



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN



FIBRA DIETÉTICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:
MYRNA DELIA FLORES SANCHEZ

A S E S O R:
L. N. ADRIANA LLORENTE BOUSQUETS

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1995

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

U. N. A.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
SUPERIORES DE EXAMENES PROFESIONALES



Departamento de
Exámenes Profesionales

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el trabajo de tesis: "Fibra Dietética"

que presenta la pasante: Flores Sánchez Myrna Delia
con número de cuenta: 7408254-2 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 7 de Marzo de 1995

| | | |
|---------------|--|--|
| PRESIDENTE | <u>M.en C. Rosa M. Arriaga Orihuela</u> | |
| VOCAL | <u>Dra. Sara E. Valdés Martínez</u> | |
| SECRETARIO | <u>L.N. Adriana Llorente Bousquets</u> | |
| 1er. SUPLENTE | <u>Dra. L. Patricia Martínez Padilla</u> | |
| 2do. SUPLENTE | <u>M.V.Z. Rosa María Ramos Gutiérrez</u> | |

UAE/DEP/VAP/01

FALLA DE ORIGEN

El mas grande agradecimiento con todo mi corazón para Manuel por su paciencia e invaluable apoyo y amor, por lo cual fué posible la culminación de este trabajo.

Por su comprensión y cariño a Paulina, Lorena y al pequeño Manuel. Ellos fueron la inspiración para terminar lo que ya había comenzado.

A mis padres por la oportunidad que me brindaron para estudiar una carrera universitaria, por la ayuda y amor que me proporcionaron durante la misma. A Paty y a Eugenia.

A la profesora Adriana Llorente, por el estímulo que me proporcionó durante la carrera y el haber contribuido con su tiempo y conocimientos a la realización de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de la universidad, a los profesores que compartieron sus conocimientos, pero principalmente a las Dras. Sara y Paty y a las profesoras Rosa Manuela y Rosa María.

INDICE

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| INTRODUCCION..... | 2 |
| OBJETIVOS..... | 10 |
| 1.- Objetivo general. | |
| 2.- Objetivos Particulares. | |
| CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA FIBRA DIETETICA | |
| 1.1.- Definición de fibra dietética..... | 11 |
| 1.2.- Clasificación..... | 16 |
| 1.2.1.-Fibra dietética insoluble..... | 20 |
| Celulosa..... | 20 |
| Hemicelulosa..... | 21 |
| Lignina..... | 22 |
| 1.2.2.- Fibra dietética soluble..... | 23 |
| Celulosas modificadas..... | 23 |
| Beta glucanas..... | 24 |
| Pectinas..... | 24 |
| Gomas..... | 26 |
| CAPITULO II. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA FIBRA DIETETICA | |
| 2.1.- Fibra Dietética y patrones de consumo..... | 34 |
| 2.1.1.- Influencia de la industrialización en el consumo de la fibra dietética..... | 35 |
| 2.1.2.- Patrones de consumo..... | 38 |
| 2.2.- Consumo de fibra dietética y efectos fisiológicos..... | 44 |
| 2.2.1.- Fibra y diabetes..... | 50 |
| 2.2.2.- Fibra e hipertensión..... | 53 |

| | |
|---|----|
| 2.2.3.- Fibra y obesidad | 56 |
| 2.2.4.- Fibra y saciedad | 58 |
| 2.2.5.- Fibra y fibrinógeno sérico | 62 |
| 2.2.6.- Fibra e hiperlipidemia sérica | 63 |
| 2.2.6.1.- Fibra e hipercolesterolemia | 66 |
| 2.2.6.2.- Fibra y LDL colesterol | 68 |
| 2.2.6.3.- Fibra y HDL colesterol | 69 |
| 2.2.6.4.- Fibra y triacilglicéridos séricos | 70 |
| 2.2.7.- Fibra y digestión | 70 |
| 2.2.7.1.- Fibra y cáncer de colon | 72 |
| 2.2.7.2.- Fibra, constipación y hemorroides | 73 |
| 2.2.7.3.- Fibra e ileitis | 75 |
| 2.2.7.4.- Fibra y diverticulitis | 75 |
| 2.2.8.- Interacción fibra dietética y minerales | 79 |
| 2.3.- Niveles de consumo recomendables | 82 |

CAPITULO III. FIBRA DIETETICA EN ALIMENTOS.

| | |
|--|----|
| 3.1.- Fuentes de fibra dietética | 86 |
| 3.1.1.- Alimentos naturales | 87 |
| 3.1.2.- Salvado de cereales | 89 |
| Salvado de trigo | 89 |
| Salvado de avena | 90 |
| Salvado de maíz | 90 |
| Salvado de arroz | 91 |
| Celulosa purificada | 91 |
| 3.1.3.- Cereales procesados | 92 |
| Harinas | 92 |
| Pan | 94 |
| Cereales | 94 |
| 3.1.4.- Aplicaciones de la fibra dietética soluble | 95 |
| Clasificación por fuente | 97 |
| Contenido de fibra de diversas fuentes | 99 |
| Funcionalidad en alimentos | 99 |
| Adición en alimentos | 99 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.- Metodología para la determinación de fibra dietética | 103 |
| Clasificación de los métodos | 106 |
| 3.2.1.- Métodos gravimétricos | 106 |
| Goering y Van Soest (1980) | 106 |
| Asp. N. G. (1983) | 107 |
| Berlin (1986) | 107 |
| Lee (1990) | 109 |
| 3.2.2.- Métodos colorimétricos | 110 |
| Southgate (1978) | 110 |
| Anderson y Clydesdale (1980) | 112 |
| Englist y Cummings (1982) | 115 |
| Faulks y Timm (1986) | 117 |
| Theander y Aman (1986) | 117 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 122 |
| BIBLIOGRAFIA | 128 |

INDICE DE DIAGRAMAS, CUADROS Y TABLAS.

INDICE DE DIAGRAMAS.

| | |
|--|-----|
| 1.- Parámetros Experimentales Determinantes de las Propiedades de la Fibra Dietética..... | 7 |
| 2.- Interrelaciones de la Dieta con Hipertensión, Disturbios de Lípidos y Arteroesclerosis..... | 47 |
| 3.- Efecto de la Dieta y otros Factores en las Enfermedades del Corazón..... | 48 |
| 4.- Esquema Simplificado de la Metodología para Análisis de Fibra Dietética..... | 104 |
| 5.- Ensayo Enzimático de Fibra Dietética Soluble e Insoluble..... | 107 |
| 6.- Determinación de Fibra "Método de Berlín"..... | 107 |
| 7.- Determinación de Fibra "Método de Southgate"..... | 111 |
| 8.- Determinación para la Fibra Dietética total Soluble e insoluble por el "Método de Anderson"..... | 113 |
| 9.- Determinación de Fibra "Método de Englyst y Cummings"..... | 116 |
| 10.- Determinación de Unidades Monoméricas de la Fibra Dietética Soluble e Insoluble"..... | 116 |
| 11.- Determinación de Fibra "Método de Theander"..... | 118 |

INDICE DE CUADROS.

| | |
|--|-----|
| 1.- Principales Parámetros para la Valoración de la Fibra... .. | 6 |
| 2.- Componentes de la Fibra Exógena según su Estructura y Posible Función Fisiológica..... | 16 |
| 3.- Clasificación General de la Fibra Dietética..... | 19 |
| 4.- Ejemplo de algunas Gomas su Origen y Estructura..... | 26 |
| 5.- Clasificación de Gomas por Función..... | 28 |
| 6.- Relación entre Fibra y varios Problemas de Salud..... | 77 |
| 7.- Niveles de Consumo de Fibra Dietética Recomendables..... | 84 |
| 8.- Funcionalidad de Fibra Dietética Soluble en Alimentos... .. | 100 |

INDICE DE TABLAS.

| | |
|---|-----|
| 1.- Cálculo de la Disponibilidad Neta de la Fibra..... | 40 |
| 2.- Consumo de Fibra Cruda y Fibra Dietética per capita de 38 Países..... | 41 |
| 3.- Consumo de Fibra Dietética de Varias Fuentes en Diversos Países del Mundo..... | 43 |
| 4.- Respuesta de Diabéticos a Dieta Alta en Fibra y Alta en Carbohidratos (75% de Energía)..... | 54 |
| 5.- Concentración de Triacilglicéridos de 7 Pacientes Diabéticos con 3 Dietas Diferentes..... | 54 |
| 6.- Balance de Alimentos que Contienen Fibra Dietética Soluble e Insoluble..... | 85 |
| 7.- Contenido de Fibra Dietética en Verduras Leguminosas y Frutas..... | 88 |
| 8.- Fibra Dietética en Alimentos..... | 93 |
| 9.- Contenido de Fibra Dietética en Productos de Cereales..... | 96 |
| 10.- Clasificación de Fibra Dietética Soluble..... | 98 |
| 11.- Contenido de Fibra Dietética de Gomas Vegetales..... | 98 |
| 12.- Utilización de la Fibra Dietética como Aditivo..... | 102 |
| 13.- Utilización de la Fibra Dietética como Aditivo..... | 102 |
| 14.- Componentes de la Fibra Dietética Soluble e Insoluble (Unidades Monoméricas)..... | 114 |
| 15.- Comparación de Valores de Fibra Dietética Reportados por 3 investigadores..... | 120 |
| 16.- Valores Medios de Fibra Dietética obtenidos con Diferentes Métodos Analíticos..... | 121 |

RESUMEN.

En esta revisión bibliográfica sobre la fibra dietética se explica la importancia que tiene su consumo por los beneficios que proporciona al organismo, tomando en cuenta sus propiedades y aspectos fisiológicos. A la cual se le definió como, "La fibra dietética esta constituida por diversos componentes químicos que son resistentes a la hidrólisis de las enzimas del tracto digestivo del hombre". Entre los alimentos que contienen fibra dietética se encuentran las frutas y verduras, semillas enteras (no refinadas) de cereales, leguminosas y oleaginosas. El contenido y tipo de fibra se reportan en tablas. Dentro de las propiedades fisicoquímicas de la fibra se distinguen: su solubilidad, fermentabilidad, gran capacidad de retención de agua, de absorción de moléculas orgánicas (ácidos biliares) e inorgánicas (minerales). Debido a que el consumo de fibra esta influenciado por la relación existente entre el grado de industrialización de los países y el poder adquisitivo, los diferentes organismos internacionales han logrado establecer las recomendaciones mínimas de consumo de fibra total. Los efectos fisiológicos producidos por su consumo dependerán de las propiedades que presentan cada uno de sus componentes estructurales, para la disminución y prevención de diversas enfermedades como; la diabetes, cáncer del colon, etc. Se incluyen los métodos analíticos para la cuantificación de los componentes de la fibra total así como de la fibra soluble e insoluble.

INTRODUCCION.

La alimentación es decisiva para el desarrollo físico e intelectual del individuo, por lo que se debe consumir un tipo de dieta acorde con las necesidades individuales, las que se encuentran influenciadas por factores culturales, publicitarios, económicos y fisiológicos. Los hábitos alimentarios actuales están determinados por causas socio-económicas como: la masiva urbanización de la población, las grandes distancias entre el lugar de trabajo y el hogar, el fenómeno de la industrialización, etc., originando de esta forma un déficit en el consumo de la fibra (68).

La fibra anteriormente ignorada por su escaso valor nutritivo ha cobrado interés por las investigaciones realizadas por Burkitt (1978), al encontrarse como un factor primordial en el mantenimiento de la salud (20), con lo que en base a diversos estudios se han confirmado los efectos positivos de la misma para mejorar el funcionamiento digestivo (29).

Diversos estudios e investigaciones han ratificado los efectos benéficos que proporciona la fibra en el organismo principalmente en el aparato digestivo, como también se ha encontrado en estos estudios que al ingerirla en exceso, produce ciertos trastornos como: flatulencia, disminución de la biodisponibilidad de los elementos minerales, o interferencias con la actividad de las enzimas del aparato digestivo.

Para compensar esto se han elaborado diversos productos dietéticos con las cantidades recomendables de fibra necesaria para obtener una acción correctiva o preventiva de una serie de enfermedades.

A la fibra se le ha identificado con el contenido indigerible del alimento, donde Southgate (1978) la definió como: "La suma de polisacáridos y lignina que están presentes en los alimentos o asociados a ellos, no son digeribles por las secreciones endógenas del tracto intestinal humano y que no proveen energía" sin tomar en cuenta que estos últimos compuestos pueden ser absorbidos en el intestino delgado (87) (94).

Los cereales, leguminosas, frutas y verduras son los alimentos que aportan la fibra en la dieta; es importante mencionar que la fibra no es un nutrimento, pero se le ha llegado a considerar como indispensable para el buen funcionamiento del aparato digestivo.

Las propiedades fisiológicas de la fibra dietética son (81):

- La capacidad de retener el agua: Se relaciona directamente con la regulación intestinal, tiempo de tránsito de los alimentos y volumen fecal. Esta se atribuye principalmente a polisacáridos como las pectinas, gomas y algunas hemicelulosas, que propician la mejor difusión y absorción de los nutrientes y facilitan el movimiento del bolo digestivo (33).

- La capacidad de solubilidad en agua, determinando la diferencia entre las fibras solubles (pectinas) y las insolubles (celulosas, hemicelulosas y ligninas) (17). La goma guar,

pectinas y algunas hemicelulosas influyen en el control de la disminución de la diabetes. Las gomas se utilizan en el tratamiento de la hipercolesterolemia. La avena y las leguminosas contienen polisacáridos no celulósicos (solubles y viscosos), que son efectivos en la reducción del colesterol e hiperlipidemia (45,52).

- La absorción de moléculas orgánicas. La fibra absorbe ácidos biliares y aumenta la excreción de los mismos, lo cual causa un incremento de demanda de colesterol y la consiguiente reducción de su concentración (23).

Se ha demostrado que la lignina es un absorbente efectivo de los ácidos biliares produciendo su arrastre en las heces fecales. Las pectinas y las gomas reducen la absorción del colesterol en el organismo, disminuyendo así la colesterolemia al aumentar la producción de ácidos grasos, efectuando un mecanismo de protección contra el cáncer gastrointestinal (12,53).

- La capacidad de absorción con otros componentes de la dieta. La interacción de la fibra dietética con los minerales (capacidad de intercambio iónico) efectúa una reducción no deseable en la biodisponibilidad de estos en el tracto gastrointestinal, esto se debe a los grupos ácidos de los polisacáridos y en mayor parte a la presencia del ácido fítico y además, a que, cada uno de los componentes de la fibra presentan cierta afinidad a algún mineral por ejemplo; la goma guar tiene afinidad con el calcio propiciando la reducción de la glucosa plasmática (IG) e insulina (76,80).

La asociación de la mala absorción del calcio con productos que contienen salvado es tradicionalmente adscrito al contenido de ácido fítico (CAF) de estos alimentos. Esto aún no ha sido comprobado, ya que es posible que la fibra independientemente del fitato interfiera con la absorción y metabolismo mineral (25,95).

- El tamaño de partícula de la fibra dietética influye en la respuesta fisiológica de esta, cuando es grande, por su capacidad de retención de agua (CRA) favoreciendo la fermentación colónica (20,72).

- La digestibilidad en el colon es mejorada por la ingestión de la fibra, disminuyendo las posibilidades de cáncer en él, esto se aprecia mas con las pectinas, gomas y mucilagos (98).

Para valorar la idoneidad de las propiedades fisiológicas de la fibra y su uso recomendable además de poder realizar comparaciones cuantitativas, será necesario utilizar parámetros que se puedan determinar experimentalmente in vitro los cuales se encuentran directamente correlacionados con los efectos fisiológicos. En el CUADRO 1 y el DIAGRAMA 1 se indican estos parámetros y el efecto con el que potencialmente están relacionados. Son los siguientes.

Fermentabilidad. Indica el porcentaje de fibra que es metabolizado por el organismo y no expulsado en heces. Se determina por fermentación anaerobia de fibra con inoculación de heces humanas.

Indice de glucosa. Indica la cantidad de glucosa que absorbe el intestino en un tiempo determinado la cual disminuye según la

CUADRO 1

**PRINCIPALES PARAMETROS PARA LA
VALORACION DE FIBRA**

| Efecto fisiológico perseguido | Parámetro determinante |
|--|-------------------------------|
| 1.- Factor preventivo de cáncer del colon. | F, CRA |
| 2.- Factor reductor de colesterol | F, AAB |
| 3.- Factor reductor de absorción de glucosa (diabetes). | IG, V |
| 4.- Regulador intestinal. | CRA |
| 5.- Integrante de dietas para tratamientos de obesidad. | CRA, IG |
| 6.- Factor de desequilibrio mineral (posible efecto negativo). | CII, CAF |

FUENTE: Calixto F.S. y Boni I.; (1987); "Valoración de la idoneidad de fibras alimentarias, Nuevos Aspectos a Considerar"; Revista Alimentaria; (12): 29.

F: Fermentabilidad

CRA: Capacidad de retención de agua

AAB: Adsorción de ácidos biliares

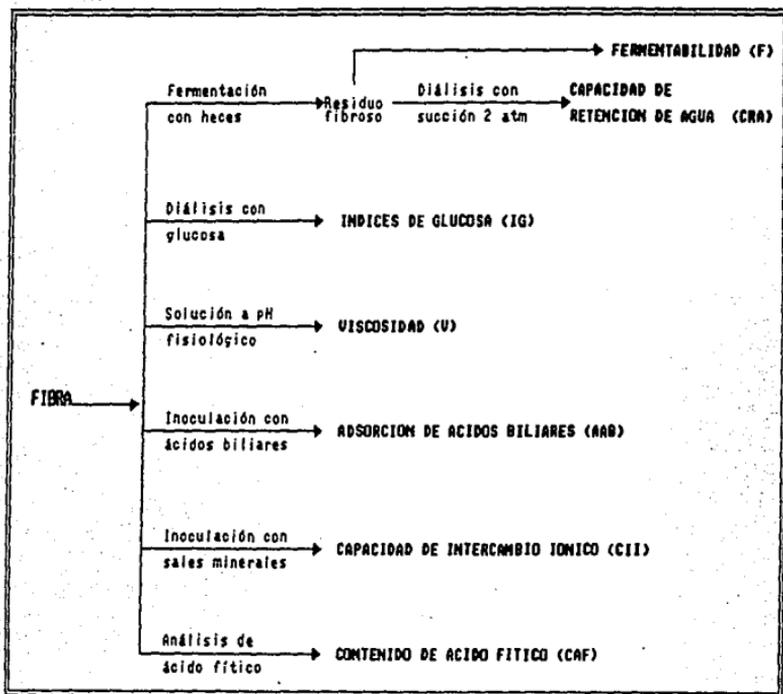
IG: Índice de glucosa

V: Viscosidad

CII: Capacidad de intercambio iónico

CAF: Contenido de ácido fólico

DIAGRAMA 1
PARAMETROS EXPERIMENTALES DETERMINANTES DE LAS
PROPIEDADES DE LA FIBRA DIETETICA.



FUENTE: Calixto F.S. y Goni I.I. "Valoración de la idoneidad de fibras alimentarias, nuevos aspectos a considerar; Revista Alimentaria; (12); 29.

cantidad y tipo de fibra presente. Las medidas experimentales se hacen colocando en bolsas de diálisis de glucosa y fibra y midiendo la cantidad de aquella que atraviesa la membrana.

Viscosidad. Influye en el grado de absorción intestinal de azúcares y otros nutrientes, el cual disminuye a mayor viscosidad.

Capacidad de retención de agua. Expresa la cantidad de agua retenida por gramo de fibra. Para su determinación se introduce fibra y agua en una bolsa de diálisis, creando una succión a presión fisiológica de 2 atm (por medio de disolución externa de polietilenglicol) durante 48 horas, midiendo finalmente el agua retenida, deben realizarse con los residuos resultantes del proceso de fermentación.

Adsorción de ácidos biliares. La cuantificación de la adsorción se puede realizar midiendo la disminución de la concentración inicial de una disolución de ácido fólico incubada con fibra durante 1 hora.

Contenido de ácido fítico. Para la medida de este efecto se incuban las soluciones de iones metálicos con fibra a 37°C por 24 horas. se analiza por absorción atómica el contenido de los mismos en el sobrenadante. la determinación del contenido de ácido fítico se realiza por intercambio. Los resultados indicarían si existe algún efecto en el equilibrio mineral, y en su caso, la necesidad de suplementación de los minerales.

Como ya se ha visto la fibra dietética presenta diversos grupos de compuestos, en los cuales su análisis no ha sido fácil.

Han surgido métodos rápidos, para cuantificar los componentes de la fibra total de los alimentos, los cuales dan información específica de las fracciones individualmente y otros en los que se hacen la distinción de las fracciones de los no polisacáridos como la lignina de la fibra total (66).

En los métodos gravimétricos las fracciones son cuantificadas por peso, algunos se han modificado obteniéndose el contenido soluble e insoluble de fibra en el alimento. Un método aprobado por la AOAC, se basa en la extracción con ácido y álcali, utilizando enzimas (gravimétrico enzimático) (9,28).

El análisis de los componentes individuales se utiliza para determinar el contenido de fibra en los alimentos, esto se puede hacer con la separación de cada uno de ellos, a través de varias extracciones (hidrólisis), el cual se modifica por el de líquido-gas o cromatografía líquida (73).

En las estimaciones percapita del consumo de la fibra obtenida de varios países, se observa que todavía en Europa hay un porcentaje muy bajo de ingesta de fibra (20 %), a diferencia de México que tiene una buena estimación de consumo (entre el 90%) (17).

Diferentes organizaciones mundiales recomiendan un incremento en el consumo de la fibra dietética, proponen por lo tanto un cambio en los hábitos alimenticios, con el fin de evitar el consumo de los alimentos refinados (15).

OBJETIVOS

1.- OBJETIVO GENERAL.

Analizar la información de la composición en fibra dietética de los alimentos, su consumo y efectos fisiológicos en el organismo.

2.- OBJETIVOS PARTICULARES.

2.1.- Definir fibra dietética y revisar su clasificación.

2.2.- Relacionar el efecto de el grado de industrialización de los países y sus patrones de consumo.

2.3.- Resaltar los efectos fisiológicos, benéficos o adversos del consumo de fibra dietética.

2.4.- Indicar los niveles de consumo recomendables.

2.5.- Identificar la composición de fibra dietética y sus constituyentes.

2.6.- Revisar la metodología para la determinación de fibra dietética.

CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA FIBRA DIETETICA.

1.1.- DEFINICION DE FIBRA DIETETICA.

A principios del siglo XVIII, el término fibra se utilizó como una forma para denominar al alimento que era utilizado sólo para los animales, el forraje, este material era considerado como totalmente indigerible y sin beneficio para el hombre. A esta fibra se le conoció con el nombre de "fibra cruda", definiéndosele como el residuo obtenido después de la extensa y activa digestión química.

Las tablas que reportaban las características nutricionales de los alimentos, no incluían en su mayoría los datos sobre el contenido de fibra cruda, cuando se reportaba se hacía sólo con la finalidad de mencionar la porción del alimento que era utilizada para alimentación animal, no le daban ningún significado importante ni beneficio para la alimentación humana y solo se utilizaba para efectuar el ajuste en el cálculo de la energía de los alimentos (62).

Existen diversas plantas que tienen fibra, que no se consume, como la proveniente del algodón, la lana, la cáscara de plátano, de maíz, la vaina de trigo y el pasto, y que no sirven de alimento, pero se les utiliza para hacer ropa, abrigos, etc. Este tipo de fibra es filamentososa y se diferencia de la fibra llamada, "dietética" utilizada para el consumo humano cuya ingestión aporta ciertos beneficios (2), que dependerán del tipo de fibra y la cantidad de esta (1).

Cleave en 1956 en estudios realizados con personas de diferentes sectores determinó el "síndrome por deficiencia de fibra", sobre el marcado contraste que existía entre las enfermedades como el cáncer del colon y la diabetes observadas en los residentes de las ciudades, comparadas a las del campo, estos estudios se completaron por Campbell (1966), (89).

Su relación estribaba en la dieta consumida, en donde los residentes del campo tenían dietas que consistían, en un alto consumo de productos integrales, como por ejemplo; las verduras frescas, cereales sin refinar, leguminosas, etc., en cambio en los residentes de las ciudades su alimentación se conformaba generalmente de productos procesados y refinados (89), la cual en la actualidad no ha variado mucho.

Trowell en 1972 incluyó los carbohidratos no asimilables en las tablas de composición de los alimentos resaltando la importancia que reviste el análisis de todos los materiales indigeribles de las plantas en la dieta, además sugirió utilizar el término de "fibra dietética" para estos componentes, término que fué inventado por Hipsley en 1953 (81,94).

La fibra dietética se encuentra presente en las paredes celulares de los vegetales, a la cual les proporciona rigidez (84). Es un material que se encuentra en los alimentos o asociada a ellos que no es digerible y que no provee energía, ni interfiere en la construcción de los bloques del crecimiento y el mantenimiento estructural del organismo humano (6,97).

Las porciones que no son digeribles ni asimilables son excretadas en las heces y son el resultado de la conversión normal de la digestión de la materia alimenticia a energía además de los materiales que pasan a través del sistema digestivo y que no son hidrolizadas por las enzimas del mismo. Estos materiales presentan componentes alimenticios tales como la pectina y la beta-glucana, que no son fibrosos en su totalidad, y son solubles en agua. Debido a este factor es difícil dar una definición apropiada para estos componentes (96).

Prosby y Harland (1992) propusieron encontrar la definición adecuada para fibra dietética, efectuando una recopilación de todas las definiciones existentes aceptando de entre todas ellas la dada por Trowell en 1974, obteniéndose: "La fibra dietética esta constituida por los componentes de las células vegetales, los que son resistentes a la hidrólisis (digestión) de las enzimas digestivas del hombre", donde los constituyentes químicos de la fibra son las hemicelulosas, celulosas, ligninas, oligosacáridos, pectinas mucílagos y otras gomas (3.71).

La definición es muy útil para delimitar las porciones alimenticias que no son aprovechables para la conversión de energía o el mantenimiento y crecimiento estructural, determinando la importancia de su ingestión, por los efectos fisiológicos que producen (94).

La fibra dietética también fue definida como polisacáridos que no son almidones por sus siglas en inglés NSP (nonstarch polysaccharides), metodológicamente estos pueden ser medidos por

métodos instrumentales, después de haber sido aislados a través de una digestión enzimática, esto fué sugerido por Englyst y colaboradores en 1987, y decían que no debía llamárseles a estas porciones "residuos no digeribles", refiriéndose al almidón que se encuentra en los granos de los cereales, que es modificado durante el procesamiento y que no es totalmente digerible, debido a investigaciones efectuadas por Englyst y Cummings (1985), en sujetos con ileostomía a los que se les adicionó en su dieta almidón y polisacáridos no almidones (NSP), para determinar la absorción y digestión en el intestino y así estimar la cantidad de carbohidratos recobrados en las efluentes, se encontró que las enzimas digestivas no hidrolizan los NSP.

Los científicos no quisieron incluir esta fracción en la definición de fibra dietética, basando su argumento en las observaciones efectuadas en estos pacientes (41). En los cuales encontraron que no solamente los componentes de la fibra y el almidón resistente pasan a través del intestino y se mantienen intactas, sino que había porciones de almidón "no resistente" que también pasaban sin digerir. Con esto se determinó que no se puede diferenciar al almidón normal del resistente, por lo cual no se incluyó en la definición de fibra (13).

En 1988 Asp y colaboradores, llegaron a la conclusión de que sí podía existir, cierta diferencia debido a que el almidón resistente no es digerido, mientras que el almidón regular o no resistente si lo es (8). El hecho de que algunos pacientes en particular, no digieran el almidón resistente, no es factor

primordial para no encontrar diferencia en el. Continuamente se realizan investigaciones sobre la fibra dietética, sus componentes, relaciones con diferentes enfermedades y los efectos fisiológicos que produce en el organismo humano.

La metodología de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists) se ha modificado para obtener la cantidad real del contenido de fibra dietética en los alimentos y mostrar las propiedades de los componentes en las tablas nutricionales (66.97).

1.2.- CLASIFICACION.

