

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
CONTENIDO DE FIBRA CRUDA Y FIBRA DIETÉTICA EN
MEZCLAS DE CEREAL - LEGUMINOSA SOMETIDAS A
GERMINACIÓN Y TRATAMIENTO TÉRMICO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADO EN NUTRICIÓN

PRESENTA

YUNUEN DE JESÚS GONZÁLEZ
OBREGÓN.

DIRIGIDA POR

M. en C. JUANA ISELA ROJAS MOLINA.

CENTRO UNIVERSITARIO
SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, MÉXICO
2002.

BIBLIOTECA CENTRAL UAQ
"ROBERTO RUIZ OBREGÓN"

No. Adq. H67449

No. Título _____

Clas. GG4-756

G 643c



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES**



NOMBRE DE LA TESIS

**CONTENIDO DE FIBRA CRUDA Y FIBRA DIETÉTICA EN
MEZCLAS DE CEREAL – LEGUMINOSA SOMETIDAS A
GERMINACIÓN Y TRATAMIENTO TÉRMICO.**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIADO EN NUTRICIÓN

PRESENTA:

YUNUEN DE JESÚS GONZÁLEZ OBREGÓN

DIRIGIDA POR:

M. en C. JUANA ISELA ROJAS MOLINA

SINODALES

**M. en C. Juana Isela Rojas Molina
Presidente**

Firma

M. en C. Rodolfo Gómez Ramírez

Firma

M. en C. Ofelia Puga Sánchez

Firma

M. en C. Diana Beatriz Rangel Peniche

Firma

Lic. en Nut. Laura Regina Ojeda Navarro

Firma

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Porque gracias a él he llegado hasta donde me lo he propuesto. por que he aprendido de mis errores y he crecido como persona.

A MIS PAPÁS, LUPITA Y JOSE LUIS

A ustedes les debo la vida, el brindarme todo su cariño, su tiempo, su amor y por que gracias a ustedes he logrado dar un paso más en mi vida, a ustedes les dedico este trabajo, a ustedes, que me han enseñado que no importa cuanto haya que luchar para salir adelante y sobre todo me han enseñado a ser una mujer *FELIZ*. Ustedes son mi mas valioso tesoro. *LOS AMO*.

A JOSÉ Y LUPITA, LUIS Y JESUSITA, MIS ABUELOS

Gracias por enseñarme una de las cosas más maravillosas de este mundo, *A AMAR*, Gracias por brindarme todo su amor y cariño, y donde quiera que estén los recuerdo con todo el corazón.

A CLAUDIA, DANTE Y BETY, MIS HERMANOS

Gracias por estar ahí conmigo, por enseñarme día a día lo importante que soy para ustedes y por permitirme ser su hermana, los amo con todo mi corazón, que Dios los bendiga.

A TI JAVIER

Que haría yo sin ti?, gracias por estar conmigo en las buenas, en las malas y en las peores, por ayudarme a hacer este sueño realidad, por el amor y la paciencia que me has tenido, y porque me has permitido ser parte de tu vida y tu de la mía, por eso y mucho más, GRACIAS. TE AMO.

A MIS AMIGAS DEL ALMA

A ustedes, Marina, Lupita, Susana, Uva, Elsa, Vero y Rosana, muchas gracias por ser como son, por abrirme su corazón y permitirme ser su amiga. a todos los que de alguna u otra han formado parte de mi vida. gracias especiales a Lety y Rigo, que me ayudaron a realizar este trabajo, gracias por esa inmensa ayuda.

A MI DIRECTORA DE TESIS

Muchas gracias por todo su empeño, esfuerzo y dedicación para lograr la realización de este hermoso sueño.

A MIS MAESTROS Y SINODALES

Muchas gracias por haber puesto su granito de arena en mi formación profesional y lograr lo que ahora soy. Por enseñarme los conocimientos y valores de esta profesión.

Este trabajo se realizó en el laboratorio de análisis Bromatológicos de la Licenciatura en Nutrición de la Universidad Autónoma de Querétaro; con el financiamiento otorgado por la Asociación Americana de la Soya (ASA); bajo la dirección de la M. en C. Juana Isela Rojas Molina y la co-dirección del M. en C. Rodolfo Gómez Ramírez.

INDICE GENERAL

Índice de cuadros.....	1
Índice de figuras.....	2
1. Resumen.....	4
2. Descripción del problema.....	6
3. Antecedentes y Justificación.....	8
4. Marco teórico.....	10
4.1 Generalidades de la fibra.....	10
4.2 Fibra dietética.....	11
4.2.1 Definición.....	11
4.2.2 Componentes.....	11
4.2.3 Propiedades Funcionales.....	12
4.2.4 Fisiología de la Fibra dietética.....	12
4.2.5 Métodos de análisis.....	14
4.2.6 Importancia en la Salud.....	15
4.2.7 Fuentes de fibra.....	19
4.2.8 Recomendaciones de consumo de fibra.....	21
4.2.9 Efectos Adversos de las dietas altas en fibra.....	21
4.2.10 Germinación.....	22
4.2.11 Tratamiento térmico.....	23
4.2.12 Generalidades de la Soya (<i>Glycine max</i>).....	25
4.2.13 Generalidades del Garbanzo (<i>Cicer arietinum L.</i>).....	26
4.2.14 Generalidades del Arroz (<i>Oryza sativa</i>).....	27
4.2.15 Generalidades de la Avena (<i>Avena sativa</i>).....	28
4.2.16 Posibles aplicaciones y usos del proyecto.....	29
5. Objetivos.....	30
5.1 Objetivo General.....	30
5.2 Objetivos específicos.....	30
6. Hipótesis.....	31
7. Metodología.....	32
7.1 Material Biológico.....	32
7.2 Diseño experimental.....	32
7.3 Medición de variables.....	34
7.4 Metodología de la Fibra Dietética.....	35
7.5 Metodología de la Fibra Cruda.....	40
7.6 Cálculo de la Proteína retenida.....	43
7.7 Análisis Estadístico.....	43
8. Resultados y Discusión.....	44
9. Conclusiones.....	72
10. Bibliografía.....	75
11. Anexos.....	79

I. INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades y efectos de los componentes de fibra dietética.....	16
Cuadro 2. Efecto hipocolesterolémico de algunas fuentes de fibra.....	18
Cuadro 3. Factores de estudio.....	32
Cuadro 4 Proporción de proteína y gramaje de cereal y leguminosa para la elaboración de las mezclas.....	33

II. INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes del cereal	20
Figura 2. Proceso de germinación.....	22
Figura 3. Corte transversal del extrusor.....	24
Figura 4. Planta de la soya.....	25
Figura 5. Planta del garbanzo.....	26
Figura 6. Planta del arroz.....	27
Figura 7. Planta de la avena.....	28
Figura 8. Diagrama de flujo de los análisis realizados.....	34
Figura 9. Diagrama de flujo para la determinación de Fibra dietética	39
Figura 10. Diagrama de flujo para la determinación de Fibra Cruda.....	42
Figura 11. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la harina de Garbanzo	56
Figura 12. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la harina de Soya	57
Figura 13. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la harina de Arroz	58
Figura 14. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la harina de Avena	59
Figura 15. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la mezcla de Arroz – Soya	60
Figura 16. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la mezcla de Avena- Soya	61
Figura 17. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la mezcla de Arroz – Garbanzo	62
Figura 18. Contenido de Fibra Cruda, Fibra dietética total, fibra dietética insoluble y soluble en la mezcla de Avena –Garbanzo.....	63

Figura 19. Proteína retenida en la harina de Soya.....	64
Figura 20. Proteína retenida en la harina de Garbanzo.....	65
Figura 21. Proteína retenida en la harina de Arroz.....	66
Figura 22. Proteína retenida en la harina de Avena.....	67
Figura 23. Proteína retenida en la mezcla Avena - Soya.....	68
Figura 24. Proteína retenida en la mezcla Avena - Garbanzo.....	69
Figura 25. Proteína retenida en la mezcla Arroz -Soya.....	70
Figura 26. Proteína retenida en la mezcla Arroz - Garbanzo.....	71

RESUMEN

El interés actual por la fibra como componente importante de la dieta es debido a la asociación epidemiológica entre una elevada ingestión de fibra y la menor incidencia de enfermedades crónicas, como las cardiovasculares y el cáncer del colon. En México, la población obtiene la mayor parte de la fibra dietética de su dieta a partir de cereales y leguminosas. Se ha considerado la importancia de la combinación de cereal- leguminosa por dos razones principales: la primera para mejorar la calidad de la proteína y la segunda para incrementar la cantidad de fibra dietética.

Para conocer la aportación de la combinación cereal – leguminosa en cuanto a la fibra dietética, se realizó un análisis para determinar la cantidad de fibra cruda, fibra dietética total, insoluble y soluble que se encuentran en las mezclas de los cereales, arroz y avena con las leguminosas soya y garbanzo, así como en forma individual y además se determinó el efecto de la germinación y el tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética. Además se observó el contenido de proteína retenida en las fracciones de fibra dietética, para determinar la influencia de esta en la determinación de la fibra dietética.

En cuanto al contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), y Fibra Dietética Soluble (FDS), se presentó lo siguiente: La combinación cereal – leguminosa y las dos leguminosas sometidas a tratamiento térmico con bicarbonato de sodio presentaron mayor contenido de Fibra Cruda a excepción de los dos cereales en donde el mayor contenido fue en el tostado. Siempre hubo una diferencia significativa entre cereales sometidos al proceso de germinación y sin tratamiento térmico para cada uno de los componentes ya señalados, siendo la avena la que presentó los valores más altos de Fibra Cruda (13.19%), Fibra Dietética Total (32.53%), Fibra Dietética Insoluble (30.60%) y Fibra Dietética Soluble (1.59%) en comparación con el arroz en el que se detectaron valores de 11.27%, 15.49%, 14.81% y 0.68% respectivamente. En el caso de las leguminosas, también se observaron diferencias significativas de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total y Fibra Dietética Insoluble entre el garbanzo y la soya, siendo para el primero de 4.34%, 18.5% y 17.31% y para la soya de 7.37%, 21.52% y 20.80% respectivamente. No se encontró diferencia significativa en el contenido de Fibra Dietética Soluble entre ambas leguminosas.

Para la avena, soya, garbanzo, Avena - Soya, Avena - Garbanzo y Arroz - Garbanzo con tratamiento térmico, el tiempo de germinación de 48h fue en donde se presentó el mayor contenido de Fibra Dietética Insoluble. El tratamiento térmico donde se presentó mayor contenido de Fibra Dietética Total fue el de cocción con bicarbonato de sodio, mientras que el de menor fue la extrusión.

Es interesante señalar que para algunos tratamientos como por ejemplo el tostado de 48h y la extrusión a las 0,24 y 48h de germinación de las mezclas de Avena – Soya, se observaron valores más altos de proteína retenida en la Fibra Dietética

Insoluble por 100g de proteína comparado con las mezclas crudas a los mismos tiempos de germinación, sin embargo, no se detectó un incremento en el contenido de Fibra Dietética Insoluble y Fibra Dietética Total. En todos los casos (harinas individuales y mezclas con y sin tratamiento térmico), la fracción de Fibra Dietética Insoluble tuvo mayor proteína retenida tanto por 100g de proteína como por 100g de mezcla o harina.

Dependiendo del tratamiento térmico aplicado y del tiempo de germinación al que fueron sometidas las muestras, se puede observar una reducción en la proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble y en la Fibra Dietética Soluble en comparación con sus respectivas mezclas crudas sometidas a germinación.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La ingestión de fibra dietética ha cobrado importancia a partir de los años setenta, debido a que se conocen bien los efectos en el ser humano por falta del consumo adecuado de este componente vegetal; los cuales incluyen estreñimiento, diverticulitis y cáncer de colon; además de riesgos de padecer obesidad, diabetes y enfermedades cardiovasculares (Rosado, *et. al.*, 1995).

Es ampliamente conocido que en mayor o menor grado, algunos países de Latinoamérica atraviesan por una etapa de transición epidemiológica. Los cambios en las economías, grados de industrialización, disponibilidad de alimentos, tipos de trabajo e ingreso excedente, han estado transformando el estilo tradicional de vida, incluyendo los hábitos de alimentación. Este nuevo tren de vida más acelerado, también ha traído como consecuencia cambios en el estado nutricional y un aumento en la incidencia de enfermedades crónicas - degenerativas (Almeida, 1997).

La aparición de diversas enfermedades de la sociedad industrializada, debidas a los cambios nutricionales surgidos en el estilo de vida de las personas, fue determinante para impulsar definitivamente la investigación en materia de nutrición (Antequera, 2001).

La dieta occidental "moderna", es una dieta que se puede considerar como desequilibrada, es decir, este tipo de dieta proporciona mucha grasa y muy poca fibra (Alabaster, 1997).

En México, se ha reportado que del 80 al 85% de los mexicanos representan una gran parte de la población suburbana y rural, los cuales consumen dietas basadas en tortillas de maíz, cereales, leguminosas, verduras y frutas. En contraste, la población de las ciudades consume dietas que son similares a las de los países desarrollados, en donde incluyen más alimentos animales, grandes cantidades de cereales refinados y azúcar y menos alimentos de origen vegetal; por lo que ellos consumen menos cantidad de hidratos de carbono complejos, y por ende menos fibra dietética. Esta discrepancia en el patrón dietético puede involucrar la etiología de las enfermedades y padecimientos causados por la falta del consumo de fibra dietética. (Rosado, *et. al.*, 1995).

Por otro lado, un alto consumo de fibra dietética puede tener un efecto negativo en la biodisponibilidad de algunos nutrientes, lo cual es especialmente importante cuando la dieta es ya limitada en algunos de estos, como es el caso de la dieta rural mexicana. Por lo que se debe tomar en cuenta las cantidades adecuadas de fibra dietética que debe consumir la población y sobre todo que vaya de acuerdo a la disponibilidad y recursos con los que cuenta el mexicano en las diferentes regiones del país (Rosado, *et. al.*, 1995)

Investigaciones recientes sobre el consumo de fibra dietética en México por persona por día en comunidades rurales, muestran que este disminuyó significativamente de 1979 a 1989 en la mayor parte del país, a excepción de los estados de Veracruz, Campeche y Tabasco. La disminución fue de 27g por día en promedio en 1979 a 22.6g por día en promedio en 1989, esto se debió probablemente a la disminución en la ingestión de cereales y fruta (Rosado *et. al*, 1995).

Estos resultados se consideran importantes debido a que además de la disminución en el consumo de estos alimentos, se ha observado que también la influencia de los medios de comunicación con información acerca de nuevos productos, la transculturación y el ritmo de vida de la población, sobre todo en la zona urbana, ha mermado la ingestión de alimentos con alto contenido de fibra; lo que nos conduce a considerar la importancia que tiene el consumir la fibra dietética en la cantidad necesaria y a través de las diversas fuentes, esto con la finalidad de mejorar la calidad de la dieta de la población mexicana y disminuir la incidencia de enfermedades que son causadas por la falta de estos componentes en la dieta habitual.

3.- ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Durante millones de años, la dieta del ser humano estuvo basada principalmente en alimentos de origen vegetal. Esta dieta era rica en almidones, hidratos de carbono complejos y fibra, además baja en grasas y azúcares. Hace aproximadamente 200 años, con el inicio de la revolución industrial, la dieta de los países industrializados empezó a cambiar. Los alimentos que eran naturalmente altos en fibra fueron refinados, el consumo de grasa se incrementó, lo mismo que el total de la energía y la carne se transformó en un símbolo de opulencia entre los miembros de la sociedad (Alabaster, 1997).

El hombre en su afán de supervivencia ha asociado la necesidad de sobrevivir con cualquier elemento que se encuentre relacionado con la salud. Durante la segunda mitad del siglo XX, la humanidad comenzó a preocuparse por una correcta alimentación para mejorar su estado de salud. Más recientemente, en las dos últimas décadas, la fibra ha vuelto a tener un inusitado interés porque se le ha observado que posee efectos preventivos contra determinadas enfermedades (Antequera, 2001).

Hace mucho tiempo que los países centroeuropeos concedieron a la fibra la importancia que realmente tiene para la salud. Los primeros estudios se realizaron en las colonias británicas de África. Se observó que los africanos y los ingleses padecían enfermedades distintas, y además, que si los primeros adoptaban las costumbres de los británicos acababan enfermando de la misma manera que éstos. Comparando la alimentación de ambas comunidades, se observó una reducción en la ingestión de hidratos de carbono; la población blanca, además, tenía un aumento innecesario de proteínas y grasas de origen animal y un incremento en alimentos manufacturados y edulcorados, por lo que se vio incrementado el consumo de azúcares simples y la reducción en el consumo de fibra (Antequera, 2001).

En México, la población obtiene la mayor parte de la fibra dietética de su dieta a partir de cereales, principalmente el maíz, seguido del trigo y el arroz. La importancia económica y agrícola de los cereales radica en que se conservan durante largo tiempo sin perder sus propiedades nutricias (Rico *et al.*, 1985). En cuanto a las leguminosas, éstas se consumen de manera uniforme en todas las regiones (Rosado, *et. al.*, 1993).

Se ha considerado la importancia de la combinación de cereal- leguminosa por dos razones principales: la primera para mejorar la calidad de la proteína y la segunda para incrementar la cantidad de fibra dietética. Aún cuando la combinación de cereal-leguminosa se practica desde la antigüedad, no se ha profundizado en todo lo que esta mezcla nos puede otorgar, como es el caso del tipo de hidratos de carbono complejos presentes en la combinación y la cantidad

de fibra dietética. También es una muy buena manera de elaborar platillos y productos con base en esta combinación, debido a que son los alimentos de mayor consumo en el país y porque están al alcance de la mayoría de las personas.

El interés actual por la fibra como componente importante de la dieta es debido a la asociación epidemiológica entre una elevada ingestión de fibra y la menor incidencia de determinadas enfermedades crónicas, como las cardiovasculares y el cáncer del colon.

Las primeras definiciones de la fibra dietética hablaban de restos de células vegetales que persistían tras su hidrólisis por las enzimas del aparato digestivo de los mamíferos. Esta definición fisiológica intentaba caracterizar la fibra con el proceso de la digestión que tiene lugar en el aparato gastrointestinal. Se entendía que abarcaba tanto el material de las paredes de las células vegetales, como la celulosa, hemicelulosa, pectina y la lignina, y los polisacáridos intracelulares, como las gomas y mucílagos (Gallaher *et. al.*,1997).

El contenido de fibra dietética es desconocido en la mayor parte de los alimentos que se consumen habitualmente, por que las tablas empleadas en México sólo incluyen información de fibra cruda y subestiman el contenido de fibra dietética de los alimentos; es necesario realizar investigaciones que nos conduzcan al conocimiento de la cantidad de fibra dietética en los alimentos y así poderlos emplear de una manera más adecuada y con mayor variedad de preparaciones o presentaciones en el tratamiento de los padecimientos anteriormente señalados e incluso en dietas de personas sanas (Rosado, *et. al.*,1995).

El contenido de Fibra Dietética en los alimentos no ha sido establecido en las tablas de composición de los alimentos, por lo que se debería de considerar para tener una mayor claridad del valor real de fibra. Por otro lado, no se puede generalizar el contenido de fibra dentro de un mismo grupo de alimentos, debido a que el modo de prepararse y consumirse son diferentes.

4.- MARCO TEÓRICO

4.1 FIBRA

Se designa a un grupo muy grande de polisacáridos estructurales, que no son aprovechados metabólicamente por el hombre pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo. Estos polisacáridos son: celulosa, hemicelulosa y pectinas.

Su función principal es que tiene la capacidad de hincharse al absorber agua y por lo tanto, aumentar el volumen de materia fecal, lo que incrementa la peristalsis del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y la evacuación, es decir su función primaria está en el colon del hombre. Algunas fibras son hiperglucemiantes, otras hipoglucemiantes e hipocolesterolémicas como se detallará más adelante (Badui, 1990).

La fibra cruda es la que se encuentra generalmente en las tablas de composición de los alimentos y se determina analíticamente sometiendo los productos a tratamiento en caliente con ácido clorhídrico (HCl) y posteriormente con hidróxido de sodio (NaOH) (Badui, 1990).

Está constituida fundamentalmente por celulosa, lignina y pentosanas, que constituyen junto con pequeñas cantidades de sustancias nitrogenadas las estructuras celulares de los alimentos de origen vegetal. Aquí, los hidrocoloides, hemicelulosas, y los componentes de la fibra soluble que son las gomas y pectinas son solubilizadas y no pueden ser detectadas.

Este procedimiento provoca la pérdida de 70 a 80% de hemicelulosa, 30 a 50% de celulosa y hasta 90% de lignina (Badui, 1990).

Por consiguiente, el valor de la fibra cruda que está reportada en las tablas de composición química de los alimentos no nos da un valor real del contenido total de fibra en un alimento.

La fibra dietética representa el contenido total de los hidratos de carbono no digeridos como la celulosa, hemicelulosa, gomas, pectinas, y además de la lignina contenidos en un alimento de origen vegetal.

Las principales fuentes de fibra son los cereales, frutas y verduras. En la dieta occidental promedio, los cereales aportan del 30 al 50% del consumo total (aproximadamente 20g/día) y el resto proviene de los vegetales (McLaren, 1993).

4.2 FIBRA DIETÉTICA

4.2.1 Definición

El término fibra, en un sentido botánico estricto, se refiere al componente rígido y fibroso de la pared celular de las plantas. Químicamente la fibra está constituida por los hidratos de carbono resistentes a la hidrólisis enzimática de las secreciones del tubo digestivo más la lignina. Desde el punto de vista clínico – fisiológico, la fibra es el grupo de componentes de la dieta cuya resistencia a la digestión produce un aumento del volumen de la materia fecal, retiene agua, actúa como sitio para intercambio de iones y se une a moléculas orgánicas (Rosado, 1990).

Kritchevsky en 1988 definió la fibra dietética como - material de las plantas que resiste a la digestión por las enzimas humanas. Esto incluye sustancias de estructura química única, propiedades físicas y efectos fisiológicos individuales donde todos son hidratos de carbono, excepto la lignina que es un polímero. Son destruidos por enzimas de bacterias gastrointestinales que los transforman por fermentación en hidrógeno, metano, dióxido de carbono y ácidos grasos de cadena corta (Muir, *et. al.*, 1993).

La definición ha sido extendida para incluir a todos los polisacáridos y la lignina en la dieta ya que son resistentes a las secreciones endógenas del tracto digestivo humano (Lee, *et. al.*, 1992).

En el intestino delgado humano la fibra dietética no sufre ninguna transformación, pero sus componentes son metabolizados anaeróbicamente por la microflora del colon.

4.2.2 Componentes

Se divide en 3 fracciones:

1.- **Polisacáridos estructurales:** están asociados con la pared celular e incluyen a la celulosa, hemicelulosa y algunas pectinas. Al no digerirse en cantidad considerable, actúan arrastrando agua e incrementado la masa fecal, por lo que poseen un efecto benéfico sobre el estreñimiento.

2.- **Componentes estructurales no-polisacáridos:** Aquí se encuentra la lignina, que es un polímero tridimensional, no - carbohidrato, que consiste aproximadamente de 40 unidades de fenol. La lignina a menudo se enlaza covalentemente con la hemicelulosa.

3.- **Polisacáridos no estructurales:** gomas y mucílagos secretados por las células de las plantas, y algunos otros polisacáridos tales como la carragenina y el agar. Por su viscosidad retardan la absorción de ciertos nutrimentos y, por su grado de digestión, promueven el correcto funcionamiento de las bacterias del

colon, lo que proporciona una disminución de la inflamación de éste, además de estimular la regeneración de mucosa del duodeno, yeyuno e íleon.

La fibra dietética de acuerdo a su solubilidad se divide en:

Fibra insoluble: Compuesta principalmente por la celulosa, hemicelulosa y la lignina, este tipo de fibra es característico del salvado de trigo, cereales integrales, leguminosas y verdura. Su efecto fundamental en el organismo es el de incrementar el volumen fecal y la frecuencia de los movimientos intestinales, regulando el tiempo de tránsito intestinal (Vázquez *et. al.*, 1999).

Fibra soluble: Compuesta principalmente por las pectinas, gomas, algunas hemicelulosas y otros polisacáridos presentes en frutas, verduras, leguminosas y algunos cereales. Se caracterizan por su capacidad de retener agua, formando una masa gelatinosa que hace aumentar la viscosidad del contenido gastrointestinal, retrasando el vaciamiento gástrico y proporcionando mayor volumen y lubricación a las heces (Vázquez *et. al.*, 1999).

4.2.3 Propiedades funcionales

4.2.3.1 Capacidad de retención de agua

El interés por la capacidad de retención de agua de la fibra surge de la idea de que posee una elevada capacidad para aumentar el peso de las heces debido a formación de un gel. Esta capacidad puede medirse saturando la fibra con agua y extrayendo mediante centrifugación, filtración o aspiración osmótica el agua no retenida. Esta capacidad es mucho mayor en la fibra soluble. Pero la capacidad medida "*in vitro*" no permite predecir la contribución de esa fibra a la masa fecal total, ya que el colon experimenta fermentación y favorece el aumento de la masa microbiana (Gallaher *et al*, 1997).

Este efecto tiene repercusiones determinantes en la absorción de nutrimentos,. La absorción se ve generalmente disminuida debido a la interacción de nutrimentos solubles al agua en la matriz del gel.

4.2.3.2 Sensibilidad a la fermentación

Las fibras, aunque resistentes a la digestión por las enzimas digestivas, son muy sensibles a la fermentación por la microflora del intestino grueso. El grado y velocidad de esta fermentación dependen del tipo de fibra, de la forma física y de la flora específica del huésped. La fibra insoluble celulosa es la más resistente a la fermentación, mientras que las fibras solubles como la pectina y las gomas, se fermentan en su totalidad. Cualquiera que sea el tipo de fibra, la fermentación produce ácidos grasos de cadena corta, particularmente acetato, propionato y butirato, así como gas hidrógeno. Algunas personas forman también metano (Gallaher, *et. al.*, 1997; Schneeman, 1986, Karppinen,2000).

La fibra dietética es fermentada en el colon por las bacterias pertenecientes a los géneros *Bacteroides*, *Eubacterium*, *Bifidobacterium* y *Peptostreptococcus*. La degradación de los hidratos de carbono no disponibles en el intestino delgado es llevada a cabo principalmente por el género *Bacteroides*, dando lugar a la producción de ácidos grasos de cadena corta (López, *et. al.*, 1997; Potty, 1996; Muir *et. al.*, 1993).

La magnitud de este proceso de fermentación es significativa. Ha sido estimado que los humanos en una dieta occidental fermentan por lo menos 20g de hidratos de carbono por día en el colon, produciendo al menos 200mmol de ácidos grasos de cadena corta. Sólo cerca de 10-20mmol son excretados por día en heces (Muir, *et. al.*, 1993).

