



U. M. S. N. H.

FACULTAD DE QUIMICO FARMACOBIOLOGÍA

EFECTO DE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA SOBRE LA VISCOSIDAD DESARROLLADA EN SUSPENSIONES PREPARADAS CON DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FIBRA DIETÉTICA

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA:

p QFB. MIREYA RAMOS RENDÓN

ASESOR:

D.C. HÉCTOR EDUARDO MARTÍNEZ FLORES

MORELIA, MICH. ABRIL DE 2008



AGRADECIMIENTOS

A MI MADRE Y A MI PADRE

Por el apoyo brindado a lo largo de mi vida
y el esfuerzo hecho para ayudarme
a alcanzar mis metas profesionales.

A MI HERMANO

Por su cariño y apoyo.

AL DR. HÉCTOR EDUARDO MARTÍNEZ FLORES, ASESOR DE LA TESIS

Por la disponibilidad de asesorarme, por la confianza brindada y la
paciencia y el apoyo otorgados durante mis prácticas y la elaboración
de este trabajo de investigación.

A MIS AMIGAS(OS) Y COMPAÑERAS(OS) DE LABORATORIO Y DE TODA LA VIDA

Por su apoyo, tiempo, enseñanzas y orientación
en las dudas surgidas durante la elaboración de esta
tesis y a lo largo de mi vida.

A DIOS

Por la vida y la salud regaladas hasta hoy, por las
oportunidades brindadas a lo largo de mi camino,
y por permitirme cumplir una más de mis metas.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
1.0 INTRODUCCIÓN	3
2.0 ANTECEDENTES	6
2.1 Definición de fibra dietética	6
2.1.1. Clasificación de la fibra dietética	7
2.1.1.1. Clasificación de la fibra dietética por su fermentabilidad	10
2.1.2 Propiedades físico-químicas de la fibra dietética	11
2.1.2.1. Capacidad de absorción y retención de agua	12
2.1.2.2. Captación de minerales	13
2.1.2.3. Viscosidad	14
2.1.2.4. Capacidad de absorción de aceite	16
2.1.2.5. Fermentabilidad	19
2.1.3. Efectos fisiológicos de la fibra dietética	21
2.1.3.1. Fibra dietética y las enfermedades gastrointestinales	21
2.1.4. Efectos Adversos que ocasiona la FD	26
2.1.5. Efecto de la acidez sobre las macromoléculas de almidón y proteínas.....	27
2.1.5.1. Hidrólisis del Almidón	27
2.1.5.2. Desnaturalización e hidrólisis de las proteínas	29
3.0 JUSTIFICACIÓN	30
4.0 HIPÓTESIS	31
5.0 OBJETIVOS	32
5.1 Objetivo General	32

5.2. Objetivo Específico	32
6.0 MATERIALES Y MÉTODOS	33
6.1. Materia prima	33
6.2. Material y Equipo	33
6.3. Metodología	34
6.3.1 Composición química	34
6.3.1.1. Fibra dietética	34
6.3.2. Análisis fisicoquímicos.....	38
6.3.2.1. Viscosidad.....	38
7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
8.0 CONCLUSIÓN.....	48
9.0 BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación del análisis químico de las fuentes de FD comerciales.....	41
Cuadro 2. Viscosidad generada por suspensiones de las fibras dietéticas comerciales.....	42
Cuadro 3. Viscosidad de las fibras dietéticas comerciales a distintas concentraciones y adicionándole HCl, midiéndose a los 30´, 60´ y 90.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de la fibra dietética con base en su solubilidad y fermentabilidad	11
Figura 2. Grafica de fluidos Newtonianos y no Newtonianos	16
Figura 3. Clasificación de la FD según su grado de solubilidad.....	19
Figura 4. Fotografía del analizador Micro Kjeldhal marca Novatech	36
Figura 5. Fotografía del viscosímetro marca Brookfield	37
Figura 6. Fotografía Metamucil (a) 1% y 5% y Day Night (b) 1% y 4% Concentración.....	38
Figura 7. Fotografía 7. Algalinaza (c) y Kania (d) 1% y 10% Concentración.....	38

RESUMEN

La Fibra Dietética (FD) es definida como la parte comestible remanente de plantas y carbohidratos análogos que resisten la digestión y absorción en el intestino delgado con una parcial o completa fermentación en el intestino grueso. La FD es un conjunto de componentes que sólo se encuentra en los alimentos de origen vegetal, como los cereales, frutas, verduras y legumbres, que no puede ser digerida por el organismo humano; es un importante factor en la dieta, ya que provee muchas funciones fisiológicas al ser humano, tales como motilidad intestinal, prevención de la constipación y regulación de la glucosa y niveles de lípidos sanguíneos. La FD no es un componente único, sino que está formada por una mezcla de sustancias de estructura y propiedades diferentes. Es por ello que la podemos separar en: a) polisacáridos: sustancias de la planta que no son almidones y que se dividen en hemicelulosa, celulosa, pectinas, gomas y mucílagos, b) oligosacáridos resistentes: como fructooligosacáridos e inulina, almidones resistentes y ligninas. La FD es considerada como un carbohidrato complejo, el cual se divide para su mejor entendimiento en dos grupos principales, según sus características químicas y sus efectos en el organismo en: fibra insoluble y fibra soluble. Mediante la fermentación de algunos componentes de la FD a cargo de bacterias benéficas presentes en el intestino grueso, se forman ácidos grasos de cadena corta (AGCC), pudiendo pasar a la sangre y ayudar a ser fuente de energía para otros tejidos del cuerpo. Además, debido a la producción de AGCC, se acentúa la acidez del medio, lo que es muy favorable para frenar la producción de elementos cancerígenos y estimular el crecimiento bacteriano, lo que aumentará el volumen de las deposiciones y con ello se estimulará también su eliminación. El objetivo de esta investigación fue comparar el efecto de la acidez evaluada en suspensiones de cuatro diferentes fuentes de fibras dietéticas comerciales: Metamucil, Kania, Day-Night y Algalinaza. A las FD comerciales se les realizaron análisis de composición química: contenido de humedad, cenizas, extracto etéreo, proteínas, fibra total (comprendiendo la soluble e insoluble); además se midió la viscosidad en suspensiones hechas con las FD tanto a pH en

el cual se encontraban las FD y después acidificándolas a pH de 1.5. La viscosidad se midió en equipo Brookfield LVD-II a temperatura de 37 °C en ambos casos. En relación a los resultados el producto que mayor contenido de fibra dietética total tuvo fue la Day-Night (51.09%), con poca diferencia le siguió Kania (49.89%), en seguida Metamucil (43.99%) y finalmente el producto de Algalinaza (40.35%). Los resultados de la viscosidad se hicieron en soluciones a diferentes concentraciones de FD, desde 1% hasta el 10%; en el caso de Metamucil y Day-Night solo hasta el 5% ya que se generaba alta viscosidad y ya no se alcanzaba a medir en el equipo. El pH de las FD comerciales varió de 5.95 a 6.20, a excepción de la Day-Night, que fue de 3.8. Se observó que la viscosidad fue mayor a pH aproximado de 6.0 en comparación de cuando se disminuyó el pH a 1.5. Esto significó que el principal efecto en la generación de la viscosidad fue dado por el componente mayoritario de los productos evaluados, que fue la FD, sin embargo, las proteínas y los lípidos (extracto etéreo) también, se presume, participaron en un cierto porcentaje en el desarrollo de la viscosidad de los productos evaluados.

CAPITULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más frecuentes que tenemos en nuestro país y en todo el mundo es la obesidad, ya que afecta a un porcentaje importante de la población. La obesidad es un padecimiento caracterizado por la acumulación excesiva de grasa, determinado por un Índice de masa corporal (IMC) aumentado (mayor o igual a 30), que condiciona la salud de la persona, y la predispone al desarrollo de enfermedades crónico-degenerativas. Este exceso de grasa se produce cuando la cantidad de energía que se ingiere con los alimentos es superior a la que se gasta, y este exceso de energía se ve transformado en grasas. Los factores genéticos, hormonales y metabólicos tienen un papel importante en el desarrollo de la obesidad. Dos terceras partes de los individuos obesos tienen un progenitor obeso. Si ambos padres son obesos, el descendiente tiene hasta un 90% de posibilidades de serlo; los aspectos culturales y socioeconómicos son también importantes (<http://es.wikipedia.org/wiki/Obesidad>).

Los trastornos más importantes y que más comúnmente acompañan a la obesidad son: los padecimientos cardiovasculares, hipertensión arterial, dermatológicos, gastrointestinales, diabéticos, osteoarticulares, hipercolesterolemico, cáncer, síndrome varicoso y consecuencias psicosociales (ya que existe una discriminación social hacia los obesos por parte de la población), entre otras muchas mas enfermedades. (http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/obesidad.swf).

La obesidad es un factor de riesgo modificable, por ello es fundamental realizar un planteamiento para bajar de peso y/o prevenir dicha enfermedad; esto puede lograrse mejorando los hábitos alimentarios, como es el de implementar el aumento en el consumo de fibra dietética (FD); los alimentos que aportan mayor cantidad de FD son las frutas, las verduras, y los granos integrales.

La (FD) es un importante factor en la dieta, ya que provee muchas funciones fisiológicas al ser humano, tales como motilidad intestinal, prevención de la constipación y regulación de la glucosa y niveles de lípidos sanguíneos (Theander y col.1993), previene los niveles altos de colesterol, reduce el riesgo de diabetes, hipertensión y enfermedades coronarias (<http://www.ciberjob.org>).

La FD, tradicionalmente considerada como un carbohidrato complejo, puede dividirse en dos grupos principales según sus características químicas y sus efectos en el organismo. Estos dos tipos son: fibra insoluble (FI) y fibra soluble (FS) (Prosky y col., 1988).

La FI está integrada por celulosa, algunos tipos de hemicelulosa, lignina y almidón resistente, que retienen poca agua y se hinchan poco. Los componentes de este tipo de fibra son poco fermentables y resisten la acción de los microorganismos del intestino. Su principal efecto en el organismo es aumentar el volumen de las heces y disminuir su consistencia y su tiempo de tránsito a través del tubo digestivo. Como consecuencia la FI, al ingerirse diariamente, facilita las deposiciones y previene el estreñimiento (Brown y col., 1999).