Aún no se ha establecido una estandarización, clasificación o terminología para la caracterización de los componentes de la fibra, a los que ya han sido caracterizados, se les han identificado dándoles nombres químicos como por ejemplo: 1,4 beta glucana (celulosa) o 1,3 beta glucana (beta glucana) (71).

Otra forma es la clasificación de acuerdo a sus funciones o localización en la planta de origen, por ejemplo, por estar en la pared celular o por servir como polímero de reserva, también se les puede clasificar por su comportamiento o respuesta fisiológica en el hombre (101), como por ejemplo, si presenta efectos de laxante, de hipocolesterolémicos, etc. CUADRO 2, en este cuadro también se puede ver cuales son sus cadenas principales y que ramificaciones presentan (17).

Se ha clasificado también en tres grupos de acuerdo a la mezcla organizada de polisacáridos que presentan las paredes celulares de los vegetales, las que se caracterizan por ser muy firmes, ya que están formadas de celulosa. Se pueden agrupar de esta manera en tres clases: pectina, hemicelulosa y celulosa.

A la fibra se le puede clasificar a su vez, dentro de tres grupos, con respecto a su fermentabilidad en: (A) Fibras vegetales, las cuales son altamente fermentables con un residuo bajo no digestible. (B) Salvados, son menos fermentables, que las anteriores. (C) Celulosas, son fibras que pueden ser purificadas químicamente y son relativamente fermentables (97).

CUADRO 2

COMPONENTES DE LA FIBRA EXOGENA SEGUN SU ESTRUCTURA Y POSIBLE FUNCION FISIOLÓGICA.

| SUMARIO DE LAS DIFERENTES CLASES DE FIBRA DIETÉTICA. | | | | |
|--|---|--|---|---|
| CLASES DE FIBRA | LOCALIZACIÓN EN LA FIBRA | ESTRUCTURA | | FUNCIONES |
| | | CADENA PRINCIPAL | RAMIFICACIONES | |
| Celulosa | Constituyente principal de la pared celular | Glucosa | Ninguna | Insoluble; retención de agua; laxante; reduce la presión colónica. Intraluminal; produce excreción de Zn, Ca, Mg Fe y P. |
| Polisacáridos no celulósicos | | | | |
| Hemicelulosa | Secreciones material de la pared celular | Glucosa Manosa Xilosa | Galactosa Arabinosa | Es en su mayor parte insoluble; retiene el agua; incrementa el volumen de las heces; reduce la presión colónica; y aumenta excreción de ácidos biliares. |
| Pectinas | Cemento intracelular | Acido Galacturónico | Ramosa Xilosa Arabinosa Fucosa | Es soluble; retarda el vaciamiento gástrico; fija ácidos biliares y aumenta su excreción; disminuye concentración plasmática de colesterol; mejora tolerancia a glucosa en diabéticos; suministra sustrato fermentable para bacterias del colon; al producir gas y ácidos grasos volátiles. |
| Gomas | Secreciones celulares especiales | Galactosa Acido-manosa Galacturónico Acido-ramnosa Galacturónico | Xilosa Galactosa | Soluble; retarda el tiempo de vaciamiento gástrico; reduce concentración plasmática de colesterol (goma guar); provee material fermentable para la bacteria colónica con producción de ácidos grasos volátiles y gas; mejora la tolerancia de los diabéticos a la glucosa. |
| Mucilagos | Secreciones celulares | Acido-ramnosa Galacturónico Galactosa-manosa Glucosa-manosa Arabinosa-xilosa | Galactosa | Soluble; retarda el tiempo de vaciamiento gástrico; es un sustrato fermentable para la bacteria colónica; fija los ácidos biliares y aumenta su excreción. |
| Substancias de algas | Algas marinas | Glucosa Manosa Xilosa Acido Galacturónico | Galactosa | Soluble; retarda el tiempo de vaciamiento gástrico; es un sustrato fermentable; secuestrante de ácidos biliares. |
| No carbohidrato | | | | |
| Lignina | Tejido lenoso de las plantas | Alcoholes Fenil propano | Malla o red tridimensional | Insoluble; antioxidante; secuestrante de ácidos biliares y minerales; aumentando su excreción. |

FUENTE: Williams S.R.; (1983); "Nutrition and Diet Therapy"; 6a. Ed; Times Mirror P. Cap 1,2,24.

FALLA DE ORIGEN

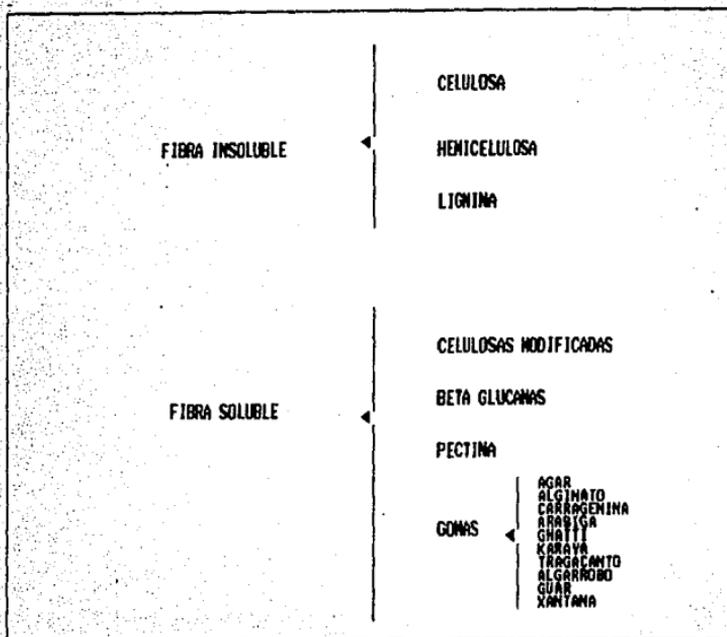
La mas común, es la clasificación de acuerdo a su solubilidad donde la fibra dietética insoluble, es el material vegetal que no es soluble en agua como la celulosa, hemicelulosa y lignina. La fibra dietética soluble es el material de la planta que es soluble en agua caliente o fría, pero puede ser precipitada cuando se utiliza una mezcla 1:4 de agua-etanol etílico (71), esta clasificación puede verse en el CUADRO 3.

Las sustancias solubles que no son fibras verdaderas pero que se les considera parte del complejo de la fibra dietética son, las pectinas así como los componentes asociados con el endospermo y el espacio intercelular como algunos polisacáridos, varias gomas y mucílagos (37,82).

Los dos tipos de fibra, presentan características químicas y efectos fisiológicos distintos. En términos de la actividad fisiológica en general, las fibras dietéticas solubles, retardan el vaciamiento gástrico y aceleran el tránsito intestinal con lo que la absorción disminuye, son mas efectivas en el control de la hiperlipidemia, mientras que las insolubles "encapsulan" varios componentes, protegiéndolos de la digestión (menor digestibilidad), favorece las funciones del sistema digestivo evitando la constipación, hemorroides, etc., (3,63,75).

CUADRO 3

CLASIFICACION GENERAL DE LA FIBRA DIETETICA
(POR SU SOLUBILIDAD)



FUENTE: Schneeman B.D.; (1987); "Soluble vs Insoluble Fiber Different Physiological Responses"; Fd. Technol.; (2): 18-26.

1.2.1.- FIBRA DIETETICA INSOLUBLE.

CELULOSA

La celulosa es insoluble en agua caliente o fría, en ácidos diluïdos calientes y en álcalis. Es el mayor componente estructural del reino vegetal, se encuentra en las paredes celulares de frutas hortalizas y cereales. En el arroz, maíz y trigo se encuentra en el pericarpio (97). Es un polímero de glucosa y sus monómeros se unen mediante enlaces glucosídicos beta 1-4, este enlace propicia que la celulosa pueda cristalizar en una configuración lineal con un alto grado de puentes de hidrógeno intermoleculares, que tienen una gran resistencia mecánica y química. Puede ser purificada para usarse como ingrediente alimenticio (81).

Tiene formas cristalinas que se enlazan con cierto orden y zonas amorfas que no presentan ningún orden estructural. Es poco soluble en agua ya que los grupos que presenta de hidroxilos libres no se pueden hidratar, por estar unidos entre sí a través de puentes de Hidrógeno (50). Puede ser hidrolizada a residuos de D-glucosa por la acción de ácidos como el sulfúrico y el clorhídrico a una temperatura de más de 125 grados centígrados.

Los derivados de celulosa utilizados en la industria de alimentos son la carboximetilcelulosa, la hidroxipropilmetilcelulosa y la metilcelulosa, la celulosa microcristalina es una forma despolimerizada que se fabrica por una hidrólisis ácida y presenta alta capacidad de absorción de agua. Se utiliza con otras gomas para evitar la sinéresis en los

alimentos. inhibición de cristalización de agua y azúcares, etc..
(13). El organismo humano la deshecha en las heces sin ser aprovechada debido a que no cuenta con la enzima beta 1-4 glucosidasa, la cual si esta presente en los animales herbívoros.

HEMICELULOSA.

Está formada por diversos tipos de heteropolisacáridos que se encuentran en la pared celular, su estructura es amorfa y actúan como agente cementante en el tejido vegetal. Es soluble en soluciones alcalinas concentradas (18 a 24%) (97).

La hemicelulosa es como un derivado de la celulosa, pero las dos tienen muy poco en común químicamente. Es un polisacárido insoluble en agua caliente pero su diferencia estriba en que la hemicelulosa puede ser disuelta en álcali diluido. Su estructura está compuesta por un gran número de monosacáridos, xilosa (polímero de xilan), glucosa y manosa (polímero de glucamano), galactosa (polímero de galactano), además a esta estructura se agrega otra hexosa (glucosa), otra pentosa (arabinosa), ácidos urónicos (galacturónico y glucurónico) y algunos desoxi-azúcares. la mas abundante es la beta 1-4 de D-xilopiranosas (65,67).

Aporta beneficios al organismo humano cuando en los alimentos se encuentra en gran cantidad, propiciando la facilidad de la defecación al tener las heces gran retención de agua, algunos de los alimentos son la col y el trigo, captan 12 gr de agua/gr de polímero y 22.8 gr de agua/gr de polímero respectivamente (41,96).

LIGNINA.

La lignina no forma parte de la fibra, no es un carbohidrato en el sentido estricto de la palabra, sino que se encuentra asociada a esta. Es una cadena de compuestos fenólicos, material polimérico, altamente insoluble en agua, derivado en la planta por la polimerización de alcoholes aromáticos (cinamil, sirugil y guacil) en particular cuando la lignina se mezcla con la celulosa y hemicelulosa de la fibra de la planta.

En los alimentos, la lignina incrementa la resistencia a la degradación y a la subsecuente solubilización. Al igual que la hemicelulosa en el organismo humano favorece el aumento del volumen de las heces, y se ha demostrado que la lignina y la hemicelulosa, son adsorbentes efectivos de los ácidos biliares (3,42,49).

1.2.2.- FIBRA DIETETICA SOLUBLE.

Es aquella que es soluble en agua y la cual puede ser precipitada con etanol, con esto ya se puede hacer una valoración cualitativa de las propiedades generales. Esto se debe al hecho de que la mayor parte de la fibra soluble sufre un proceso bacteriano de fermentación en el colon (con producción de Hidrógeno, Metano, Bióxido de carbono y ácidos grasos de cadena corta que son absorbidos y metabolizados), mientras que este proceso es muy pequeño en la fibra insoluble.

CELULOSAS MODIFICADAS.

Es un polímero modificado que tiene características parecidas a las de las gomas por lo que se les llega a incluir en la clasificación de estas. Son utilizadas por su funcionalidad, las celulosas modificadas mas populares son; la celulosa carboxilmetil (como ácido libre o sal de sodio), metil y etil celulosa e hidroxipropil celulosa (producida por la reacción del álcali celulosa con ácido cloroacético de sodio o con los cloruros de los sustituyentes de la celulosa, respectivamente).

Este producto es capaz de absorber agua 50 veces su peso y puede ser utilizado en la elaboración de helados, jamones etc., además puede ser utilizado en sustitución de la goma agar y tragacanto. Las celulosas modificadas incrementan la viscosidad cuando la temperatura disminuye, son formadores de película y emulsificantes. Una de las características importantes es que es mas resistente al ataque microbiológico que las gomas naturales.

BETA GLUCANAS.

Las beta glucanas son polímeros de glucosa, los monómeros de la glucosa son unidos con los enlaces beta 1-4 y beta 1-3, haciendo que el polímero sea resistente a la hidrólisis digestiva, la mayor cantidad de beta glucanas son solubles, y muy poca es insoluble. en el cuadro 4 se explica el origen de las beta-glucanas y su estructura principal. Se encuentran generalmente en cantidades significativas en avena, arroz (84) y cebada. Los estándares establecidos por la AACC (American Association of Cereal Chemists Committee on Oat Bran) para el salvado de avena es que éste debe contener un mínimo de 5.5 % de beta glucana en base seca (66,81).

PECTINAS.

Son sustancias poliméricas y se les define como ácidos pectínicos con diferentes grados de esterificación, cuya estructura básica esta integrada por moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glucosídicos alfa-D-1-4 (3). Este polímero presenta cadenas que estan constituidas por azúcares, galactosa, glucosa, ramnosa y arabinosa. Son principalmente solubles en agua, lo cual depende del grado de esterificación del ácido galacturónico (13,50), ver cuadro 4.

Se asocia principalmente con hemicelulosa en la pared celular lo que le proporciona cierta firmeza a algunos productos. La disolución de los componentes de dicha pared celular y principalmente las péctinas, se les ha relacionado con el

ablandamiento de los alimentos. Las pectinas mas esterificadas se encuentran en la parte interna del vegetal (manzana, pera, etc.) y las menos esterificadas en las cáscaras de cítricos (81).

En la industria es muy importante ya que la turbidez, la viscosidad y el cuerpo de algún jugo como el de naranja se deben a la pectina, desarrollando un sistema coloidal que depende de la concentración y del grado de polimerización de la misma, del pH y de las sales disueltas. Para clarificar el jugo, se tiene que eliminar la pectina con la adición de enzimas comerciales las cuales la hidrolizan, evitando la obturación de los poros en algunos equipos (61). Además presenta la capacidad de interacción con los demás constituyentes de los alimentos.

Su gran capacidad de gelificación se encuentra determinada por factores intrínsecos como: su peso molecular y el grado de esterificación, estos factores dependerán de la materia prima de que se extrae, de las condiciones de extracción, etc., (61). También está determinado por factores extrínsecos como: el pH, las sales disueltas y la concentración de azúcar. La viscosidad aumenta en las dispersiones de pectinas cuando se incrementa el grado de esterificación (67).

Es completamente digerida en el colon por enzimas microbianas, menos del 5% de la pectina ingerida es recobrada en las heces, el efecto de la pectina sobre el colesterol sérico se encuentra relacionado a la secuestración de los acidos biliares y al aumento en el contenido de las heces fecales (42,53,75).

GOMAS.

Generalmente todas las fibras dietéticas solubles son gomas de varias fuentes. En el CUADRO 4 se ejemplifican algunas gomas, determinando su origen y su estructura principal. Se encuentran presentes a bajos niveles (<0.5%) en productos alimenticios. Las gomas en alimentos tienen gran funcionalidad para el procesamiento y características comestibles cuando estos tienen una formulación alta en fibra (44).

La característica más importante de estas gomas es la capacidad que tienen para interaccionar con el agua, estableciendo gran número de puentes de hidrógeno por lo que a concentraciones bajas producen soluciones viscosas y en concentraciones altas pueden llegar a formar geles (13). Existe una gran variedad de gomas que contribuyen a elevar el contenido de fibra dietética de los alimentos industrializados. Se utilizan para adicionar fibra a los alimentos y para el desarrollo de mejores características en los productos en que se aplican (en el CUADRO 5 se clasifican las gomas por su función (3,13,32,42,44,49,69,97)).

AGAR. Es un heteropolisacárido, que es extraído de algas rojas (*Rhodophyceae*) con agua caliente y pH ligeramente ácido, con 5 a 10 % de ésteres de sulfato y ácido D-glucurónico, está formado por moléculas de beta D-galactosa, 3,6-anhidro-alfa-L-galactosa y xilosa. Es estable a altas temperaturas, bajo condiciones neutras, se utiliza generalmente como agente espesante en la producción de alimentos.

CUADRO 4
EJEMPLOS DE ALGUNAS GOMAS SU ORIGEN Y ESTRUCTURA.

| GOMAS NATURALES | ORIGEN DE LA GOMA | ESTRUCTURA PRINCIPAL |
|--|---|--|
| β-GLUCANAS | De las paredes celulares de la aleurona y endospermo de avena y cebada | Polímeros lineales de β -(1,3) y β -(1,4) enlazadas con unidades D-glucopiranosil |
| PECTINA | En la parte interna de pera, manzana etc. y en la cáscara de cítricos. | Moléculas de ácido D-galacturónico unidas por enlaces α -D-(1,4) glucosídicos, esterificado con grupos metoxil. |
| EXTRACTOS DE ALGAS | | |
| AGAR | Algas marinas de la clase Rhodophyceae. | Cadenas heterogéneas de β -(1,3)-D galactosa α -(1,4)-3,6- anhidro-L- galactosa. |
| ALGINATO | Algas pardas <i>Macrocystis</i> <i>pyrifera</i> . | Polímeros lineales de β -(1,4)-D-ácido manurónico y α (1,4)-L- ácido galurónico. |
| CARRAGENINA | Algas rojas como la <i>Chondrus crispus</i> | Cadenas lineales de β -(1-3)- β -D-galactopiranosil y 1,4-enlace α -D-uniones galactopiranosil (las cuales son sulfatadas en las posiciones 2-4 y 6. |
| EXUDADOS Y EXTRACTOS DE ARBOLES | | |
| ARABIGA | Exudado producido por el árbol de acacia senegal. | Cadenas espirales de β -galactopiranosas, enlace con β -(1,3) con cadenas a los lados (1,6)- galactopiranosas, arabinopiranosas, ramosas, y ácido glucurónico. |
| GHATTI | Exudado de la planta <i>Acacia ghatifolia</i> | Sales de calcio de un polisacárido ácido, un arreglo lineal de enlaces (1,6)-galactopiranosas. |
| KARAYA | Exudado del árbol <i>Sterculia urens</i> | Polisacáridos acetilados, formada por ácido D-galacturónico, D-galactosa y L-ramosa. |
| TRAGACANTO | Exudado de un arbusto el <i>Astragalus genus</i> | Mezcla compleja de polisacáridos que contienen D-ácido galacturónico, D-galactosa, L-fructosa, D-xilosa y L-arabinosa. |
| GOMAS DE SEMILLAS | | |
| ALGARROBO | Extracto de leguminosa <i>Ceratonia siliqua</i> | Polisacárido de galactomanana, formada por moléculas D-manosas (1,4) unidas a b- galactosas enlaces (1,6) cada 4 o 5 manosas |
| GUAR | Endospermo de las semillas de la leguminosa <i>Cyamopsis tetragonolobus</i> | β -D-manopiranosas unidas a β (1,4) con ramas de α -D-galactopiranosas por enlaces α (1,6), |
| GOMAS SEMISINTÉTICAS | | |
| GOMA MICROBIOLÓGICA | | |
| XANTANA | Sintetizado por microorganismo <i>Xanthomonas campestris</i> | Formada por residuos de D-glucosa, D-manosa y ácido D-glucurónico con grupos de acetilo ácido pirvico. |
| DERIVADOS CELULÓSICOS | | |
| CARBOXIL-METILCELULOSA | Reacción química del álcali celulosa | |

FUENTE: Ink S.L. and Hurt H.D.; (1982); "Nutritional Implications of Gums"; *Ed. Technol.* 41 (1): 79.

CUADRO 3
CLASIFICACION DE LAS GOMAS POR FUNCION

| GOMA | ESPESANTE | GELIFICANTE | ESTABILIZADOR |
|-----------------------|-----------|-------------|---------------|
| AGAR | - | + | + |
| ALGINATO | + | + | + |
| CARRAGENINA | - | + | + |
| ARABIGA | + | - | + |
| GHATTI | + | - | + |
| KARAYA | + | + | + |
| TRABACANTO | + | - | - |
| GUAR | + | - | - |
| ALGARROBO | + | - | - |
| SEMILLAS DE LINO | - | + | - |
| XANTANO | + | - | + |
| DERIVADOS CELULOSICOS | + | - | - |
| PECTINA | - | + | + |

FUENTE: Glicksman N.; (1991); "Hydrocolloids and the Search for the Oil Seal"; Fd. Technol.; 45 (18): 94-103.

ALGARROBO. Se obtiene de una leguminosa muy antigua (*Ceratonia siliqua* L.) del Mediterraneo. Está compuesta de galactosa y manosa. Se hincha en agua fría, dando una solución clara en agua caliente, es inestable en ácidos calientes. (la goma toma el sabor de la leguminosa de la que se extrajo) cuando hierve en agua, sirve como fijador, estabilizante y espesante de bebidas como la cocoa, chocolate y café. Interfiere en la absorción de Zn, Cr, Cu y Co.

ALGINATO. Es un polisacárido que es extraído de las algas cafées (*Phyophyceae*) principalmente de *Macrocystis pyrifera* en los Estados Unidos, es un polímero lineal de moléculas de ácido beta 1-4 D-manosilúrico y ácido alfa 1-4 L-gulosilurónico. La viscosidad que se tiene en las soluciones dependerá de la concentración de los azúcares mencionados (y del grado de madurez del alga). Es rápidamente soluble en agua caliente o fría que contenga sales de sodio, magnesio o potasio. Se utilizan generalmente como estabilizantes, particularmente en helados, los cuales necesitan de una textura particular en la crema y un control en el tamaño de cristales formados en el producto. Interfiere en la absorción de Cr, Fe, y Co.

ARABIGA. Es una molécula altamente ramificada, exudada de la corteza del árbol de Acacia y sus mayores constituyentes son los azúcares como la árabínosa, galactosa, ácido glucurónico y ramnosa. Está formada por una cadena principal de unidades de

beta galactopiranosas y se le unen residuos de L-ramnopiranosas, de L-arabinofuranosa y de ácido glucurónico. En estado natural es una molécula compacta. Sus características principales son, su alta solubilidad en agua (50%) y la baja viscosidad que produce. Tiene un comportamiento newtoniano en solución en concentraciones hasta del 40%, pero al aumentar ésta, presenta características pseudoplásticas. Se utiliza para estabilizar el sabor y alargar la vida de anaquel de bebidas y sopas que requieren de una viscosidad baja.

CARRAGENINA. Es un polímero sulfatado de galactosa, que proviene de las algas marinas rojas la *Chondrus crispus* de Irlanda Inglaterra Francia y España. La función biológica de ésta en las algas, es que es una parte integral de la estructura rígida de sus paredes.

Los diferentes tipos de carragenina se diferencian por la concentración de los azúcares anhidros que contengan y por el grado de sulfatación.

Al dispersarse en agua se hincha y con un ligero calentamiento se hidrata completamente, cuando se enfría se produce un gel que origina que se forme una estructura tridimensional, donde las dobles hélices son los puntos de unión de las cadenas de los polímeros, al seguir enfriándose se agregan aún más las moléculas dando origen al gel final, donde su rigidez dependerá de la rapidez con la cual se efectuaron estas transiciones, se utiliza como gelificante y agente estabilizador

de emulsiones, suspensiones, etc. Reduce la absorción de minerales como el Ca, Fe, Zn, Cu, Cr, y Co

GHATTI. Es un exudado amorfo y traslúcido del árbol *Anogeisus latifolia* de origen Indú, de estructura compleja consistente de arabinosa, galactosa, ácido glucurónico, manosa y xilosa. Se utiliza como un sustituto de la goma arábiga, la cual es más viscosa y se adhiere más. Sus dispersiones son estables en un intervalo de pH de 3.5 a 10.

GUAR. Derivada de las semillas de la planta, *Cyamopsis tetragonolobus*. Se obtiene del endospermo de una semilla de leguminosa, la cual es cultivada de la India. Es completamente soluble en agua caliente o fría. Su estructura química es ramificada y la cadena principal tiene polímeros de manosa con ramificaciones de galactosa. Produce disminución en el colesterol sérico, glucosa plasmática y de la respuesta a la insulina, controlando la hiperglicemia postprandial en diabéticos.

Se utiliza como agente formador de películas, protector coloidal, estabilizante y espesante.

KARAYA. Es un heteropolisacárido obtenido de la exudación de un árbol (*Sterculia urens*) hindú, esta compuesta de moléculas de ramnosa, galactosa y ácido galacturónico parcialmente acetiladas.

Es una de las gomas menos solubles en agua y produce soluciones muy viscosas, que pueden desarrollar olor a vinagre por la

liberación del ácido acético. En los productos alimenticios se utiliza como: texturizante, estabilizante, emulsificante y espesante.

SEMILLAS DE LINO. Se obtiene de la planta *Plantago psyllium* de Europa e India. Es un polímero de arabinosa, glucosa, galactosa y xilosa, llegando a constituir un 6% aproximadamente, se ha sugerido utilizarse en lugar de la goma arábiga en algunas aplicaciones. La semilla de lino entero, ha sido incorporado a un número determinado de productos de cereales por sus efectos laxativos (laxante).

TRAGANTANO. Se obtiene del exudado de un arbusto (*Astragalus genus*) de Asia menor Turquía. Presenta una gran resistencia a los ácidos, por lo que se utiliza como estabilizador en condiciones ácidas. Su estructura está formada por arabinosa, ácido galacturónico, xilosa y pequeñas cantidades de celulosa, proteína y almidón. Tiene un sabor mucilágeno insípido y se utiliza como emulsificante, espesante y texturizante.

XANTANA. Es un heteropolisacárido ramificado sintetizado por diferentes especies de bacterias *Xanthomonas campestris*, también conocida como polisacárido B-1459. Formado por residuos de glucosa, manosa y ácido glucurónico con pequeñas cantidades de ácido pirúvico y grupos de acetilo. Es soluble en agua fría o caliente y es un fuerte formador de película con una buena

resistencia al calor, dando soluciones muy viscosas en bajas concentraciones. Se utiliza en sistemas alimenticios como estabilizante y espesante.

CAPITULO II. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA FIBRA DIETÉTICA.

2.1.- FIBRA DIETÉTICA Y PATRONES DE CONSUMO.

Existe una gran relación entre el consumo de los alimentos, el grado de industrialización y el poder adquisitivo que tienen los individuos, con esto se explica porque los países con mayor poder adquisitivo presentan mayor consumo de grasa que los países pobres, produciendo además la transformación de sus hábitos alimenticios, el consumo de carbohidratos refinados también es mayor, teniendo por lo tanto mayor grado de industrialización por la demanda requerida (16,42). El consumo de proteína animal aumenta, disminuyendo por ende el consumo de la proteína vegetal.

Mientras que los países pobres, basan su alimentación en carbohidratos y almidones altamente estructurados, dependiendo de la zona en que se encuentran será la fuente de carbohidratos que consumen (camote, yuca, raíces, cereales y oleaginosas), que corresponden hasta un 80% de su alimentación.

Como consecuencia de estas variaciones en el consumo alimenticio, los países industrializados adquieren diversas enfermedades como la obesidad, arterosclerosis, diabetes, problemas del corazón, cáncer del colon etc. (101), los países con bajo poder adquisitivo y con dietas bajas en contenido proteico grasa y calorías se encuentran asociados con problemas de desnutrición, infecciones intestinales y por lo tanto aumento en la mortalidad (21).

Por años, la mayor parte de la humanidad del viejo mundo subsistió con una dieta alta de fracciones no digeribles de las plantas, mejor conocida como fibra dietética. Esta dieta la consumían en su alimentación diaria tanto las personas de pocos como la de muchos recursos.

Como no se sabía de las propiedades y beneficios que generaba su ingesta, con el paso del tiempo se dejó de consumir al creerse que esta sustancia rígida no aportaba ningún beneficio al organismo humano, por lo que se eliminó de los alimentos, ya sea con la transformación y procesamiento (frutas y verduras), como con la refinación de cereales (95,98).

2.1.1.- Influencia de la industrialización en el consumo de la fibra. Los egipcios como los romanos tenían técnicas con las que separaban el salvado del trigo para obtener la harina blanca y por consiguiente el pan blanco, el cual sólo lo comían las personas de alta posición social. La separación del salvado lo realizaban sirvientes femeninas y más tarde siervos y criminales, a los que les colocaban discos en sus cuellos para evitar que probaran los alimentos preparados. La separación del salvado llegó a ser de uso común en el mundo occidental a la caída del imperio romano.

