub>3</sub>	% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	% Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
a	2.5	0.75	0.25	-
b	-	-	-	0.25
c	-	0.50	-	-
d	-	0.75	0.25	-
e	-	0.50	0.50	-
f	-	-	0.50	-

### B) METODOLOGIA

Se evaluó la influencia sobre el tiempo de cocción, de las condiciones siguientes:

- Tiempo de remojo a temperatura ambiente: 8, 12, 16 y 20 horas.
- Soluciones salinas de remojo.
- Presión atmosférica y de 1 bar (15 lb/pg<sup>2</sup>).

Se consideró que el frijol estaba cocido cuando el 95% o más de los granos, al extruirse manualmente, presentara suavidad al -- tacto.

Muestras de 100 frijoles se colocaron en vasos de precipitados - de 250 ml, con la solución de remojo de prueba, en relación - - 1:2 (p/v) y se dejaron remojando durante los períodos establecidos con anterioridad.

Al término del remojo, las muestras se drenaron, lavaron y colocaron en agua potable, para el proceso térmico con una olla de - presión (capacidad 20 litros y con manómetro) por 15 minutos a 1 bar y se les determinó el porcentaje de frijoles cocidos.

Para verificar que los efectos obtenidos en la disminución del - tiempo de cocción, eran imputables a las soluciones de remojo, - se colocaron a manera de controles las siguientes muestras.

- a) Muestra de frijol de agua destilada, 12 hrs. de remojo y cocción a presión atmosférica.
- b) Muestras sin remojo y cocción a presión atmosférica.
- c) Muestras sin remojo y cocción a 1 bar de presión.

### 3. DESARROLLO DE ALIMENTOS ELABORADOS A BASE DE HARINA DE FRIJOL CRUDO ENDURECIDO,

#### A. ELABORACION DE UNA PASTA ALIMENTICIA TIPO TALLARIN

##### a) MATERIALES

- Harina de frijol crudo endurecido
- Sémola de trigo
- Gluten de trigo
- Albúmina de huevo deshidratado
- Monoestearato de glicerilo.

##### b) METODOLOGIA

El desarrollo de la pasta, consistió en elaborar lotes de 50 g siguiendo el diagrama de la Figura No. 1 y el cual se dividió de la forma siguiente: Elaboración de pastas con 10 y 15% de harina de frijol, para lo cual se utilizaron dos harinas; una con tamaño de partícula de 0.0165 pg (malla # 40) y otra de 0.0086 pg (malla # 70). En estas pastas se determinó la influencia del tamaño de partícula sobre la textura de las mismas.

Por otro lado, se elaboraron pastas con 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50% de harina de frijol (0.0086pg malla # 70) y se determinó en base a las pruebas de cocción (apéndice), la influencia de la sustitución parcial de la sémola de trigo por el frijol.

Para determinar la influencia de algunos aditivos sobre la calidad de cocción de las pastas, se adicionaron a las pastas elaboradas con 35% de frijol, diferentes porcentajes de aditivos. Gluten de trigo (2.0-4.0%), albúmina de huevo (0.5-1.0%) y monoestearato de glicerilo (0.2-0.5%).

Finalmente, con base en las pruebas de cocción (apéndice) se seleccionaron las formulaciones de las pastas que presentaron mejor calidad de cocción y mayores porcentajes de harinas de frij--

jol. Posteriormente, se elaboraron lotes de 1 Kg de cada una de las pastas para su evaluación sensorial.

c) EVALUACION SENSORIAL DE LA PASTA ALIMENTICIA

Para evaluar la calidad sensorial de las pastas desarrolladas, se utilizó el método subjetivo de Comparación Múltiple, el método estadístico ANOVA y la prueba de Rango Múltiple de Duncan.

i) Preparación de las muestras.

Tres lotes de 1 Kg. de pasta, se elaboraron con contenidos de - harina de frijol del 35, 40 y 50%, siguiendo el diagrama de la - Figura No. 1. Estos lotes, junto con otro de un tallarín comercial marca "Rex" (líder nacional en ventas); fueron preparados - para la evaluación sensorial de la manera siguiente: los tallarines se cocieron, se frieron con aceite de cártamo, con jitomate y sazónador.

ii) Jueces.

Para la evaluación sensorial, se utilizó un total de 16 jueces - no entrados, miembros del Depto. de Alimentos, Facultad de Química, UNAM.

iii) Método de Evaluación.

Las muestras desarrolladas se codificaron y los jueces las compararon contra la pasta comercial (referencia), evaluando por separado el grado de diferencia en sabor y textura entre las pastas. Para lo anterior, se basaron en una escala del 1 (extremadamente mejor que la referencia) al 9 (extremadamente inferior a la referencia).

GRANO DE FRIJOL  
CRUDO ENDURECIDO



LIMPIEZA  
manual y con aire

MOLIENDA  
molino de tornillo

TAMIZADO  
# partícula 0.0086 pg

Albumina, Monogrol,  
Gluten y Semola  
de Trigo

MEZCLADO  
5 min

AGUA  
40 ml/100 g

AMASADO  
amasadora "Hovart" 10 min

LAMINADO\*

CORTADO\*

SECADO  
20 °C .16 h 60% HR



PASTAS

Pruebas de Cocimiento  
% Humedad  
Evaluación sensorial

\*Laminadora ("Plastilinda")  
y Cortadora.

FIGURA 1.- Diagrama de flujo para la elaboración de Pastas Alimenticias Tipo Tallarín.

## B) ELABORACION DE GALLETAS DULCES

### a) MATERIALES

- Harina de frijol crudo endurecido
- Harina de trigo
- Azúcar
- Grasa vegetal comestible
- Bicarbonato de amonio ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ )
- Lecitina de soya
- Glucosa
- Saborizantes
- Antioxidante (BHT)
- NaCl y  $\text{NaHCO}_3$

### b) METODOLOGIA

Lotes de 50 g de galletas, se elaboraron siguiendo el diagrama de la figura No. 2. El desarrollo de este producto consistió en:

La elaboración de galletas con una formulación base, en las cuales se varió el porcentaje de frijol de 40, 45 y 50%, con respecto a harina de trigo. Se determinó en todas estas galletas y en base a su calidad sensorial, el porcentaje de sustitución más adecuado.

En otros lotes, se varió el contenido de algunos ingredientes de la fórmula base, con el fin de determinar la influencia de estos, sobre la calidad física y sensorial de las galletas. El azúcar (20-25%) y agentes leudantes  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  y  $\text{NaHCO}_3$ .

Algunos saborizantes (naranja, chocolate, vainilla y limón) y la glucosa, fueron dosificados, con el fin de enmascarar el sabor residual a frijol y de obtener un color más característico de las galletas.

Finalmente, con base en las pruebas de calidad (apéndice), se seleccionó la formulación con la cual se obtenían las galletas con las mejores características físicas, para posteriormente con base en la evaluación sensorial, determinar el saborizante más adecuado.

### c) EVALUACION SENSORIAL DE LAS GALLETAS DULCES.

La evaluación de este producto consistió en encontrar el saborizante



**GRANO DE FRIJOL  
CRUDO  
ENDURECIDO**



**LIMPIEZA**  
manual y con aire

**MOLIENDA**  
molino de tornillo

**TAMIZADO**  
Ø partícula 0.0065 µg

H. Trigo, Levaduras  
azúcar, Glucosa  
sal y saborizante  
Agua 30 ml/100 g

**1º MEZCLADO**  
3 min

Grasa, Lecitina y  
antioxidante

**2º MEZCLADO**  
5 min

**AMASADO**  
amasadora "Hovari" 15min

**LAMINADO**  
1.5 mm

**TROQUELADO**

**RECORTE**

**HORNEADO**  
190 °C/12 min  
(Horno eléctrico Despatch)



**GALLETAS**

Pruebas de calidad:  
%Humedad  
pH  
Análisis Sensorial

**FIGURA 2:- Diagrama de flujo, para la elaboración de Galletas Dulces.**

te más eficiente para enmascarar el sabor a frijol, además de evaluar el nivel de aceptación del producto desarrollado.

i) Preparación de las muestras.

Cuatro lotes de 1/2 Kg de galletas, fueron elaborados con una misma formulación (frijol 45%). En estos, la única variable fue el saborizante (vainilla, limón, chocolate y naranja). Junto -- con otro lote, elaborado con 100% de trigo y sin saborizante, -- fueron codificados y presentados a los jueces.

ii) Jueces

El número de jueces (no entrenados) que realizaron la evaluación fueron veinte alumnos de la carrera de QFB "Tecnología en Alimentos", Fac. Química.

iii) Método de Evaluación

El método de evaluación utilizado fue el de Diferencia-Preferencia, utilizando la escala hedónica del 1 (excelente) al 7 (extremadamente mala) y evaluándose globalmente los atributos (sabor, olor, color y textura) del producto. El estudio estadístico de los resultados se realizó por el mismo método que el de las pastas.

C) ELABORACION DE PAN BLANCO TIPO BOLILLO

a) MATERIALES

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| - Harina de trigo                   | - Grasa vegetal comestible        |
| - Harina de frijol crudo endurecido | - Levadura de panificación fresca |
| - Azúcar                            | - NaCl                            |
| - Gluten de trigo                   |                                   |

## b) METODOLOGIA

Lotes de 300 g de pan, fueron elaborado a nivel laboratorio siguiendo el diagrama de flujo de la Figura No. 3.

Se elaboró pan con una formulación base (sin gluten) y en él se sustituyó en 25, 30 y 35% la harina de trigo por harina de frijol (tamaño de partícula 0.0065  $\mu$ m.).