La FS está formada por inulina, pectinas, gomas, fructooligosacáridos y algunos tipos de hemicelulosas, que captan mucha agua y son capaces de formar geles viscosos. Es muy fermentable por los microorganismos intestinales, por lo que produce gran cantidad de gas en el intestino. Al ser muy fermentable favorece la creación de flora bacteriana que compone una tercera parte del volumen fecal, por lo que este tipo de fibra también aumenta el volumen de las heces y disminuye su consistencia. La FS, además de captar agua, es capaz de disminuir y hacer lenta la absorción de grasas y azúcares de los alimentos, lo que contribuye a regular los niveles de colesterol y de glucosa en sangre. Para que las FD puedan cumplir satisfactoriamente sus propiedades funcionales al interior del tracto gastrointestinal, deben de presentar algunas propiedades físico-químicas; López y

col. (1997) las describen como propiedades de hidratación, viscosidad, capacidad de absorción de aceite y capacidad de intercambio iónico.

Entre las propiedades físico-químicas que las diferentes fuentes de FD deben poseer para ejercer con mayor eficiencia las funciones fisiológicas en el tracto gastrointestinal, la viscosidad es una de las más importantes. La viscosidad se define como la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Los efectos derivados de la viscosidad de la FD son los responsables de sus acciones sobre el metabolismo lipídico, hidrocarbonado y en parte de su potencial anticarcinogénico.

Se hace cada vez más necesario incluir en nuestra dieta alimentos que contengan en su composición, sustancias que contribuyan a ejercer un bienestar en la salud humana, y por ello la FD es una de las sustancias de mayor uso en la actualidad. El objetivo del presente trabajo de investigación, fue la caracterización físico-química, en particular la propiedad de viscosidad, de diferentes productos comerciales que contienen FD. Observando el efecto del pH ácido sobre la generación de la viscosidad en las suspensiones hechas por los diferentes productos de FD probados.

CAPITULO II

2.0 ANTECEDENTES

2.1 Definición de fibra dietética

En la tercera década del siglo XX ya se conocía la importancia que tenían algunas sustancias para la salud. En 1923, John Harvey Kellog publica la "Guía para la alimentación científica en la salud y en la enfermedad". Es en 1976 cuando Trowel define la FD como aquella sustancia procedente de las plantas y que está formada por un conjunto de macromoléculas que no pueden ser digeridas por las enzimas del tracto digestivo.

Para Rojas Hidalgo (1994) la FD, no es una sustancia, sino un concepto que integra a distintas disciplinas como son la botánica, la química, la fisiología, la gastroenterología y la nutrición. Sin embargo, es Cummings (1995) el que define a la FD de forma más certera desde la óptica de los conocimientos científicos actuales. Señala que el citoesqueleto de los vegetales es lo que se puede denominar como FD, que es una sustancia aparentemente inerte y que puede ser fermentada por algunas bacterias, pero no desdoblada por las enzimas digestivas, y por tanto, resulta imposible de absorber. Las propiedades serán muy diversas, dependiendo de la especie y de la variedad vegetal de procedencia.

La American Association of Cereal Chemists (2001) define a la FD: "la parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas de la planta. Las FD promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol en sangre y/o atenúa la glucosa en sangre".

En resumen, se puede decir que la FD se compone de sustancias de origen vegetal, hidratos de carbono o derivados de los mismos, excepto la lignina, que resisten la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica (Trowel, 1976).

2.1.1. Clasificación de la fibra dietética

La clasificación más interesante de la FD desde el punto de vista biológico es aquella que se basa en el grado de solubilidad de los componentes de la FD en el agua (Figura1).

Clasificación de la fibra dietética por su solubilidad

Fibra insoluble. Los componentes principales de la fibra insoluble (FI) son celulosa, algunos tipos de hemicelulosas, lignina, cutina, suberina, quitina y quitosana, las cuales no se disuelven en agua, solamente tienen una parcial hidratación. La viscosidad generada por los componentes de la FI es baja, y la puede ocasionar la celulosa, la mayoría de las hemicelulosas y en menor medida la lignina; estos componentes son más resistentes a la digestión y pueden ser fermentados parcialmente por las bacterias colónicas y producir ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como el butírico, el propiónico y el láctico. Este tipo de fibra se encuentra principalmente en los alimentos derivados de cereales integrales, especialmente del trigo. La FI tiene un papel importante en la prevención del estreñimiento, ya que produce un bolo fecal más abultado y más suave.

(<http://membres.lycos.fr/trinche/Fibra.htm>)

Los diferentes componentes de la FI se describen brevemente a continuación:

- ❖ Celulosa, es un polisacárido estructural en las plantas, se forma por la unión de moléculas de 1,4- β -glucosa. Su función facilita la digestión, retiene agua en las heces (100 gr pueden fijar 40 ml de agua), aumenta el volumen y el peso de las heces, favorece el peristaltismo del colón y la defecación, disminuye el tiempo de tránsito colónico y no interviene en la absorción de metales divalentes del colesterol y de los ácidos biliares.
- ❖ Hemicelulosa, es un polisacárido. Su función es reducir la elevada presión del colón, aumenta la excreción de ácidos biliares y el volumen y el peso de las heces.
- ❖ Lignina, es un polímero orgánico. Es el único componente de la FD que no es un polisacárido; no se digiere, no se absorbe ni es atacado por la microflora bacteriana. Tiene la capacidad de unirse a los ácidos biliares y al colesterol retrasando o disminuyendo su absorción en el intestino delgado.
- ❖ Cutina, es el principal componente de la cutícula de las plantas, es un polímero formado por muchos ácidos grasos.
- ❖ Suberina, es un polímero también formada como la cutina, de muchos ácidos grasos; su diferencia es que esta tiene ácidos dicarboxílicos y una porción de fenoles como parte de su estructura.
- ❖ Quitina, es un polisacárido característico de los crustáceos.

(Martínez F. Héctor E., 2008. http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_diet%C3%A9tica).

Fibra soluble. La fracción de fibra soluble (FS) esta compuesta de inulina, pectina, gomas, β -glucano, algunos tipos de hemicelulosas, así como de otras sustancias, las cuales tienen la capacidad de dispersarse en agua y formar una mezcla de consistencia viscosa. Puede ayudar a disminuir la fracción de colesterol-LDL (dañino), mientras que mantiene los niveles de la fracción de colesterol-HDL (bueno). La FS ejerce su función sobre todo en la primera parte del intestino grueso. Se encuentra en las frutas (naranjas y manzanas), los vegetales y algunos cereales (avena) y especialmente en las legumbres (guisantes, habas y lentejas secas, zanahorias). (<http://membres.lycos.fr/trinche/Fibra.htm>).

Se mencionan brevemente los componentes de la FS y algunas de sus características:

- ❖ Inulina. Es un oligosacárido resistente, promueve los movimientos del intestino grueso, y mejora la absorción de calcio.
- ❖ Pectinas. Son polisacáridos que contiene un alto contenido de ácido galacturónico. Su función es absorber agua, mejora la tolerancia de los diabéticos a la glucosa, retrasa el vaciamiento gástrico, suministra el sustrato fermentable para las bacterias del colón, fija los ácidos biliares y aumenta su excreción y reduce la concentración plasmática de colesterol.
- ❖ Gomas. Son polisacáridos; presentan alta viscosidad. Abarca un extenso número de polímeros solubles en agua, los que en general están formados por largas cadenas de ácido urónico y cadenas laterales de monosacáridos como xilosa, arabinosa o manosa. Algunas gomas son usadas para impartir algunas propiedades de textura en alimentos y de esa forma aumentan la cantidad de FD en productos alimenticios. Entre las gomas más conocidas se encuentran la guar, arábica, karaya y tragacanto (Nelson, 2001).
- ❖ β – glucano. Es un polímero de glucosa con enlaces glucosídicos mixtos β -1-3 y β -1-4. Los β -glucanos a menudo se refieren como gomas o mucílagos debido a su alta capacidad de hidratación.
- ❖ Mucílagos. Son polisacáridos poco ramificados que no forman parte de las paredes de las células vegetales, sino que se encuentran en el interior de semillas y algas. Se pueden considerar como hemicelulosas neutras (con bajo contenido en ácidos urónicos), pero no se les llama así para remarcar que no son polisacáridos estructurales. Sus efectos son los de disminuir el tiempo de vaciado gástrico, suministran el sustrato fermentable para las bacterias del colón y fijan los ácidos biliares. Los mucílagos más conocidos se hallan en la cáscara de semilla de *Plantago ovata* (Ispaghula Husk), la goma guar y el de la semilla de acacia.

(Martínez F. Héctor E., 2008. http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_diet%C3%A9tica).

Las FS y FI son necesarias para la buena salud. Los alimentos altos en fibra tienden a ser bajos en grasa y participan adecuadamente en dietas de reducción de peso, bajas en grasa y dietas para el diabético. Del total de FD consumida, un 30% debe ser de FS y un 70% de FI.

Otros componentes poseen ambas características, es decir, presentan un comportamiento tanto de FS como de FI, como en el caso del almidón resistente.

Los almidones o féculas se encuentran distribuidos ampliamente en tubérculos, como la patata, en granos y semillas, en gran número de frutos y en los rizomas y la médula de muchas plantas. En un principio se pensaba que la totalidad del almidón ingerido se disociaba y absorbía a lo largo del tracto intestinal. Estudios recientes han demostrado que al menos el 10% del almidón escapa a los procesos de digestión. Este almidón se conoce como almidón resistente (AR) y, se define como “la suma de almidón y productos de su degradación que no han sido absorbidos en el intestino delgado de sujetos sanos”. Existen tres tipos de AR que son resistentes a la enzima α -amilasa humana. Estos AR se encuentran por ejemplo en los granos y semillas poco molidos, en las patatas y plátanos y en las comidas preparadas o precocidas.

El AR se comporta en el colón como un sustrato importante para la fermentación bacteriana, habiéndose demostrado su influencia en la producción de AGCC (Mateu de Antonio X, 2004).

2.1.1.2. Clasificación de la fibra dietética por su fermentabilidad

Las FD también pueden clasificarse por su grado de fermentación en el colón (Figura 1).

1. Fibra poco fermentable. Es aquella cuyo contenido es rico en celulosa y lignina. Es muy resistente a la degradación bacteriana en el colon y es excretada intacta por las heces. Es lo que ocurre con el salvado de trigo.

2. Fibra muy fermentable. Posee gran cantidad de hemicelulosa soluble e insoluble, pectinas y/o almidón resistente. Su degradación es rápida y completa en el colón (<http://www.alimentacion-sana.com.ar>).

