



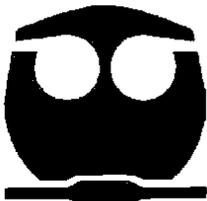
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**Cuantificación de Fibra Dietética Total y Almidón Resistente en tres leguminosas en estado fresco y seco, crudas y cocidas.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**QUÍMICA DE ALIMENTOS**  
**PRESENTA**  
**ALMA NAVA GUERRERO**



MÉXICO, D. F.

2008.



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

## **JURADO ASIGNADO**

- PRESIDENTE:** Profesor Pedro Valle Vega.
- VOCAL:** Profesor Bernardo Lucas Florentino.
- SECRETARIO:** Profesora Rosa María Argorte Espinosa.
- 1er. SUPLENTE:** Profesora Inocencia María de Lourdes Flores Tellez.
- 2º. SUPLENTE:** Profesora Leticia Gil Vieyra.

El desarrollo de este tema se realizó en el Anexo del Laboratorio 4 A,  
Facultad de Química, UNAM.

---

M. en C. Rosa María Argote Espinosa  
**Asesora del tema**

---

Alma Nava Guerrero  
**Sustentante**



***Este trabajo forma parte del programa PAPIME PE205005***



*Dedicado con todo cariño a mis padres y hermano.*



---

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme vivir la alegría de terminar esta etapa en mi vida.

A la máxima casa de estudios la UNAM en especial a la Facultad de Química por brindarme la oportunidad de disfrutar de un lugar privilegiado en sus instalaciones, así como contribuir en mi formación profesional.

A mis padres Jaime y María Elena porque gracias a su apoyo, consejo y al gran esfuerzo que siempre han hecho por darme lo mejor hoy he llegado a realizar una de las más grandes metas en mi vida. Gracias por aguantarme en todas mis malas rachas y estar siempre conmigo, los quiero mucho. Este logro es de ustedes.

A mi hermano Guillermo por escucharme y ayudarme en todo, has crecido mucho, espero ser una guía y apoyo en tu vida, gracias por creer en mí, te quiero mucho *mano*.

A mi Jechu † (q.e.p.d.) que siempre confió en mí y se preocupó por mi educación y por mi bienestar.

A la M. en C. Rosa María Argote por su asesoría técnica y más, por sus valiosos consejos y comentarios para la mejora de este proyecto, por su paciencia y disposición de su tiempo en cualquier momento y lugar.

A la Dra. Angela Sotelo López † (q.e.p.d) quien confió en mí para realizar este proyecto dándome la oportunidad de trabajar con ella y ayudarme así a concluir con la última etapa de mi carrera.

A mis súper amiguis y compañeras de carrera Dariana, Katia y Aideé por disfrutar y compartir juntas buenos y malos momentos, las quiero mucho.



A todo el personal que integra los laboratorios 4A y 4B que me apoyaron con lo necesario para que este trabajo tomara forma.

A todos mis profesores que compartieron sus conocimientos, experiencias y que dejaron huella en mí.

Gracias a todos.



---

## ÍNDICE.

	<b>Página</b>
<b>I. Resumen.....</b>	<b>1</b>
<b>II. Introducción.....</b>	<b>2</b>
<b>III. Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
1. Definición de fibra dietética.....	4
2. Composición de la fibra dietética.....	4
3. Clasificación de fibra.....	5
4. Importancia de la fibra dietética en la nutrición.....	6
4.1 Métodos utilizados para la determinación de fibra.....	6
5. Efecto de la cocción sobre la fibra dietética.....	8
6. Almidón.....	8
6.1 Estructura del almidón.....	9
6.1.1 Amilosa.....	9
6.1.2 Amilopectina.....	10
6.2 Cambios en el almidón (tratamientos térmicos).....	10
6.2.1 Gelatinización.....	10
6.2.2 Retrogradación y envejecimiento.....	11
6.3 Hidrólisis del almidón.....	12
7. Almidón resistente.....	13
7.1 Efecto de la cocción sobre el almidón resistente.....	13
8. Las leguminosas como alimento.....	14
8.1 Chícharo.....	16
8.2 Frijol.....	20
8.3 Haba.....	24



---

<b>IV. Objetivo</b> .....	28
<b>V. Hipótesis</b> .....	29
<b>VI. Metodología</b> .....	30
A. Materias primas.....	31
B. Acondicionamiento de materias primas.....	31
C. Determinación de fibra dietética total.....	33
D. Determinación de almidón resistente.....	41
E. Cálculo para la determinación de fibra dietética total corregida...	48
F. Determinación de humedad.....	49
G. Análisis estadístico.....	51
<b>VII. Resultados y discusión de resultados</b> .....	52
<b>VIII. Conclusiones</b> .....	58
<b>IX. Bibliografía</b> .....	59
<b>X. Anexos</b> .....	63



## I. RESUMEN.

En la década de los setenta, se propuso que el consumo deficitario de fibra dietética contribuía tanto al sobrepeso como al padecimiento de enfermedades cerebrovasculares y del aparato digestivo. En la actualidad se ha demostrado ampliamente su efecto benéfico, así como su acción sobre las patologías relacionadas. El propósito del presente trabajo fue comprobar que el tratamiento térmico modifica el contenido de Fibra Dietética Total (FDT) y Almidón Resistente (AR) de un grupo de leguminosas. La determinación en el contenido de FDT se realizó mediante un método enzimático gravimétrico y el AR por un método enzimático espectrofotométrico. Las muestras estudiadas fueron ejote, haba fresca, chícharo fresco, frijol, haba seca, alverjón y chícharo seco, cada lote se dividió en dos partes: a una de ellas se le realizó la cocción en autoclave, pues este cocimiento asemeja el método tradicional de las amas de casa utilizando “olla express”, mientras que la otra parte quedó en estado crudo. Posteriormente, tanto las muestras crudas como cocidas se secaron y finalmente todos los lotes fueron molidos y tamizados y a estos se les determinó FDT, AR y porcentaje de humedad. Al aplicar el método enzimático – gravimétrico de la AOAC (1995) tanto en las muestras crudas como cocidas, se observa que los valores de FDT son significativamente diferentes, siendo mayor el contenido de FDT en las muestras cocidas de haba seca, chícharo seco, chícharo fresco y ejote. El método de Saura Calixto (1993) aplicado para la determinación de almidón resistente (AR) en las muestras antes mencionadas presenta un aumento significativo ( $\alpha = 0.05$ ) en la cantidad de AR para las muestras cocidas, excepto para el ejote donde no existe diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre ejote cocido y crudo.



## II. INTRODUCCIÓN.

Muchos investigadores han estudiado la relación que existe entre el bajo consumo de fibra y el desarrollo de ciertas enfermedades en los habitantes de los países occidentales, tales como constipación, hemorroides, cáncer de colon, enfermedades arteriocoronarias, diabetes y obesidad. Por ello, en la actualidad, la fibra es considerada como un componente de los alimentos que debe estar presente en cantidades adecuadas en nuestra alimentación diaria (Pak D. Nelly, *et al.* 1990).

Existen muchas definiciones para fibra dietética que han sido postuladas por numerosos autores, dentro de las aceptadas se encuentra la siguiente:

“La *fibra dietética* es la parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del hombre con una fermentación parcial en el intestino grueso. Esto incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas” (AACC 2003).

La fibra dietética total está conformada por la suma de la fracción insoluble (celulosa, gran parte de las hemicelulosas y ligninas), y la fracción soluble (pectinas, gomas, mucílagos y ciertas hemicelulosas), que presentan en general roles fisiológicos diferentes. La fibra insoluble tiene una mayor ingerencia en aumentar el volumen a las heces, ayudando a los alimentos a pasar más rápidamente a través del estómago y los intestinos y la fibra soluble se relaciona con su acción sobre el metabolismo de hidratos de carbono y lípidos (Pak D. Nelly, 2000).

El tema de este estudio lo constituyen la determinación de fibra dietética y almidón resistente de algunas leguminosas como el chícharo fresco y seco (alverjón), haba fresca y seca, y finalmente ejote fresco y seco (frijol) las cuales constituyen una buena fuente de carbohidratos, proteínas y fibra dietética además contienen cantidades importantes de vitaminas y minerales, así como un alto valor energético. Su contenido



de proteínas se encuentra en un rango de 17 a 40%, en contraste, los cereales tienen un 13%, son ricos en los aminoácidos esenciales como metionina y cisteína (G. E. Almeida Costa, *et al.* 2006).

Los carbohidratos constituyen la fracción principal en los granos de las leguminosas, 55 a 65% del peso seco en promedio. De ellos, el almidón y otros polisacáridos (fibra dietética) son los principales constituyentes, con cantidades pequeñas pero significativas de oligosacáridos. El almidón es el carbohidrato que predomina en la dieta humana y se consideraba un carbohidrato disponible, completamente digerido y absorbido en el intestino humano, sin embargo ahora se conoce que una fracción de almidón resiste a la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas y en el intestino grueso es fermentado por la microflora del colon, a dicha fracción se le llama “*almidón resistente*” (Osorio Díaz, *et al.* 2003).

El interés que ha despertado en las últimas décadas el consumo de fibra dietética por sus efectos fisiológicos beneficiosos ha traído consigo un gran desarrollo de técnicas analíticas para la determinación de la misma (Periago, *et al.* 1994).

En la mayoría de tablas de composición química de alimentos no se tienen valores de FDT, los valores de fibra que aparecen corresponden a la fibra cruda que representa los materiales resistentes a la acción de ácidos y álcalis diluidos e hirvientes en condiciones estandarizadas. Con este método se subestima en forma importante el contenido de fibra insoluble y no mide la fibra soluble (Pak D. Nelly, 2000). Sin embargo, a través del estudio de la fibra con el método enzimático – gravimétrico nos acercamos más hacia valores reales, además de corregir este valor con el porcentaje obtenido de almidón resistente.



### **III. ANTECEDENTES.**

#### **1. DEFINICIÓN DE FIBRA DIETÉTICA.**

El término “*fibra*” resulta algo confuso ya que varios autores han asumido que fibra dietética es equivalente a fibra cruda o a celulosa (Martínez, 1996). Hipsley fue el primero en emplear el término fibra dietética, como un término con el significado de carbohidratos no disponibles de la pared divisoria de las células de los vegetales consumidos por los humanos, mientras que Burkitt le da un carácter más científico al responsabilizarlas de efectos fisiológicos positivos, relacionados con la menor prevalencia de enfermedades intestinales en la población africana (González, 2000).

La definición de Trowell en 1972 involucraba aspectos botánicos, fisiológicos y químicos pero en 1976 redefinió el concepto, siendo: “*la fibra dietética consiste de los componentes endógenos de la planta en la dieta los cuales son resistentes a la digestión por humanos*”.

Otra definición que se propone es que la fibra dietética es la parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado del hombre con una fermentación parcial en el intestino grueso. Esto incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas (AACC, 2003)

#### **2. COMPOSICIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA.**

Su composición y contenido varia en los diferentes alimentos, también un mismo alimento puede diferir en su concentración de fibra de acuerdo a su grado de madurez, refinación, tratamiento tecnológico. Los componentes más abundantes de la fibra



dietética se encuentran dentro de o asociados a las paredes celulares de las plantas. Estos incluyen compuestos como la celulosa, la hemicelulosa, la pectina y la lignina. Otros son biosintetizados por las plantas como respuesta a agresiones o para prevenir la desecación de las semillas. Estos polisacáridos no estructurales incluyen a varias gomas pécticas y mucílagos asociados con el endospermo y el espacio intracelular (Martínez, 1996).

### 3. CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA.

Aún no se ha establecido una clasificación estandarizada sin embargo, encontramos que se puede realizar de acuerdo a sus funciones o localización en la planta de origen, por su comportamiento o respuesta fisiológica en el hombre o con respecto a su fermentabilidad, siendo la más común la relacionada con su solubilidad en agua.

De acuerdo a su solubilidad en agua la fibra dietética total está conformada por la suma de la fracción insoluble (celulosa, gran parte de las hemicelulosas y ligninas), y la fracción soluble (pectinas, gomas, mucílagos y algunos polisacáridos), que presentan en general roles fisiológicos diferentes. (Pak D. Nelly, 2000).

**Principales fuentes y componentes de la fibra dietética de los alimentos**

<i>Tipo de fuente</i>	<i>Tipo de tejido</i>	<i>Componentes principales</i>
Frutas y vegetales	Parenquimal	Celulosa
	Lignificado	Hemicelulosa (xiloglucanos, glucoronoxilanos) Pectinas Ligninas
Cereales	Parenquimal	Celulosa
	Lignificado	Hemicelulosa (arabinoxilanos, $\beta$ -glucanos) Lignina
		Esteres fenólicos
Leguminosas	Parenquimal	Celulosa Hemicelulosa (xiloglucanos, galactomananos) Pectinas
Aditivos alimenticios		Gomas (arábica, alginato, carragenina, guar, almidón modificado, etc)

Selvendran, 1984



#### **4. IMPORTANCIA DE LA FIBRA DIETÉTICA EN LA NUTRICIÓN.**

La fibra dietética es un componente importante de los alimentos que ha cobrado el interés de médicos, nutriólogos y científicos debido a su relación con el desarrollo de ciertas enfermedades en los habitantes de los países occidentales, tales como constipación, hemorroides, cáncer de colon, enfermedades arteriocoronarias, diabetes y obesidad y su bajo consumo. Por ello, en la actualidad, la fibra es considerada como un componente de los alimentos que debe estar presente en cantidades adecuadas en nuestra alimentación diaria (Pak D. Nelly, *et al.* 1990).

Los polisacáridos que componen a la fibra dietética no son hidrolizados completamente por las enzimas del tracto digestivo, por lo que prácticamente pasan intactos al intestino grueso, por lo tanto producen los efectos propios de la fibra (Martínez, 1996):

- ▲ Proporcionan volumen para la acción peristáltica y facilitan el paso del material a través del intestino, lo cual ocasiona una eliminación más rápida de los productos de desecho.
- ▲ Ocasiona una modificación en el metabolismo de los carbohidratos, además de la función de la absorción de nutrientes.
- ▲ Aumenta la excreción de ácidos biliares, lo que da como resultado una disminución en el nivel plasmático del colesterol.