4.2.3.3 Capacidad de intercambio catiónico

Muchas fuentes de fibra tienen una capacidad de intercambio catiónico demostrable "*in Vitro*", por lo tanto, podrían unirse a los minerales en la luz intestinal. McBurney en 1986 estudió la capacidad de intercambio catiónico de diversas fibras detergentes neutras y comprobó la retención de cobre por este mecanismo. En esta capacidad de intercambio participaron los grupos carboxilo, hidroxilo y amino. En la presencia de ácidos urónicos, las pectinas muestran capacidad "*in Vitro*" para unirse a minerales divalentes como el hierro, cobre, calcio y zinc. Las pectinas altamente esterificadas (ricas en grupos metoxi) muestran una capacidad de intercambio menor que las menos esterificadas (Gallaher, *et. al.*, 1997).

4.2.3.4 Unión a los ácidos biliares

Las ligninas y pectinas parecen ser las fracciones más importantes en lo que se refiere a adsorber los ácidos biliares. El incremento en la excreción fecal de ácidos biliares, a consecuencia de su mayor adsorción a la fibra, está relacionado con la capacidad de reducir los niveles de colesterol en sangre (Gallaher *et. al.*, 1997).

4.2.4 Fisiología de la fibra dietética

Los efectos fisiológicos en el organismo humano originados por la fibra y que tienen mayor importancia son:

1.- *En el estómago*: La fibra desencadena un aumento de la salivación porque necesita más tiempo de masticación y causa, por lo tanto, un retraso en el vaciamiento gástrico. La fibra soluble puede ser utilizada en dietas para adelgazar porque aumenta el volumen del bolo, lo que se traduce en una sensación de saciedad.

2.- *En el intestino delgado*: El aporte de fibra disminuye o retrasa la absorción de las materias orgánicas e inorgánicas. Esta cuestión es importante en el metabolismo de la glucosa (fibra soluble) y del colesterol (fibra soluble y lignina).

3.- *En el intestino grueso*: La fibra aumenta la masa fecal y ésta, a su vez, estimula la propulsión de las heces, que adquieren mayor volumen y consistencia pastosa (Antequera, 2001).

4.2.5 Métodos de análisis

Los métodos de análisis de las fibras en los alimentos pertenecen a 2 categorías: gravimétricos y análisis de los componentes. El primero es el más sencillo y rápido, pero se limitan al cálculo de las fibras totales o de las fibras solubles e insolubles; el análisis de los componentes proporciona la cantidad de cada uno de los azúcares neutros y la cantidad de azúcares ácidos, lo que exige mayor experiencia y un equipo más complejo y por lo tanto es menos adaptable a los análisis sistemáticos de las fibras.

4.2.5.1 Métodos gravimétricos

Fibra cruda

Son los métodos más sencillos y rápidos pero se limitan a al cálculo de las fibras totales o de las fibras solubles e insolubles. Se mide el peso del residuo no digerible después de su extracción con ácidos y álcalis diluidos, y se efectúa una corrección para cenizas. Este es un método oficial de la AOAC No.978.10, 1990. No proporciona una determinación exacta de la fibra dietética. Se pierden todas las fibras solubles junto con una cantidad variable de fibras insolubles, por lo que da un valor inferior al real.

Fibra Detergente Neutro

Fue introducido por Van Soest en 1967. Proporciona valores altamente reproducibles para las fibras insolubles y la lignina. Se hierven las muestras con un detergente a pH neutro y se recoge el residuo mediante filtración. Se pierden las fibras solubles y se subestima el contenido de fibras sobre todo en frutas y verduras; la solubilización del almidón es incompleta. (Gallaher *et al*, 1997).

Fibra Detergente Ácido

Involucra un tratamiento con ácido sulfúrico 0.5M. Esto da un residuo que incluye virtualmente toda la celulosa y lignina en un alimento. Este residuo también contiene sílica (Johnson and Southgate, 1994).

4.2.5.2 Análisis de los componentes

Consiste en hidrolizar el residuo con ácidos fuertes, y cuantificar los azúcares monoméricos. Los azúcares neutros se miden por cromatografía líquida de alta resolución, colorimetría o por cromatografía de gases después de su derivatización. Los azúcares ácidos se cuantifican por colorimetría. La suma de los azúcares monoméricos proporciona el valor total del contenido de las fibras.

4.2.5.3 Procedimiento enzimático

Involucra la separación enzimática con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón en una muestra de alimento previamente seco y desgrasado. El residuo se corrige de acuerdo al contenido de proteína y cenizas, y la fibra se determina gravimétricamente (AOAC, 1990).

El creciente interés por la importancia potencial de la fibra y el deseo de disponer de una medición sencilla y confiable de las fibras de la dieta condujo al desarrollo actual oficial de la AOAC, habitualmente llamado Fibra dietética Total. Se digieren muestras duplicadas para obtener la hidrólisis enzimática del almidón, mientras que las proteínas y la fibra se precipitan con etanol. Este precipitado se recoge en un filtro, se seca y se pesa. Se incinera el residuo de una de las muestras para hacer la corrección para cenizas (sales minerales) y el otro para determinar nitrógeno y corregir la contaminación proteínica.

Desde su publicación original se han realizado varias modificaciones a este procedimiento que permite simplificarlo y reducir su variabilidad.

4.2.6 Importancia en Salud

El consumo de alimentos con alto contenido de fibra dietética se considera que puede proteger contra de las enfermedades tales como la obesidad, el estreñimiento, hemorroides, enfermedad diverticular, cáncer de colon, diabetes y enfermedades cardiovasculares. En todos estos casos, el mecanismo de acción de la fibra en relación con la enfermedad debe estar asociado con las propiedades físicas y/o fisiológicas ya anteriormente señaladas.

Cuadro 1.- Propiedades y efectos de los componentes de la fibra dietética.

Fuente	Sustancia	Propiedades	Efectos principales
Material estructural de la pared celular de las plantas	Polisacáridos (no celulosa)	Retención de agua	Aumenta el peso de la materia fecal. Disminuye el tránsito intestinal. Disminuye la presión intraluminal.
Materiales no estructurales encontrados naturalmente o usados como aditivos	Celulosa y Hemicelulosa	Retención de agua	Aumenta el peso de la materia fecal. Disminuye el tránsito intestinal. Disminuye la presión intraluminal.
	Pectina, gomas y mucílagos	Formación de geles, unión con ácidos biliares.	<ul style="list-style-type: none"> • Retarda el vaciamiento gástrico. • Disminuye las concentraciones sanguíneas de colesterol. • Disminuye la respuesta de insulina en los diabéticos.
	Lignina	Unión con ácidos biliares, intercambio de cationes.	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye las concentraciones sanguíneas de colesterol. • Disminuye la disponibilidad de algunos nutrimentos inorgánicos.
	Polisacáridos, ácidos	Intercambio de cationes	Disminuye la disponibilidad de algunos nutrimentos inorgánicos.

Adaptado de Rosado, 1991.

4.2.6.1 Fibra dietética y Diabetes

Este es quizás el padecimiento con el que se ha ligado más estrechamente la fibra. Investigaciones recientes han observado que dietas altas en fibra o en hidratos de carbono complejos mejoran el metabolismo de la glucosa (Björk, *et. al.*, 1994 a).

Dos son los mecanismos que se sugieren para la explicación. El primero refiere que el retardo de la digestión y absorción de los hidratos de carbono, resulta en una reducción de la glucosa posprandial y la respuesta de la insulina, esto se logra con fuentes de fibra soluble, por la presencia de polisacáridos que forman geles (Schneeman, 1986). El segundo se refiere al posible efecto de los ácidos grasos de cadena corta de la fermentación colónica, en el rendimiento de la glucosa hepática y en la síntesis de colesterol hepático (Muir, *et. al.*, 1993).

Otro mecanismo posible es el de que las dietas altas en fibra mejoran el metabolismo de la glucosa sin un incremento en la producción de insulina. La inapropiada secreción de insulina puede ser relevante en la etiología de la diabetes (Haber, *et. al.*, 1977).

Las dietas altas en fibra son recomendadas para personas diabéticas como ya se ha mencionado, pero el tipo de hidrato de carbono es probablemente importante en la determinación de la respuesta metabólica de tales dietas (Wolever, *et. al.*, 1991).

Chandalia *et. al.*, en el 2000, realizaron un estudio en pacientes diabéticos tipo 2, trabajaron con 2 tipos de dieta, la primera que contenía una cantidad moderada de fibra (24g, 8g de fibra soluble y 16g de fibra insoluble), siguiendo con lo establecido por la Asociación Americana de la Diabetes (ADA), la segunda con

una elevada cantidad de fibra (50g, 25g de fibra insoluble y 25g de fibra soluble), observaron que una elevada ingesta de fibra dietética, mejora el control glucémico, disminuyendo las concentraciones plasmáticas de lípidos en estos pacientes.

4.2.6.2 Fibra dietética y obesidad

A través de estudios experimentales y epidemiológicos se ha observado que un aumento en la ingestión de fibra dietética puede contribuir a un control en la obesidad a través de los siguientes mecanismos:

1. Una reducción en la densidad energética y en la ingestión de alimentos, debido a que la fibra tiene un valor calórico reducido y tiene un efecto de saciedad, ya que la fibra aumenta hasta siete veces su volumen en el estómago.
2. Una disminución en la eficiencia de absorción de energía por la interacción de la fibra con la digestión y absorción de proteínas, grasas e hidratos de carbono.
3. Cambios en los niveles de glucosa, insulina y probablemente otras hormonas. Al influir en la liberación de insulina disminuye la sensación de apetito, y con el aumento en la eliminación de la grasa, glucosa y energía en las heces, se ayuda a la pérdida de peso (Vázquez C., *et al.*, 1999)

4.2.6.3 Fibra dietética y las enfermedades cardiovasculares

En estudios recientes se ha observado que el consumo de dietas altas en fibra favorece la disminución de los niveles de colesterol. Los posibles mecanismos por los cuales se llevan a cabo estas acciones son:

- a) La fibra dietética disminuye los niveles plasmáticos de colesterol mediante el secuestro de colesterol y ácidos biliares, de ese modo, promueve la excreción de esteroides y disminuye directamente los niveles de colesterol. También causan un incremento en la excreción de esteroides con una disminución de colesterol total y lipoproteínas de baja densidad (LDL) (Muir, *et al.*, 1993). La fibra de mayor efectividad en la reducción de la colesterolemia es la soluble, es decir, aquella fibra que está en la cascarilla de avena, de las leguminosas y de las gomas. Este tipo de fibra reduce el colesterol en 6 a 19%, mientras que las fibras insolubles no tienen este efecto (Rosado, 1990).

A continuación se muestra un cuadro que nos muestra el efecto hipocolesterolémico de algunas fuentes de fibra:

Cuadro 2.- Efecto hipocolesterolémico de algunas fuentes de fibra.

Tipo de fibra dietética	Valor en la dieta g/d	Reacción en colesterol % de los testigos		
		Total	LDL	HDL
AISLADOS DE FIBRA				
Cascarilla de trigo	7-44	98-106	97	91
Semilla de soya	21-52	100-114*	99-119	99-104
Polisacáridos de Soya	25	89	—	95
Cascarilla de Maíz	26	97	97	99
Cascarilla de Avena	27-10	80-87*	76-86*	95-100
Celulosa	16-27	104	108*	100
Carboximetilcelulosa	19-27	84+	82*	93
Goma guar	13-20	87*	84*	95
Goma arábica	30	90	—	—
Pectina	15-50	87*	—	98
FIBRA EN ALIMENTOS				
Vegetales	20	99-102	—	83-94
Manzana	15-25	92*-99	—	96
Leguminosas	30-42	81*-93*	95	108
Frijol	30	—	77*	85*

+ Significa efecto estadísticamente significativo.

Adaptado de Schneeman, Lefevre 1986 en: Rosado 1990.

- b) Algunas investigaciones demuestran que tanto el ácido propiónico como el acético, productos de la fermentación de la fibra, modifican el metabolismo de los lípidos disminuyendo la síntesis de lipoproteínas de baja densidad (LDL). El ácido propiónico incrementa los niveles de lipoproteínas de alta densidad (HDL) y disminuye rápidamente los niveles de glucosa en sangre. El ácido butírico es una fuente de energía para las células del colon y se ha demostrado que inhibe la proliferación de células cancerosas "in vitro", lo que sugiere que es preventivo del cáncer de colon (Björck, *et. al.*, 1994).

La teoría más aceptada para explicar el efecto hipocolesterolémico, se basa en el hecho de que los ácidos biliares unidos a la fibra y eliminados por las heces, son reemplazados por el organismo mediante la síntesis de nuevos ácidos biliares a partir del colesterol, lo que da lugar a que su tasa en el organismo disminuya. (López, *et. al.*, 1997).

4.2.6.4 Fibra dietética y cáncer de colon

En las sociedades occidentales, el cáncer de colon es la segunda causa común de enfermedad en hombres y mujeres. Una dieta "occidental" de alto riesgo se caracteriza por una alta ingestión de grasa (40% de la energía es grasa), y una baja ingestión de calcio y de fibra dietética (Karakaya, *et. al.*, 1999)

Las investigaciones relacionadas a este aspecto demuestran que dietas altas en grasa y pobres en fibra están asociadas con un aumento en riesgo de padecer cáncer aunque el consumo de fibra no tiene un efecto protector directo, más bien

produce una serie de cambios fisiológicos que favorecen la reducción de la incidencia del cáncer; se postulan los siguientes mecanismos:

- a) Disminución del tiempo de tránsito intestinal, que disminuye el tiempo de permanencia de los carcinógenos potenciales como el dehidronorcoleno y metil – colantreno, los cuáles, a mayor tiempo de contacto con la pared intestinal, aumenta la probabilidad de desarrollar cáncer de colon (Antequera, 2001).
- b) Por la fermentación colónica de las diferentes fracciones de fibra que se transforman en ácidos grasos de cadena corta, se disminuye el pH en el colon y se estimula el crecimiento bacteriano (López, *et. al.*, 1997).

4.2.6.5 Fibra dietética y otros trastornos relacionados

Aumento de la presión intraluminal: El peristaltismo intestinal es favorecido cuando la dieta es rica en fibra, ya que aumenta el bolo fecal, y por lo tanto, tiene lugar el reflejo defecatorio. Puede prevenir algunas enfermedades como la diverticulosis y apendicitis.

Aumento en la presión intraabdominal: los excrementos duros y secos comprimen las venas de intestino, impidiendo el retorno sanguíneo y originando las incómodas hemorroides. Probablemente el aumento en la presión intraabdominal sea la responsable de muchos casos de hernia hiatal (Antequera, 2001).

4.2.7 Fuentes de Fibra

Cereales

Todos los alimentos de origen vegetal contribuyen a la fibra de la dieta, pero su importancia relativa difiere de acuerdo a su contenido en los alimentos y la frecuencia de consumo. Los cereales se consideran la mayor fuente de fibra. Mucha de la fibra dietética de los cereales es insoluble. La fibra del cereal es más efectiva para el incremento del bolo fecal.

Los granos de los cereales presentan características estructurales similares entre sí. Está constituido por tres partes fundamentales:

- 1) El salvado, que forma la cubierta o capa protectora del grano, el cual tiene un contenido alto de fibra y sales minerales.
- 2) El germen, que está situado generalmente cerca del extremo inferior de la semilla y es el que genera la nueva planta, esta parte tiene un alto porcentaje de lípidos y proteínas.

- 3) El endospermo que es la parte central del grano. De él se obtiene la harina. Está formado básicamente por grandes cantidades de almidón y una proporción más pequeña de proteína (Ver Figura 1).

El arroz se da en áreas cálidas y húmedas de las zonas templadas y en los trópicos. Se cultiva en primavera y verano.

La avena se cultiva en regiones más frías y se cultivan en otoño e invierno.

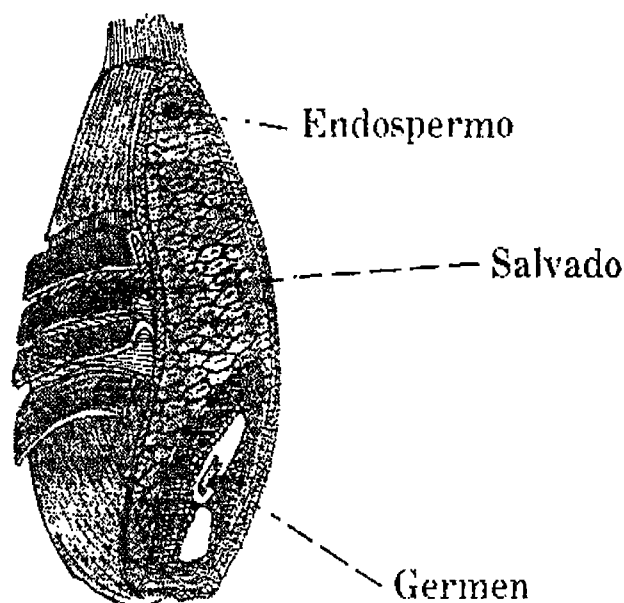


Figura 1.- Partes del cereal

Datos sobre fibra en cereales:

Arroz	18.2%
Avena	21%
Trigo	19.9%

Fuente: Pak, 1990.

Leguminosas

Las leguminosas constituyen una buena fuente de hidratos de carbono, proteínas de origen vegetal y fibra dietética, sobre todo fibra insoluble, además de que representan una importante opción en la dieta de las familias de estratos socioeconómicos bajos. Se complementan con los cereales debido a que brindan una mayor proporción de aminoácidos esenciales, optimizando la calidad de la proteína.

Datos sobre fibra en leguminosas:

Soya	12.5%
Garbanzo	13.7%
Frijol Pinto	18.8%
Lenteja	16.6%
Arveja	12.7%

Fuente: Pak, 1990.

Verduras

Los vegetales que se consumen, son sobre todo, buenas fuentes de fibra soluble. Los valores típicos para el contenido total de fibra es entre 2 y 3g/100g de alimento.

Algunos datos sobre fibra en algunas verduras:

Zanahoria	3.94%
Camote	2.44%
Cebolla	1.59%
Champiñón	1.77%
Coliflor	3.69%
Acelga	3.12%

Fuente: Pak, 2000.

Frutas

La mayoría de las frutas tienen un mayor contenido de agua. Son una buena fuente de fibra soluble como son gomas y pectinas (Johnson and Southgate, 1994).

4.2.8 Recomendaciones de consumo de fibra

El instituto Nacional de Nutrición recomienda en México el consumo de 25-30g/día de fibra dietética para personas adultas, y de 3 a 20 años de 0.5g/Kg de peso (O'Sullivan, et. al., 1998).

4.2.9 Efectos adversos de dietas altas en fibra

La fibra tiene el efecto de causar saciedad con poca cantidad de alimento y disminuye la densidad energética del alimento que la contenga, lo cuál resulta benéfico. Sin embargo, se ha observado que las dietas altas en fibra disminuyen la absorción de vitaminas como la cianocobalamina (B₁₂) y nutrientes inorgánicos como el cobre, hierro, calcio, magnesio y zinc. Esto es importante sobre todo, si la población no tiene otras fuentes para obtener los nutrientes inorgánicos que necesita como es el caso de las zonas rurales en México.

El ácido fítico comúnmente está asociado con los efectos fisiológicos de la fibra dietética. En las plantas, el ácido fítico se encuentra en combinación con potasio, magnesio y calcio, por lo que lo correcto es nombrarlos como “fitatos” en los alimentos. Los fitatos se encuentran en grandes concentraciones en los tejidos de la semilla. Se encuentran en los cereales y sus productos, en nueces y en leguminosas. Generalmente se habla de que en otros vegetales las concentraciones son bajas. (Johnson y Southgate, 1994).

Estudios en mujeres vegetarianas han mostrado que, cuando la dieta vegetariana es consumida como parte de un régimen de control de peso, se observa una disminución en los niveles del hierro.

4.2.10 Germinación

Es un proceso natural de obtención de alimentos muy extendido en todo el mundo, la germinación hace que las semillas de cereales y leguminosas aumenten su valor nutricional. Cuando una semilla cuenta con el agua, el oxígeno y el calor necesario, germina para formar un nuevo ser vivo, una planta que a su vez producirá nuevas semillas. Cualquier semilla de cereal y leguminosa puede ser germinado (www.revistaconsumer.es).

La etapa de germinación se inicia con la imbibición de la semilla y continúa luego de unos pocos días con la aparición de la radícula, que va a ser el encargado de absorber el agua y los nutrientes y asegurar la fijación de la planta (Figura 2).



Figura 2. Proceso de germinación

La germinación es el resultado de un proceso que experimenta la semilla para convertirse en plántula. Se puede considerar que los germinados son altamente nutritivos, debido a que al poner a germinar una semilla, el almidón disminuye, las

proteínas son predigeridas y los nutrimentos inorgánicos mantienen su estado orgánico. Lo más sorprendente de su valor nutrimental es la capacidad de aumentar la cantidad de principios activos en su proceso de germinación (Enciclopedia Encarta 2001).

La importancia de los cereales y leguminosas como satisfactores de requerimientos proteínicos y energéticos, así como de fibra dietética, han generado diferentes métodos y tecnologías para mejorar la calidad nutricia de los cereales y leguminosas. Algunos de estos métodos son el mejoramiento genético, complementación con aminoácidos, fermentación y germinación. La germinación de las semillas para fines alimentarios ha sido una práctica común durante siglos en países orientales, sin embargo, esta práctica comienza a popularizarse en occidente (Alvarez *et. al.*, 1997).

4.2.11 Tratamiento Térmico

Los cereales contienen gran cantidad de almidón que en forma natural es insípido e inadecuado para el consumo humano, por lo que es necesario cocerlo para hacerlo digerible y aceptable (Rico *et. al.*, 1985). Se cocen en agua o se asan para facilitar su asimilación por el organismo. Se trata, por tanto, de una especie de predigestión que nuestro organismo por sí solo no puede realizar (www.revistaconsumer.es).

Los tratamientos térmicos tienen un efecto en el contenido de fibra dietética de los alimentos:

Cocción acuosa: Esta se puede realizar por hervor u olla de presión, con este tratamiento se 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 (Alfonzo, 2000).

Blanqueo con bicarbonato de sodio: Tiene dos importantes funciones, el primero es la inactivación de enzimas responsables del desarrollo de factores antinutricionales. Los inhibidores de tripsina, los cuáles reducen el aprovechamiento de las proteínas, son disminuidos adecuadamente por medio del blanqueo. El segundo es una reducción en el número de microorganismos y oligosacáridos solubles en agua como la rafinosa y estaquiosa que causan flatulencia. El bicarbonato de sodio tiene varias funciones durante el proceso de blanqueo. Suaviza los cotiledones de la semilla y permite que tiempo de blanqueo sea menor y ayuda a reducir la actividad de los inhibidores de tripsina.

Cocción por extrusión: Es un proceso mediante el cuál, un alimento se somete a fuerzas de presión y cizalla, que transforman su estructura molecular

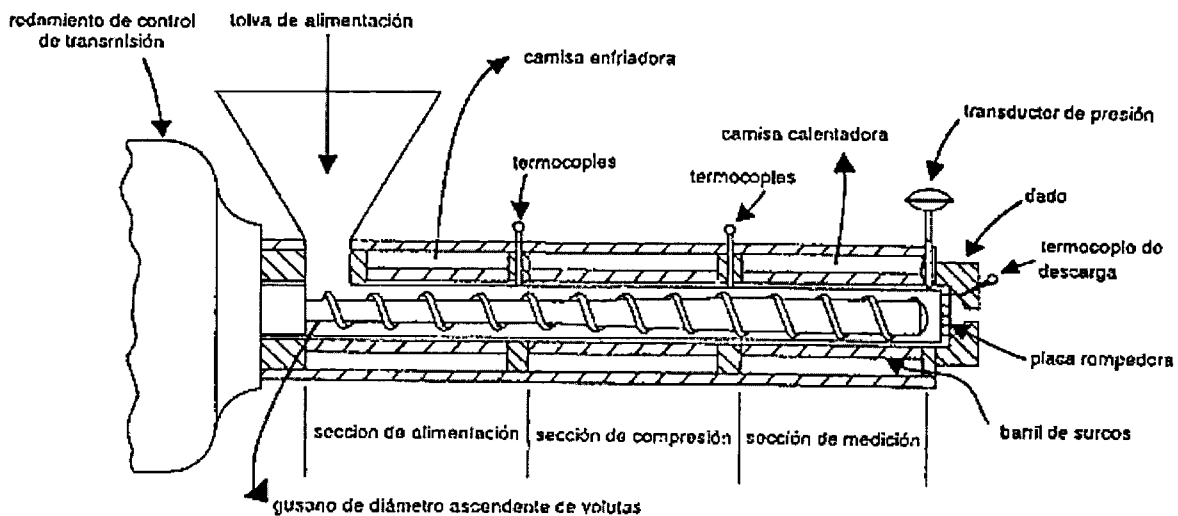
permitiendo crear nuevas formas y texturas. En este tratamiento las macromoléculas de los componentes pierden su estructura original y se forma una masa continua y viscosa en la que se dextriniza y gelatiniza el almidón, se desnaturalizan las proteínas, se inactivan enzimas responsables de posibles deterioros, se destruyen algunos compuestos antinutricios y se disminuye la carga microbiana (Estévez, *et. al.*,2000).

Las altas temperaturas a las que son sometidos los alimentos también inactivan los factores antinutritivos existentes y desnaturalizan enzimas que reducen la vida de anaquel y estabilidad (Harper, 2000).

Durante este procedimiento, la fracción amilácea de los cereales sufre modificaciones en su estructura granular bajo ciertas condiciones. Estas se manifiestan en pérdida de birrefringencia, cambios de viscosidad, solubilidad y absorción de agua, cohesividad, susceptibilidad enzimática, afinidad a colorantes, entre otros (Gutiérrez y Gómez, 1988).

Cuando los alimentos son procesados por medio de la cocción por extrusión, sufren modificaciones físicas y químicas como las que ya se han descrito en párrafos anteriores, las cuáles influyen en la apariencia, aroma, sabor y textura (Chen, *et. al.*,1991).

La extrusión es, en general, una tecnología versátil y muy eficiente, que se aplica ampliamente en la elaboración de alimentos para el hombre y para los animales. Los equipos de cocción-extrusión tienen numerosas aplicaciones, entre las que pueden incluirse: los cereales de desayuno listos para comer, los aperitivos, diferentes productos basados en cereales (Schoenlechner y Berghofe; 2000).



CORTE TRANSVERSAL DE UN EXTRUSOR DE ALIMENTOS BÁSICOS DE UN SÓLO GUSANO

Figura 3 . Corte transversal del extrusor.

Cocción por tostado: La cocción de las leguminosas, es necesaria para el desarrollo de textura y sabor aceptable, así mismo, para inactivar los inhibidores de tripsina y otros factores termolábiles y finalmente para hacer la proteína de las leguminosas nutrimentalmente aprovechable (Loayza, *et. al.*, 1988).