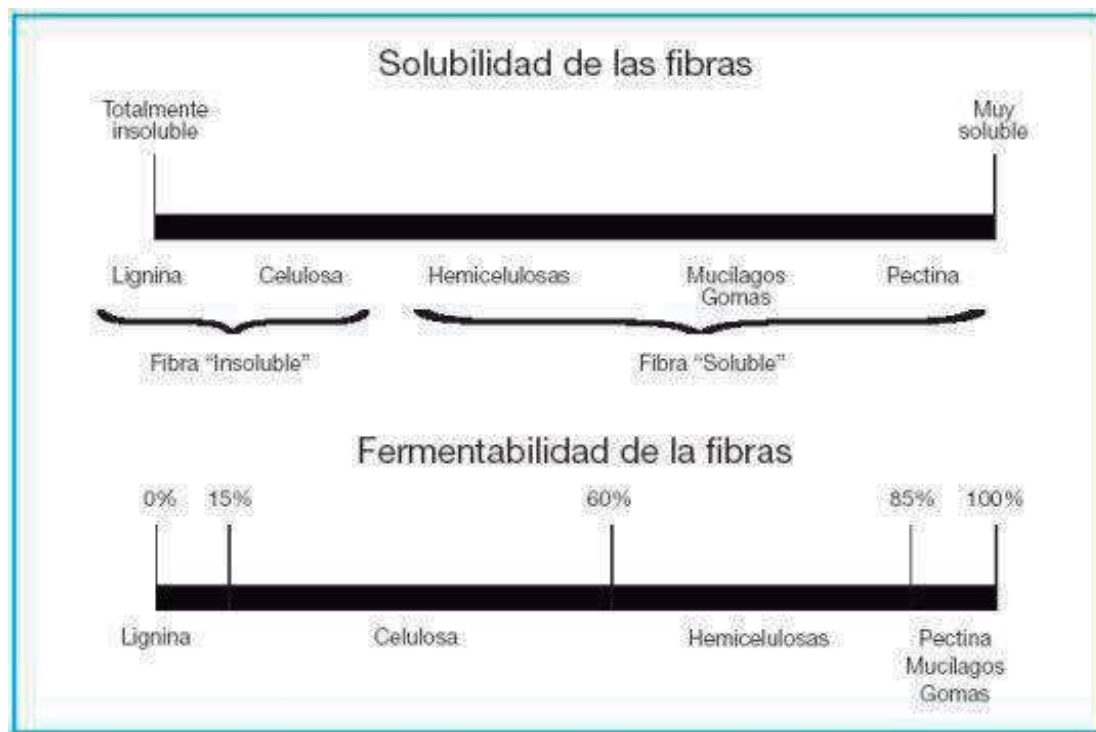


Figura 1. Clasificación de la fibra dietética con base en su solubilidad y fermentabilidad.

2.1.2 Propiedades físico-químicas de la fibra dietética

Los diferentes tipos de fibras se diferencian entre sí por su composición y sus propiedades fisicoquímicas. Estas se determinan, por lo general, *in vitro* y es útil para predecir su probable comportamiento *in vivo*, ya que en este medio están

sometidas a un entorno fisiológico muy complejo y a una serie de mecanismos que pueden modificarlo.

2.1.2.1. Capacidad de absorción y retención de agua

Todas las fibras son capaces, en un medio acuoso, de captar agua hasta cierto límite, que está condicionado sobre todo por la disponibilidad de grupos funcionales hidrofílicos, de los componentes de la FD, capaces de interaccionar con el agua. Además, intervienen el tamaño y la conformación de las partículas e incluso el valor del pH y la concentración de los electrolitos del medio. La absorción de agua se produce a través de puentes de hidrógeno, o por fijación a la superficie de la FD o por atrapamiento en el interior de la estructura macromolecular (Noakes M. y col., 1996).

Las FS presentan una estructura de polisacárido, que permite la fijación de agua. Esta puede ocurrir por diferentes mecanismos:

a) Por vía química, fijándola a los grupos hidrófilos de los polisacáridos, como es el caso de los grupos -OH y -COOH. b) por acumulación en la matriz de la fibra (fuera de la célula), y c) por acumulación en los espacios interparietales.

La solubilidad de las FS y FI confiere a éstas propiedades diferentes:

- ❖ Las FS en contacto con el agua forman un retículo donde queda atrapada el agua, gelificándose la mezcla. De este grupo forman parte las gomas, los mucílagos y las pectinas, así como algunas hemicelulosas. En la capacidad de captar agua influye de forma muy importante el tamaño de la partícula ingerida. Así, el tamaño de la partícula de salvado de trigo puede alterar ostensiblemente su habilidad para captar agua y su degradación bacteriana. El salvado finamente molido capta un 26% menos de agua que el salvado no molido.

- ❖ Las FI (fibrosas) captan poca agua y forman mezclas de baja viscosidad. Son la celulosa, algunas hemicelulosas y, sobre todo, la lignina, que es la más hidrofóbica de todas las fibras. De hecho, a medida que la planta va madurando y se va haciendo más rica en lignina, va perdiendo progresivamente contenido en agua
(<http://www.fibra-salud.com/.%5CObra%5C5.htm>).

2.1.2.2. Captación de minerales

La fibra rica en ácido urónico tiene facultad para fijar los minerales calcio, fósforo, zinc, hierro y magnesio, por lo que puede alterar la absorción de los mismos. Si el aporte de fibra se corresponde con las recomendaciones habituales no existirá ningún problema carencial causado por el balance negativo de los minerales mencionados. Se considera que si el aporte de fibra es inferior a 50 gr/día, no hay exposición para desencadenar un equilibrio nutricional.
(<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/fibra1.htm>).

Cuando los componentes de la FD absorben la suficiente cantidad de agua, y forman un gel fuerte, al interior del mismo quedan atrapadas sustancias como azúcares, lípidos y algunos iones, como el calcio, cadmio, zinc y cobre. El atrapamiento de estos últimos y su posterior eliminación por las heces es un efecto no deseado de la FD. Los ácidos urónicos y los grupos carboxilo libres de las FD son los responsables de unirse a esos cationes. La pectina presente en frutas y vegetales, tiene una gran cantidad de ácidos urónicos y grupos carboxilos libres que pueden enlazar particularmente al calcio (Martínez F. Héctor E y col., 2008).

El fenómeno de atrapamiento de iones es conocido como capacidad de intercambio iónico, el cual depende de diversos factores como el tipo de fibra, pH, fuerza iónica, y naturaleza del catión (Martínez F. Héctor E y col., 2008).

2.1.2.3. Viscosidad

La FD retrasa la absorción de moléculas orgánicas y minerales debido a que la fibra hidratada tiene la capacidad de formar un gel viscoso, que retrasa la difusión de nutrientes desde la luz intestinal hasta la superficie de la mucosa intestinal, donde se encuentran las células epiteliales responsables de la absorción de los nutrientes. Este retraso de la absorción de nutrientes se ve potencializado a causa de que las enzimas digestivas no entran en contacto adecuadamente con los nutrientes para su digestión. De ahí la importancia de que las FD generen viscosidad. A continuación se describen algunas generalidades sobre la propiedad de viscosidad.

Definición y generalidades de la viscosidad

La viscosidad es la resistencia que una sustancia presenta para fluir libremente, y es el resultado de la fricción interna que se genera entre las capas de un material líquido o semilíquido. Para comprender mejor este concepto, imaginemos un líquido que tiene diferentes capas; al aplicar una fuerza sobre la capa externa esta adquiere una velocidad v_1 ; la segunda v_2 capa se moverá más lentamente debido a la diferencia en la viscosidad entre capas; el movimiento se seguirá transmitiendo, pero cada vez más lento, de tal manera que la capa interna presenta la velocidad mas baja (Badui, 1999).

La unidad de viscosidad absoluta es el Poise, que es la fuerza tangencial (fuerza ejercida) requerida para mantener una velocidad de 1cm/seg de un fluido entre dos planos paralelos de un área de 1cm² y separados por una distancia de 1cm. Así 1 Poise es igual a 1g/cm-seg en sistema pocos viscosos, tales como el agua; también se emplea el centiPoise (cP).

Por lo general, en las mediciones no se emplea la viscosidad absoluta, sino la llamada viscosidad específica o relativa que se expresa mediante

comparaciones con un fluido, como el agua, cuya viscosidad es conocida. Para líquidos muy espesos es preferible que el líquido de referencia tenga viscosidad alta, como en el caso del glicerol. Los fluidos tienen distintas características reológicas, que pueden ser determinados por un viscosímetro. De acuerdo con sus comportamientos reológicos, los fluidos se han dividido en newtonianos y no newtonianos (Figura 2): los primeros son los que presentan una relación proporcional entre el esfuerzo de cizallamiento o esfuerzo cortante aplicado (τ) y la rapidez de corte o rapidez de la deformación ($\dot{\gamma}$) a través del coeficiente de viscosidad (η) del fluido en cuestión. Tienden a tener la misma viscosidad a distintas razones de corte y son llamados newtonianos por sostener sobre un mismo rango de razón de corte al ser medido (Badui, 1999).

Esta relación, en el caso de los fluidos newtonianos, estar presentada por la siguiente ecuación de Newton:

$$\tau = \dot{\gamma} \eta$$

En los alimentos, la mayoría de los sistemas son no newtonianos, y solo los soles con concentraciones muy bajas de coloides pueden presentar comportamiento newtonianos; las propiedades de los primeros dependen de las características moleculares y estructurales de los coloides que los componen: la forma y el tamaño de las partículas, al igual que el grado de interacción y el ordenamiento que existe entre ellas determinan en gran medida este comportamiento.

Los fluidos no newtonianos tienen diferente viscosidad a diferente razón de corte; estos se pueden dividir a su vez en pseudoplásticos, plásticos y dilatantes, y presentar cambios en sus características reológicas en relación con la rapidez de corte y esfuerzo cortante (Badui, 1999).

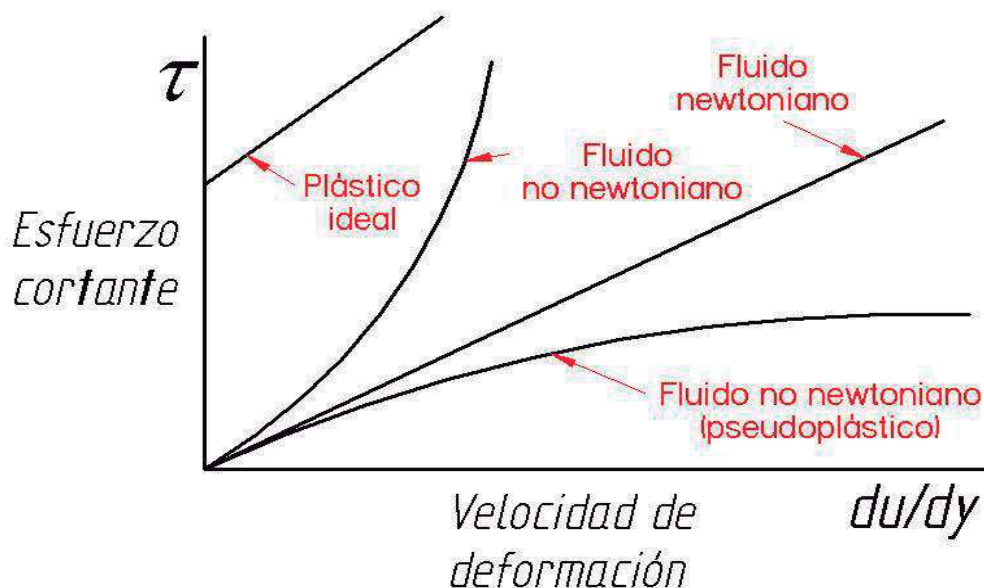


Figura 2. Gráfica de fluidos Newtonianos y no Newtonianos.