##### **4. 1 MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE FIBRA.**

El interés que ha despertado en las últimas décadas el consumo de fibra dietética por sus efectos fisiológicos beneficiosos ha traído consigo un gran desarrollo de técnicas analíticas para la determinación de la misma (Periago, *et al.* 1994).



En la mayoría de las tablas de composición química de alimentos, los valores de fibra que aparecen corresponden a la fibra cruda que representa los materiales resistentes a la acción de ácidos y álcalis diluidos e hirvientes en condiciones estandarizadas. Con este método se subvalora en forma importante el contenido de fibra insoluble y no mide la fibra soluble (Pak D. Nelly, 2000), con dichos métodos no se asemejan a lo que ocurre en el tracto digestivo de animales monogástricos principalmente el hombre, por lo tanto los resultados expuestos en las tablas de composición no indican lo que proporciona el alimento. A través del estudio de la fibra con el método enzimático-gravimétrico nos acercamos más hacia valores reales, además de corregir este valor con el porcentaje obtenido de almidón resistente.

**Cuadro 1. Diferentes métodos para la determinación de fibra dietética**

Métodos enzimáticos/gravimétricos	-Prosby et al., 1988 (Método AOAC 985.29) -Lee et al., 1992 (Método AOAC 991.43) -Asp et al., 1983
Métodos colorimétricos/enzimáticos	-Englyst y Hudson, 1987
Métodos enzimáticos/cromatográficos	-Englyst Cummings, 1988 -Theander et al, 1995

Fuente: Yves Tirilly, Bourgeois C. M. Tecnología de las hortalizas. Acribia S. A. Zaragoza (España), 461, 2002

- ✓ *Métodos gravimétricos.* Se realiza la estimación del peso de los residuos por medio de una diferencia de peso, la cual se realiza después de una solubilización química o enzimática de los componentes no fibrosos (Flores, 1995)
- ✓ *Métodos enzimáticos.* Permite separar las fracciones solubles e insolubles de las fibras, utiliza enzimas amilolíticas y proteolíticas para solubilizar el almidón y proteínas.



- ✓ *Métodos cromatográficos.* Permiten la identificación y la cuantificación de los azúcares presentes en el residuo obtenido tras una hidrólisis enzimática o química (Jean A., 2000).

## **5. EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE LA FIBRA DIETÉTICA.**

Una característica de las leguminosas es la capacidad que tienen de incrementar su volumen y peso unas dos o tres veces del original, durante su proceso de cocción, debido al debilitamiento y lisis de las membranas celulares que recubren aproximadamente el 60% de las células de almidón que las estructuran, variando de esa manera su composición.

Carnovle y Lintas, refirieron que un mismo tipo de tratamiento térmico puede tener efectos diferentes en el contenido de fibra dietética de los alimentos y señalaron que la cocción promueve el rompimiento de sus componentes (celulosa, hemicelulosa, lignina, pectina, gomas), además de propiciar la interacción y enlace de estas sustancias con proteínas y lípidos, así como la generación de cambios cualitativos y/o cuantitativos sustanciales que varían la composición total de la fibra dietética al comparar el alimento crudo con el cocido (González A., 2000).

## **6. ALMIDÓN.**

El almidón es la sustancia de reserva alimenticia predominante en las plantas, y proporciona el 70-81% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Todo el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual.

El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que, en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos e insolubles y se hidratan muy mal en agua fría. La



capacidad de formar soluciones viscosas (capacidad espesante) es alcanzada sólo cuando la suspensión de los gránulos es sometida a la acción del calor. Una segunda propiedad única es que la mayoría de los gránulos de almidón están compuestos de una mezcla de dos polímeros: un polisacárido esencialmente lineal denominado amilosa y otro muy ramificado llamado amilopectina. (Fennema, 1996)

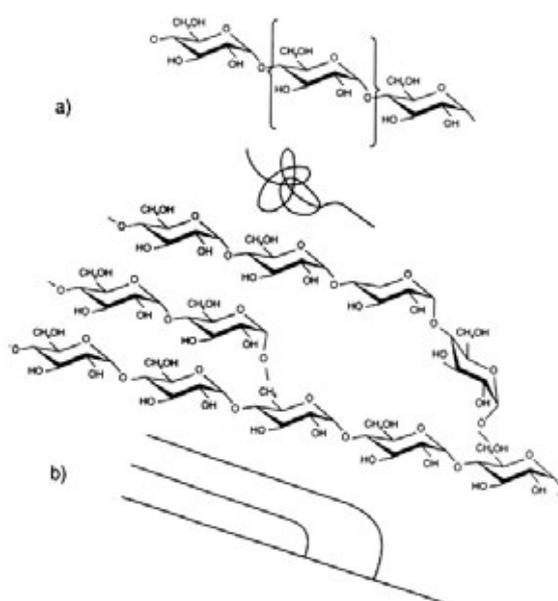


Figura 1. Componentes del almidón  
a) Amilosa, polímero lineal flexible compuesto de D-glucosa ( $\alpha$ -1  $\rightarrow$ 4)  
b) Amilopectina, polímero ramificado compuesto de D-glucosa ( $\alpha$ -1  $\rightarrow$ 4) y ( $\alpha$ -1  $\rightarrow$ 6)  
AACC, 2003

## 6.1 ESTRUCTURA DEL ALMIDÓN

### 6.1.1 AMILOSA

La mayor parte de la amilosa es una cadena lineal de unidades de  $\alpha$ -D-glucopiranosilo unidas por enlaces (1 $\rightarrow$ 4), aunque existen también moléculas que



poseen unas pocas ramificaciones en posición (1→6). Las ramificaciones de la amilosa pueden ser muy largas o muy cortas, pero los puntos de ramificación están separados por largas distancias, de manera que las propiedades físicas de las moléculas de amilosa son esencialmente las de las moléculas lineales.

La mayoría de los almidones contienen alrededor del 25% de amilosa.

### **6.1.2 AMILOPECTINA.**

Es el componente ramificado del almidón, está formada por cadenas de residuos  $\alpha$ -D- glucopiranosidos entre 17 – 23 unidades, unidos principalmente por enlaces  $\alpha$  (1→4), en los puntos de ramificación se presentan enlaces  $\alpha$  (1→6) estos representan entre un 5 – 6 %.

La amilopectina está presente en todos los almidones, constituyendo alrededor del 75% de los almidones más comunes.

## **6.2 CAMBIOS EN EL ALMIDÓN (TRATAMIENTOS TÉRMICOS)**

### **6.2.1 GELATINIZACIÓN.**

Los gránulos de almidón no dañados son insolubles en agua fría, pero pueden embeber agua de manera reversible; es decir, pueden hincharse ligeramente con el agua y volver luego al tamaño original al secarse. Sin embargo, cuando se calientan en agua, los gránulos de almidón sufren el proceso denominado gelatinización. La gelatinización es la interrupción de la ordenación de las moléculas en los gránulos. Evidencias de la pérdida de orden son: el hinchamiento irreversible del gránulo, la pérdida de la birrefringencia y la pérdida de la cristalinidad. Durante la gelatinización se produce lixiviación de la amilosa, pero también puede producirse antes de la gelatinización. La gelatinización total se produce normalmente dentro de un intervalo



más o menos amplio de temperatura, siendo los gránulos más grandes los que primero gelatinizan.

En las condiciones normales de procesado de los alimentos los gránulos de almidón se hinchan rápidamente más allá del punto de reversibilidad. Las moléculas de agua penetran entre las cadenas, rompen los enlaces entre las mismas y establecen capas de hidratación alrededor de las moléculas así separadas. Esto plastifica las cadenas, de manera que se separan totalmente y se solvatan. La entrada de grandes cantidades de agua da lugar a que los gránulos se hinchen hasta alcanzar un tamaño varias veces superior al original.

### **6.2.2 RETROGRADACIÓN Y ENVEJECIMIENTO.**

El enfriamiento de una pasta de almidón caliente da lugar generalmente a la formación de un gel viscoelástico, firme y rígido. Al enfriar y dejar en reposo las pastas de almidón, esto se hace progresivamente menos soluble. En soluciones diluidas las moléculas de almidón tienden a precipitar, y este material insoluble es cada vez más difícil de redisolver por calentamiento. El proceso colectivo de pérdida de solubilidad del almidón disuelto se conoce como retrogradación. La velocidad de retrogradación depende de diversas variables, entre las que se encuentran: la relación molecular amilosa/amilopectina; las estructuras de las moléculas de amilosa y amilopectina que vienen determinadas por la fuente botánica del almidón; la temperatura; la concentración de almidón y por último la presencia y concentración de otros ingredientes.

El envejecimiento es debido, al menos en parte, a la transición gradual del almidón amorfo a otro parcialmente cristalino, es estado retrogradado. La retrogradación de la amilopectina parece que requiere en primer lugar la asociación de sus ramas exteriores, y necesita para ello un tiempo mucho mayor que la de la amilosa;



pero tiene un papel fundamental en el envejecimiento que se produce con el tiempo tras el enfriamiento del producto.

### **6.3 HIDRÓLISIS DEL ALMIDÓN.**

Las moléculas de almidón, como todas las de los demás polisacáridos, se despolimerizan por acción de los ácidos en caliente. La hidrólisis de los enlaces glicosídicos se verifica de forma más o menos al azar para producir, inicialmente, fragmentos de gran tamaño.

La  $\alpha$ -amilasa es una endoglicosidasa que hidroliza internamente tanto las moléculas de amilosa como las de amilopectina, dando lugar a la formación de oligosacáridos. Los más grandes de ellos pueden estar ramificados una, dos o tres veces por enlaces (1→6), puesto que la enzima actúa sólo sobre los enlaces (1→4) del almidón.

La glucoamilasa (amiloglucosidasa) se utiliza comercialmente, en combinación con una  $\alpha$ -amilasa. La enzima actúa sobre almidón completamente gelatinizado como una exoenzima, liberando de forma secuencial unidades sencillas D-glucosilo a partir de los extremos no reductores de las moléculas de amilosa y amilopectina, incluso de aquéllos que están unidos por enlaces (1→6). En consecuencia esta enzima puede hidrolizar el almidón por completo, para dar sólo moléculas de D-glucosa, pero se usa en general en almidón que ha sido previamente despolimerizado con  $\alpha$ -amilasa para generar pequeños fragmentos y más extremos no reductores.

La  $\beta$ -amilasa libera unidades del disacárido maltosa de manera secuencial desde el extremo no reductor de la amilosa. También ataca los extremos no reductores de la amilopectina, liberando maltosa, pero no puede hidrolizar los enlaces (1→6) de los puntos de ramificación, por lo que da lugar a la formación de un residuo redondeado de



amilopectina denominado dextrina límite, y más específicamente dextrina beta-límite (Fennema, 1996).

## **7. ALMIDÓN RESISTENTE.**

El almidón es el carbohidrato que predomina en la dieta humana y se consideraba como un carbohidrato disponible, completamente digerido y absorbido en el intestino delgado. Sin embargo, una fracción del almidón resiste la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas, sigue su tránsito por el intestino delgado, y llega al intestino grueso donde es fermentado por la microflora del colon. Esta fracción, llamada “*almidón resistente*” (AR), se define como la suma del almidón no absorbidos en el intestino delgado de individuos sanos. La clasificación principal del AR está basada en la naturaleza del almidón y en las características físicas del alimento (Osorio Díaz, *et al.* 2003).

- ↳ AR1. Corresponde a los almidones físicamente inaccesibles, o sea, almidones atrapados dentro de una matriz celular, como sucede en las leguminosas
- ↳ AR2. Está integrado por gránulos nativos de almidón cuya cristalinidad los hace menos susceptibles a la hidrólisis enzimática, como los almidones de papa cruda y de plátano
- ↳ AR3. Son las fracciones de almidón retrogradado, formadas en alimentos cocinados y almacenados a temperatura ambiente o baja

### **7.1 EFECTO DE LA COCCIÓN SOBRE EL ALMIDÓN RESISTENTE.**

El aumento o disminución del valor de almidón resistente en los alimentos es ampliamente estudiado, estas investigaciones han utilizado variables como:



- ✓ El tipo de cocción utilizada (doméstica, industrial).
- ✓ La proporción amilosa/amilopectina.
- ✓ El tiempo de almacenamiento
- ✓ La influencia de algunos nutrientes en la formación de éste.

La velocidad y tasa de digestión del almidón, así como el contenido de AR en los alimentos, afectará diversas funciones fisiológicas y tendrá diferentes efectos en la salud. Entre los factores más importantes que afectan la velocidad y tasa de digestión del almidón están el procesamiento del alimento, el tiempo de almacenamiento y el origen botánico. El almidón en los alimentos crudos es escasamente digerible y corresponde al AR2. Durante el cocimiento el almidón es gelatinizado haciéndolo disponible, aunque una fracción es retrogradado cuando se enfría y se hace resistente a la digestión enzimática (AR3). Las leguminosas contienen altos niveles de fibra dietética, lo cual da una alta resistencia al rompimiento de la pared celular durante la cocción. Esto junto con ciertos factores antinutricionales, causa baja digestibilidad del almidón de las leguminosas (Osorio Díaz, *et al.* 2003).

## **8. LAS LEGUMINOSAS COMO ALIMENTO.**

Pese a que las plantas de la familia de las leguminosas constituyen una de las fuentes principales de alimentos para nuestra especie, es común que no se les aprecie como debiera. Las leguminosas constituyen una buena fuente de carbohidratos, proteínas de origen vegetal y fibra dietética, además de ser fuentes importantes de hierro, fósforo, calcio, tiamina, riboflavina y energía, aportando cantidades apreciables de niacina. Las semillas maduras de las leguminosas contienen entre 18 y 44% de proteínas, lo que las sitúa entre las fuentes más concentradas de estos compuestos ya que los cereales aportan entre 5 a 12%. Con excepción de la soya y el cacahuate, las leguminosas contienen entre 58 y 63% de hidratos de carbono de semilla madura y casi la totalidad de esta fracción es almidón. La mayoría de las semillas maduras de leguminosas aportan alrededor de 340 a 360 Kcal en cada 100 gramos por lo que son



fuerce de energía abundante y barata en hidratos de carbono complejos. Las leguminosas contienen escasamente de uno a tres gramos de lípidos por cada 100 gramos de semilla. Las semillas maduras contienen entre 3 y 14% de fibra cruda, que la mayoría de las veces es celulosa y hemicelulosa. (Bourges R, 1987).