Con este tipo de cocción se produce una reacción característica denominada **reacción de Maillard**, que se da a partir de los 100°C, entre los grupos carbonilos de algunos azúcares y los grupos aminos libres, que puedan existir en las proteínas o aminoácidos libres. Esta reacción va a conducir al pardeamiento y caramelización de la capa superficial, con el aporte de unas cualidades sensoriales muy particulares y apreciadas.

4.2.12 Características generales de la Soya (*Glycine max*).

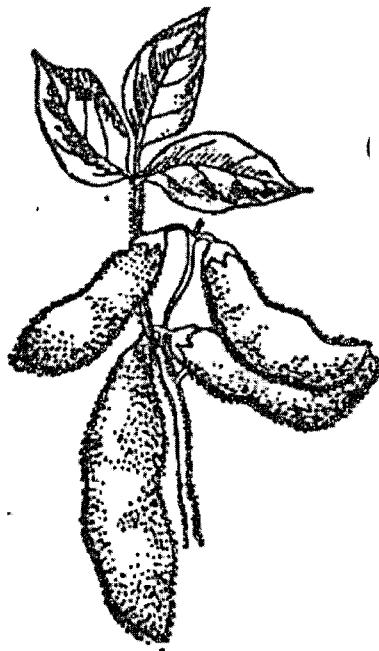


Figura 4, Planta de la Soya

La semilla generalmente es esférica, del tamaño de un chícharo y de color amarillo, castaño o verde en ciertas variedades raras. Algunas variedades presentan una mancha negra que corresponde al hilo de la semilla. Las semillas contienen alrededor de un 20% de aceite y un 40% de proteína. A partir de la proteína se obtienen diversos productos, tales como, aditivos alimentarios, bebidas, sustituto de carne, pinturas, etc. El aceite contiene los ácidos grasos linolénico y linoleico. La soya también es rica en hierro, vitaminas del complejo B, calcio y zinc. Las raíces de la soya, como el de todas las leguminosas, se caracteriza por su capacidad de producir nódulos en los que se desarrollan las bacterias (*Rhizobium*), capaces de fijar el nitrógeno atmosférico. (www.ifr.bbsrc.ac.uk)

La soya es una leguminosa anual, rica en proteína y aceite. Estados Unidos es el principal productor de soya (más del 50%). En México, la mayor parte de la producción de soya se exporta; los principales estados productores de soya son Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Chiapas y Chihuahua. La utilización de la soya como alimento humano está ligada al pueblo chino desde sus orígenes, ya que ha constituido su principal fuente de proteína y durante miles de años su cultivo estuvo restringido a la zona en que se asentaba este pueblo. En el siglo XVII la soya llega a India, Ceilán y Malasia. Alrededor de 1740 llega a París, mientras que a Estados Unidos llega hasta 1804.

La soya es un cultivo de gran importancia en la alimentación humana y animal, debido a su elevado contenido de aceite y proteína. En occidente no se produce mucha cantidad, pero sí un consumo elevado, destinándose más del noventa por ciento del aceite a la elaboración de margarinas o a usos culinarios.

La semilla de soya se compone de dos partes: el tegumento o capa protectora y el embrión, donde se encuentran los órganos básicos de formación de la planta adulta, y los cotiledones u hojas embrionarias con tejidos de reserva, que contienen fundamentalmente aceite y proteína (www.infoagro.com).

4.2.13 Características generales del Garbanzo (*Cicer arietinum* L).

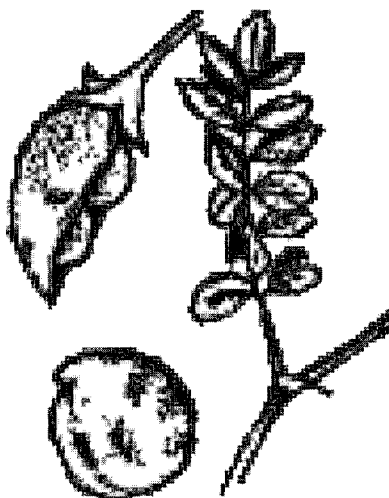


Figura 5. Planta de garbanzo

Existen cuatro especies de garbanzo que han sido reconocidas en diferentes partes del mundo: la oriental, la asiática, la del mediterráneo y la euroasiática. Es originario del Medio Oriente y desde épocas prehistóricas era ya conocido y cultivado en la India y en Grecia.

En México se cultivan dos tipos de garbanzo: el blanco, que es para exportación, que proviene de Europa y el garbanzo porquero café que se utiliza como forraje en

la animal y proviene de India y Asia. México es el tercer país productor de garbanzo en el mundo.

Entre las leguminosas, el garbanzo ocupa el tercer lugar en México. En los estados de Sonora y Baja California, se cultivan las variedades más aceptadas en el mercado como son: Surutato, Macarena, Unión, Angostura, Sonora 80 y Breve Blanco.

Contiene entre un 17 y 24% de proteína. Las semillas tienen una forma esférica, debido al de los dos cotiledones que la forman. Contienen gran cantidad de hidratos de carbono, fosfatos, calcio y vitaminas del grupo B.

A partir de la molienda del grano entero y descascarado se obtiene una harina de origen vegetal que desde el punto de vista nutricional es un alimento rico en proteínas, hidratos de carbono, fibra, minerales y vitaminas. La harina de garbanzo se suele mezclar con harina blanca para hacer pan, o bien, se emplea como ingrediente en productos de confitería (www.infoagro.com).

4.2.14 Características generales del Arroz (*Oryza sativa*).

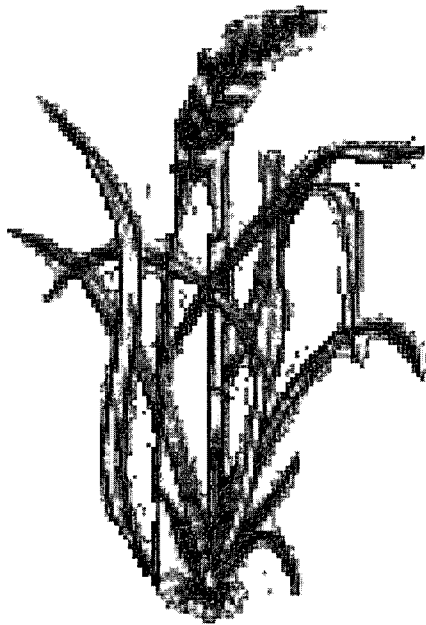


Figura 6. Planta de arroz

El arroz se clasifica en el género *Oryza* de la familia de las gramíneas. Casi todas las variedades cultivadas derivan de la especie *Oryza sativa*.

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10,000 años, en muchas regiones húmedas de Asia. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China. El grano de arroz es el

ovario maduro. El grano descascarado de arroz (cariósido) con el pericarpio parduzco se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el arroz rojo (www.infoagro.com).

El grano, se dispone en una panícula formada por varias espiguillas que crece en el ápice del tallo. Cuando el grano está maduro, la planta del arroz recuerda a la avena. El endospermo blando está encerrado en una membrana de salvado rodeada a su vez por una cáscara de color castaño.

El arroz es un alimento cuyo consumo está muy extendido; constituye la base de la dieta de casi la mitad de los habitantes del mundo. El salvado (la capa externa de la semilla) tiene proteínas y vitaminas E, K y complejo B; además es una buena fuente de fibra. El arroz blanco, es un alimento de menor calidad. El reconocimiento del valor nutritivo del salvado ha elevado de alguna manera el consumo de arroz integral o entero, sin descascarillar. (Enciclopedia Encarta, 2001)

4.2.15 Características generales de la Avena (*Avena sativa*)



Figura 7. Planta de avena

La avena cultivada tiene su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tempranas ya que antes de ser cultivada fue una mala hierba de los cereales.

La avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas.

El valor nutrimental del grano de la avena es superior al de los otros cereales, al ser más rica en aminoácidos esenciales, especialmente en lisina (www.infoagro.com).

El grano de avena que se cosecha está formado por la semilla, muy fácil de digerir, y el cascabillo o envoltura, que es indigerible. En comparación con otros granos, la avena integral (con el cascabillo) es rica en proteínas (12%), grasas (5%), fibra (12 a 14%) e hidratos de carbono (64%).

4.2.16 Posibles aplicaciones y usos del proyecto

Este proyecto puede tener varias aplicaciones de acuerdo con los resultados obtenidos, los cuáles pueden ser:

1. *Industria alimentaria*

Para la fabricación comercial de productos con base en estos alimentos y su combinación como una fuente rica en fibra dietética.

2. *Población mexicana sana*

Porque al obtener un alimento con las mejores cualidades nutricias, se podrá hacer llegar a la población a través de información de cómo consumirla y de la importancia que tiene ó por medio de algún producto elaborado con base en estos alimentos con la finalidad de incrementar el consumo de fibra dietética y así disminuir la incidencia de las enfermedades causadas por el bajo consumo de fibra.

3. *Enfermos*

Aquellos que padecen de alguna enfermedad de la cuál el origen del padecimiento es la falta de fibra, puede utilizarse como parte integral de la terapia de recuperación del paciente o en la disminución de los síntomas de la enfermedad, aplicándolo de la manera adecuada y en la cantidad adecuada, siempre bajo la supervisión del médico y el nutriólogo y así evitar efectos adversos y/o secundarios por un exceso en la cantidad de fibra administrada.

4. *Estudiantes y Profesores de licenciatura en nutrición y afines*

Para dar conocimiento de los resultados obtenidos y corroborar la información obtenida en esta investigación y como pauta para posteriores investigaciones que nos lleven a fortalecer y conocer más a fondo las funciones de la fibra

5.- OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de los procesos de cocción y germinación sobre el contenido de Fibra Cruda y Fibra Dietética en mezclas de cereal – leguminosa.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.1 Determinar si el tratamiento térmico (tostado, cocción con bicarbonato de sodio y extrusión) y el tiempo de germinación (0, 24 y 48 horas) influyen en el contenido de fibra cruda y dietética en las mezclas de cereal – leguminosa.

5.2.2. Conocer el impacto del tratamiento térmico (cocción con bicarbonato de sodio, tostado y extrusión) y del proceso de germinación en el contenido de proteína retenida en los componentes de la Fibra Dietética Total (Fibra Dietética Insoluble y Soluble), de las mezclas elaboradas a base de cereal - leguminosa.

5.2.3. Determinar el tipo de mezclas elaboradas a partir de cereal- leguminosa que aportan mayor contenido de fibra cruda y fibra dietética a la dieta.

7.- METODOLOGÍA

7.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Se trabajó con las siguientes variedades comerciales de cereales y leguminosas, obtenidas de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE):

- Arroz Morelos
- Avena Chihuahua
- Soya Huasteca 200
- Garbanzo Surutato 72

7.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Este trabajo consistió en un diseño experimental de bloques completamente al azar. Los factores de estudio y sus respectivos niveles se muestran en el cuadro 3. Las variables de respuesta que se evaluaron fueron fibra cruda, fibra dietética y proteína retenida en las fracciones insoluble y soluble de la fibra dietética.

Cuadro 3.- Factores de estudio

Cereales	Leguminosas	Tiempo de germinación	Tratamientos térmicos
Arroz	Soya	0 h	Blanqueado con bicarbonato y cocción en olla de presión
Avena	Garbanzo	24 h	Cocción por extrusión
		48 h	Cocción por tostado

Procedimiento de Germinación de la Semilla.

Una vez adquirida la semilla por parte del proveedor, se colocó la semilla cruda en agua y cloro al 1% para desinfectar, posteriormente se dejó en remojo con agua natural toda la noche, una vez remojada, se puso a germinar sobre hojas de papel estraza en varias capas, manteniendo húmedas las capas para favorecer la germinación, una vez que se presentó el brote de la semilla (de al menos el 75% de la semilla que se puso a germinar), se tomó en cuenta las 24 ó 48 horas que deberían tener para la germinación. Para la germinación de 0h, sólo se hicieron los primeros 2 pasos y posteriormente se puso a secar.

Tratamiento Térmico de la Semilla.

- *Blanqueado con bicarbonato de sodio (NaHCO₃) y cocción:* Se sometió la semilla primeramente a remojo en una solución de bicarbonato de sodio al 1.5% toda la noche y posteriormente se coció en una solución de bicarbonato de sodio al 1.5% por 5 minutos, se secó en el horno a 60°C y posteriormente se procedió a molerse para hacer la harina.
- *Tostado:* Después de la germinación, se secó la semilla a 60°C , después se tostó en horno a 200°C por 5 minutos y posteriormente se procedió a la molienda.
- *Extrusión:* después de la germinación se procedió al secado de las semillas a 60° C, Y se molió, una vez elaborada la harina se le agregó agua para humedecerla y posteriormente se pasó por el extrusor a 129° C y a 29 rpm., una vez procesada con el extrusor se secó a temperatura ambiente y se procedió por último, a molerla para efectuar el análisis. Este tratamiento se llevó a cabo en las instalaciones del CINVESTAV campus Juriquilla en la ciudad de Querétaro.

Preparación de las mezclas cereal – leguminosa.

Se trabajó de acuerdo con las cantidades de cereal y leguminosa que proporcionaron la mayor calificación química de la mezcla como a continuación se muestra:

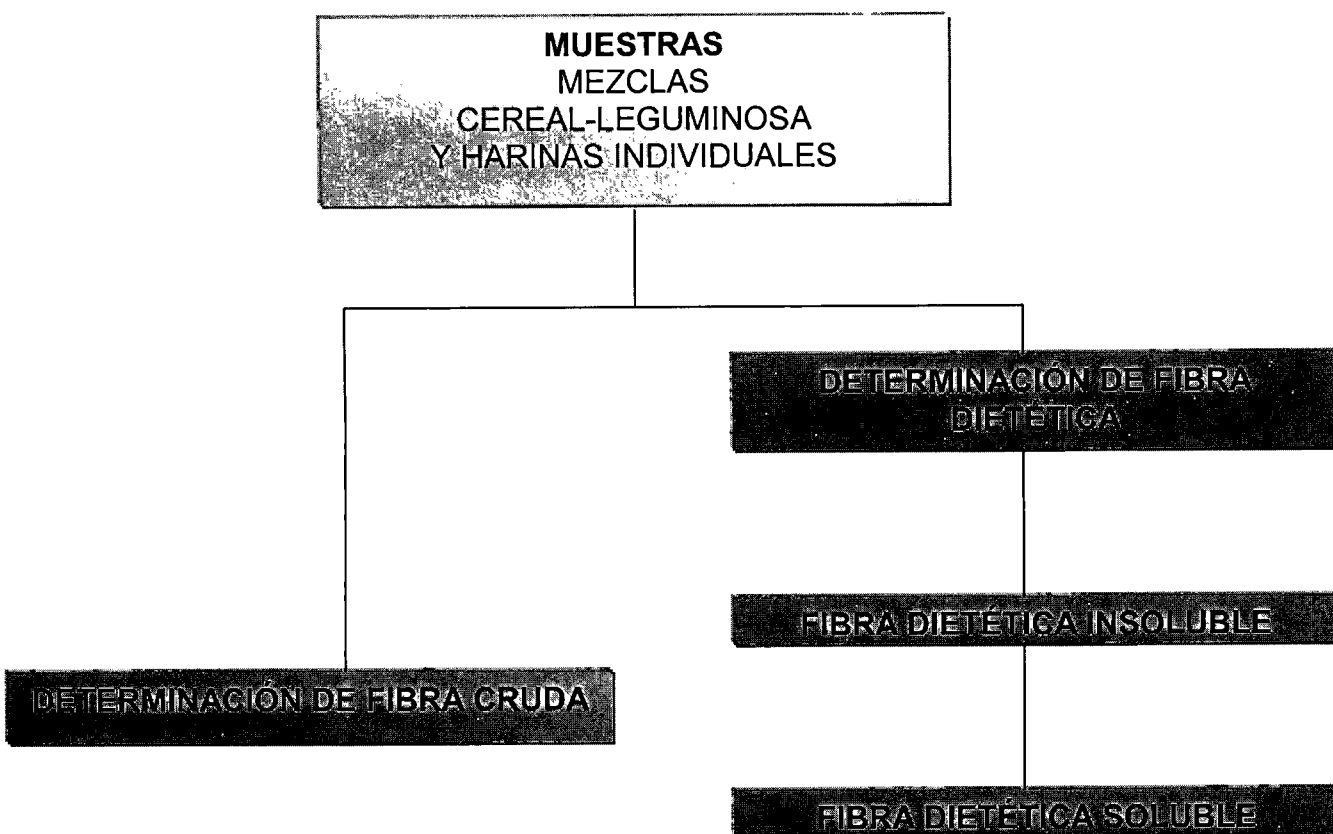
Cuadro 4.- Proporción y gramaje de cereal y leguminosa para la elaboración de las mezclas.

MEZCLA	PROPORCION DE PROTEÍNA DE CADA HARINA	GRAMOS DE CADA HARINA
Arroz-Soya	10% Arroz 90% Soya	37.567g Arroz 62.432g Soya
Arroz-Garbanzo	70% Arroz 30% Garbanzo	86.208 Arroz 13.791 Garbanzo
Avena- Soya	40% Avena 60% Soya	63.540 Avena 36.450 Soya
Avena- Garbanzo	60% Avena 40% Garbanzo	65.980 Avena 33.849 Garbanzo

7.3 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

En las harinas preparadas como se indicó en el párrafo anterior, se evaluaron los contenidos de fibra cruda y fibra dietética. En la figura 8 se muestra un diagrama de flujo del análisis de las harinas.

Figura 8.- Análisis del contenido de fibra de las muestras analizadas.



7.4 FIBRA DIETÉTICA TOTAL (AOAC,1990), INSOLUBLE Y SOLUBLE (LEE Y PROSKY)

Principio

Por duplicado se trabaja la muestra de alimentos secos y desgrasados. Si contienen más del 10% de grasa son gelatinizadas con Termamyl (amilasa), digestión enzimática con proteasa y amyloglucosidasa para remover proteína y almidón. Cuatro volúmenes de etanol son adicionados al precipitado de fibra dietética. El residuo total es filtrado lavando con 78% etanol, 95% etanol, y acetona. Después del secado, el residuo es pesado. Un duplicado es analizado en proteína y otro incinerado a 525°C y se determinan las cenizas.

Materiales y reactivos

Materiales:

Crisol Gooch, preparado adicionando 0.5g y celite a peso constante.
Estufa de calentamiento
Desecador
Mufla
Baño de agua a 60°C
Vasos de 400ml a 600ml
Balanza
Potenciómetro.
Embudo Buchner
Bomba de vacío
Termómetro
Parrilla de calentamiento
Matraces Erlenmeyer de 250ml

Reactivos:

1. Etanol 95% V/V grado reactivo
2. Etanol 78% Medir 207ml de agua destilada en un matraz de 1Lt y diluir al volumen con etanol al 95%. Mezclar y diluir el volumen nuevamente con etanol al 95% si es necesario.
Mezcla Alternativa: Mezclar 1 volumen de agua con 4 volúmenes de etanol al 95%.
3. Acetona grado reactivo
4. Buffer de fosfatos 0.08M. pH 6.0 .Disolver 1.4g de fosfato bibásico de sodio anhídrido (Na_2HPO_4) (ó 1.753g dihidratada), y 9.68 Fosfato monobásico de sodio monohidratado (NaH_2PO_4) ó 10.94 si es dihidratado en 700ml de agua. Diluir con un litro de agua. Verificar el pH con el potenciómetro.
5. Solución amilasa termoestable No. A 3306 Sigma Chemical Co. Refrigerar.
6. Proteasa No. P-3910. Sigma Chemical Co. Refrigerar 1g – 100ml

7. Amiloglucosidasa No. A – 9913. Sigma Chemical Co. Refrigerar 1g – 100ml. Alternativa: Kit con las 3 enzimas (probadas) KIT FDT-100, Sigma Chemical Co.
8. Solución de hidróxido de sodio 0.275N. Disolver 11.00g NaOH en 700ml H₂O en un matraz de 1Lt. Diluir en volumen de agua.
9. Solución de ácido clorhídrico 0.325M. Diluir una solución Stock de título conocido, por ejemplo: 325ml de HCl 1M a 1l de agua.
10. Celite C- 211. Lavado ácido, Fisher Scientific, o en su caso papel filtro Whatman No. 541

Determinación

Preparación de la muestra

Determinación de la fibra dietética en muestra seca:

- a) Homogeneizar la muestra y secar durante la noche a 105°C en estufa.
- a) Enfriar en el desecador.
- b) Moler una porción de la muestra seca hasta que esta pase por malla 0.3-0.5mm.
- c) En caso de que la muestra no pueda ser calentada, congelar y secar antes de moler.
- d) Si la muestra presenta cantidades mayores al 10% de grasa, se procederá a desengrasarla con éter (3 veces con porciones de 25ml/g de muestra), antes de molerse.
- e) Anotar la pérdida de peso de la muestra debido al desgrasado, hacer las correcciones apropiadas al contenido final del porcentaje de fibra dietética encontrada en la determinación.
- f) Guardar la muestra seca y molida en el desecador hasta que el análisis se lleve a cabo.

Determinación de fibra insoluble

Correr un blanco durante todo el proceso junto con las muestras problema para medir cualquier contribución por residuos o por reactivos.

- Pesar por duplicado 1g de muestra ($1g \pm 0.1mg$) en matraces de 250ml. Los pesos de las muestras no deben variar arriba de 20mg.
- Agregar 50ml de Buffer de fosfato pH 6.0 ± 0.2 a cada matraz

Checar y ajustar el pH 6.0 si es necesario con NaOH 0.275N.

Agregar 0.1ml de solución Termamyl.

Cubrir el matraz con hoja de aluminio y colocar en baño de agua hirviendo durante 15min. Agitar vigorosamente en intervalos de 5 min.

Incrementar el tiempo de incubación cuando el número de matraces sea tal que se dificulte alcanzar la temperatura interna de 95-100°C.

- f. Utilizar un termómetro para estar seguros que a los 15 minutos se alcance una temperatura de 95-100°C. Un baño de agua total de 30 minutos debe considerarse suficiente.
- g. Enfriar la solución a temperatura ambiente. Ajustar el pH a 7.5 ± 0.2 mediante la adición de 10ml de solución NaOH 0.275N.
- h. Agregar 5mg de proteasa (como la proteasa tiende a adherirse a la espátula, se recomienda preparar la enzima en solución: 50mg en 1ml de buffer de fosfato) y pipetear 0.1ml justo antes de su uso.
- i. Cubrir el matraz con hoja de aluminio.
- j. Incubar durante 30 minutos a 60°C con agitación continua.
- k. Enfriar
- l. Agregar 10ml de solución de HCl 0.325M
- m. Medir el pH y agregar gotas de ácidos si se considera necesario. El pH final debe estar entre 4.0 y 4.6
- n. Agregar 0.3ml de amiloglucosidasa, cubrir con hoja de aluminio e incubar durante 30 minutos a 60°C con agitación continua.
 Proceda al primer filtrado, donde colocará celite C o papel filtro whatman No. 541 a peso constante en un embudo Buchner. Colocar en succión y transferir cuantitativamente el precipitado de la enzima digestiva al papel filtro.
 Lavar con 2 porciones de 10ml de agua a 70°C.
 Transferir el lavado y colocarlo en un vaso de precipitado de 600ml. (Reservarlo para la determinación de fibra soluble).
 Lavar con 2 porciones de 15ml de etanol al 78%, 2 porciones de etanol al 95% y 2 porciones de acetona al residuo del primer filtrado. Secar en la estufa a 105°C y pesar.
 Analizar el residuo de uno de los duplicados para proteína usando Nx6.25 como factor de conversión.
 El segundo residuo incinerar 5h a 525°C, enfriar en desecador y pesar.

Determinación de fibra soluble

A la porción del lavado que ha sido transferida al vaso, se le adicionarán 4 volúmenes iguales de etanol al 95% a 60°C.

Dejar precipitar a temperatura ambiente por una hora.

Filtrar el precipitado en un embudo Buchner con celite o papel filtro a peso constante.

Lavar el residuo con 3 porciones de 10ml cada uno de etanol al 78%, con 2 porciones de 10ml cada uno de etanol al 95% y con 2 porciones de 10ml cada uno de acetona. Secar el residuo en estufa a 105°C. Enfriar en desecador y pesar.

Analizar el residuo de uno de los duplicados para proteína usando Nx6.25 como factor.

El segundo residuo incinerar 5h a 525°C, enfriar en desecador y pesar.

Cálculos:

Determinación de blanco $B = \text{Blanco, mg} = \text{peso residuo} - P_B - A_B.$

Donde:

$P_B = \text{Peso (mg) proteína}$

$\text{Peso de la proteína} = (\text{ml HCl})(\text{Normalidad de HCl})(0.014)(6.25)$

$A_B = \text{Peso (mg) cenizas}$

En primero y segundo residuo de muestra.