2.1.2.4. Capacidad de absorción de aceite

Es importante la capacidad de absorción de aceite de una FD por que determina la cantidad de triglicéridos y colesterol que puede encapsular la FD en el tracto gastrointestinal; cuando el colesterol se adhiere a la FD, se retrasa, reduce su absorción en el intestino delgado. Por otro lado, la FS se fermenta en el colon y permite la formación de AGCC y otros productos que inhiben la síntesis hepática del colesterol (Martínez F. Héctor E y col., 2008).

Secuestro y posterior eliminación de las sales biliares.

Los ácidos biliares son sintetizados exclusivamente en el hepatocito a partir del colesterol produciéndose dos ácidos primarios, el ácido cólico y el quenodesoxicólico.

Fundamentalmente dos mecanismos regulan la síntesis de los ácidos biliares:

1. La síntesis de colesterol
2. La actividad de la enzima 7, α -hidroxilasa.

La función de los ácidos biliares es:

- ❖ Emulsificar y ayudar a digerir grasas
- ❖ Inducir la secreción de líquidos por el intestino delgado

Los ácidos primarios arriba mencionados son conjugados en el hepatocito a través de una unión peptídica con los aminoácidos glicina y taurina para luego ser secretados como bilis en el intestino. En el duodeno y yeyuno es donde desarrollan su función en la digestión y absorción de lípidos.

La absorción de los ácidos biliares comienza en el ileon hasta la parte proximal del colon, la bilis es absorbida por la mucosa intestinal a través de transportes activos y pasivos y es conducida por el sistema portal al hígado dónde es reciclada para ser secretada nuevamente como bilis.

De esta manera, en condiciones fisiológicas normales de un total teórico de 25 g de ácidos biliares van hacia el intestino diariamente, solo 500 mg serían perdidos por materia fecal.

Estos ácidos reabsorbidos ejercen un rol regulatorio en la síntesis de nuevos ácidos biliares, teniendo marcada influencia en las enzimas que participan en la síntesis del colesterol y de los ácidos biliares: dichas enzimas son, la hidroximetilgluconil CoA (HMG CoA) y la 7, α -hidroxilasa.
(<http://www.iaca.com.ar/acidos%20bilares.htm>).

Fisiopatología de los ácidos biliares

El hígado es el único órgano responsable de todo el metabolismo, síntesis, conjugación, transporte y excreción de los ácidos biliares. Fundamentalmente la captación hepática es el principal indicador de la integridad de la circulación enterohepática. Es claramente evidente que cualquier daño hepático compromete a uno o más pasos del delicado mecanismo de regulación de los de los ácidos biliares, provocando siempre un aumento de sus niveles séricos.

Otro posible mecanismo por el cual se pueden incrementar los niveles de ácidos biliares en suero, además de la reducción del parénquima hepático y la función hepatocelular, es una reducción patológica de la vascularización hepática.

En condiciones normales existen variaciones rítmicas diarias de estos niveles que están directamente relacionadas con las ingestas de alimentos.

El ciclo enterohepático es la propiedad de algunos fármacos de una vez absorbidos en el intestino son secretados por la bilis y son reabsorbidos de nuevo en el intestino, si el fármaco tiene propiedades antiinflamatorias o antibióticas puede ser válida para las vías biliares.

(<http://www.iaca.com.ar/acidos%20bilares.htm>).

La importancia de la FD sobre el secuestramientos de los ácidos biliares radica en los siguientes efectos:

- a. Aumento de la excreción de ácidos biliares.- Determinadas cepas bacterianas, como el *Clostridium putrificans*, con capacidad cancerígena, utilizan como sustrato a los ácidos biliares y al colesterol, que son desconjugados por las mismas. Se activa la proteinquinasa C que es capaz de estimular el crecimiento celular. Otras bacterias dan lugar al ácido litolítico y otros mutágenos que son inhibidos por algunos tipos de FD.

- b. Disminución de la absorción de las grasas.- Este efecto se debe a que las grasas no se pueden emulsionar, al no estar presentes los ácidos biliares, y por lo tanto tampoco se pueden transportar hasta la mucosa intestinal.
- c. Interrupción de la circulación enterohepática de las sales biliares.- La interrupción provoca que el hígado tenga que formar nuevas sales biliares y, por tanto, recurrir a las reservas orgánicas de colesterol.

(<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/fibra1.htm>).

2.1.2.5. Fermentabilidad

La fermentabilidad es la propiedad más importante de un gran número de FD, ya que de ella derivan multitud de efectos, tanto locales como sistémicos, y está relacionada con la solubilidad de cada FD (Figura 3).

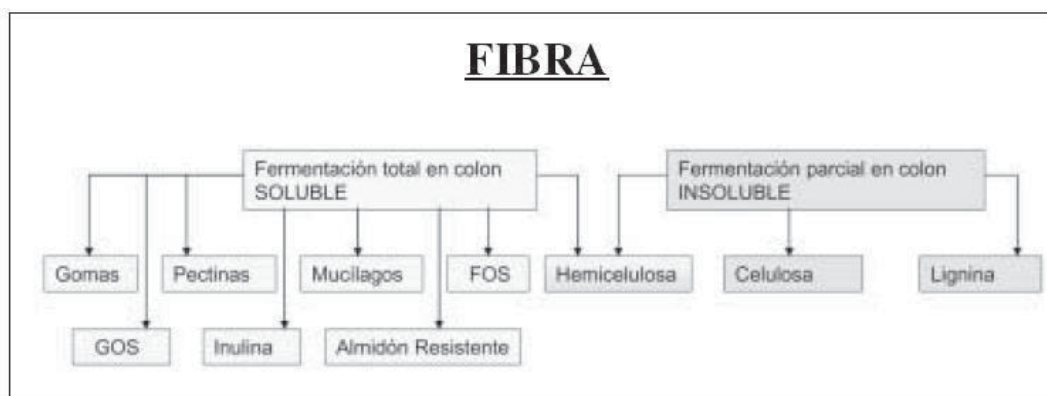


Figura 3. Clasificación de la FD según su grado de solubilidad.

La FD llega al intestino grueso de forma inalterada y aquí las bacterias del colon, con sus numerosas enzimas de gran actividad metabólica, pueden digerirla en mayor o menor medida dependiendo de su estructura. Este proceso de digestión se produce en condiciones anaerobias, por lo que se denomina fermentación (Zarzuelo y Gálvez, 2005).

En el colon se dan fundamentalmente dos tipos de fermentación: fermentación sacarolítica y fermentación proteolítica.

Los principales productos de la fermentación de la FD son: AGCC como, el butírico, propiónico y acético y gases (hidrógeno, anhídrido carbónico y metano); además de la producción de energía.

La fermentación proteolítica produce derivados nitrogenados como aminas, amonio y compuestos fenólicos, algunos de los cuales son carcinogénicos.

Más del 50% de la FD consumida es degradada en el colón, el resto es eliminado por las heces. Todos los componentes de la FD, a excepción de la lignina, pueden ser fermentados por las bacterias intestinales, aunque en general las solubles lo son en mayor cantidad que las insolubles.

Por otra parte, la propia FD, los gases y los AGCC generados durante su fermentación, son capaces de estimular el crecimiento de microorganismos del colón.

La ingestión de fructooligosacáridos puede multiplicar por 10 la representación numérica de las bifidobacterias (Bouhnik y col., 1996), en lo que se ha denominado efecto prebiótico: “componentes no digeribles de la dieta que resultan beneficiosos para el huésped porque producen el crecimiento selectivo, la actividad o un número limitado de bacterias del colón” (Gibson 2004).

Ciertos géneros bacterianos como *Bifidobacterium* y *Lactobacillus* se han asociado con efectos beneficiosos para la salud (Hartemink y col., 1997). Ya que controlan el crecimiento de bacterias perjudiciales y ayuda al huésped a eliminar el amonio tóxico, también producen vitaminas, principalmente del grupo B.

Otras bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella*, *Fusobacterium*, *Bacterioides* y *Clostridium* son potencialmente patógenos por ser proteolíticos y producir toxinas (Nelson y col., 2001).

Los AGCC son los productos principales de la fermentación bacteriana de carbohidratos y proteínas. Cuando llegan suficientes carbohidratos al colon, la fermentación proteica y de aminoácidos se reduce y la mayor parte de la proteína es utilizada por la biomasa bacteriana, reduciéndose así los productos de fermentación proteica (amonio, compuestos fenólicos, etc.), algunos de los cuales son tóxicos para el individuo.

Los AGCC se absorben rápidamente en más del 90% por el colonocito, por lo que también se acompaña de una importante absorción de sodio y agua, lo que disminuye la diarrea que se asocia a la mala absorción de carbohidratos. El orden de utilización de los AGCC por el colonocito es butirato > acetato > propionato (Roediger, 1982).

El butirato es rápidamente utilizado por los colonocitos, metabolizándose hasta CO₂, cuerpos cetónicos y agua. Es su principal fuente de energía, estimula la producción de moco, la absorción de iones y la formación de bicarbonato; también ejerce acciones antiinflamatorias en el colón.

El propionato no metabolizado por la mucosa colónica, junto con el acetato, llegan al hígado a través del sistema portal.

2.1.3. Efectos fisiológicos de la fibra dietética

2.1.3.1. Fibra dietética y las enfermedades gastrointestinales

Desde la publicación de los trabajos de Burkitt y Trowell (1972), diversos estudios epidemiológicos, han llamado la atención sobre los beneficios que el

consumo habitual de FD tiene sobre distintas enfermedades. A continuación se describen algunos de esos disturbios del tracto gastrointestinal.

Estreñimiento

El consumo de FD, tanto la FI como la FS, disminuye las molestias del estreñimiento leve y moderado, debido al incremento de la masa fecal. La FI, poco fermentable, es la que aumenta en mayor grado la masa fecal debido a los restos de fibra no digeridos y a su capacidad para retener agua. La FI, y en general fermentable, aumenta la biomasa bacteriana y la retención de agua. El aumento del volumen fecal y el consiguiente estiramiento de la pared intestinal, estimulan los mecano-receptores y se producen los reflejos de propulsión y evacuación (Gassull, 2004).