En la elaboración de otros lotes de pan, se emplearon otras formulaciones y en las cuales se varió el contenido de gluten (2.0-3.5%) y de levadura (1.5-3.0%), con el fin de evaluar la influencia de estos ingredientes sobre la calidad física del pan.

Después de hacer variaciones a la formulación base, se estudió el efecto de las condiciones de fermentación de la masa, tales como; tiempo de fermentación (0.5-1.5 Hr.) y humedad relativa (70-90%).

Con base en las características físicas (apéndice) y sensoriales del pan, se logró determinar las condiciones óptimas de proceso (diagrama de flujo, Figura No. 3), así como la mejor formulación.

## c) EVALUACION SENSORIAL DEL PAN BLANCO

La evaluación sensorial consistió en determinar la influencia del nivel de sustitución, sobre la calidad sensorial del producto.

### 1) Preparación de las muestras.

De acuerdo al proceso y utilizando una formulación base, se varió el nivel de sustitución de harina de trigo por harina de frijol (25, 30 y 35%) para elaborar tres lotes de piezas de pan de aproximadamente 50 g. Por otro lado, se elaboró otro lote de pan el cual contenía 100% de harina de trigo, funcionó como muestra de referencia. Posteriormente, las muestras fueron codificadas y presentadas a los jueces (17 alumnos de la carrera de QFB "Tecnología de Alimentos") para su degustación.

### ii) Método de Evaluación.

El método de evaluación fue el de Comparación Múltiple, en el

cual se comparó la textura y el sabor del pan desarrollado contra la referencia, con base en la escala del 1 (extremadamente mejor que la referencia) al 9 (extremadamente inferior a la referencia). El análisis de los resultados de la evaluación sensorial, se realizó de la misma forma del que se realizó en las pastas alimenticias.

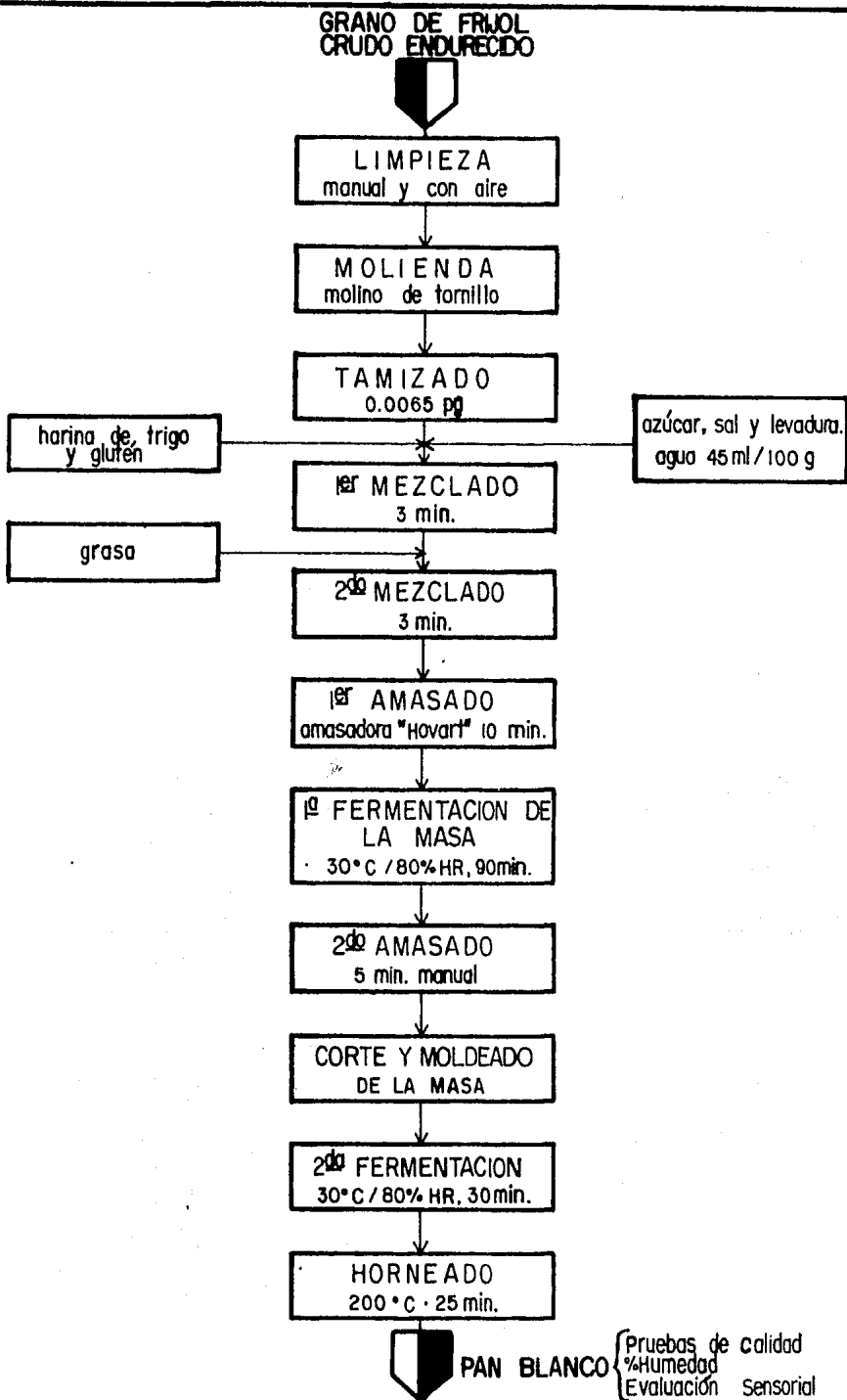


Figura 3. Diagrama de flujo, para la elaboración de Pan Blanco.

#### 4. DESARROLLO DE ALIMENTOS FERMENTADOS, A BASE DE FRIJOL ENDURECIDO.

##### A) ELABORACION DE UNA BEBIDA FERMENTADA LACTICA

###### a) MATERIALES

- Azúcar,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
- Saborizantes (tamarindo, toronja, durazno y mango).
- Colorantes (amarillo No. 5 y amarillo No. 6).
- Enzimas (  $\alpha$ -amilasa y glucoamilasa).
- Cepas microbianas (L. mesenteroides, L. delbrueckii, L. bulgaricus y St. thermophilus).

###### b) METODOLOGIA

La elaboración de la bebida láctica fue realizada siguiendo el diagrama de flujo de la Figura No. 4. El desarrollo de este producto, se logró en base al estudio experimental de los siguientes factores:

###### 1) Obtención de azúcares fermentables.

Se desarrolló un método de hidrólisis, con el objeto de obtener azúcares fermentables a partir del almidón del frijol. Este método fue determinado evaluando las siguientes condiciones de proceso.

Acondicionamiento de materia prima - Lotes de 1/2 Kg de frijol previamente cocidos, para gelatinizar el almidón y obtener una mayor eficiencia en la hidrólisis. Las muestras se molieron en una licuadora, se adicionó agua en proporción 1:3 (p/v) y se ajustó el pH a 5.0 (con ácido fosfórico al 0.5%) en un pH metro Beckman. Finalmente, la mezcla se acondicionó con un sistema de agitación (agitador eléctrico de helice "Cafrano") y una plancha metálica de calentamiento a 50° C.

### Hidrólisis del Almidón

La hidrólisis se obtuvo por medio de un método enzimático, en el cual se emplearon dos enzimas (  $\alpha$ -amilasa y glucoamilasa) en diferentes concentraciones (0.5 y 1.0 % en peso de almidón). La actividad enzimática se determinó monitoreando cada 30 minutos - el contenido de azúcares reductores directos, producidos durante la hidrólisis. El método utilizado para la cuantificación fue - el Método de Bernfeld o del ácido 3,5 DNS (dinitro salicílico), - el cual se describe en el apéndice.

### i) Fermentación.

De acuerdo a la literatura (13), se seleccionaron algunos microorganismos capaces de producir a partir del extracto hidrolizado, ácido láctico, los cuales se presentan en el Cuadro No. 3.

Cuadro No. 3. Microorganismos Lácticos y Condiciones de Fermentación.

MICROORGANISMO	TEMPERATURA OPTIMA	pH OPTIMO
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	25°C	5.0
<i>St. thermophilus</i>	37°C	3.5
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	50°C	5.7
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	42°C	6.8
<i>L. delbrueckii-L. bulgaricus</i> (1:1)	46°C	6.5

Se estudió además la combinación de algunos microorganismos para tratar de aumentar la eficiencia de la fermentación. Este proceso se cuantificó, midiendo el contenido de ácido láctico en el líquido fermentado, durante períodos de 8 horas, siguiendo el método descrito en el apéndice.

iii) Preparación de la bebida.

La fermentación se detuvo mediante la refrigeración del líquido fermentado, cuando el ácido láctico fue del 1.0%. El líquido se filtró por papel de poro abierto, se midió el contenido de sólidos totales por medio de un brixómetro y se dividió en muestras de 100 ml. A cada una de ellas se les adicionó azúcar y se agregaron diferentes saborizantes (toronja, tamarindo, durazno y mango). En estas muestras fue posible dosificar, tanto el saborizante, así como el colorante (amarillo No. 5 y 6). Finalmente, en forma preliminar, se determinaron algunas características sensoriales, para seleccionar algunos saborizantes.

C) EVALUACION SENSORIAL DE LA BEBIDA LACTICA.