Hipócrates, en el siglo XV a.c., basó su observación en quienes aparentemente consumían más alimentos refinados. Los alimentos refinados, preparados correctamente, fueron vistos como benéficos para el hombre, estaban muy bien condimentados y su

elaboración se consideraba como un lujo y satisfacción para el paladar. Estos estudios fueron probablemente, el resultado de la ventaja que tenía de observar diferentes segmentos de la sociedad en que vivía.

Practicaba la medicina y daba sus servicios a quienes podían pagar mas por ellos (la clase alta de su tiempo). Eran relativamente pocos los alimentos refinados (alimentos con menos fibra dietética o sin fibra al ser removida por algunos procesos) que había, la gente que fué tratando eran quienes podían tener acceso a los productos refinados.

Las diferencias epidemiológicas que existieron entre la clase alta y la baja fueron vistas claramente estableciendo que, se debió principalmente a la diferencia en sus hábitos alimentarios (67,71,95).

La industrialización de los alimentos corrió paralelamente a los primeros descubrimientos de una ciencia naciente: la Nutrición que en sus inicios, consideró cinco nutrientes básicos constituidos por, proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y vitaminas. Otorgándole a cada uno sus funciones específicas dentro del metabolismo y la fisiología humana (2).

Sin embargo, el papel de la fibra fue minimizado, aduciéndose que no tenía ninguna función nutricional. Esta postura de la medicina estaba en consonancia con la cultura predominante que exaltaba a los alimentos refinados y procesados como alimentos "finos" y "puros". lo que dió lugar a la dieta desprovista de fibra (23). Los defensores del contenido de fibra en la dieta se

remontan al siglo XVI cuando Cogan, un médico inglés, enfatizó la mejoría del tránsito intestinal con la ingestión del pan moreno.

La dieta occidental comenzó a tener grandes transformaciones en su alimentación, haciéndose más notorias durante la revolución industrial del siglo XVII cuando se introdujeron los procesos de refinamiento a gran escala para la producción de harinas y otros alimentos populares.

La euforia por la industrialización llegó a su clímax en los años cincuenta y a principios de los sesentas, es decir, al final de lo que ahora se conoce como la época moderna. En los años sesenta el primer paso para cuestionar la falta de fibra en la dieta tuvo que ser dado por un médico mundialmente conocido, Burkitt. Sin embargo, el primero en demostrar algo indicativo fue Trowell, quien en 1972 apuntó que los africanos rurales que tenían un alto consumo de fibra dietética mostraban bajos niveles sanguíneos de colesterol, así como una baja frecuencia de enfermedades cardiovasculares, lo contrario de lo que ocurría con el hábitat urbano (41,93).

Con el paso del tiempo, debido a la gran demanda por los productos refinados, las máquinas de molienda se eficientizaron y automatizaron, llegando a aplicarse no sólo al trigo sino a diversos cereales.

La avena resistió este proceso ya que la separación y remoción del salvado no se efectuaba con esa tecnología. La fibra de la avena por estar formada de una gran cantidad de beta-glucana, la cual es soluble en agua, se puede mezclar más

otros componentes de la semilla a diferencia de los demás granos alimenticios.

El cocimiento, "la refinación", la molienda y otros procedimientos, desnaturalizan las fibras dietéticas, por eso, los jugos de frutas y verduras son pobres en fibra, comparados con el puré y los alimentos crudos. De igual manera las harinas de los granos contienen menos fibra dietética que las hojuelas y estas menos que el trigo entero (17).

Al efectuarse todos estos procesos y transformaciones de los alimentos, con el paso del tiempo se llegaron a ver incidencias para determinadas enfermedades digestivas sobre los habitantes de zonas industrializadas en comparación con los habitantes del campo. Al notarse estos efectos fisiológicos estudiosos de la fibra como Graham, Kellogg y Post (1923) trataron de encontrar fórmulas en las que se incluyera la fibra dietética restableciendo sus niveles normales (43).

2.1.2.- Patrones de consumo de fibra dietética. Para entender la relevancia de las observaciones epidemiológicas relacionadas con el consumo de fibra en los estados de salud, se deben revisar primero los patrones de consumo de fibra dietética en las diferentes culturas y poblaciones del mundo.

En 1984 Bright-See y McKeown-Eyssen estimaron el consumo per cápita de fibra cruda y fibra dietética de 38 países. Estos se basaron en los reportes efectuados por la FAO en 1977. Para cada categoría y cada país la FAO estimó, la producción de alimentos

para la alimentación humana, importación y exportación de alimentos, pérdidas durante la transportación y almacenamiento, el alimento usado para animales y la cantidad de personas que habitan cada país.

Este consumo probablemente fué una sobre-estimación ya que la efectuaron tomando en cuenta el consumo per cápita de alimento de la población por la cantidad de fibra dietética contenida en esta alimentación en particular. Estas estimaciones no incluyen el desperdicio efectuado en las casas, pérdidas o consumo de alimentos para los animales domésticos, sino que se efectuó en forma general estableciendo así la disponibilidad neta de la fibra. Los niveles de fibra dietética también fueron sobreestimados. Estos valores, fueron expresados como kcal para la dieta per cápita de cada uno de los 38 países estudiados y con los datos aportados de la mortalidad por el cáncer del colon, además de las estimaciones del contenido de fibra de cada uno de los grupos de alimentos que fueron expresados como fibra gr/100 kcal, más los valores de fibra cruda y fibra dietética se elaboró la TABLA 1.

Esta estimación se hizo para cereales y leguminosas, para las frutas y verduras se utilizó una media del contenido de fibra, en cada grupo de alimentos y así determinar el rango de fibra cruda y fibra dietética, con estos datos se elaboró la TABLA 2, en la que se ilustra el consumo per cápita por día de fibra cruda y fibra dietética de cada país. Se encontró que el consumo mas bajo de fibra dietética era en Suecia y Holanda con un promedio del

TABLA 1
CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD
NETA DE LA FIBRA.

| ALIMENTO | FIBRA CRUDA | FIBRA DIETETICA |
|---------------------|-------------|-----------------|
| TRIGO | 0.08/0.69 | 0.9/3.0 |
| ARROZ | 0.08 | 0.67 |
| MAIZ | 0.73 | 6.9 |
| OTROS CEREALES | 0.60 | 3.22 |
| TUBERCULOS Y RAICES | 0.66 | 2.7 |
| VEGETALES | 1.22 | 9.5 |
| FRIJOL DE SOYA | 0.43 | 1.4 |
| VEGETALES TOTALES | 3.16 | 10.7 |
| FRUTAS CITRICAS | 1.12 | 5.2 |

* Todos los valores de los alimentos se expresan como kcal totales /día/100.
 & Los factores son g/100 kcal.

FUENTE: Bright-See E., y colaboradores; (1984); "Estimation of per capita crude and dietary fiber supply in 38 countries"; Am. J. Clin. Nutr.; 34 (5): 622.

TABLA 2
CONSUMO DE FIBRA CRUDA Y FIBRA DIETETICA
PER CAPITA DE 38 PAISES.

| PAIS | FIBRA CRUDA (g/día) | FIBRA DIETETICA (g/día) |
|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| AUSTRALIA | 4.5 | 22.8 |
| AUSTRIA | 8.0 | 32.6 |
| BELGICA | 8.4 | 32.6 |
| BULGARIA | 16.1 | 48.1 |
| CANADA | 5.4 | 24.6 |
| CHILE | 12.8 | 48.3 |
| COSTA RICA | 8.7 | 48.3 |
| CUBA | 8.7 | 48.3 |
| CHECOSLOVAQUIA | 10.6 | 48.4 |
| DINAMARCA | 5.0 | 22.5 |
| FINLANDIA | 4.5 | 23.1 |
| FRANCIA | 3.4 | 23.2 |
| ALEMANIA | 5.6 | 28.4 |
| GRECIA | 14.9 | 48.4 |
| HONG KONG | 6.8 | 35.0 |
| HUNGRIA | 12.2 | 41.6 |
| ISLANDIA | 5.5 | 24.7 |
| ISRAEL | 12.3 | 42.7 |
| JAPON | 6.0 | 31.9 |
| MAURITANIA | 6.3 | 30.1 |
| MEXICO | 13.2 | 49.6 |
| NEELANDA | 4.3 | 22.4 |
| NUOVA ZELANDA | 4.9 | 24.8 |
| NORUEGA | 8.9 | 35.3 |
| POLONIA | 7.5 | 37.2 |
| PORTUGAL | 14.7 | 47.4 |
| ROMANIA | 16.0 | 48.1 |
| SINGAPUR | 7.3 | 36.6 |
| SINGAPUR | 12.2 | 42.7 |
| SUECIA | 4.4 | 21.1 |
| SUIZA | 4.8 | 23.7 |
| TRINIDAD/TOBAGO | 9.1 | 39.7 |
| ESTADOS DEL REINO UNIDO | 5.0 | 23.5 |
| ESTADOS UNIDOS | 5.3 | 23.7 |
| URUGUAY | 9.3 | 42.3 |
| YUGOSLAVIA | 7.3 | 45.8 |

FUENTE: Bright-See E., y colaboradores; (1984); "Estimation of per Capita Crude and Dietary Fiber Supply in 38 Countries"; Am. J. Clin. Nutr. 39 (5): 823.

22.1 %. México, Portugal y Rumanía presentan la mayor ingesta de fibra que es del 70 al 90%. Los alimentos que mas se consumen en estos países son los cereales que proveen del 30 al 84 % de la fibra dietética total (ver TABLA 3), en el caso de México el cereal mas consumido es el maíz.

Hay dos puntos de interés en los resultados de la tabulación del consumo de fibra, el primero es la notable ausencia de datos de algunas poblaciones (las que se encuentran en el continente Africano) con estos datos se iniciaron las comparaciones con los países del occidente con la aparición de enfermedades como resultado del síndrome de deficiencia de fibra. El segundo punto de interés es la diferencia sustancial en los tipos de fibra ingeridos por diversas poblaciones. La tabulación no está hecha por tipos de fibra (18).

Con los estudios y observaciones de los científicos se determinó que la zona de menor ingesta de fibra y mayores enfermedades fue la del primer mundo, los países del tercer mundo mostraron mayor ingestión.

TABLA 3
CONSUMO DE FIBRA DIETETICA DE VARIAS FUENTES
EN DIVERSOS PAISES DEL MUNDO

| | CEREAL | TRIGO | ARROZ | MAIZ | OTROS | RAICES | VEGETALES | FRUTAS |
|------------------|--------|-------|-------|------|----------|------------|-----------|--------|
| | TOTAL | | | | CEREALES | TUBERCULOS | | |
| % DE FIBRA TOTAL | | | | | | | | |
| AUSTRALIA | 37.7 | 30.3 | 0.9 | 4.7 | 1.6 | 10.9 | 23.9 | 24.6 |
| AUSTRIA | 62.5 | 40.3 | 0.5 | 3.2 | 10.5 | 0.6 | 12.1 | 15.1 |
| BELGICA | 30.0 | 25.6 | 0.6 | 2.7 | 1.1 | 22.0 | 23.1 | 10.3 |
| BULGARIA | 70.0 | 69.0 | 0.4 | 0 | 0.6 | 2.2 | 10.4 | 11.7 |
| CANADA | 34.9 | 20.0 | 0.9 | 6.7 | 6.5 | 15.2 | 23.5 | 10.6 |
| CHILE | 72.4 | 62.9 | 0.0 | 5.7 | 3.1 | 4.9 | 11.3 | 5.1 |
| COSTA RICA | 69.9 | 17.1 | 4.6 | 47.6 | 0.6 | 1.6 | 3.0 | 13.0 |
| CUBA | 66.4 | 47.1 | 7.1 | 11.0 | 0.3 | 0.2 | 3.3 | 7.2 |
| CHECOSLOVAQUIA | 67.9 | 53.6 | 0.6 | 0 | 13.6 | 12.6 | 11.1 | 7.2 |
| DINAMARCA | 60.9 | 35.1 | 0.4 | 4.1 | 21.4 | 14.0 | 9.4 | 11.70 |
| FINLANDIA | 55.5 | 17.5 | 0.0 | 0.6 | 36.6 | 20.0 | 6.1 | 15.30 |
| FRANCIA | 26.4 | 24.1 | 0.7 | 0.6 | 1.0 | 19.5 | 29.2 | 19.70 |
| ALEMANIA F. | 41.6 | 15.2 | 0.4 | 0.0 | 17.2 | 10.2 | 14.9 | 22.70 |
| GRECIA | 37.7 | 54.9 | 0.6 | 1.0 | 0.5 | 04.0 | 15.0 | 15.30 |
| HONG KONG | 60.9 | 23.6 | 14.4 | 22.2 | 0.0 | 01.6 | 15.3 | 10.10 |
| HUNGRIA | 69.3 | 67.2 | 0.6 | 0.0 | 1.6 | 06.9 | 13.5 | 9.4 |
| ISLANDIA | 60.4 | 55.5 | 0.3 | 0.0 | 12.6 | 0.6 | 5.7 | 13.6 |
| IRLANDA | 40.7 | 26.0 | 0.3 | 7.9 | 5.0 | 24.2 | 14.4 | 12.2 |
| ISRAEL | 62.2 | 59.1 | 0.0 | 2.2 | 0.2 | 4.1 | 14.4 | 14.9 |
| ITALIA | 30.9 | 30.2 | 0.0 | 7.1 | 0.0 | 5.9 | 26.7 | 22.0 |
| JAPON | 43.1 | 0.6 | 19.3 | 13.6 | 1.7 | 4.4 | 23.0 | 10.4 |
| MAURITANIA | 74.0 | 56.4 | 16.9 | 0.5 | 1.0 | 2.1 | 5.9 | 4.5 |
| MEXICO | 04.3 | 9.0 | 0.4 | 74.0 | 0.1 | 0.6 | 1.5 | 4.6 |
| HOLANDA | 35.4 | 22.5 | 1.2 | 5.0 | 6.7 | 20.6 | 10.9 | 20.9 |
| NUEVA ZELANDA | 31.4 | 26.0 | 0.5 | 2.0 | 2.9 | 14.4 | 29.0 | 20.2 |
| NORMANDIA | 61.9 | 51.9 | 0.3 | 0.2 | 9.5 | 14.1 | 7.6 | 13.0 |
| POLONIA | 59.6 | 17.3 | 0.4 | 0 | 41.9 | 15.6 | 17.2 | 5.6 |
| PORTUGAL | 63.0 | 31.2 | 1.4 | 25.1 | 6.2 | 0.7 | 14.5 | 7.6 |
| RUMANIA | 01.2 | 36.3 | 0.3 | 43.0 | 0.6 | 4.5 | 7.7 | 3.1 |
| SINGAPUR | 50.0 | 29.0 | 17.0 | 1.0 | 2.2 | 2.0 | 23.1 | 14.4 |
| ESPAÑA | 44.7 | 42.9 | 0.0 | 0 | 1.0 | 12.5 | 20.4 | 14.0 |
| SUECIA | 43.6 | 16.3 | 0.6 | 3.9 | 22.5 | 20.1 | 12.1 | 22.1 |
| SUIZA | 37.1 | 25.6 | 1.1 | 0.0 | 9.7 | 10.9 | 20.3 | 29.6 |
| TRINIDAD T. | 65.7 | 54.3 | 5.4 | 5.1 | 1.0 | 4.7 | 6.2 | 0.4 |
| REINO UNIDO | 31.0 | 23.4 | 0.4 | 4.0 | 4.0 | 22.6 | 23.2 | 14.4 |
| ESTADOS UNIDOS | 37.0 | 15.6 | 0.0 | 10.0 | 3.4 | 9.4 | 24.2 | 20.3 |
| URUGUAY | 76.0 | 57.2 | 1.7 | 10.7 | 6.4 | 7.3 | 6.0 | 7.1 |
| YUGOSLAVIA | 77.0 | 56.9 | 0.2 | 19.6 | 0.3 | 4.6 | 7.9 | 5.2 |

FUENTE: Bright-See E. (1984), Am. J. Clin. Nut. 39 (5): 825

2.2.-CONSUMO DE FIBRA DIETETICA Y EFECTOS FISIOLÓGICOS.

Las funciones digestivas se dividen en: ingestión, absorción y excreción. Diversos estudios han revelado el importante papel de la fibra en cada una de estas funciones, por ejemplo: tanto la deglución como el tránsito esofágico sufren perturbaciones motrices ante una inadecuada consistencia del alimento (99)

Es incuestionable la relación que existe entre el consumo de fibra dietética y las enfermedades propiciadas por los problemas epidemiológicos originados por deficiencia en su consumo (2). El control y regulación de las funciones digestivas están determinadas por factores intrínsecos y extrínsecos, participan diversas estructuras nerviosas, bioquímicas y endocrinas en donde el sistema nervioso entérico juega un papel importante al inervar todo el tracto gastrointestinal por medio de una compleja red de plexos y ganglios (41).

Los factores extrínsecos están determinados por la composición y cantidad de los alimentos ingeridos. Ambos factores se determinan mutuamente, el control nervioso y bioquímico de la motilidad se adapta al alimento, al igual que el tránsito y absorción del contenido está determinado por este control. La función más importante de la fibra la realiza en el intestino, en donde la motilidad, como la absorción y la excreción son influenciadas por ella, originando un adecuado contenido de agua en las heces y un volumen tal que permite evacuaciones normales y una regularidad en la función intestinal (3,15,91). El papel benéfico de la fibra trasciende al del nivel colónico local para

impactar el metabolismo general. Se ha demostrado que la fibra modifica la respuesta de la glucosa plasmática e insulina en los pacientes diabéticos (11).

Observándose niveles muy bajos de colesterol plasmático en individuos con dietas altas en fibra (76). La enfermedad de Crohn y el cáncer del colon, se han relacionado con dietas deficientes en fibra, ya que ésta, presenta la propiedad de absorber elementos del contenido intestinal limitando su absorción y su contacto con la mucosa (13).

Al estudiar ciertas enfermedades intestinales se observó que la carencia de fibra en la dieta, produce menor volumen del contenido intestinal, propiciando el retraso del tránsito, generando a su vez una superabsorción, principalmente de agua, originando heces muy secas y difíciles de trasladar, produciendo aumento en la presión intracolónica e intraabdominal, lo cual constituye el factor decisivo para la aparición de la diverticulitis, colitis espásmica y hemorroides (80,90,101).

EFFECTOS ADVERSOS POR CONSUMO INSUFICIENTE DE FIBRA DIETETICA.
Debido a la revolución industrial, en la que se efectuó, el procesamiento de los alimentos eliminando el valor nutritivo, que en algunos casos al final del proceso se adiciona, como por ejemplo; las vitaminas y minerales en harinas de cereales, no así con la fibra a la que no se le dió la importancia requerida, y al no tener consumo de estas porciones no digeribles de las plantas, aumentaron sobremanera las enfermedades y prevalecieron mas en

las sociedades industriales. En los países occidentales la disminución de fibra dietética en la dieta provocó incrementos en apendicitis (basada en observaciones epidemiológicas, pero más tarde surgieron ciertas controversias), colitis, diverticulitis, hiperlipidemia, ileitis, síndrome del intestino irritable, diabetes, obesidad y venas varicosas (44,71,101).

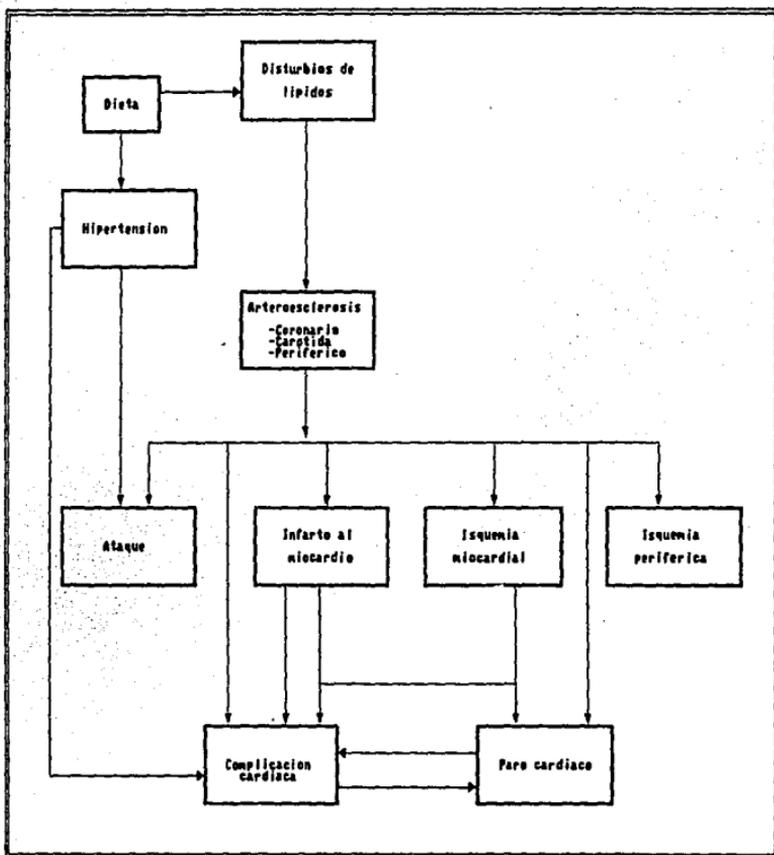
Las enfermedades cardiovasculares se encuentran relacionadas generalmente con los alimentos que se consumen, lo cual puede ser establecido de manera indirecta, debido a que si se quisiera hacer directamente se tendría que hacer un estudio por un largo período de tiempo, estos ya se realizan en E.U. (DIAGRAMA 2).

Por ejemplo, si un alto porcentaje de los pacientes que presentan una enfermedad del corazón, muestran niveles muy elevados de colesterol en la sangre, se puede decir que esto hizo que obtuvieran esta enfermedad aunque no necesariamente. También si un alto porcentaje de individuos presentan alto contenido de colesterol en la sangre se puede decir que con el paso del tiempo estas personas tendrán problemas cardiovasculares.

Por lo tanto altos niveles de colesterol pueden servir como indicativo de que las personas pueden ser susceptibles de sufrir estas enfermedades. De hecho esta relación si existe, así como otras relaciones indirectas lo cual se puede ver en el DIAGRAMA 3. (12).

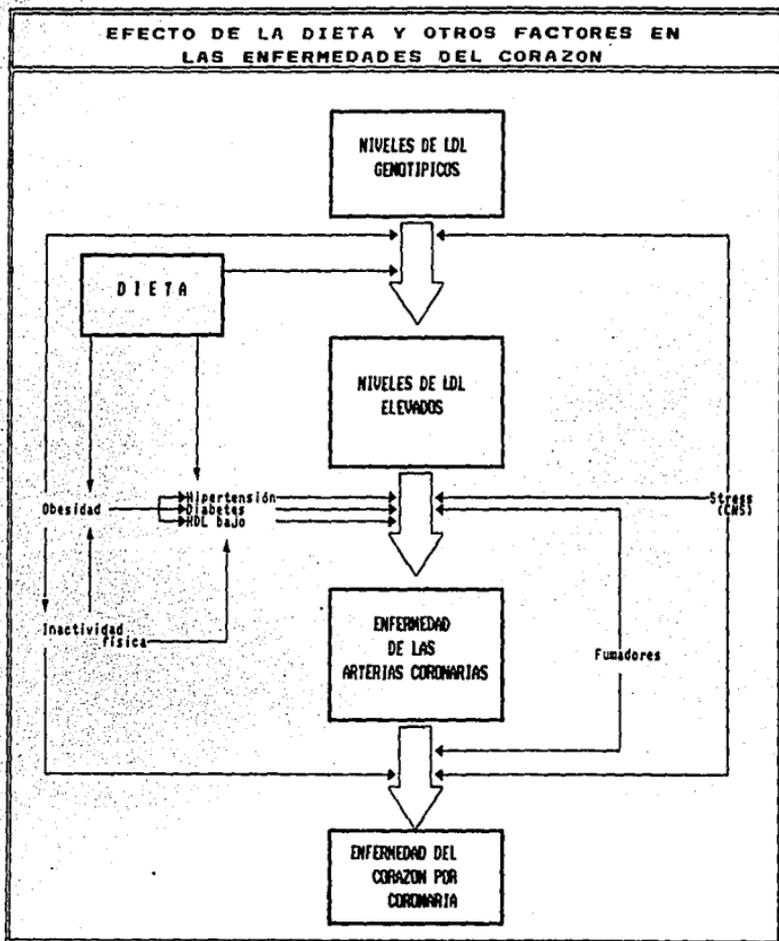
Con los análisis cuantitativos del colesterol se puede obtener un valor significativo para la estimación de que personas, en el

DIAGRAMA 2
INTERRELACIONES DE LA DIETA CON, HIPERTENSION,
DISTURBIOS DE LÍPIDOS Y ARTERIOESCLEROSIS.



FUENTE: Rodwell V.S., PhD, MPH, RD., Nutrition and diet therapy, Times H.N.C.P., 1989, 6a. Edición, 226.

DIAGRAMA 3



FUENTE: Williams S.R., (1989), "Nutrition and Therapy"; Times N.H.C.P., 1989, 6A. Edition, 228.

futuro padecerán de esta enfermedad, tomando en cuenta el caso de cada persona individualmente, ya que esto no quiere decir que necesariamente puedan llegar a tener dicha enfermedad (20).

Si lo anteriormente discutido es verdadero, el nivel de la cuantificación es directa, pero está indirectamente relacionada con los factores de salud, los cuales pueden ser modificados con el consumo de un régimen alimenticio. Si estos niveles analizados presentan un cambio en la dieta, se puede decir que es un buen indicio de que el estado de salud también esta sufriendo una transformación (26).

Si se efectuara una combinación de análisis para cada factor relacionado individualmente con la enfermedad cardiovascular y se encontraran cambios, al cambiar la dieta, se dice que se tendrían mas oportunidades para la mejoría de la salud del individuo. Con una alimentación con alto contenido de fibra se obtiene una menor absorción de la grasa en el torrente sanguíneo, ayudando al cuerpo a que elimine colesterol, antes de que se deposite en las arterias.

Para llevar a cabo estos estudios se tienen que tomar en cuenta ciertos factores por los que el cambio de la dieta, puedan afectar o propiciar la enfermedad (100,101). Los factores que han sido considerados como los mas relevantes, para valorar potencialmente las enfermedades del corazón y que tengan relación con el consumo de la fibra dietética son: el colesterol, diabetes mellitus, fibrinógeno sérico, hipertensión y obesidad.

ASPECTOS BENEFICOS POR EL AUMENTO EN LA INGESTA DE FIBRA DIETETICA. Muchos científicos creen que una dieta alta en fibra ayuda a reducir el riesgo al desarrollo y/o ayuda en el tratamiento de ciertas enfermedades, tales como: diabetes, cáncer del colon (18) y cardiovasculares. Los niveles de glucosa e insulina cambian con el incremento de la fibra soluble (45), para la constipación, la fibra insoluble da buenos resultados (32,82).

Algunas condiciones responden en un término relativamente corto por ejemplo: bajar los niveles de lípidos, el colesterol del hígado y el suero de la sangre (asociado con el incremento de la fibra dietética soluble) y reducir la dependencia de la insulina (63). Las respuestas a cambios por el consumo de la fibra dietética, en condiciones tales como la obesidad, enfermedades del corazón, la diverticulitis y las enfermedades de Crohn, se observan en un plazo mas prolongado (31,38,40).

2.2.1.- FIBRA Y DIABETES.

Los pacientes que sufren de diabetes mellitus tienen un riesgo mas alto de presentar padecimientos del corazón que aquellos que no la tengan (3,93).

Recientes estudios han demostrado que los niveles de azúcar en la sangre pueden ser regulados por el incremento del consumo de la fibra, bajando los niveles de azúcar y limitando la necesidad de insulina, hormona que regula los niveles de azúcar en la sangre (70).

Los beneficios incluyen una reducción en los requerimientos de insulina, disminución del colesterol y triacilglicérido sérico, control de peso corporal y una presión sanguínea mas baja (5). En particular las fibras dietéticas solubles son las que se utilizan (85), ya que proporcionan los mejores efectos terapéuticos para este mal (73).