Para el cálculo de la Fibra Insoluble como de la soluble se utilizó la misma fórmula

$\%FDI \text{ ó } FDS = [w \text{ residuo} - (w \text{ proteína} + w \text{ cenizas})] (100 - \%H - \%G)/w \text{ muestra.}$

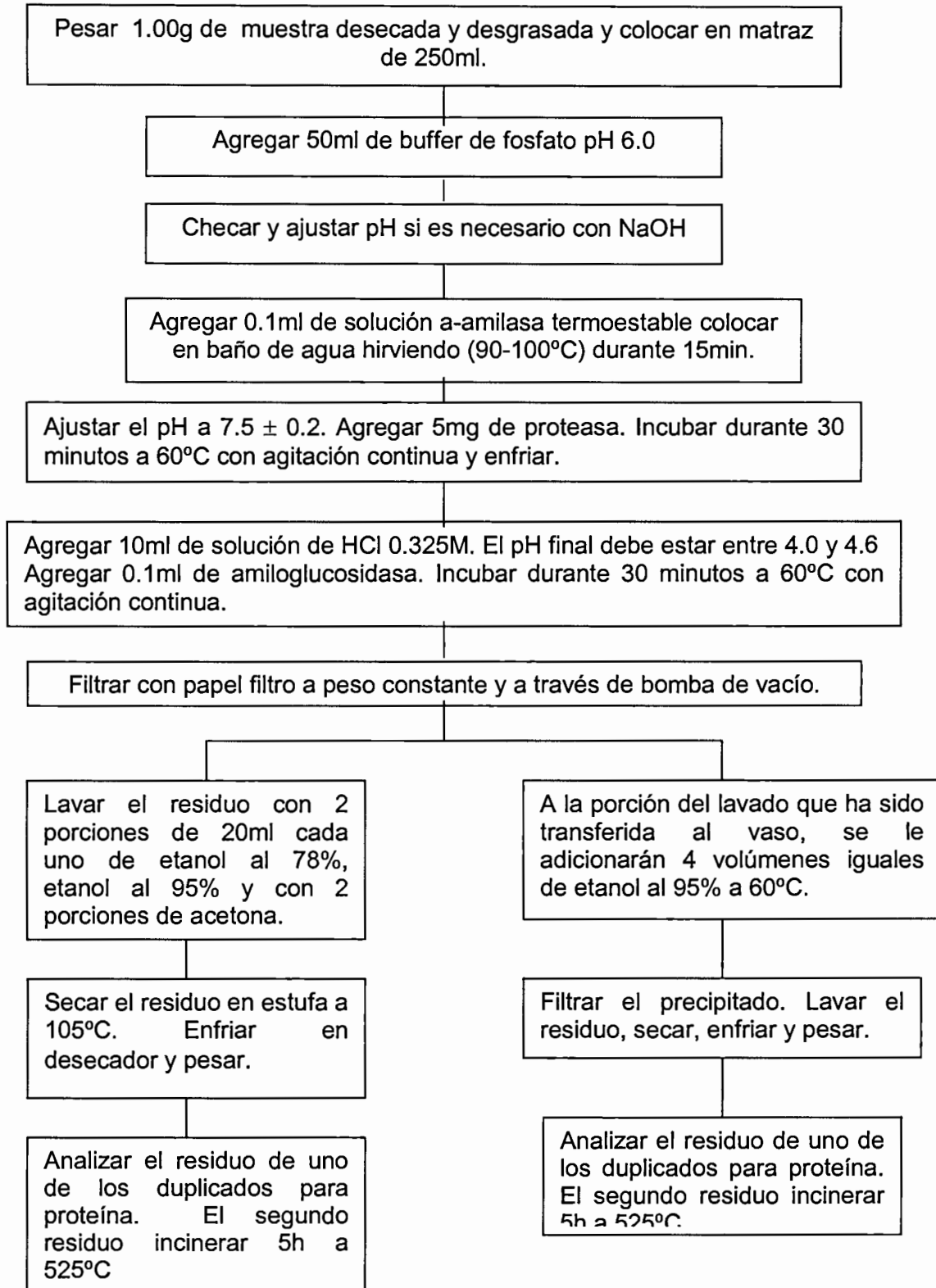
W = peso

H = humedad

G = grasa

Figura 9.

FIBRA DIETÉTICA



7.5 FIBRA CRUDA (MÉTODO AOAC 1990 No. 978.10)

Método gravimétrico por hidrólisis

Principio

El término se aplica al residuo orgánico de cualquier producto natural o elaborado de preferencia seco y desengrasado, después de una separación de los materiales solubles en ácido y álcali diluidos.

Materiales y Reactivos

Ácido sulfúrico 0.81N (3.52) libre de carbonatos y titulados.

Agitador de vidrio con gendarme.

Alargadera para vacío.

Alcohol de 96°

Asbesto de fibra mediana ya tratado o preparado de la siguiente manera:

EL asbesto se digiere con hidróxido de sodio al 5% en baño de vapor por lo menos durante 8h. Después se lava perfectamente con agua caliente, después de vuelve a calentar al mismo tiempo con ácido clorhídrico 1.3 se repite el lavado, se seca y se calcina sobre los crisoles a 650°C.

Balanza analítica.

Crisol de Gooch.

Embudo de Buchner o California.

Estufa u horno 105-110°C.

Éter etílico

Matraz de bola 500ml.

Matraz Kitasato ó para vacío.

Mechero de Bunsen.

Mufla 500-600°C

Piceta.

Tela de lino, con 45 hilos por cada 2.5cm o papel filtro 54 0 541 Whatman o 1573 Schleicher and Schull.

Tripie o soporte de fierro.

Vaso Berzelius 600ml.

Determinación

En el vaso Berzellius se colocan 200ml de H₂SO₄ 1.25%.

Se calienta sin ebulir para que no se concentre.

Se agrega la muestra pesada (1.00g). *Peso 1*

Se realiza la hidrólisis ácida durante 30 minutos, teniendo siempre agua fría en el matraz de bola.

Se filtra en caliente con una malla de 45 hilos x 2.5cm.

Se lava con agua tibia por medio de la piseta hasta un pH neutro con papel pH universal.

Se pone a calentar 200ml de NaOH 1.25% (0.313N) sin ebulir. La muestra deberá estar seca y desengrasada, de lo contrario, se hará una saponificación.

Agregar el residuo filtrado a hidrólisis alcalina por 30 minutos.

Se filtra a través del crisol de Gooch y se lava hasta neutralizar. Filtrar con papel filtro 54 en caliente antes del crisol de Gooch.

Agregar alcohol y éter para disolver grasa que pueda quedar y para facilitar el secado

Se coloca el crisol en la estufa 100°C durante 30 minutos.

Se enfría en el desecador.

Se pesa el residuo seco. 2º peso *Crisol + residuo seco*

Se pasa a la mufla a una temperatura de 550 a 600°C durante 30 minutos.

Se enfría en el desecador.

Se pesa.

Cálculos:

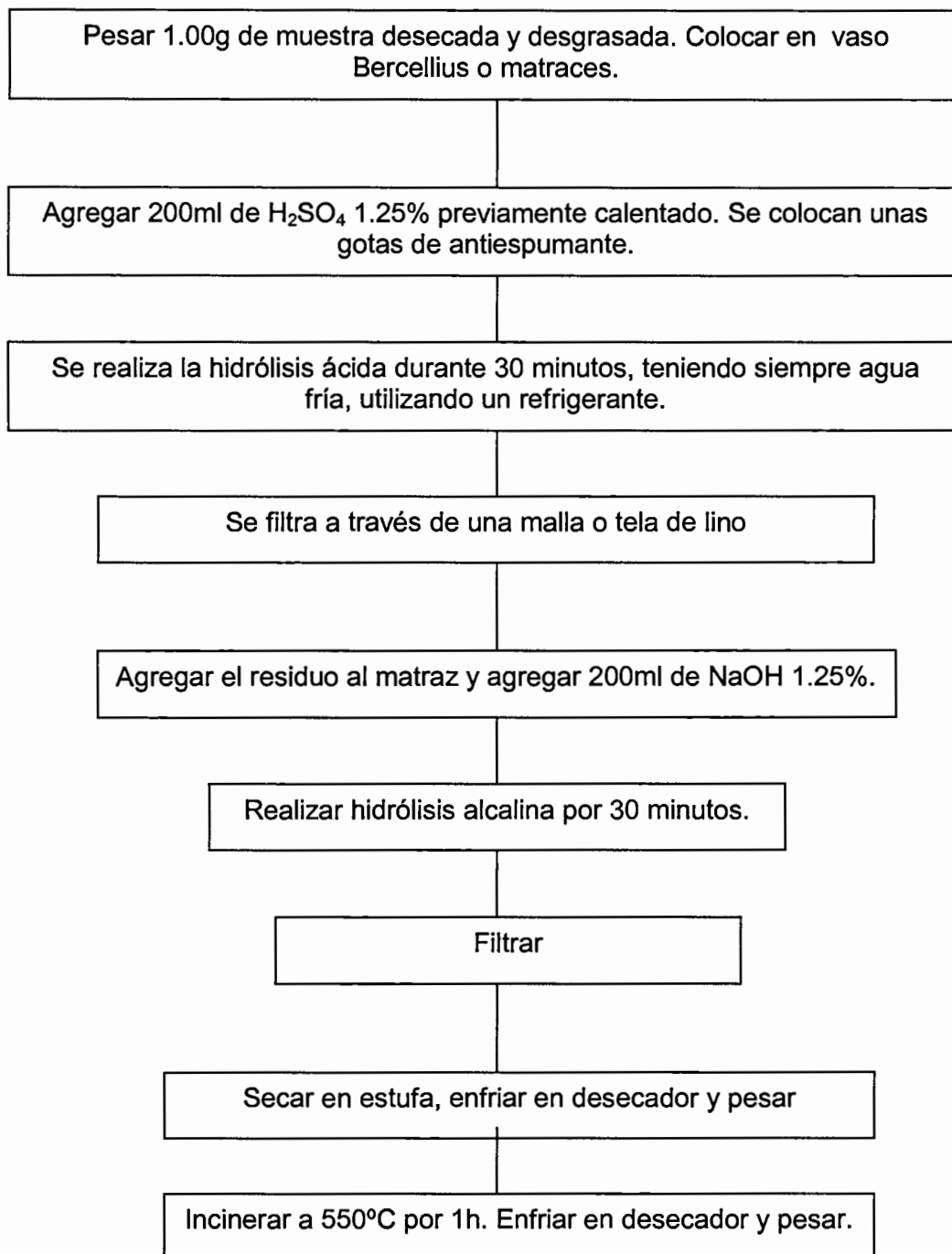
% Fibra Cruda = $\frac{\text{peso del residuo} - \text{peso de las cenizas}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$

Peso del residuo = peso del papel con muestra seca – peso papel filtro

Peso cenizas = peso del crisol con cenizas – peso del crisol

Figura 10.

FIBRA CRUDA



7.6 Cálculo de la proteína retenida.

En cuanto al cálculo de proteína retenida se utilizaron las siguientes fórmulas:

Proteína retenida en 100g de mezcla o harina:

$$PR = \% \text{proteína en FDI ó FDS} \times \text{FDI ó FDS}/100$$

Proteína retenida en 100g de proteína:

$$PR = \% \text{ proteína en FDI ó FDS} \times 100/\% \text{ proteína total.}$$

7.7 Análisis estadístico.

El contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Fibra Dietética Insoluble, Fibra Dietética Soluble y la Proteína retenida en las fracciones de la fibra dietética en las harinas individuales y mezclas de cereal – leguminosa, sometidas al proceso de germinación con y sin tratamiento térmico, se comparó con una análisis de varianza de Fisher mediante la prueba de diferencia de medias de DUNCAN con un nivel de significancia de 95% ($p < 0.05$). En todos los casos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS Versión 5.0.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presentación de los resultados obtenidos durante este trabajo de investigación, así como la discusión de los mismos se hará en 6 secciones, en la primera y segunda sección se menciona el efecto del proceso y tiempo de germinación sobre el contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS) sobre las harinas de cereales y leguminosas en forma individual y sus mezclas sin ser sometidas a ningún tratamiento térmico.

En la sección 3 se discute sobre el efecto de la combinación cereal – leguminosa en el contenido de FC, FDT, FDI y FDS de las mezclas.

En la sección 4 se muestran los resultados para el estudio del efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de FC, FDT, FDI y FDS en los cereales y leguminosas en forma individual y en sus respectivas mezclas.

Finalmente en las secciones 5 y 6 se presenta el impacto del proceso de germinación y del tratamiento térmico sobre el contenido de la proteína retenida en la FDI y FDS en las harinas de forma individual y en sus mezclas respectivamente.

Los valores numéricos se presentan como anexos y las gráficas se presentan posteriormente a los resultados.

8.1 Efecto del periodo de germinación en el contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS) en las harinas de cereales y leguminosas en forma individual sin tratamiento térmico

Para el caso de la soya, en el análisis estadístico de los datos, se observó un mayor contenido de Fibra Cruda (FC) a las 0h (8.60%) y 24h (8.43%) de germinación, presentándose una diferencia significativa a las 48h (5.08%) con respecto a las anteriores; valores similares presentaron Mastrapa, *et. al.*, en 2000 para soya cruda quienes obtuvieron un valor de 8% de FC.

El tiempo de germinación con mayor contenido de Fibra Dietética Total (FDT) y Fibra Dietética Insoluble (FDI) se observó a las 24h con valores de 29.72% y 29.70% respectivamente, estos valores presentan una diferencia significativa con respecto a los tiempos de 0h y 48h, en donde se observó un contenido de 11.75% y 23.11 de FDT y de 10.94% y 21.89% en el caso de la FDI.

En lo referente a la Fibra Dietética Soluble (FDS), el valor más alto se observó a las 48h siendo de 1.21%, presentándose diferencias significativas con respecto a las 0h y 24h, donde se obtuvieron valores de 0.81% y 0.12% respectivamente. Closa *et. al.*, en 1994, reportaron valores para FDT de 16.10%, para la FDI de 12.50% y para la FDS de 3.60%, con respecto a los obtenidos en este trabajo para la harina cruda y con 0h de germinación. (Ver Anexo 1)

Con respecto al garbanzo, se observaron diferencias significativas en el contenido de FC entre las 0h y 24h de germinación y entre las 24h y 48h, pero no entre 0h y 48h, esto indica que el mayor contenido de FC se encontró a las 24h con un valor de 5.10%. Herrera *et. al.*, en 1998 publicaron un contenido de FC para la harina cruda de esta leguminosa de 3.6%, el cuál es muy similar al valor obtenido en este estudio que fue de un 3.87%.

Para la FDT y FDI el mayor incremento se observó en el periodo de germinación más prolongado (48h), obteniéndose valores de 22.53% y 21.65% respectivamente. El valor más alto de FDS se presentó a las 24h de germinación con un valor de 2.07%.

En cuanto a lo reportado por otros autores, se tiene que los valores obtenidos de FDT y FDI por Pak *et. al.*, en 1990 para muestras crudas de garbanzo fue de 13.7% y 12%, en este estudio se obtuvieron valores similares para la harina cruda de 0h de geminación con valores de 13.53% y 12.89% respectivamente. Sin embargo, en este trabajo se detectó un contenido de FDS de 0.63%, el cuál resultó más bajo que lo reportado por Pak *et. al.*, en 1990, quienes señalaron un contenido de 1.8%; esta variación podría atribuirse en parte, a la variedad del grano y al método empleado para la determinación de FDS.

Herrera *et. al.*, en 1998, presentaron un contenido de FDT, FDI y FDS para el garbanzo crudo sin germinar de 13.6%, 13.1% y 0.5% respectivamente, los cuales son muy similares a los valores obtenidos en este estudio. También Vidal *et. al.*, en 1991 reportaron un contenido de FDI para esta leguminosa de 12.72%, no obstante que emplearon un método distinto al que se utilizó en este trabajo.(Ver Anexo 2).

En lo que se refiere a los cereales, para la harina de arroz, el contenido más alto de FC se presentó a las 24 h (13.71%) con diferencias significativas a las 0h (8.6%) y 48 h (11.52%). El contenido de FDT y FDI fue mayor en las muestras que no se sometieron al proceso de germinación (16.94%) y (16.72%), el valor de FDT que se observó en este estudio, es muy parecido al dato reportado por Pak *et.al.*, en 1990 quien obtuvo un valor de 18.2%, probablemente la diferencia podría radicar en la variedad de arroz empleada en ambos estudios, no obstante, es importante señalar que sí se detectó un aumento significativo de FDS en comparación con las 0h de germinación cuyo valor fue de 0.22% con respecto a las 48h de germinación donde de observó un valor de 1.17%. (Ver Anexo 3).

Para la avena el contenido más alto de FC se presentó a las 48h (14.64%) con diferencias significativas entre las 0h (12.17%) y las 24h (12.77%). El mayor contenido de FDT y FDS se observó a las 24h con valores de 37.49% y 2.30% respectivamente. El dato más alto de FDI se detectó a las 48h de germinación obteniéndose un valor de 37.01%. (Ver Anexo 4).

Realizando una comparación entre los cereales (arroz y avena) en cuanto al contenido de FC, FDT, FDI, y FDS, se observó lo siguiente:

En todos los casos se detectó hubo una diferencia significativa entre cereales para cada uno de los componentes ya señalados, siendo la avena la que presentó los valores más elevados de FC (13.19%), FDT (32.53%), FDI (30.60%) y FDS (1.59%) en comparación con el arroz, en el que se detectaron valores de 11.27%, 15.49%, 14.81% y 0.68% respectivamente. Para los valores obtenidos de FDT de la avena, se encuentran por arriba de lo reportado por Pak, *et. al.*, en 1990 ya que estos autores presentaron valores de 7.1% para la avena Eva Baer y de 21.0% para la avena Pony Baer. Nuevamente se puede suponer, que estas diferencias se deben a la variedad utilizada en cada uno de los estudios.

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el tiempo de germinación influye en los valores obtenidos para FC, FDT, FDI y FDS.

Se sabe que la avena es uno de los cereales con mayor contenido de FDT, principalmente FDS, ya que como lo mencionan Pak, *et. al.*, en las muestras de centeno y avena fue donde obtuvieron el mayor contenido de FDS con respecto a los otros cereales estudiados.

En el caso de las leguminosas, también se observaron diferencias significativas de FC, FDT y FDI entre el garbanzo y la soya, siendo para el primero de 4.34%, 18.5% y 17.31% y para la soya de 7.37%, 21.52% y 20.80% respectivamente. No se encontró diferencia significativa en el contenido de FDS entre ambas leguminosas considerando en ambos casos un promedio de los valores obtenidos durante los tres periodos de germinación.

Dependiendo del tiempo de germinación y a excepción de la FDS, la soya mantuvo los valores más altos de FC, FDT y FDI con respecto al garbanzo, lo cuál fue muy similar a lo reportado por Herrera, *et. al.*, en 1998.

8.2 Efecto del periodo de germinación en el contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS) en las mezclas sin tratamiento térmico.

Las mezclas germinadas sin tratamiento térmico en lo que respecta al contenido de FC presentaron diferencias significativas entre sí.

La mezcla de Arroz – Soya (AzS) presentó un contenido más alto de FC (15.81%) que la mezcla Arroz – Garbanzo (AzG) (12.50%). La mezcla Avena – Garbanzo (AvG) presentó mayor contenido de FC (12.88%) que la mezcla Avena – Soya (AvS) la cuál presentó un valor de 12.06%. (Ver Anexo 5, 6, 7, y 8).

24h y el bicarbonato de sodio a las 0h mostraron un aumento en la FDT y el bicarbonato de sodio a las 0h un incremento en la FDI. (Ver Figura 14).

La avena con todos los tratamientos térmicos, a excepción del tostado de 24h, aumentó el contenido de FDS en comparación con las harinas crudas, en éstas últimas, a mayor tiempo de germinación mayor contenido de FC, FDT y FDI. (Ver figura 14).

Se observó que la avena y el arroz presentaron los valores más altos en cuanto al contenido de FC (12.43% y 12.76%) con respecto a las mezclas y a las leguminosas. La mezcla AvS presentó el más alto contenido de FC (12.93%).(Ver Figuras 13, 14, 15, 16, 17 y 18).

El arroz, la avena, el garbanzo y la mezcla AvG presentaron un mayor contenido de FC a las 48h de germinación.(Ver Figuras 13, 14 y 18)

Las mezclas AvS y AzS crudas presentaron un mayor contenido de FC a las 24h, presentando diferencias significativas con respecto a las harinas individuales de arroz, avena y soya, las cuales obtuvieron un mayor contenido de FC a las 48h en el caso de los cereales y de 0h para el caso la soya. Tanto el garbanzo como la soya se benefician en cuanto al contenido de FC cuando se mezclan con el cereal. (Ver Figuras 15 y 16).

La avena, soya y garbanzo presentaron mayor contenido de FDT que sus respectivas mezclas a las 48h de germinación. Las mezclas AvS y AvG presentaron mayor contenido de FDT a las 48h. El arroz en combinación con la soya presentó mayor contenido de FDT a las 0h en tanto que la mezcla AzG lo presentó a las 24h. (Ver Figuras 11, 12, 14, 15, 16, 17 y 18)

En la mezcla AzS y AzG se presentó un mayor contenido de FDT en el tratamiento con tostado, mientras que para el arroz, avena, garbanzo, las mezclas AvG y AvS, el contenido más alto se presentó con el tratamiento de bicarbonato, y en donde se detectó mayor disminución de FDT tanto para las mezclas como para las harinas individuales fue en el tratamiento de extrusión.

Para la avena, soya, garbanzo, AvS, AvG y AzG sometidas a los tratamientos térmicos, el tiempo de germinación de 48h fue en donde se presentó el mayor contenido de FDI. (Ver Figuras 11,12, 13, 14, 16 y 18).

En las mezclas de AzS, el contenido de FC siempre fue mayor en las muestras crudas que aquellas que fueron sometidas a tratamiento térmico en sus respectivos tiempos de germinación. En estas mezclas, dependiendo del tratamiento térmico, se vio afectado el contenido de FDT con respecto a las mezclas crudas donde la tendencia en la mayoría de los casos fue al incremento de FDT a excepción del tostado y del extrudido de 48h donde disminuyó y también en el tratamiento de bicarbonato con 24h de germinación se observó una disminución de este componente. Carnovale, *et. al.*, en 1995 refieren que un

mismo tipo de tratamiento térmico puede tener efectos diferentes en el contenido de Fibra Dietética de los alimentos. (Ver Figura 15).

En el caso de la FDI, se observó un aumento en el tostado a las 0 y 24h, en el bicarbonato a las 0 y 48h y en la extrusión a las 0h con respecto a sus respectivas mezclas crudas y tiempos de germinación. El contenido de FDS en la mezcla cruda a las 48h siempre fue superior a las mezclas sometidas a tratamientos térmicos. (Ver figura 15).

Para los casos en donde se observó un mayor contenido de FDT, FDI y FDS, se tiene que Alfonso en 2000, reportó que en las leguminosas estudiadas, obtuvo un incremento de estos componentes después de ser sometidas a tratamiento térmico con respecto a las muestras crudas. También Acevedo *et. al.* en 1990 reportaron un mayor contenido de FDT en los alimentos cocidos con respecto a los crudos. El aumento aparente de fibra dietética después de la cocción puede deberse a la pérdida de los componentes que no son fibra, ya que durante ciertos procedimientos térmicos, se forman productos de Maillard que a menudo se estiman como fracción insoluble (Pak, 2000). Algunos autores reportan que los tratamientos térmicos incrementan el contenido de hemicelulosa en los cereales (Vidal – Valverde, *et. al.*, 1991).

En las mezclas de AvS el contenido de FC de las mezclas sometidas a tratamiento térmico fue mayor al de sus respectivas mezclas crudas y tiempos de germinación a excepción del tostado a las 24 y 48h y del extrudido a las 48h. Estas mismas mezclas sometidas a tostado y extrusión presentaron un contenido de FDT y FDI inferior al de las mezclas crudas con sus respectivos tiempos de germinación; sin embargo, en el tratamiento con bicarbonato se observó un incremento de este componente. (Ver Figura16). En el tostado siempre hubo un incremento de FDS con respecto a las mezclas crudas y sus respectivos tiempos de germinación. También en el caso de la cocción con bicarbonato y extrusión se observó un incremento de FDS a las 24 y 48h en el primer caso y en las 0 y 48h en el segundo. Al respecto Pak en 2000 refiere que pueden presentarse cambios en la fibra dietética, los cuáles pueden ser cualitativos o cuantitativos, es decir, que puede haber una reducción o aumento en la Fibra Dietética, o bien, sin alterar el contenido de la fibra, cambia su composición. Esta autora señala que en el procesamiento térmico, los enlaces glucosídicos de los polisacáridos pueden romperse causando solubilización de la fibra ya soluble en fragmentos más pequeños. (Ver figura 16).

En la mayoría de las mezclas AzG sometidas a tratamiento térmico mostraron una disminución de FC con respecto a las mezclas crudas. Con respecto a la FDT hubo una disminución de este componente en las mezclas con tratamiento térmico con respecto a las mezclas crudas, sólo se observó un incremento en el tostado a las 24 y 48h de germinación y en el bicarbonato a las 0h de germinación. Se detectó una disminución de la FDI en las mezclas sometidas a tratamiento térmico a excepción del tostado a las 24h de germinación y el bicarbonato a las 0h de

germinación. En este último tratamiento, se observó un incremento de FDS conforme hay un incremento en el tiempo de germinación. (Ver figura 17).

Para las mezclas de AvG, se presentó una disminución en el contenido de FC para las mezclas con tratamiento térmico con respecto a las mezclas crudas con sus respectivos tiempos de germinación. Lo mismo se observa para la FDT y la FDI, a excepción del tratamiento de bicarbonato a las 0h. Para el caso del contenido de FDS, esta disminuyó en todos los casos a excepción del tratamiento con tostado a las 24 y 48h de germinación y del bicarbonato a las 48h de germinación. (Ver figura 18).

8.5 Impacto del proceso de germinación y del tratamiento térmico sobre la proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS) de las harinas individuales

Para la soya, la proteína retenida en la FDI es superior a la proteína retenida en la FDS. El tratamiento con bicarbonato favoreció mayormente la formación de complejos fibra – proteína, ya que en este tratamiento se observaron los valores más altos de proteína retenida en FDI. Sin embargo, el tratamiento con extrusión a las 0h fue el que obtuvo el valor más bajo de proteína retenida en la FDI con respecto a los tratamientos térmicos y a las harinas crudas. En todos los tratamientos térmicos se observaron valores más bajos de proteína retenida por 100g de proteína que las harinas crudas sometidas a 24 y 48h de germinación. En estas harinas crudas los valores de proteína retenida en la FDI a las 24 y 48h fueron más altos, comparado con la de 0h. (Ver figura 19).

En el Garbanzo al igual en la soya cruda, a mayor tiempo de germinación mayor proteína retenida en la FDI por 100g de proteína y en la proteína retenida en la FDS el valor más bajo se obtuvo únicamente a las 48h de germinación.

En el tratamiento con tostado a las 48h se obtuvo el mayor contenido de proteína retenida en la FDI y en la FDS, con respecto a las harinas crudas. En el tratamiento con bicarbonato y el la extrusión, el contenido de proteína retenida en la FDI fue inferior a lo obtenido para la harina cruda, únicamente en el garbanzo con bicarbonato a las 0h de germinación la proteína retenida en la FDI fue superior al del garbanzo crudo. La proteína retenida en la FDS en el garbanzo crudo a las 24h de germinación fue superior al de la proteína retenida en la FDS para los tratamientos con bicarbonato y con extrusión, en este caso se puede ver que los tratamientos térmicos tienen un efecto benéfico al disminuir la proteína retenida en la fracción soluble de la fibra en comparación con las harinas crudas. (Ver figura 20).

Para el Arroz, el tostado a las 48h de germinación, el tratamiento con bicarbonato y extrusión a las 0h de germinación, mostraron un incremento en la proteína retenida en la FDI al igual que un incremento en la FDT con respecto a las harinas crudas, esto último podría explicarse al aumento de la proteína retenida en la fracción insoluble. En el caso del tostado y bicarbonato a las 24h de germinación,

aún cuando se observa un incremento en la FDT, no se aprecia un aumento en la proteína retenida en la FDI. El aumento de fibra podría asociarse a los complejos formados por los componentes de FDI y FDS (celulosa, hemicelulosa, pectinas y gomas) con lípidos e hidratos de carbono, o bien, a la formación de almidones modificados que incrementan el valor de la fibra dietética.

En la fracción soluble, en donde se observó un incremento de proteína retenida en la FDS, también se presentó un aumento en el contenido de FDS, igualmente se presentó una disminución de la proteína retenida en la FDS, esto se puede justificar por la formación de complejos con proteína y los componentes de la FDS. Carnovale *et. al.*, en 1995 reportaron que en la cocción se promueve el rompimiento de los componentes de la fibra dietética, además de propiciar la interacción y enlace de estas sustancias con proteínas y lípidos, así como la generación de cambios cualitativos y/o cuantitativos que varían la composición de la fibra dietética. (Ver figura 21).