La evaluación sensorial de este producto, se llevó a cabo con el objeto de seleccionar los saborizantes más adecuados y determinar su aceptabilidad.

i) Preparación de las Muestras

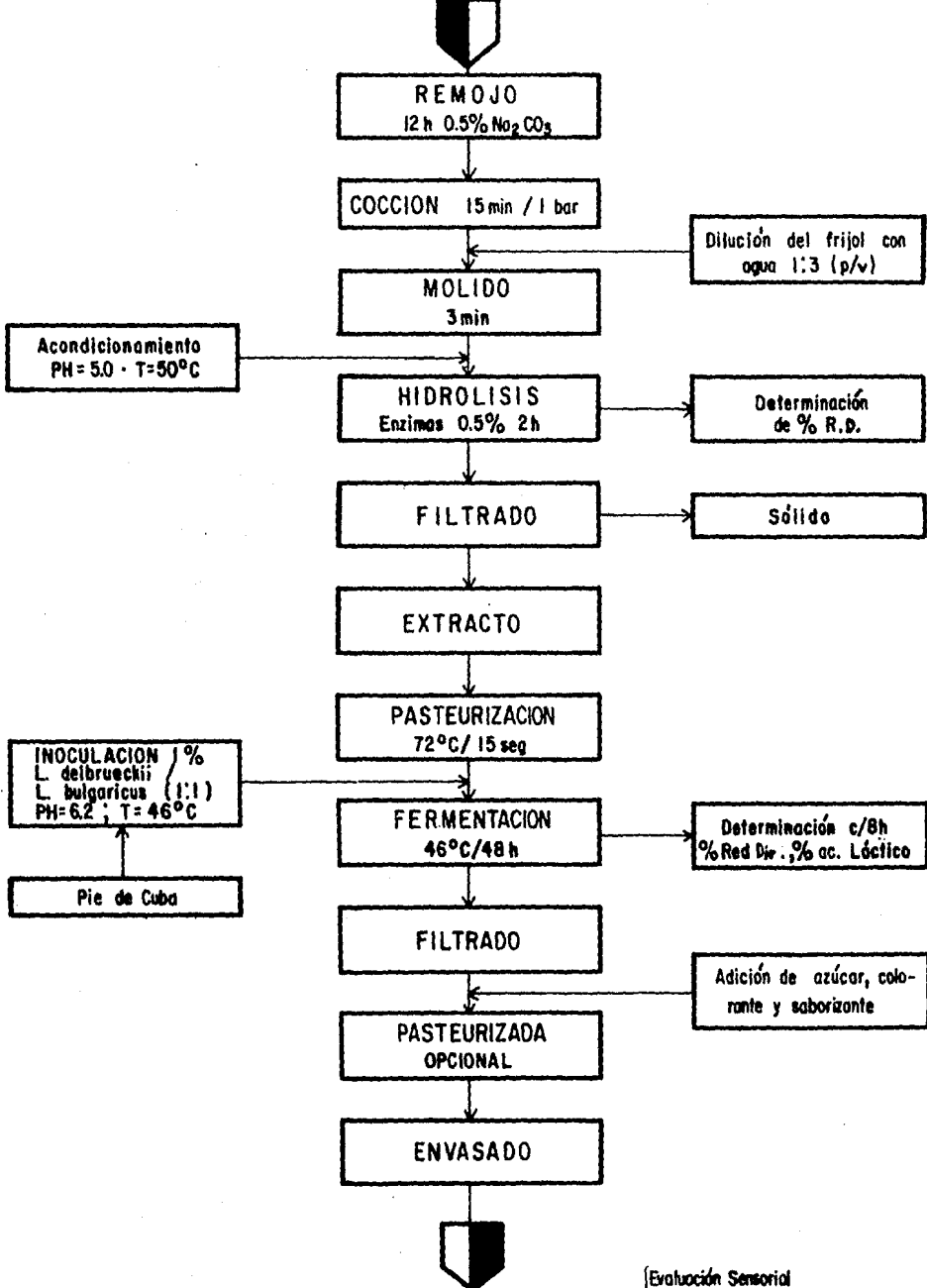
Siguiendo el proceso de la Figura No. 4 y empleando una formulación base, fueron elaborados lotes de 2 litros de bebida, a las cuales se les adicionaron diferentes saborizantes (tamarindo, toronja, mango y durazno). Sólo a las bebidas de mango y durazno se les adicionaron colorantes, amarillo No. 5 y No. 6, respectivamente. Las bebidas preparadas se codificaron y se presentaron, junto con una bebida láctica comercial "Alpura", a 13 de los 17 jueces que participaron en la evaluación de las pastas.

ii) Método de Evaluación.

La evaluación de este producto se realizó por medio del método de Rango de Preferencia evaluándose globalmente sus atributos, tanto para las bebidas desarrolladas, así como para la comercial. Los resultados de la prueba fueron estudiados estadísticamente por el método ANOVA.



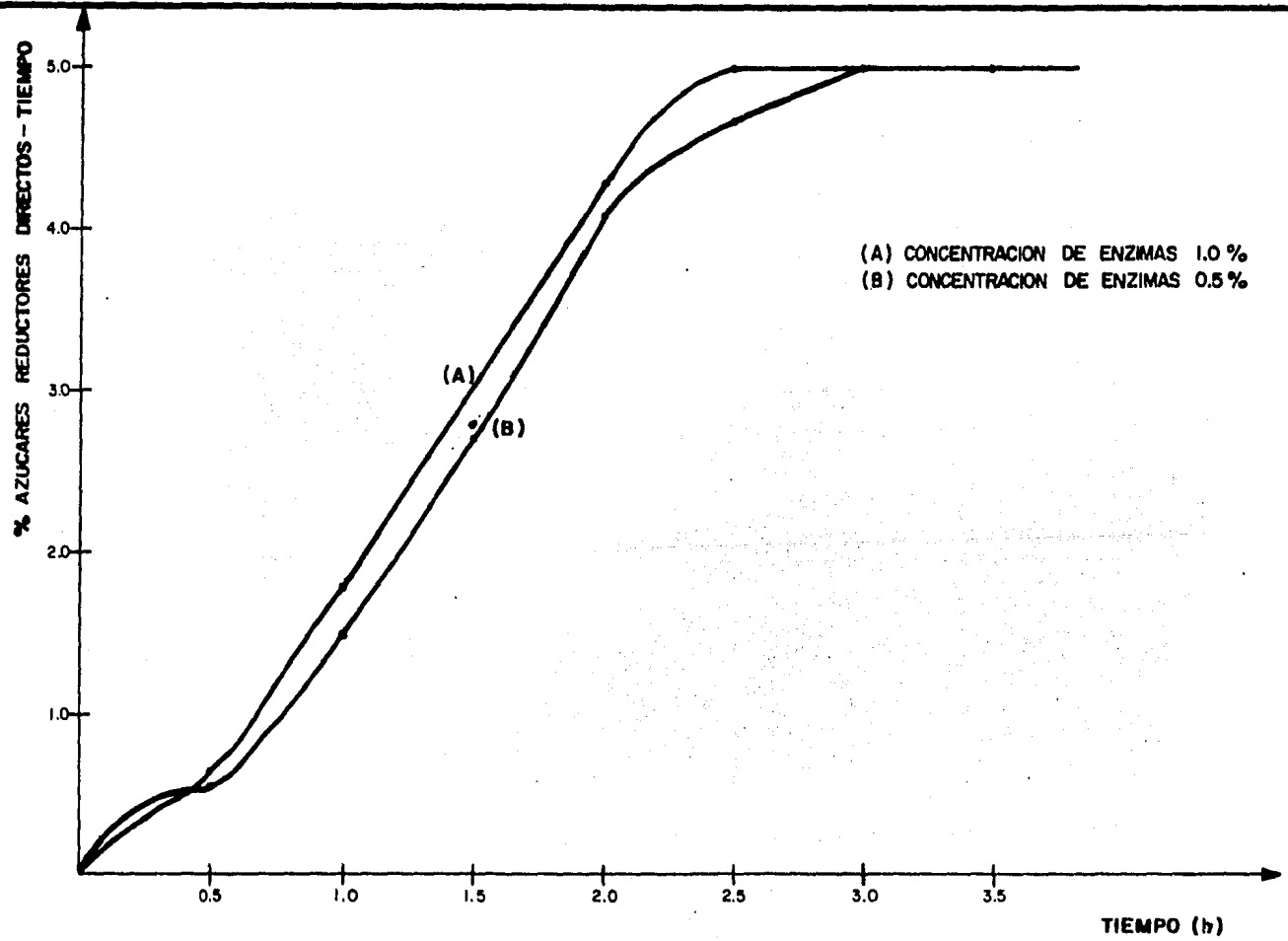
FRIJOL CRUDO ENDURECIDO



BEBIDA FERMENTADA LACTICA

Evaluación Sensorial  
% Sólidos Totales  
% Acidez

FIGURA 4:- Diagrama de flujo, para la elaboración de una Bebida Fermentada Láctica.



**GRAFICA No. 1: Hidrólisis enzimática del almidón del frijol.**

## B. ELABORACION DE UN PRODUCTO TIPO TEMPEH

### a) MATERIALES

- Frijol crudo endurecido
- Aceite de cártamo
- Ceba de Rhizopuz oligosporus
- NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

### b) METODOLOGIA

El Tempeh se elaboró de acuerdo al diagrama de flujo de la Figura No. 5. Su desarrollo se efectuó con base en el estudio experimental de los factores que se presentan a continuación:

#### 1) Acondicionamiento del frijol endurecido.

Lotes de 100 g de frijol se cocinaron siguiendo el proceso de cocción ya mencionado. El pH del frijol cocido se midió con papel pH y se ajustó a 5.0 con ácido fosfórico al 0.5% para proporcionarle el medio óptimo de crecimiento al hongo R. oligosporus.