Leguminosa, proviene del latín *leguminosus*, se deriva de *legumeninis*, legumbre, nombre dado a todas aquellas plantas que tienen como fruto una legumbre, que es monocarpelar dehiscente que se abre por una división ventral (Enciclopedia agropecuaria, 1998).

Con cerca de 650 géneros y más de 18 mil especies, las leguminosas integran la tercer familia más numerosa entre las fanerógamas (plantas con flores). A la vez, se le cuenta dentro de las familias con más amplia distribución.

Hay tres características principales que distinguen a las leguminosas:

1. La más visible, de tipo morfológico, es que forman vainas de las más variadas formas y tamaños, dentro de las cuales se hallan una o más semillas.
2. Otra peculiaridad es la capacidad que casi todas las especies de esta familia tienen de asociarse con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales forman nódulos en las raíces de la planta. Estas bacterias “fijan” el nitrógeno atmosférico convirtiéndolo en amoníaco que así queda disponible para ser absorbido. Se considera que éste es el mecanismo más importante de fijación de nitrógeno que existe en la naturaleza. Lo anterior explica porque algunas leguminosas pueden crecer en los terrenos más difíciles y hostiles.
3. Gracias a la característica anterior, las leguminosas pueden sintetizar aminoácidos y acumular cantidades muy elevadas de proteínas sin necesidad de fertilizantes con nitrógeno.

La utilidad de las leguminosas no se restringe al terreno de la alimentación humana. Muchas de ellas son excelentes forrajes o fuentes de colorantes naturales y



gomas de amplio uso en la industria. En la alimentación humana, se aprovechan muy pocas especies: alrededor de 20 en forma importante y menos de una docena de manera generalizada. Las especies más conocidas son el frijol común, el garbanzo, la lenteja, el chícharo, la haba, el cacahuate, la soya, el ayocote, el frijol mungo y la alfalfa. Es de subrayar que, según la especie, se pueden ingerir las vainas inmaduras (ejotes), las semillas inmaduras o maduras, las hojas, los tallos, las flores y hasta las raíces.

Entre las semillas maduras (secas) que se utilizan con frecuencia en amplias regiones del planeta, se cuentan el frijol común, el garbanzo, la haba, la lenteja, el arvejón o alverjón (chícharo seco) y el cacahuate (Bourges R, 1987).

A continuación se presentan las características más importantes de los productos a los cuales se les determinó fibra dietética total y almidón resistente.

## **8.1 CHÍCHARO.**

**Nombre científico:** *Pisum sativum* L.

**Nombres comunes:** guisante, pésoles, alverja de huerta, poas, alverja de campo, chícharo, arveyo, tito, bisalto.

### **8.1.1 Generalidades.**

Es una leguminosa originaria de algunas regiones del Mediterráneo y del África oriental (Fersini A., 1982), conocida y cultivada desde hace muchos años, habiéndose utilizado en un principio por el consumo de sus granos secos, aprovechamiento por el que se considera una planta de cultivo extensivo. Hasta el siglo XVI no fue empleada para consumir sus granos tiernos. La utilización del chícharo verde es muy amplia, desde el consumo en fresco, también por sus semillas tiernas como por sus vainas enteras, hasta su uso en las industrias de la conserva y congelación. A los chícharos se les retiran las vainas antes de usar en verde o en estado seco, debido a que sus



---

cubiertas son fibrosas y no particularmente sabrosa. Se recogen en estado carnosos, se consumen tan jóvenes y pequeñas como sea posible (Yves T., 2002).

### **8.1.2 Morfología.**

Es una planta herbácea anual, de una altura que puede ser entre los 15 cm y 1.5 m o más. Su raíz principal está muy desarrollada con muchas ramas delgadas laterales. El tallo es redondo o angular, no pigmentado. El enramado es extremadamente variable, con algunas variedades produciendo ramas laterales y otras raramente. Las hojas parenpinadas son ovales u oblongas, de 25-50 mm de longitud. La inflorescencia es un racimo con una o dos flores. Las flores son grandes y de color blanco. El fruto es una típica vaina de longitud y anchura variable, curvada o recta, de color verde amarillento o verde oscuro. Las semillas están en un número de 4-10 y normalmente están libres. La testa es delgada de color blanca o verde (el color verde cambia con el estado de maduración).

### **8.1.3 Clima y terreno.**

Se adaptan al clima fresco y húmedo con un rango de temperaturas entre 7 y 21° C. El óptimo está en la región de los 18-21° C. El calor excesivo retrasa el desarrollo de las vainas. El cultivo es más productivo cuando las precipitaciones son abundantes, pero su rendimiento es satisfactorio en las regiones frías y semiáridas.

Se adaptan a una amplia variedad de suelos pero se desarrollan mejor en los suelos arcillosos bien drenados. No tienen buenos rendimientos cuando se plantan en suelos arenosos o con grava (Salunkhe, 2004).

Al ser una leguminosa, sólo se recomiendan generalmente los fertilizantes fosfóricos y potasios, los cuales se aplican antes de la siembra. El requerimiento de



---

agua es muy bajo y se puede cultivar generalmente sin riego. Sin embargo el riego es beneficioso en áreas secas y durante temporadas secas.

#### **8.1.4 Variedades.**

Los genetistas y fitomejoradores han desarrollado un buen número de ellas, las cuales, desde el punto de vista agronómico y basados en sus características, son ubicadas en estos tipos:

1. Periodo vegetativo: precoces, intermedias, tardías.
2. Color del grano seco: amarillo, verde.
3. Altura: de enredadera, intermedias, enanas.
4. Hábito de crecimiento: indeterminadas, determinadas.
5. Superficie o testa de la semilla: lisas, arrugadas.
6. Uso: industriales, consumo fresco

#### **8.1.5 Siembras.**

Las semillas deben depositarse en el suelo a una profundidad entre 2.5 cm y 5 cm y con distancias para variedades de enredadera de 60 a 90 cm entre hileras y 10 a 15 cm entre plantas (Enciclopedia agropecuaria, 1998).

#### **8.1.6 Cuidados de cultivo.**

Conviene comenzar ayudando a la germinación de las semillas con una moderada irrigación, e intervenir sistemáticamente contra las hierbas infestantes. A esta última operación se podrá hacer frente ya sea con intervención mecánica o con tratamientos químicos. La irrigación será practicada con moderación en los casos de sequía persistente.



### **8.1.7 Cosecha**

El tiempo de cosecha se determina en gran medida por la apariencia de las vainas. Éstas deben de estar bien llenas de guisantes jóvenes y tiernos y cambiando su color verde oscuro a ligero. En la práctica común, la madurez apropiada se determina mediante el uso de instrumentos físicos como el tenderómetro o medurómetro, la relación entre guisantes y vainas, el contenido de sólidos insolubles en alcohol (SIA), el contenido en almidón o la flotación en una solución al 5% de salmuera.

Los chícharos cultivados para uso doméstico o venta en fresco se recogen a mano. Se deben recoger en el momento exacto porque una recolección temprana produce semillas muy pequeñas mientras una recolección tardía reduce la calidad. Los destinados con fines comerciales se recolectan con máquinas de varios tipos.

### **8.1.8 Importancia económica.**

Casi el 80% de la producción mundial se utiliza en forma de guisantes secos y sólo el 20% como guisantes verdes. Los principales productores son América del Norte, Europa y Asia. Sin tener en cuenta huertas caseras ni la producción de explotaciones pequeñas de venta a mercados locales de las que se desconocen los datos, menos de un 1% de la producción total se destina a la venta directa. La reducción en la demanda por los guisantes de venta directa en los países desarrollados se ha debido principalmente a los altos costos en mano de obra relacionados con la recogida manual, sin embargo también se puede atribuir al crecimiento de la popularidad de guisantes congelados donde se puede obtener una calidad comparable a la de los frescos (Salunkhe, 2004)



## 8.1.9 Composición química.

**Cuadro 2. Composición química del chícharo.**

<b>Composición química del chícharo (g/100 g)</b>		
	<b>Chícharo verde</b>	<b>Chícharo seco</b>
<b>Agua</b>	66.40	12.40
<b>Proteínas</b>	8.20	23.90
<b>Grasa</b>	0.30	0.80
<b>Carbohidratos</b>	21.10	54.00
<b>Fibra</b>	3.00	6.50
<b>Cenizas</b>	1.00	2.40
<b>Otros componentes (mg/100 g)</b>		
<b>Calcio</b>	36.00	60.00
<b>Fósforo</b>	110.00	270.00
<b>Hierro</b>	2.40	4.60
<b>Vitamina A</b>	220 UI	220 UI
<b>Tiamina</b>	0.36	0.78
<b>Riboflavina</b>	0.12	0.16
<b>Niacina</b>	2.20	3.10
<b>Ácido ascórbico</b>	20.00	2.00

Fuente: Enciclopedia agropecuaria. Producción agrícola I. Tomo II. Primera reimpresión, Terranova editores. Colombia (Bogotá), pág 126, 1998.

## 8.2 FRIJOL.

**Nombre científico:** *Phaseolus vulgaris L.*

**Nombre común:** habichuela, frijol, vainita, vainica, porote verde, judía, chaucha y la forma inmadura llamada ejote.

### 8.2.1 Generalidades.

El frijol es de origen americano, no se sabe con exactitud si procede de México, Perú o Colombia. Es una leguminosa que se cultiva por la producción de la vaina



(legumbre) que, en estado fresco (ejote) se consume junto con las semillas que contiene, o también por la producción de las semillas de consumo en estado seco o frijol (Fersini, 1982). En las regiones templadas, se cocinan las vainas maduras verdes y se comen como hortaliza. Las vainas inmaduras se comercializan frescas, congeladas o en conserva, enteras o cortadas.

### **8.2.2 Morfología y variedades.**

Se cultivan dos tipos de esta especie, el tipo enano o arbustivo y trepador. En los tipos arbustivos, las flores se desarrollan casi simultáneamente, mientras que en los trepadores las flores aparecen después de otra por un largo período de tiempo. Las flores pueden ser blancas, amarillentas o rosa-púrpura. Las vainas miden 13 cm o más de largo y pueden ser planas o redondas.

Los cultivares son de dos tipos: enano o arbustivo y trepador y clasificaron los cultivares de acuerdo a los siguientes tipos (Salunkhe, 2004):

1. Judías con vaina de uso como hortaliza.
2. Judías de vainas verdes, sin la cáscara.
3. Judías secas, usadas como semillas secas (frijol).

### **8.2.3 Clima y terreno.**

Es una planta adecuada a los climas templados, calientes, secos, al resguardo de los fríos y de los pronunciados cambios de temperaturas diurnas y nocturnas (Fersini, 1982), requiere temperaturas típicamente por debajo de 35° C. Es una cosecha que crece y da mayor rendimiento en suelos arcillosos o areno-arcillosos (Salunkhe, 2004).



---

#### **8.2.4 Siembra.**

Esta leguminosa se debe considerar un cultivo que prepara la rotación, aunque por lo común no se practica. La semilla, bien recubierta, será regada de acuerdo con la época y el estado de humedad del terreno que está sembrándose.

#### **8.2.5 Cuidados de cultivo.**

La irrigación deberá ser constante para plantas recalzadas, y mas frecuente para la variedad de ejotes que para la de descascarar, considerando de todas maneras, que el exceso de humedad podrá provocar ataques de roya (Fersini, 1982).

#### **8.2.3 Cosecha.**

Los ejotes normalmente se recogen antes de que las vainas crezcan totalmente y mientras las semillas son pequeñas. Las mayorías de las variedades se ponen duras y correosas si permanecen en las plantas hasta que la semilla desarrolla un tamaño considerable. La recolección se hace normalmente a mano. En las plantaciones comerciales a gran escala del tipo arbustivo de la judía verde, se hacen una o dos recolecciones. Los ejotes son muy perecederas y deben refrigerarse rápidamente después de la recolección, preferentemente a 4-5<sup>o</sup> C. Pierden la humedad rápidamente si no se protegen envasando adecuadamente o con una humedad relativa del 95% o superior (Salunkhe, 2004).



#### 8.2.4. Composición química.

**Cuadro 3. Composición química del ejote y frijol.**

<b>Composición química del ejote y frijol(g/100 g)</b>		
	<b>Ejote</b>	<b>Frijol</b>
<b>Agua</b>	58.2	14.5
<b>Proteínas</b>	10.5	21.5
<b>Grasa</b>	0.4	1.1
<b>Carbohidratos</b>	27.2	54.4
<b>Fibra</b>	1.8	4.6
<b>Cenizas</b>	1.9	4.0
<b>Otros componentes (mg/100 g)</b>		
<b>Calcio</b>	105.00	105.00
<b>Fósforo</b>	425.00	425.00
<b>Hierro</b>	5.80	5.80
<b>Tiamina</b>	0.90	0.90
<b>Riboflavina</b>	0.14	0.14
<b>Niacina</b>	1.80	1.80
<b>Ácido ascórbico</b>	2.50	2.50

Fuente: Enciclopedia agropecuaria. Producción agrícola I. Tomo II. Primera reimpresión, Terranova editores. Colombia (Bogotá), pág 133, 1998.

La composición del frijol (*Phaseolus vulgaris*) tiene un contenido elevado de proteína, carbohidratos y minerales, poco contenido de lípidos y su aporte calórico es relativamente bajo.

El frijol negro es uno de los principales alimentos en la alimentación por su aporte energético y contenido en proteínas y carbohidratos. Es un alimento básico en la dieta de las familias de estratos socioeconómicos bajos, en donde se complementa con cereales como el maíz y constituye una buena fuente de aminoácidos esenciales. Es importante el contenido en componentes antinutricionales, muchos de los cuales pueden tener connotaciones beneficiosas para la salud, puesto que actualmente



pueden ser considerados compuestos bioactivos e integrantes de la denominada fracción indigestible de los alimentos (Serrano, 2004).