Para la Avena, en la FC no se detectó un incremento homogéneo por tratamiento, sino que dependiendo del tiempo de germinación y del tratamiento térmico al que fue sometido se observaron comportamientos diferentes. Solo en las harinas crudas a mayor tiempo de germinación hubo mayor incremento en la FC. En lo referente a la FDT y FDI, se observó que solo el tostado a las 24h y el bicarbonato a las 0h tuvieron un aumento en la FDT y sólo el bicarbonato a las 0h un incremento en la FDI. En todos los tratamientos térmicos, a excepción del tostado de 24h, aumentó el contenido de FDS. En las harinas crudas a mayor tiempo de germinación mayor contenido de FC, FDT y FDI. (Ver Figura 12). Para la proteína retenida el tratamiento de tostado a los tres tiempos de germinación siempre se observó un incremento de la proteína retenida en la FDI con respecto a las harinas crudas, de igual manera el tratamiento de cocción con bicarbonato de sodio a las 24h de germinación y extrusión a las 48h de germinación se observó un incremento con respecto a las harinas crudas. Siempre se observó un incremento significativo de proteína retenida en la FDS con respecto a las harinas crudas, lo que podría explicar, en parte, el incremento de FDS. La proteína retenida tanto en la FDI como en la FDS disminuye a mayor tiempo de germinación en las harinas crudas, al respecto, Álvarez *et. al.*, en 1997 reportaron una mayor digestibilidad proteica a mayor tiempo de germinación, esto debido a la hidrólisis de las proteínas de reserva efectuada por proteasas endógenas durante la germinación, lo que puede explicar, en parte, el mayor contenido de proteína retenida. Esto es apoyado por Camacho, *et.al.*, en 1992 donde estos autores reportaron que durante la germinación ocurre una transformación de la proteína de reserva en compuestos nitrogenados simples que luego son utilizados por la nueva plántula en nueva síntesis de proteínas. (Ver figura 22).

8.7 Impacto del proceso de germinación y del tratamiento térmico sobre el contenido de proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble (FDI) y Fibra Dietética Soluble (FDS) de las mezclas cereal – leguminosa.

En lo referente a las mezclas, la proteína retenida en la FDI y FDS, las mezclas de AvS que fueron tratadas con bicarbonato con 0 y 48h de germinación se detectó un incremento en la proteína retenida en la FDI tanto por 100g de mezcla como por 100g de proteína total. Como ya se mencionó en los párrafos anteriores, también se observó un incremento en la FDI para este tratamiento con respecto a las mezclas sin ser sometidas a tratamiento térmico. Esto confirma las interacciones de los aminoácidos y proteínas con los componentes de la FDI tal y como lo señala Márquez Méndez y col. en 1993, Carnovale *et. al.*, en 1995 y Alfonzo en 2000. Es interesante señalar que para algunos tratamientos como por ejemplo el tostado a las 48h y la extrusión a las 0,24 y 48h de germinación de estas mezclas se observaron valores más altos de proteína retenida en la FDI por 100g de proteína comparado con las mezclas crudas a los mismo tiempos de germinación, sin embargo, no se detectó un incremento en el contenido de FDI y FDI. Al respecto se puede decir que el incremento en la proteína retenida puede no ser significativo, por lo que no se ve reflejada en el contenido total de la fibra dietética. En lo que respecta al contenido de FDS, también se mencionó que en estas mezclas sometidas a los diferentes tratamientos térmicos, a excepción de la mezcla con bicarbonato a las 0h y extrudida a las 24h, se detectaron valores más altos de este componente de la Fibra Dietética con respecto a las mezclas crudas y justamente en todas estas mezclas con excepción de las ya señaladas, muestran un incremento en la proteína retenida en la FDS después de ser sometidas al tratamiento térmico en comparación con lo valores obtenidos de proteína retenida en las mezclas crudas, esto nos muestra evidencia de que también se forma una complejación de los componentes de la FDS con la proteína y los aminoácidos. Por otra parte, se observa que para las mezclas crudas el proceso de germinación, tiene un efecto benéfico en el sentido de que a mayor tiempo de germinación, se reduce la proteína retenida tanto en la FDI como en la FDS. Para el caso de las mezclas sometidas al proceso de extrusión, aunque la proteína retenida en la FDI como en la FDS es más alta en comparación con las mezclas crudas, los resultados indican que aún así, el proceso de germinación tiende a reducir estos valores para estas mezclas. En el tostado a las 0 y 24h y el bicarbonato a las 24h de germinación también redujeron el contenido de proteína retenida en la fracción insoluble. (Ver Figura 23).

En el caso de las mezclas de AvG se señaló anteriormente un aumento en el contenido de FDI y FDI en el tratamiento con bicarbonato a las 0h de germinación y también se observó un mayor contenido de proteína retenida en la FDI, por lo que esto demuestra que el incremento de FDI se debe, en parte, a la formación de complejos con aminoácidos y proteína. En estas mezclas sometidas a los diferentes tratamientos térmicos se observó una disminución en la proteína retenida en la FDS a excepción del tostado a las 24 y 48h de germinación y el

bicarbonato a las 48h en donde hubo un aumento, esto también parece indicar que los componentes de la FDS pueden formar complejos con las proteínas y los aminoácidos presentes en las mezclas. En el tratamiento con tostado y bicarbonato a las 48h de germinación es evidente la disminución de proteína retenida en la FDI. En el tratamiento con bicarbonato de estas mezclas si se observó una disminución de proteína retenida a mayor tiempo de germinación. Observaciones similares reportaron López *et. al.*, en 1999, en donde mencionan la reducción de Fibra dietética por el tratamiento térmico también corresponde con una disminución de la proteína unida a la pared de la célula, ya que la fracción de proteína asociada con la FD es siempre una fracción de proteína digerida incompletamente. (Ver Figura 24).

Para las mezclas de AzS, se observó el efecto contrario que en las mezclas AvS y AvG, ya que en estas mezclas se observó que a mayor tiempo de germinación es mayor la proteína retenida en la FDI y FDS en las que fueron sometidas sólo al proceso de germinación. En la mezcla con tratamiento de bicarbonato a las 0h de germinación se observó el mayor contenido de proteína retenida con respecto a los demás tratamientos térmicos y también un incremento en el contenido de FDT y FDI, lo cuál nos indica que este aumento puede deberse en parte, a la adición de proteína a la fibra dietética. En estas mezclas sometidas a los tres tratamientos térmicos, mostraron una disminución de la proteína retenida en la FDI con respecto a las mezclas crudas y sus correspondientes tiempos de germinación. Para el caso de la proteína retenida en la FDS para estas mezclas, únicamente se observó una disminución de la proteína retenida en esta fracción en el tratamiento con bicarbonato y extrusión, ambos a las 48h de germinación. (Ver figura 25).

En las mezclas crudas de AzG se observó una disminución en la proteína retenida en la FDI y FDS, sin embargo, a las 48h se detectó un aumento en la proteína retenida en la FDI, aunque la proteína retenida en la FDS fue inferior a la mezcla que no se sometió a germinación. Esto se puede explicar, en parte, a un mayor contenido menor de proteína disponible que pueda formar complejos con la fibra dietética, dado que la proteína retenida se está empleando en la síntesis de nuevos aminoácidos durante la germinación. Los valores más altos de proteína retenida en la FDI y en la FDS corresponden al tratamiento de tostado a las 24h y bicarbonato a las 0h, justamente en estos tratamientos bajo las mismas condiciones de tiempo de germinación se incrementó el contenido de FDI y FDS en relación las muestras crudas; nuevamente esto muestra evidencia de que el incremento de FDT y en sus componentes se debe, en parte, a la formación de los complejos fibra – proteína. Como ya se ha señalado en párrafos anteriores Marques *et. al.*, en 1993 reportaron que el tratamiento térmico es responsable de la interacción y complejación de las proteínas con otros componentes, como lignina y polisacáridos y la formación de polímeros de Maillard. Todos estos complejos se caracterizaron por insolubilidad e indigestibilidad y por lo tanto, recuperado en forma de fibra dietética insoluble. En el tratamiento con tostado a las 0h se encontró la menor cantidad de proteína retenida en la FDI con relación a los demás tratamientos térmicos, incluso con las mezclas crudas. (Ver figura 26).

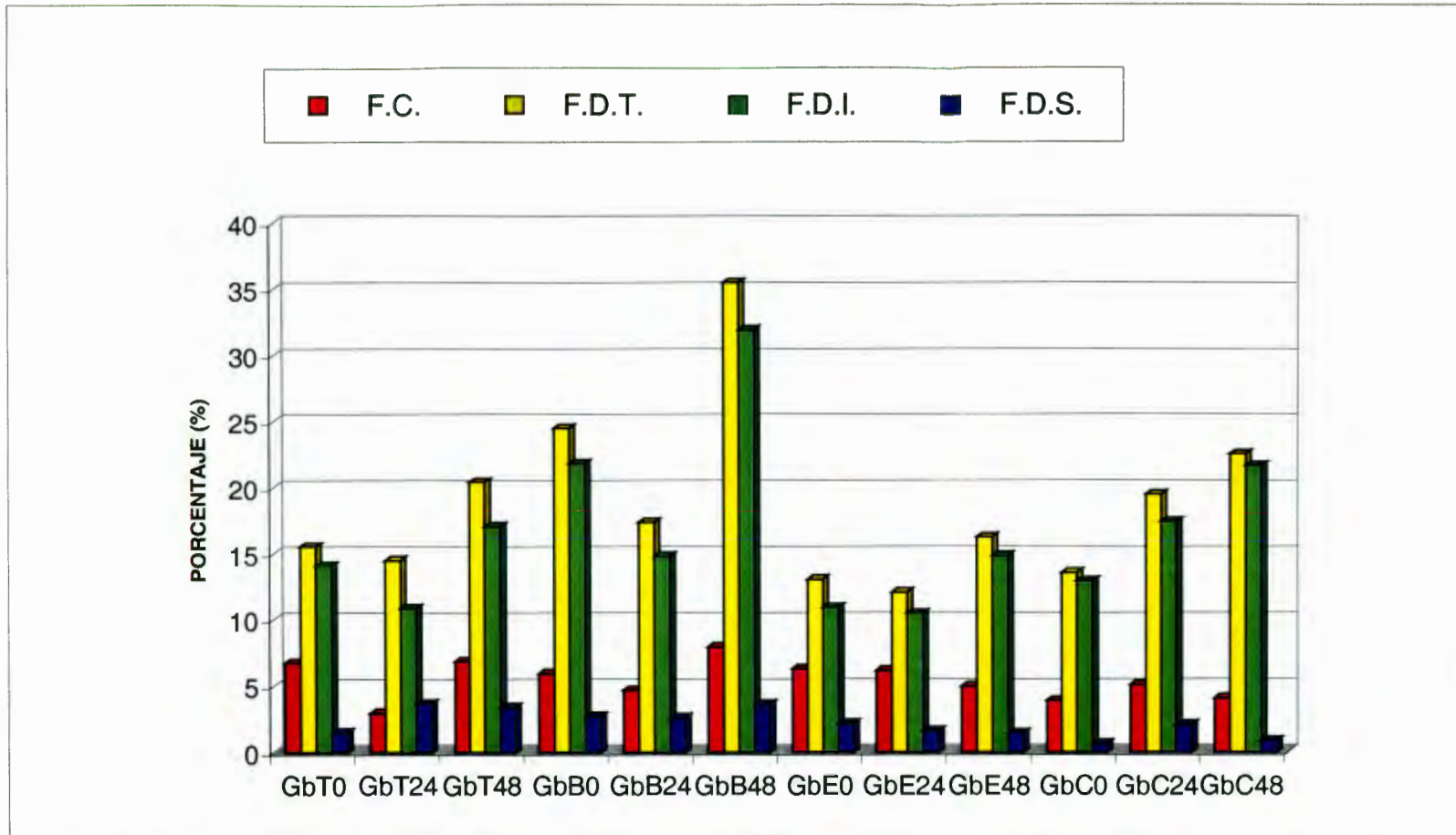


Figura11. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la harina de Garbanzo.

Garbanzo (Gb) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

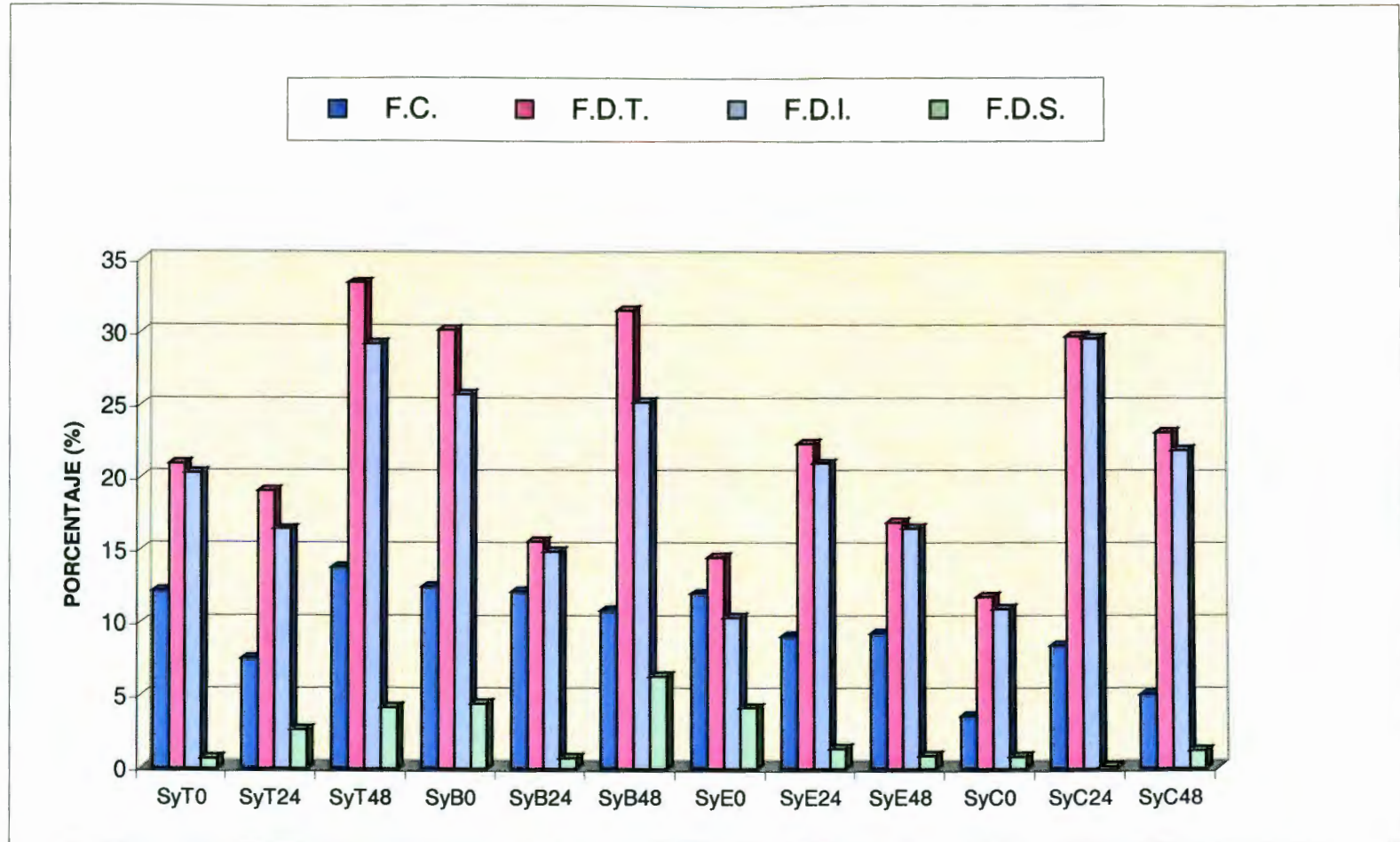


Figura 12. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la harina de Soya.

Soya (Sy) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

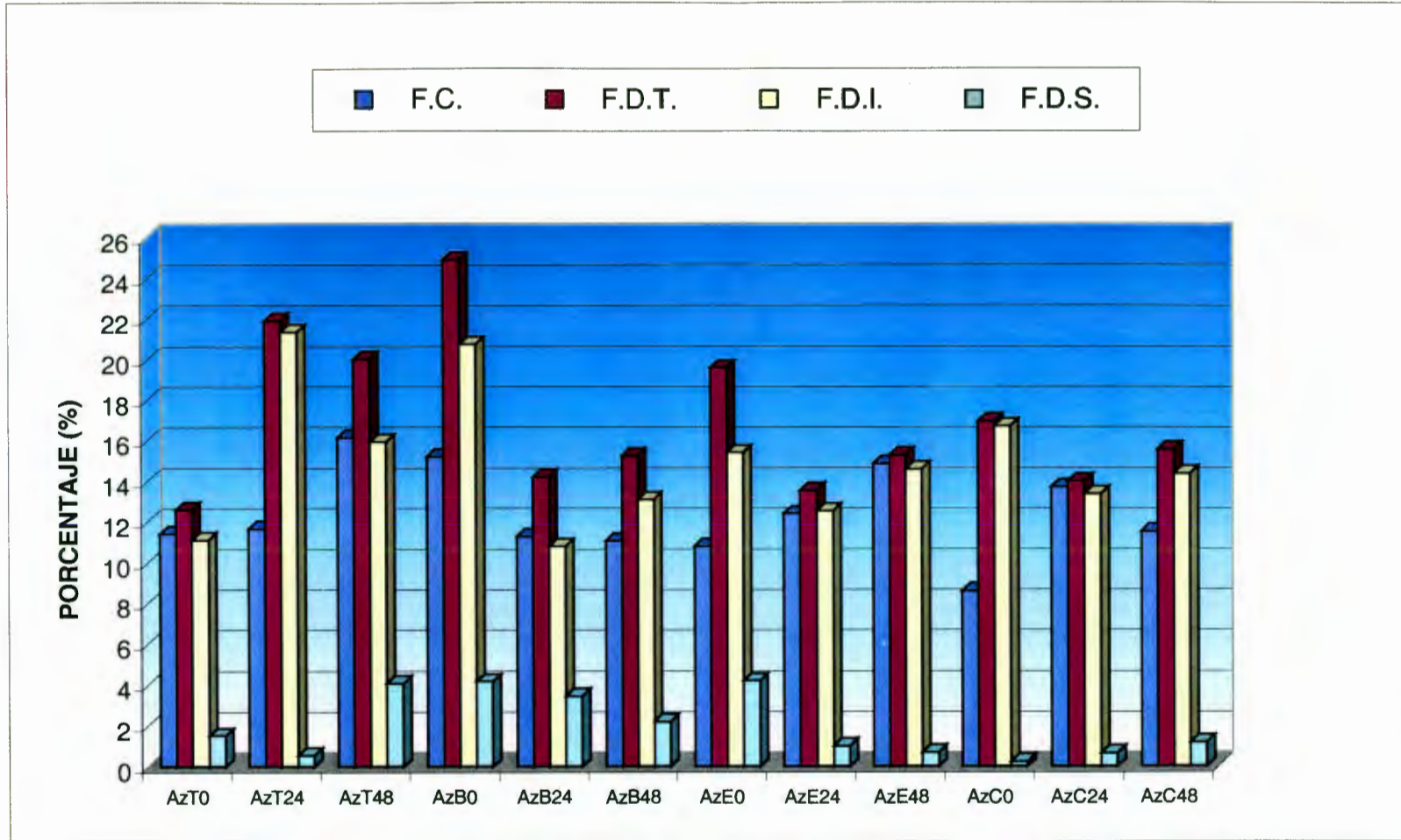


Figura 13. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la harina de Arroz.

Arroz (Az) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

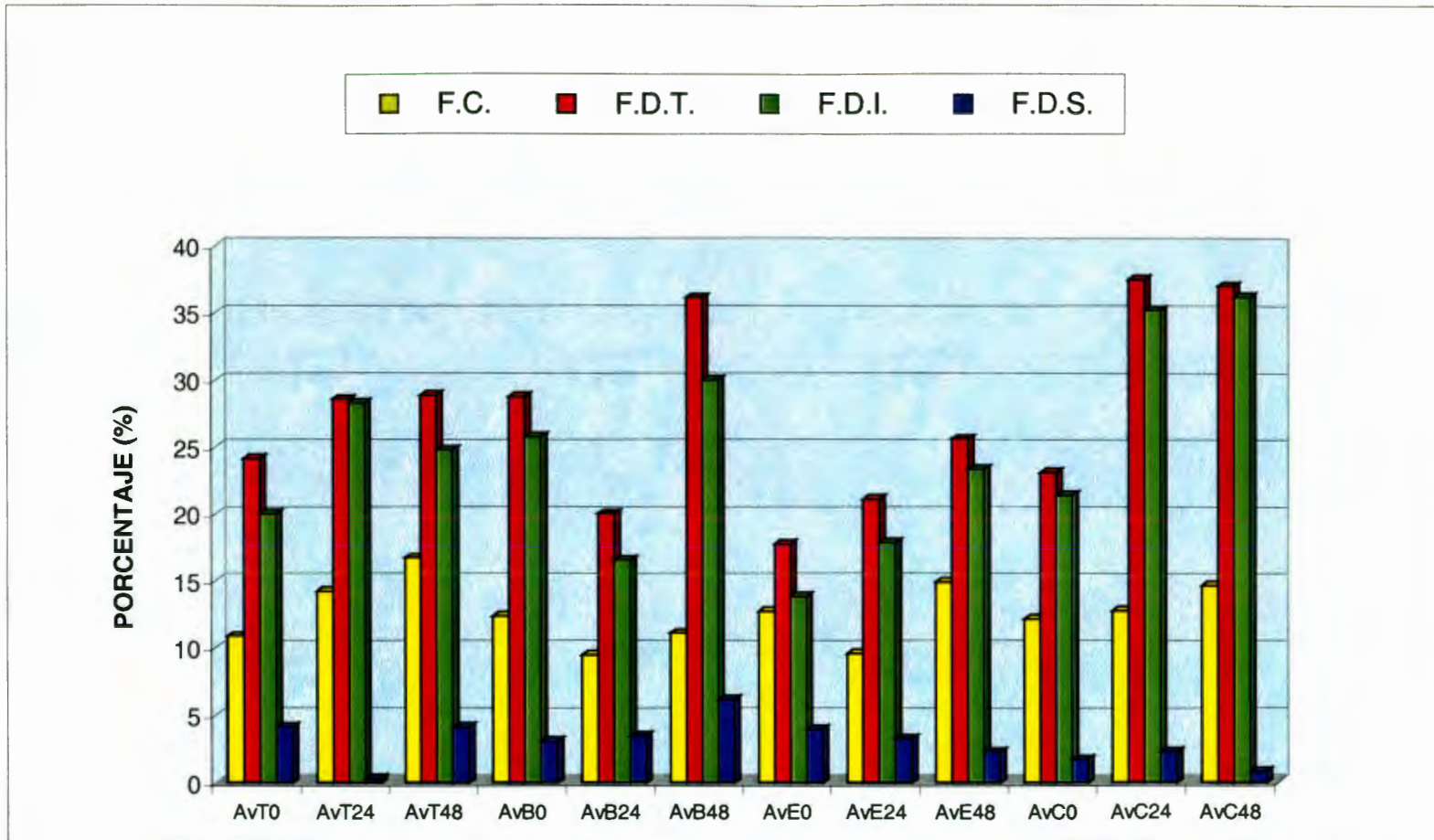


Figura 14. Contenido de Fibra Cruda, fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la harina de Avena.

Arroz (Az) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas(0) 24 horas (24) 48 horas (48)

Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

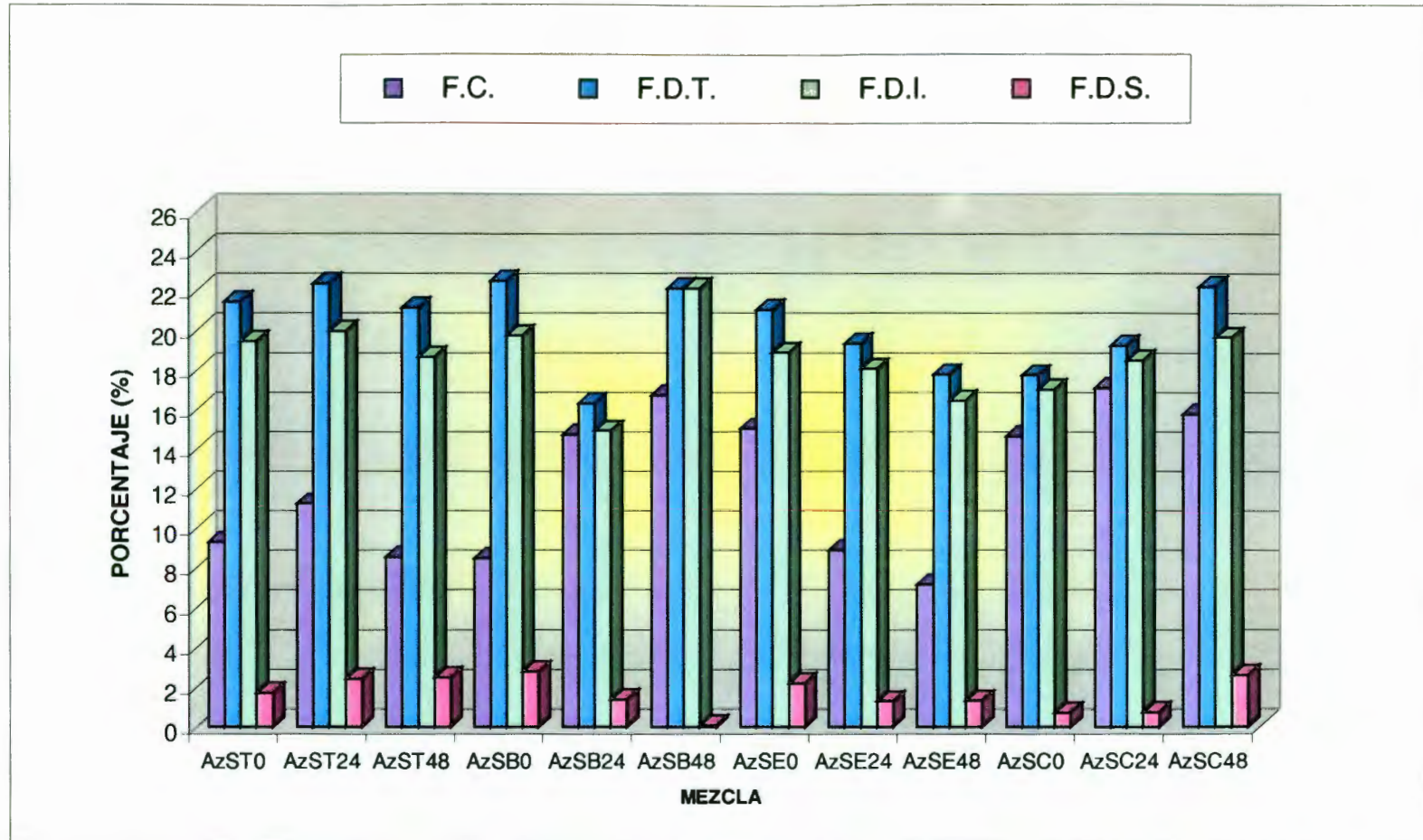


Figura 15. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la mezcla Arroz – Soya.