Los beneficios que se encontraron de la fibra dietética sobre la diabetes, se comprobaron con experiencia demostrada en investigaciones realizadas en la comunidad Africana sobre los casos existentes de esta enfermedad. En un lapso de 6 años solo se detectó un caso de diabetes en Kenia y en Nairobi solo tres de 1929 a 1930, en esa misma época se determinaron muy pocos obesos, pero 40 años mas tarde al visitar el este de África los estudios revelaron que la gente obesa aumentó en gran proporción en casi todo un poblado y la diabetes en toda la ciudad. Esto se debió a la colonización inglesa y la llegada de la industrialización motivando radicalmente el cambio en sus hábitos alimentarios con la transformación de los vegetales y frutas y refinación de los cereales (42).

La reducción de la mortalidad por diabetes fue minimizada durante las guerras, por ejemplo, en Alemania, Italia, Estados Unidos, etc. Durante la Primera Guerra Mundial por el racionamiento de alimentos que existió, produjo esta disminución, ya que, lo que mas se les proporcionó a estos países, fueron los cereales enteros, porque era muy poco el que se refinaba.

Lo mismo ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial, en Inglaterra se reportó que bajó la mortalidad por diabetes en mujeres debido principalmente al consumo alto de carbohidratos y la disminución en el de grasa, retardando la susceptibilidad de las personas a esta enfermedad, pero al finalizar la guerra volvieron a aumentar los casos de muerte por diabetes, hechos que fueron comprobados por las investigaciones realizadas por Cleave y Campbell en 1965.

Esto evidenciaba las hipótesis hechas sobre los alimentos ricos en fibra, de la que se decía que era un factor protector para los que tenían o podían padecer dicha enfermedad. también se encontró que existe una considerable variación en susceptibilidad genética en animales y hombres (3), por lo que se efectuaron estudios experimentales. En los animales (ratas), se comprobó que al darles una dieta baja en fibra contraían la diabetes, se les desarrollaba obesidad y presentaban hiperglicemia. En el hombre se realizaron con individuos que presentaban diabetes, durante dos semanas se les suministró a un grupo [13] una dieta alta en fibra, alta en carbohidratos y sulfonil-ureas.

Después de este tiempo a cinco de ellos se les disminuyó la cantidad de fibra y carbohidratos, se les aplicó la misma cantidad de insulina a cuatro y se le disminuyó a uno. Los requerimientos de insulina se siguieron manteniendo en la misma proporción en tres hombres, los cuales recibieron de 40 a 55 unidades de insulina diaria por un período prolongado. En estos los niveles de colesterol bajaron rápidamente así como la de los

triacilglicéridos que fueron 15% mas bajos después de la ingestión de la dieta controlada.

Las respuestas de estos pacientes tratados durante dos semanas se muestran en la TABLA 4, donde la respuesta al tratamiento fue muy alagador o sea completa, la cual es mas efectiva en pacientes que son tratados con hipoglucemiantes o en pacientes que requieren de 15 a 20 unidades de insulina diaria, por lo que se infiere que al tener consumo de fibra se puede lograr una disminución en el consumo de drogas e insulina.

En la TABLA 5, se muestran los resultados de siete pacientes con tres dietas diferentes: La primera que es baja en fibra y carbohidratos; la segunda baja en fibra y alta en carbohidratos y la tercera alta en fibra y carbohidratos.

Fué importante comprobar que la tercera dieta, bajó mas los niveles de triacilglicéridos. Probablemente debido a la disminución de lípidos en la sangre por el bajo contenido de grasa en la dieta. Indicando también que las respuestas de insulina son mas bajas en pacientes con dieta alta en fibra y carbohidratos (93).

2.2.2.- FIBRA E HIPERTENSION.

Las enfermedades de las coronarias se pueden predecir en los individuos que presentan alta presión en la sangre (hipertensión) la cual se detecta con exactitud cuando el nivel de la presión es alto (45). Estudios efectuados en varias poblaciones han demostrado que las personas vegetarianas presentan una presión

TABLA 4
RESPUESTA DE DIABETICOS A DIETA ALTA EN FIBRA
Y ALTA EN CARBOHIDRATOS (75% DE ENERGIA)

| GRUPO | No. | RESPUESTA | | |
|-----------------|-----|-----------|---------|---------|
| | | COMPLETA | PARCIAL | NINGUNA |
| QUINICA | 14 | 13 | 0 | 1 |
| AGENTES ORALES | 6 | 6 | 0 | 1 |
| INSULINA | | | | |
| 15 A 20 UI/DIA | 9 | 9 | 0 | 0 |
| 21 A 30 UI/DIA | 3 | 0 | 3 | 0 |
| > DE 30 UI/DIA | 5 | 0 | 1 | 5 |

TABLA 5
CONCENTRACION DE TRIACILGLICERIDOS DE 7 PACIENTES
DIABETICOS CON 3 DIETAS DIFERENTES

| | BAJA EN | | |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------------------|
| | CARBOHIDRATOS | | ALTA EN CARBOHIDRATOS 75% |
| | BAJA EN FIBRA | BAJA EN FIBRA | ALTA EN FIBRA |
| No. DE PACIENTES | 7 | 7 | 7 |
| DURACION (días) | 7 | 7 | 10 |
| FIBRA CRUDA g/día | 4.3 | 0.8 | 10 |
| FIBRA DIETETICA g/día | 9.1 | 21 | 60 |
| TRIACILGLICERIDOS mg/dL | 189 | 199 | 139 |
| No. DE INCREMENTOS | | 5 | 0 |
| No. DE DECREMENTOS | | 2 | 7 |

FUENTE: (TABLA 4 Y 5) : Anderson J.W. and Lin W.; (1979); "Plant Fiber, Carbohydrate and lipid metabolism"; Am. J. Clin. Nutr.; 32 (2): 353-354.

sanguínea relativamente baja, comparada con los individuos que basan su alimentación en una dieta omnívora. Estas investigaciones han confirmado que el incremento de fibra dietética puede reducir los efectos de la hipertensión.

Anderson y Bridges en 1986, realizaron la tabulación de los resultados de 16 estudios en los que se midieron los efectos de la fibra dietética sobre la hipertensión. Quince de ellos mostraron una significativa reducción en la presión de la sangre, con el cambio de la dieta, donde se determinó que la fibra dietética es importante en los efectos observados sobre la hipertensión, argumentando además, que los incrementos en el consumo de magnesio la reducen significativamente.

El aumento en los niveles de calcio en las dietas suministradas a los pacientes con hipertensión, repercutió en la reducción de la presión de la sangre, por lo que diferentes tipos de fibra dietética como los cereales, frutas y legumbres así como la adición de magnesio y calcio producen efectos benéficos sobre la hipertensión.

Por otra parte se ha visto que altos niveles de fibra dietética en la dieta producen un balance negativo de minerales en el organismo, por lo que se debe tener cuidado en la cantidad de la fibra que se adiciona a ésta y esto se haga bajo supervisión médica (47,79).

2.2.3.- FIBRA Y OBESIDAD.

El incremento de obesidad que prevalece en los países del Occidente desde 1900, se debe principalmente a los cambios que surgieron en la dieta, con el peso excesivo de los individuos se presentaron diversas enfermedades tanto digestivas como del corazón, debido a que los obesos generalmente presentan altos niveles de (LDL), lo cual incrementa la incidencia a la tolerancia de hipertensión e intolerancia a la glucosa (99).

La obesidad es la consecuencia de una mala nutrición produciéndose un incremento gradual del tejido adiposo con la edad, con los avances tecnológicos, las estadísticas de obesidad se han incrementado en gran proporción originada por el consumo de los alimentos industrializados y refinados. Con la industrialización se busca lograr que los alimentos sean apetecibles y no propiamente nutritivos, con una cantidad excesiva de calorías, en contraste con la cantidad realmente necesaria para el organismo, de esta forma se tienen individuos con obesos con diferentes disturbios en su salud (99).

Las enfermedades que se pueden originar por un peso excesivo son: enfermedad del corazón, diabetes, hipertensión, cáncer, etc. (22). Simopoulos y Van Itallie (1984) determinaron que los individuos que tienen sobrepeso durante su juventud presentan mayores riesgos para adquirir las enfermedades antes mencionadas. En 1988 el departamento de Nutrición y Salud de los Estados Unidos reportó que el 25% de los adultos presentan obesidad y de estos el 40% es severamente obeso.

Se ha visto que los niños obesos generalmente son adultos obesos con todas las complicaciones y consecuencias de salud que esto involucra. El control de peso es un reto en estas ciudades industrializadas, primordialmente porque las clínicas que existen para esta reducción y control de peso son muy costosas.

Estos tratamientos pretenden reducir los niveles de calorías, particularmente de grasas, con una dieta balanceada además de la realización de ejercicios propios, para disminuir el peso del individuo y por lo tanto el riesgo de que contraiga enfermedades peligrosas (57).

La relación inversa que existe entre la cantidad de fibra y la cantidad de grasa (subsecuente reducción en la cantidad de calorías) es que los alimentos que presentan alto contenido de fibra juegan un papel muy importante en la reducción de peso.

La dieta a base de fibra, origina que se disminuya la cantidad de alimentos ingeridos, por ende se produce un decremento en la acumulación de grasa al disminuir la densidad calórica de la dieta, haciendo mas lenta la velocidad de la ingestión de la comida e incrementando el esfuerzo que ocasiona el comer.

En estudios realizados por la Fundación Británica de Nutrición (1990), se tabularon 14 estudios en los que se investigaron los efectos en la pérdida de peso, las cuales se llevaron a cabo incluyendo en la dieta diferentes tipos de fibra dietética (71). De los 14, 10 mostraron pérdida de peso como resultado de los efectos de aumentar el consumo de la fibra dietética; el control

de peso de estos individuos se efectúa debido a que produce un efecto de saciedad. El incremento de fibra produce el aumento del bolo fecal, con lo cual se reduce la constipación que frecuentemente se presenta cuando se tienen dietas bajas en calorías (91,95).

2.2.4.- FIBRA Y SACIEDAD.

La saciedad es el estado que en condiciones normales conduce a terminar la ingestión de alimentos. Debe resaltarse que la regulación del consumo de alimentos se refiere mas a la ingestión de energía que a otro tipo de nutrimentos.

De las diferentes teorías que existen sobre la regulación de la ingesta la mas aceptada fué la teoría glucostática de Mayer.

-Teoría Glucostática de Mayer (1968). Observó que el cerebro necesita glucosa para funcionar pues no posee la capacidad de almacenarla como los demas tejidos sino en forma de creatina fosfato. Se efectuaron experimentos con individuos en los que se les inyectó glucosa cuando sentían hambre, observándose que esta desaparecía y las contracciones gástricas, al elevar la concentración de la glucosa en sangre se inhibe la función de la región lateral del hipotálamo Bourges (1978).

El mayor efecto del consumo de fibra dietética en el organismo es producir saciedad, además contribuye significativamente a que el individuo se sienta bien. Al sentir saciedad se origina una disminución en la ingesta de calorías y otros componentes de la dieta, logrando con esto una disminución de las enfermedades

originadas por el consumo excesivo de alimentos. Los regímenes utilizados para la reducción y control de peso recomiendan que el individuo en cuestión coma lentamente para darle tiempo al alimento de entrar al sistema y producir el efecto de saciedad.

La fibra dietética incrementa el tiempo y el esfuerzo necesario para masticar la comida antes de ser tragada; disminuyendo, la velocidad en el consumo de los alimentos (71).

El resultado que se obtiene es, que el tiempo para comer aumenta y el individuo se siente satisfecho con una dieta con menor cantidad de calorías, que si el o ella hubieran comido mas rápido.

Después de la ingesta de los alimentos con alto contenido de fibra (generalmente fibra dietética soluble), la cantidad de tiempo de tránsito en el estómago aumenta, obteniéndose de esta forma un aumento en la sensación de saciedad del individuo o en tiempo que dura esta. En suma las pectinas y las gomas afectan el tiempo de tránsito del alimento al ser digerido en el intestino produciendo el mismo efecto (99).

El papel que juega la fibra dietética sobre la saciedad, glucosa e insulina fue investigado en estudios efectuados por Bolton y colaboradores (1981), con voluntarias sanas que ingerieron alimentos con un consumo equivalente de azúcar: naranjas y jugo de naranjas, uvas y jugo de uvas. La saciedad fue valorada por la sensación de hambre, la cual se presentó después de un tiempo mayor al ingerir la fruta entera que el jugo de fruta. Con las naranjas hubo una respuesta significativa de

insulina a la fruta que al jugo y una menor absorción en la concentración de glucosa del plasma. Con las uvas, la respuesta de insulina a la fruta entera fue paradójicamente mas que el jugo, mientras que los valores posteriores a la absorción de glucosa fueron similares. Con esto se determinó que la glucosa de las uvas es mas insulinogénica que las naranjas y las manzanas. La respuesta de la fruta a la insulina plasmática y glucosa dependerán del contenido de fibra y glucosa de la misma (14).

Prosky (1992) muestra en sus recopilaciones, investigaciones efectuadas por Burley, Leeds and Blundell (1987) sobre la saciedad, los cuales efectuaron un estudio con mujeres de peso normal que consumieron desayunos que contenían 12 g y 3 g de fibra dietética en diferentes experimentos. Las mediciones fueron efectuadas sobre abundancia, apetito, ansia de comer y consumo futuro. A los participantes se les ofreció un lunch a la media hora y hasta dos horas después de cada desayuno dándoles de comer tanto como quisieran.

El desayuno con alto contenido de fibra, consistía de pan adicionado con goma guar complementado con Hojuelas de Salvado de maiz (Kelloggs). El desayuno con bajo contenido en fibra consistió de pan blanco y Hojuelas de Maíz (Kelloggs). A pesar del bajo contenido de energía (90 kcal) del desayuno, y efectuar las mediciones mencionadas anteriormente, se encontró que las personas que consumían mayor cantidad de fibra tenían mayor saciedad. Una de las interpretaciones de este estudio es que la fibra (goma guar y salvado de trigo) intensifica el poder de

saciedad, al prolongar el tiempo de sensación de vacío. Al seguir con la dieta alta en fibra se fue obteniendo pérdida del poder de saciedad lo cual fue propiciado como consecuencia del déficit que tenían de kilocalorías en su alimentación, comparado con los individuos que consumieron una dieta baja en fibra.

Por otro lado, Levine y colaboradores (1989), encontraron que, sujetos que consumieron cereal para el desayuno con alto contenido de fibra y compararlo con otro bajo en fibra la ingesta calórica era de 12% y 17% respectivamente y la saciedad fue mayor con el desayuno alto en fibra (57).

Las investigaciones mostradas necesitan ser mas analizadas ya que no se tienen datos sobre un mínimo de consumo de fibra y sus efectos. La optimización de un sistema de distribución para lograr la saciedad con la fibra dietética se encuentra abierto para estudios futuros, con un sin fin de posibilidades.

2.2.5.- FIBRA Y FIBRINOGENO SERICO.

Altos niveles de fibrinógeno en el suero sanguíneo incrementa el riesgo de una enfermedad cardiovascular (36,101). La sangre mantiene un difícil equilibrio dentro del sistema vascular, puede pasar con mucha facilidad al estado sólido, con formación de un coágulo, mediante un proceso sumamente complejo en el que se sabe que intervienen mas de treinta sustancias diferentes, cuando se produce una lesión las células llamadas plaquetas, las cuales liberan la tromboquinasa para que se produzca la coagulación, al mismo tiempo actúa otra proteína, el fibrinógeno contenida en el plasma, el que se solidifica y forma la fibrina. Para que ocurra este cambio físico la sangre debe estar en contacto con un medio extraño como una lesión, parásitos, etc. y formar el coágulo (trombo). Sin embargo cuando se quiere que en algunos enfermos se acelere el proceso de coagulación se administran sustancias como la vitamina K para que produzcan la solidificación de la sangre (36,89).

Existe una gran relación entre una elevada concentración de fibrinógeno sérico y el riesgo de contraer una enfermedad coronaria por la concentración de lípidos en la sangre, propiciados por el consumo alto de grasa y que pueden producir obstrucción de las arterias coronarias. Las asociaciones de muertes cardiovasculares mostraron que fueron causadas primordialmente por tener un alto contenido de fibrinógeno sérico. Diferentes estudios han reportado que en los últimos diez

años el aumento de la cantidad de fibra dietética y disminución de grasa en la dieta, han propiciado la reducción de los niveles de fibrinógeno sérico en la sangre y con esto se ha evitado la trombosis en los individuos (36).

2.2.6.- FIBRA E HIPERLIPIDEMIA SERICA.

COLESTEROL. El proceso de digestión es la desintegración de los alimentos hasta formas asimilables, con la ayuda de las enzimas hidrolasas que efectúan todos los cambios químicos. El quimo del estómago, es de consistencia cremosa espesa, pasa regularmente por el píloro hacia el duodéno durante la digestión, donde es neutralizado por las secreciones pancreáticas y biliares cuya acción se favorece al variar el pH a la alcalinidad. La vesícula biliar almacena la bilis producida por el hígado durante los intervalos de las comidas y durante la digestión, la bilis es vertida por la vesícula biliar al intestino delgado.

A partir del colesterol los ácidos biliares primarios (ácido cólico y ácido quenodesoxicólico) son sintetizados en el hígado, en la síntesis de los ácidos biliares la reacción de alfa-hidroxilación es la primera etapa que limita la velocidad de la síntesis.

La deficiencia de vitamina C interfiere con la formación de ácidos biliares en la primera etapa, produciéndose la acumulación del colesterol, hipercolesterolemia y como consecuencia un aumento de la arteroesclerosis (26,62).

Los productos finales del catabolismo del colesterol son los ácidos biliares, estos compuestos presentes en la bilis representan la única vía importante para la eliminación del colesterol del organismo. La forma mas precisa de estimar la cantidad de colesterol del organismo, es efectuando la medición de la excreción fecal de ácidos biliares mas los esteroides neutros (42,66).

La circulación enterohepática se refiere a la absorción de los ácidos biliares primarios y secundarios por el íleon, que regresa por la vía de la circulación corporal portal los ácidos biliares secretados al hígado.

Una baja concentración de sales biliares (500 mg/día) puede ser excretada por las heces al no ser absorbida, pero con esto se logra, aunque sea muy poca, la eliminación de colesterol (40). El colesterol biliar se produce cuando se interrumpe la circulación enterohepática, y esto ha servido para tratar la hipercolesterolemia, produciéndose además reducciones del colesterol plasmático por este procedimiento.

La solubilidad real del colesterol en la bilis depende de las proporciones relativas de la sal biliar, lecitina y colesterol y del contenido de agua de la bilis (92).

La causa mas común de las enfermedades del corazón se debe a los altos niveles de colesterol en la sangre. Todos necesitamos una cierta cantidad de colesterol, esta sustancia es una parte importante de todas las paredes celulares del cuerpo (38), la cual provee un aislamiento protector alrededor de las fibras

nerviosas y el organismo las utiliza para producir la vitamina D, los jugos digestivos y una variedad de hormonas. El organismo produce todo el colesterol necesario para controlar el proceso de la síntesis interna.

El colesterol es llevado por el torrente sanguíneo en proteínas llamadas lipoproteínas. Las investigaciones han encontrado que los diferentes tipos de lipoproteínas del cuerpo. LDL Y HDL juegan un papel muy importante para determinar el nivel de colesterol en la sangre del individuo en un rango confiable (43).

Para determinar mejor los niveles de colesterol de una persona (el/ella) y ver el riesgo que tienen de una enfermedad del corazón, el Instituto Nacional de la Salud, el Instituto Nacional del Corazón, Lung y el Instituto de la Sangre de los Estados Unidos, desarrollaron la siguiente guía:

Nivel deseable menor de 200 mg/dl.

Nivel medio de 200 a 239 mg/dl.

Nivel alto de 240+ mg/dl.

El Instituto de la Salud recomienda que si el nivel de colesterol de la sangre es alto, se debe someter el individuo a análisis para estimar los niveles del LDL-colesterol. Además aclaran que las personas que tengan arriba de los 200 mg/DL, presentan un riesgo en la incidencia de las enfermedades del corazón, arteriosclerosis, hipocolesterolemia, etc. por lo cual deberán ser sometidas a una evaluación y posible tratamiento (49). Las dietas con contenido de polímero de ácido galacturónico de pectina contribuye a bajar los niveles de colesterol sérico.

2.2.6.1.- FIBRA E HIPERCOLESTEROLEMIA.

La suplementación de la dieta con fibra dietética soluble puede reducir significativamente la hipercolesterolemia sérica. La Federación de Sociedades Americanas de Biología Experimental (1987) tabularon estudios efectuados sobre diferentes tipos de fibra dietética con el fin de ver los efectos sobre el nivel de colesterol al aumentar el consumo de los mismos (12,71).

Los diferentes tipos de fibra dietética soluble que se estudiaron fueron; el salvado de avena, la avena, ruedas de avena, goma guar, xantana, karaya, acacia, pectina (53), polisacáridos de soya, frijoles, frutas y vegetales y otras mas (37), de donde se concluye que las diferentes variedades de fibra dietética concentrada, particularmente la fracción soluble, pueden reducir el colesterol sérico total aproximadamente 15% en un corto tiempo y de 20 a 25% en un largo tiempo (100).

Los productos de avena en particular presentan la mayor acción para bajar el colesterol que otros tipos de fibra, porque es rica en fibra soluble, y en betas glucanas. La terapia con salvado de avena es considerada mas efectiva para el tratamiento de esta enfermedad que con el método tradicional en el que se usan drogas de colestiramine y colestipol (52).

Las diferentes clases de fibra dietética insoluble tales como el salvado de trigo, no son generalmente consideradas para el tratamiento de esta enfermedad debido a que presentan una reducción mínima en el colesterol sérico.

La hiperlipidemia sérica se refiere a los niveles elevados de un número de entidades en el suero de la sangre que se relacionan en alguna forma con el riesgo de contraer una enfermedad coronaria y provocar la muerte (44).

Esto incluye niveles elevados de colesterol (hipercolesterolemia), de triacilglicérido sérico (hipertrigliceridemia), y de colesterol asociados con lipoproteínas de baja densidad (LDL) y la correspondiente apolipoproteína B (con el consumo de pectina disminuyen significativamente sus niveles) (APLPB) (35,63,). Los cuáles producen obstrucción de las arterias coronarias.

La goma guar y otros tipos de fibra dietética soluble que se utilizan en alimentos debido a sus propiedades de absorción de moléculas orgánicas han mostrado tener efectos de reducción sobre los niveles de colesterol sérico, además tiene un marcado efecto en la reducción de la glicemia postprandial (la glucosa de la sangre después del desayuno) (74), realizando con estas acciones una regulación en el metabolismo de la grasa (45). Los frijoles y otras leguminosas son fuentes de fibra dietética rica en galactomananas, tienen de dos a tres veces más que los cereales enteros. La goma guar extraída de las semillas es un ejemplo de estas (74).

2.2.6.2.- FIBRA Y LDL COLESTEROL. De acuerdo a las investigaciones, las lipoproteínas de baja densidad, las cuales contienen de 60 a 70 % del colesterol total de la sangre en el organismo, ocasiona el depósito del colesterol en las arterias (59). Si el colesterol, es alto probablemente el nivel de las LDL también sea alto, incrementando de esta forma el riesgo de la enfermedad de las arterias coronarias (13,52).

En estudios recientes se han discutido los efectos de la fibra dietética soluble sobre la hipercolesterolemia y las LDL notándose que, siguen la misma disminución del colesterol sérico de la sangre, por otro lado se ha visto que un tipo de fibra dietética reduce el colesterol total a un límite significativo y reducir al LDL colesterol (41).

La fermentación de la fibra dietética en el intestino libera las cadenas cortas de los ácidos grasos como el acético, propiónico y butírico particularmente. Estos ácidos inhiben la síntesis del colesterol e incrementan la eliminación del colesterol asociado con las lipoproteínas de baja densidad (LDL colesterol). Este podría ser un mecanismo explicativo para los efectos de la fibra dietética en la reducción del colesterol sérico (3,12,46). Las fibras que disminuyen las concentraciones del colesterol sérico, tienden a incrementar la excreción de ácidos biliares en las heces (52).

2.2.6.3.- FIERA Y HDL (LIPOPROTEINAS DE ALTA DENSIDAD)

COLESTEROL: EN PROPORCION LDL/HDL. Cuando los niveles de las HDL son altos, el riesgo de generarse una enfermedad del corazón disminuye, ya que contienen del 20 al 30 % del colesterol del organismo, limpian al cuerpo del colesterol al transportarlo al hígado donde es procesado y removido. A bajos niveles de HDL se incrementa el riesgo de las enfermedades del corazón (52,100).

En relación con los lípidos que afectan las arterias coronarias, un lípido que exhibe un efecto contrario a los otros es el colesterol asociado con lipoproteínas de alta densidad. Este colesterol HDL y estas asociaciones de apolipoproteína A se encuentran inversamente relacionadas al riesgo de una enfermedad del corazón (coronaria) (64,80).

En los estudios que se efectuaron a pacientes con HDL y a los que se les suministró una dieta rica en fibra, en donde el HDL fué medido, su nivel permaneció casi constante, dependiendo de la cantidad consumida de la fibra dietética soluble. Sin embargo mas que notar un cambio en el nivel de HDL, fué mas importante la disminución que se logró del colesterol en la relación que existe entre LDL a HDL (84), el cuál es un factor importante en el riesgo de la enfermedad del corazón (coronaria) (52,63).

La disminución producida de las concentraciones de LDL y la no alteración de las fracciones de HDL, producen una protección a la arteriosclerosis (59). Cabe mencionar que los productos de avena han tenido gran impacto en estas enfermedades (37).

2.2.6.4.- FIBRA Y TRIACILGLICERIDOS SERICOS. Los resultados del aumento en la cantidad de la fibra dietética soluble o insoluble en la dieta para ver su efecto en los niveles de triacilglicéridos séricos han sido confusos, debido a que algunos estudios muestran reducción, otros ningún cambio y otros mas presentaron incremento (64). Si los ingredientes de la fibra dietética produjeran efectivamente un cambio importante en el destino de la grasa saturada de la dieta, quizá en estudios a largo plazo se podría llegar a concluir sobre esto (41.100).

2.2.7.- FIBRA Y DIGESTION.

El tracto digestivo del hombre no contiene las enzimas necesarias para la digestión (hidrólisis) de los polímeros fibrosos. Por lo que la fibra pasa del estómago al intestino delgado y al grueso (colon) esencialmente inalterada, donde la flora intestinal inicia la digestión utilizando ciertas fracciones de las hemicelulosas, produciendo ácidos grasos volátiles de bajo peso molecular, agua, dióxido de carbono, y metano, afectando la función intestinal acortándose el tiempo de tránsito en el intestino.

En general las fibras dietéticas solubles retardan el vaciamiento gástrico acelerando el tránsito intestinal, y las insolubles se unen a varios componentes propiciando una menor digestibilidad (16.30).

Otro de los efectos fisiológicos de la fibra es la unión que tiene con ciertos metabolitos biliares (como el colesterol) que se encuentran en el intestino y que pueden ser excretados en las heces. Por lo tanto la fibra dietética aumenta el porcentaje de componentes biliares eliminados en las heces, aumenta el volumen fecal (peso) y ayuda a que las heces se muevan con facilidad a través del intestino al recto, produciendo menor incidencia de hemorroides.

La facilidad de movimiento se encuentra determinada por: a) la presencia de fibra; b) la humedad retenida por la fibra y actuar como lubricante; y c) por el efecto de estimulación de los ácidos grasos volátiles (88).

Se ha visto que los desordenes del sistema digestivo y en particular los del movimiento intestinal, como la constipación son muy comunes en las personas que no acostumbran la fibra. En la antigüedad Hipócrates creía que el hombre debería defecar de dos a tres veces por día, para mantenerse saludable (71).

Otros estudiosos han dado a notar que, para que un individuo se encuentre fisiológicamente saludable, deberá tener un buen funcionamiento de su intestino. Con los cambios de la dieta al incluir la fibra dietética, se ha logrado que el individuo mejore sus problemas digestivos y se tenga menor riesgo de contraer diversas enfermedades como las ya mencionadas. (25.58).