Las sales biliares y los AGCC también estimulan la motilidad y aceleran el tiempo de tránsito intestinal.

Los gases producidos en la fermentación parcial de la FI aumentan la masa fecal al quedar atrapados en el contenido intestinal e impulsan la masa fecal al actuar como bomba de propulsión.

En caso de estreñimiento severo, la FD puede ser a veces contraproducente, como en pacientes con lesiones de médula espinal o tránsito intestinal especialmente lento.

Diarrea

La FD altamente fermentable, produce AGCC, y al ser estos absorbidos también arrastran al sodio y agua. Esto ha mostrado ser útil en los casos de diarrea, contribuyendo así mismo al mantenimiento de la función de barrera intestinal. En ocasiones, con la toma de antibióticos, se rompe el equilibrio entre

los diferentes tipos de bacterias del intestino causando un descenso de los lactobacilos y bifidobacterias. Éstos son los que protegen de la colonización por patógenos, produciéndose infecciones por gérmenes oportunistas (fundamentalmente *Clostridium difficile*) provocando diarrea. Parece que asociar a la dieta fibra fermentable, esencialmente inulina, juega un papel importante a la hora de controlar este tipo de diarrea (Roth , 1996).

Colitis ulcerosa

La colitis ulcerosa es una enfermedad inflamatoria del intestino que afecta a la capa mucosa del colón. Cursa con brotes repetidos de diarrea sanguinolenta, dolor abdominal y fiebre. Es de etiología desconocida aunque probablemente multifactorial. Roediger (1980) fue el primero en proponer que en la colitis ulcerosa existía un defecto en la oxidación de los AGCC por parte de los colonocitos.

Dado que es el colón distal la zona que más se afecta en la colitis ulcerosa y es allí donde el colón es más dependiente del butirato, parece razonable esta asociación. Estudios realizados *in vitro*, han demostrado que la fermentación por la flora bacteriana colónica de semillas de *Plántago ovata* producen un aumento de AGCC, especialmente de butirato. Este tipo de fibra es fermentado lentamente a lo largo de todo el colón, manteniendo niveles elevados de butirato incluso en el colon distal. Fernández-Bañares (1999) realizó un estudio sobre 102 pacientes con colitis ulcerosa en remisión, comparando la eficacia de las semillas de *Plantago ovata* con la de la mesalamina. El estudio demostró que la administración de 10 g de esta fibra tuvo una eficacia similar en el mantenimiento de la remisión que el tratamiento con el derivado de 5-ASA. Este efecto beneficioso se asoció con un incremento en la concentración de butirato en el colón distal.

Los resultados de los estudios han sido más alentadores al emplear la fibra en la dieta que en forma de **enemas**, ya que los beneficios probablemente dependen de que el butirato esté más tiempo en contacto con la mucosa.

Cáncer colorrectal

Burkitt (1971) describió una asociación inversa entre el consumo de FD y el riesgo de cáncer de colón al comparar los patrones de alimentación en Inglaterra y África oriental. Desde esa época se han realizado múltiples estudios con resultados a veces contradictorios.

La European Propective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC), realizó un estudio de ámbito mundial que incluyó alrededor de 520,000 personas con un seguimiento durante seis años; en él se relacionó inversamente la toma de FD en dosis altas con la incidencia de cáncer de intestino grueso, donde el mayor efecto correspondía al colón izquierdo y el menor al recto.

Inicialmente se consideró que los efectos sobre el bolo fecal y la velocidad de tránsito intestinal que provocaba la FD, podían ser la causa de su beneficio.

También es conocido el hecho de que al disminuir el pH del colón se inhibe la actividad del enzima 7- α -hidroxilasa que convierte los ácidos biliares primarios en secundarios.

A pesar de que no existen todavía datos concluyentes, sí existe acuerdo para recomendar, desde una edad temprana, incorporar a la dieta cantidades de FD de 30-35g día, especialmente procedente de fruta y cereales junto a otras medidas de carácter general como las propuestas por la Sociedad Americana contra el Cáncer con la finalidad de prevenir el cáncer colorrectal.

Enfermedad cardiovascular

El efecto de la FS sobre la reducción de los lípidos es probablemente el mejor conocido. Lo que no está claramente establecido es el tipo de fibra más recomendable.

El National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel (NCEP ATP III), recomienda el aumento de la ingesta de fibra viscosa para disminuir el colesterol sérico y reducir el riesgo de cardiopatía. Se ha establecido una cantidad de FS de 10-25 g y 2 g/día de fitoesteroides.

El consumo regular de 20-30 g de fibra/día, reduciría el riesgo de enfermedad cardiovascular entre un 12 y un 20%.

Un informe más amplio sobre FD y enfermedad coronaria, consiste en un análisis que agrupa once importantes estudios. Se observó que el efecto era mayor para la FS viscosa que para la FI. La fuente de fibra era la fruta (pectina). Se asoció una reducción del 30% del riesgo de enfermedad coronaria por cada 10 g/día de consumo de la FD proveniente de la fruta.

La ingesta regular de fibra viscosa, tiene efectos beneficiosos sobre el control de colesterol; pero la fibra es solo un factor de los muchos que están implicados en la enfermedad cardiovascular (Gassull, 2004).

Los mecanismos propuestos para explicar los beneficios de la fibra estarían en relación con la capacidad de limitar la absorción del colesterol intestinal y con la acción quelante sobre las sales biliares. Asimismo, se ha visto que el propionato, tras ser absorbido desde el colon a la circulación portal, puede actuar inhibiendo la enzima HMG-CoA reductasa, disminuyendo así la síntesis endógena de colesterol.

Diabetes

En los últimos treinta años múltiples estudios han demostrado que la administración de FD puede reducir los niveles de glucemia en pacientes con diabetes tanto tipo 1 como tipo 2.

La Asociación Americana de Diabetes (ADA) sigue recomendando un consumo de fibra entre 20-35 g/día para mantener un mejor control glucémico e insulínico. Parece que la fracción soluble es la más eficaz en el control de la glucemia. Los mecanismos que se proponen son:

- Retraso en el vaciamiento gástrico
- Disminución en la absorción de glucosa al quedar esta atrapada por la viscosidad de la fibra y ser entonces menos accesible a la acción de la amilasa pancreática;
- Producción de AGCC: el propionato influiría en la neoglucogénesis reduciendo la producción hepática de glucosa. El butirato podría actuar reduciendo la resistencia periférica a la insulina al reducir la producción de $\text{TNF}\alpha$. Como es bien sabido, la resistencia a la insulina es uno de los factores más importantes implicados en el síndrome metabólico.

Es importante también tener en cuenta que la insulina tiene, además de su acción metabólica, un efecto sobre el endotelio vascular que facilita la progresión de la aterogénesis.

2.1.4. Efectos Adversos que ocasiona la FD

La fermentación de la FD por las bacterias anaerobias en el colon, puede producir: flatulencia, distensión y dolor abdominal. Estos efectos son

especialmente acusados con los fructooligosacáridos (FOS) y galactooligosacáridos (GOS).

Ocasiona la disminución de la biodisponibilidad de vitaminas y sobre todo minerales, que al estar cargados quedan retenidos por la FD, principalmente por la FS.

Como esta fibra puede ser degradada por la microflora del intestino grueso, mucho de estos minerales pueden ser liberados y una parte de ellos por tanto, absorbidos por el organismo. La lignina, fibra insoluble, baja la biodisponibilidad de algunos cationes como el hierro, cobre o zinc.

Se forman enteropatías formadas por la irritación ocasionada por la FD, ya que aumenta el volumen de las heces, y, la lignina algunas otras sustancias duras, de la FD rozará con las paredes del intestino produciendo descamaciones de las células.

Se han descrito algunos casos de obstrucción intestinal y de formación con la ingestión de altas dosis de fibra no fermentable, especialmente cuando existe un escaso aporte hídrico, también absorbe minerales y vitaminas.

En dosis bajas puede provocar cáncer de colón, ya que se queda adherida a las paredes del intestino.

Se recomienda que el consumo de FD se realice de forma gradual para que el tracto gastrointestinal se vaya adaptando.

2.1.5. Efecto de la acidez del estómago sobre el almidón, lípidos, proteínas y FD

Las funciones del ácido clorhídrico en el estómago son:

- 1º Acción desinfectante
- 2º Hidrólisis ácida de los glúcidos
- 3º Desnaturaliza las proteínas.

2.1.5.1. Hidrólisis del Almidón

El almidón es un polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, y proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. Tanto el almidón como los productos de la hidrólisis del almidón constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles de la dieta habitual.

Del mismo modo, la cantidad de almidón utilizado en la preparación de productos alimenticios, sin contar el que se encuentra presente en las harinas usadas para hacer pan y otros productos de panadería.

Los almidones comerciales se obtienen de las semillas de cereales, particularmente de maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum* spp.), varios tipos de arroz (*Oryza sativa*), y de algunas raíces y tubérculos, básicamente de patata (*Solanum tuberosum*), batata (*Ipomoea batatas*) y mandioca (*Manihot esculenta*). Tanto los almidones como los almidones modificados tienen un número enorme de posibles aplicaciones en los alimentos, entre las que se incluyen las siguientes: adhesivo, ligante, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, agente anti-envejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, estabilizante, texturizante y espesante.

El almidón se diferencia de todos los demás carbohidratos en que, en la naturaleza se presenta como complejas partículas discretas (gránulos). Los gránulos de almidón son relativamente densos, insolubles y tiene una baja capacidad de hidratación en agua fría. Los almidones están conformados por dos tipos de macromoléculas, la amilosa y la amilopectina. La amilosa es una molécula lineal conformada por la unión de cientos de unidades de glucosa unidas entre sí a través de enlaces alfa 1-4, la amilopectina es una cadena lineal proveniente de la unión de enlaces alfa 1-4, y tiene puntos de ramificación, a cada 20-25 unidades de glucosa, a través de uniones 1-6. Los almidones pueden ser dispersados en agua, particularmente en agua tibia, dando lugar a la formación de suspensiones de baja viscosidad que pueden ser fácilmente mezcladas y bombeadas, incluso a concentraciones mayores del 35%.

Puede ocurrir la hidrólisis de los enlaces glicosídicos de los carbohidratos de alto peso molecular, al estar ellos presentes en un medio ácido. El grado de extensión en la hidrólisis del carbohidrato, sea almidón o gomas, puede tener un efecto en la reducción de la viscosidad; la intensidad de la hidrólisis puede depender de la intensidad del medio ácido, del tiempo y temperatura de exposición y la estructura del carbohidrato (BeMiller, y Whistler, 1996).