#### ii) Inoculación del frijol.

El microorganismo empleado para la fermentación del frijol fue el Rhizopuz oligosporus, el cual se usa comunmente en los países orientales para fermentar el frijol de soya. La preparación del inóculo consistió en hacer una propagación del hongo, en medio de agar papa dextrosa a 30°C durante 3 días. Posteriormente, se tomó bajo condiciones asépticas, una asada de esporas del hongo y se suspendieron en agua esterilizada. Esta suspensión se mezcló con el frijol ya preparado (puede usarse como inóculo un trozo de Tempeh).

#### iii) Fermentación del frijol.

Lotes de 300 g. de frijol se fermentaron a 30°C durante 24 ho

GRANO DE FRIJOL  
CRUDO ENDURECIDO



REMOJO  
12h  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.5%

cambio de solución  
por agua potable

COCCION  
15 min / 1 Bar

DRENADO

ajuste de pH = 5.0 T = 30°C

suspensión de esporas  
R. oligosporus

INOCULADO

MEZCLADO

ENVASADO

FERMENTACION  
30°C / 24 - 48 h

SALADO

FREIDO  
aceite de cártamo



PRODUCTO TIPO  
TEMPEH

{ Humedad  
Evaluación sensorial

Figura 5. Diagrama de flujo, para la elaboración de un producto fermentado tipo Tempeh.

ras. Otros lotes se fermentaron a la misma temperatura por 48 horas. Este proceso se llevó a cabo en una estufa con termostato. La eficiencia de la fermentación se determinó por el grado de esporulación.

iv) Preparación del Tempeh.

Al frijol después de fermentarse, se le añadió sal, utilizando - una salmuera al 30%, posteriormente se frió en aceite de cártamo, para finalmente realizarse la evaluación sensorial de este producto.

c) EVALUACION SENSORIAL

En la evaluación de este producto sólo se utilizaron dos muestras, - una que fue fermentada 24 horas y la otra 48 horas. Ambas se prepararon de acuerdo al diagrama de la Figura No. 5 y sólo se evaluaron en términos de aceptación.

C) EVALUACION NUTRICIONAL Y TOXICOLOGICA DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS

A los cinco productos desarrollados (pasta alimenticia, galletas, dulces, pan blanco, bebida láctica y Tempeh), se les determinó algunas de sus características químicas que están relacionados con su calidad nutritiva y toxicológica.

Para realizar estas evaluaciones, fue necesario elaborar harinas de todos los productos desarrollados y éstas se realizaron de la manera siguiente:

La pasta alimenticia (cocida), galletas dulces, pan blanco y Tempeh, - se secaron a una temperatura de 110°C en una estufa equipada con termostato y posteriormente se molieron en un mortero.

Por otro lado, la bebida láctica se secó en una estufa a 60°C y a presión reducida, para evitar la caramelización de los azúcares presentes en la bebida. Posteriormente, la pasta obtenida se molió de igual --

manera que los productos anteriores.

a) EVALUACION QUIMICA DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS

A las harinas obtenidas con anterioridad se les determinó:

- Porcentaje de proteína cruda (Método Kjeldahl) (1).
- Porcentaje de digestibilidad de la proteína (Método "in vitro") - (1).

b) EVALUACION TOXICOLOGICA DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS.

Anteriormente, se mencionó que el frijol contiene una gran variedad de sustancias tóxicas, entre las que se encuentra los inhibidores - de tripsina. El análisis de este tóxico, se realizó de manera cualitativa, utilizando las harinas obtenidas y siguiendo el método bioquímico de Rinderknecht, el cual se describe en el apéndice (38).

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro No. I se presentan los resultados de la caracterización física del frijol. Observándose un mayor porcentaje de granos dañados y de materia extraña en el frijol endurecido que en el de reciente cosecha. Estas diferencias pueden deberse principalmente a las condiciones y tiempo de almacenamiento.

La composición química de los granos se presentan en el Cuadro No. II. No apreciándose diferencias considerables entre los dos tipos de frijol, excepto en la digestibilidad de la proteína, la cual es menor para el frijol endurecido. Dicha diferencia puede deberse a cambios bioquímicos y estructurales que sufren las proteínas del frijol durante el almacenamiento.

CUADRO No. I. CARACTERIZACION FISICA DEL FRIJOL "NEGRO SAN LUIS".

	FRIJOL NEGRO ENDURECIDO	FRIJOL NEGRO COSECHA 85
Peso del grano (g/1,000 granos)	300	316
Densidad relativa (g/ml)	1.2526	1.2464
Porcentaje de materia extraña	2.70	1.22
Peso hectolítrico (Kg/100 lt)	80.50	79.60
Porcentaje de granos extraños	5.00	2.00

CUADRO No. II. COMPOSICION QUIMICA DEL FRIJOL "NEGRO SAN LUIS".

	FRIJOL NEGRO ENDURECIDO	FRIJOL NEGRO COSECHA 85
% Humedad	9.80	10.60
% Cenizas	3.60	3.50
% Proteína cruda	22.10	21.70
% Grasa cruda	1.90	1.70
% Fibra cruda	3.15	3.00
% Digestibilidad de proteína (in vitro)	71.05	80.90

La determinación de las condiciones óptimas para la cocción del frijol endurecido se resume en el Cuadro No. III. Los resultados demuestran que el proceso de remojo, influye disminuyendo el tiempo de cocción; ya que como puede observarse, aún en el lote control, conforme aumenta el tiempo de remojo, aumenta el porcentaje de frijoles cocidos. Este efecto es proporcional al tiempo y a la solución de remojo. La solución más eficiente fue la de carbonato de sodio al 0.5%. Este efecto es debido al intercambio de los iones responsables de la firmeza celular, como el potasio y el magnesio, los cuales son reemplazados y/o eliminados durante el remojo del frijol, además de que las sales de sodio incrementan la velocidad de hidratación (28).

Por otro lado, se observa en el Cuadro No. IV el efecto que presenta el aumento de la presión sobre el tiempo de cocción, ya que al cocinar el frijol a presión de 1 bar (15 lb/pg<sup>2</sup>), el tiempo se reduce hasta en un 50 % del tiempo empleado para la cocción del grano a presión atmosférica. Por lo tanto, el uso de las soluciones de sodio en el remojo, aunado con el uso de presión, permite disminuir drásticamente el tiempo de cocción del frijol endurecido.

CUADRO No. III. EFECTO DE LAS SOLUCIONES Y TIEMPO DE REMOJO SOBRE LA COCCION DEL FRIJOL ENDURECIDO. (15 MINUTOS - A 1 BAR DE PRESION).

	HORAS DE REMOJO/ % FRIJOLES COCIDOS			
	8	12	16	20
a) NaCl 2.5%, NaHCO <sub>3</sub> 0.75%, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0.25%	80	87	92	95
b) NaHPO <sub>3</sub> 0.25%	73	75	78	80
c) NaHCO <sub>3</sub> 0.50%	74	84	89	90
d) NaHCO <sub>3</sub> 0.75%,Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0.25%	79	85	>95	>95
e) NaHCO <sub>3</sub> 0.50%,Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0.50%	90	95	>95	>95
f) Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 0.50%	91	95	>95	>95
Agua desionizada	29	35	47	60



CUADRO No. IV. TIEMPOS DE COCCION DEL FRIJOL ENDURECIDO A DIFERENTES CONDICIONES DE PRESION Y REMOJO.

SOLUCION DE REMOJO	PRESION	TIEMPO DE COCCION
Agua desionizada (12 Hrs.)	Atmosférica	4.0 Hrs.
Sin remojo	1 bar	2.4 Hrs.
Sin remojo	Atmosférica	5.0 Hrs.

El desarrollo de la pasta alimenticia se realizó, con base en la determinación de la influencia que presentaron sobre la calidad sensorial y de cocción, el tamaño de partícula de la harina de frijol, el nivel de sustitución del trigo por el frijol y el uso de algunos aditivos.

CUADRO No. V. CARACTERISTICAS DE COCCION Y TEXTURA DE LAS PASTAS ELABORADAS CON MEZCLAS DE TRIGO-FRIJOL (DIFERENTE TAMAÑO DE PARTICULA).

FORMULACION %TRIGO-%FRIJOL	TIEMPO COCCION (MIN.)	TIEMPO DESINTEGRACION (MIN.)	ABSORCION AGUA (%)	SEDIMENTACION (%)	TEXTURA
100- 0	13.0	22.0	240	1.03	Excelente
90-10 (#40)	17.5	26.0	255	1.46	Regular (arenosa)
90-10 (#70)	18.0	28.0	260	1.50	Muy Buena
90-10 (#40)	19.0	27.0	250	1.72	Mala (arenosa)
85-15 (#70)	19.0	28.0	250	1.80	Muy Buena

Las características de cocción y la textura de las pastas elaboradas con 10 y 50% de harina de frijol y diferentes tamaños de partícula (malla #40 y # 70), se presentan en el Cuadro No. V; observándose, que la textura se afecta razonablemente cuando se emplea harina de frijol con tamaño de partícula de malla #40 (0.0350  $\mu$ g), ya que con ella se obtiene pastas con textura arenosa indeseable. También se observa que los tiempos de cocción y de desintegración aumentan al incrementarse el nivel de sustitución del trigo por el frijol. Esto -

último se observa más claramente en los resultados del Cuadro No. VI, además en él se observan incrementos en el porcentaje de sedimentación, así como en el porcentaje de absorción de agua.

Las diferencias en la calidad de cocción de las pastas elaboradas con mezclas de trigo-frijol, pueden deberse principalmente a que el frijol no posee las propiedades funcionales del trigo, como son la elasticidad, la fuerza y resistencia del gluten presente en el trigo, características necesarias para obtener pastas de buena calidad. (18, 22).