En investigaciones proporcionadas por Holloway y colaboradores (1978) con individuos a los que se les incluyó en su dieta diversos tipos de fibra como las celulosas, hemicelulosas,

ligninas y pectinas encontraron que: las dietas con contenido de hemicelulosas contribuyen a la formación de ácidos grasos volátiles. la lignina puede tener significantes implicaciones en la prevención de los desórdenes metabólicos, es hidrofílica y se une fácilmente con los ácidos biliares, lo cual reduce la absorción de grasa, aumenta la excreción de colesterol, y reduce la formación de metabolitos cancerígenos.

2.2.7.1.- FIBRA Y CÁNCER DEL COLÓN.

Dentro del grupo de muertes por cáncer, la del colon es la segunda causa de mortalidad por esta enfermedad en los Estados Unidos (21). La fibra se ha mantenido en investigación por diferentes grupos y con diversos resultados, con respecto de esta enfermedad, concluyéndose que las causas que propician el cáncer del colon aún no se conocen con precisión, no obstante se ha visto que una dieta rica en alimentos refinados y baja en fibra se relaciona con un aumento en la ingesta de grasa y es asociada con el riesgo de contraer esta enfermedad (19,42).

Los investigadores postularon la interacción existente entre estos dos factores dietéticos para relacionar el riesgo de contraer el cáncer del colon y los beneficios que se obtendrían al cambiar la dieta a productos naturales y con alto contenido de fibra (19,68). Primero, un alto contenido de grasa en la dieta incrementa los niveles de ácidos biliares fecales, a través de la conversión de las bacterias del colon a ácidos biliares

secundarios actuando como promotores de los tumores. Segundo, la fibra dietética interactúa para reducir el riesgo de un tumor debido a: a) el aumento del volumen fecal, disminuyendo la concentración de sustancias carcinógenas potenciales en el intestino; b) que disminuye el tiempo de tránsito a través del colon, reduciendo el contacto entre los carcinógenos fecales y la mucosa colónica por la dilución que efectúa del contenido intestinal; y c) la alteración del metabolismo de la bacteria colónica favoreciendo la disminución en la producción de los elementos carcinógenos (26,42,44,92).

La fermentación en el intestino grueso, produce cadenas cortas de ácidos grasos, actualmente afecta a muchos de los factores como: el peso del excremento, y subsecuente dilución por efectos de ósmosis y acidificación, principalmente para bajar el pH colónico (45,63).

Lanza y colaboradores (1987) reportaron en estudios efectuados sobre el cáncer del colon, que al aumentar la cantidad de fibra dietética, se reducía el riesgo de contraer dicha enfermedad, mostrando en sus resultados un efecto positivo o neutral.

2.2.7.2.- FIBRA, CONSTIPACION Y HEMORROIDES.

La constipación es un desorden común de mínima duración y se caracteriza por la retención de las heces en el colon un tiempo mas allá de lo normal. Esto es un gran problema que hace que la población utilice laxantes. La constipación es el resultado de varios tipos de tensión nerviosa, preocupaciones y cambios en

posiciones sociales etc., causado por el uso prolongado de laxantes, dietas bajas en fibra o falta de ejercicio (101).

El incremento de la cantidad de la fibra dietética, en particular la insoluble tiene gran capacidad de absorción de agua, generando el aumento de volumen de las heces, no fermenta fácilmente en el intestino grueso reduciendo la incidencia de constipación (90). Se encontró que el salvado de los cereales permiten una mayor velocidad de paso por lo que son mas efectivos para aliviar o mitigar la constipación que las frutas y vegetales (98)..

Se cree que las hemorroides se originan por una continúa o frecuente constipación. Particularmente causado por un exceso de esfuerzo combinado durante el proceso de eliminación de las heces, las cuales dañan el área anal. Las hipótesis hechas por Burkitt (1978) sobre esto es que el exceso de estas condiciones y el incremento de la dureza del contenido fecal, es el resultado del bajo contenido de fibra, especialmente de fibra de cereal en la dieta (100).

Ningún estudio sobre los incrementos de fibra dietética en la dieta ha sido determinante como para que se establezca que existe una reducción de hemorroides, pero si se puede decir que al ocurrir una reducción en el esfuerzo, se disminuye potencialmente el daño anal, reduciendo el dolor durante la defecación (1,13).

2.2.7.3.- FIBRA E ILEITIS.

Ileitis es una designación común, dada a la enfermedad de Crohn cuando esta se presenta en el ileón. Burrill Crohn y colegas describieron la enfermedad llamada ileitis local en 1932, mas tarde con reportes de cuadros similares en varias porciones del intestino grueso y delgado, extendió los términos de enfermedad de Crohn a una enterítis local.

La enfermedad de Crohn se refiere a una inflamación crónica, no conocida, que envuelve alguna parte del tracto digestivo, pero particularmente del intestino. Originando dolores abdominales, diarrea, poca fiebre, acompañada frecuentemente por pérdida de peso (71,100).

2.2.7.4.- FIBRA Y DIVERTICULITIS.

La enfermedad diverticular es la aparición de bolsas o ámpulas entre el revestimiento de la mucosa del intestino grueso y la pared del músculo del intestino (1). La incidencia de esta enfermedad parece coincidir con la ingesta de bajas cantidades de fibra dietética. Esta enfermedad es un caso claro de causa/efecto, la cual se relaciona con los cambios dietéticos.

Esto quiere decir que se presenta particularmente en ciudades donde tienen gran facilidad para los alimentos procesados. Sin embargo, se cree que su incidencia puede estar relacionada a la disponibilidad de un diagnóstico completo, debido a que esta enfermedad es difícil de diagnosticar sin la técnica de enema de bario (38).

Generalmente, la diverticulitis es asintomática, o sea que el individuo no se da cuenta de su presencia. En los casos donde se ha diagnosticado, el paciente sufre de períodos intermitentes de fiebre y dolor constantes, con un cuadro similar al de la apendicitis. Algunos investigadores determinaron que las fibras dietéticas en general no son necesariamente efectivas para el tratamiento de ésta, pero otros sugieren que el salvado de trigo grueso si es muy efectivo (25). La relación en el consumo de fibra dietética y diversos problemas de salud son mostrados en el CUADRO 6.

CUADRO 6

RELACION ENTRE FIBRA Y VARIOS PROBLEMAS DE SALUD

| ENFERMEDAD | EFECTO DE LA FIBRA | POSIBLE MODO DE ACCION | NECESIDADES FUTURAS DE INVESTIGACION |
|---------------------------|--|---|---|
| DIABETES MELLITUS | <p>Reducción rápida de los niveles de azúcar en la sangre</p> <p>Reduce la glicosuria</p> <p>Reduce los requerimientos de insulina</p> <p>Aumenta la sensibilidad insulínica</p> <p>Inhíbe la hiperglicemia postprandial (después de comer).</p> | <p>Baja absorción de CHO's por:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Retraso en el tiempo de llenado gástrico. -Formación de geles con la pectina o goma guar en el intestino, evitando la absorción de CHO's. -Protección de CHO's de la actividad α-amilásica con una capa fibrosa. -Permite la protección de CHO's al escapar dentro del colon donde son digeridos por bacterias. | <p>Influencia de la producción de las cetonas cortas de los ácidos grasos (SCFA) o metabolismo de glucosa y grasa en el hígado.</p> <p>Mecanismos exactos por los cuales la fibra influencia en el metabolismo de glucosa.</p> |
| OBESIDAD | <p>Incrementa la velocidad de la saciedad.</p> <p>Altera la respuesta hormonal.</p> <p>Alteración termogénesis.</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Prolonga los movimientos de masticar y tragar. -Incrementa el contenido de grasa en las heces. -Inhíbe la absorción de CHO's en alimentos con mayor contenido de fibra. -Incrementa el tiempo de tránsito. -Altera la acción de la insulina, el glucagón del intestino y otras hormonas intestinales. | <p>Causa el aumento en la velocidad de la saciedad, reportada por sujetos.</p> <p>Efecto de la unión de nutrientes en el estatus nutricional.</p> <p>Estudios basados en la composición alimenticia y densidad calórica en lugar del contenido de fibra.</p> <p>Efectos de diferentes tipos de fibra en el llenado gástrico, intestino delgado y colon.</p> |
| LAS ARTERIAS DEL CORAZON. | <p>Inhíbe la recirculación de los ácidos biliares</p> | <ul style="list-style-type: none"> -Altera el metabolismo bacterial de los ácidos biliares. -Altera la flora bacteriana, por el cambio en la actividad metabólica. -Formación de geles que ligan ácidos biliares. -Alteración de la función de enzimas pancreática e intestinal. | <p>Influencia de la fibra en el contenido de colesterol de las fracciones específicas de lipoproteínas.</p> <p>Influencia en la producción de los ácidos grasos de cadenas cortas.</p> <p>Reaja de la fibra dietética como una variable independiente en la reducción en el riesgo de generar una enfermedad del corazón.</p> |

Continúa.

CONTINUACION
DE CUADRO 6

| ENFERMEDAD | EFEECTO DE LA FIBRA | POSIBLE MODO DE ACCION | NECESIDADES FUTURAS DE INVESTIGACION |
|--|--|---|--|
| CANCER DEL COLON | Reducción de los niveles de triglicéridos y colesterol. ^M | -Reduce niveles de insulina. -Unión del colesterol, previniendo su absorción | Relaciones entre la sensibilidad a la insulina y el cambio de lipoproteínas y glucosa Efecto por las altas concentraciones de sales biliares en la función del colon. |
| | Reduce la incidencia a la enfermedad. ^M | -Baja absorción de grasa por la formación de matrices de él en el intestino. -Los ácidos biliares o sus metabolitos bacteriales pueden afectar la estructura del colon, cambiando la velocidad celular y su función. | Investigaciones de hipótesis actuales respecto a los efectos de los factores dietéticos en la estructura del colon y el cambio en la velocidad celular. |
| OTROS DEBILIDADES GASTROINTESTINALES | Reduce la presión desde el lumen intestinal | -Incrementa el tiempo de tránsito. | |
| Diverticulitis Constipación Hernia Hiatal Hemorroides | Aumenta el diámetro del lumen intestinal, permitiendo que el tracto gastrointestinal se contraiga más, que el contenido pase más rápidamente e inhiba las segmentaciones. ^E | -Aumenta la absorción de agua, produciendo que heces sean más largas y blandas. | |

^M Este efecto se basa en estudios epidemiológicos, usualmente observados en combinación con la reducción en la cantidad de grasa.

⁻ La insulina se requiere para la síntesis de grasa.

^M Los efectos de prevención de la fibra se asume de estudios epidemiológicos que se asocian con dietas bajas y altas en contenido de fibra con el aumento en la incidencia de la enfermedad.

^E El aumento en la presión de segmentación y debilidad a lo largo de las paredes del tracto intestinal.

FUENTE: Williams S.R.: (1989); "Nutrition and Diet Therapy"; 6a. Ed.; Times Mirror P.; Cap. 2.

2.2.8.- INTERACCION FIBRA DIETETICA Y MINERALES.

La absorción de minerales (excepto electrolitos) generalmente es menos eficiente que la de las vitaminas y los macronutrientes, no todos los alimentos con contenido de minerales son necesarios para el organismo. El término biodisponibilidad, se refiere al grado en el que, el organismo tiene disponible un nutriente para ser absorbido y llevar a cabo su función, lo cual depende de muchos factores que pueden estar influenciados por un balance de absorción-excreción y el balance de almacenamiento-mobilización en los tejidos (44).

Es importante destacar que la fibra afecta la absorción de algunos nutrientes. En las investigaciones efectuadas se observó que al aumentar los niveles de fibra, se encontró un balance negativo de minerales en los individuos. Un exceso de fibra en la dieta interacciona con el calcio e impide su absorción, pero con el transcurso del tiempo es posible adaptarlos a las alteraciones en la fisiología intestinal y regresar al balance original de calcio (26). Otras sustancias que favorecen esto incluyen al ácido oxálico, el cual se combina con calcio para producir oxalato de calcio y el ácido fítico (21), que forman el fitato de calcio bloqueando su absorción, el ácido oxálico es un constituyente de los vegetales verdes, pero la cantidad de los oxalatos en estos varía, ya que algunos presentan mayor cantidad que otros. Sin embargo el ácido fítico se encuentra generalmente en la capa externa de la cascarilla de muchos cereales, especialmente en el trigo y leguminosas (102).

El aumento en el consumo de fibra dietética produce efectos adversos en la absorción de minerales, particularmente la insoluble puede modificar las concentraciones de minerales en el sistema digestivo. además de disminuir el tiempo de tránsito de los alimentos y con esto la digestión, produce disminución en la absorción intestinal. La fibra dietética de acuerdo a su estructura química es resistente a la digestión y puede bloquear la absorción de minerales o vitaminas, además puede actuar como un cambiador de catión débil, que se asocia con uniones débiles de minerales en los alimentos (79).

Generalmente parece no significativo el balance de vitaminas o minerales a menos que el consumo de los niveles de fibra dietética sean excesivamente altos (mas de 40 g/día) o el consumo de la fibra alcance incrementos dramáticos en un período relativamente corto (2 semanas), con esto cabe mencionar que los vegetarianos, quienes consumen altos niveles de fibra dietética, no presentan niveles de minerales en la sangre significativamente diferentes a los no vegetarianos, con esto se contradicen muchos de los estudios de los investigadores (21).

Muchos tipos de fibra dietética también son fuentes excelentes de minerales, particularmente el hierro, cobre, zinc, cromo y manganeso. Cuando las cantidades de fibra dietética en la dieta son incrementadas con alimentos como el salvado y productos de trigo se produce un incremento en la excreción mineral, además de la grasa, nitrógeno y energía. Estos cambios determinan, como la fibra, produce alteraciones en la digestión normal y en la

función de absorción de los nutrientes, esto fue confirmado estableciendo que, la fibra produce diferentes efectos fisiológicos los cuales dependen del tipo y composición de la fibra. Por ejemplo la formación de geles de polisacáridos de la goma guar y pectina altera la absorción de la glucosa, además de que se les considera hipocolesterolémicas (32,75).

Las fibras de cereales no son hipocolesterolémicas pero presentan un efecto en el intestino grueso. La fibra se digiere en el colon por la microflora, presentando influencia en la función colónica, el peso fecal y la composición. El significado de los cambios en grasa nitrógeno y energía se pueden evaluar por el deterioro de la absorción de minerales, particularmente de calcio, hierro y zinc al efectuar los análisis correspondientes en las heces de los pacientes en estudio (47,80).

Algunos de estos cambios aportan beneficios nutricionales. Si los efectos de la fibra en las funciones colónicas son benéficos al disminuir la constipación y prevenir la enfermedad diverticular y el cáncer del intestino, la necesidad de incrementar la cantidad de fibra es muy clara. Esto significa que las implicaciones nutricionales necesitarán ser evaluadas (13).

2.3.- NIVELES DE CONSUMO RECOMENDABLES.

Es difícil efectuar recomendaciones basadas en los datos conocidos, porque ciertamente existen varios estudios en los cuales existe gran discrepancia entre ellos. Por lo cual, es difícil reunir todas las investigaciones en una sola conclusión, para determinar una recomendación apropiada.

El paradigma de la fibra dietética no es diferente de otras, en la que ha conducido a los investigadores a explorarla fisiológicamente y sus relaciones dietéticas al detalle y sin precedente. Combinándola con la variabilidad inherente en investigaciones de este tipo (por ejemplo, que la enfermedad de las arterias coronarias pueda estar solamente relacionada al consumo de la fibra dietética) tomando en cuenta que de acuerdo a la cantidad y tipo de fibra se encontrarán diferentes respuestas del organismo (71). Aún así los científicos reportan a la sociedad los cambios que encuentran en sus investigaciones, como el proporcionar a la sociedad que al incrementar los niveles en el consumo de fibra dietética se obtienen mayores riesgos que al disminuir su consumo. Es muy difícil dar recomendaciones de la cantidad que se debe consumir en general ya que esto dependerá de los problemas de salud que presente cada individuo (54).

Los científicos proporcionaron sus recomendaciones de acuerdo a las investigaciones efectuadas (47), como por ejemplo: de acuerdo al lugar donde realizaban los estudios, los problemas de salud que tenían (diabetes, hiperlipidemia, obesidad, problemas coronarios o digestivos etc.) (1), o por que

se considera que es un factor preventivo y terapéutico, dando énfasis en que tipos de alimentos serían los recomendables para cada problema que presentan, como por ejemplo, la Sociedad del Cáncer recomienda frutas vegetales y salvado de cereales (19), para los diabéticos fibra soluble (11), para los problemas digestivos cereales y arroz y así sucesivamente, en la CUADRO 7 se muestran las recomendaciones dadas por varios estudiosos y organizaciones profesionales de acuerdo a sus investigaciones.

La mayoría de los investigadores recomiendan aumentar los niveles de consumo de la fibra dietética soluble, mientras que al mismo tiempo se disminuya el consumo de las calorías especialmente de las derivadas de la grasa saturada.

En suma la cantidad promedio que se determinó con estas relaciones, es que se tenga un consumo aproximado de 30 g/día en una relación de 12 g/1000 kcal, por individuo sin que se requiera de una supervisión médica (71). Con la variedad que ahora se tiene de productos con contenido alto de fibra y la rápida expansión que se ha tenido en dar los datos de la fibra dietética que contienen, los consumidores conscientes de su salud muestran mayor preferencia por alimentos con fibra y gran variabilidad de productos tanto frescos como procesados. Por ejemplo, de los aproximadamente 30 g/día de fibra dietética que se recomiendan, se pueden obtener al ingerir diversos productos como los mostrados en la TABLA 6, a lo que se quiere llegar es a un balance en el consumo de fibra logrando ingerir la misma cantidad de fibra soluble que insoluble (60,100).

CUADRO 7
NIVELES DE CONSUMO DE FIBRA DIETETICA
RECOMENDABLES

| FECHA | CIENTIFICOS U ORGANIZACIONES | CANTIDAD RECOMENDADA | RECOMENDACION |
|-------|--|--|--|
| 1981 | Stephen | 40 g/día | El aumento en la cantidad de fibra fue principalmente para los residentes del Reino Unido |
| 1984 | National Cancer Institute (NCI) | 25 a 35 g/día | Niveles basados en los estudios efectuados sobre el consumo de fibra y cáncer. |
| 1985 | Silman y Marr | 29.2 g/día | Decidieron promover una mejor dieta occidental recomendando el incremento diario de fibra de 21.2 a 29.2 gr |
| 1985 | The Expert Advisory Committee on Dietary Fiber (EACDF) | Aumentar el nivel de 5.8 a 8.8 g/1000 kcal | Obtener beneficios para: 1) Regular la función colónica. 2) Normalizar niveles de lípidos séricos. 3) Atenuar la respuesta glucosa postprandial. 4) Disminuir el apetito |
| 1986 | The National Ad. Committee on Nutrition Education (NACNE) | 30 g/día | Particularmente en áreas gastrointestinales y problemas coronarios. |
| 1987 | The Federation of American Societies of Experimental Biology (FASEB) | 10 a 13 g/1000 kcal | Para mejorar el estado de salud del individuo, utilizándose como un factor preventivo o terapéutico. |
| 1987 | The American Diabetes Association (ADA) | 40 g/día 25 g/1000 kcal | Generalmente para pacientes diabéticos. |
| 1988 | Butrum, Clifford y Lanza | 20 a 30 g/día | Modificaron la cantidad dada por la NCI y recomendando que se consumieran carbohidratos complejos de frutas, verduras y cereales de granos enteros. |
| 1989 | The Nordic Ministers Standing Nordic Committee on Food (NANSNCF) | 12 g/1000 kcal | Se sugirió esta cantidad con el objeto de obtener mayores beneficios de salud. |
| 1990 | Anderson et al La Diabetes Foundation (MCF) | 20 a 35 g/día (10 a 13 g/1000 kcal) 35 a 50 g/día (20 a 25 g/1000 kcal) | Determinaron 2 niveles de consumo: 1) Para el público en general, sugiriendo que la tercera parte sea de fibra soluble. 2) Para individuos que se encuentran bajo supervisión médica con padecimientos como: diabetes, obesidad e hiperlipidemia, y que la fibra consumida sea soluble en una tercera parte. |

FUENTE: Recopilación de varias fuentes: (4,10,13,22,32,54,57,76,93,100,101).

TABLA 6

**BALANCE DE ALIMENTOS QUE CONTIENEN FIBRA
DIETETICA SOLUBLE E INSOLUBLE.**

| | TDF | IDF | SDF |
|--|-----------------|-------------|-------------|
| | Total en gramos | | |
| 2 rebanadas de pan con fibra | 3.5 | 1.0 | 2.5 |
| 1 porción de Salvado con pasas | 5.0 | 4.0 | 1.0 |
| 1 porción de habas | 9.0 | 7.4 | 1.6 |
| 1 papa cocinada | 3.5 | 2.0 | 1.5 |
| 1 porción de col de Bruselas | 2.0 | 1.7 | 0.3 |
| 1 durazno | 2.2 | 1.3 | 0.9 |
| 1 porción de cualquier fruta seca: ciruela, higo o albaricoque. | 7 | 4.5 | 2.5 |
| | 32.2 | 21.9 | 10.3 |

FUENTE: Millians S.R.; (1989).

CAPITULO III. FIBRA DIETETICA EN ALIMENTOS.

3.1.- FUENTES DE FIBRA DIETETICA.

Desde hace algunos años la fibra ha adquirido mas popularidad que otros componentes alimenticios. Se llegó a usar el término "fibra cruda" para designar al residuo no digestible en alimentos (44), para después usar el término fibra dietética para describirla. No existe una correlación entre el contenido de fibra dietética y fibra cruda en los alimentos, ya que la primera puede ser 15.7 veces mas el contenido de la segunda (como en las hojuelas de maíz) o tan pequeño como 1.6 veces (como en las fresas).

El pan blanco es considerado como una fuente pobre en fibra, comparada con el trigo entero, aunque 100 g de pan blanco contienen mas fibra dietética que 100 g de duraznos, lechugas, manzanas, y fresas (98). Con excepción de los granos enteros, los salvados de cereales son probablemente la mejor fuente de fibra los cuales se obtienen durante los procesos de molienda, en donde la fibra es concentrada en el salvado y aprovechado por los técnicos en alimentos en la formulación de productos para proporcionarle altos niveles de fibra (6). anteriormente se creía que esto proporcionaba propiedades negativas al producto en términos de apariencia, textura, y sabor, el objetivo primordial es que los productos a los que se les adiciona salvado son mejores que sus contrapartes bajas en fibra.

Un gran número de ingredientes altos en fibra de diversas fuentes son aprovechados en la tecnología de alimentos para aumentar el contenido ya existente en los alimentos (70).

3.1.1.- ALIMENTOS NATURALES.

Entre los alimentos naturales que tienen fibra se encuentran las frutas, vegetales, cereales y leguminosas (TABLA 7). En esta tabla se presentan las cantidades de fibra dietética de algunos alimentos naturales, donde la TDF varía desde 7.3% para el plátano a 33.97% de las habas verdes. En las verduras el contenido de fibra dietética en promedio, es mas alto que en las leguminosas que, en las frutas. Es importante hacer notar que la cantidad de fibra es mayor en algunos alimentos cocidos, que en los frescos como por ejemplo las lentejas, habas pintas y blancas así como en las manzanas. El contenido de fibra soluble es mas alto en las frutas que en las verduras y leguminosas.

De las frutas, los cítricos presentan fibra soluble concentrada en la cáscara (pectina), generalmente es usada para elaborar mermeladas y ates los cuales requieren de una consistencia especial que la pectina logra proporcionar en estos productos.

La cascarilla del frijol de soya tiene un contenido de fibra cruda de 30% y fibra dietética del 70%. se utiliza como aditivo en alimentos, como los cereales para desayuno u otros alimentos procesados (51).

TABLA 7
CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA EN VERDURAS
LEGUMINOSAS Y FRUTAS

| ALIMENTOS | TDF | TNSP | SNSP | INCP | CELL | LIG | % AGUA |
|--|-------|-------|-------|------|-------|------|--------|
| g/100 g peso seco | | | | | | | |
| VERDURAS | | | | | | | |
| Espárrago enlatado | 32.23 | 27.36 | 5.88 | 7.64 | 14.52 | 4.67 | 92.7 |
| Hemolocha enlatada | 24.27 | 23.17 | 7.5 | 6.95 | 9.22 | 0.6 | 89.3 |
| Brocoli congelada | 38.4 | 29.94 | 13.66 | 6.43 | 8.88 | 1.46 | 85.8 |
| Coli Bruselas cong. | 26.94 | 25.52 | 18.88 | 4.39 | 8.24 | 0.65 | 85.1 |
| Coli Berza fresca | 23.24 | 22.81 | 8.88 | 3.62 | 9.81 | 0.53 | 85.8 |
| Zanahorias frescas | 53.76 | 52.75 | 11.32 | 3.62 | 11.81 | 1.01 | 66.5 |
| Coliflor congelada | 26.7 | 26.86 | 8.92 | 7.19 | 9.55 | 0.64 | 89.4 |
| Raiz enlatado | 9.43 | 8.88 | 4.54 | 3.24 | 2.44 | 0.22 | 89.2 |
| Lechuga congelada | 21.63 | 19.8 | 4.51 | 1.34 | 9.66 | 0.62 | 89.2 |
| Papa fresca | 4.48 | 6.81 | 2.71 | 1.22 | 2.35 | 0.27 | 75.8 |
| Papa dulce en lata | 7.88 | 6.81 | 2.71 | 1.22 | 2.35 | 0.27 | 82.7 |
| Espinaca congelada | 28.73 | 24.65 | 6.56 | 9.42 | 8.86 | 4.1 | 92.4 |
| Tomate fresco | 13.13 | 11.44 | 2.13 | 2.73 | 6.58 | 1.69 | 93.7 |
| LEGUMINOSAS | | | | | | | |
| Barbanco en lata | 18.21 | 9.16 | 1.18 | 5.42 | 2.56 | 1.85 | 65.6 |
| Judías verdes " | 33.97 | 31.42 | 8.13 | 8.13 | 14.66 | 3.24 | 79.3 |
| Judías Kidney " | 28.9 | 17.53 | 5.26 | 6.86 | 5.42 | 3.37 | 76.4 |
| Judías Lima " | 14.4 | 13.59 | 3.75 | 4.35 | 5.49 | 0.81 | 75.3 |
| Judías marinas " | 23.82 | 21.8 | 7.78 | 7.88 | 6.26 | 1.22 | ND |
| Judías pintos " | 19.11 | 15.86 | 4.45 | 5.1 | 6.26 | 3.28 | 73.3 |
| Judías " secos | 24.1 | 21.82 | 7.32 | 6.71 | 8.65 | 1.71 | 71.2 |
| Judías " frescos | 21.8 | 19.6 | 8.15 | 7.72 | 3.73 | 1.58 | 75.6 |
| Judías blancos lata | 28.97 | 19.35 | 6.33 | 6.97 | 6.97 | 1.46 | 73.6 |
| Judías " secos | 18.16 | 17.21 | 3.25 | 6.74 | 3.18 | 0.92 | ND |
| Judías " frescos | 18.31 | 17.27 | 4.24 | 8.6 | 4.14 | 1.84 | 71.6 |
| Lentejas cocinadas | 15.73 | 12.5 | 1.69 | 8.49 | 3.42 | 1.33 | 71.6 |
| Lentejas frescas | 12.71 | 18.61 | 1.38 | 5.14 | 4.15 | 2.1 | 79.9 |
| Chicharos en lata | 11.86 | 8.87 | 1.19 | 3.88 | 4.8 | 2.19 | 62.8 |
| Chicharos verdes " | 21.3 | 20.4 | 3.8 | 4.82 | 12.78 | 6.9 | 82.2 |
| FRUTAS | | | | | | | |
| Haznana fresca | 12.73 | 18.5 | 4.48 | 2.45 | 3.57 | 2.23 | 84.3 |
| Haznana en lata | 13.24 | 12.36 | 3.12 | 5.85 | 4.38 | 6.53 | 81.8 |
| Platanó | 7.34 | 4.15 | 2.14 | 8.86 | 1.83 | 3.22 | 75.9 |
| Uva Florida | 11.8 | 11.38 | 7.24 | 1.91 | 2.23 | 0.42 | 85.3 |
| Naranja Calif. | 11.45 | 11.14 | 6.7 | 1.97 | 4.47 | 0.32 | 89.9 |
| Durazno en lata | 16.8 | 17.86 | 7.6 | 3.72 | 2.18 | 1.74 | 81.7 |
| Pera en lata | 32.18 | 27.24 | 6.89 | 8.48 | 11.67 | 4.94 | 88.6 |
| Pera en lata | 9.34 | 9.33 | 1.22 | 3.9 | 4.21 | 0.21 | 82.7 |
| Ciruela en lata | 22.81 | 19.71 | 5.92 | 3.98 | 5.81 | 3.1 | 98.4 |
| Fibra dietética total (TDF); Polisacáridos no almidones totales (TNSP); Polisacáridos no almidones (SNSP); Polisacáridos no celulósicos insolubles (INCP); Celulosa (CELL); Lignina (LIG). | | | | | | | |

FUENTE: Anderson J.W. y Bridges S.R.; (1988); "Dietary Fiber Content of Selected Foods". Am. J. Clin. Nut. (47): 442 y 443.