## **8.3 HABA**

**Nombre científico:** *Vicia faba* L.

**Nombre común:** Haba caballar.

### **8.3.1 Generalidades.**

Su origen cabe situarlo en el Antiguo Mundo, y al parecer en el caso de las variedades de grano grueso en el continente africano. Es una planta que fue conocida desde tiempos muy lejanos por las antiguas civilizaciones mediterráneas. Como cultivo hortícola se aprovecha principalmente por sus semillas tiernas en fresco o industrializadas, tanto en conservas como en congelación (23). En estado fresco se venden con las vainas que las contienen.

### **8.3.2 Clima y terreno.**

Se adapta a climas templados sin prolongados periodos de frío y de sequía, sin repentinos cambios de temperatura. Es adecuada para las siembras otoñales en el sur. El terreno que más le conviene es el de mediana contextura, tendiendo a los compactos, pero profundos, frescos y discretamente provistos de sustancia orgánica (Fersini, 1982).

### **8.3.3 Variedades.**

Se conocen tres variedades botánicas:

- *Vicia faba* equina Pers.
- *Vicia faba* minor Berrck
- *Vicia faba* major Harz.



---

Las numerosas variedades que existen son selecciones de razas locales, y su nombre varía en cada país y aun en regiones del mismo (Enciclopedia agropecuaria, 1998).

#### **8.3.4 Preparación del terreno**

Siendo una planta que inicia la rotación porque tiene “propiedades mejoradas” es considerada como cultivo de renovación que no se asocia con otros, deberá ser sembrada en terreno bien preparado.

#### **8.3.5 Siembras**

Las siembras de febrero y marzo, o de octubre a diciembre, según la localidad y las variedades empleadas, serán efectuadas de preferencia poniendo dos semillas en agujeros con profundidad de 5-7 cm en filas distanciadas 40-50 cm (Fersini, 1982).

#### **8.3.6 Cosecha**

Las habas tiernas se recolectan cuando las vainas han alcanzado aproximadamente las  $\frac{3}{4}$  partes de lo que serán sus dimensiones normales. Cuando la recolección es para consumo en fresco, se realiza escalonadamente y mediante el uso de mano de obra. Cuando el cultivo va destinado a la industria, la recolección puede hacerse de forma mecánica (Maroto J. V., 1992).



### 8.3.7 Composición química

**Cuadro 4. Composición química de la haba**

<b>Composición química de la haba (g/100 g)</b>		
	<b>Haba verde</b>	<b>Haba seca</b>
<b>Agua</b>	65.7	14.0
<b>Proteínas</b>	9.9	23.1
<b>Grasa</b>	0.3	1.8
<b>Carbohidratos</b>	18.3	49.8
<b>Fibra</b>	4.5	8.4
<b>Cenizas</b>	1.3	2.9
<b>Otros componentes (mg/100 g)</b>		
<b>Calcio</b>	50.00	90.00
<b>Fósforo</b>	190.00	420.00
<b>Hierro</b>	20.00	4.90
<b>Tiamina</b>	0.29	0.61
<b>Riboflavina</b>	0.15	0.17
<b>Niacina</b>	1.60	2.50
<b>Ácido ascórbico</b>	20.00	2.00

Fuente: Enciclopedia agropecuaria. Producción agrícola I. Tomo II. Primera reimpresión, Terranova editores. Colombia (Bogotá), pág 136, 1998.



## 8.4 PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y CONSUMO DE FRIJOL, EJOTE, CHÍCHARO Y HABA EN MÉXICO

**Cuadro 5. Producción, rendimiento y consumo de diferentes leguminosas en México**

Alimento	Producción (Millones de toneladas)	Rendimiento (Hg/Ha)**	Consumo Suministro/pers/Año (Kg)
<b>Frijoles Verdes (Ejotes)</b>	55,000	64,706	13*
<b>Frijoles Secos</b>	1,400,160	7,189	
<b>Guisantes Secos</b>	4,200	13,125	0.2*
<b>Guisantes Verdes</b>	49,000	49,000	
<b>Habas Secas</b>	6,500	8,667	
<b>Habas Verdes</b>	53,000	54,639	

Fuente: Bases de datos estadísticos de la FAO (Año 2005) \*Año 2001-2003

\*\*Hg/Ha : Hectogramo / hectárea



---

#### **IV. OBJETIVOS.**

##### **OBJETIVO GENERAL.**

- » Determinar si hay diferencia en el contenido de fibra dietética y almidón resistente en leguminosas que se encuentran en estado fresco así como en estado seco, a su vez comparar su contenido de fibra dietética y almidón resistente al someterlos a cocción.

##### **OBJETIVOS PARTICULARES.**

- » Conocer el efecto del grado de madurez de las leguminosas en estudio (chícharo, haba y ejote) sobre el contenido de fibra dietética y almidón resistente utilizando un método enzimático-gravimétrico y enzimático espectrofotométrico respectivamente.
- » Evaluar el efecto de la cocción en las leguminosas en estudio (chícharo, haba y ejote) sobre el contenido de fibra dietética y almidón resistente utilizando un método enzimático-gravimétrico y enzimático espectrofotométrico respectivamente.



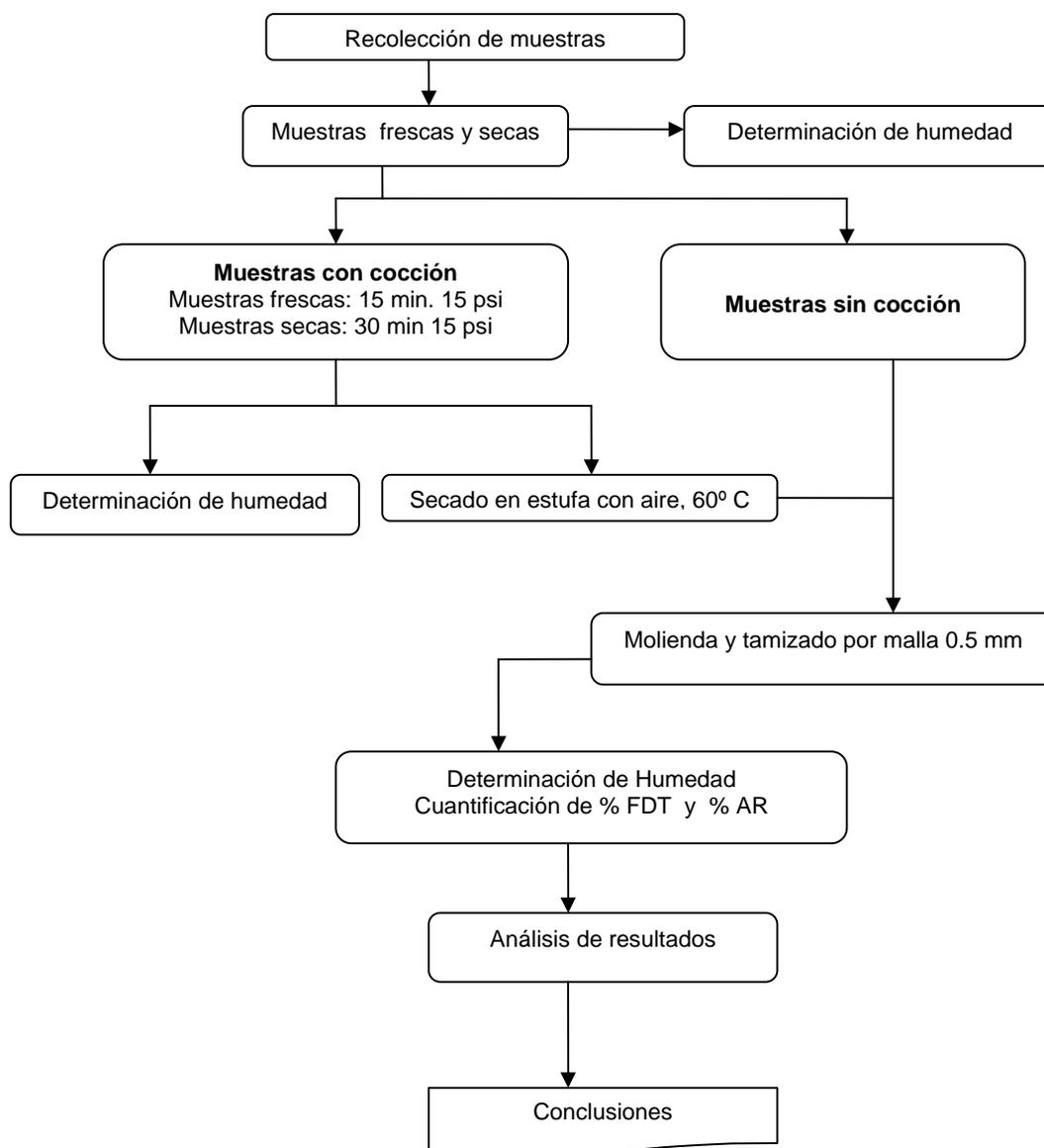
## **V. HIPÓTESIS.**

El contenido de fibra dietética y de almidón resistente en las muestras secas será mayor con respecto a las muestras que se encuentran frescas, en tanto que las muestras crudas presentaran menor contenido de fibra dietética y almidón resistente al compararlas con las muestras cocidas.



## VI. METODOLOGÍA.

A continuación se presenta un diagrama general de la estrategia experimental a seguir para poder cumplir con los objetivos planteados y comprobar la hipótesis.





## **A. Materias primas.**

1. Alverjón (*Pisum sativum* L.), se compró a granel en el mercado sobre ruedas de la Unidad. Habitacional C. T. M. Aragón.
2. Chícharo seco (*Pisum sativum* L.), marca “*La Merced*”, se compró en el centro comercial CHEDRAUI.
3. Chícharo fresco (*Pisum sativum* L.), se compró por kilo en el mercado sobre ruedas de la Unidad. Habitacional C. T. M. Aragón
4. Haba fresca (*Vicia faba* L.), se compró por kilo en el mercado sobre ruedas de la Unidad. Habitacional C. T. M. Aragón.
5. Haba seca pelada (*Vicia faba* L.), marca “*La Merced*”, se compró en el centro comercial WALMART.
6. Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) negro Jamapa, marca “*San Lázaro*”, se compró en el centro COMERCIAL MEXICANA.
7. Ejote fresco (*Phaseolus vulgaris* L.), se compró por kilo en el mercado sobre ruedas de la Unidad Habitacional C. T. M. Aragón,

## **B. Acondicionamiento de las muestras.**

1. *Alverjón, frijol, haba seca, chícharo seco.* Estas muestras se dividieron en dos partes iguales, la parte cruda se pasó por un molino, una vez molida la muestra se tamizó por una malla de 0.5 mm, la harina se almacenó a temperatura ambiente. La segunda parte se coció procediendo de la siguiente manera: se colocó en una matraz Erlenmeyer de 2 L en una proporción de agua de 1:2, se introdujo el matraz a la autoclave a una presión de 15 psi por 30 minutos, una vez cocidas las muestras se colocaron en charolas para que se secan en una estufa con flujo de aire a una temperatura entre 55-60° C. Cabe destacar que una vez cocidos los productos antes mencionados no les sobro agua de cocción. Ya secas las muestras se molieron y se tamizaron en una malla de 0.5 mm finalmente las harinas se almacenaron a temperatura ambiente.

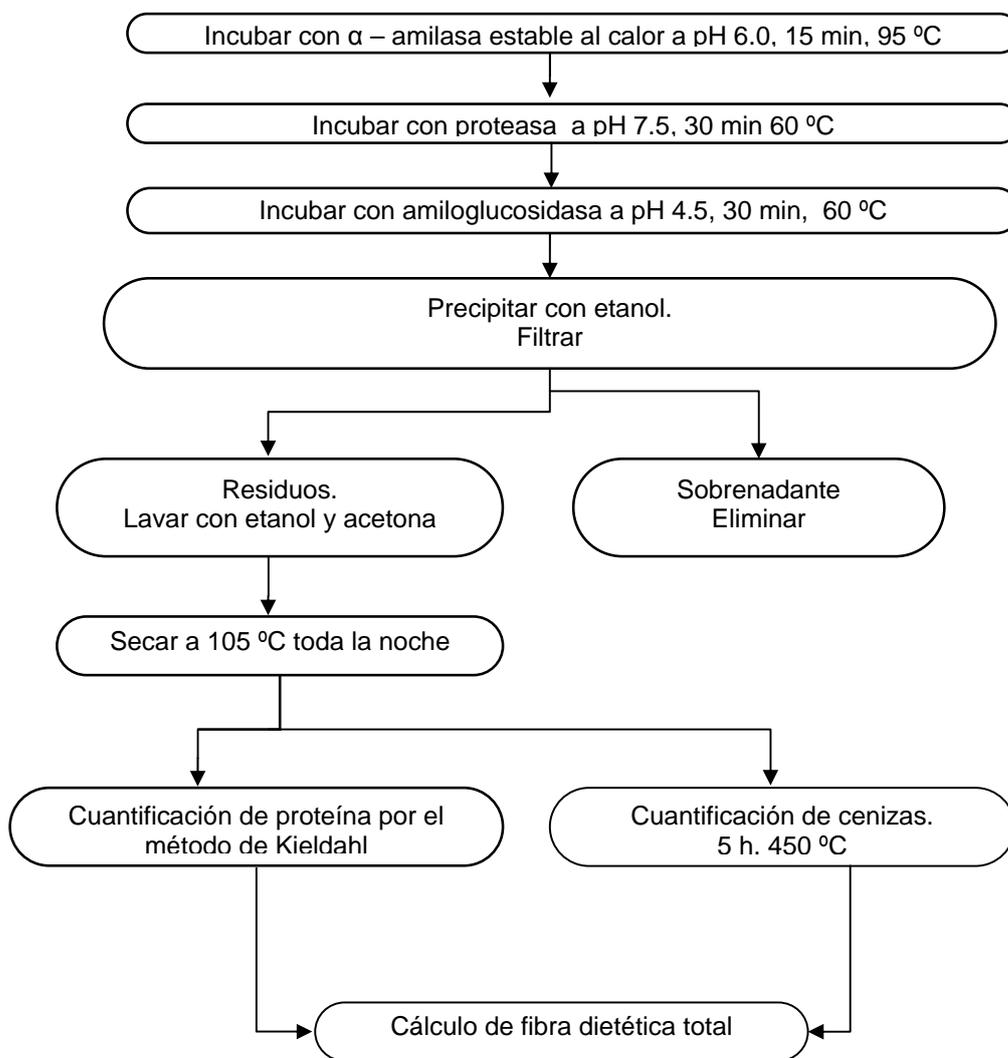


2. *Haba fresca y chícharo fresco.* A dichas muestras se les quitó la vaina y posteriormente se dividieron en dos partes iguales, a una parte se le secó en una estufa con flujo de aire a una temperatura entre 55-60° C, ya secas las muestras se molieron, tamizaron y almacenaron; la segunda parte se coció procediendo de la siguiente manera: se colocó en una matraz Erlenmeyer de 2 L en una proporción de agua de 1:2, se introdujo el matraz a la autoclave a una presión de 15 psi por 15 minutos, una vez cocidas las muestras se secaron en charolas en una estufa con flujo de aire a una temperatura entre 55-60° C. En ambas muestras se desechó el agua de cocción que sobró una vez que recibieron el tratamiento térmico, debido a que generalmente las amas de casa no utilizan ésta agua para la preparación de sus alimentos. Ya secas las muestras se molieron y se tamizaron por una malla de 0.5 mm, se almacenaron a temperatura ambiente.
3. *Ejote.* Se procedió a eliminar las puntas de las vainas, posteriormente el lote se dividió en dos partes iguales, a una parte se le secó en una estufa con flujo de aire a una temperatura entre 55-60° C, ya seca la muestras se molió, tamizó y almacenó; la segunda parte se coció procediendo de la siguiente manera: se colocó en una matraz Erlenmeyer de 2 L en una proporción de agua de 1:2, se introdujo el matraz al autoclave a una presión de 15 psi por 15 minutos. El agua de cocción que sobró se desechó, pues las amas de casa generalmente no la utilizan para preparar sus alimentos. Una vez cocida la muestra se secó en charolas en una estufa con flujo de aire a una temperatura entre 55-60° C; ya seca la muestras se molió y se tamizan por una malla de 0.5 mm finalmente se almacenó a temperatura ambiente