En función del planteamiento anterior, se estudió el uso de diferentes aditivos en la elaboración de pastas, con el fin de disminuir principalmente el porcentaje de sedimentación.

Como se observa en los resultados del Cuadro No. VII, el mejor aditivo encontrado fue el gluten de trigo, ya que éste permitió disminuir el porcentaje de sedimentación de 2.60 a 1.70. Esto puede deberse a que este aditivo mejora las características reológicas de la masa y de la pasta.

CUADRO No. VI. CARACTERISTICAS DE COCCION Y TEXTURA DE PASTAS ELABORADAS CON DIFERENTES MEZCLAS DE TRIGO-FRIJOL (MALLA #70= 0.0086).

FORMULACION XTRIGO-XFRIJOL	TIEMPO COCCION (MIN.)	TIEMPO DESINTEGRACION (MIN.)	ABSORCION AGUA (%)	SEDIMENTACION (%)	TEXTURA
80-20	23	33	235	2.40	Muy buena
75-25	22	33	250	2.60	Buena
70-30	25	34	280	2.50	Buena
65-35	23	35	280	2.65	Buena
60-40	24	46	240	3.10	Regular
55-45	24	44	250	2.90	Regular
50-50	25	40	260	3.20	Regular

CUADRO No. VII. CARACTERISTICAS DE COCCION DE PASTAS ELABORADAS CON TRIGO 75% Y FRIJOL 25% UTILIZANDO DIFERENTES ADITIVOS

ADITIVO (%)	TIEMPO COCCION	TIEMPO DESINTEGRACION (MIN.)	ABSORCION AGUA (MIN.)	SEDIMENTACION (%)	TEXTURA
Gluten 4.0	20.0	30.0	226	1.70	Buena
Gluten 8.0	19.5	32.0	245	1.67	Buena
Monogrol 0.5	21.0	31.0	220	1.84	Buena
Monogrol 1.5	21.0	30.5	220	1.88	Buena
Albúmina 0.5	20.5	31.5	230	1.75	
Albúmina 1.0	20.5	32.0	235	1.70	Buena

Los resultados de la evaluación sensorial de las pastas alimenticias se presentan en el Cuadro No. VIII. En ellos se infiere con un 95% de confiabilidad -- que la pasta significativamente diferente en textura, fue la elaborada con 50% de harina de frijol. En lo que a sabor se refiere, se puede asegurar también con la misma confiabilidad que no existió diferencia entre las pastas evaluadas. De acuerdo a la media de las calificaciones otorgadas por los jueces, se deduce que la pasta elaborada con 65% de trigo y 35% de harina de frijol, fue comparativamente mejor en textura y en sabor que la comercial.

CUADRO No. VIII. EVALUACION SENSORIAL DE LAS PASTAS ALIMENTICIAS.

FORMULACION % TRIGO/% FRIJOL	TEXTURA			SABOR		
	MEDIA	DESV.	ESTD.	MEDIA	DESV.	ESTD.
65/35	4.750	1.483		5.000	1.633	
60/40	5.500	1.784		5.875	1.962	
50/50	5.700	1.580		5.940	1.843	
Comercial	4.875	1.258		5.125	0.619	

En el Cuadro No. IX, se presentan los resultados de las pruebas de calidad de las galletas dulces. En ellos se observa la influencia de la sustitución parcial del trigo por el frijol y del contenido de los demás ingredientes sobre la calidad sensorial del producto. En primer lugar, el color de las galletas es ligeramente claro y presenta un valor de pH un poco ácido. Estos dos defectos se deben principalmente a la deficiencia en el contenido de agentes --leudantes, los cuales producen un pH básico, en el cual se lleva a cabo la --reacción de Maillard (22) y se produce la coloración característica del producto horneado. El sabor de la galleta presenta cierta insipidez debido a la deficiencia en el contenido de azúcares.

CUADRO No. IX. PRUEBAS DE CALIDAD DE LAS GALLETAS ELABORADAS CON DIFERENTES MEZCLAS TRIGO/FRIJOL Y UNA FORMULACION BASE.

CARACTERISTICA	FORMULACION % (TRIGO - FRIJOL)		
	60-40	55-45	50-50
Color	Ligeramente claro	Ligeramente claro	Ligeramente claro
Sabor	Ligeramente insípido	Ligeramente insípido	Ligeramente a frijol
Olor	Regular	Regular	Regular
Textura	Buena	Buena	Buena
Grosor (mm)	1.5	1.5	1.5
pH	6.6	6.6	6.5
Humedad (%)	4.0	4.1	4.0
<p>Formulación base. Azúcar 20%, grasa 17%, leudantes 0.2%, sal 0.3%, glucosa 0.2% y lecitina 0.05%.</p>			

Después de variarse el contenido de azúcar y de los agentes leudantes, se obtuvieron los resultados que se presentan en el Cuadro No. X. Se aprecia que al aumentar el contenido de los últimos, se produce un incremento en el valor pH y consecuentemente se mejora el color y la textura del producto. Al aumentarse en mayor proporción los agentes leudantes (1.0%), se producen cambios, principalmente en el olor (amoníaco), en el sabor (bicarbonato), en la textura -- (quebradiza) y en el grosor de las galletas.

CUADRO No. X. PRUEBAS DE CALIDAD DE LAS GALLETAS DULCES ELABORADAS CON 45% DE FRIJOL Y 55% DE TRIGO Y VARIACION DEL CONTENIDO DE INGREDIENTES EN LA FORMULA BASE.

CARACTERISTICA	FORMULACION				
	AZUCAR		AGENTES LEUDANTES*		
	22%	25%	0.4%	0.7%	1.0%
Color	Ligeramente claro		Característico		
Olor	Característico		Característico	Ligeramente amoníaco	
Sabor	Ligeramente Insípido Dulce		Ligeramente insípido	Ligeramente bicarbonato	
Textura	Buena	Buena	Buena	Muy buena	Quebradiza
Grosor (mm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.7
pH	6.6	6.5	6.7	7.1	7.3
Humedad (%)	4.2	4.5	4.5	4.6	4.6
*NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> : NaHCO <sub>3</sub> (5:1)					

Como ya se mencionó, se seleccionó el saborizante que en base a una evaluación sensorial (Cuadro No. XI), presentó el mayor poder de "enmascaramiento" del sabor a frijol, el cual se había detectado preliminarmente en las galletas. Los resultados indican que el saborizante es vainilla, ya que fue el lote de galletas preferido por los jueces, esto se deduce en base a la media --

de las calificaciones otorgadas para cada uno de los lotes. Además, se determinó con un 95% de confiabilidad que no existió diferencia significativa entre todas las muestras de galletas.

CUADRO No. XI. EVALUACION SENSORIAL DE LAS GALLETAS DULCES.

SABORIZANTE	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
VAINILLA	2.45	1.146
CHOCOLATE	3.35	1.663
NARANJA	3.10	3.024
LIMON	3.45	4.384
REFERENCIA	3.00	3.847

Por lo tanto, después de hacer el estudio de variación de formulaciones, se determinó que la formulación con la que se elaboraron las galletas con las mejores características físicas y sensoriales, es la que se presenta en el Cuadro No. XII.

CUADRO No. XII. FORMULACION DE LAS GALLETAS DULCES CON LAS MEJORES CARACTERISTICAS FISICAS Y SENSORIALES.

INGREDIENTES	COMPOSICION. (%)
Harina de trigo	32.54
Harina de frijol	26.62 (Equivalente a 45% de harina)
Azúcar	23.70
Grasa vegetal comestible	16.60
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	0.60
Glucosa	0.20
NaHCO <sub>3</sub>	0.12
Lecitina de soya	0.05*
Saborizante (vainilla)	0.02-0.05
Antioxidante (BHT)	0.00175

---

Humedad: 4.0 %  
 pH : 7.1  
 Grosor: 2.0 mm

En el Cuadro No. XIII se observa, que al aumentar el nivel de sustitución de la harina de trigo por la harina de frijol, se afectan en mayor proporción - las características sensoriales y físicas del pan blanco que en los dos productos anteriores. El pan elaborado con 35% de harina de frijol, presenta un ligero sabor a frijol, una simetría de la miga pobre, menor esponjamiento de la masa y consiguientemente mayor humedad, con respecto a los elaborados con 30 y 25% de frijol. Estas características que se presentan en el pan, se deben principalmente a que el frijol no presenta las mismas propiedades funcionales del trigo, en particular del gluten, como su alta elasticidad y baja extensibilidad. Además, se deben al deterioro que sufrió el almidón -- del frijol durante su molienda.

CUADRO No. XIII. CARACTERISTICAS FISICAS Y SENSORIALES DEL PAN ELABORADO CON MEZCLAS DE TRIGO-FRIJOL Y UNA FORMULACION BASE

CARACTERISTICA	FORMULACION % TRIGO / % FRIJOL		
	75/25	70/30	65/35
Color	Característico	Característico	Característico
Olor	Aceptable	Aceptable	Ligero a frijol
Sabor	Aceptable	Aceptable	Ligero a frijol
Textura	Buena	Buena	Regular
Simetría de la miga	Regular	Regular	Mala
Volumen (a)	50	40	35
Humedad (%)	18	20	22
Formulación base: Grasa 4.8%, azúcar 4.8%, gluten 2.0%, levadura 1.5% y sal 1.6%.			

(a) Volumen de la masa equivalente al original.