La vaina del chícharo, es un producto comercialmente aprovechable que contiene fibra. Su contenido de fibra cruda y dietética es de 36.5 y 45% respectivamente, el producto es de un color verde claro, el cual cambia a blanco crema cuando es usado en el pan. Presenta un ligero sabor y olor característico, compatible con los productos en que se aplica.

3.1.2.- SALVADO DE CEREALES.

El salvado es la capa mas externa de los cereales o sea la cáscara de los granos, la cual es separada durante los procesos de molienda. La Academia Nacional de Ciencias (NAS), citó la necesidad de estandarizar a la fibra para poder efectuar la comparación de esta con las diferentes investigaciones y por el gran interés que han mostrado los investigadores, por lo que la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC) en respuesta a estas inquietudes obtuvo un salvado de composición definida.

Este salvado puede ser de trigo, avena, maíz y arroz los cuales pueden ser utilizados, de acuerdo al producto que se quiera obtener.

SALVADO DE TRIGO. Una fuente de fibra concentrada en harina de salvado de trigo, es disponible como pan de trigo. El salvado puede ser procesado de diferentes formas, contiene generalmente de 7.5 a 12% de fibra cruda. El salvado de trigo blanco tiene un sabor mas suave que el del trigo rojo; el color es una forma de

diferenciarlo entre sí (77). Se ha utilizado como un ingrediente para incrementar el contenido de fibra. Tiene un bajo contenido de fibra soluble en agua, 2.9 % y un alto contenido de celulosa 6.8% (69).

SALVADO DE AVENA. Es un cereal rico en fibra soluble, 14.8%, es apetitoso como cereal caliente y puede ser incorporado en pan, molletes y otros alimentos preparados.

La fibra del salvado de avena al incorporarse en los alimentos permite una reducción de calorías por la capacidad que presenta de absorber agua por ejemplo en el pan, productos de cereales, pasteles, bebidas y sustitutos de carne, disminuyendo los costos de preparación de los productos y resultando un pan mas sabroso, el cual requiere una adición menor de gluten de trigo en el producto, donde el contenido de fibra dietética total llega a ser del 98% (78% insoluble y 20% soluble). Ha recibido gran publicidad como ingrediente o solo como alimento.

SALVADO DE MAIZ. Es un ingrediente relativamente nuevo el cual tiene un contenido de fibra cruda de 12.5 a 13 %. Es ligeramente de color café claro, sabor dulce y tiene un olor a cereal limpio y fresco. Se utiliza para incrementar el contenido de fibra de alimentos procesados, como en algunos cereales para el desayuno, harinas para atoles, etc., aumenta la absorción de agua y grasa y acentúa la textura natural del alimento (7) (83).

SALVADO DE ARROZ. Presenta una coloración ligeramente café, contiene aproximadamente 17% de grasa, es comercialmente aprovechable, tiene un contenido de fibra cruda de 6 a 8%, la cual se extrae durante la molienda del arroz mediante el uso de solventes, proporcionando así estabilidad al salvado al remover los ácidos grasos insaturados y las lipasas (70,98).

Presenta gran capacidad de absorción de agua y grasa y en recientes estudios se ha encontrado que al ser tratado con un 5% de ácido o álcali puede ser adicionado a la harina de trigo para producir un pan aceptable (86).

CELULOSA PURIFICADA. La celulosa purificada o alfa-celulosa es obtenida por la purificación y blanqueo de la pulpa de la madera. Contiene productos que son comercialmente aprovechables como beta-1,4-glucana 90% y 9.5% de hemicelulosas tales como xilan, arabanas, mananas y galactanas (50). Contiene del 70 al 90 % de fibra cruda, dependiendo del tipo de madera que se trate, proceso y granulación. El contenido de fibra cruda generalmente disminuye al reducir el tamaño de partícula. El polvo de celulosa es generalmente blanco inodoro e insípido (5). Por lo que es utilizado en panificación y pastelería para el merengue o dulce gelatinizado que se utiliza para cubrir dichos productos, también en los helados y en alimentos dietéticos por mencionar algunos, ya que es muy variada su aplicación.

3.1.3.- CEREALES PROCESADOS.

HARINAS. Uno de los mas populares caminos para incrementar el contenido de fibra de cereales es preparando el alimento a partir de las harinas de grano entero antes de que todo o parte del salvado tenga que ser removido. Las harinas integrales contienen 2.3 g de fibra cruda, comparada a 0.3 y 3.45 g/100 g respectivamente, en harina blanca. La harina de centeno está disponible como clara, mediana y oscura, con 0.4, 1.0 y 2.4 g de fibra cruda/100 g, respectivamente. El grano entero, harina de arroz oscura tiene un contenido de fibra cruda de 1.5%.

Estos datos se pueden verificar al suministrar harinas de grano entero a los productos alimenticios para obtener especificaciones requeridas.

El enriquecimiento de un harina blanca con harina de grano entero modifica las características del alimento final (sabor, color textura, etc), proponiendo consideraciones para el cambio de ingredientes (43,98).

Existe una gran variedad de alimentos adicionados con fibra dietética, (TABLA 8) algunos como el pan y cereales de desayuno. Se utiliza como un sustituto de grasa en margarinas, para cambiar o mejorar textura en aderezos, yogurt, etc. En esta tabla se explica la cantidad de fibra dietética que contiene cada alimento procesado de acuerdo al peso del mismo, como por ejemplo, 100 g de harina de salvado contiene 44 g de fibra dietética.

TABLA 8
FIBRA DIETETICA EN ALIMENTOS

| ALIMENTO | CANTIDAD | FIBRA POLISACARIDOS NO | | | | |
|----------------|------------|------------------------|------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| | | PESO (g) | DIETETICA (g) | CELULOSICOS (g) | CELULOSA (g) | LIGNINA (g) |
| Harina | | | | | | |
| Salvado | 1 taza | 188 | 44.88 | 32.78 | 8.85 | 2.23 |
| Blanca | 1 taza | 115 | 3.62 | 4.28 | 8.82 | 8.83 |
| Trigo entero | 1 taza | 128 | 11.41 | 7.58 | 2.95 | 8.96 |
| Galletas | | | | | | |
| Jenjibre | 4 pedazos | 28 | 8.56 | 8.41 | 8.88 | 8.87 |
| Avena | 4 galletas | 37 | 2.88 | 1.64 | 8.71 | 8.72 |
| Sencillas | 4 galletas | 46 | 8.88 | 8.66 | 8.85 | 8.86 |
| Pan | | | | | | |
| Blanco | 1 rebanada | 25 | 8.66 | 8.58 | 8.18 | Trazas |
| Trigo entero | 1 rebanada | 25 | 2.13 | 1.49 | 8.33 | 8.31 |
| Cereales | | | | | | |
| All-Bran | 1 onza | 38 | 8.81 | 5.35 | 1.88 | 8.86 |
| Corn Flakes | 1 taza | 35 | 5.75 | 1.82 | 8.51 | 8.52 |
| Granolats | 1/4 taza | 36 | 2.18 | 1.84 | 8.38 | 8.17 |
| Puffed Wheat | 1 taza | 14 | 2.31 | 1.45 | 8.25 | 8.37 |
| Rice Krispies | 1 taza | 36 | 1.34 | 1.84 | 8.25 | 8.87 |
| Shredded Wheat | 1 bizcocho | 35 | 3.87 | 2.28 | 8.66 | 8.71 |
| Special K | 1 taza | 38 | 1.64 | 1.18 | 8.22 | 8.32 |
| Hermelada | | | | | | |
| Fresa | 1 cda | 28 | 8.22 | 8.17 | 8.82 | 8.83 |
| Naranja | 1 cda | 28 | 8.14 | 8.13 | 8.81 | Trazas |
| Cacahuete | 1 onza | 38 | 2.79 | 1.92 | 8.51 | 8.36 |
| Nanteguilla | 1 cda | 16 | 1.21 | 8.98 | 8.31 | Trazas |

FUENTE: Guia del contenido de fibra dietética de algunos alimentos. Adaptados de Southgate, D.A.T. y otros. J. Hum. Nutr. 30:383, 1976, 31 (16), 1978, S187-S118

PAN. El pan blanco generalmente se elabora con harina de trigo la cual es producida a través de la molienda del trigo en donde se le remueve todo el salvado. El mayor contenido de fibra del trigo se encuentra en el salvado, por lo tanto el pan blanco tendrá menos fibra que el pan elaborado a partir del trigo entero. Se tiene un gran número de opciones para incrementar el contenido de fibra.

Existe un gran número de productos a los que se les adiciona fibra como, el pan de trigo y el multigrano, el primero difiere del de trigo entero en que toda la harina es refinada, la cual presenta una mezcla de 60/40 a 40/60 de trigo entero y harina blanca (96).

El pan elaborado con harina de trigo entero es mas oscuro con un sabor mas fuerte y con textura gruesa. Cuando se quiere que el pan tenga alto contenido de fibra se le adiciona celulosa purificada, obteniendose un producto final con gran contenido de humedad, ayudando a satisfacer la demanda de calorías. El procedimiento es mas crítico ya que la masa es menos fuerte porque la celulosa es inerte, baja en grasa y con alto contenido de humedad (77).

CEREALES DEL DESAYUNO. A los cereales se les adiciona fibra dietética además de otros nutrientes al final del proceso, debido a que al efectuar el procesamiento de estos productos, pierden muchas de sus propiedades nutricionales (vitaminas, minerales y fibra, etc.) el salvado de trigo es el que comunmente se adiciona

a estos productos (24). El cambio de dureza, color o sabor dependerá de las características finales requeridas para un producto. Al adicionar la fibra puede ser con un bajo contenido de 2 a 3 g de fibra, un contenido moderado es de 4 a 6 g y a productos con alto contenido se le adicionan de 7 a 9 g de fibra dietética (27,86,98). La TABLA 9 muestra el contenido de fibra dietética en los productos de cereales, donde el contenido de TDF es de 1.2% (de peso en base seca) para RICE KRISPIES a 44% para FIBRA 1. Los productos como el ALL BRAN y el FIBRA 1 son los que mayor contenido de fibra total tienen debido a que así lo requieren, o sea son las características finales que deben cubrir.

3.1.4.- APLICACIONES DE LA FIBRA DIETETICA SOLUBLE.

La fibra dietética puede ser utilizada como aditivo en alimentos y bebidas para darles consistencia; generalmente la fibra soluble es la que se utiliza para estos fines, los mucílagos y gomas vegetales o hidrocoloides (55).

Como aditivo las fibras solubles deben competir con las insolubles, ya sea al adicionarse a los alimentos sólidos, en la elaboración de productos de panificación, en confitería, aunque tienen mayores usos en bebidas y sopas y otros líquidos de viscosidad baja (5).

En una bebida por ejemplo, la fibra insoluble no proporciona un buen sabor, sin embargo, la soluble proporciona un producto excelente, debiendo solo afectar la reología y el sabor de la

TABLA 9
CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA EN
PRODUCTOS DE CEREALES

| ALIMENTO | TDF | TNSP | SNSP | INCP | CELL | LIG | % AGUA |
|-------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|
| g/100 g peso seco | | | | | | | |
| ALL-BRAN | | | | | | | |
| Kellogg Co. | 31.6 | 29.43 | 5.24 | 16.24 | 6.02 | 3.17 | 2.7 |
| Salvado maiz | 85.19 | 82.87 | 1.16 | 5.26 | 28.25 | 2.22 | 4.3 |
| Salvado avena | 13.75 | 14.83 | 1.88 | 2.88 | 8.33 | 0.36 | 3.8 |
| Pan blanco | 3.25 | 3.88 | 1.88 | 1.98 | 1.42 | 0.16 | 3.8 |
| Pan trigo entero | 9.26 | 8.15 | 2.83 | 4.39 | 1.32 | 1.12 | 48.8 |
| HOJUELAS DE MAIZ | | | | | | | |
| Kellogg Co. | 1.65 | 1.86 | 8.48 | 8.81 | 8.18 | 8.59 | 4.4 |
| Graham crackers | 2.47 | 2.22 | 1.42 | 8.89 | 8.18 | 8.19 | 3.3 |
| Saltine crackers | 3.87 | 3.87 | 1.42 | 8.89 | 8.18 | 8.19 | 3.3 |
| Snack crackers | 13.84 | 11.27 | 3.78 | 6.59 | 1.48 | 1.26 | 3.2 |
| FIBRA 1 | | | | | | | |
| General Mills | 44.82 | 48.98 | 3.1 | 28.22 | 9.67 | 3.83 | 3.7 |
| Harina blanca | 2.96 | 3.68 | 1.7 | 5.86 | 8.81 | 8.29 | 3.8 |
| Harina trigo | 12.39 | 11.89 | 2.87 | 6.61 | 2.4 | 1.3 | 11.8 |
| entero | | | | | | | |
| Hojuelas salvado (48%) | 15.88 | 14.25 | 2.79 | 7.63 | 3.83 | 1.63 | 3.5 |
| NUEZ-UVA | | | | | | | |
| General Foods | 18.41 | 9.76 | 3.87 | 3.43 | 3.27 | 8.65 | 3.1 |
| Polvo | 2.41 | 2.84 | 8.41 | 1.22 | 8.81 | 8.29 | 8.8 |
| Macarroni | 3.37 | 3.87 | 1.81 | 1.89 | 8.17 | 8.33 | 18.4 |
| Hojuelas de avena | 18.51 | 9.47 | 5.43 | 3.3 | 8.74 | 1.84 | 9.2 |
| PRODUCTO 19 | | | | | | | |
| Kellogg Co. | 4.47 | 3.87 | 1.88 | 1.37 | 1.41 | 8.6 | 2.8 |
| Arroz inflado | 1.4 | 1.19 | 8.41 | 8.27 | 8.31 | 8.21 | 8.2 |
| Trigo inflado | 1.2 | 4.88 | 3.4 | 1.34 | 1.24 | 8.32 | 8.2 |
| Arroz café | ND | 8.89 | 1.37 | 1.37 | 8.61 | ND | 2.1 |
| Arroz blanco | ND | 1.4 | 8.92 | 8.29 | 8.19 | ND | 2.8 |
| RICE KRISPIES | | | | | | | |
| Kellogg Co. | 1.21 | 8.81 | 8.32 | 8.32 | 8.16 | 8.4 | 1.3 |
| Espagueti blanco | ND | 4.47 | 1.88 | 1.41 | 8.23 | ND | 2.3 |
| Espagueti trigo entero | 18.36 | 9.54 | 1.88 | 5.42 | 2.27 | 8.82 | 8.8 |

Fibra dietética total (TDF); Polisacáridos no almidones totales (TNS); Polisacáridos no almidones solubles (SNSP); Polisacáridos no celulósicos insolubles (INCP); Celulosa (CELL); y Lignina (LIG).

FUENTE: Anderson, J.W., y colaboradores; (1988); "Dietary Fiber Content of Selected Foods". Am. J. Clin. Nut. (47): 441.

bebida, por lo que la fibra soluble, debe ser extremadamente baja en viscosidad, inodora y sin sabor, además de que debe producir soluciones claras.

CLASIFICACION DE ACUERDO A SU FUENTE. Las gomas se encuentran presentes en todos los alimentos naturales y son responsables de las propiedades de textura y estructura de la planta. Como ya se ha visto las fibras pueden ser clasificadas de varias formas, en este caso se efectúa de acuerdo a su fuente, ver TABLA 10, como por ejemplo, exudados de arboles o plantas, donde las gomas naturales se encuentran asociadas a la pared celular de las plantas (goma arábiga, tragacanto, karaya y ghatti) estos exudados viscosos al ser expuestos al aire se secan quedando masas cristalinas de formas esféricas o de gota (arabiga) a curvadas como tiras trenzadas (tragacanto), en forma de extractos como: el agar, alginato, carragenina (extractos de algas) en estas algas los polímeros estructurales son más flexibles, y pectina (extracto de cáscara de cítricos). Las denominadas harinas son las que provienen de las semillas de las leguminosas, como la goma guar y algarrobo, biosintéticas como la goma xantana obtenida por la fermentación de la sucrosa con la utilización de glucosa (azúcar del maíz) como medio fermentativo, entre las semisintéticas se encuentra la carboximetilcelulosa y las sintéticas, las cuales se preparan por derivación de un material purificado como la celulosa.

TABLA 10
CLASIFICACION DE FIBRA DIETETICA
SOLUBLE

| |
|-----------------------------|
| EXUDADOS |
| Goma arabiga |
| Goma tragacanto |
| Goma karaya |
| Goma gatti |
| EXTRACTOS |
| Agar |
| Alginato |
| Pectina |
| Carragenina |
| HARINAS |
| Goma guar |
| Goma algarrobo |
| BIOSINTETICAS |
| Goma xantana |
| SEMISINTETICOS |
| Carboximetilcelulosa (CMC) |
| Metilcelulosa |
| Hidroxipropil metilcelulosa |
| SINTETICOS |
| Polivinilpirrolidona |
| Polimeros de: |
| Oxido polietileno |
| Ac. acrilico |
| polietilenglicol |

TABLA 11
CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA DE GOMAS
VEGETALES

| GOMA | CONTENIDO DE FIBRA (%) | |
|-----------------|------------------------|---------|
| | CRUDA | SOLUBLE |
| GOMA ARABIGA | 0.1 | 94.25 |
| GOMA GUAR | 1.0 | 91.0 |
| GOMA ALGARROBO | 0.5 | 90.3 |
| GOMA TRAGACANTO | 1.0 | 91.2 |
| AGAR | 0.1 | 85.0 |
| CARRAGEVINA | 0.1 | 70.0 |
| ALGINATO | 0.1 | 80.0 |

FUENTE: Andon S.R. (1987); "Applications of Soluble Dietary Fiber"; Food Technol.: 41 (1): 75.
 Tabla 1,2,3,4.

CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA DE DIVERSAS FUENTES. El contenido de fibra dietética de las gomas vegetales es variable y esto se puede ver en la TABLA 11, por ejemplo la goma arábica presenta mayor fibra soluble que la carragenina, lo cual determinará su funcionalidad al adicionarlo a determinados productos, en este caso se utiliza en alimentos líquidos. Es alta en fibra, baja en viscosidad, insípida e inodora (5).

FUNCIONALIDAD DE FIBRA DIETETICA SOLUBLE EN ALIMENTOS. La principal funcionalidad en alimentos de las fibras solubles es la de impartir viscosidad en dispersiones acuosas y desarrollar propiedades funcionales como estabilizantes, emulsificantes, encapsulantes y agentes de batido. Para el fenómeno de espesamiento es necesario conocer las propiedades de flujo de los polisacáridos ver CUADRO 8.

ADICION DE FIBRA DIETETICA EN ALIMENTOS. La segunda área de aplicación de la fibra soluble es utilizarla como un agente espesante, en lugar de almidones, harina, azúcar grasas y aceites. El reemplazo del almidón por una fibra soluble, no solo incrementa el contenido de fibra, sino que proporciona una disminución del contenido calórico del alimento.

La goma arábica y la carboximetil celulosa (CMC) (50), son las que presentan propiedades ideales para la adición en productos alimenticios, al producir soluciones claras. La primera es un aditivo excelente para los alimentos líquidos, tiene alto

CUADRO 8
FUNCIONALIDAD DE FIBRA DIETETICA SOLUBLE
EN ALIMENTOS.

| Función | Uso en alimentos |
|-----------------------------|--|
| Adhesivo | Glaseados, Helados |
| Agente ligante | Comida para mascotas |
| Agente de cuerpo | Bebidas dietéticas |
| Inhibidor de cristalización | Helado, jarabe de azúcar Alimentos congelados |
| Agente clarificante | Vino, cerveza |
| Agente enturbiantes | Bebidas de fruta |
| Agente de cubierta | Confituras |
| Emulsificante | Aderezos para ensalada |
| Agente encapsulante | Sabores en polvo |
| Reemplazador de grasa | Panificación helados |
| Fibra dietética | Cereales, bebidas |
| Formador de película | Embutidos, cubiertas protectoras |
| Agente floculante | Vinos |
| Estabilizador de espumas | Merengues, betunes |
| Agente gelificante | Pudines, postres |
| Agente fluidizante | Alimentos dietéticos |
| Agente espesante | Salsas, helado de pay |

FUENTE: Glickman M.; (1991); "Hidrocolloids and the Search for the Oil Graft"; Fd. Technol.; 45 (10):97

contenido de fibra, muy baja viscosidad, es inodora y sin sabor, además de que es un aditivo natural.

La única desventaja de la CMC con la goma arábiga es que no es un ingrediente natural, aún así esta puede ser utilizada sola o en unión con la goma arábiga (TABLA 12), en la cual se muestra que después de adicionar 3 g de fibra a la bebida se notara un cambio perceptible en lo que se refiere al sabor, para comprobar esto, los investigadores efectuaron pruebas de panel del producto, encontrándose mayor aceptación del consumidor con el uso de las gomas (5).

Las gomas que reemplazan al almidón usualmente son la guar (TABLA 13) y la caroba, utilizándose una parte de goma por diez de almidón. En la tabla 13 se muestra la cantidad de goma que debe adicionarse para obtener el producto requerido como en el caso del pan que se utilizan 2.5 g, donde la sustitución de harina además de producir beneficios al productor porque los costos de producción son menores, ocasionan beneficios al consumidor fisiológicamente. También se pueden usar combinaciones con guar y CMC, reduciendo aún más la cantidad de almidón.

Además es posible reducir los niveles de harina en ingredientes de panadería sin afectar el producto terminado. En productos tales como pasteles, pan, masas, y pan de dulce, se reemplaza la harina por goma guar en una base de 1:1.

En almíbares se utilizan para reemplazar la consistencia perdida cuando el azúcar es sustraída de la fórmula. Las cantidades de fibra utilizada en el reemplazo del azúcar es en

UTILIZACION DE LA FIBRA DIETETICA COMO ADITIVO.

TABLA 12

| CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA DE PRODUCTOS CON ADICION DE GOMA ARABICA | | |
|--|----------------------------------|---|
| PRODUCTO | NIVELES DE USO DE GOMA (%) | CANTIDAD DE ADICION DE FIBRA (g/8 oz) |
| Té helado | 1.5 | 3 |
| Bebida de fresa | 1.4 | 2.85 |
| Bebida de naranja | 1.5 | 3 |
| Sopa de pollo | 1.6 | 2.6 |
| Sopa de seta | 1.6 | 2.6 |
| Sopa de tallarín con pollo | 2.5 | 4 |

TABLA 13

| CONTENIDO DE FIBRA DIETETICA DE PRODUCTOS CON ADICION DE GOMA GUAR | | |
|---|----------------------------------|--|
| PRODUCTO | NIVELES DE USO DE GOMA (%) | CANTIDAD DE ADICION DE FIBRA (g/100 g) |
| Conserva de manzana | 3.8 | 2.5 |
| Pan | 3.8 | 2.5 |
| Pastel combinado | 5.5 | 4.8 |
| Bisquet | 10.35 | 9.5 |
| Pudín de chocolate | 3.53 | 3.5 |

FUENTE: (TABLA 12 Y 13): Andon S.A. (1987); "Applications of Soluble Dietary Fiber"; Fd. Technol., 41 (1): 75.

función de la viscosidad de la fibra y de la proporción existente entre el costo/beneficio.

Las grasas y aceites no solamente proporcionan textura a los alimentos como en aderezos, helados y salsas sino que además les da consistencia. Es posible lograr la eliminación de las grasas y aceites sin alterar la integridad original del producto, esto es posible al bajar sus niveles reemplazandolos con la fibra soluble (47.48;50).

3.2.- METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE FIBRA DIETETICA.

El contenido de fibra de un alimento generalmente se ha determinado por el procedimiento de "fibra cruda" de la AOAC (AOAC 7.071, 14ava edición). Este método analítico mide los residuos materiales de la planta después de una extracción por solventes, seguida de una digestión con ácido diluido y álcali y posteriormente por una corrección de minerales. Este procedimiento es inapropiado para la medición de la fibra dietética soluble porque las hemicelulosas, sustancias pécticas, y gomas son solubilizadas y descargadas en el procedimiento, solamente algunas de las celulosas y ligninas se pueden medir.

La habilidad de diversos detergentes para solubilizar grasas, compuestos que contienen nitrógeno, azúcares simples y algunos almidones bajo condiciones relativamente ligeras, formó las bases para los métodos detergente-ácido y detergente- neutro

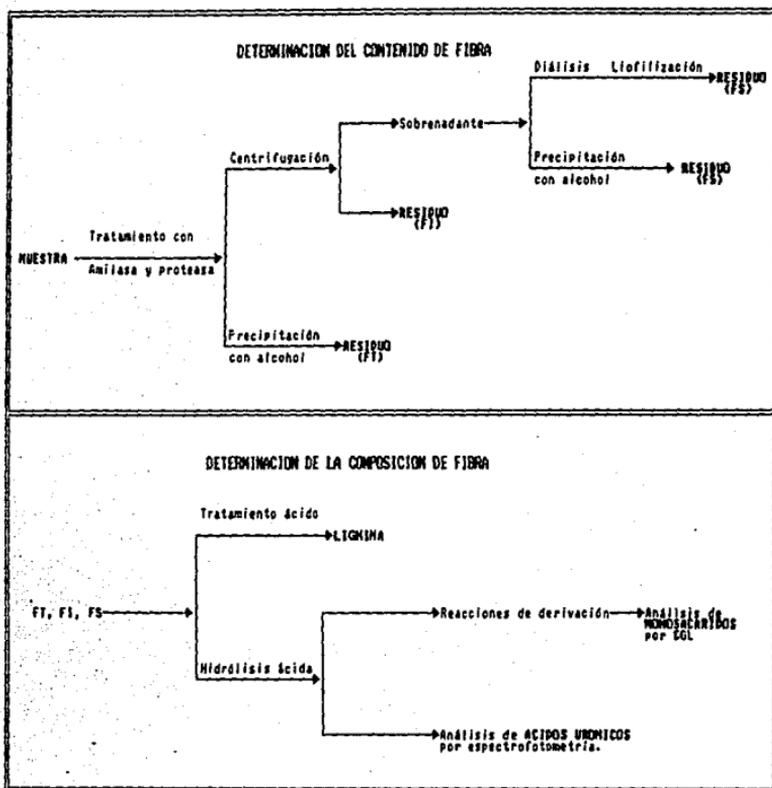
(van Soest, 1963 y Goering; van Soest, 1970), pero aún estos métodos son inapropiados para la fibra soluble.

Para la determinación de la fibra soluble se requiere del uso de enzimas para hidrolizar al almidón y proteína seguida por una separación de los productos hidrolizados. El desarrollo de estos métodos ha sido revisado y discutido por diversos investigadores (Southgate 1976; James and Theander, 1981; Southgate y Van Soest 1978; Monte y Vaughan 1982; Halvarson y Alstin, 1984; Englyst y Cummings 1984; Theander y Westerlund, 1986).

El análisis para la fibra soluble puede ser dividido en seis partes: simple pretatamiento, extracción, tratamiento enzimático, separación, análisis por composición de monosacárido y determinación del contenido de ácido urónico. En suma no todas las partes son usadas en todos los procedimientos, y no necesariamente siguen esta secuencia (87,96).