Arroz – Soya (AzS) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

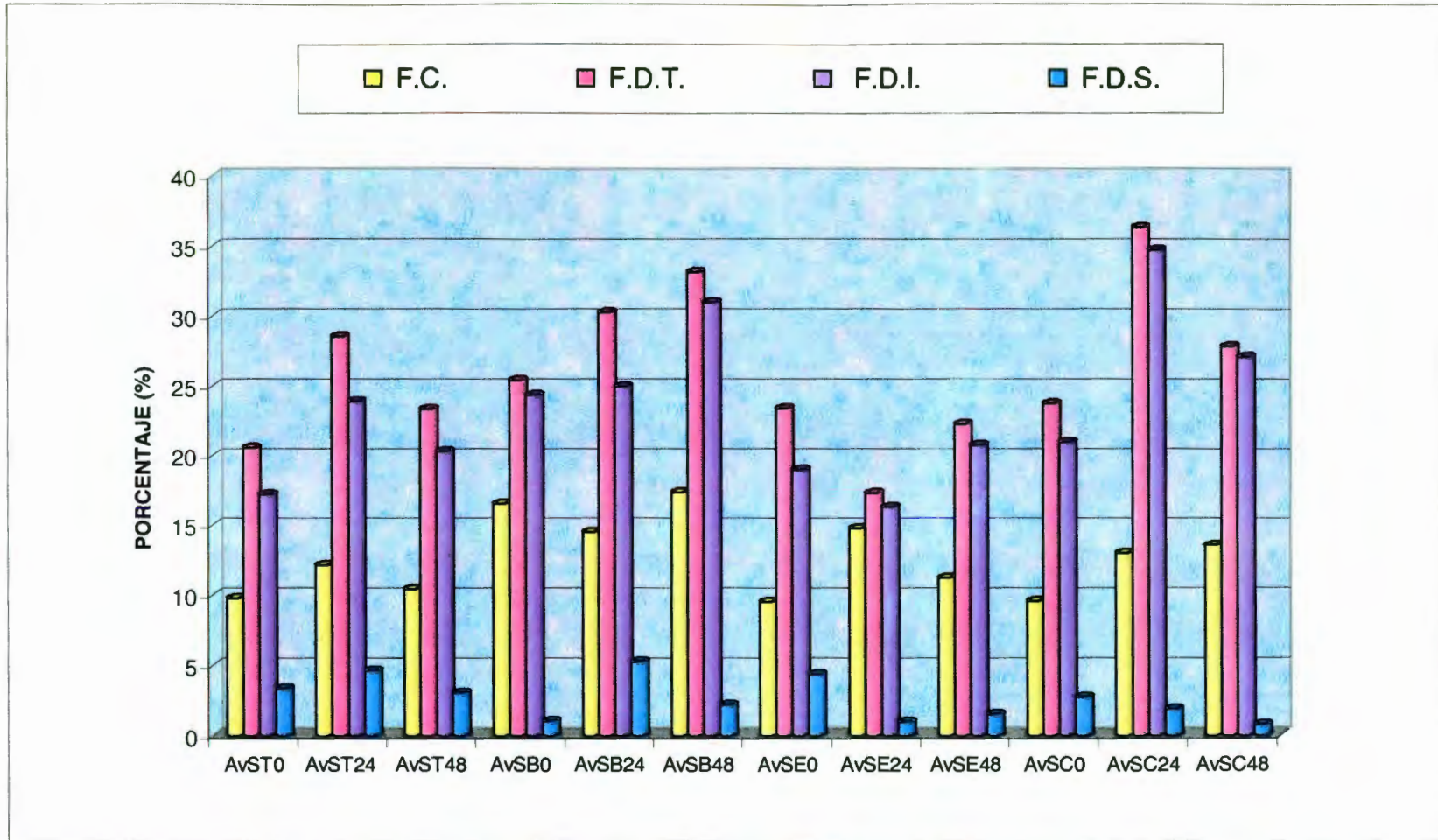


Figura 16. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la mezcla Avena – Soya.

Avena – Soya (AvS) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)
 Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

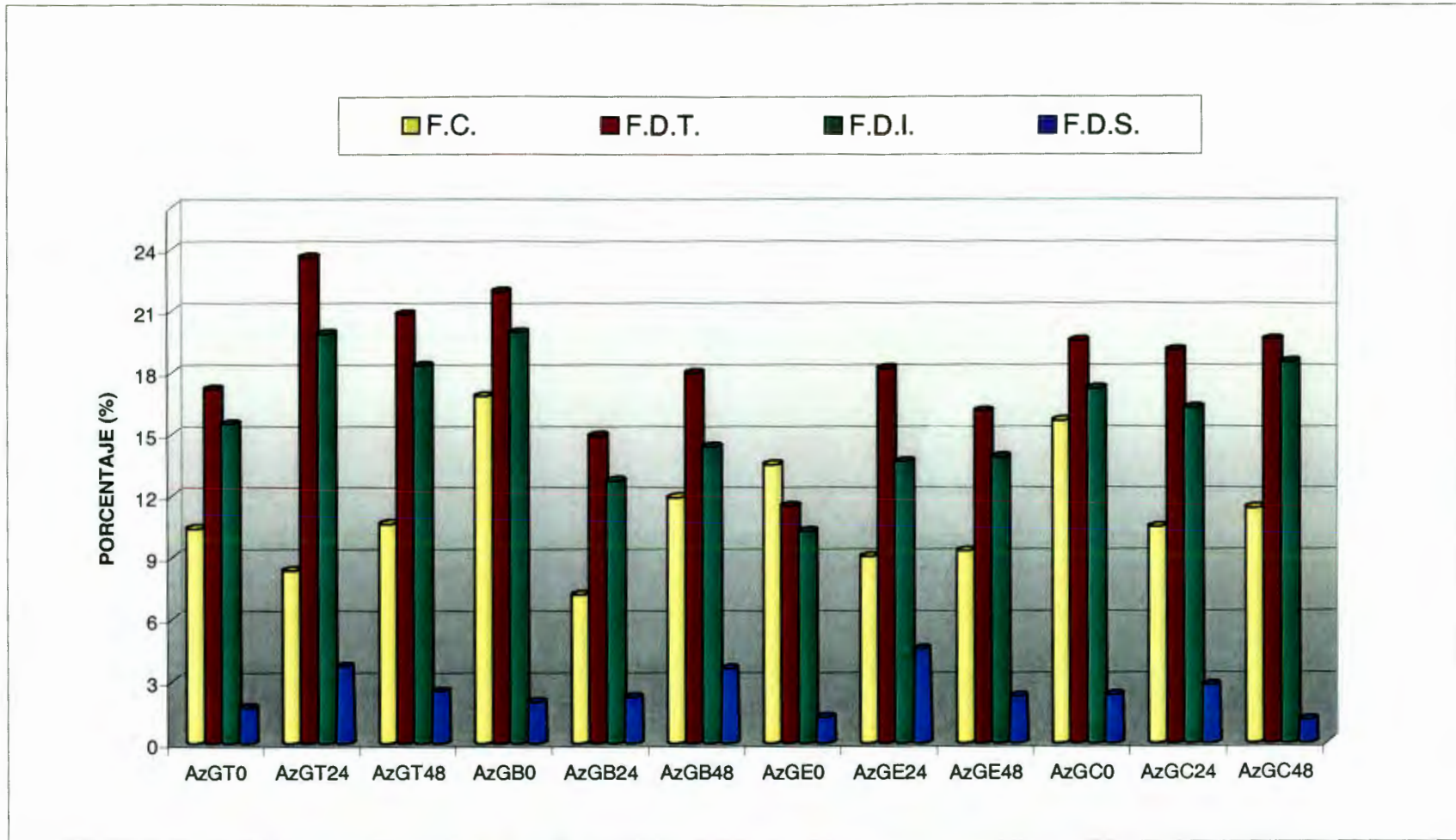


Figura 17. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la mezcla Arroz – Garbanzo.

Arroz – Garbanzo (AzG) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas(24) 48 horas (48)

Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

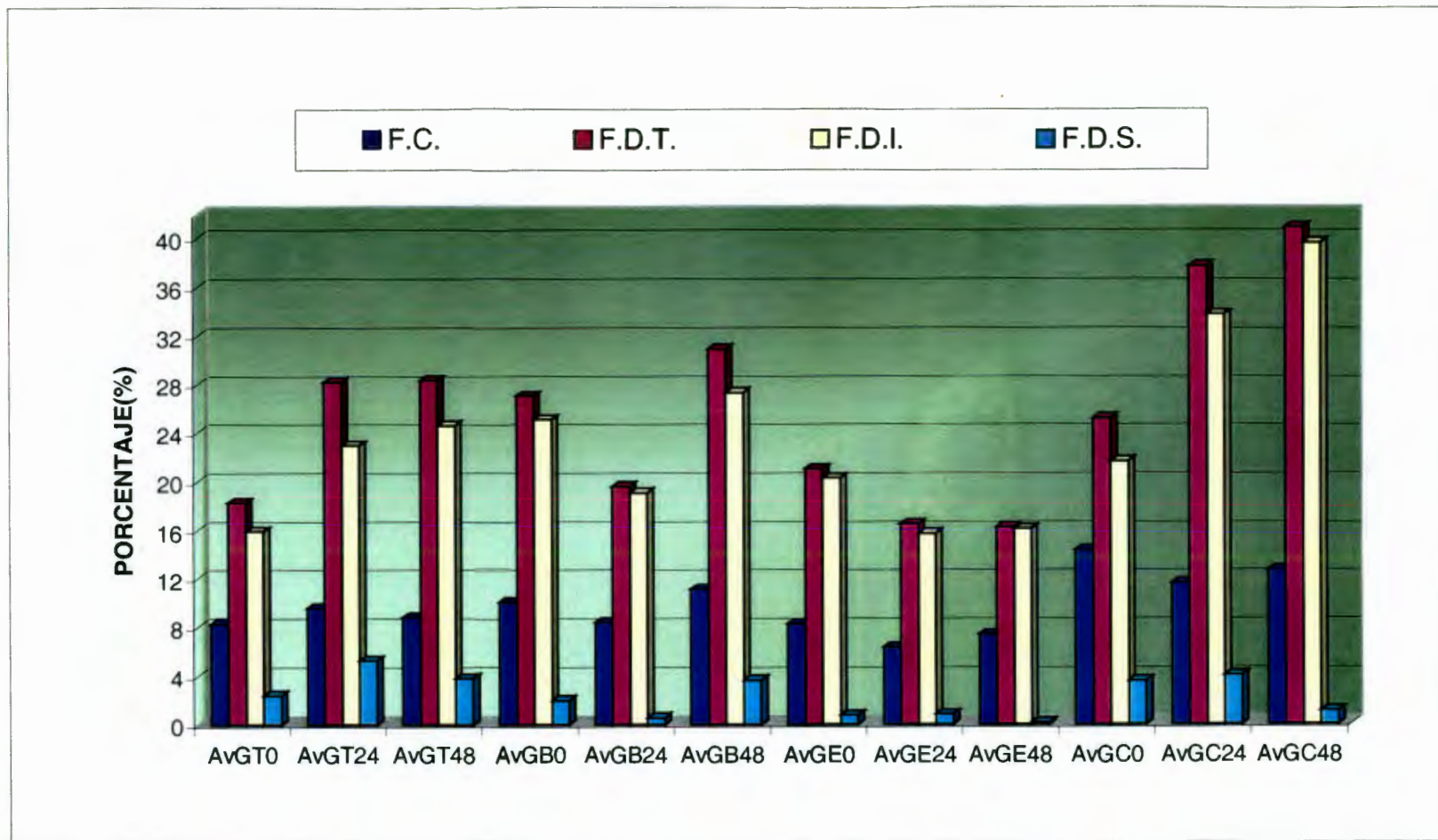


Figura 18. Contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Insoluble y Soluble en la mezcla Avena – Garbanzo.

Avena – Garbanzo (AvG) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)
 Fibra Cruda (FC) Fibra Dietética Total (FDT) Fibra Dietética Insoluble (FDI) Fibra Dietética Soluble (FDS)

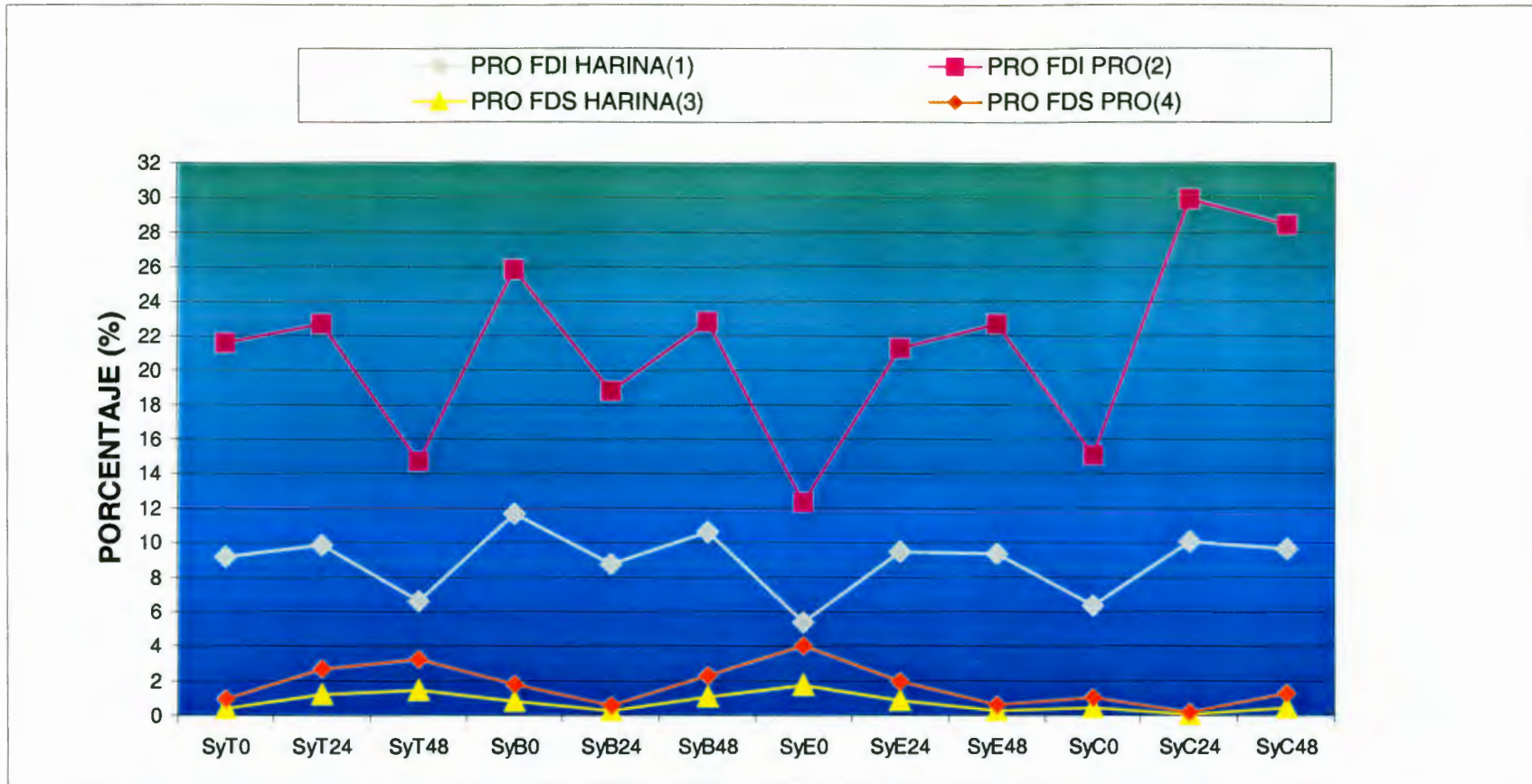


Figura 19. Proteína Retenida en la FDI y FDS en la harina de Soya.

Soya (Sy) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

- (1) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de harina.
- (2) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de proteína.
- (3) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de harina.
- (4) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de proteína.

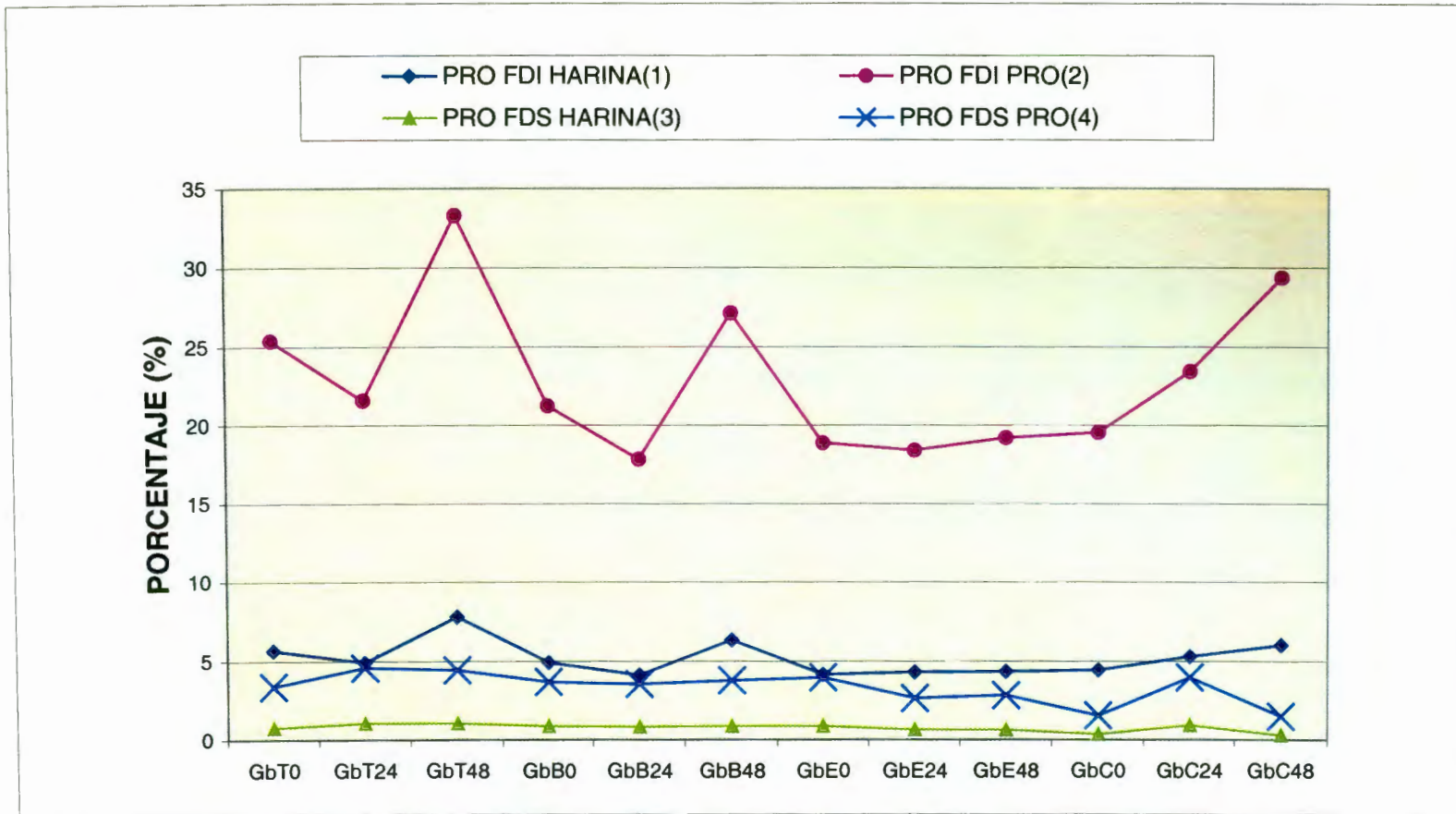


Figura 20. Proteína Retenida en la FDI y FDS en la harina de Garbanzo.

Garbanzo (Gb) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

- (1) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de harina.
- (2) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de proteína.
- (3) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de harina.
- (4) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de proteína.

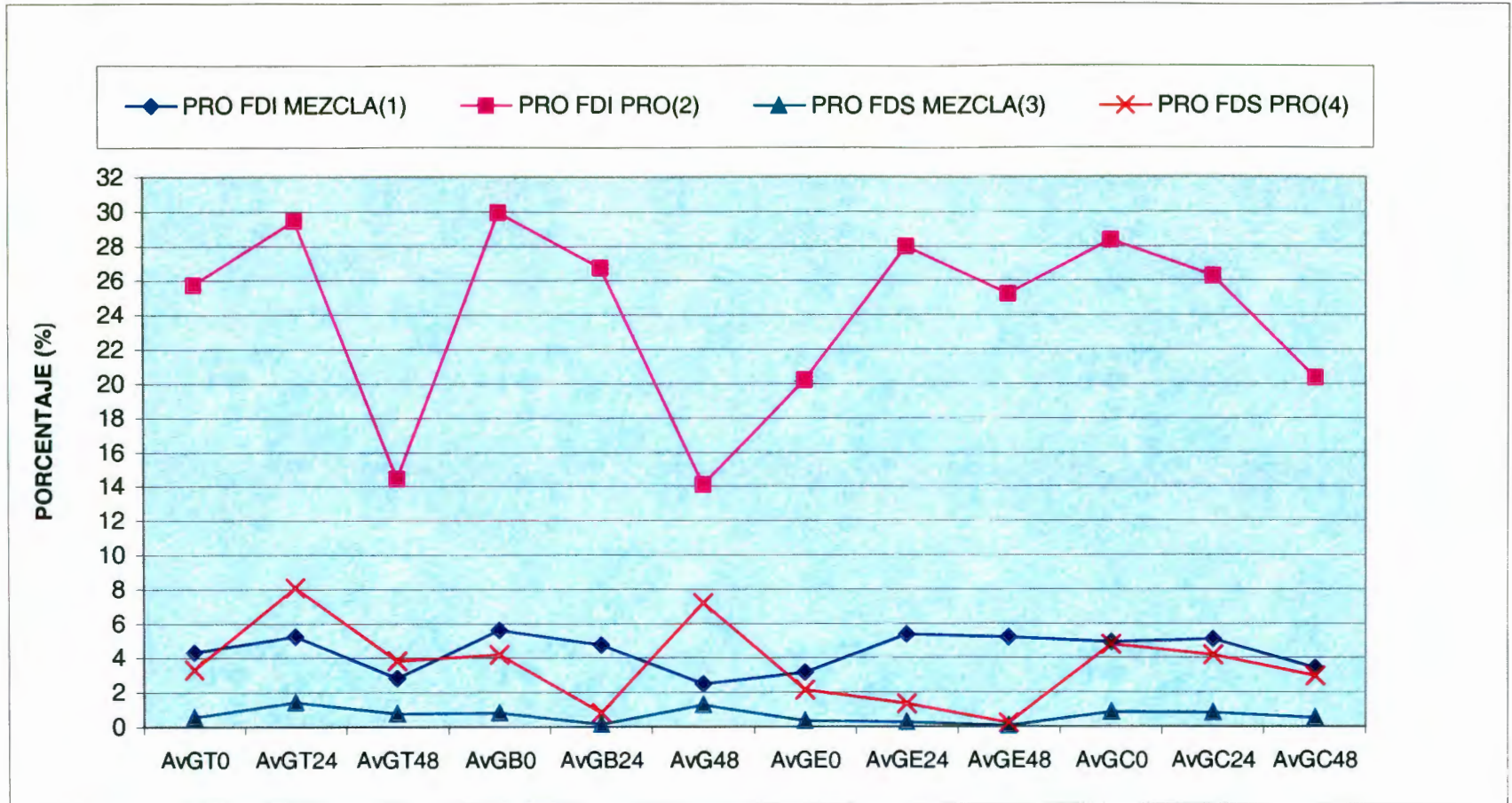


Figura 24. Proteína Retenida en la FDI y FDS en la mezcla Avena - Garbanzo
 Avena – Garbanzo (AvG) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

- (1) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de mezcla.
 (2) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de proteína.
 (3) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de mezcla.
 (4) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de proteína.

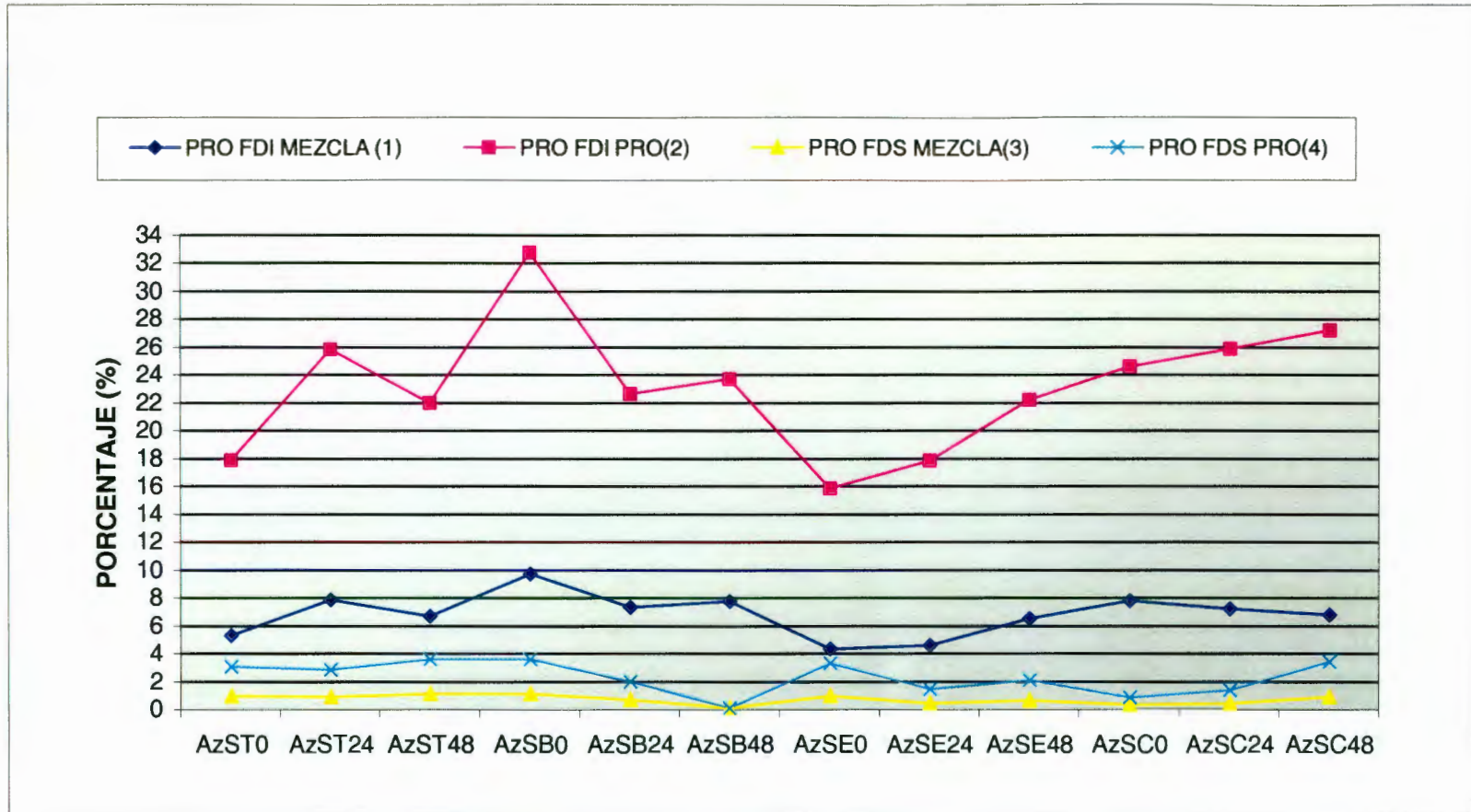


Figura 25. Proteína Retenida en la FDI y FDS en la mezcla Arroz – Soya.