### C. DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA TOTAL (FDT).

Método enzimático gravimétrico de la AOAC (1995) (usando la modificación realizada por Almanzan & Zhou 1994).





## 1.1 Fundamento.

Este ensayo mide el contenido de fibra dietética de los alimentos usando una combinación de métodos enzimáticos y gravimétricos. Las muestras de alimentos secos y libres de grasa son gelatinizados con  $\alpha$ -amilasa estable al calor y posteriormente digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para eliminar la proteína y almidón presente en la muestra. Se adiciona etanol para precipitar la fibra dietética soluble. Los residuos son filtrados y lavados con etanol y acetona. Después de secarlos, los residuos se pesan. En la mitad de las muestras se analiza proteína y las otras son incineradas para determinar cenizas. La fibra dietética total es el peso del residuo menos el peso de la proteína, cenizas y blanco.

## 1.2 Material y reactivos.

TDF-100A Kit – Total Dietary Fiber Assay Kit (SIGMA para 200 determinaciones).

- a)  $\alpha$ - Amilasa, estable al calor; SIGMA A 3306.
- b) Proteasa; SIGMA P 3910.
- c) Amiloglucosidasa; SIGMA A 9913.
- d) Celita™, lavada con ácido; SIGMA C 8656.

TDF-C10 Kit – Total Dietary Fiber Assay Control Kit (SIGMA).

- a) Arabinogalactana; SIGMA A 9788.
- b) Caseína; SIGMA C 7906.
- c)  $\beta$ -Glucano; SIGMA G 7391.
- d) Pectina; SIGMA P 7536.
- e) Almidón de maíz; SIGMA S 2388.
- f) Almidón de trigo; SIGMA S 1514.



---

### **Reactivos.**

- a) Éter de petróleo; R. A.
- b) Alcohol etílico; reactivo ACS; R. A.
- c) Acetona, reactivo ACS; R. A.
- d) Fosfato de sodio, dibásico, anhidro; R. A.
- e) Fosfato de sodio, monobásico, anhidro; R. A.
- f) Hidróxido de sodio, 1.0 N; R. A.
- g) Ácido clorhídrico, 1.0 M; R. A.

### **Equipo.**

- a) Crisol: Porosidad # 2 (grueso 40-60  $\mu\text{m}$ ).
- b) Fuente de vacío. Con trampa para prevenir la contaminación en caso de se pase líquido.
- c) Horno.
- d) Desecador.
- e) Mufla.
- f) Baño de agua hirviendo.
- g) Baño de agua constante a 60° C con agitador que proporcione agitación a los vasos de digestión durante la hidrólisis enzimática.
- h) Vasos de precipitados: 100, 400 y 600 mL.
- i) Balanza analítica capaz de pesar hasta 0.1 mg.
- j) Potenciómetro.
- k) Matraz kitasato de 1 L.
- l) Alargadera de hule para crisol Gooch.
- m) Barras magnéticas 22 x 8 mm.
- n) Pipeta automática de 50-200  $\mu\text{L}$ .
- o) Termómetro.



### 1.3 Instrucciones de preparación.

#### Crisoles

Lavar a fondo los crisoles, calentar una hora a 450° C y enfriar, dentro de la mufla hasta 250°C, antes de sacar. Remojar y enjuagar los crisoles con agua y secar con aire. Agregar 0.5 g de Celita a cada crisol y secar a 130° C hasta peso constante (una hora o más). Enfriar en desecador y pesar hasta tener 0.1 mg de diferencia. Registrar este peso como “Celita + peso del crisol o P<sub>1</sub>” Conservar en desecador hasta utilizarlo.

#### Muestra

Homogenizar cada muestra, pasarlas por una malla de 0.3 - 0.5 mm. Conservar las muestras secas en un desecador hasta que se realice el análisis.

#### Reactivos

Usar agua destilada o desmineralizada para hacer las soluciones.

1. Etanol al 78%.

Medir 207 mL de agua en un matraz aforado de un litro. Diluir el volumen con etanol al 95%, aforar y mezclar. Ajustar el aforo si fuera necesario con etanol 95%.

2. Amortiguador de fosfatos 0.08 M, pH 6.0

Disolver 1.4 g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, anhidro y 8.4 g de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> anhidro en aproximadamente 700 mL de agua. Diluir a un litro con agua. Verificar el pH y ajustar si es necesario con NaOH o H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Guardar en frascos bien tapados a temperatura ambiente.



3. Solución de hidróxido de sodio, 0.275 N.

Diluir 275 mL de solución de NaOH 1.0 N a 1 litro con agua en un matraz aforado. Guardar en frascos bien tapados a temperatura ambiente.

4. Solución de ácido clorhídrico, 0.325 M.

Diluir 325 mL de solución de HCl 1.0 M a 1 litro de agua en un matraz aforado. Guardar en frascos bien tapados a temperatura ambiente.

5. Etanol al 41%.

Medir 568 mL de agua en un matraz aforado de un litro. Diluir el volumen con etanol al 95%, aforar y mezclar. Ajustar el aforo si fuera necesario con etanol 95%.

#### 1.4 Procedimiento.

Correr blancos con las muestras a través de todo el procedimiento para medir cualquier contribución de los reactivos al residuo. A las muestras y blancos que se les va a medir el contenido de fibra dietética se les debe correr, al menos, por cuadruplicado para tener duplicados de proteína y cenizas para mejorar la exactitud.

- a) Pesar cuatro muestras de 0.5 g de cada material por analizar y poner en vasos de precipitados de 150 mL altos. Los pesos de las muestras no deben tener una diferencia mayor de 20 mg. Registrar los pesos, hasta 0.1 mg.
- b) Adicionar, a cada vaso, 25 mL de amortiguador de fosfatos pH 6.0.
- c) Adicionar 0.05 mL de  $\alpha$ -amilasa (SIGMA A 3306) a cada vaso y mezclar muy bien.
- d) Cubrir cada vaso con hojas de aluminio y poner en un baño de agua hirviendo. Agitar suavemente los vasos a intervalos de 5 minutos. Incubar por 15 minutos después de que la temperatura dentro de los vasos alcance 92° C.
- e) Dejar enfriar las soluciones a temperatura ambiente (o en hielo o agua).



- 
- f) Ajustar el pH de las soluciones a  $7.5 \pm 0.2$  adicionando 5 mL de solución de hidróxido de sodio 0.275 N a cada vaso. Verificar el pH y ajustar si es necesario ya sea con NaOH o HCl.
  - g) Hacer una solución de proteasa (SIGMA P 3910) de 25 mg/mL en amortiguador de fosfatos, inmediatamente antes de utilizarse. Pipetear 0.1 mL (2.5 mg de proteasa) dentro de cada vaso.
  - h) Cubrir cada vaso con hojas de aluminio y poner en un baño de agua a 60° C con agitación continua, incubar por 30 minutos después de que la temperatura dentro de los vasos alcance 60° C.
  - i) Dejar enfriar las soluciones a temperatura ambiente.
  - j) Ajustar el pH de las soluciones entre un pH de 4.0 y 4.6 añadiendo 5 mL de HCl 0.325 M a cada vaso. Verificar el pH y ajustar si es necesario, ya sea con NaOH o HCl.
  - k) Añadir 0.05 mL de amilogucosidasa (SIGMA A 9913) a cada vaso.
  - l) Cubrir cada vaso con hojas de aluminio y poner en un baño de agua a 60° C, con agitación continua, incubar por 30 minutos después de que la temperatura dentro de los vasos alcance 60° C.
  - m) Dejar enfriar las soluciones a temperatura ambiente.
  - n) Añadir 130 mL de etanol al 41% a cada vaso.
  - o) Dejar la solución durante toda la noche a temperatura ambiente para permitir la precipitación completa.
  - p) Para realizar la filtración es necesario humedecer y redistribuir la cama de Celita en cada crisol usando etanol al 78%. Aplicar succión suave para atraer la Celita al filtro y formar una superficie lisa. Mantener la succión suave y pasar cuantitativamente el precipitado y suspensión de cada uno de los vasos a sus respectivos crisoles.
  - q) Lavar el residuo con tres porciones de 10 mL de etanol al 78%, dos porciones de etanol al 95% de 10 mL y dos porciones de 5 mL de acetona.

Se puede formar una goma con algunas muestras que atrapan líquido. Rompiendo la película superficial con una espátula se puede mejorar la velocidad de filtración.



Asegurarse de enjuagar dentro del crisol todo el material que se pegue a la espátula. El tiempo para filtrar y lavar puede variar de 0.1 a 6 horas por crisol, en promedio se utiliza aproximadamente 0.5 horas por crisol.

- 1) Secar los crisoles que contienen los residuos durante toda la noche en una estufa con aire a 105° C.
- 2) Enfriar todos los crisoles en un desecador, pesar hasta la cuarta cifra (0.1 mg), y registrar estos pesos como “Residuo + Celita + Peso del crisol” o P<sub>2</sub>.
- 3) Analizar en los residuos de dos muestras y dos blanco el contenido de proteína por análisis de nitrógeno de Kjeldahl, como se especifica en el procedimiento del AOAC. Usar el factor de 6.25 para convertir el nitrógeno medido en el análisis a porcentaje de proteína, excepto cuando el contenido de nitrógeno en la muestra de proteína es conocido.
- 4) Calcinar el residuo de los dos crisoles de la muestra y los dos crisoles del blanco por 5 horas a 450° C. Enfriar en el desecador y pesar hasta la cuarta cifra decimal (0.1 mg) y registrar este peso como “Cenizas + Celita + Peso del crisol” o P<sub>3</sub>.
- 5) El contenido de fibra dietética total deber ser corregido con el valor de almidón resistente el cual es determinado como parte de la fibra dietética insoluble.

### 1.5 Cálculos.

Peso del residuo = P<sub>2</sub> – P<sub>1</sub>

Peso de cenizas = P<sub>3</sub> – P<sub>1</sub>

$$B = R_{\text{blanco}} - P_{\text{blanco}} - A_{\text{blanco}}$$

$$\% TDF = \frac{R_{\text{muestra}} - P_{\text{muestra}} - A_{\text{muestra}} - B}{Pm} * 100$$



---

Donde:

TDF = Fibra dietética total

R = Peso promedio del residuo (mg)

P = Peso promedio de la proteína (mg)

A = Peso promedio de las cenizas (mg)

Pm = Peso promedio de la muestra (mg)

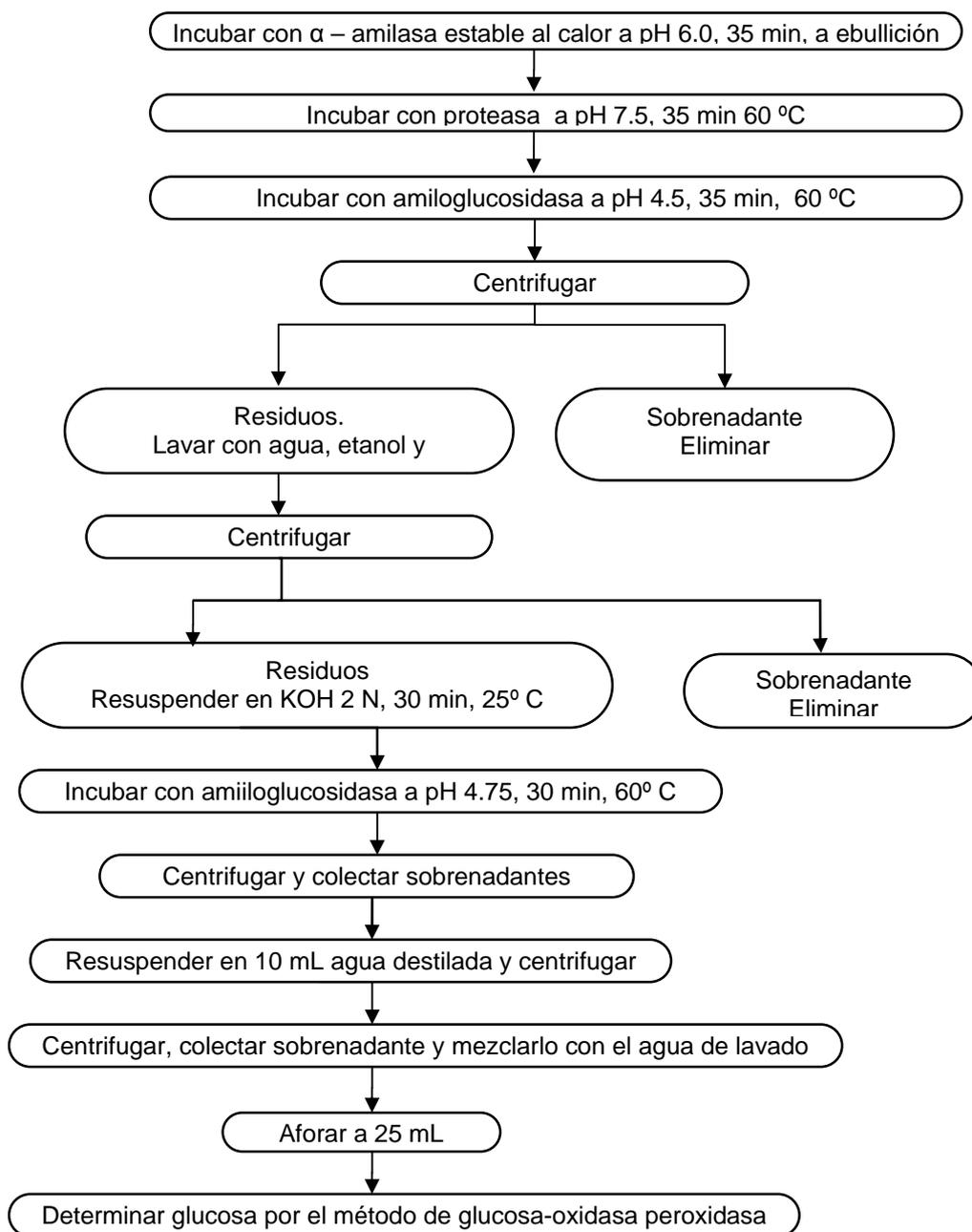
B = Blanco

Calcular la FDT de cada cuadruplicado y con estos datos calcular el promedio de FDT y el coeficiente de variación de cada muestra.