La hidrólisis ácida de las proteínas involucra el rompimiento de los enlaces $\alpha(1-4)$ y $\alpha(1-6)$ en la región amorfa del gránulo del almidón que es más susceptible a la degradación del almidón con un aumento relativo en la producción cristalina y reduciendo los valores de viscosidad y contenido de azúcar (Thomas, 1999).

2.1.5.2. Desnaturalización e hidrólisis de las proteínas

El ácido Clorhídrico (HCl), por su capacidad ácida, desnaturaliza a la proteína, es decir, rompe sus enlaces peptídicos, y cambia las propiedades estructurales y fisiológicas de la proteína (Lenhinger, 1996).

La desnaturalización de las proteínas implica modificaciones en la estructura de la proteína que traen como resultado una alteración o desaparición de sus funciones.

Este fenómeno puede producirse por una diversidad de factores, ya sean físicos cómo: el calor, las radiaciones ultravioleta, las altas presiones; o químicos cómo: ácidos, bases, sustancias con actividad detergente.

Este fenómeno genera la ruptura de los enlaces disulfuro y los puentes de hidrógeno, generando la exposición de estos. Cuando la proteína es desnaturalizada pierde sus funciones como: viscosidad y la facilidad con que se cristalizan. La reversibilidad de la desnaturalización, depende que tan fuertes sean los agentes que desnaturalizaron la proteína. Todo depende del grado de ruptura generado en los enlaces (Thomas, 1999).

La hidrólisis de las proteínas termina por fragmentarlas en aminoácidos. Hidrólisis ácida: Se basa en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácida fuertes (HCl y H₂SO₄). Este método destruye completamente el triptófano y parte de la serina y la treonina (Thomas, 1999).

CAPITULO III

3.0 JUSTIFICACIÓN

La FD tiene gran importancia para la sociedad, ya que se obtienen grandes efectos benéficos en la salud, como es la prevención de diversas enfermedades crónica-degenerativas como las cardiovasculares y cáncer de colón. La FD se encuentra en los alimentos de origen vegetal, como los cereales integrales, frutas, verduras, legumbres, y algunos complementos como los productos comerciales usados como fuentes de FD.

El consumo diario de FD en las cantidades recomendadas, que son de 20 a 35 g/día ayudaría a prevenir las enfermedades arriba mencionadas. Una alternativa que se viene haciendo más común entre el público consumidor es el uso de fibras como complementos dietéticos. Sin embargo, existe una gran variedad de esos productos disponibles comercialmente, ya sea que en su formulación contiene un solo ingrediente como fuente de FD o bien combinados dos o más ingredientes, con la inclusión a veces de saborizantes o colorantes. Debido a ello, ese tipo de productos varían en su contenido en FD y por lo tanto en el efecto fisiológico que puedan ejercer en el tracto gastrointestinal en humanos. Esto último puede verificarse a través de la evaluación de algunas propiedades físico-químicas de ese tipo de productos, a nivel de laboratorio, a través de pruebas *in vitro*. Por ello, una de las finalidades de la presente investigación es observar la viscosidad generada por diferentes productos comerciales que incluyen a la FD como ingrediente principal, para predecir su posible comportamiento en el tracto gastrointestinal de los consumidores. Otro de los objetivos es evaluar el efecto que tiene la acidez sobre el desarrollo de la viscosidad de las suspensiones hechas a base de los diferentes productos comerciales, una vez que el valor de pH del estómago es de 1-2.

CAPITULO IV

4.0 HIPÓTESIS

En un alimento la viscosidad puede ser generada por la FD tanto de tipo soluble como de la insoluble, además de las proteínas, el almidón, y los lípidos, principalmente. A pH fisiológico, de 6, en la viscosidad influyen todas esas macromoléculas ya mencionadas. No obstante, a pH del estómago, con un valor de 1 a 2, esta viscosidad puede ser disminuida, probablemente porque a ese valor de pH algunas macromoléculas como las proteínas y el almidón pueden ser hidrolizadas, mientras que la mayor parte de la estructura de los diferentes componentes de la FD pueda permanece intacta.

Es por ello que se plantea para este estudio que el valor de pH ácido podría disminuir la viscosidad desarrollada por los diferentes productos comerciales usados como fuentes de FD, cuando el pH sea muy ácido (valor de 1.5).

CAPITULO V

5.0 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

El objetivo de la presente investigación fue comparar cuatro diferentes fibras dietéticas comerciales, estandarizando un método de medición de viscosidad *in vitro*, variando la concentración de las FD y las condiciones de acidez.

5.2. Objetivo Específico

- ❖ Conocer la composición química de las fuentes de fibras comerciales Metamucil, Kania, Day-Night y Algalinaza.
- ❖ Evaluar el efecto de la acidez sobre el desarrollo de la viscosidad en función de la variación de la concentración del tipo de fibra y de la concentración de ácido.

CAPITULO IV

6.0 MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materia prima

Se utilizaron 4 fuentes de fibras dietéticas comercialmente disponibles, las cuales fueron:

- ❖ Metamucil (Procter & Gamble Manufacturing Co., Phoenix, AZ, USA.).
- ❖ Kania (KANIA & Co. S.A de C.V. Guadalajara, Jal., México).
- ❖ Day-Night (FARMAQRO, S.A. de C.V., Querétaro, Qro., México).
- ❖ Algalinaza (Naturamex, Universo Naturista de México. S.A. de C.V., Morelia, Mich.).

Y fueron adquiridas en centros comerciales localizados en la Ciudad de Morelia, Michoacán

6.2. Material y Equipo

- ❖ Mufla marca FELISA, modelo FE-260
- ❖ Estufa de secado digital FELISA, modelo FE 291D
- ❖ Balanza Analítica marca SARTORIUS, modelo BL 120-s
- ❖ Micro Kjeldhal marca Novatech
- ❖ Equipo Soxhlet marca tauro
- ❖ Bomba de vacío marca SIEMENS
- ❖ Viscosímetro marca Brookfield
- ❖ pH metro
- ❖ Baño María marca FELISA
- ❖ Desecador

- ❖ Papel filtro
- ❖ Termómetro
- ❖ Crisoles
- ❖ Vasos precipitados de 600ml, 250ml,
- ❖ Probetas
- ❖ Pipetas
- ❖ Matraces 250ml, 600ml
- ❖ Agitadores

El material de vidrio utilizado fue de las marcas Pirex y Kimax. Los reactivos usados fueron de marcas diversas como Sigma y Baker, principalmente.

6.3. Metodología

6.3.1 Composición química

Los análisis hechos a las muestras fueron los de humedad, cenizas, proteínas y extracto etéreo usando los métodos de la AACC (2000).

6.3.1.1. Fibra dietética

Se realizó por el método enzimático de Prosky y col. (1998), el cual se hace en dos partes: digestión y filtración.

Digestión

La digestión consistió en pesar 1 gr de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml; a continuación se le agregaron 50 ml de solución buffer de fosfatos 0.08M pH 6; posteriormente, se le agrego 0.1 ml de la α -amilasa, que es una enzima termoestable para hidrolizar a la FD a una temperatura de 95 °C; la solución se agito por 30 min. Luego se enfrio a temperatura ambiente y se ajusto a

pH de 7.5 con NaOH (0.275N); en seguida, se le agrego 0.1 ml de la enzima proteasa y se llevo a Baño Maria a 60 °C, agitándose por 30 min, para hidrolizar la proteína. Se volvió a atemperar y se llevo a un pH de 4.5 con HCl (0.325N); a la solución se coloco 0.1 ml de la enzima amiloglucosidasa para hidrolizar el almidón de las muestras; nuevamente se llevo a Baño Maria a una temperatura de 60 °C por 30 min con agitación constante.

Filtrado

El papel filtro se colocó a peso constante y se pesó; este se filtró la muestra y se laxó, con 3 volúmenes de 10 ml de agua destilada, quedando dos partes el filtrado y el sobrenadante ambas se reservaron.

A la parte del papel filtro (FD insoluble) se le hicieron lavados con alcohol al 78%, al 95% y con acetona con 3 volúmenes de aproximadamente 10ml cada uno. Posteriormente, se puso el papel filtro a peso constante a 105 °C por 1 h, se atempero y se pesó.

La parte líquida (FD soluble) se colocó en un vaso de precipitados y se ajusto a 100 ml con agua destilada, adicionándosele entonces 400 ml de etanol al 95% a 60°C; se dejo precipitar por 1 h, y luego se lavó con alcohol al 78% con 3 volúmenes de 10 ml cada uno aproximadamente; luego se lavó con alcohol al 95% y por último con acetona; finalmente, se colocó el papel filtro a peso constante en la estufa por una hora a 105 °C, se atempero y se pesó.

Los cálculos se hicieron por triplicado y se determinó el extracto seco, proteína y cenizas. La FD total se calculó considerando el peso del residuo (papel filtro inicial menos el papel filtro con final) menos el peso de la proteína y de las cenizas. Las proteínas y las cenizas (Figura 1) se hicieron con el método anteriormente mencionado de la AACC (2000).



Figura 4. Fotografías del analizador Micro Kjeldhal marca Novatech

6.3.2. Análisis fisicoquímicos

6.3.2.1. Viscosidad

Para determinar la viscosidad de las muestras de fibra dietética, se utilizaron vasos de precipitados de 600 ml; las muestras fueron suspendidas en agua destilada a diferentes concentraciones: Metamucil al 1%, 2%, 3%, 4% y 5%; Day –Night al 1%, 2%, 3%, 4%; Kania al 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7.5% y 10%; y, Alcalinaza al 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7.5% y 10%. Las soluciones se calentaron a temperatura de 37°C agitándose por 30 min con un viscosímetro rotatorio marca Brookfield (Figura 2). La aguja giro a 100, 50, 20, 10, 5, 4 y 2.5 RPM y se utilizaron las agujas del N° 1 hasta la N° 4.

Se hicieron las mismas corridas con las mismas concentraciones bajando el pH a 1.5 con HCl, y se mantuvo a 37 °C cada una de las suspensiones, agitándose y midiéndose a los 30, 60 y 90 min.



Figura 5. Fotografía del viscosímetro marca Brookfield

Comparación de concentraciones de las fuentes de las FD comerciales



Fotografía 6. Metamucil (a) 1% y 5% y Day Night (b) 1% y 4% Concentración.

Se observa la gran diferencia de viscosidad que existe entre la concentraciones de Metamucil y de color, así como de Day Night el cual hay mucha mas viscosidad con una menor concentración de 4% que el de Metamucil.