Arroz – Soya (AzS) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)
 0 (0horas) 24 (24 horas) 48 (48 horas)

- (1) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de mezcla.
- (2) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de proteína.
- (3) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de mezcla.
- (4) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de proteína.

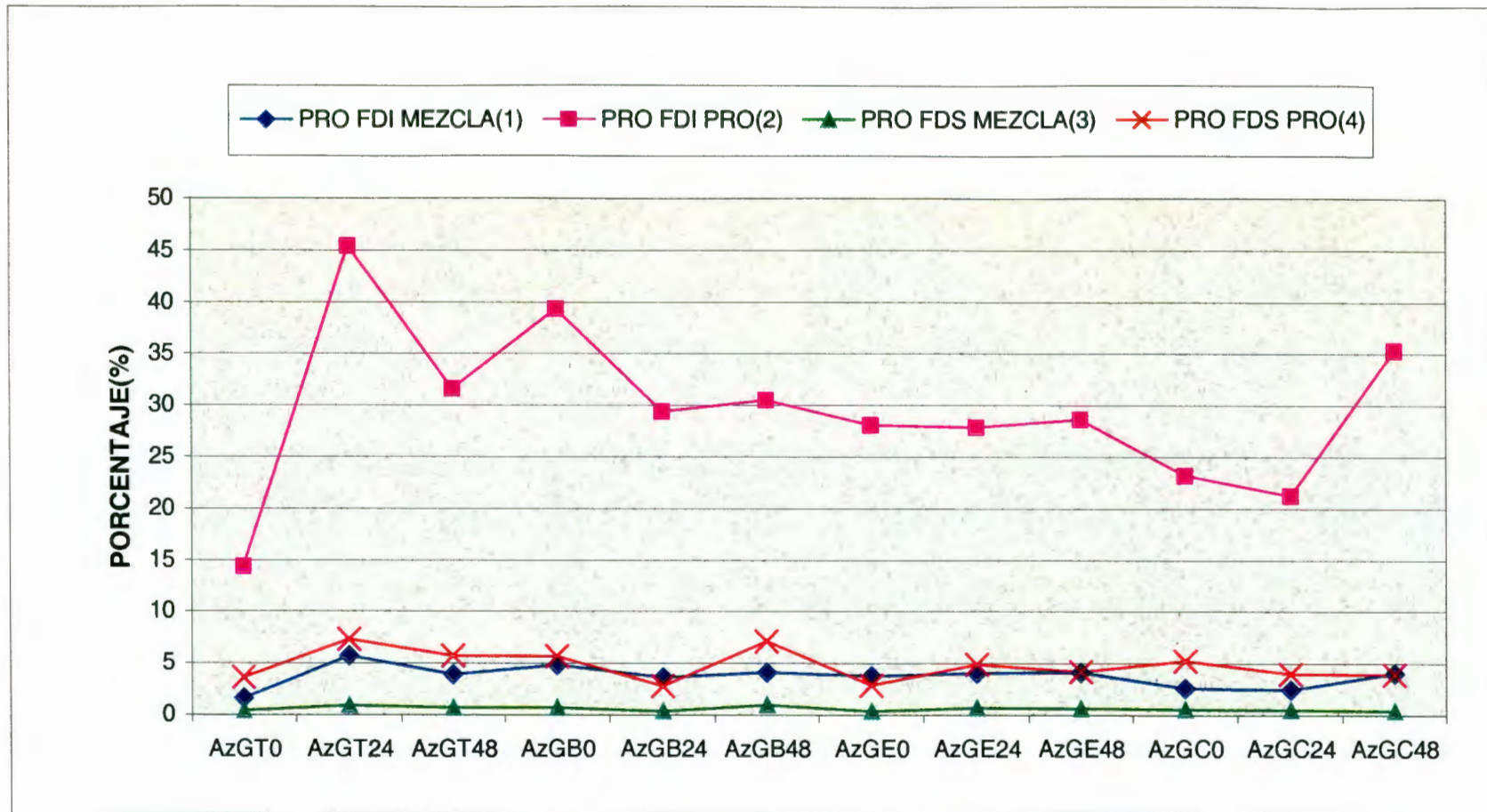


Figura 26. Proteína Retenida en FDI y FDS en la mezcla Arroz – Garbanzo.

Arroz – Garbanzo (AzG) Tostado (T) Bicarbonato (B) Extrudido (E) Crudo (C)

0 horas (0) 24 horas (24) 48 horas (48)

- (1) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de mezcla.
- (2) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Insoluble en 100g de proteína.
- (3) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de mezcla.
- (4) Expresada como proteína retenida (g) en el residuo de la Fibra Dietética Soluble en 100g de proteína.

9. CONCLUSIONES

El proceso de germinación influyó en el contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Fibra Dietética Soluble y principalmente en lo que respecta a la fracción de Fibra Dietética Insoluble.

No se observó una correlación directa entre el tiempo de germinación y el contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total y sus fracciones, misma que estuvo en función del tipo de cereal y leguminosa que estuvo expuesta al proceso de germinación; ya que en todos los casos la Fibra Cruda fue inferior al contenido de Fibra Dietética Total, esto también es confirmado por Pak *et. al.* (1990), quienes señalaron que la relación Fibra Cruda / Fibra Dietética es variable, lo que indica que no se puede determinar la Fibra Dietética a partir de la Fibra Cruda.

Dependiendo del tratamiento térmico y de la mezcla cereal – leguminosa, se observó un comportamiento diferente o modificaciones en el contenido de Fibra Cruda, Fibra Dietética Total, Fibra Dietética Insoluble y Fibra Dietética Soluble con relación a las mezclas crudas.

El garbanzo (*Cicer aritinum L.*) y la soya (*Glycine max*) sometidas a la germinación y al tratamiento térmico presentaron menor contenido de Fibra Cruda que los cereales avena (*Avena sativa*) y arroz (*Arroz sativa*) en forma individual. Por consiguiente, las leguminosas en combinación con los cereales (arroz y avena), incrementaron el contenido de Fibra Cruda de las mezclas con respecto a las leguminosas en forma individual.

Las leguminosas aportaron mayor contenido de Fibra Dietética Total, Fibra Dietética Insoluble y Fibra Dietética Soluble cuando se combinan con la avena.

En las mezclas cereal – leguminosa y en sus componentes individuales sometidas a tratamiento térmicos se detectó un mayor contenido de Fibra Dietética Insoluble en comparación con la Fibra Dietética Soluble, tal como lo reportaron Alfonso (2000) y Pak *et. al.* (1990) en granos crudos y cocidos.

El tratamiento térmico donde se detectó el contenido más alto de Fibra Dietética Total fue la cocción con bicarbonato de sodio (NaHCO_3), mientras que las muestras que presentaron menor contenido de Fibra Dietética Total fueron las sometidas al proceso de extrusión.

En todas las muestras (harinas individuales y mezclas), independientemente del periodo de germinación y del tratamiento térmico al que fue sometido, el contenido de Fibra Cruda fue inferior a la cantidad de Fibra Dietética presente, ya que debido al tratamiento tan drástico a que se somete la muestra durante el análisis de Fibra Cruda, la fracción de Fibra Dietética Insoluble está subestimada y la fracción de Fibra Dietética Soluble no se determina.

En el caso de la avena (*Avena sativa*), la soya (*Glycine max*) y su mezcla, el tratamiento térmico influyó en el periodo de germinación donde se observó el mayor contenido de Fibra Dietética Total; ya que en las muestras crudas se detectó a las 24h de germinación y en las muestras cocidas a las 48h.

En las mezclas Arroz - Soya, Avena - Soya y Arroz - Garbanzo siempre se observó un incremento en la FDT al ser sometidas al tratamiento con bicarbonato y a las 0h de germinación con respecto a las harinas crudas.

El proceso de germinación en las mezclas Avena - Soya y Avena - Garbanzo sin tratamiento térmico reduce el contenido de la proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble y en la Fibra Dietética Soluble.

En todos los casos (mezclas y harinas individuales con y sin tratamiento térmico), la fracción de Fibra Dietética Insoluble mostró mayor proteína retenida tanto por 100g de mezcla como por 100g de proteína total.

Las mezclas crudas de Arroz - Soya presentan que a mayor tiempo de germinación, mayor proteína retenida tanto en la fracción de Fibra Dietética Insoluble como en la fracción de Fibra Dietética Soluble, en la mezcla Arroz - Garbanzo aumenta el contenido de proteína retenida en la FDI pero disminuye en la Fibra Dietética Soluble.

Las mezclas crudas presentan que a mayor tiempo de germinación es menor el contenido de proteína retenida, tanto en la Fibra Dietética Insoluble como en la Fibra Dietética Soluble.

Los valores más altos de proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble para la mezcla Avena - Garbanzo, Arroz - Soya y Avena - Soya corresponden al tratamiento con bicarbonato a las 0h de germinación, lo que indica que la germinación tiene un efecto benéfico en el valor nutrimental de la mezcla, ya que con este proceso se disminuye la cantidad de proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble. Esto podría explicar en parte, el aumento de Fibra Dietética Total que se detectó en estas mezclas.

Tanto en las mezclas como en las harinas individuales sometidas a tratamiento térmico muestran un incremento en la proteína retenida en la **Fibra Dietética Soluble**, lo que demuestra que durante los tratamientos térmicos estudiados también se forman complejos Fibra Dietética Soluble – Proteína y no únicamente los complejos de proteína con la fracción insoluble.

Dependiendo del tratamiento térmico aplicado y del tiempo de germinación al que fueron sometidos los granos, se puede observar una reducción en la proteína retenida en la Fibra Dietética Insoluble y en la Fibra Dietética Soluble en comparación con sus respectivas mezclas crudas sometidas a germinación.

Las variaciones detectadas en cuanto al contenido de Fibra dietética total, Fibra dietética insoluble y Fibra dietética soluble para cereales y leguminosas estudiadas en este trabajo, con respecto a lo reportado en la literatura, impiden una generalización en cuanto al contenido de estos componentes por grano; esto dependerá de la variedad y especie objeto de estudio. Lo anterior justifica la necesidad de incluir esta información en las tablas de composición de los alimentos, dado el efecto benéfico que se les atribuye, principalmente en el metabolismo de los hidratos de carbono y lípidos.

Esta investigación también destaca la importancia de que no sólo se deben analizar los alimentos en forma individual, sino que además es importante incluir también en la forma en que se consumen, lo anterior para tener un parámetro más exacto de medición y más acorde con la realidad, en lo que corresponde al conteo de calorías y nutrimentos consumidos por la población mexicana.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Acevedo, E., Bressani, R. (1990). *Contenido de Fibra dietética y Digestibilidad del Nitrógeno en Alimentos Centroamericanos: Guatemala*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. XL(3):439-451.
2. Akerberg, A.K.E, Liljeberg, H.G.M., Grandfeldt, Y.E., Drews, A.E. and Björck, M.E.; (1998). *An in vitro Method, Based on Chewing, To predict resistant starch content in foods allows parallel determination of potentially available starch and Dietary Fiber*. Am Soc Nut Science. 651-70.
3. Alabaster O. (1997). *El papel de la fibra en la Dieta Occidental*. Dieta y Salud 7(1): 2-5.
4. Alfonzo G. G. (2000). *Efecto térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. (50)3: 281-285.
5. Almeida, N.G. (1997). *La importancia de la fibra*. Dieta y Salud: Kellogg's. 7(1).
6. Álvarez, V.R., Castellanos, M.R., Martínez, B.F y Cruz M.C. (1997). *Cambios en algunos factores antifisiológicos y nutritivos de las semillas de sorgo (sorghum bicolor L. Moench) durante la germinación*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 47(2): 136-40.
7. Antequera, C. F. (2001). *La Fibra dietética en <http://www.zona de salud.org>*.
8. AOAC International, Method 985.29. 1990. *Total Dietary Fiber in Foods, Enzymatic-Gravimetric Method, first action 1985*. Official Methods of Analysis of AOAC international, 15th edition: 1105,1106.
9. AOAC International, Method 978.10. 1990. *Fiber (Crude) in animal Feed, first action 1978*. Official Methods of Analysis of AOAC International, 15th edition. pp 81,82.
10. Badui, D.S. (1990). "Hidratos de Carbono". En: *Química de los Alimentos*. 2^a edición. Ed. Alambra Mexicana México D.F.89-122.
11. Björck, I., Grandfeldt, Y., Liljeberg, H., Tovar, J. and Asp, N-S., (1994a). *Food properties affecting the digestion and absorption of carbohydrates*. Am J Clin Nutr. 59 (suppl.): 699S-705S.
12. Björck, I., Asp, N-G. (1994b). *Controlling the nutritional properties of starch in foods – a challenge to the food industry*. Trends in food Science and Technology, July 5:213-18.

13. Carnovale, E., Lintas, C. (1995). *Dietary Fibre: effect of processing and nutrient interactions*. Eur J Clin Nutr 53: 307-11.
14. Chandalia, M., Garg, A., Lutjohann, D., Von Bergmann, K., Grundy, S.M., Brinkley, L.J. (2000). *Beneficios de la ingesta elevada de fibra dietética en pacientes con Diabetes tipo 2*. N Engl J Med 342: 1392-8.
15. Closa S.J., Martín C., Chau O., Sambucetti M., Zuleta A. (1994). *Contenido de nutrientes en materias primas y productos procesados derivados de cereales y leguminosas I: Composición centesimal y valor energético*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 44(3):168-71.
16. Enciclopedia Microsoft Encarta 2001.
17. Englyst, H.N., Trowell, H.W., Southgate, D.A., Cummings, I.H. (1987). *Dietary Fiber and Resistant Starch*. Am J Clin Nutr. 46: 873-874.
18. Gallear, D.D., Schneeman, B.O. (1997). *Conocimientos actuales sobre nutrición*; Editores: Ziegler E.E, Filer L.J. Jr. , 7ª edición; Washintong D.C., USA; International Life Sciences Institute Cáp. 9: 95-105.
19. Gutiérrez, R.R., Gómez, M.H. (1988). *Evaluación fisicoquímica de productos extrudidos con mezclas de sorgo – maíz – soya*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 38(1) :133-42.
20. Haber, G.B, Heaton, K.W and Murphy, D. (1977). *Depletion and disruption of dietary fiber, effects on satiety, plasma-glucose and serum-insulin*. The Lancet, October 1:679-82.
21. Harper J. (2000). *Experiencias con extrusión de soya: Potencial Futuro, Desarrollo, Nutrición y Mercadeo de Productos*. <http://www.aces.uiuc.edu>
22. Herrera, B.I., González, G.P., Romero, J.G. (1998). *Fibra dietética soluble, insoluble y total en leguminosas crudas y cocidas*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 48 (2): 179-82.
23. <http://www.infoagro.com>
24. <http://www.revistaconsumer.es>
25. Johnson, I.T. and Southgate, D.A.T. (1994). *Dietary Fiber and Related substances*. Ed. Chapman and Hall, London: 10-40.
26. Karakaya, S., Kavas, A. (1999). *Adsorption of direct-acting and indirect-acting mutagens by various dietary fibers*. Int J Food Sci and Nut. 50: 319-23.

27. Karppinen, S., Liukkonen, K., Aura, M., Forssell, P., and Poutanen, K. (2000). *In vitro fermentation of polysaccharides of rye, wheat and oat brans and inulin by human faecal bacteria*. J. Sci. Food. Agric. 80:1469-76.
28. Lee, S.C., Prosky, L., De Vries, J.W. (1992). *Determination of Total, Soluble and Insoluble Dietary Fiber in Foods – Enzymatic – Gravimetric Method, MES – TRIS Buffer: Collaborative Study*. Journal of AOAC. 75(3):395-416.
29. Loayza, J.C., Bressani, R. (1988). *Evaluación de la calidad proteínica de harinas de leguminosas obtenidas por tostación de lechos calentados*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 38 (1): 153-61.
30. López, G., Ros, G., Rincón, F., Periago, M.J., Martínez, C., y Ortuño J. (1997). *Propiedades funcionales de la fibra dietética. Mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 47(3): 203-07.
31. Marques, M.M., Derivi, S., Fernández, M., Gomes A. (1993). *Insoluble dietary fiber of grain food legumes and protein digestibility*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 43(1): 66-72.
32. Mastrapa, L., Mederos, C.M., Rodríguez, D.M., Rodríguez, M. (2000). *Evaluación de la Fibra Dietética y del nitrógeno asociado a esta fracción en alimentos para cerdos*. www.slan.info.ve/porcinos/publicaciones/REV33/LILI.htm.
33. McLaren, D.S, Meguid, M.M. (1993). *La Nutrición y sus trastornos*. Ed. Manual Moderno, 2ª edición, México D.F: 31-50.
34. Muir, J.G., Young, G.P., O’Dea, K., Cameron-Smith, D., Brown, I.L. and Collier, G.R. (1993). *Resistant starch – the neglected dietary fiber? Implications for Health*. Dietary Fiber, Bibliography and Reviews 1(2): 25-48.
35. O’Sullivan, K.R., Cho, S.S. (1998). *Fiber recommendations throughout the world*. Int. J Food Sci and Nut. 49:S13-S21.
36. Pak, N., Ayala, C., Vera G., Pennacchiotti, I. y Araya, H. (1990). *Fibra dietética soluble e Insoluble en cereales y leguminosas cultivadas en Chile*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 40(1):117-25.
37. Pak, N.D. (2000). *Fibra Dietética en verduras cultivadas en Chile*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 50(1):97-101.
38. Potty, V.H. (1996). *Physio – chemical Aspects, Physiological Functions, Nutritional Importance and Technological Significance of Dietary Fibre – A Critical Appraisal*. J. Food. Sci. Technol. 33(1):1-18.

39. Prosky, L., Asp, N.G., Furda, I., Devries, J.W., Schweizer, T.F., Harland, B.F. (1984). *Determination of Total Dietary Fiber in Foods, Foods Products, and Total Diets: Interlaboratory Study*. J. ASSOC. OFF. ANAL. CHEM. 67(6):1044-1052.
40. Rico, N. N., Morales, L.J. (1985). *Los cereales en la dieta*. Cuadernos de Nutrición No. 5:3-9.
41. Rosado, J.L (1989). *Fibra dietética: Definición, propiedades físico-químicas y fisiológicas, y sus implicaciones en la salud*. Educación, comunidad y Salud Pública.
42. Rosado, J.L. (1990). *Efecto de la Ingestión de fibra dietética en el metabolismo de los lípidos*. Ateroma (2)7:73- 78.
43. Rosado, J.L (1991). *Contenido de fibra dietética en los alimentos mexicanos y su consumo en diferentes regiones de México*. En: Memorias del III Simposio Internacional sobre Fibra Dietética:107-121.
44. Rosado, J.L., López, P., Huerta, Z., Muñoz, E., and Mejía, L. (1993). *Dietary Fiber in Mexican foods*. Journal of Food comp. And Analysis 6:215-222.
45. Rosado, J.L, López, P., López, G., Madrigal, H. and Huerta, Z. (1995). *Consumption of dietary fiber in Rural México*. Ecology of food and Nutr. 34:129-136.
46. Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo and Mañas, E. (1993). *Resistant starch in foods: Modified method for dietary fiber residues*. Journal of Food Science 58(3): 642,643.
47. Schneeman, O.B. (1986). *Dietary Fiber: Physical and Chemical Properties, Methods of Analysis, and Physiological Effects*. Food Technology February: 104-110.
48. Schoenlechner, S.R., Berghofe, E. (2000). *Papel de los lípidos en los procesos de cocción-extrusión*.51(1-2) 97-110.
49. Vázquez, C.A., Jiménez, A.I. (1999). *Fibra Dietética*. Prescripción de Fármacos, 5(4).
50. Vidal, V.C., Frias, J. (1991). *Legume Processing Effects on Dietary Fiber Components*. Journal of Food Science 56(5):1350-52.
51. Wolever, T., Jenkins, D., Jenkins, A., and Josse, R. (1991). *The glycemic index: methodology and clinical implications*. Am J Clin Nutr. 54: 846-54.

11. ANEXOS

Anexo 1. Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en la harina de Soya.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de harina ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de harina ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína
SyT0	12.16 ± 0.34 ^g	20.96 ± 0.51 ^t	20.29 ± 0.57 ^d	0.67 ± 0.06 ^c	9.14 ± 0.12 ^d	21.56 ± 0.97 ^{d,e}	0.39 ± 0.01 ^c	0.93 ± 0.02 ^c
SyT24	7.51 ± 0.37 ^b	19.08 ± 0.13 ^e	16.43 ± 0.03 ^c	2.64 ± 0.09 ^t	9.84 ± 0.01 ^{t,g}	22.67 ± 0.36 ^e	1.16 ± 0.03 ^{t,g}	2.67 ± 0.10 ^g
SyT48	13.81 ± 0.12 ^h	33.41 ± 0.33 ^j	29.23 ± 0.26 ^g	4.17 ± 0.06 ^g	6.56 ± 0.01 ^b	14.69 ± 0.13 ^b	1.44 ± 0.01 ^{t,g}	3.22 ± 0.01 ^h
SyB0	12.47 ± 0.43 ^g	30.16 ± 0.96 ^h	25.74 ± 0.62 ^t	4.41 ± 0.33 ^g	11.66 ± 0.13 ⁱ	25.84 ± 0.41 ^t	0.79 ± 0.02 ^{e,t}	1.76 ± 0.06 ^e
SyB24	12.14 ± 0.20 ^g	15.58 ± 0.75 ^c	14.87 ± 0.66 ^b	0.70 ± 0.08 ^{c,d}	8.73 ± 0.24 ^e	18.77 ± 0.46 ^c	0.25 ± 0.01 ^b	0.55 ± 0.03 ^b
SyB48	10.81 ± 0.24 ^t	31.53 ± 0.38 ⁱ	25.21 ± 0.28 ^t	6.31 ± 0.09 ^h	10.59 ± 0.05 ^h	22.80 ± 0.16 ^e	1.05 ± 0.006 ^t	2.27 ± 0.01 ^t
SyE0	11.99 ± 0.15 ^g	14.48 ± 0.53 ^b	10.33 ± 0.53 ^a	4.15 ± 0.003 ^g	5.34 ± 0.20 ^a	12.31 ± 0.47 ^a	1.74 ± 0.008 ^g	4.01 ± 0.02 ⁱ
SyE24	9.04 ± 0.26 ^{d,e}	22.32 ± 1.01 ^g	20.97 ± 0.89 ^d	1.34 ± 0.15 ^e	9.47 ± 0.28 ^e	21.28 ± 0.69 ^d	0.85 ± 0.08 ^{e,t}	1.92 ± 0.17 ^e
SyE48	9.27 ± 0.26 ^e	16.88 ± 0.16 ^d	16.50 ± 0.03 ^c	0.38 ± 0.02 ^b	9.33 ± 0.01 ^{d,e}	22.66 ± 0.11 ^e	0.24 ± 0.01 ^b	0.58 ± 0.03 ^b
SyC0	8.60 ± 0.04 ^{c,d}	11.75 ± 0.04 ^a	10.93 ± 0.07 ^a	0.81 ± 0.03 ^d	6.33 ± 0.03 ^b	15.05 ± 0.16 ^b	0.43 ± 0.01 ^d	1.02 ± 0.03 ^c
SyC24	8.43 ± 0.46 ^c	29.72 ± 0.07 ^h	29.59 ± 0.08 ^g	0.12 ± 0.01 ^a	10.05 ± 0.01 ^g	29.89 ± 0.59 ^h	0.05 ± 0.009 ^a	0.17 ± 0.02 ^a
SyC48	5.08 ± 0.16 ^a	23.10 ± 0.14 ^g	21.89 ± 0.07 ^e	1.21 ± 0.20 ^e	9.63 ± 0.02 ^t	28.40 ± 0.43 ^g	0.43 ± 0.07 ^{c,d}	1.27 ± 0.24 ^d

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

Sy = Soya ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.