#### D. DETERMINACIÓN DE ALMIDÓN RESISTENTE (AR).

Método enzimático espectrofotométrico de Saura-Calixto (1993).





## 1.1 Fundamento.

El almidón resistente se cuantifica por medio de hidrólisis secuenciales con  $\alpha$ -amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa en donde se cortan las cadenas de almidón y de almidón unido a proteínas, finalmente dejando un residuo de fibra dietética insoluble donde se determina el AR, solubilizándolo e hidrolizando nuevamente con amiloglucosidasa hasta glucosa, que es determinada enzimática y colorimétricamente con un sistema de glucosa oxidasa – peroxidasa – cromógeno.

## 1.2 Material y reactivos.

a. Kit Total Dietary Fiber Assay (SIGMA TDF-100A). Este equipo contiene reactivos para realizar 165 determinaciones. Conservar en refrigeración.

- 1)  $\alpha$ - Amilasa, estable al calor (10 mL); (Sigma A 3306)
- 2) Proteasa de *Bacillus licheniformis* (500 mg); (Sigma P 3910)
- 3) Amiloglucosidasa de *Aspergillus niger* (10 mL); (Sigma A 9913)
- 4) Celita TM , lavada con ácido (50 g); (Sigma C 8656)

b. Kit Total Dietary Fiber Assay Control (SIGMA TDF-C10). Cada frasco contiene reactivos para aproximadamente 10 análisis. Conservar en refrigeración.

- 1) Arabinogalactana (1 g); (Sigma A 9788)
- 2) Caseína (5 g); (Sigma 7906)
- 3)  $\beta$ -Glucano (1g); (Sigma G 7391)
- 4) Pectina (1g); (Sigma P 7536)
- 5) Almidón de maíz (10 g); (Sigma S 2388)
- 6) Almidón de trigo (10 g); (Sigma S 1514)



- c. Éter de petróleo 35-60°C reactivo R.A.
- d. Alcohol etílico; reactivo R.A.
- e. Acetona, reactivo R.A.
- f. Fosfato de sodio monobásico anhidro; Reactivo analítico.
- g. Fosfato de sodio dibásico, anhidro; Reactivo analítico.
- h. Hidróxido de sodio 1 N
- i. Ácido clorhídrico 2 N
- j. Amortiguador de acetatos 0.4 M pH 4.75
- k. Hidróxido de potasio 2 M
- l. Solución estándar de glucosa 0.5 mg/mL
- m. Amilogucosidasa, *Roche* No. 10102857001
- n. Equipo para determinar glucosa por el método enzimático, colorimétrico, trinder, de glucosa oxidasa-peroxidasa (Spinreact 1001191), conservar en refrigeración.

1) Reactivo 1 Amortiguador.

- TRIS pH 7.4 (92mmol/L), Fenol (0.3 mmol/L)

2) Reactivo 2 Enzimas.

- Glucosa Oxidasa (GOD) (15000 U/L), Peroxidasa (POD) (1000U/L),
- 4-Aminofenazona (4-AF) (2.6 mmol/L)

3) Glucosa Cal.

- Patrón primario acuoso de glucosa (100 mg/dL)

### **Equipo.**

- a) Fuente de vacío. Con trampa para prevenir la contaminación en caso de que se pase líquido.
- b) Baño de agua hirviendo.
- c) Baño de agua a 60° C con agitador que proporcione agitación a los matraces de digestión durante la hidrólisis enzimática.
- d) Balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg.
- e) Potenciómetro, estandarizado a pH 4.0 y pH 7.0.



- f) Centrifuga que proporcione 3000 x g.
- g) Placas de agitación con calentamiento.
- h) Tubos de centrifuga de 50 mL de polipropileno (resistentes a solventes) con tapa.
- i) Barras magnéticas de 22 x 8 mm.
- j) Pipetas automáticas de 10 – 50  $\mu\text{L}$  y 50 – 200  $\mu\text{L}$ .
- k) Matraces aforados de 25 a 1000 mL.

### **Instrucciones de preparación.**

### **Reactivos.**

Se debe usar agua destilada o desmineralizada para hacer las soluciones.

1. Amortiguador de fosfatos, 0.08 M, pH 6.0.

Disolver 1.4 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , anhidro y 8.4 g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  anhidro en aproximadamente 700 mL de agua. Diluir a un litro con agua. Verificar el pH y ajustar si es necesario con  $\text{NaOH}$  o  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Guardar en frascos bien tapados a temperatura ambiente.

2. Solución de hidróxido de sodio 0.275 N.

Diluir 275 mL de solución de  $\text{NaOH}$  1.0 N a 1 litro con agua en un matraz aforado. Guardar en frascos bien tapados a temperatura ambiente.

3. Solución de ácido clorhídrico, 0.325 M.

Diluir 325 mL de solución de  $\text{HCl}$  1.0 M a 1 litro de agua en un matraz aforado. Guardar en frascos bien tapados a temperatura ambiente.

4. Amortiguador de acetatos 0.4 M pH 4.75.

Soluciones concentradas.

A: 0.8 M de ácido acético (48 mL de ácido acético y aforar a un litro).

B: 0.8 M de acetato de sodio (65.62 g de  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na}$  o 108.82 g de  $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Na} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  y aforar a un litro).



Mezclar 200 mL de A + 300 mL de B, diluir a 750 mL con agua, ajustar el pH a 4.75 y aforar a 1 L.

5. Solución de hidróxido de potasio 2 M (preparada al momento de utilizarla).  
Pesar 5.6 g de KOH, disolver en agua y aforar a 50 mL.

6. Estándar de glucosa 0.5 mg/mL

Pesar 50 mg de glucosa (previamente secada en la estufa) y aforar con agua desionizada a 100 mL. Conservar a -20° C en alícuotas de 20 mL.

## **Muestra**

Las muestras se muelen para que pasen por la malla 0.5 mm.

## **1.3 Procedimiento.**

### ***Residuos Insolubles de Fibra Dietética (FDI).***

- a) Pesar 100 mg de muestra por triplicado en un tubo de centrífuga con tapa de 50 mL agregar 10 mL de buffer de fosfatos pH 6.0, 0.08 M, ajustar a pH  $6 \pm 0.2$  si es necesario (con NaOH 0.275 o HCl 0.325 N).
- b) Adicionar 10  $\mu$ L de  $\alpha$  - amilasa mezclar. Los tubos tapados se ponen en baño de agua hirviendo. Incubar por 35 minutos con agitación constante (medir el tiempo cuando la temperatura dentro de los tubos alcance 92° C).
- c) Sacar los tubos del baño de agua y enfriar a temperatura ambiente, ajustar el pH a  $7.5 \pm 0.1$  con NaOH 0.275 N (aproximadamente 2 mL).
- d) Añadir la solución de proteasa (100  $\mu$ L) preparada al momento de usarse (proteasa 10 mg/mL de buffer de fosfatos pH 6, 0.08 M).
- e) Incubar a 60° C por 35 minutos con agitación constante (medir el tiempo cuando la temperatura dentro del tubo sea de 60° C). Sacar los tubos y enfriar a temperatura ambiente.



- 
- f) Ajustar el pH a  $4.5 \pm 0.1$  agregando aproximadamente 2 mL de HCl 0.325 N.
  - g) Añadir 60  $\mu$ L de amilogucosidasa (Sigma A 3306) mezclar e incubar los tubos por 35 minutos a 60° C con agitación continua.
  - h) Sacar los tubos y enfriar a temperatura ambiente y centrifugarlos a 3000 x g por 15 min. Descartar el sobrenadante.
  - i) La pastilla de fibra dietética insoluble se lava sucesivamente con 10 mL de agua destilada, 10 mL de etanol al 96% y 10 mL de acetona, repetir la centrifugación después de cada adición, descartar los sobrenadantes.

#### ***Determinación de almidón resistente (AR).***

- a) Adicionar a los residuos de FDI 6 mL de KOH 2 M recién preparada, mezclar y agitar por 30 minutos a temperatura ambiente.
- b) Añadir a los tubos 3 mL de buffer de acetatos (0.4 M, pH 4.75) y aproximadamente 5 mL de HCl 2 N. Ajustar el pH a 4.75. Si es necesario utilizar el HCl 2 N.
- c) De la suspensión de amilogucosidasa *Roche* (No. 10102857001) se pipetea 60  $\mu$ L a cada tubo, se mezcla la solución y se incuba a 60° C por 30 minutos con agitación constante.
- d) Las muestras se enfrían a temperatura ambiente y se centrifugan a 3000 x g por 15 minutos y los sobrenadantes se colectan en el matraz aforado.
- e) Las pastillas se resuspenden en 10 mL de agua y se repite la centrifugación.
- f) Los sobrenadantes se combinan con el agua de lavado y se aforan a un volumen final de 25 a 1000 mL con agua, dependiendo del contenido de AR de la muestra.



## **Determinación de glucosa por el método de glucosa oxidasa.**

### *✓ Curva estándar de glucosa.*

1. En matraces aforados de 10 mL pipetear 0.5, 1.0, 3.0, 5.0 y 7 mL de la solución estándar de glucosa (0.5 mg/mL) y llevar al volumen con agua desionizada. Cada dilución equivale a 25, 50, 150, 250 y 350  $\mu\text{g/mL}$ , respectivamente, de glucosa.
2. Para la determinación utilizar 200  $\mu\text{L}$  de cada dilución por triplicado. Cada que se realiza un análisis se corre una curva estándar de glucosa.

### *✓ Determinación de glucosa.*

1. Pipetear en tubos de ensayo (13 x 100 mm) 3 mL del reactivo de glucosa (a temperatura ambiente) por triplicado.
2. Adicionar 200  $\mu\text{L}$  de la muestra o estándar o agua a los tubos con reactivo, por triplicado. Dejar a temperatura ambiente por 30 minutos (alejados los tubos de la luz solar directa).
3. Leer la absorbancia a 520 nm contra el blanco de reactivos.
4. Interpolar el valor de absorbancia de las muestras en la curva estándar de glucosa para obtener la concentración de glucosa en los sobrenadantes.



Para determinar la concentración de glucosa liberada en el ensayo enzimático, la glucosa es oxidada por la glucosa oxidasa (GOD) en solución acuosa a ácido glucónico y peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno reacciona en presencia de la peroxidasa (POD) con el ácido 4-hidroxibenzóico (HBA) y la 4-aminofenazona (4AAP), para formar un cromóforo de color rojo. La intensidad del color que se desarrolla es



proporcional a la concentración de glucosa y se mide espectrofotométricamente a 520 nm.

NOTA: Si el contenido de glucosa es muy bajo se repite el ensayo con el doble de muestra (200 mg)

#### 1.4 Cálculos.

$$\% \text{ de Almidón} = \frac{(Gluc \mu\text{g} / \text{mL}) * \text{aforo} * 0.9 * 100}{1000 \text{ mg muestra}}$$

Donde:

Gluc  $\mu\text{g}/\text{mL}$  = Valor de glucosa interpolado en la curva estándar.

Aforo = Volumen final del sobrenadante de la determinación de AR.

1/1000 = factor para convertir  $\mu\text{g}$  a mg

0.9 = Peso molecular de almidón / peso molecular de glucosa =  $162/180 = 0.9$

#### E. Cálculo para la determinación de fibra dietética total corregida (FDT<sub>corregida</sub>)

El contenido de fibra dietética total debe ser corregido con el valor de almidón resistente el cual es determinado como parte de la fibra dietética insoluble.

$$\text{FDT}_{\text{corregida}} = \text{FDT} - \text{AR}$$



Donde:

FDT<sub>corregida</sub> = Fibra dietética total corregida

FDT = Fibra dietética total

AR = Almidón resistente

## **F. Determinación de humedad.**

Técnica descrita por la AOAC (950.01).

### **1.1 Fundamento**

La determinación se basa en la eliminación de agua en forma de vapor mediante la aplicación de calor. Esta pérdida de humedad puede realizarse a presión reducida, abatiéndose el punto de ebullición del agua, y disminuyendo el daño que podría sufrir la muestra debido a la temperatura elevada.