Fotografía 7. Algalinaza (c) y Kania (d) 1% y 10% Concentración.

En este caso no hay mucha diferencia en las concentraciones ya que no generan mucha viscosidad, probablemente por tener mas proteína y lípidos.

CAPITULO VII

7.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó el análisis de composición química de los cuatro diferentes productos comerciales de FD.

En el Cuadro 1 se observa que en general los productos Algalinaza y Kania, presentaron los mayores contenidos de cenizas, extracto etéreo, y proteínas, comparados con los productos Metamucil y Day Night. En relación al contenido de cenizas, los productos Algalinaza (4.74%) y Kania (4.44%) tienen aproximadamente el mismo contenido. Estos mismos productos presentaron los mayores valores de proteína, siendo de 13.9% para Kania y de 8.22% para Algalinaza, mientras que estos valores de 2.15% y 1.14%, para Metamucil y Day Nigth respectivamente. El extracto etéreo (lípidos) en el producto Algalinaza se observó el mayor contenido graso (13%), seguido de Kania (7.22%), en comparación con las otras dos fuentes comerciales de FD. Por último, el valor de fibra dietética total (suma de la FS y FI) fue el más alto para todos los casos. Presentando los productos un rango de valores de FDT de 51.09% para la Day night hasta 40.35% para Kania. Para todos los casos el principal componente de la FDT correspondió a la fracción de tipo insoluble. El valor más alto de FS fue para el producto Kania (3.20%).

Comparando los resultados que se hicieron de proteínas, extracto etéreo y FD total, de las cuatro FD comerciales que cada compañía ofrece, Metamucil y Day Night son las fibras que tienen más similitud, ya que estas contienen un aproximado de 50% fibra dietética total.

Cuadro 1. Comparación del análisis químico de las fuentes de FD comerciales.

Componente				
Químico	Metamucil	Day Night	Algalinaza	Kania
	(%)	(%)	(%)	(%)
Cenizas	1.64	3.5	4.74	4.44
Grasa	1.59	2.96	13	7.22
Proteína	2.15	1.14	8.22	13.9
Fibra Insoluble	43.63	48.38	40.34	46.69
Fibra Soluble	0.36	2.71	0.013	3.20
Fibra Total	43.99	51.09	40.35	49.89
E.L.N.*	50.63	41.31	33.69	24.55

*E.L.N. Extracto libre de nitrógeno. Se obtuvo restando al valor de 100 la suma de los siguientes componentes (cenizas, grasa, proteína, fibra dietética total).

En los Cuadros 2 y 3 se observan los resultados de la medición de la viscosidad de las FD comerciales a diferentes concentraciones. Para el caso del Metamucil, se prepararon soluciones al 1%, 2%, 3%, 4% y 5%. Para Day Night al 1%, 2%, 3% y 4%. Para Kania y Algalinaza se prepararon soluciones al 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 7.5% y 10%. En las pruebas se utilizaron diferentes agujas, la del No. 1, 2, 3 y 4. Lo anterior fue debido a que en algunos casos la viscosidad generada por algunas soluciones fue baja, y se uso la aguja No. 1. En otros casos la viscosidad fue alta y se utilizaron ya sea la aguja 2, 3 o 4. Asimismo, en algunas soluciones la lectura fue posible tomarla a 2.5, o bien a 5, 10, 20, 50 o 100 rpm. El pH de las suspensiones o entre 5.95 y 6.2. Solamente la muestra del producto Day Night obtuvo un valor de pH de 3.8.

En los productos Metamucil y Day Night solo se realizó el análisis hasta la concentración de 5% y 4% respectivamente, ya que generaron alta viscosidad y ya no se pudo medir en el equipo.

Cuadro 2.
Viscosidad generada por suspensiones de las fibras dietéticas
comerciales.

PRODUCTO	pH	VISCOSIDAD (cP)	AGUJA	RPM
Metamucil				
[1%]	6.0	2	1	100
[2%]	6.0	11	1	50
[3%]	6.0	14	2	50
[4%]	6.0	1334	2	2.5
[5%]	6.0	1276	3	2.5
Promedio		527		
Day night				
[1%]	3.8	4	1	100
[2%]	3.8	45	2	50
[3%]	3.8	258	2	2.5
[4%]	3.8	643	4	5
[5%]	3.8	ND	ND	ND
Promedio		238		

ND viscosidad no detectada al marcar el equipo error en la medición

Continuación del cuadro 2
Viscosidad generada por suspensiones de las fibras dietéticas comerciales

PRODUCTO	pH	VISCOSIDAD (cP)	AGUJA	RPM
Algalinaza				
[1%]	6.2	1	1	100
[2%]	6.2	2	1	100
[3%]	6.2	1	1	100
[4%]	6.2	1	1	100
[5%]	6.2	2	1	100
[7.5%]	6.2	4.3	1	100
[10%]	6.2	2	1	100
Promedio		1.9		
Kania				
[1%]	5.95	1	1	100
[2%]	5.95	2	1	100
[3%]	5.95	4	1	100
[4%]	5.95	11	1	50
[5%]	5.95	63	1	10
[7.5%]	5.95	714	2	5
[10%]	5.95	1723	3	5
Promedio		360		

Cuadro 3.

**Viscosidad de las fibras dietéticas comerciales a distintas concentraciones
y adicionándole HCl, midiéndose a los 30', 60' y 90'**

FIBRA DIETÉTICA CON HCL pH 1.5	VISCOSIDAD (cp) 30'	AG	RPM	VISCOSIDAD (cp) 60'	AG	RPM	VISCOSIDAD (cp) 90'	AG	RPM
Metamucil									
[1%]	2	1	100	2	1	100	2	1	100
[2%]	3	1	100	7	1	100	31	1	20
[3%]	41	1	20	287	1	2.5	45	2	20
[4%]	34	2	20	141	2	5	213	2	4
[5%]	352	3	20	70	3	10	1467	3	4
Promedio	86			101			352		
Day night									
[1%]	3	1	100	3	1	100	3.2	1	100
[2%]	118	1	4	160	2	5	259	2	2.5
[3%]	179	3	50	1762	3	5	295	3	2.5
[4%]	1402	4	10	8992	4	1	ND	ND	ND
Promedio	426			2729			277		

Continuación del cuadro 3**Viscosidad de las fibras dietéticas comerciales a distintas concentraciones
y adicionándole HCl, midiéndose a los 30´, 60´ y 90´**

FIBRA DIETÉTICA CON HCL pH 1.5	VISCOSIDAD (cp) 30´	AG	RPM	VISCOSIDAD (cp) 60´	AG	RPM	VISCOSIDAD (cp) 90´	AG	RPM
Algalinaza									
[1%]	0.7	1	100	0.9	1	100	0.8	1	100
[2%]	1	1	100	1.4	1	100	2.2	1	100
[3%]	0.96	1	100	0.8	1	100	1.0	1	100
[4%]	1	1	100	1.0	1	100	1.3	1	100
[5%]	1.3	1	100	1.4	1	100	1.3	1	100
[7.5%]	1.6	1	100	1.8	1	100	1.8	1	100
[10%]	2.3	1	100	2.6	1	100	3	1	100
promedio	1			1.4			1.6		
Kania									
[1%]	0.9	1	100	0.86	1	100	0.8	1	100
[2%]	2.0	1	100	2.7	1	100	2.5	1	100
[3%]	1.6	1	100	1.8	1	100	1.8	1	100
[4%]	3.0	1	100	4.25	1	100	4.5	1	100
[5%]	7.5	1	100	14	1	50	30	1	20
[7.5%]	207	1	4	303	2	10	529	2	5
[10%]	633	3	10	1497	3	5	1855	3	4
promedio	122			303.8			346		

En el Cuadro 2 se observa que para el producto Metamucil el mayor valor de viscosidad, fue en promedio de 527 cP en tanto que, cuando ese mismo producto fue medido a pH de 1.5 (cuadro 3) y agitado por 30 min, el valor fue de 86 cP. Es decir, el valor se redujo en aproximadamente un 84%. Esto nos indica con claridad el gran efecto que el pH ácido tiene sobre el desarrollo de la viscosidad. Parece ser que a pH de 6.0 la viscosidad fue influenciada por varias moléculas como los carbohidratos y proteínas además de la FD. En el caso del producto Metamucil, la composición química nos indica un contenido de 50.63% de Extracto Libre de Nitrógeno, el cual agrupa principalmente carbohidratos, del tipo azúcares. Estas moléculas pudieran degradarse a través de una hidrólisis ácida, y por lo tanto se verán afectadas algunas de las propiedades que de su estructura dependen, entre ellas la generación de viscosidad. De ahí la posible explicación del por que la viscosidad disminuyó en función de la reducción del pH.

Para el caso del producto Kania, la viscosidad generada fue de 360 cP, cuando fue medido a valor de pH de 5.95 (Cuadro 2) y agitada la suspensión de fibra por 30 min. El valor obtenido de viscosidad cuando esta suspensión fue acidificada a pH de 1.5 y agitada por 30 min fue de 122 cP (Cuadro 3). Es decir, la acidificación redujo en un 66% el valor de viscosidad. Aquí la viscosidad a pH de 5.95 pudo ser emergida por la fibra dietética, aunque también por las proteínas y los lípidos ya que estos se encuentran en un 13.9% y 7.22%.

Para el producto Day -Night la viscosidad fue de 238 cP cuando el pH fue de 3.8 y agitado por durante 30 min (Cuadro 2). Comparado cuando se midió a pH de 1.5 y también agitado por 30 min que fue de 426 cP (Cuadro 3). Esto quiere decir que existió un aumento en la viscosidad de un 65 %.

El menor valor fue registrado en el producto Algalinaza ya que en pH de 6.2 agitado a 30 min, la viscosidad fue de 1.9 cP (Cuadro 2). Cuando la viscosidad se midió a pH de 1.5, (Cuadro 3) el comportamiento de la viscosidad fue diferente, siendo esta de 1cP disminuyendo un 47%.

Antes de continuar la discusión de los resultados, es importante mencionar que, de manera *in vivo*, el alimento ingresa al tracto gastrointestinal, pasando de la boca al estómago; en este órgano, el valor de pH es aproximado de 1 a 2, debido a que el HCl es secretado cuando se detecta la presencia de alimento. Esta acidez hidroliza proteínas y carbohidratos, pero además la acidez hace que se liberen algunas enzimas proteolíticas, como la pepsina, la cual hidroliza parcialmente a las proteínas. Esta hidrólisis tanto ácida como enzimática de las macromoléculas mencionadas hace que pierdan su estructura y las propiedades funcionales que de ella dependen, como son la capacidad de captación y retención de agua, por lo que no contribuirán, en mayor medida y en teoría, a hidratar las proteínas y carbohidratos, y por lo tanto a generar viscosidad.