La metodología para su determinación tomó muchos años, primeramente por lo difícil que ha sido definirla, parte de esta complicación es porque la fibra no es una sustancia simple, sino, una mezcla de sustancias orgánicas complejas, en el DIAGRAMA 4 se muestra el esquema simplificado de la metodología para el análisis de la fibra (97). La cantidad de la fibra dietética en los alimentos fué el primer paso para identificar la cantidad de fibra en la dieta y los efectos físicos y fisiológicos incluyen las interacciones con otros nutrientes, pudiendo ser valorados. Los métodos para la determinación de fibra dietética se dividen en: (1) gravimétricos y (2) colorimétricos.

DIAGRAMA 4
ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA METODOLOGIA PARA ANALISIS DE FIBRA DIETETICA



-FS, Fibra soluble; FI, Fibra insoluble; FT, Fibra Total.

FUENTE: Calisto F.S. y Bonj J. (1987); "Valoración de la idoneidad de Fibras Alimentarias. Nuevos Aspectos a considerar"; Revista Alimentaria (12): 20.

2.1.- CLASIFICACION DE LOS METODOS.

3.2.1.- METODOS GRAVIMETRICOS.

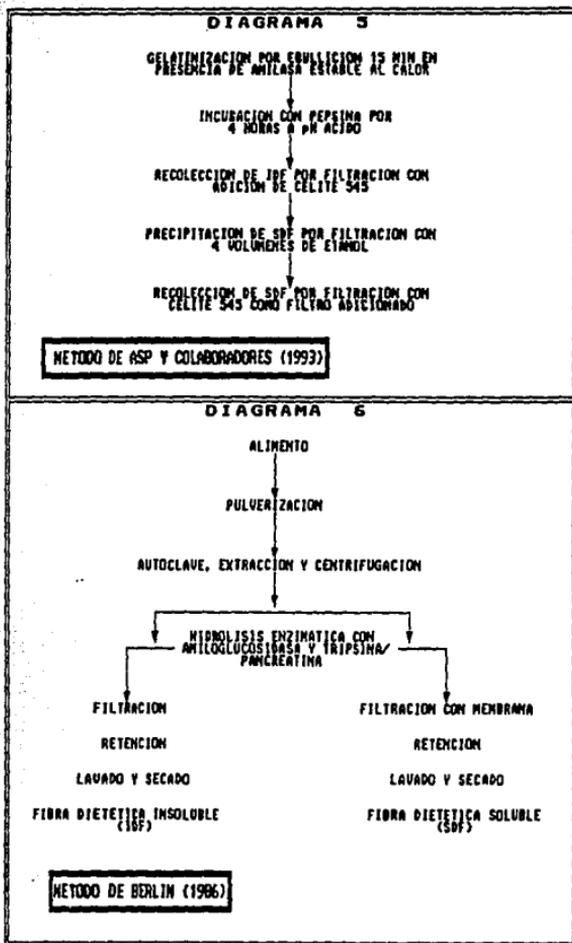
En estos métodos gravimétricos la estimación del peso de los residuos se efectúa por medio de una diferencia de peso, la cual se realiza después de una solubilización química o enzimática de los componentes no fibrosos. Puede ser usado para aislar varias fracciones.

METODO DE GOERING Y VAN SOEST (1980).

Se le ha llamado al método fibra detergente neutro (NDF). A la materia exenta de humedad y grasa se le trata con un detergente aniónico en medio neutro, con una solución buffer de fosfato y EDTA, que solubiliza proteínas manteniendo inalteradas la celulosa, hemicelulosas y lignina, mientras que las pectinas son extraídas por el EDTA. Produce datos erróneos en los resultados de fibra.

Se efectuó una modificación en este método por la American Association of Cereal Chemists (AACC 32-20) tratando el residuo de NDF con alfa-amilasa por 500 ml de solución buffer de fosfato en las fibras insolubles, seguido de un lavado para la remoción del almidón, con esto se resolvió el problema de la filtración (AACC Method 32-20) método de la AOAC 1980 (65.66.77).

**ENSAYO ENZIMATICO DE FIBRA DIETETICA
SOLUBLE E INSOLUBLE**



FUENTE: Olson A. y colaboradores: (198). "Chemistry and Analysis of Soluble Dietary Fiber"; Fd. Technol. (2): 71-88.

METODO DE ASP. N.G., Y COLABORADORES (1983).

Efectúan la determinación de las fibras dietéticas solubles e insolubles, por una solubilización enzimática, donde la gelatinización por temperatura se hace en presencia de alfa-amilasa, e incubación con pepsina a pH 1.5 por una hora y pancreatina a pH neutro. La fibra insoluble es filtrada y los componentes solubles son recobrados por precipitación con etanol y por filtración (DIAGRAMA 5).

Prácticamente todo el almidón es solubilizado, y los componentes de la fibra pueden ser determinados, por corrección por proteína indigestible (Kjeldahl) y cenizas (ignición a 525 C. 24 hrs) (7,8,9). La necesidad de tener un método simple para determinar el contenido total de la fibra dietética fué la preocupación de Prosky y colaboradores 1985-1988, obteniéndose un nuevo procedimiento (TDF) para evaluar el contenido de fibra soluble e insoluble de los alimentos, con la remoción enzimática de la proteína y almidón de una alimento por extracción de grasa. El residuo es corregido por humedad y contenido de proteína, donde la fibra es determinada gravimétricamente (29.73.80).

METODO BERLIN (1986).

Otro método gravimétrico es la versión modificada propuesta por Thomas y Elchaly en 1986, llamado método de Berlin. Este método presenta un esquema analítico para la fibra soluble e insoluble. El procedimiento es calentar la solución en autoclave, hacer la extracción y posteriormente centrifugar.

La centrifugación y extracción son hidrolizadas con amiloglucosidasa y tripsina/pancreática respectivamente. La fibra soluble se determina después de que los componentes micro y macromoleculares son separados por ultrafiltración. Después de una hidrólisis enzimática de los polímeros de glucosa, proteínas y otras componentes macromoleculares, la sustancia retenida fue determinada gravimétricamente como fibra soluble (67). (DIAGRAMA 6). Este método determina el contenido de fibra en panes, vegetales, leguminosas y frutas dando resultados comparables al método de Asp (1983).

MODIFICACION AL METODO DE LA AOAC POR LEE (1990)

La modificación que hizo de los métodos de la AACC32-05 y 32-21 (métodos propuestos por la AOAC para TDF y para SDF e IDF respectivamente) fue reemplazar la solución buffer de MES-TRIS con pH 8.2 con una solución buffer de fosfato con un pH de 6.0, por lo tanto la acción de la proteasa es eliminada, se disminuye el volumen de la reacción de la mezcla, obteniéndose una reducción en el volumen total de filtración y una pregelatinización, con todo esto se obtuvieron resultados más precisos de la fibra dietética total (56,71).

3.2.2.- METODOS COLORIMETRICOS.

La determinación de los azúcares presentes en los componentes de la fibra soluble e insoluble se fraccionan con condiciones de extracción seguida de una hidrólisis para ser cuantificados por colorimetría, en forma total o individual.

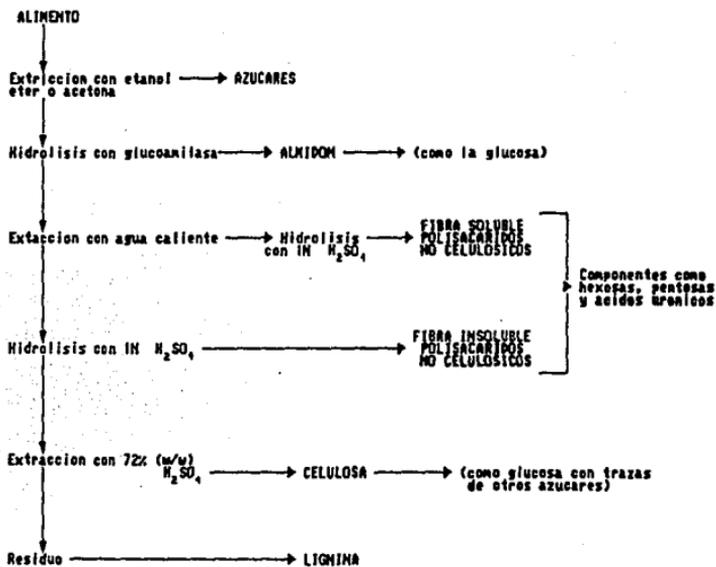
METODO SOUTHGATE (1978).

Southgate en 1969 fue el primero en fraccionar un alimento en sus componentes, soluble e insoluble, polisacáridos no celulósicos (NCP), celulosa y lignina. Primero efectuó una extracción con metanol para lograr la liberación de azúcares, acetona para remover la grasa y una porción del alimento se trató con amilasa.

La fracción de SDF es precipitada con etanol. El residuo de almidón libre de la TDF es fraccionada en soluble e insoluble. Ambas fracciones son hidrolizadas con ácido y cada fracción es medida. El residuo remanente se mide por lignina (60) y los monosacáridos son medidos por diferentes métodos. El residuo insoluble de la lignina es oxidado, y se determina por diferencia de peso del residuo durante este proceso (DIAGRAMA 7).

El método usual para medir el ácido urónico es con el de Blumenkrantz y Asboe-Hansen (1973), el cual se adiciona a un ácido diluido y el producto final es leído en un espectrofotómetro.

DIAGRAMA 7



METODO SOUTHGATE (1978)

FUENTE: Olson A. y colaboradores; (1987), (2): 71-88.

METODO ANDERSON Y CLYDESDALE (1980).

Este método incluye dos extracciones tanto en frío como en caliente. EL extracto con agua fría se calienta a 90 °C por 5 min y se centrifuga para remover proteínas. Los polisacáridos fueron precipitados con alcohol, recolectados por centrifugación y analizados por azúcares ácidos y neutros. El extracto con agua caliente es tratado con pancreatina para solubilizar el almidón; los polisacáridos son precipitados, recolectados y analizados de la misma manera.

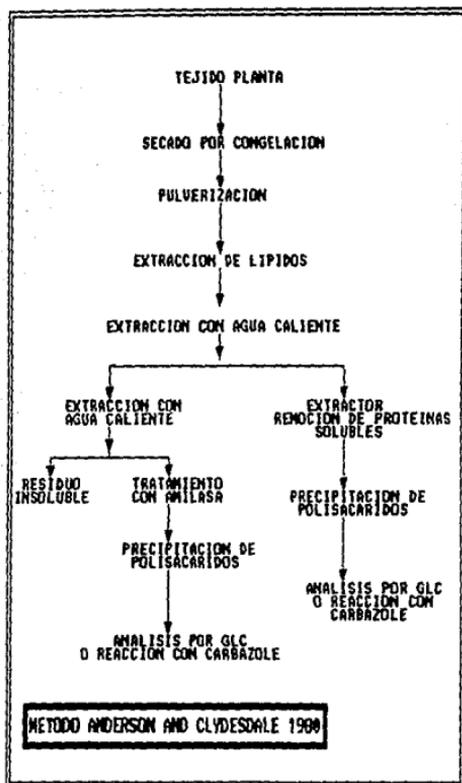
La suma de los polisacáridos precipitados obtenidos por las dos extracciones, se considera que es el contenido de la fibra dietética soluble. Esta metodología provee un residuo y un perfil de la mayoría de los componentes que pueden ser usados para comparar la composición de la fibra dietética de varios alimentos (DIAGRAMA 8). (4.67).

El contenido de las unidades monoméricas de algunos alimentos se muestran en la TABLA 14, se determinaron por el método de Anderson el cual en pasos intermedios aplica varios métodos, por ejemplo; para efectuar la gelatinización incluye la adición de la solución buffer de acetato a pH 5.2 como lo describe Englist y Cummings. A las Hojuelas de maíz y los plátanos les adiciona DMSO y alfa-amilasa para obtener los remanentes no-almidones. La determinación del ácido urónico se efectuó por un método colorimétrico.

La glucosa predomina en la fracción soluble de los productos de avena (rica en beta-glucana), así como el arroz y el maíz. Las

METODO ANALITICO DE LA AOAC PARA FIBRA DIETETICA TOTAL, SOLUBLE E INSOLUBLE.

DIAGRAMA 8



FUENTE: Anderson J.W. and Bridges J.R.; (1988); "Dietary Fiber Content of Selected Foods"; Am. J. Clin. Nutr.; (47): 448-447.

TABLA 14

COMPONENTES DE LA FIBRA DIETETICA SOLUBLE E
INSOLUBLE EN LOS ALIMENTOS.
(Unidades monomericas)

| | FIBRA SOLUBLE | | | | | FIBRA INSOLUBLE (MCP) | | | | | |
|----------------------|---------------|-----|---------|-------|-----|-----------------------|----------|---------|---------|----|-----------------|
| | PENTOSAS | | HEXOSAS | | | ACIDOS UROMICOS | PENTOSAS | | HEXOSAS | | ACIDOS UROMICOS |
| | ARA | XYL | GLUCOSA | OTRAS | ARA | | XYL | GLUCOSA | OTRAS | | |
| | X | | | | | X | | | | | |
| CEREALES | | | | | | | | | | | |
| All bran | 24 | 44 | 27 | 4 | 3 | 54 | | | | 3 | |
| Corn bran | 27 | 23 | 19 | | | 24 | | | | | |
| Wheat bran | 45 | 23 | 19 | | 2 | 20 | | | | | |
| Pan blanco | 38 | 36 | 14 | | | 30 | | | | | |
| Pan trigo entero | 29 | 34 | 29 | | | 31 | | | | | |
| Hojuelas maíz | 31 | 40 | 16 | | | 41 | | | | 13 | |
| Wheat crackers | 34 | 37 | 12 | | | 35 | | | | 6 | |
| Saltine crackers | 31 | 42 | 14 | | | 41 | | | | 10 | |
| Snack crackers | 55 | 34 | 11 | | | 44 | | | | 6 | |
| Fibra 1 | 58 | 34 | 11 | | | 54 | | | | 6 | |
| Harina blanca | 6 | 36 | 19 | | | 37 | | | | 4 | |
| Harina trigo entero | 27 | 31 | 22 | | | 44 | | | | 4 | |
| Hojuelas salvado 48x | 27 | 32 | 27 | | | 33 | | | | 4 | |
| Spagueti | 38 | 35 | 27 | | | 49 | | | | 4 | |
| Racarroni | 38 | 38 | 11 | | | 44 | | | | 7 | |
| Hojuelas de avena | 11 | 11 | 87 | | | 32 | | | | 7 | |
| Producto 19 | 19 | 13 | 29 | | | 33 | | | | 11 | |
| Arroz inflado | 19 | 48 | 19 | | | 44 | | | | 9 | |
| Trigo inflado | 26 | 48 | 19 | | | 44 | | | | 9 | |
| Arroz cafe | 26 | 48 | 19 | | | 44 | | | | 9 | |
| Arroz blanco | 26 | 48 | 19 | | | 44 | | | | 9 | |
| Rice Krispies | 33 | 33 | 11 | | | 33 | | | | 11 | |
| Spagueti | 32 | 33 | 11 | | | 33 | | | | 6 | |
| Special K | 13 | 33 | 11 | | | 33 | | | | 6 | |
| Wheaties | 27 | 46 | 28 | | | 38 | | | | 6 | |
| VERDURAS | | | | | | | | | | | |
| Esparpagos | 18 | 4 | 2 | 41 | 34 | 17 | 36 | 4 | 21 | 13 | |
| Lamiolacta | 41 | 1 | 2 | 16 | 29 | 51 | 14 | 2 | 24 | 18 | |
| Brocoli | 23 | 1 | 2 | 16 | 29 | 51 | 14 | 2 | 24 | 18 | |
| Col Bruselas | 22 | 2 | 2 | 22 | 22 | 44 | 11 | 2 | 13 | 13 | |
| Col berza | 14 | 1 | 1 | 14 | 14 | 28 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| Manaharia | 14 | 1 | 1 | 14 | 14 | 28 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| Coliflor | 20 | 2 | 2 | 22 | 22 | 44 | 11 | 2 | 13 | 13 | |
| Maiz | 16 | 16 | 5 | 4 | 28 | 32 | 42 | 3 | 36 | 18 | |
| Lechuga | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Papa | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | |
| Papa dulce | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Spinaca | 15 | 1 | 1 | 15 | 15 | 30 | 7 | 1 | 7 | 7 | |
| Julpa | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Tomate | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 14 | 4 | 4 | 39 | 32 | |
| LEGUMINOSAS | | | | | | | | | | | |
| Arbance | 44 | 1 | 26 | 13 | 15 | 68 | 6 | 5 | 12 | 17 | |
| Judía verde | 15 | 2 | 26 | 11 | 20 | 16 | 11 | 4 | 25 | 25 | |
| Judía Kidney | 43 | 16 | 18 | 12 | 17 | 18 | 18 | 4 | 21 | 19 | |
| Judía Lima | 49 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | |
| Judía marina | 41 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Judía pinto enlatada | 41 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Judía pinto cocinada | 37 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | |
| Judía blanca | 41 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| Judía blanca fresca | 38 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Lentejas cocinadas | 35 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |
| Lentejas frescas | 21 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Judías negras | 45 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| Judías verdes | 54 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | |
| FRUTAS | | | | | | | | | | | |
| Manzana | 19 | 2 | 2 | 8 | 28 | 27 | 21 | 4 | 31 | 17 | |
| Platano | 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Pera | 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Naranja | 16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Purazno | 23 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Pera | 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Uva | 18 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Ciruela | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | |

FUENTE: Anderson J.W. y Bridges J.R.; (1980); "Dietary Fiber Content of Selected Foods". Am. J. Clin. Nut. (47): 444-445.

pentosas es el mayor componente de los cereales. En los vegetales el ácido urónico es el que más predomina de las fracciones solubles. En las leguminosas, la arabinosa es el principal componente de las fracciones solubles e insolubles. Las frutas presentan una gran cantidad de unidades monoméricas, en la fracción insoluble con predominación del ácido urónico y en la fracción soluble, reflejando el contenido de pectina.

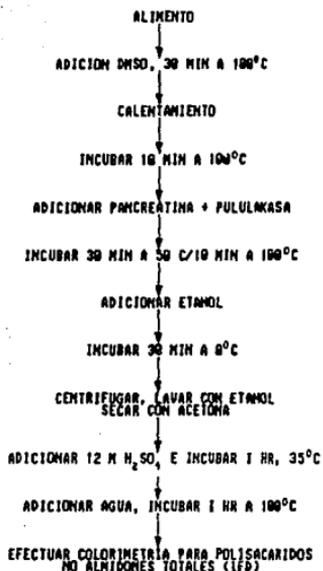
METODO ENGLIST Y CUMMINGS (1982).

Efectuaron una modificación al método de Cromatografía de Gases (GLC) para medir la NSP total o la insoluble NSP y los azúcares pueden ser medidos por colorimetría, donde la NSP soluble es calculada simplemente como, la NSP total menos la NSP insoluble. en este procedimiento se utiliza la adición de una solución de DMSO para solubilizar el almidón resistente. Con lo cual terminan removiendo todo el almidón, excepto el almidón resistente. (DIAGRAMA 9) (33). Este almidón es digerido en vivo, pero es totalmente recuperado en afluentes ileostómicas. Es fermentado en el colon como otros polisacáridos fibrosos, por lo que este debería ser incluida en la fibra dietética (10).

Como consecuencia de estos estudios Englist y Cummings dan dos razones por las que no se incluyó el almidón resistente como fibra dietética.

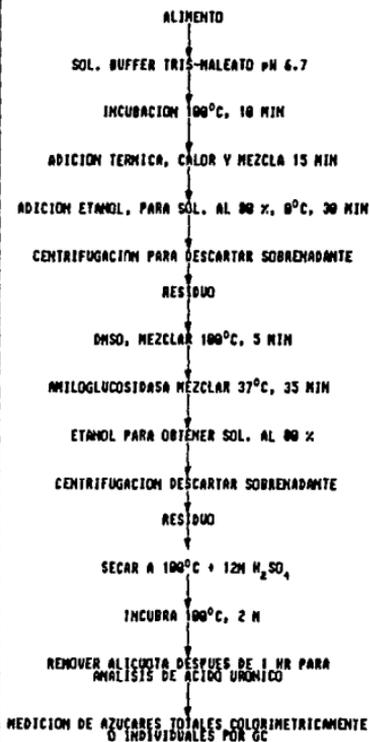
- Las Industrias Alimentarias podrían producir alimentos con alto contenido de almidón resistente, para incrementar los valores de la fibra.

DIAGRAMA 9



METODO ENGLYST Y CUMMINGS (1982)

DIAGRAMA 10



METODO FAULKS AND TIMM (1964)

FUENTE: Prosky L. and Devries J.W. (1992).

- Los contenidos de fibra de los alimentos varían durante los procesos, por lo que la fibra dietética tiene que ser adicionada haciendo que las tablas de composición de los alimentos sean más complejas.

El almidón resistente puede ser determinado en residuos gravimétricos obtenidos en los métodos de Asp (9) o AOAC. los procesamientos originan cambios en el contenido de muchos nutrientes (vitaminas) incluyendo a la fibra, y al almidón resistente.

Afluentes ileostómicas.- Soluciones del ileon (porción del intestino delgado).

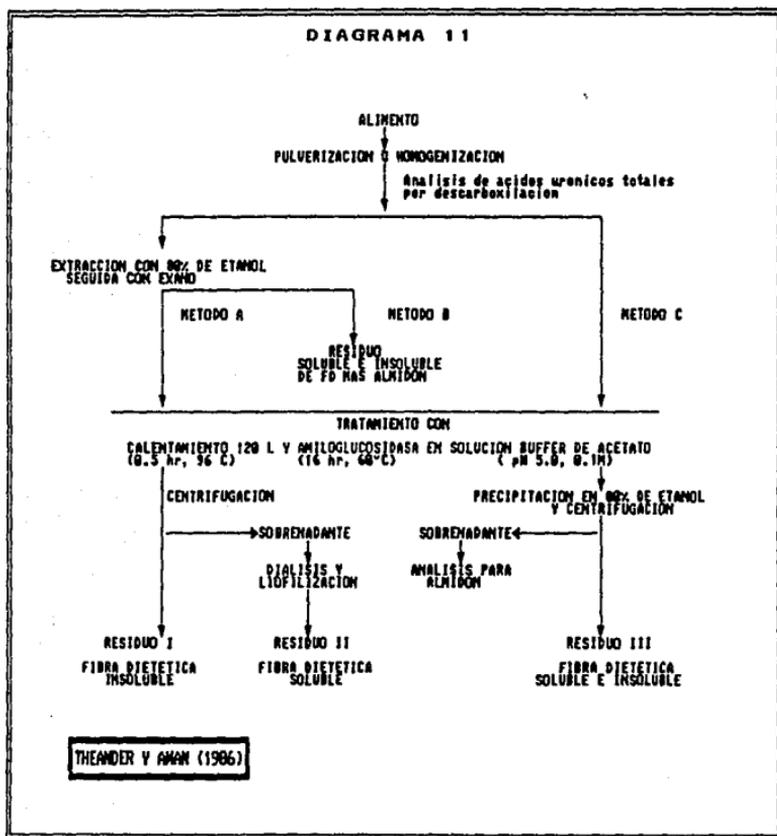
METODO DE FAULKS Y TIMM (1984).

Este método incorporó un gran número de ideas de otros métodos, efectuando una remoción de la mayor parte del almidón del material gelatinizado, usando temperatura de 100 °C por 15 minutos, se le agrega etanol se centrifuga y para hidrolizar al almidón resistente se le adiciona DMSO y las dextrinas residuales con ácido sulfúrico, posteriormente se miden los azúcares totales colorimétricamente y los azúcares individuales por Cromatografía de gases (GC), ver DIAGRAMA 10, (67).

METODO DE THEANDER Y AMAN (1986).

El método de Theander y Aman fue un método directo y rápido que se basó en la descarboxilación de las fracciones de fibra con ácido hidroiódico (DIAGRAMA 11), (67).

DIAGRAMA 11



FUENTE: Olson A. y colaboradores; (1987), (2): 71-88.

En la TABLA 15 se muestra la comparación de los valores de fibra dietética en varios alimentos propuesta por tres investigadores, muchos de los valores difieren debido a la forma de aplicación de los métodos y los alimentos analizados, por ejemplo: los cereales ingleses como el Todo Salvado (analizados por Englist) difiere en cantidades y tipos de ingredientes de los salvados americanos (analizados por Anderson). Los valores de Southgate son mas altos debido al contenido de almidón resistente de los alimentos (5). En la TABLA 16 se muestran varios métodos para la determinación de fibra dietética para diversos alimentos en donde se encontró el valor medio.

TABLA 15
COMPARACION DE VALORES DE FIBRA DIETETICA
REPORTADOS POR TRES INVESTIGADORES.

| ALIMENTO | NSP ⁿ TOTAL | | | NSP SOLUBLE | |
|---------------------------|------------------------|---------|----------|-------------|---------|
| | ANDERSON | ENGLYST | SOUTGATE | ANDERSON | ENGLYST |
| | g/100g | | | g/100g | |
| SALVADO (CEREAL) | 20.43 | 23.0 | 23.0 | 5.24 | 3.94 |
| MANZANA | 10.50 | 14.7 | 9.07 | 4.40 | 5.3 |
| JUDIAS VERDES | 31.42 | 32.2 | 35.7 | 0.13 | - |
| PAN BLANCO | 3.00 | 2.63 | 4.32 | 1.50 | 1.91 |
| PAN DE TRIGO ENTERO | 0.15 | 9.91 | 0.30 | 2.03 | 2.67 |
| BROCOLI | 20.94 | - | 32.37 | 13.60 | - |
| COL DE BRUSELAS | 26.32 | 20.0 | 16.61 | 10.9 | - |
| COL BERZA | 22.41 | 27.6 | 24.39 | 0.7 | 13.5 |
| ZANAHORIA | 22.75 | 23.4 | 27.4 | 11.32 | 11.1 |
| COLIFLOR | 26.06 | 27.0 | 10.75 | 0.9 | 9.9 |
| HOJUELAS MAIZ | 1.06 | 0.65 | 9.60 | 0.40 | 0.10 |
| HARINA BLANCA | 3.60 | 3.20 | 3.12 | 1.70 | 1.96 |
| HARINA DE TRIGO ENTERO | 11.09 | 10.3 | 7.12 | 2.07 | 2.55 |
| HOJUELAS DE AVENA | 9.47 | 7.07 | 7.20 | 5.43 | 4.51 |
| PAPAS | 0.50 | 5.14 | 14.00 | 4.91 | 2.76 |
| ARROZ TOSTADO | 0.81 | 0.89 | 4.25 | 0.32 | 0.20 |
| ESPECIAL K | 2.24 | - | 4.40 | 0.60 | - |
| TOMATE | 11.44 | 16.0 | 17.46 | 2.13 | - |

ⁿ NSP = Polisacáridos no almidones
 FUENTE: Anderson J.N.; (1900); "Dietary Fiber Content of Selected Foods"; Am. J. Clin. Nutr.; (47): 446.