### **1.2 Material**

- ✓ Estufa de vacío LAB-LINE mod. 3620
- ✓ Charolas de aluminio
- ✓ Desecador
- ✓ Balanza analítica

### **1.3 Procedimiento**

Pesar de 2 a 3 gramos de muestra molida y homogénea en una charola que ha sido previamente pesada después de ponerla a peso constante 3 horas aproximadamente a 60-65°C. Secar la muestra 3 horas en la estufa a 60-65°C. Retirar de la estufa, dejar enfriar en desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. Repetir las operaciones de secado hasta peso constante.



## 1.4 Cálculos

Teniendo el peso de la charola con la muestra antes y después de secada, y con el peso de la charola sola, se puede hacer la determinación. Generalmente la pérdida del material que se volatiliza bajo esas condiciones, se le acostumbra denominar como humedad.

$$\% \text{ Humedad} = \left( \frac{P_i - P_f}{pm} \right) * 100$$

Donde:

P<sub>i</sub> = peso de la charola antes de secada (g)

P<sub>f</sub> = peso de la charola con muestra después de secada (g)

pm = peso de la muestra (g)



---

## G. Análisis estadístico.

Los resultados de humedad son expresados con la media  $\pm$  desviación estándar y con un coeficiente de variación (CV)  $\leq 10$ .

Los datos de fibra dietética son expresados con la media  $\pm$  desviación estándar de cuatro determinaciones y con un coeficiente de variación (CV)  $\leq 5$ . La comparación de la media entre las muestras crudas y cocidas de la misma leguminosa se realizó por la prueba de *t – student* con un  $\alpha = 0.05$ ; la comparación de la media para comparar por grupos de muestras, es decir, para encontrar si existe diferencia significativa en todas las muestras cocidas entre sí, y las muestras crudas entre sí, se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA),  $\alpha = 0.05$  seguido de una prueba de rango múltiple de Duncan. Para ello se utilizó el paquete estadístico *SPSS versión 10.0*, se anexan los resultados que se obtienen de dicho programa.

Los resultados de almidón resistente son expresados con la media  $\pm$  desviación estándar de tres repeticiones de tres determinaciones y con un coeficiente de variación (CV)  $\leq 10$ . La comparación de la media entre las muestras crudas y cocidas de la misma leguminosa se realizó por la prueba de *t – student* con un  $\alpha = 0.05$ ; la comparación de la media para comparar por grupos de muestras, es decir, para encontrar si existe diferencia significativa en todas las muestras cocidas entre sí, y las muestras crudas entre sí, se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA),  $\alpha = 0.05$  seguido de una prueba de rango múltiple de Duncan (Mongomery, 1996). Para ello se utilizó el paquete estadístico *SPSS versión 10.0*, se anexan los resultados que se obtienen de dicho programa.



## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

A continuación se presentan los resultados de las determinaciones realizadas en las leguminosas estudiadas.

**TABLA 1.** *Tabla del contenido de fibra dietética total (FDT) en leguminosas. (g/100 g de muestra en base seca).*

Muestra	FDT <sup>+</sup>	
	Crudo	Cocido
Haba seca	10.54 ± 0.46 <sup>a</sup>	14.09 ± 0.68 <sup>e</sup>
Haba fresca	24.29 ± 0.59 <sup>c</sup>	9.95 ± 0.49 <sup>f</sup>
Chícharo seco	10.88 ± 0.31 <sup>a</sup>	13.81 ± 0.56 <sup>e</sup>
Chícharo fresco	23.29 ± 0.09 <sup>c</sup>	32.23 ± 0.85 <sup>g</sup>
Alverjón	17.68 ± 0.84 <sup>b</sup>	5.43 ± 0.26 <sup>h</sup>
Frijol	23.95 ± 0.69 <sup>c</sup>	22.49 ± 0.15 <sup>i</sup>
Ejote	33.18 ± 1.19 <sup>d</sup>	38.69 ± 1.27 <sup>j</sup>

<sup>+</sup> Media ± D. E. de cuatro determinaciones, C.V. ≤ 5.

Letras diferentes en una misma columna, expresa diferencia estadística significativa, α = 0.05

En la tabla 1 se presenta el contenido de FDT para las leguminosas en estudio, tanto frescas y secas, a su vez crudas y cocidas, los resultados de FDT se expresan en g FDT/ 100 g de muestra en base seca. Se observa que para el haba seca es mayor el contenido de FDT cuando tuvo un tratamiento térmico que cruda, lo mismo ocurre para el chícharo seco, chícharo fresco y ejote. Con respecto a esto Lintas *et al* (1988) proponen que debido al bajo contenido de lípidos presentes en las leguminosas (alrededor del 15%) el aumento de FDT no puede explicarse solo por la interacción entre lípidos y carbohidratos, sino que el tratamiento térmico o casero promueve otro tipo de interacciones que aumentan el contenido de polisacáridos propiciando la formación de almidones modificados, capaces de resistir la acción enzimática y en consecuencia aumentar la fibra dietética.



Por otro lado Saura Calixto *et al* (1992) propone que la asociación entre almidones y proteínas, taninos y proteínas y taninos y almidones que se establecen en diferentes alimentos de origen vegetal después de su cocción causan un aumento en el contenido de FDT, esto explica el aumento observado en el contenido de leguminosas estudiadas.

Para el caso de la haba fresca, alverjón y frijol se presenta un mayor contenido de FDT en los productos crudos que en los cocidos esto se explica debido a que el tratamiento térmico promueve el rompimiento de la fibra dietética como celulosa, hemicelulosa, lignina, pectinas y gomas como lo explica Carnvale y Lintas (1995).

En la tabla 1 al comparar el % FDT de la haba seca con la fresca crudas se presenta una diferencia muy marcada de  $10.54 \pm 0.46$  b.s. para la haba seca y de  $24.29 \pm 0.59$  b.s. para la haba fresca, esto se explica porque el haba seca utilizada está pelada, es decir no tiene cáscara, la cual está compuesta por celulosa, hemicelulosa y pectina por lo que el contenido de FDT disminuye. Sin embargo para dichas muestras cocidas el contenido de FDT es mayor para la haba seca, ésta diferencia se puede deber que al desecharse el agua de cocción sobrante de la haba fresca se tiene una pérdida de fibra dietética soluble y por lo tanto no se tuvo una cuantificación real de la fibra dietética, sin embargo, nuestro planteamiento es cuantificar la FDT de los alimentos tal y como habitualmente se consume y generalmente las amas de casa no utilizan el agua sobrante.

El siguiente grupo en analizar es el chícharo y se observa en la tabla 1 que para las muestras cocidas del chícharo seco y fresco es mayor el contenido de FDT, sin embargo el alverjón no siguió la misma tendencia, siendo en esta leguminosa cocida, la que se presentó el menor valor de FDT.



Por último entre el frijol y el ejote se tienen los valores más altos de FDT del grupo estudiado, siendo el ejote el que presenta el mayor % de FDT, esto se atribuye a que se consume con su vaina que está compuesta por celulosa, pectinas, hemicelulosa.

Los resultados obtenidos para *Phaseolus vulgaris* son similares a los reportados por Pak Nelly (2000) y los de *Pisum sativum* también reportan similitud con los obtenidos por Nelly Pak (1990).

Al comparar como grupo de leguminosas el contenido de FDT tenemos que el ejote tiene mayor contenido de FDT crudo como cocido y que entre la haba seca cruda y chícharo seco crudo no tienen diferencia estadística significativa ( $\alpha = 0.05$ ).

Las leguminosas contienen altos niveles de fibra dietética en comparación con los cereales que oscilan de un 1.4% a un 19.9% de FDT, reportado por Pak y también presentan las leguminosas mayor contenido de FDT en comparación con los tubérculos reportados por Farhath *et al* (2000) y Pak Nelly (2000).

**TABLA 2.** Tabla del contenido de Almidón Resistente (AR) en leguminosas. (g/100 g de muestra seca).

Muestra	AR <sup>+</sup>	
	Crudo	Cocido
Haba seca	0.84 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.17 <sup>f</sup>
Haba fresca	0.66 ± 0.05 <sup>b</sup>	1.45 ± 0.14 <sup>g</sup>
Chícharo seco	1.49 ± 0.09 <sup>c</sup>	9.29 ± 0.89 <sup>h</sup>
Chícharo fresco	2.19 ± 0.20 <sup>d</sup>	6.87 ± 0.06 <sup>i</sup>
Alverjón	0.48 ± 0.04 <sup>e</sup>	2.36 ± 0.13 <sup>j</sup>
Frijol	2.18 ± 0.13 <sup>d</sup>	4.01 ± 0.25 <sup>k</sup>
Ejote	0.54 ± 0.02 <sup>be*</sup>	0.53 ± 0.05 <sup>m*</sup>

<sup>+</sup>Media ± D. E. de tres determinaciones, C.V. ≤10.

Letras diferentes en una misma columna, expresa diferencia estadística significativa,  $\alpha = 0.05$

\* No hay diferencia significativa entre muestra cruda y cocida  $\alpha = 0.05$

En la tabla 2 se presenta el contenido de AR en las leguminosas en estudio, se observa que excepto el ejote donde no existe diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre



crudo y cocido, todas las demás leguminosas presentan un mayor contenido de AR cuando sufrieron tratamiento térmico, en este sentido Saura Calixto *et al* (1992) propone que la retrogradación de los almidones se debe a que los puentes de hidrógeno que se establecen entre las cadenas de amilosa y proteína aumentan el % de AR pues se hace resistente a la digestión enzimática.

Entre los factores más importantes que afectan la velocidad y tasa de digestión del almidón están el procesamiento del alimento, el tiempo de almacenamiento y el origen botánico. También en la tabla 2 se observa que entre el grupo de leguminosas crudas no existe diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre haba fresca y ejote, al igual que entre chícharo fresco y frijol y por último entre alverjón y ejote, mientras que en el grupo de las muestras cocidas todas presentan diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre sí.

**TABLA 3.** *Tabla del contenido de fibra dietética total (FDT) y almidón resistente (AR) en leguminosas crudas. (g/100 g de muestra húmeda).*

Muestra	% Humedad <sup>ψ</sup>	FDT <sup>ε</sup>	AR <sup>φ</sup>
Haba seca cruda	17.87 ± 0.47	8.66 ± 0.38 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.04 <sup>h</sup>
Haba fresca cruda	72.59 ± 1.68	6.66 ± 0.16 <sup>b</sup>	0.18 ± 0.01 <sup>i</sup>
Chícharo seco crudo	9.70 ± 0.04	9.83 ± 0.28 <sup>c</sup>	1.35 ± 0.08 <sup>j</sup>
Chícharo fresco crudo	80.62 ± 0.34	1.01 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.43 ± 0.04 <sup>k</sup>
Alverjón crudo	7.30 ± 0.30	16.39 ± 0.78 <sup>e</sup>	0.44 ± 0.04 <sup>k</sup>
Frijol crudo	7.60 ± 0.30	22.13 ± 0.63 <sup>f</sup>	2.01 ± 0.12 <sup>l</sup>
Ejote crudo	92.24 ± 0.57	2.58 ± 0.09 <sup>g</sup>	0.04 ± 0.001 <sup>m</sup>

<sup>ε</sup>Media ± D. E. de cuatro determinaciones, C.V. ≤ 5.

<sup>φ</sup>Media ± D. E. de tres determinaciones, C.V. ≤ 10.

<sup>ψ</sup>Media ± D. E. n=3

Letras diferentes en una misma columna, expresa diferencia estadística significativa,  $\alpha = 0.05$

En la tabla 3 y 4 se presentan los valores de % de FDT y % de AR para las leguminosas crudas y cocidas en base húmeda por lo que los valores tienden a disminuir dependiendo de la cantidad de agua presente en el producto, sin embargo se presentan los resultados en base húmeda donde se observa que el ejote tanto crudo como cocido presenta una gran cantidad de agua y en consecuencia el contenido de %



de FDT expresado en estas condiciones es demasiado bajo siendo de 2.58 y 2.11 respectivamente.

**TABLA 4.** *Tabla del contenido de fibra dietética total (FDT) y almidón resistente (AR) en leguminosas cocidas. (g/100 g de muestra húmeda).*

Muestra	% Humedad <sup>ψ</sup>	FDT <sup>€</sup>	AR <sup>Φ</sup>
Haba seca cocida	72.20 ± 0.68	3.92 ± 0.19 <sup>a</sup>	0.53 ± 0.05 <sup>g</sup>
Haba fresca cocida	82.41 ± 0.33	1.75 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>h</sup>
Chícharo seco cocido	61.78 ± 0.17	5.28 ± 0.21 <sup>c</sup>	3.55 ± 0.34 <sup>j</sup>
Chícharo fresco cocido	82.45 ± 0.09	5.66 ± 0.15 <sup>d</sup>	1.21 ± 0.01 <sup>k</sup>
Alverjón cocido	66.06 ± 0.17	1.84 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.80 ± 0.04 <sup>m</sup>
Frijol cocido	66.67 ± 0.06	7.49 ± 0.05 <sup>e</sup>	1.34 ± 0.08 <sup>k</sup>
Ejote cocido	94.54 ± 0.06	2.11 ± 0.07 <sup>f</sup>	0.03 ± 0.003 <sup>n</sup>

<sup>€</sup> Media ± D. E. de cuatro determinaciones, C.V. ≤ 5.

<sup>Φ</sup> Media ± D. E. de tres determinaciones, C.V. ≤ 10.