Continuando con la discusión de nuestros resultados, lo anterior nos indica que la viscosidad que se generó en las soluciones hechas a partir de los diferentes productos, medido a pH de 5.95 a 6.0, fue dada tanto por la FD como por las proteínas, los carbohidratos y lípidos presentes en algunos de los productos comerciales, como fue el caso de los productos Algalinaza y Kania.

La cantidad de lípidos más proteína en el producto Kania fue de 21.12% mientras que para el producto Algalinaza fue de 21.22%. En tanto que estos valores solo sumaron 3.74 para el producto Metamucil y 4.1% para el producto Day Nighth.

Por otro lado, cuando las mediciones de viscosidad se hicieron a un valor de pH de 1.5, se consideraron los tiempos de lectura a los 30, 60 y 90 min. Se observa que la generación de viscosidad aumenta en función del tiempo.

Por otro lado, cuando el pH fue ácido, Metamucil y Day Night; cabe mencionar que las proteínas y el extracto etéreo generan también viscosidad aunque en menor proporción, y como ya se comentó, estas macromoléculas se

hidrolizaron con el pH ácido y ya no influyen por tanto en la generación de viscosidad.

En este estudio se consideraron algunas de las variables que participan en el proceso de digestión del estómago, como valor de pH ácido y temperatura de 37°C así como la agitación constante, para evaluar la viscosidad generada por las suspensiones de las FD. No obstante, cuando un alimento llega al estómago, previamente ya hubo una hidrólisis parcial del almidón, y ya en el estómago se secreta HCl y se libera las enzimas lipasa gástrica y algunas enzimas proteolíticas como la pepsina que hidrolizan parcialmente a los lípidos y a las proteínas. Por tanto, las condiciones evaluadas en este estudio no son las mismas que las que ocurren en el estómago.

Sin embargo, en esta investigación se observa que reducir solamente el valor de pH hasta 1.5 tiene gran influencia en la reducción de la viscosidad.

Por ello, se asume que ocurrió una hidrólisis ácida sobre las proteínas y carbohidratos de tipo almidonosos, los cuales participan directamente en el desarrollo de viscosidad de los productos comerciales aquí evaluados.

De todos los productos, Algalinaza mostró muy baja viscosidad, tanto a pH de 6.0 como de 1.5. Lo cual nos indica que este producto no presenta una característica de hidratación importante y por lo tanto no forma un gel fuerte capaz de generar viscosidad y muy posiblemente no muestre una alta capacidad de retención de aceite, colesterol, glucosa y sales biliares, característico de las fibras solubles y viscosidad.

8.0 CONCLUSIONES

Se puede concluir que la fibra dietética juega un papel muy importante en nuestra salud, a pesar de no ser un nutriente, ya que no se absorbe en el intestino, en su paso por él ocasiona una serie de beneficios, que contribuyen a prevenir y tratar enfermedades como la constipación, obesidad, diabetes, además enfermedades cardiovasculares y cáncer. La FD se compone de sustancias de origen vegetal, hidratos de carbono o derivados de los mismos excepto la lignina que resiste la hidrólisis por los enzimas digestivos humanas y llegan intactos al colón donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica.

De acuerdo con los resultados obtenidos el pH al ser ácido afecta la viscosidad que se desarrolla por las proteína, los lípidos y algunos almidones, ya que el pH ácido disminuye la viscosidad que se desarrollo por las suspensiones preparadas, forma un gel que permite atrapar lípidos como los son los triglicéridos y colesterol que no serán absorbidos en el intestino sino excretados con las heces ayudando a reducir y auxiliar en la prevención de algunas enfermedades crónico-degenerativas, como las cardiovasculares y el cáncer de colon.

Una dieta rica en FD nos ayuda a disminuir algunos disturbios gastrointestinales y nuestra flora intestinal estará más sana y trabajará mejor.

Se plantea que los estudios *in vitro* deben de ajustarse lo más posible a las condiciones fisiológicas del tracto gastrointestinal.

9.0 BIBLIOGRAFIA

AACC 2000 American Association of Cereal Chemists, Approved Methods 1° th edition. Editado por la American Association of Cereal Chemists. Minnepolis MN. USA.

Badui, D.S. 1999. Química de los Alimentos. Longman de México Editores, S.A. de C.V. Pearson Educación. México 10.3.1:511 - 513.

Brown Lisa, Bernard Rosner (January 1999) "Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis". American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 69, No. 1, 30-42.

Bouhnik, Y., Flourié, B., Rottot, M. 1996. Effects of fructooligosacharides ingestion on fecal bifidobacteria and selected metabolic indexes of colon carcinogenecis in healthy humans. Nutr Cance, 26:21-29.

Burkitt DP, 1971: Epidemiology of cancer of the colon and rectum. Cancer; 28:3-13.

Burkitt, D.P., Walker, A.R.P., Painter, N.S. 1974. Dietary fibre and disease. JAMA, 229:1068-1074.

Cummings JH, Roberfroid MB, Bornet F, Bouley C: Colonic microflora: nutrition and health. Nutr Rev 1995, 53: 127-130

Export Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults. Executive Summary of the Tird Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP). Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Bool Cholesterol in Adults (adult treatment Panel III). JAMA 2001; 285:2486-2497.

- Fernández-Bañares F, Hinojosa J, Sánchez-Lombrana JL, 1999: Randomized clinical trial of plantago ovata seeds (dietary fiber) as compared with mesalamine in maintaining remission in ulcerative colitis. *Am J Gastroenterol*; 94:427-433.
- Gassull MA, Meier R 2004: Consensus recommendations on the effects and benefits of fibre in clinical practice. *Clinical Nutrition Supplements* 1:73-80.
- Gibson GR, Roberfroid MB: Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *J Nutr* 1995; 125:1401-1412.
- Gibson GR, 2004: Fibre and effects on probiotics (the prebiotic concept). *Clin Nutr*; 23(Supl. 2).
- Hartemink R, Van Laere KMJ, Rombouts FM, 1997: Growth of enterobacteria on fructo-oligosaccharides. *J Appl Microbiol*; 83:367-374.
- Lenhinger, 2005. principles of biochemistry. 4th Edition. David L. Nelson and Michael M. Cox. W.H. Freeman and Company New York Cork pp. 147 -148.
- López G., Ros G., Rincón F., Periago M. J., Martínez C., Ortuño J. 1997. Propiedades Funcionales de la Fibra Dietética. Mecanismos de Acción en el Tracto Gastrointestinal. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 47(3):203-207.
- Márquez, L.R. 2002. La Fibra Terapéutica. Ed. Glosa, segunda edición, Barcelona.
- Martínez F. Héctor E. y Figueroa C. Juan D. 2008. Capítulo I. La fibra dietética y su importancia en la salud humana. *TEMAS SELECTOS EN ALIMENTOS, NUTRICION Y SALUD* proceso de edición en prensa; 8-9

Mateu de Antocio X, 2004. La fibra en la alimentación. Farmacia hospitalaria nº 3.

Nelson JL, Alexander JN, Gianotti L, Chalk CL. y Pilas T, 2001: Influence of dietary fiber on microbial growth in vitro and bacterial translocation after burn injury in mice. Nutrition 10:32-36

Noakes M. and coauthors, 1996 "Effect of high-amylose starch and oat bran on metabolic variables and bowel function in subjects with hypertriglyceridemia", American Journal of Clinical Nutrition 64: 944–951.

Nutr. Hosp. (2006) 21 (Supl. 2) 61-72 ISSN 0212-1611 • CODEN NUHOEQ S.V.R. 318.

Pereira MA, O'Reilly E, Augustsson K. y cols. Dietary fibre and risk of coronary heart disease; a pooled analysis of cohort studies. Arch Intern Med 2004; 164:370-376.

Prosky, L: Asp, N G : Schweizer, T F : DeVries, J W : Furda, I (1988 Sep-Oct). J- Assoc-Off-Anal- Chem. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: interlaboratory study."; 71(5): 1017-23

Roediger We, 1982: The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa symbiosis between man and bacteria. Kasper H, Goebell H: Falk Symposium 32 (eds). Colon and nutrition. Lancaster: MTP Press Limited: 11-24

Roediger WE, 1980: The colonic epithelium in ulcerative colitis: an energy deficient disease? Lancet; 2:712-715.

Rojas, H.E. 1994La fibra dietética. Rojas Hidalgo E, editor. Los carbohidratos en nutrición humana. Madrid. *Aula Médica*; 121-137.

Roth S, Zopf D, 1996: Oligosaccharides anti-infective agents. Lancet 1996; 347:1017-1021

Thomas, J., Atwell, A. Starches. Eagan Press, St. Paul, Minensota, Usa. By the AACC, 1-29, 1999.

Trowell, H., Southgate, D.A., Wolever, T.M.S., Lead, S.A.R., Gassul, M.A., Jenkins, D.J.A. 1976. Dietary fibre redefined. Lancet i: 967 .

Zarzuelo A, Gálvez J, 2005: Fibra dietética. Gil Hernández A (ed.) Tratado de Nutrición. Acción Médica, 336-368.

<http://www.iaca.com.ar/acidoss%20biliares.htm> ácidos biliares

<http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb/c1-1-3-5.html>

<http://usuarios.lycos.es/vicobos/nutricion/dyn3.html> 6/03/08

<http://es.wikipedia.org/wiki/Obesidad>

http://books.google.com/books?hl=es&id=mLj0qJkQ3fwC&dq=obesidad&printsec=frontcover&source=web&ots=Y3pZy-jTS_&sig=4GBBpS52MzQQGdRIF1hGxhYuJfo#PPA34,M1

muy buen libro

http://www.insp.mx/Portal/Cuidados_salud/obesidad.swf

<http://www.ciberjob.org/dietaysalud/ObesidadContenidoDietaSaludLolaSanchezBerson.htm>

http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_diet%C3%A9tica

<http://drmarin.galeon.com/fibra.htm>

<http://membres.lycos.fr/trinche/Fibra.htm>

<http://www.fibra-salud.com/.%5CObra%5C2.htm>

<http://www.fibra-salud.com/.%5CObra%5C5.htm>

<http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/novedades/fibra1.htm>

<http://209.85.207.104/search?q=cache:D0x-tqsjq40J:scielo.isciii.es/pdf/nh/v21s2/original6.pdf+fibra+dietetica&hl=es&ct=clnk&cd=4&gl=mx>

<http://www.monografias.com/trabajos13/prote/prote.shtml> proteínas 27/02/08

<http://es.wikipedia.org/wiki/Almid%C3%B3n>