Mencionado lo anterior, se procedió a mejorar las propiedades funcionales de la masa del pan, para lo cual se aumentaron los contenidos de gluten y de levadura. Los resultados de este estudio se presentan en el Cuadro No. X. De ellos se infiere que al aumentar el contenido de gluten, se obtiene una considerable mejora en la simetría de la miga, en el esponjamiento del pan y en el contenido de humedad. En cambio, al aumentar el contenido de levadura no se aprecian diferencias considerables en las características antes mencionadas.

CUADRO No. XIV. CARACTERISTICAS FISICAS Y SENSORIALES DEL PAN ELABORADO CON 30% DE FRIJOL-70% DE TRIGO Y VARIANDO ALGUNOS INGREDIENTES.

CARACTERISTICA	FORMULACION			
	GLUTEN 3.0%	GLUTEN 3.5%	LEVADURA 2.0%	LEVADURA 3.0%
Color	Característico	Característico	Característico	Característico
Olor	"	"	"	"
Sabor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Ligero a levadura
Textura	Buena	Buena	Buena	Buena
Simetría de miga	Buena	Buena	Regular	Regular
Volumen (%)	70	80	70	75
Humedad (%)	18.0	17.0	17.5	17.0

El efecto de las condiciones de la fermentación de la masa para la elaboración del pan, también fueron estudiadas. En el Cuadro No. XVI se aprecia que con 1.5 horas de la primera fermentación, a una humedad relativa de 80% y a una temperatura de 30°C, se obtiene el producto con mejores características. De estos resultados puede inferirse que bajo estas condiciones, la actividad de la levadura aumenta.



CUADRO No. XV. CARACTERISTICAS FISICAS DEL PAN ELABORADO BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE FERMENTACION DE LA MASA (TEMPERATURA 30°C).

CONDICIONES TIEMPO/HUMEDAD RELATIVA (g AGUA/M3)	SIMETRIA DE MIGA	VOLUMEN (%)	HUMEDAD (%)
1.0 Hrs./70	Buena	80	17.5
1.5 Hrs./70	Buena	90	17.0
1.0 Hrs./80	Buena	90	17.0
1.5 Hrs./80	Buena	100	17.0

Los resultados de la evaluación sensorial del pan blanco se presentan en el Cuadro No. XVI. Se determinó con un 95% de confiabilidad, que existió diferencia significativa en el sabor y en la textura del pan elaborado con 30 y 35% de frijol al que contenía 25% y a la referencia. Con base en la media de las calificaciones otorgadas por los jueces, se deduce que el pan elaborado con 25% de harina de frijol y 75% de harina de trigo, presenta la misma calidad sensorial al elaborado con 100% de harina de trigo.

CUADRO No. XVI. EVALUACION SENSORIAL DEL PAN BLANCO

FORMULACION % (TRIGO-FRIJOL)	TEXTURA		SABOR	
	MEDIA	DESVIACION ESTD.	MEDIA	DESVIACION ESTD.
75 - 25	5.60	2.427	5.65	3.604
70 - 30	7.90	2.552	7.50	3.182
65 - 35	7.70	3.269	7.60	2.261
100 - 0 (referencia)	4.90	3.230	4.65	3.436

Con base en los resultados presentes en los cuadros No. XIII, XIV y XVI, se logró determinar la formulación con la cual se elaboró el pan blanco con las mejores características físicas y sensoriales, obteniéndose una sustitución considerable del trigo por el frijol. Esta formulación se presenta en el cuadro No. XVII.

CUADRO No. XVII. FORMULACION Y CARACTERISTICAS FISICAS DEL PLAN BLANCO.

INGREDIENTE	P O R C E N T A J E
Harina de trigo	62.25
Harina de frijol	20.75 (Equivalente al 25% de harina)
Grasa vegetal comestible	4.80
Azúcar	4.80
Gluten de trigo	3.20
Levadura fresca	2.80
Sal	
<p>Volumen:                    Equivalente al 100% del original</p> <p>Color y simetría de la miga:                Buenos</p> <p>Textura:                    Buena</p> <p>Sabor:                      Aceptable</p>	

En el Cuadro No. XVIII y en la Gráfica No. 1, se presentan los resultados de la hidrólisis enzimática del frijol endurecido, para la producción de azúcares fermentables. Se observa que en las primeras 1.5 Hrs. de hidrólisis del almidón del frijol, la concentración de azúcares es relativamente baja en -- comparación con la producción de 2.0 Hrs. en adelante. Esto se debe a que -- inicialmente actúa ~~cc~~ amilasa sobre el almidón produciendo dextrinas y algunas moléculas de glucosa y maltosa, estas dextrinas son finalmente hidrolizadas por glucoamilasa, produciendo glucosa y maltosa principalmente.

Se estudió la influencia de la concentración de enzimas sobre la velocidad -- de producción de azúcares reductores. Se logró determinar que la velocidad de hidrólisis, no depende de la concentración de enzimas empleada, ya que al 0.5% y 1.0% de enzimas y a las 3.0 Hrs. se produce la misma cantidad de producto (5.0%).

CUADRO No. XVIII. RELACION DE LA CONCENTRACION DE ENZIMAS, % DE AZUCARES REDUCTORES DIRECTOS Y TIEMPO DE HIDROLISIS.

ACIDO LACTICO		
TIEMPO (HR.)	CONCENTRACION ENZIMAS (a)	
	0.5%	1.0%
0.0	0.03	0.03
0.5	0.54	0.60
1.0	1.50	1.80
1.5	2.70	2.80
2.0	4.10	4.30
2.5	4.70	5.00
3.0	5.00	5.00
3.5	5.00	5.00

(a). °C - amilasa: glucoamilasa (1 : 1).

Por otro lado, en el Cuadro No. XIX, se presentan los resultados de la producción de ácido láctico por diferentes microorganismos. Se puede inferir que la combinación de *L. delbrueckii* y *L. bulgaricus* en proporción 1 : 1, produce con mayor eficiencia el ácido. Este efecto puede deberse a que al iniciarse la fermentación, a un valor de pH de 6.6 actúa *L. bulgaricus*, produciendo cierta cantidad de ácido, esto origina un decremento en el pH a 5.0, el cual provoca la inhibición de la actividad de este microorganismo y permite que actúe *L. delbrueckii*, aumentando así la producción del ácido. El fenómeno que se presenta entre estos dos microorganismos puede ser considerado como sinérgico. En cambio, tanto estos microorganismos, así como *L. mesenteroides* y *St. thermophilus*, al actuar individualmente, producen ácido en forma deficiente. Se consideró conveniente detener la fermentación del extracto de frijol cuando el nivel de ácido láctico alcanzara el 1%, debido a que a mayor concentración se afecta la calidad sensorial de la bebida.

CUADRO No. XIX. PRODUCCION DE ACIDO LACTICO POR MICROORGANISMOS LACTICOS.

	(%) ACIDO LACTICO									
	TIEMPO (HORAS)									
	8	16	24	32	40	48	56	64	72	
I. Mesenteroides	0.03	0.07	0.10	0.13	0.18	0.23	0.29	0.33	0.34	
St. thermophilus	0.05	0.09	0.13	0.17	0.22	0.26	0.30	0.35	0.37	
L. delbrueckii	0.10	0.31	0.48	0.54	0.60	0.63	0.71	0.79	0.84	
L. burgaricus	0.09	0.24	0.40	0.56	0.75	0.91	1.03	1.10	1.15	
L. delbrueckii										
L. burgaricus(1:1)	0.07	0.18	0.29	0.59	0.93	1.17	1.25	1.30	1.33	

El rendimiento de la producción de la bebida láctica obtenido, fue de aproximadamente 6 litros de líquido fermentado o de bebida láctica por 1 Kg de frijol crudo. Este rendimiento varía dependiendo de las condiciones de la fermentación, de la hidrólisis y de la calidad de bebida que se desee producir. La calidad de la bebida, se expresa en términos de % de sólidos totales, % de proteína y % de ácido láctico.

Los resultados de la evaluación sensorial de la bebida láctica se presentan en el Cuadro No. XX. En ellos se observa que las bebidas elaboradas con los sabores de mango y toronja, presentaron mayor preferencia a las elaboradas con tamarindo y durazno. Además de que el 45% de los jueces que participaron en la evaluación sensorial, prefirió la bebida láctica desarrollada sobre la comercial.

CUADRO No. XX. EVALUACION SENSORIAL DE LA BEBIDA LACTICA

BEBIDA	ORDEN DE PREFERENCIA MEDIA
Comercial	0.574
Mango	0.166
Toronja	0.128
Durazno	0.012
Tamarindo	- 0.880

Calificación: Primero = 1.16; segundo = 0.50; tercero = 0.00; cuarto = -0.50 y quinto = 1.16.

En el cuadro No. XXI, en el cual se presenta la formulación de la bebida láctica desarrollada, se observa que prácticamente todo el producto es elaborado con el líquido fermentado. Esto permite un bajo costo de producción en base a materias primas.

CUADRO No. XXI. FORMULACION DE LA BEBIDA LACTICA

INGREDIENTE	CANTIDAD (%)
Líquido fermentado	90
Azúcar	10
Saborizante	0.03-0.06
Colorante	0.001-0.002

Sólidos totales: 18%

Acido láctico: 1%

El diagrama de flujo de la Figura No. 5, representa el proceso de elaboración del producto tipo Tempeh. De él se infiere que el proceso de producción es relativamente económico y sencillo. Sus operaciones pueden realizarse --

tanto a nivel casero, así como a nivel industrial. Las materias primas son - prácticamente el frijol y el hongo, pero este último puede sustituirse por un trozo de Tempeh como inóculo.