0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 2. Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en la harina de Garbanzo.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de harina ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de harina ^{2,3}	proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
GbT0	6.71 ± 0.27 ^{e,t}	15.52 ± 0.25 ^d	14.07 ± 0.13 ^c	1.45 ± 0.10 ^c	5.66 ± 0.02 ^e	25.36 ± 0.004 ^e	0.74 ± 0.04 ^c	3.35 ± 0.17 ^c
GbT24	2.96 ± 0.40 ^a	14.49 ± 0.37 ^c	10.84 ± 0.37 ^a	3.65 ± 0.01 ^g	4.89 ± 0.08 ^c	21.58 ± 0.42 ^c	1.03 ± 0.002 ^e	4.55 ± 0.07 ^t
GbT48	6.83 ± 0.37 ^t	20.41 ± 0.92 ^h	17.05 ± 0.70 ^t	3.35 ± 0.21 ^t	7.79 ± 0.35 ^h	33.28 ± 1.70 ^h	1.03 ± 0.04 ^e	4.41 ± 0.23 ^t
GbB0	5.92 ± 0.07 ^d	24.49 ± 0.06 ^j	21.79 ± 0.08 ^t	2.69 ± 0.02 ^e	4.91 ± 0.01 ^c	21.24 ± 0.05 ^c	0.84 ± 0.005 ^d	3.66 ± 0.02 ^{c,d,e}
GbB24	4.64 ± 0.04 ^c	17.33 ± 0.09 ^t	14.76 ± 0.006 ^d	2.57 ± 0.09 ^e	4.08 ± 0.01 ^a	17.80 ± 0.37 ^a	0.81 ± 0.01 ^{c,d}	3.53 ± 0.12 ^{c,d}
GbB48	7.92 ± 0.31 ^g	35.50 ± 0.51 ^k	31.92 ± 0.28 ^g	3.58 ± 0.22 ^{t,g}	6.29 ± 0.01 ^g	27.13 ± 0.84 ^t	0.87 ± 0.02 ^d	3.75 ± 0.10 ^{d,e}
GbE0	6.28 ± 0.009 ^{d,e}	13.05 ± 0.38 ^b	10.90 ± 0.28 ^a	2.14 ± 0.11 ^d	4.11 ± 0.06 ^a	18.83 ± 0.56 ^{a,b}	0.86 ± 0.15 ^d	3.94 ± 0.78 ^e
GbE24	6.12 ± 0.31 ^d	12.05 ± 0.18 ^a	10.43 ± 0.006 ^a	1.61 ± 0.19 ^c	4.26 ± 0.01 ^{a,b}	18.39 ± 0.13 ^{a,b}	0.60 ± 0.04 ^b	2.59 ± 0.20 ^b
GbE48	4.96 ± 0.09 ^c	16.25 ± 0.21 ^e	14.83 ± 0.06 ^d	1.42 ± 0.27 ^c	4.32 ± 0.01 ^b	19.19 ± 0.42 ^b	0.63 ± 0.09 ^b	2.82 ± 0.36 ^b
GbC0	3.87 ± 0.30 ^b	13.53 ± 0.03 ^b	12.89 ± 0.03 ^b	0.63 ± 0.004 ^a	4.40 ± 0.01 ^b	19.52 ± 0.24 ^b	0.33 ± 0.02 ^a	1.50 ± 0.12 ^a
GbC24	5.08 ± 0.33 ^c	19.47 ± 0.13 ^g	17.40 ± 0.06 ^e	2.07 ± 0.06 ^d	5.26 ± 0.01 ^d	23.40 ± 0.39 ^d	0.88 ± 0.01 ^d	3.95 ± 0.13 ^e
GbC48	4.07 ± 0.16 ^b	22.53 ± 0.18 ^t	21.65 ± 0.21 ^t	0.88 ± 0.03 ^b	5.98 ± 0.02 ^t	29.34 ± 0.28 ^g	0.29 ± 0.009 ^a	1.45 ± 0.04 ^a

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

Gb = Garbanzo; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.

0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 3 . Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en la harina de Arroz.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de harina ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de harina ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
AzT0	11.40 ± 0.42 ^{b,c}	12.59 ± 0.48 ^a	11.09 ± 0.31 ^{a,b}	1.49 ± 0.16 ^d	3.63 ± 0.05 ^c	37.20 ± 1.75 ^d	0.66 ± 0.05 ^c	6.84 ± 0.66 ^d
AzT24	11.66 ± 0.84 ^c	21.90 ± 0.41 ^g	21.35 ± 0.36 ^l	0.54 ± 0.05 ^b	5.19 ± 0.01 ^e	49.38 ± 0.30 ^f	0.22 ± 0.03 ^a	2.18 ± 0.34 ^a
AzT48	16.16 ± 0.45 ^g	20.01 ± 0.63 ^l	15.95 ± 0.45 ^g	4.06 ± 0.17 ^g	4.12 ± 0.05 ^{c,d}	38.82 ± 1.83 ^d	0.84 ± 0.01 ^e	7.95 ± 0.41 ^e
AzB0	15.20 ± 0.22 ^f	24.88 ± 0.31 ^l	20.74 ± 0.58 ^l	4.14 ± 0.27 ^g	4.22 ± 0.02 ^{c,d}	42.93 ± 2.49 ^e	0.93 ± 0.02 ^f	9.56 ± 0.77 ^f
AzB24	11.28 ± 0.71 ^{b,c}	14.21 ± 0.20 ^c	10.78 ± 0.28 ^a	3.42 ± 0.08 ^f	3.32 ± 0.12 ^{b,c}	32.93 ± 2.21 ^c	0.79 ± 0.01 ^d	7.88 ± 0.31 ^e
AzB48	11.07 ± 0.16 ^{b,c}	15.25 ± 0.17 ^d	13.08 ± 0.05 ^{c,d}	2.17 ± 0.11 ^e	3.13 ± 0.001 ^{d,e}	32.96 ± 0.40 ^c	0.62 ± 0.006 ^c	6.62 ± 0.15 ^d
AzE0	10.78 ± 0.22 ^b	19.58 ± 0.11 ^f	15.40 ± 0.16 ^f	4.18 ± 0.06 ^g	4.64 ± 0.02 ^{d,e}	42.90 ± 1.52 ^e	1.13 ± 0.02 ^g	10.54 ± 0.50 ^g
AzE24	12.40 ± 0.31 ^d	13.53 ± 0.04 ^b	12.54 ± 0.02 ^{b,c}	0.99 ± 0.06 ^c	3.40 ± 0.001 ^{b,c}	32.77 ± 0.64 ^c	0.51 ± 0.02 ^c	4.96 ± 0.19 ^c
AzE48	14.87 ± 0.11 ^f	15.27 ± 0.07 ^d	14.58 ± 0.008 ^e	0.68 ± 0.08 ^b	3.30 ± 0.001 ^{b,c}	31.26 ± 0.48 ^c	0.30 ± 0.02 ^b	2.86 ± 0.25 ^b
AzC0	8.60 ± 0.17 ^a	16.94 ± 0.25 ^h	16.72 ± 0.23 ^h	0.22 ± 0.01 ^a	1.67 ± 0.01 ^a	18.39 ± 0.48 ^a	0.15 ± 0.01 ^a	1.73 ± 0.12 ^a
AzC24	13.71 ± 0.05 ^e	13.99 ± 0.07 ^j	13.35 ± 0.06 ^d	0.63 ± 0.004 ^b	3.01 ± 0.01 ^b	51.13 ± 2.08 ^f	0.26 ± 0.001 ^a	4.47 ± 0.15 ^c
AzC48	11.52 ± 0.49 ^{b,c}	15.55 ± 0.01 ^e	14.37 ± 0.05 ^a	1.17 ± 0.05 ^c	2.56 ± 0.001 ^b	24.96 ± 1.13 ^b	0.32 ± 0.01 ^b	3.20 ± 0.06 ^b

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

Az = Arroz ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.

0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 4. Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en la harina de Avena.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de harina ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de harina ^{2,3}	proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
AvT0	10.87 ± 0.61 ^b	24.14 ± 0.44 ^e	20.01 ± 0.32 ^d	4.13 ± 0.11 ^h	5.35 ± 0.02 ^h	39.16 ± 0.93 ^t	1.22 ± 0.01 ^g	8.98 ± 0.16 ^{h,i}
AvT24	14.22 ± 0.12 ^d	28.57 ± 0.07 ^g	28.29 ± 0.06 ⁱ	0.28 ± 0.008 ^a	5.99 ± 0.10 ⁱ	40.82 ± 1.23 ^t	0.10 ± 0.002 ^a	0.70 ± 0.02 ^a
AvT48	16.71 ± 0.14 ^t	28.87 ± 0.26 ^g	24.77 ± 0.43 ^g	4.09 ± 0.17 ^h	4.79 ± 0.02 ^g	31.09 ± 0.97 ^e	1.43 ± 0.03 ^h	9.27 ± 0.06 ⁱ
AvB0	12.39 ± 0.36 ^c	28.78 ± 0.70 ^g	25.74 ± 0.62 ^h	3.04 ± 0.07 ^e	3.99 ± 0.07 ^c	27.36 ± 0.99 ^{c,d}	1.09 ± 0.07 ^{e,t}	7.52 ± 0.53 ^g
AvB24	9.44 ± 0.02 ^a	20.02 ± 0.18 ^b	16.54 ± 0.06 ^b	3.47 ± 0.11 ^g	4.69 ± 0.01 ^t	31.94 ± 0.46 ^e	0.90 ± 0.01 ^d	6.15 ± 0.14 ^e
AvB48	11.07 ± 0.16 ^b	36.14 ± 0.15 ^h	29.99 ± 0.07 ⁱ	6.15 ± 0.22 ⁱ	2.71 ± 0.02 ^a	19.46 ± 0.37 ^a	1.21 ± 0.04 ^g	8.69 ± 0.37 ^h
AvE0	12.72 ± 0.33 ^c	17.74 ± 0.03 ^a	13.81 ± 0.10 ^a	3.93 ± 0.13 ^h	4.26 ± 0.01 ^d	25.77 ± 0.90 ^{b,c}	1.12 ± 0.02 ^t	6.82 ± 0.28 ^t
AvE24	9.55 ± 0.01 ^a	21.09 ± 0.15 ^c	17.85 ± 0.26 ^c	3.24 ± 0.11 ^t	3.97 ± 0.01 ^c	27.11 ± 0.33 ^{c,d}	1.04 ± 0.01 ^e	7.10 ± 0.23 ^{t,g}
AvE48	14.94 ± 0.45 ^e	25.59 ± 0.03 ^t	23.34 ± 0.16 ^t	2.25 ± 0.13 ^d	4.79 ± 0.01 ^g	29.30 ± 1.16 ^{c,d,e}	0.60 ± 0.02 ^c	3.70 ± 0.28 ^c
AvC0	12.17 ± 0.16 ^c	23.08 ± 0.12 ^d	21.38 ± 0.04 ^e	1.70 ± 0.07 ^c	4.54 ± 0.001 ^e	31.77 ± 0.43 ^e	0.69 ± 0.02 ^c	4.83 ± 0.20 ^d
AvC24	12.77 ± 0.50 ^c	37.49 ± 0.06 ^j	35.19 ± 0.01 ^k	2.30 ± 0.07 ^d	3.96 ± 0.001 ^c	30.19 ± 0.47 ^{d,e}	0.64 ± 0.01 ^c	4.90 ± 0.18 ^d
AvC48	14.64 ± 0.49 ^{d,e}	37.01 ± 0.29 ^j	36.24 ± 0.24 ^k	0.77 ± 0.04 ^b	3.66 ± 0.001 ^b	23.22 ± 0.12 ^b	0.33 ± 0.01 ^b	2.14 ± 0.11 ^b

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

Av = Avena ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.

0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 5. Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en las mezclas de Arroz – Soya.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de mezcla ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de mezcla ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
AzST0	9.30 ± 0.35 ^C	21.46 ± 0.45 ^d	19.78 ± 0.16 ^e	1.68 ± 0.27 ^{a,b}	5.26 ± 0.01 ^b	17.90 ± 0.23 ^b	0.89 ± 0.11 ^d	3.05 ± 0.40 ^{e,t}
AzST24	11.24 ± 0.17 ^d	22.38 ± 0.54 ^e	19.99 ± 0.51 ^e	2.39 ± 0.02 ^{b,c}	7.85 ± 0.67 ^e	25.82 ± 1.94 ^t	0.86 ± 0.007 ^d	2.84 ± 0.007 ^e
AzST48	8.55 ± 0.11 ^{b,c}	21.17 ± 0.52 ^d	18.69 ± 0.27 ^d	2.47 ± 0.24 ^{b,c}	6.69 ± 0.04 ^c	21.98 ± 0.07 ^c	1.08 ± 0.07 ^e	3.56 ± 0.21 ^g
AzSB0	8.49 ± 0.04 ^b	22.52 ± 0.27 ^e	19.75 ± 0.25 ^e	2.77 ± 0.01 ^c	9.70 ± 0.07 ^t	32.77 ± 0.38 ^h	1.05 ± 0.08 ^e	3.55 ± 0.28 ^g
AzSB24	14.74 ± 0.83 ^e	16.31 ± 0.59 ^a	14.94 ± 0.72 ^a	1.36 ± 0.12 ^a	7.30 ± 0.19 ^d	22.63 ± 0.70 ^{c,d}	0.63 ± 0.04 ^c	1.97 ± 0.12 ^d
AzSB48	16.74 ± 0.15 ^g	22.13 ± 0.09 ^e	22.06 ± 0.10 ^t	0.07 ± 0.01 ^d	7.71 ± 0.01 ^e	23.71 ± 0.06 ^{d,e}	0.03 ± 0.008 ^a	0.11 ± 0.02 ^a
AzSE0	15.05 ± 0.43 ^{e,t}	21.06 ± 0.35 ^d	18.89 ± 0.02 ^d	2.17 ± 0.32 ^{a,b,c}	4.31 ± 0.1 ^a	15.84 ± 0.11 ^a	0.90 ± 0.08 ^d	3.32 ± 0.30 ^{f,g}
AzSE24	8.89 ± 0.04 ^{b,c}	19.35 ± 0.01 ^c	18.07 ± 0.06 ^c	1.27 ± 0.05 ^a	4.61 ± 0.01 ^a	17.82 ± 0.17 ^b	0.37 ± 0.01 ^b	1.46 ± 0.04 ^c
AzSE48	7.17 ± 0.53 ^a	17.77 ± 0.09 ^b	16.47 ± 0.19 ^b	1.30 ± 0.28 ^a	6.49 ± 0.03 ^c	22.18 ± 0.38 ^c	0.60 ± 0.09 ^c	2.07 ± 0.30 ^d
AzSC0	14.66 ± 0.08 ^e	17.74 ± 0.56 ^b	17.03 ± 0.58 ^b	0.70 ± 0.02 ^d	7.76 ± 0.14 ^e	24.61 ± 0.75 ^{e,t}	0.27 ± 0.008 ^b	0.87 ± 0.01 ^b
AzSC24	17.10 ± 0.23 ^g	19.24 ± 0.27 ^c	18.49 ± 0.29 ^{c,d}	0.74 ± 0.01 ^d	7.18 ± 0.05 ^d	25.87 ± 0.49 ^t	0.39 ± 0.005 ^b	1.40 ± 0.02 ^c
AzSC48	15.76 ± 0.19 ^f	22.23 ± 0.24 ^e	19.66 ± 0.07 ^e	2.57 ± 0.16 ^{b,c}	6.75 ± 0.01 ^c	27.20 ± 0.63 ^g	0.84 ± 0.03 ^d	3.39 ± 0.11 ^{f,g}

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

AzS = Mezcla Arroz – Soya ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.

0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 6. Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en las mezclas de Arroz - Garbanzo.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de mezcla ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de mezcla ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
AzGT0	10.38 ± 0.28 ^d	17.19 ± 0.09 ^d	15.49 ± 0.21 ^e	1.69 ± 0.12 ^b	1.61 ± 0.01 ^a	14.37 ± 0.04 ^a	0.40 ± 0.02 ^b	3.62 ± 0.21 ^b
AzGT24	8.34 ± 0.43 ^b	23.57 ± 0.17 ⁱ	19.87 ± 0.006 ⁱ	3.70 ± 0.17 ^g	5.70 ± 0.0 ^j	45.37 ± 0.68 ^j	0.92 ± 0.02 ^{a,b}	7.33 ± 0.07 ⁱ
AzGT48	10.61 ± 0.26 ^d	20.82 ± 0.43 ^g	18.33 ± 0.54 ^h	2.49 ± 0.10 ^e	3.89 ± 0.04 ⁱ	31.60 ± 0.72 ^g	0.70 ± 0.02 ^{a,b}	5.72 ± 0.18 ^g
AzGB0	16.84 ± 0.61 ^h	21.92 ± 0.13 ^h	19.95 ± 0.10 ⁱ	1.97 ± 0.02 ^c	4.83 ± 0.01 ⁱ	39.35 ± 0.04 ⁱ	0.69 ± 0.006 ^{a,b}	5.62 ± 0.03 ^g
AzGB24	7.16 ± 0.17 ^a	14.89 ± 0.35 ^b	12.70 ± 0.16 ^b	2.19 ± 0.18 ^d	3.64 ± 0.02 ^d	29.35 ± 0.55 ^e	0.34 ± 0.008 ^a	2.75 ± 0.06 ^a
AzGB48	16.90 ± 0.12 ^e	17.94 ± 0.50 ^e	14.35 ± 0.33 ^d	3.58 ± 0.16 ^g	4.09 ± 0.04 ^{g,h}	30.49 ± 1.13 ⁱ	0.95 ± 0.02 ^{a,b}	7.09 ± 0.30 ^h
AzGE0	13.49 ± 0.22 ^f	11.47 ± 0.19 ^a	10.24 ± 0.16 ^a	1.22 ± 0.02 ^a	3.73 ± 0.03 ^e	28.04 ± 0.24 ^d	0.38 ± 0.005 ^a	2.85 ± 0.02 ^a
AzGE24	9.01 ± 0.04 ^c	18.17 ± 0.50 ^e	13.64 ± 0.34 ^c	4.52 ± 0.15 ^h	4.06 ± 0.04 ^{g,h}	27.86 ± 0.22 ^d	0.71 ± 0.01 ^{a,b}	4.90 ± 0.08 ^e
AzGE48	9.28 ± 0.44 ^c	16.11 ± 0.21 ^c	13.86 ± 0.24 ^{c,d}	2.24 ± 0.03 ^d	4.11 ± 0.03 ^h	28.65 ± 0.51 ^{d,e}	0.59 ± 0.01 ^{a,b}	4.15 ± 0.10 ^d
AzGC0	15.64 ± 0.28 ^g	19.52 ± 0.71 ^f	17.20 ± 0.61 ^g	2.31 ± 0.08 ^{d,e}	2.59 ± 0.03 ^c	23.22 ± 0.21 ^c	0.58 ± 0.01 ^{a,b}	5.19 ± 0.08 ^f
AzGC24	10.46 ± 0.23 ^d	19.06 ± 0.09 ^f	16.28 ± 0.07 ^f	2.78 ± 0.16 ^f	2.45 ± 0.1 ^b	21.25 ± 0.21 ^b	0.46 ± 0.01 ^{a,b}	3.98 ± 0.14 ^{c,d}
AzGC48	11.40 ± 0.21 ^e	19.60 ± 0.06 ^f	18.51 ± 0.09 ^h	1.09 ± 0.03 ^a	4.05 ± 0.01 ^g	35.28 ± 0.63 ^h	0.44 ± 0.01 ^{a,b}	3.88 ± 0.09 ^c

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

AzG = Mezcla Arroz - Garbanzo ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.
0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 7 . Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en las mezclas de Avena - Garbanzo.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de mezcla ^{2,3}	proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de mezcla ^{2,3}	proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
AvGT0	8.26 ± 0.23 ^c	18.22 ± 0.33 ^b	15.85 ± 0.18 ^a	2.37 ± 0.14 ^b	4.31 ± 0.01 ^e	25.73 ± 0.37 ^{c,d}	0.55 ± 0.02 ^f	3.29 ± 0.11 ⁱ
AvGT24	9.56 ± 0.35 ^d	28.17 ± 0.10 ^g	22.94 ± 0.13 ^e	5.22 ± 0.12 ^d	5.21 ± 0.01 ^h	28.43 ± 0.09 ^f	1.43 ± 0.01 ^j	8.06 ± 0.12 ^k
AvGT48	8.78 ± 0.03 ^c	28.33 ± 0.15 ^g	24.57 ± 0.02 ^f	3.76 ± 0.12 ^c	2.79 ± 0.01 ^b	14.43 ± 0.23 ^a	0.73 ± 0.01 ^g	3.79 ± 0.05 ^g
AvGB0	10.02 ± 0.16 ^d	27.03 ± 0.62 ^f	25.08 ± 0.66 ^f	1.94 ± 0.10 ^b	5.61 ± 0.13 ^j	29.95 ± 1.06 ^g	0.78 ± 0.01 ^h	4.20 ± 0.03 ^h
AvGB24	8.35 ± 0.23 ^c	19.55 ± 0.45 ^c	19.02 ± 0.41 ^b	0.53 ± 0.04 ^d	4.73 ± 0.03 ^f	26.73 ± 0.48 ^e	0.13 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.06 ^b
AvGB48	11.06 ± 0.30 ^e	30.89 ± 0.05 ^h	27.29 ± 0.07 ^g	3.60 ± 0.12 ^c	2.46 ± 0.01 ^a	14.08 ± 0.26 ^a	1.26 ± 0.08 ⁱ	7.19 ± 0.35 ^j
AvGE0	8.24 ± 0.27 ^c	20.98 ± 0.25 ^d	20.22 ± 0.20 ^c	0.76 ± 0.04 ^e	3.15 ± 0.01 ^c	20.19 ± 0.36 ^b	0.33 ± 0.01 ^d	2.12 ± 0.11 ^d
AvGE24	6.29 ± 0.15 ^a	16.46 ± 0.42 ^a	15.64 ± 0.35 ^a	0.82 ± 0.06 ^f	5.33 ± 0.04 ⁱ	27.97 ± 0.39 ^f	0.25 ± 0.01 ^c	1.32 ± 0.10 ^c
AvGE48	7.37 ± 0.51 ^b	16.18 ± 0.08 ^a	16.04 ± 0.07 ^a	0.13 ± 0.01 ^a	5.17 ± 0.01 ^h	25.23 ± 0.31 ^c	0.04 ± 0.003 ^a	0.21 ± 0.01 ^a
AvGC0	14.33 ± 0.46 ^g	25.16 ± 0.09 ^e	21.62 ± 0.02 ^d	3.54 ± 0.06 ^c	4.90 ± 0.01 ^f	28.36 ± 0.71 ^f	0.82 ± 0.004 ^h	4.76 ± 0.14 ⁱ
AvGC24	11.62 ± 0.61 ^e	37.74 ± 0.13 ⁱ	33.74 ± 0.11 ^h	4.00 ± 0.01 ^c	5.04 ± 0.01 ^g	26.25 ± 0.12 ^{d,e}	0.79 ± 0.002 ^h	4.12 ± 0.01 ^h
AvGC48	12.68 ± 0.49 ^f	40.91 ± 0.44 ^j	39.82 ± 0.41 ⁱ	1.09 ± 0.02 ^a	3.40 ± 0.01 ^d	20.31 ± 0.21 ^b	0.49 ± 0.008 ^e	2.94 ± 0.07 ^e

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

AvG = Mezcla Avena – Garbanzo ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.
0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.

Anexo 8. Contenido de Fibra Cruda (FC), Fibra Dietética Total (FDT), Fibra Dietética Insoluble (FDI), Fibra Dietética Soluble (FDS) y Proteína retenida en el residuo de FDI y FDS en las mezclas de Avena – Soya.

MUESTRA	%FIBRA CRUDA ^{1,3}	%FDT ^{1,3}	%FDI ^{1,3}	%FDS ^{1,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de mezcla ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDI en 100g de proteína ^{2,3}	Proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de mezcla ^{2,3}	proteína retenida (g) en el residuo de FDS en 100g de proteína ^{2,3}
AvST0	9.77 ± 0.63 ^a	20.54 ± 0.45 ^b	17.19 ± 0.38 ^b	3.34 ± 0.09 ^a	6.28 ± 0.06 ^f	26.48 ± 0.35 ^d	0.99 ± 0.03 ^e	4.18 ± 0.13 ^e
AvST24	12.14 ± 0.19 ^d	28.53 ± 0.16 ^g	23.88 ± 0.31 ^f	4.64 ± 0.47 ^{a,b}	5.90 ± 0.02 ^d	24.93 ± 0.08 ^c	1.25 ± 0.05 ^f	5.28 ± 0.24 ^g
AvST48	10.43 ± 0.31 ^b	23.34 ± 0.09 ^d	20.29 ± 0.15 ^d	3.05 ± 0.06 ^a	6.78 ± 0.02 ^g	27.70 ± 0.34 ^e	1.27 ± 0.01 ^f	5.19 ± 0.11 ^{f,g}
AvSB0	16.54 ± 0.38 ^g	25.40 ± 0.19 ^e	24.37 ± 0.12 ^g	1.03 ± 0.06 ^{a,b}	9.16 ± 0.02 ^j	36.34 ± 0.52 ^h	0.50 ± 0.02 ^a	1.99 ± 0.11 ^a
AvSB24	14.54 ± 0.52 ^f	30.27 ± 0.47 ^h	24.96 ± 0.28 ^h	5.30 ± 0.18 ^{a,b}	4.74 ± 0.01 ^b	18.68 ± 0.25 ^a	1.21 ± 0.01 ^f	4.79 ± 0.07 ^f
AvSB48	17.36 ± 0.16 ^h	33.15 ± 0.48 ⁱ	30.96 ± 0.41 ^j	2.19 ± 0.06 ^a	6.03 ± 0.02 ^e	23.64 ± 0.23 ^b	1.08 ± 0.02 ^e	4.24 ± 0.05 ^e
AvSE0	9.54 ± 0.19 ^a	23.40 ± 0.05 ^d	19.01 ± 0.06 ^c	4.39 ± 0.01 ^{a,b}	7.33 ± 0.01 ^h	32.53 ± 0.31 ^g	1.80 ± 0.08 ^g	8.00 ± 0.30 ^h
AvSE24	14.80 ± 0.20 ^f	17.33 ± 0.22 ^a	16.31 ± 0.19 ^a	1.01 ± 0.02 ^{a,b}	6.29 ± 0.03 ^f	27.96 ± 0.06 ^e	0.61 ± 0.01 ^b	2.70 ± 0.05 ^b
AvSE48	11.26 ± 0.15 ^c	22.27 ± 0.43 ^c	20.75 ± 0.006 ^e	1.52 ± 0.43 ^a	5.49 ± 0.0 ^c	23.01 ± 0.28 ^b	0.74 ± 0.16 ^c	3.14 ± 0.70 ^{b,c}
AvSC0	9.57 ± 0.01 ^a	23.72 ± 0.40 ^d	20.97 ± 0.19 ^e	2.74 ± 0.20 ^a	7.67 ± 0.03 ⁱ	30.30 ± 0.46 ^f	0.88 ± 0.03 ^d	3.51 ± 0.18 ^{c,d}
AvSC24	13.01 ± 0.006 ^e	36.32 ± 0.25 ^j	34.43 ± 0.34 ^k	1.88 ± 0.09 ^a	5.47 ± 0.01 ^c	25.95 ± 0.82 ^d	0.76 ± 0.03 ^c	3.64 ± 0.27 ^d
AvSC48	13.60 ± 0.02 ^e	27.85 ± 0.17 ^f	27.07 ± 0.11 ⁱ	0.78 ± 0.06 ^b	4.20 ± 0.0 ^a	19.22 ± 0.52 ^a	0.40 ± 0.02 ^a	1.85 ± 0.07 ^a

¹Promedio de tres determinaciones expresadas en base seca ± desviación estándar.

²Promedio de tres determinaciones ± desviación estándar.

³Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05)

AvS = Mezcla Avena – Soya ; T = Tostado; B = Cocción con Bicarbonato de sodio (NaHCO₃); E = Extrusión; C = Crudo.

0 = 0 horas de germinación a 25°C; 24 = 24 horas de germinación a 25°C; 48 = 48 horas de germinación a 25°C.