TABLA 16

VALORES MEDIOS DE FIBRA DIETETICA OBTENIDOS
CON DIFERENTES METODOS ANALITICOS

| ALIMENTO | METODO ANALITICO | FIBRA g/100 g | ALIMENTO | METODO ANALITICO | FIBRA g/100 g |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| FRUTAS | | | LEGUMINOSAS | | |
| Manzana s/piel | 2,3,4 | 2.1 | Judía dura | | 7.3 |
| Manzana c/piel | 2,3,4 | 1.2 | guisante seco | 3,4 | 4.9 |
| Albaricoque | 2,3,4 | 1.7 | Judía | | 7.4 |
| Plátano | 2,3,4 | 2.1 | Lentejas | | 2.4 |
| Fresas azules | 2,3,4 | 2.2 | Judías marinas | | 6.3 |
| Fresas | 2,3,4 | 1.2 | | | |
| Bátiles | 2,3,4 | 7.5 | | | |
| Uvas | 2,3,4 | 1.2 | PAN | | |
| Manzana | 2,3,4 | 1.1 | Pan trigo entero | 1,4 | 5.7 |
| Durazno s/piel | 2,3,4 | 1.4 | Muffins salvado | | 4.3 |
| Durazno c/piel | 2,3,4 | 1.4 | Crackers trigo | | 1.4 |
| Pera s/piel | 2,3,4 | 2.5 | Pan Crisp centeno | | 12.9 |
| Pera c/piel | 2,3,4 | 1.4 | Pan Crisp trigo | | 12.9 |
| Ciruelas | 2,3,4 | 1.7 | Pan francés | | 4.9 |
| Ciruelas pasas | 2,3,4 | 11.2 | Pan italiano | | 1.7 |
| Pasas | 2,3,4 | 6.2 | Granos surtidos | | 1.7 |
| Fresas | 2,3,4 | 6.2 | avena | | 1.2 |
| Sandía | 2,3,4 | 6.3 | Pan con pasas | 1,4,5 | 4.1 |
| | | | Pan blanco | | 2.2 |
| JUGOS | | | PASTAS Y ARROZ | | |
| Manzana | 2,3,4 | 6.3 | | | |
| Uva | 2,3,4 | 6.4 | Pacarroni | 1,2,3,4 | 6.8 |
| Manzana | 2,3,4 | 6.4 | Arroz café | 1,2,3,4 | 6.4 |
| Papaya | 2,3,4 | 6.6 | Arroz pulido | 1,2,3,4 | 6.4 |
| | | | Espagueti | 1,2,3,4 | 6.4 |
| VERDURAS | | | Espagueti (trigo entero) | | |
| COCINADAS | | | | | 2.6 |
| Esparraños | 2,3,4 | 1.5 | | | |
| Habas | 2,3,4 | 2.4 | HARINAS Y GRANOS | | |
| Broccoli | 2,3,4 | 2.6 | | | 6.2 |
| Coli Bruselas | 2,3,4 | 2.6 | Salvado maíz | 4 | 4.4 |
| Coli verde | 2,3,4 | 2.6 | Salvado avena | | 4.4 |
| Coli blanca | 2,3,4 | 2.6 | Salvado de trigo | 1,3,4 | 3.1 |
| Zanahorias | 2,3,4 | 3.0 | Harina centeno (72%) | | 12.8 |
| Coliflor | 2,3,4 | 1.2 | Harina centeno (100%) | | |
| Wax | 2,3,4 | 2.2 | Harina trigo: | | |
| Chirivía | 2,3,4 | 2.2 | entero (100%) | 4,5 | 6.3 |
| Chicharos | 2,3,4 | 4.5 | café (85%) | | 1.3 |
| Apas s/piel | 2,3,4 | 1.3 | blanco (72%) | 3,4 | 2.9 |
| Papa c/piel | 2,3,4 | 2.2 | | | |
| Espinacas | 2,3,4 | 2.2 | | | |
| Mabo | 2,3,4 | 2.2 | MUECES | | |
| Zuchini | 2,3,4 | 2.6 | | | |
| VERDURAS FRESCAS | | | Almendras | 4 | 7.2 |
| Garbanos | 2,3,4 | 2.6 | Cacahuates | 4 | 6.8 |
| Apio | 2,3,4 | 1.2 | Avellana | | |
| Coco | 2,3,4 | 6.8 | | | |
| Cebolla | 2,3,4 | 2.5 | | | |
| Seta | 2,3,4 | 1.2 | | | |
| Cabulita | 2,3,4 | 1.2 | | | |
| Peperinos | 2,3,4 | 1.2 | | | |
| Tomate | 2,3,4 | 1.2 | | | |
| Espinaca | 2,3,4 | 4.6 | | | |

-Los números en esta columna se refieren a los métodos analíticos utilizados para obtener el valor medio de fibra dietética.
 1) Fibra detergente neutro (4,66,78) 2) Fibra detergente neutro mas fracción de fibra soluble (102).
 3) Procedimiento de Southgate (88) 4) Procedimiento para fibra dietética total (4,27,26,87).
 5) Procedimiento de polisacáridos no-almidones (NDF) (34).

FUENTE: Lyons E. y colaboradores; (1987); "Dietary fiber intake in the US population". Am. J. Clin. Nut. (46) 331.

CONCLUSIONES.

- La fibra dietética es un elemento esencial en la dieta alimenticia por sus propiedades funcionales.
- No todo el almidón presente en un alimento es digerible, pero aún así no fue incluido en la definición de fibra.
- Los parámetros para valorar las propiedades fisiológicas, se deben considerar en conjunto para determinar con más precisión la calidad de una fibra y sus efectos potenciales en el organismo.
- Tecnológicamente estos parámetros servirán para determinar la materia prima a utilizar en la preparación de concentrados de fibra.
- La clasificación que se le ha dado a la fibra dietética es muy compleja, por lo que la más aceptable es la que relaciona los componentes de la fibra con los efectos fisiológicos producidos en el organismo humano.
- Una propiedad importante de la fibra es que reduce el amonio en las heces y el tránsito intestinal, originando la disminución de células cancerígenas.
- La fibra dietética puede ser utilizada tanto para adicionarla al alimento y obtener los beneficios requeridos para determinada enfermedad o para proporcionar las características requeridas determinadas de un producto.
- La fibra presenta constituyentes estructurales solubles (pectina, gomas y mucílagos) e insolubles (celulosa, hemicelulosa y lignina) en agua, una de las formas para distinguirlas es por

su efecto en el organismo donde la parte soluble hace que la absorción gastrointestinal disminuya y la insoluble favorece las funciones del sistema digestivo.

- Como un aditivo enriquecedor directo, las fibras solubles pueden competir sobre las insolubles, son los mejores sustitutos de agentes espesantes como el almidón, además de que son utilizados en alimentos que demandan solubilidad como las bebidas, sopas y otros líquidos poco viscosos, donde la fibra es indiferenciable del alimento mismo y la insoluble sedimenta causando una indeseable rugosidad al producto.

- Las fibras solubles ofrecen un amplio intervalo de viscosidades y texturas para producir alimentos con altos niveles de contenido de fibra y una amplia gama de productos a un costo razonable.

- La industrialización provocó cambios drásticos en los hábitos alimentarios, las personas con mayor poder adquisitivo compran alimentos que no son nutricionales produciéndoles: obesidad, diabetes mellitus, y exceso de colesterol en la sangre originando problemas cardiovasculares.

- Las personas de menos recursos tienen más ingerencia de fibra pero presentan otros problemas graves de salud como la desnutrición e infecciones intestinales.

- Los análisis y determinaciones de los componentes de la fibra dietética en los alimentos se consideran muy importantes ya que el tener estos datos se pueden utilizar los alimentos adecuados para el tratamiento de ciertas enfermedades y además para extraerlos y poder adicionarlos a las dietas de algunos pacientes.

RECOMENDACIONES.

La fibra debe ser ingerida en la alimentación diaria para producir beneficios satisfactorios en el organismo humano, tomando en cuenta las cantidades recomendadas por los científicos y en algunos casos la cantidad variará cuando se quiere tratar determinada enfermedad. Para que sea ingerida adecuadamente la población debe tener información en forma simple y entendible.

Investigaciones futuras necesitan enfocarse en dietas completas y de este modo, se logren conocer las cantidades de fibra que se deben ingerir, el tipo y la composición, además de saber sus efectos fisiológicos y entender los balances sobre todos los constituyentes de la dieta. Con esta información será más fácil conocer los cambios que se efectúen en un tiempo determinado ya sea corto o prolongado en el organismo para, de esta forma prevenir diversas enfermedades, teniendo en cuenta que la absorción y metabolismo de varios de los nutrientes son afectados por la fibra.

Los datos reportados de los constituyentes de la fibra dietética soluble e insoluble de los alimentos han mostrado un amplio intervalo de variación en el contenido de fibra, siendo mayor en los productos integrales que en los salvados donde sus datos son más dispersos. Esto nos indica porqué es conveniente conocer la composición individual de cada producto para regular las ingestiones de fibra y lograr una dieta equilibrada. Las necesidades de fibra no son rigurosamente fijas, y las cifras

encontradas en la bibliografía varían en función del cuadro patológico del que se trate.

Las recomendaciones de fibra son variadas dependiendo del problema que se tenga, del lugar en donde se encuentre, tomando en cuenta los hábitos alimenticios adoptados. Existe un gran déficit de fibra debido principalmente al cambio de los hábitos alimenticios, el cual se puede compensar con la ingesta de productos dietéticos que aporten al organismo esa cantidad de fibra alimentaria necesaria para obtener una acción correctora o preventiva de una serie de enfermedades (75).

Algunas organizaciones no están de acuerdo en que la población cubra el déficit de fibra con productos enriquecidos con fibra y recomienda que la población ingiera productos naturales ricos en fibra: fruta, vegetales, cereales y leguminosas. El dilema de los científicos es la adecuación de una cantidad determinada para cada individuo o una población para regular o corregir las funciones gastrointestinales (89), ya que se tiene que tomar en cuenta la región geográfica, la edad, raza, sexo y necesidades nutricionales (57).

Es muy importante efectuar estudios para conocer los problemas que se presentan con el aumento o disminución de la fibra en particular:

- Conocer su acción en el intestino y su relación con otros componentes dietéticos.
- El impacto que representa sobre el intestino delgado y grueso (efectos en la flora intestinal y las hormonas postprandiales).

-Los sustitutos exactos de la fibra (y combinaciones) y su efecto en el pH de las heces. lípidos fecales, esteroides neutros, sales biliares, etc.

- Un cuadro general dietético con respecto a lo esencial que es la fibra.

Las poblaciones deben ser seleccionadas de acuerdo a sus problemas epidemiológicos tomando en cuenta principalmente:

- Su diferente captación de enfermedades según su localización geográfica con respecto al riesgo de generarse enfermedades cardiovasculares y cancerígenos en el intestino, por ejemplo: Uganda con Inglaterra.

- Poblaciones con un bajo riesgo que son culturalmente religiosas distintas de otras poblaciones (Mormones contra Musulmanes).

- Diferencia de los hábitos alimenticios de varios grupos poblacionales (por ejemplo vegetarianos con carnívoros).

De acuerdo a la composición fecal y a los metabolitos microbiológicos, los siguientes parámetros pueden ser aplicables para ayudar a diferenciar a los grupos:

- Amonia fecal.

- Materia fecal con esteroides neutrales, ácidos biliares y lípidos.

- pH.

- Actividad enzimática. Los tipos y propiedades de las enzimas son de gran interés.

- Mutagenicidad/carcinogénica. Identificación de las sustancias mutagénicas (¿Podrá la fibra proteger contra estas sustancias?)

- Tiempo del tránsito intestinal
- Peso y contenido de agua.
- Flora intestinal.

Se cree que si se conocen todos éstos parámetros se podría controlar cuidadosamente los factores dietéticos del hombre para beneficiarlo y proporcionarle la salud requerida o control de su enfermedad pero se requerirá de un grande y prolongado esfuerzo por parte de los investigadores y sobre todo de la población mundial para lograrlo.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- A Scientific Status Summary by the Institute of Foods Technologists: (1979): Dietary Fiber; Fd. Technol.: 1: 35-39.
- 2.- Almy, T.P.: (1981): "The Dietary Fiber Hypothesis": Am. J. Clin. Nutr.: 34 (3): 432-433.
- 3.- Anderson, J.W.: (1979): "Plant Fiber, Carbohydrate and Lipid Metabolism": Am. J. Clin. Nutr.: 32 (2): 346-363.
- 4.- Anderson, J.W. and Bridges, J.R.: (1988): "Dietary Fiber Content of Selected Foods": Am. J. Clin. Nutr.: (47): 440-447.
- 5.- Andon, S.A.: (1987): "Applications of Soluble Dietary Fiber": Fd. Technol.: 41 (1): 74-75.
- 6.- Andres, C.: (1989): "Health Benefits Join Functional Attributes": Fd. Process.: 50 (8): 19.
- 7.- Artz, W.E., Warren, C. and Villota R.: (1990): "Twin Screw Extrusion Modification of a Corn Fiber and Corn Starch Extruded Blend": J. Fd. Sci.: 55 (3): 746-750.
- 8.- Asp, N.G. y colaboradores: (1988): "Dietary Fiber Definition and Analysis": Am. J. Clin. Nutr.: 47: 688-690.
- 9.- Asp, N.G. y colaboradores: (1983): "Rapid Enzymatic Assay of Insoluble and Soluble Dietary Fiber": J. Agric. Fd. Chem.: 31: 476-482.
- 10.- Becker, P.O. y colaboradores: (1986): "Dietary Fiber and Bread: Intake, Enrichment, Determination, and Influence in Colonic Function": Cereal Foods World: 31: 306-310.
- 11.- Beheme, M.T. and Dupre J.: (1989): "All Bran vs Corn Flakes: Plasma Glucose and Insulin Responses in Young Females": Am. J. Clin. Nutr.: 50 (2): 1240-1243.
- 12.- Bell, L.P. y colaboradores: (1990): "Cholesterol-Lowering Effects of Soluble Fiber Cereals as Part of a Prudent Diet for Patients with Mild to Moderate Hypercholesterolemia": Am. J. Clin. Nutr.: 52: 1020-1026.
- 13.- Birch, G.G. and Parker K.J.: (1983): "Dietary Fibre": Applied Sci. Pub. London caps. 1, 2, 10, 24, 26, 27.
- 14.- Bolton, R.P.: (1981): "The Role of Dietary Fiber in Satiety, Glucose and Insulin Studies with Fruit and Fruit Juice": Am. J. Clin. Nutr.: 34 (2): 211-217.

- 15.- Bond, J.H. and Levitt M.D.: "Effect of Dietary Fiber on Intestinal as Production and Small Bowell Transit Time in Man"; Am. J. Clin. Nutr.: (10): S169-S174.
- 16.- Bourges H.: (1978); "Apuntes del Curso de Nutrición Básica UIA.
- 17.- Bourges H.; (1987); "La Fibra al Desnudo"; Cuadernos de Nutrición: 12 (5): 33-37.
- 18.- Bright-See E. and Mc Keown-Eyssen G.E.. (1984); "Estimation of Per Capita Crude and Dietary Fiber Supply in 38 Countries"; Am. J. Clin. Nutr.: 34 (5): 821-829.
- 19.- Burkitt, D.P.; (1978); "Workshop V-Fiber and Cancer"; Summary and Recomendations; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S213-S215.
- 20.- Burkitt, D.P.; (1978); "Colonic-Rectal Cancer; Fiber and other Dietary Factors"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S58- S64.
- 21.- Burr, M.L. and Sweetman P.M.; (1982); "Vegetarism Dietary Fiber, and Mortality"; Am. J. Clin. Nutr.: 36 (11): 873-877.
- 22.- Butrum,R.R. y colaboradores; (1988); "NCL Dietary Guidelines Rationale; Am. J. Clin. Nutr.:48 : 888-895.
- 23.- Calixto, F.S. y Goffi I.; (1987); "Valoración de la Idoneidad de Fibras Alimentarias: Nuevos Aspectos a Considerar"; Revista Alimentaria: (12): 27-29.
- 24.- Chen, W.J. y Anderson, J.W. (1981); "Soluble and Insoluble Plant Fiber in Selected Cereals and Vegetables"; Am. J. Clin. Nutr.: 34: 1077-1082.
- 25.- Connell A.M.; (1978); "The Effects of Dietary Fiber on Gastrointestinal Motor Function"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S152-S156.
- 26.- Cummings J.H.; (1978); "Nutritional implications of Dietary Fiber"; Am. J. Clin. Nutr.: (10): S21-S29.
- 27.- Chandhary V.K. and Weber P.E.; (1990); "Dietary Fiber Ingredients Obtained by Processing Brewer's Dried Grain"; J. Fd. Sci.: 55 (2): 551-553.
- 28.- Chang M.G. and Morris W.C.; (1990); "Effect of Heat Treatment on Chemical Analysis of Dietary Fiber"; J. Fd. Sci.: 55 (6): 1647-1650.
- 29.- Devroede G.; (1978); "Dietary Fiber, Bowel Habits, and Colonic Function"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S157-S160.

- 30.- Dukehart M.R. y colaboradores: (1989): "Dietary Fiber Supplementation: Effect Pancreatic Secretion in Man". Am. J. Clin. Nutr.: 50: 1023-1028.
- 31.- Eastwood M.A. y colaboradores: (1978): "Fiber in the Gastrointestinal Tract"; Am. J. Clin. Nutr.: 31: S30-S32.
- 32.- Eastwood M.A. y colaboradores: (1986): "The Effect of the Polysaccharide Composition and Structure of Dietary Fibers on Cecal Fermentation and Fecal Excretion"; Am. J. Clin. Nutr.: 44 (7): 51-55.
- 33.- Englyst H.M. and Cummings S.H.: (1982): "Digestion of Polysaccharides of Some Cereal Foods in the Human Small Intestine". Am. J. Clin. Nutr.: 36: 1102-1105.
- 34.- Englyst H.M. y colaboradores: (1987): "Dietary Fiber and Resistant Starch"; Am. J. Clin. Nutr.: 46: 873-874.
- 35.- Easett G. and Spiller G.A.: (1978): "Plantex Versus Dietary Fiber: a Reply to Trowell"; Am. J. Clin. Nutr.: 31: 200-201.
- 36.- Fehily A.M. y colaboradores: (1982): "Dietary Determinants of Lipoproteins, Total Cholesterol, Viscosity, Fibrinogen, and Blood Pressure"; Am. J. Clin. Nutr.: 36 (11): 890-896.
- 37.- "Fibre in the Diet": (1984); Fd. Process.: (8): 35-38.
- 38.- Fisher Nathan y colaboradores: (1985): "Cereal Dietary Fiber Consumption and Diverticular Disease. A Lifespan Study in Rats"; Am. J. Clin. Nutr.: 42 (11): 788-804.
- 39.- Glisckman M.: (1991); "Hidrocolloids and the Search for the Oil Grail"; Fd. Technol.: 45 (10): 94-103.
- 40.- Heredia A.M. y Fernández-Bolaños J.G.: (1979): "Evolución de la Fibra Alimentaria Durante el Desarrollo y Maduración del Fruto del Olivo (Olea Europaea Arotensis)"; Revista Alimentaria: (4): 19-22.
- 41.- Holloway W.D. y colaboradores: (1978): "Digestion of Certain Fractions of Dietary Fiber in Humans". Am. J. Clin. Nutr.: 31 (6): 927-930.
- 42.- Huang Ch. y colaboradores: (1978): "Fiber Intestinal Sterols and Colon Cancer"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (3): 516-526.
- 43.- Hurt D. y colaboradores: (1982): "Dietary Fiber: Marketing Implications"; Fd. Technol.: 40(2): 124-126.
- 44.- Ink S.L. and Hurt H.D.: (1982): "Nutritional Implications of Gums"; Fd. Technol.: 41 (1): 77-82.

- 45.- Jenkins D., y colaboradores; (1979); "Dietary Fiber and Blood Lipids: Reduction of Serum Cholesterol in type II Hyperlipidemia by Guar Gum"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (1): 16-18.
- 46.- Judd P.A. y colaboradores; (1978); "The Effect of Pectin on Serum Cholesterol"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (10): 562-563.
- 47.- Kelsay J.L. (1978); "A Review of Research on Effects of Fiber Intake on Man"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (1): 142-159.
- 48.- Kelly B.J. and Potter N.N.; (1990); "Dialyzable Calcium from Milk Processed with Soluble Fiber-Containing Gums Thickens and Cocoa"; *J. Fd. Sci.*: 55 (4): 1004-1007.
- 49.- Kern F. y colaboradores; (1978); "Binding of Bile Acids by Dietary Fiber"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (10): S175-S179.
- 50.- Kester J.J. y colaboradores; (1986); "Edible Films and Coatings: a Review"; *Fd. Technol.*: 3 (12): 47-57.
- 51.- Kinsella K.E.; (1979); "Functional Properties of Soy Proteins"; *J. Am. Oil Chem. Soc.*: 56 (3): 242-258.
- 52.- Kirby A.W. y colaboradores; (1981); "Oat Bran Intake Selectively Lowers Serum Low-Density Lipoprotein Cholesterol Concentrations of Hypercholesterolemic Men"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 34 (5): 624-629.
- 53.- Lairon D. y colaboradores; (1985); "Effects of Dietary Fibers and Cholestyramine on the Activity of Pancreatic Lipase in Vitro"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 42 (10): 629-638.
- 54.- Lanza E. y colaboradores; (1987); "Dietary Fiber Intake in the U.S. Population"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 46: 790-797.
- 55.- Leveille C.A.; (1984); "Food Fortification-Opportunities and Pitfalls"; *Fd. Technol.*: (1): 58-63.
- 56.- Lee S.C. y colaboradores; (1991); "Determination of Soluble/Insoluble and Total Dietary Fiber in Foods: Collaborative Study"; *J. Asso. Anal. Chem.*: In-Press.
- 57.- Levine A.J. y colaboradores; (1989); "Effect of Breakfast Cereals on Short Term Food Intake"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 50: 1303-1307.
- 58.- Lupton J.R. and Jacobs L.R. (1987). "Fiber Supplementation Results in Expanded Proliferative Zones in Rats Gastric Mucosa"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 46: 980-984.
- 59.- Mansoor H.B. and Cerda J.J.; (1981); "Pectin: its Interaction with Serum Lipoproteins"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 34 (1): 50-53.

- 60.- Marlett J.A.: (1985): "Measuring Dietary Fiber in Human Foods"; J. Fd. Sci.: 50: 410-414.
- 61.- Martin D.W. y colaboradores; (1984): "Bioquímica de Harper"; Manual Moderno Mex.: 550-556.
- 62.- Mendeloff A.I.; (1978): "Fibra Dietética": Conocimientos Actuales en Nutrición. INCAP ALAN Guatemala: 394-403.
- 63.- Mendeloff A.I.; (1978): "Workshop III-Fiber and Gastrointestinal Tract. Summary and Recommendations"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S145-S147.
- 64.- Muñoz J.M. y colaboradores; (1979): "Effects of Some Cereal Brans and Texture Vegetable Protein on Plasma Lipids"; Am. J. Clin. Nutr.: 32 (3): 560-589.
- 65.- Normand F.L. y colaboradores; (1987): "Binding of Bile Acids and Trace Minerals by Soluble Hemicelluloses of Rice"; Fd. Technol.: (2): 86-90.
- 66.- Nyman M. y colaboradores; (1984): "Dietary Fiber and Composition in Six Cereals at Different Extraction Rates"; Cereal Chem.: 61 (1): 14-19.
- 67.- Olson A. y colaboradores; (1987): "Chemistry and Analysis of Soluble Dietary Fiber"; Fd. Technol.: (2): 71-80.
- 68.- Pérez M.M. y Villanueva M.J.; (1989): "Determinación de carbohidratos disponibles en productos dietéticos"; Revista Alimentaria: 89 (3): 55-57.
- 69.- Pérez M.M. y Villanueva M.J.; (1989): "Los productos dietéticos como fuente de fibra alimentaria"; Revista Alimentaria: 89 (4): 41-44.
- 70.- Potter J.C.; (1981): "Effect of Test Meals of Varying Dietary Fiber Content on Plasma Insulin and Glucose Response"; Am. J. Clin. Nutr.: 34 (3): 328-334.
- 71.- Prosky L. and Devries J.W.; (1992): "Controlling Dietary Fiber in Food Products"; VNR, New York.
- 72.- Rasper V.F.; (1979): "Chemical and Physical Properties of Dietary Cereal Fiber"; Fd. Technol.: (1): 122-124.
- 73.- Ravindran G. and Palmer J.K.; (1990): "Comparison of Four Different Methods for the Analysis of Dietary Fiber in Winged Bean Seeds"; J. Fd. Sci.: 55 (1): 137-140.
- 74.- Redard C.L. y colaboradores; "Dietary Fiber and Gender: Effect on Post-prandial Lipemia"; Am. J. Clin. Nutr.: 52 837-845.

75.- Reiser S. ; (1987); "Metabolic Effects of Dietary Pectins Related to Human Health"; *Fd. Technol.*: 91-98.

76.- Rivellesse A. and Collaborators; (1980); "Effect of Dietary Fibre on Glucose Control Serum Lipoproteins in Diabetic Patients"; *Lancet*: 30 (8): 497-452.

77.- San Miguel R.I.; (1990); "Protein Quality of Selected Foods as Affected by the Exchange of Dietary Wheat Bran for Cellulose"; *J. Fd. Sci.*: 55 (4): 885-887.

78.- Sarwar G. and Collaborators; (1985); "Nucleic Acid, Fiber and Nutrient Composition of Inactive Dried Food Yeast Products"; *J. Fd. Sci.*: 50: 353-357.

79.- Sandstead H.H. and Collaborators; (1978); "Influence of Dietary Fiber on Trace Element Balance"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (10): S180-S184.

80.- Scientific Status Summary; (1989); "Dietary Fiber"; *Fd. Technol.*: 43 (10): 133-139.

81.- Shaller D. (1978); "Fiber Content and Structure in Foods"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (10): S99-S102.

82.- Schneeman B.D.; (1987); "Soluble vs Insoluble Fiber Different Physiological Responses"; *Fd. Technol.*: (2): 18-20.

83.- Schweizer T.F. and Wursch P.; (1979); "Analysis of Dietary Fibre"; *J. Fd. Sci. Fd. Agric.*: 30: 613-619.

84.- Selvendran R.R.; (1984); "The Plant Cell Wall as a Source of Dietary Fiber: Chemistry and Structure"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 39: 320-337.

85.- Simpson H.C. and Collaborators; (1981); "A High Carbohydrate Leguminous Fibre Diet Improves all Aspects of Diabetic Control"; *Lancet*: 3 (1): 1-5.

86.- Skurray R. and Collaborators; (1986); "Rice Bran as a Source of Dietary Fibre in Bread"; *J. Fd. Technol.*: 21: 727-730.

87.- Southgate D. ;(1978); "Dietary Fiber: Analysis and Food Sources"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (10): S107-S110.

88.- Spiller G.A.; (1978); "Interaction of Dietary Fiber with other Dietary Components: a Possible Factor in Certain Cancer Etiologies"; *Am. J. Clin. Nutr.*: 31 (10): S231-S232.

89.- Spiller G.A. and Amen R.J.; (1974); "Role of Dietary Fiber in Nutrition"; *Nutrition for Food Executives*: 17a. (9).

- 90.- Spiller G.A. and Kay R.M.: (1979): "Recommendation and Conclusions of the Dietary Fiber Workshop of the XI International Congress of Nutrition, Rio de Janeiro"; Am. J. Clin. Nutr.: 32: 2102-2103.
- 91.- Stasse M.: (1978): "Fecal Weight, Transit Time, and Recommendations for Dietary Fiber Intake" Am. J. Clin. Nutr.: 31 (6): 909-910.
- 92.- Story J.A.: (1978); "Bile Acid Metabolism and Fiber" Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): 553-557.
- 93.- Trowell H.: (1978): "Diabetes Mellitus and Dietary Fiber of Starchy Foods; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S199-S202.
- 94.- Trowell H.: (1978): "The Development of the Concept of Dietary Fiber in Human Nutrition"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S3-S11.
- 95.- Van Itallie T. B.: (1978): "Dietary Fiber and Obesity"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S43-S52.
- 96.- Van Soest P.J.: (1978): "Component Analysis of Fiber in Food. Summary and Recommendations"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10) S75-S76.
- 97.- Van Soest P.J.: (1978): "Dietary Fiber: Their Definition and Nutritional Properties"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S12-S20.
- 98.- Vetter J.L.: (1984): "Fiber as a Food Ingredient"; Fd. Technol.: (1): 64-69.
- 99.- Watkins J.B.: (1978): "Fiber and the Development of Gastrointestinal Function"; Am. J. Clin. Nutr.: 31 (10): S148-S151.
- 100.- William P.T. and Collaborators: (1986): "Relationship of Dietary Fat, Protein, Cholesterol, Acid, Fiber Intake to Atherogenic Lipoproteins in men"; Am. J. Clin. Nutr.: 44: 788-797.
- 101.- Williams S.R.: (1989); "Nutrition and Diet Therapy"; 6a. Ed. Times Mirror P.: Cap 1,2,10,24,27 y 52.
- 102.- Zirene J. and Collaborators: (1983); "Fiber Content of Selected Raw and Processed Vegetables, Fruits Juices as Served"; J. Fd. Sci.: 48: 600-603.