La evaluación sensorial del Tempeh no fue satisfactoria debido a las costum-- bres alimenticias de los mexicanos y al aspecto del producto. Los resultados de esta evaluación se presentan en el Cuadro No. XXII. Se observa que en tér-- minos generales el producto es aceptable. Como ya se sabe (37), R. oligosporus presenta actividad proteolítica, la cual hidroliza parcialmente las pro-- teínas del frijol liberando aminoácidos, los cuales son potenciadores del sa-- bor, tal es el caso específico del glutamato. Este efecto origina que el pro-- ducto tipo Tempeh, presente la propiedad de sazonador.

CUADRO No. XXII. CARACTERISTICAS SENSORIALES DEL TEMPEH

Color:	Cafe oscuro (aceptable).
Olor:	Fermentado (aceptable)
Sabor:	Fermentado (aceptable)
Textura:	Suave (aceptable)

En el Cuadro No. XXIII, se presentan los resultados del estudio de algunos - factores, los cuales están relacionados con la calidad nutricional y toxico-- lógica de los productos desarrollados. Se observa que al realizar los dife-- rentes niveles de sustitución del trigo por el frijol en los productos, se - producen importantes incrementos en el contenido de proteína. Este efecto - se debe a que el frijol presenta aproximadamente el doble de proteína del que contiene el trigo (17). Además, al realizarse las mezclas cereal-leguminosa, se produce el proceso de suplementación de aminoácidos (5, 36, 39). En los - productos fermentados no se presenta el efecto anterior, sin embargo la bebi-- da láctica, contiene aproximadamente el 50% de proteína comparado con el de - una bebida láctea. La calidad proteica de la bebida es hasta cierto punto -- comparable a la de la leche, ya que durante el proceso de fermentación en la elaboración de la bebida, puede producirse un aumento considerable de bioma-- sa y cuya proteína es considerada de buena calidad. El Tempeh, posee un - -

elevado contenido de proteína en el cual también se incluye proteína de biomasa (hongo).

CUADRO No. XXIII. FACTORES RELACIONADOS CON LA CALIDAD NUTRICIONAL Y CALIDAD TOXICOLÓGICA DE LOS PRODUCTOS.

PRODUCTO	% DE PROTEÍNA (BASE SECA)	% DIGESTIBILIDAD DE PROTEÍNA "IN VITRO"	INHIBIDORES DE TRIPSINA
Pasta alimenticia	14.0	92.7	Negativo
Pan blanco	15.1	90.8	Negativo
Galletas dulces	9.0	89.5	Negativo
Bebida láctica	2.2	96.0	Negativo
Tempeh	21.5	96.0	Negativo
Frijol 1983 "San Luis"	22.1	71.0	Positivo

La diferencia del porcentaje de digestibilidad de la proteína en los productos, se debe a que cada uno de ellos sufrieron diferentes procesos de elaboración. La mayor digestibilidad se presentó en la bebida láctica y esto se debe al efecto del proceso de fermentación sobre las proteínas, ya que los microorganismos de alguna forma modifican la estructura proteica, el medio de fermentación es líquido y en él se encuentra el ácido láctico, el cual presenta cierta actividad hidrolítica. El Tempeh, también presenta digestibilidad alta, ésta se debe a que R. oligosporus presenta actividad proteolítica, por lo que durante la fermentación del frijol se produce proteólisis. Las galletas, el pan y la pasta, presentan digestibilidad similar, esto se debe a que estos productos sufrieron los procesos de horneado y de cocción respectivamente, los cuales consisten en tratamientos térmicos y afectan prácticamente en la misma proporción la digestibilidad de la proteína.

Como se esperaba, los inhibidores de tripsina, los cuales se determinó su pre-

sencia en el frijol crudo, no se detectaron en los productos desarrollados. Esto se debe a que los productos se sometieron a tratamientos térmicos durante sus procesos de elaboración, produciendo la destrucción de los tóxicos, - los cuales son termolábiles.



## VI. CONCLUSIONES

Después de haber finalizado el presente estudio, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1) El proceso de endurecimiento produce cambios en la calidad física y química del frijol.
- 2) En base a las condiciones óptimas de cocción determinadas, la cocción del frijol endurecido, puede realizarse de manera satisfactoria desde los puntos de vista tecnológico y económico, tanto a nivel casero, así como industrial.
- 3) Debido a que el frijol endurecido se considera prácticamente como desperdicio, a que no se producen cambios en la infraestructura de los procesos de elaboración de los productos desarrollados, a que las mezclas trigo-frijol producen la suplementación de aminoácidos esenciales y a que los productos desarrollados son de amplio consumo en nuestro país; se presenta la siguiente conclusión:

La sustitución parcial del trigo por harina de frijol crudo endurecido, para la elaboración de pastas alimenticias (35%), de galletas dulces (45%) y de pan blanco (25%), representa una alternativa viable de aplicación de este frijol, desde los puntos de vista económico, tecnológico, nutricional y sensorial.

- 4) Por otro lado, se presentan además otras alternativas (Tempeh y bebida láctica) que aunque requerirán de esfuerzos orientados para su difusión, representan un ejemplo de productos de adecuado valor nutritivo, que sería recomendable incorporar a la dieta del mexicano.

## VII. RECOMENDACIONES

Con el fin de complementar aún más el presente estudio, se presentan las siguientes recomendaciones.

- 1) En base a estudios químicos y biológicos, sería recomendable evaluar de manera más completa, la calidad nutritiva y toxicológica, tanto del frijol endurecido, como de los productos desarrollados.
- 2) Evaluar las características reológicas de las masas, para la elaboración de pastas alimenticias, de galletas dulces y del pan blanco. Los cuales fueron desarrollados en el presente trabajo.
- 3) Estudiar experimentalmente la posibilidad de implementar el proceso de extrusión, en la elaboración de los productos mencionados en el inciso anterior y determinar la influencia que presenta este proceso sobre la manufactura y calidad sensorial de los productos.
- 4) Finalmente, sería recomendable realizar estudios de mercado para los productos desarrollados.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Association of Agricultural Chemist. (AOAC). Official Methods of Analysis. 1985. 12 th Ed. Washington, D.C.
2. American Association of Cereal Chemist. Approved Methods of the A.A.C.C. The Association: St. Paul, Minn. (revised). 1979.
3. Bennion, B.E., 1970. Fabricación del Pan. 4a. Edición. Editorial Acribia.- Zaragoza, España. pp. 110-136.
4. Bernfeld P. 1951. Enzymes of starch degradation and syntesis in: Advance in Enzymology, Vol. XII (Nerd, F. Fed). Intercience Publishers, New York. pp. 379.
5. Bressani, R., Elías, L.G. and Valiente, A. 1963. Effect of cooking and - aminoacid supplementation on the value of black beans (Ph. vulgaris). Brit. J. Nutr. 17:69-78.
6. Burr, H.K. 1973. Effect of storage on cooking qualities, processing and nature value of beans. in: Nutritional aspects of common beans and other - legume seeds as animal and human foods. Edited by Jaffé, W.G. and Dutra - de Oliveira J.E. Proceeding of meeting held in Ribeirao Preto, SP., Brazil, pp. 81-92.
7. Canadá Department of Agriculture. Methods for Sensory Evaluation of Foods. Research Institute, Central Experimental Farm., Ottawa 1970. pp. 16-49.
8. Cárdenas R.F. 1984. Clasificación Preliminar de los Frijoles en México. Fo lletto Técnico No. 81. México, D.F.
9. Crispín M.A. y Miranda S.C. 1968. El Frijol: Un cultivo Importante en Mé xico. INIA. SAG. (Folleto de Divulgación No. 37).

10. Crispín, M.A. 1969. Variedades de amplio grado de adaptación. Agricultura técnica en México. INIA. SAG. 1 (19).
11. Diario Oficial. 1982. Norma Oficial Mexicana. 2da. Sec. 3 feb. Especificaciones de grado de calidad para el frijol.
12. Dirección General de Productos Básicos. Secretaría de Comercio. México 1985.
13. Elías, L.G., Colindres, R., Bressani, R. 1964. The value of eight varieties of cowpea (Vigna sinensis). J. Food. Sci. 29:118.
14. Elías, L.G., Conde, A., Muñoz A. y Bressani R. 1973. Effect of germination and maturation on the nutritive value of common beans (Ph. vulgaris). INCAP, Publication 1-739, 139-153.
15. Fennell, S.L. 1948. Temperate zone plants in the tropic. Economic Botany (2).
16. Gómez, B., Elías, L.G., Molina, M., Fuente de la G. and Bressani, R. 1973. Changes in Chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house cooking in: Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods. Edited by Jaffé, W.G. and Dutra de Oliveira, J.E. Proceeding of meeting held in Ribeirao, S.P. - Brazil, 93-108.
17. Hernández, Mercedes, Chávez, A. y Bourges, H. 1974. Valor nutritivo de los Alimentos mexicanos, INN. México. Publicaciones de la División de Nutrición. 12. 6a. Edición.
18. Hummel Ch. 1966. Macaroni Products. 2a. Edition. Editorial Food Trade -- Press, LTD. London, W.C.Z. pp. 196-210.
19. Jackson, M. and Varriano, E. 1981. Hard-to-cook phenomenon in beans: - Effects of accelerated storage on absorption and cooking time. J. Food Sci. 46:799.