<sup>ψ</sup> Media ± D. E. n=3

Letras diferentes en una misma columna, expresa diferencia estadística significativa, α = 0.05

**TABLA 5.** *Tabla del contenido de fibra dietética total (FDT), almidón resistente (AR), fibra dietética total corregida (FDT<sub>corregida</sub>) en leguminosas crudas y cocidas. (g/100 g de muestra seca).*

Muestra	*FDT		+AR		FDT <sub>corregida</sub>	
	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido	Crudo	Cocido
Haba seca	10.54 ± 0.46	14.09 ± 0.68	0.84 ± 0.05	1.89 ± 0.17	9.70	12.20
Haba fresca	24.29 ± 0.59	9.95 ± 0.49	0.66 ± 0.05	1.45 ± 0.14	23.63	8.50
Chícharo seco	10.88 ± 0.31	13.81 ± 0.56	1.49 ± 0.09	9.29 ± 0.89	9.39	4.52
Chícharo fresco	23.29 ± 0.09	32.23 ± 0.85	2.19 ± 0.20	6.87 ± 0.06	21.10	25.36
Alverjón	17.68 ± 0.84	5.43 ± 0.26	0.48 ± 0.04	2.36 ± 0.13	17.20	3.07
Frijol	23.95 ± 0.69	22.49 ± 0.15	2.18 ± 0.13	4.01 ± 0.25	21.77	18.48
Ejote	33.18 ± 1.19	38.69 ± 1.27	0.54 ± 0.02 <sup>*</sup>	0.53 ± 0.05 <sup>*</sup>	32.64	38.16

\*Media ± D. E. de cuatro determinaciones, C.V. ≤ 5

+ Media ± D. E. de tres determinaciones, C.V. ≤ 10

\*No hay diferencia significativa entre muestra cruda y cocida α= 0.05

FDT<sub>corregida</sub> = FDT – AR



En la tabla 5 se ha concentrado la información del contenido de FDT y AR de todas las muestras tanto crudas y cocidas, así como en su estado fresco y seco (o maduro); con lo anterior se observa de manera más clara que el AR es mayor en las muestras cocidas que en las crudas, excepto en el ejote donde no hay diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ) entre crudo y cocido, de esta manera también se puede explicar porque la FDT aumenta, puesto que el AR forma parte de la fibra dietética insoluble y así al aumentar el AR aumenta directamente la FDT, cabe mencionar que en el caso del chícharo seco observamos que el mayor % de FDT es cuando fue cocinado y al comparar este % con respecto a  $FDT_{\text{corregida}}$  es mayor cuando se encuentra crudo, esto se explica debido a que es aproximadamente 9 veces mayor el AR del chícharo seco cocido que el AR del chícharo seco crudo, por lo tanto el mayor cambio sufrido por el tratamiento térmico lo sufrió el almidón formando enlaces inaccesibles para las enzimas.

Al analizar los resultados obtenidos por ambas técnicas (AR y FDT), se puede decir que ambas metodologías requieren sumo cuidado en su desarrollo. Para la cuantificación de FDT es recomendable limpiar muy bien el material del que se está transvasando, es decir del vaso de precipitado de 100 mL al matraz erlenmeyer de 250 mL y del matraz erlenmeyer al crisol, pues si se dejan residuos se estará perdiendo fibra y se subestimarán los valores obtenidos. También se recomienda a fin de que el coeficiente de variación (C.V.) no sea mayor a 5 se debe obtener en todos los casos los crisoles a peso constante.

Para la cuantificación de AR se recomienda que al eliminar los sobrenadantes después de cada centrifugación se verifique que no haya partículas en el sobrenadante, debido a que es la FDI y en consecuencia se pierde el almidón resistente.



## VIII. CONCLUSIONES.

El proceso de cocción contribuyó a un cambio significativo en el contenido de fibra dietética total que se cuantificó en todas las muestras.

De las leguminosas analizadas, se tienen tres grupos diferentes, uno de ellos lo compone el haba, donde encontramos que el mayor %FDT <sub>corregida</sub> lo tiene el haba fresca cruda, el siguiente grupo lo compone el chícharo, siendo el chícharo fresco cocido el que posee el mayor % FDT <sub>corregida</sub>, por último en el grupo de ejote se encontró que el mayor %FDT <sub>corregida</sub> es para el ejote cocido siendo éste último la leguminosa con mayor cantidad de FDT de todos los productos estudiados.

El grado de madurez sobre las leguminosas en estudio, modifica la cantidad de FDT y AR; de manera que las leguminosas con menor madurez y crudas, (es decir los productos frescos), presentan mayor % de FDT en comparación con las leguminosas secas y crudas. Sin embargo no ocurrió lo mismo con el AR, ya que para el haba, chícharo y frijol se tiene mayor contenido de AR en estado con mayor madurez (es decir productos secos) y cocidos.

El tratamiento térmico que se le aplicó a los diferentes productos modificó de manera significativa el contenido de almidón resistente, siendo mayor en las muestras cocidas que en las muestras crudas. Por lo tanto el tratamiento térmico que sufren las leguminosas durante la cocción modifica el contenido AR y en consecuencia la FDT, puesto que el AR forma parte de la fibra dietética insoluble.

Las leguminosas y sobre todo el ejote cocido contribuye a un buen aporte de FDT y AR en la forma en que se consume habitualmente.



---

## IX. BIBLIOGRAFÍA:

AACC. Memorias del Curso Internacional “Almidón y Fibra dietética: química, tecnología y biodisponibilidad”. Bello L. A., Yautepec, pp 102, 2003.

Almazan Aurea M & Zhou Xiaohua, Total dietary fibre content of some green and root vegetables obtained at different ethanol concentrations. *Food Chemistry* 53: 215-218, 1995.

AOAC. Oficial Methods of Analisis of AOAC Internacional, 16th Edition, Vol II, Section 45.4.07, Method 985.29 (1995).

AOAC. Oficial Methods of Analisis of AOAC Internacional, 16th Edition, Method 950.01 (1995).

Base de datos estadísticos de la FAO. Buscador Google

[en línea <http://faostat.fao.org/faostat/default.jsp?language=ES&version=ext&hasbulk=0>; internet; accesado el 15 de junio 2008]

Bourges R. Héctor. Las leguminosas en la alimentación humana (1ra parte). Cuadernos de nutrición. 10(2): 18-32, 1987.

Carreón Rodríguez Ofelia Edith. Contenido de fibra dietética y Almidón resistente en cereales, leguminosas y tubérculos. Tesis Licenciatura. UNAM. México, D.F., pp 15-61, 2005.

Carnvale E. Lintas C. Dietary fibre: efect of processing an nutrient interactions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53: 307-311, 1995.

Enciclopedia agropecuaria. Producción agrícola I. Tomo II. Primera reimpresión, Terranova editores. Bogotá, 123-128, 130-133, 135-138, 1998.



---

Farhtaht Khanum. Siddalinga Swamy, K. R. Sudarshana Krishna. Dietary fiber content of commonly fresh and cooked vegetables consumed in India. *Plant Foods for Human Nutrition* 55: 207-218, 2000.

Fenemma Owen R, *Química de alimentos*, Editorial Acribia S. A., Tercera edición, Zaragoza, pp 228-240, 1996

Fersini Antonio. *Horticultura Práctica*. Ed. Diana. 2da. Edición. México. D.F., pp 328-342, 359-374, 1982.

Flores Sánchez Myrna Delia. *Fibra dietética*. Tesis Licenciatura. UNAM. Estado de México, pp 106, 1995.

G. E. de Almeida Costa, Queiroz M. K., Marchado P., Costa de Oliveira A.. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and gentil legumes. *Food Chemistry*. 94: 327-330, 2006.

González Alfonzo, G. C.. Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 50(3); 281-285, 2000.

Jean Adrian, Potus J. Poilfait A. *Análisis Nutricional de los alimentos*. Acribia S. A. Zaragoza, pp 81-88, 2000.

Lintas C, Cappeloni M., Content and composition of dietary fiber in raw cooked vegetables. *Food Science & Nutrition*. 42: 117-124, 1988.

Maroto Borrego J. V. *Horticultura herbácea especial*. Mundi-Prensa. Tercera edición. Madrid, pp 503-538, 1992.



---

Martínez Díaz Margarita. Diferentes fuentes de fibra dietética en México, su composición, propiedades fisicoquímicas y posibles aplicaciones. Tesis Licenciatura. UNAM. México, D.F., 4-9, 1996.

Millar Irwin *et al*, Probabilidad y Estadística para ingenieros, Cuarta edición, Prentice Hall Hispanoamericana, México, D.F., pp. 248-249, 582, 1992.

Mongomery, Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería, Mc Graw Hill, México, D.F., pp 625-652, 1996.

Osorio Díaz Perla, Méndez M. G., Agama A. E, Islas H. J. J., Sánchez M. J. y Bello P. L. A. Biodisponibilidad del almidón en dos variedades comercializadas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en frijoles industrializados. *Agrociencia*. 37: 565-573, 2003.

Pak Nelly D., Ayala C., Vera C., Pennacchioti I. y Araya H., Fibra dietética soluble e insoluble en cereales y leguminosas cultivadas en Chile, *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 40(1): 116-125, 1990.

Pak Nelly D. Fibra dietética en verduras cultivadas en Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 50(1): 97-101, 2000.

Periago M. J., Ros G, Englyst H. N. y Rincón F. Variación en el contenido de fibra dietética del guisante (*Pisum sativum*) en función de la variedad, tamaño y método analítico. *Revista española de Ciencia y tecnología de alimentos*. 34(5): 565-575, 1994.

Salunke D. K., Kadam S. S.. Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. Acribia S. A. Zaragoza, pp 441-478. 2004.

Saura Calixto, F., Goñi, I., Mañas E.. Resistant starch in foods. Modified method for dietary fiber residues. *Journal Food Science*. 58: 642-643, 1993.



---

Saura Calixto, Goñi I, Bravo L, Mañas E. Formation of resistant starch in deproteinized and no deproteinized beans. *European Journal of Clinical Nutrition*. 46;2: 109s-111s, 1992.

Serrano José, Goñi Isabel. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 54(1): 1-11, 2004.

Selvendran, R. R. The plant cell wall as a source of dietary fiber: chemistry and structure. *American Journal of Clinical Nutrition*: 39, 320-337, 1984.

Tirilly Yves, Bourgeois C. M. Tecnología de las hortalizas. Acribia S. A. Zaragoza, pp 459-463, 2004.



## X. ANEXO

### Oneway

#### ANOVA

DETFDTBH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	119.552	6	19.925	1101.498	.000
Within Groups	.380	21	1.809E-02		
Total	119.932	27			

### Post Hoc Tests

#### Homogeneous Subsets

DETFDTBH

Duncan<sup>a</sup>

LEGUM	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
HFCo	4	1.7525					
ACo	4	1.8425					
ECo	4		2.1075				
HSCo	4			3.9200			
CSCo	4				5.2775		
CFCo	4					5.6575	
FCo	4						7.4950
Sig.		.355	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

**Prueba de Duncan, comparación de fibra dietética total entre leguminosas cocidas, en base húmeda.**



## Oneway

### ANOVA

FDTBH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1143.752	6	190.625	1052.999	.000
Within Groups	3.802	21	.181		
Total	1147.554	27			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

FDTBH

Duncan<sup>a</sup>

LEGMCRU	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
ECr	4	2.5750						
CFCr	4		4.5150					
HSCr	4			6.6600				
HSCr	4				8.6575			
CSCr	4					9.8300		
ACr	4						16.3875	
FCr	4							22.1250
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

**Prueba de Duncan, comparación de fibra dietética total entre leguminosas crudas, en base húmeda.**



## Oneway

### ANOVA

FDTBS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3559.631	6	593.272	1209.945	.000
Within Groups	10.297	21	.490		
Total	3569.928	27			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

FDTBS

Duncan<sup>a</sup>

LEGMCO	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
ACo	4	5.4225					
HFCo	4		9.9500				
CSCo	4			13.8075			
HSCo	4			14.0950			
FCo	4				22.4875		
CFCo	4					32.2250	
FCo	4						38.6850
Sig.		1.000	1.000	.568	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

**Prueba de Duncan, comparación de fibra dietética total entre leguminosas cocidas, en base seca.**



## Oneway

### ANOVA

DETFDTBS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1578.639	6	263.107	563.134	.000
Within Groups	9.812	21	.467		
Total	1588.451	27			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

DETFDTBS

Duncan<sup>a</sup>

LEGUMCRU	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
HSCr	4	10.5425			
CSCr	4	10.8800			
ACr	4		17.6775		
CFCr	4			23.2950	
FCr	4			23.9480	
HFCr	4			24.2950	
ECr	4				33.1850
Sig.		.493	1.000	.062	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4.000.

**Prueba de Duncan, comparación de fibra dietética total entre leguminosas crudas, en base seca**



## Oneway

### ANOVA

DETARBS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20.470	6	3.412	337.198	.000
Within Groups	.354	35	1.012E-02		
Total	20.824	41			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

DETARBS

Duncan<sup>a</sup>

LEGUMCR	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
ACr	6	.4817				
ECr	6	.5383	.5383			
HFCr	6		.6550			
HScr	6			.8350		
CSCr	6				1.4950	
FCr	6					2.1750
CFCr	6					2.1950
Sig.		.336	.052	1.000	1.000	.733

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

**Prueba de Duncan, comparación de almidón resistente entre leguminosas crudas, en base seca.**



## Oneway

### ANOVA

ARBS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	369.715	6	61.619	469.715	.000
Within Groups	4.591	35	.131		
Total	374.307	41			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

ARBS

Duncan<sup>a</sup>

LEGCO	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
ECo	6	.5283						
HFCo	6		1.4533					
HSCo	6			1.8867				
ACo	6				2.3550			
FCo	6					4.0083		
CFCo	6						6.8733	
CSCo	6							9.2933
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

**Prueba de Duncan, comparación de almidón resistente entre leguminosas cocidas, en base seca.**



## Oneway

### ANOVA

ARBH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.877	6	2.980	845.174	.000
Within Groups	.123	35	3.525E-03		
Total	18.001	41			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

ARBH

Duncan<sup>a</sup>

LEGCR	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
ECr	6	4.167E-02					
HFCr	6		.1813				
CFCr	6			.4267			
ACr	6			.4367			
HSCr	6				.6867		
CSCr	6					1.3517	
FCr	6						2.0100
Sig.		1.000	1.000	.772	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

**Prueba de Duncan, comparación de almidón resistente entre leguminosas crudas, en base húmeda.**



## Oneway

### ANOVA

DARBH

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	50.179	6	8.363	463.142	.000
Within Groups	.632	35	1.806E-02		
Total	50.811	41			

## Post Hoc Tests

### Homogeneous Subsets

DARBH

Duncan<sup>a</sup>

LECO	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
FCo	6	2.817E-02					
HFCo	6		.2567				
HSCo	6			.5267			
ACo	6				.8000		
CFCo	6					1.2060	
FCo	6					1.3350	
CSCo	6						3.5532
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.105	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

**Prueba de Duncan, comparación de almidón resistente entre leguminosas cocidas, en base húmeda.**