20. Jaffé, W.G. y Vega C.L. 1968. Heat labile grow inhibiting factors in beans (ph. vulgaris). J. Nutr. 94:203.
21. Judson, M. Harper. 1979. Food extrusion. Critical Reviews in Food - - Science and Nutrition. 200-223.
22. Kent, N.L. 1971. "Tecnología de los Cereales" Editorial Acribia. 2a. Edición. Zaragoza, España. ppg. 175-189.
23. Kon, Samuel. 1979. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. J. Food Sci. 44:1329.
24. Kramer A. and Twigg, B. 1963. "Fundamentals of Quality Control in the - - Food Industry". The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut. pp. 180-235.
25. Liener, I.E. 1973. Legume toxins in relation to protein digestibility. A Review. J. Food Sci. 4:1070:1081.
26. Matz, Samuel A. 1974. "Bakery Tecnology and Engineering". 2a. Edición. -- Editorial AVI. Publishing Inc. pp. 123-212.
27. Matz Samuel, A. 1978 "Cookie and Cracker Technology". 2a. Edition. Editorial AVI Publishing Inc. p. 147-194.
28. Molina, M.R., de la Fuente G. and 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.
29. Molina, M.R., Mayorga I. y Bressani R. 1975. Production of high protein - quality pasta products of thermal processing on pasta quality. Cereal -- Chem. 52:240-247.
30. Moscoso W., Bourne, M.C. 1984. Relationships between the hard-to-cook - phenomenon in red kidney beans and water absorption, puncture force, pectin, phytic acid and minerals. J. Foods Sci. 49: 1577.

31. Norma Oficial Mexicana. Galletas Marías. Diario Oficial 12 de enero de 1981. NOM-F 376-S-1980. Sec. Pat. y Fom. Ind.
32. Norma Oficial Mexicana. México, 1982. Alimentos para Humanos. Pan blanco, Bolillo y Telera, D.G.N. Sec. Pat. y Fom. Ind. NOM-F. 406-1982.
33. Norma Oficial Mexicana. México 1983. Alimentos Yogurt o leche bulgara. D.G.N. SECOFIN. NOM-F. 444-1983.
34. Norma Oficial para Galletas. México 1961. Clave D.G.N./F 6-1961. Secretaría de Industria y Comercio.
35. Norma Oficial Mexicana. México 1979. Pasta de trigo y/o Semolina para sopa y sus variedades. Sec. Pat. y Fom. Ind. NOM-F 405-1979.
36. Paulsen, T.M. 1961. A study of macaroni products containing soy flour. Food Technology 15: 118-121.
37. Prescott and Dunn's. 1983. "Industrial Microbiology. 4a. Edición. Editorial The AVI Publishing Co., Inc. 504-513.
38. Rinderknecht, H., Geokas, M.L., Siverman, P. and Havebach, B.J. 1968. A New Ultrasensitive Method for the Determination of Proteolytic Activity. Clin. Chem. Acta 21, 197.
39. Salazar, T., Cabrera, J., Pardo, C. y Sandoval, A. 1976. Pastas alimenticias enriquecidas y elaboradas con harinas compuestas. Instituto de Investigaciones Tecnológicas. OEA. 32-50.
40. SARH. El Desarrollo Agroindustrial y los Sistemas Alimenticios Básicos. - Frijol. Documentos Técnicos para el Desarrollo Agroindustrial. 1978. 78-83.
41. Shortleft, W. and Akiko, A. 1980. Tempeh Production. 1a. Edición. Vol. - II. Editorial New Age Foods. 68-133.

42. Silva C., Bates, R. and Deny, J. 1981. Influence of Soaking and cooking upon the softening and eating quality of black beans (Ph. vulgaris). J. Food. Sci. 46:1716.
43. Tobin, G. and Carpenter, K.J. 1978. The Nutritional Value of the Dry Bean (Ph. vulgaris). A literatura Review. Common Wealth Bureau of Nutr. 40: 919.
44. Tovar, L.R. En Revisión. Antioxidant Activity of Fermented Black Beans (Ph. vulgaris) In Oils and Fisheries. (Depto. de Alimentos, DEFG. Fac. Química, UNAM. México, 1985.

## VIII. APENDICE

### 1. PRUEBAS DE CALIDAD DE PASTAS ALIMENTICIAS (2).

#### A) TIEMPO DE COCCION

Se define como el tiempo en el cual se presenta la completa gelatinización del almidón que está presente en la pasta. Este tiempo se toma -- desde que se inicia la ebullición del agua de cocción hasta que se presenta la translucidez en la pasta, para lo cual se observa la pasta comprimida en unas placas de acrílico y no deben observarse grumos de almidón.

#### B) TIEMPO DE DESINTEGRACION.

Se define como el tiempo en el cual se inicia el desprendimiento de partículas de pasta después de la ebullición del agua de cocción.

#### C) PORCENTAJE DE SEDIMENTACION.

Se define como la cantidad de sólidos por 100 g de pasta que se desprenden durante el tiempo de cocción. Se determina después del tiempo de cocción, la pasta se separa y el agua se filtra sobre un papel filtro - (previamente pesado), posteriormente se seca y se pesa el residuo.

#### D) PORCENTAJE DE ABSORCION DEL AGUA.

Se define como la cantidad de agua absorbida por 100 g de pasta seca durante el tiempo de ebullición. Se determina pesando antes y después la pasta, pasado el tiempo de cocción, el aumento en peso se considera como la cantidad de agua absorbida.



## 2. DETERMINACIONES FISICOQUIMICAS EN GALLETAS DULCES (1).

### A) VALOR DE PH.

Este parámetro influye en las características sensoriales como color y sabor. En este producto, el valor de pH es función de la concentración de agentes leudantes. Su determinación se puede realizar por dos métodos

#### a) CUALITATIVO

Se utiliza el indicador fenolftaleína alcohólica al 1.0% el cual se adiciona al producto y se observa la coloración, si se observa color rosado indica pH básico y si es incoloro indica pH neutro o ácido.

#### b) CUANTITATIVO

Este método consiste en moler el producto y mezclarlo con agua destilada y medir directamente el pH de la mezcla con un pHmetro.

#### c) HUMEDAD

La humedad de las galletas es función directa de su vida de anaquel y de algunas de sus características sensoriales (textura y consistencia). Esta se determinó por dos métodos:

##### i) Método de estufa.

En éste se emplea un pesafiltro a peso constante. De 5 a 10 g de muestra molida se pesan en balanza analítica, se introduce en una estufa durante 4 hr. a 110°C, posteriormente se vuelve a pesar y la diferencia en peso es la humedad de la muestra.

##### ii) Método de Termobalanza.

Se colocan 10 g de muestra molida en el platillo de la termobalanza (previamente ajustada) y se calienta la muestra de 10 a 20 minutos a 5 watts. El porcentaje de humedad se registra directamente

en la escala de humedad de la termobalanza.

### 3. DETERMINACIONES FISICAS EN PAN BLANCO

#### A) HUMEDAD

Método de termobalanza (5 w/20 ) y método de estufa (110°C/4 hr).

#### B) VOLUMEN.

El volumen es función directa de la calidad reológica de la harina de trigo, de la levadura y del proceso de fermentación. Se determinó midiendo la altura de la masa antes y después de la fermentación, para lo cual se utilizó un molde simétrico y una regla graduada, especificándose el incremento en volumen como el aumento de la altura de la masa.

### 4. DETERMINACIONES QUIMICAS EN LA BEBIDA LACTICA

#### A) DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES DIRECTOS. METODO DE BERNFELD O 3, 5 DNS (36).

Primeramente las muestras se diluyen al 10%. a 1 ml de cada una se les añade el reactivo 3, 5 DNS (ácido dinitrosalicílico) y se calienta a ebullición durante 5 minutos. Posteriormente, se enfría a temperatura ambiente y se adiciona 10 ml de agua destilada, se registra la absorbencia contra un blanco a 540 nm en un espectrofotómetro. La cantidad de azúcares reductores directos se determina interpolando en una curva patrón de absorbancia-mg de glucosa, los valores de absorbancia obtenidos.

#### B) DETERMINACION DE ACIDO LACTICO (29).

Para la cuantificación de este ácido, se utiliza el método de titulación ácido base. Para esto, se utiliza una solución valorada de NaOH (0.01 N) y el indicador fenolftaleína. A 5 ml del extracto se le adiciona 50 ml de agua destilada y se adiciona NaOH y el indicador, se titula hasta el vire del indicador de incoloro a rosado. La acidez se

reporta como ácido láctico ( $\text{maq} = 0.090$ ).

### C) DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES

Para esto se coloca la bebida en una probeta y se introduce un brixómetro cuidando que no se pegue a las paredes de la probeta y se lee en la escala del aparato los °Bx (sólidos /100 g solución).

### 5. DETERMINACION BIOQUIMICA DE TOXICOS EN LEGUMINOSAS. METODO RINDERKNECHT. METODO RINDERKNECHT (31).

Este método cuantifica la cantidad de inhibidores de tripsina en leguminosas. Se basa en el hecho de que utiliza un sustrato sintético proteico (Hi de Power Azure HPA), el cual al ser hidrolizado por la tripsina, libera un compuesto colorido que es cuantificable colorimétricamente.

Para la determinación de los Inhibidores de tripsina se realizan soluciones de las muestras al 10% utilizándose una solución de buffer tris (0.05 M) pH 8.2. A 5 ml de la solución de la muestra se le adiciona 1 ml de solución de tripsina (30 mg/ml) y 20 mg de HPA. Se incuba por 10 minutos a 37°C, se adiciona 5 ml de metanol, se enfría con hielo a 0°C y se filtra. Posteriormente se lee la absorbancia contra un blanco a 595 nm. La cantidad de inhibidores de tripsina se determina interpolando la absorbancia en una curva de absorbancia-mg de HPA.

#### NOTA:

La determinación de los inhibidores de tripsina en los productos se realizó cualitativamente, para esto sólo se observó la coloración azul positiva o negativa en cada caso.