

Aspectos conceptuales y analíticos de la fibra de los alimentos

Nelly Pak D.

El gran interés por la fibra dietética (FD) se remonta a los años setenta cuando investigadores como Trowell, Burkitt y otros, basándose principalmente en estudios epidemiológicos enunciaron la hipótesis de que la deficiencia de FD se relaciona con la existencia de una serie de enfermedades presente en los países desarrollados con cultura occidental, como constipación, hemorroides, diverticulosis, cáncer al colon, diabetes, obesidad, enfermedad cardiovascular (1-7).

Conceptos y componentes de la fiebra dietética

El concepto actual de FD la define como los componentes de la dieta de origen vegetal, que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre y químicamente estaría representado por la suma de los polisacáridos que no son almidones y lignina (8).

En estos momentos existe controversia sobre si el almidón resistente debe ser considerado como FD o como una entidad distinta.

Forman parte de la FD convencional componentes estructurales de la pared de las células vegetales: celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina y no estructurales, como gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada. Podemos clasificar a la fibra de acuerdo a su solubilidad en agua en fibra insoluble (FI) (celulosa, gran parte de las hemicelulosas y lignina) y soluble (FS) (pectinas, gomas, mucílagos, ciertas hemicelulosas, polisacáridos de algas y celulosa modificada) (Tabla 1).

Los polisacáridos que conforman la fibra dietética difieren en sus componentes químicos (9). Así, la celulosa es un polímero de glucosa unidos en posición β 1-4 sin cadenas laterales; las hemicelulosas son polímeros de pentosas y hexosas, con cadenas laterales en las que se presentan diferentes azúcares y ácidos glucurónicos (existen alrededor de 250 diferentes tipos de hemicelulosas); las pectinas son polímeros de ácido galacturónico con cadenas laterales con diferentes azúcares. La lignina es un polímero no polisacárido que contiene unidades de fenil propano derivados de los alcoholes sinapílico, coniferílico y cumarílico.

Las gomas son exudados formados en el sitio de injuria de las plantas, constituyen un grupo complejo de polisacáridos que contienen ácido glucurónico y galacturónico así como xilosa, galactosa, manosa. Típicas gomas en este grupo son la goma arábiga, gati, karaya y tragacanto. Los mucílagos están generalmente dispersos en el endosperma y se mezclan con los polisacáridos digeribles, la utilidad que le prestan a la planta es de reserva energética y para darles humedad a la semilla. Son generalmente polisacáridos neutros por ejemplo la goma guar es un galactomanano de alto peso molecular derivado de la semilla del *Cyamopsis tetragonolobus*, una leguminosa que crece en la India y Pakistán.

Entre los polisacáridos de algas tenemos los carragenanos que se

obtienen de las paredes celulares de ciertas algas rojas. Hay varios tipos de carragenanos compuestos de residuos de galactosa unidos alternadamente en posición 1,3 y 1,4 sulfatados en grados variables; los alginatos, obtenidos de las paredes celulares de algas pardas que se describen químicamente como un copolímero lineal de ácidos manurónico y gularónico.

Las celulosas modificadas como la metilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, carboximetilcelulosa, son gomas semi sintéticas porque se sintetizan a partir de un producto natural como lo es la celulosa.

Los principales componentes de la fibra dietética son los que están presentes en la pared celular de la planta, celulosa, polisacáridos no celulósicos, principalmente hemicelulosas y substancias pécticas y ligninas. La pared celular de plantas inmaduras contienen cerca de 25% de celulosa, 60% de polisacáridos no celulósicos y trazas de lignina, mientras que las células maduras contienen aproximadamente 38% de celulosa, 43% de polisacáridos no celulósicos y 17% de lignina (8).

Las gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosas modificadas se utilizan como aditivos en la industria alimentaria, como emulsificante y estabilizante en pequeñas cantidades.

Por otra parte, existe una gran variedad de componentes no convencionales asociados con la fibra dietética que van de ceras a minerales y que por su baja digestibilidad puede conducir a propiedades semejantes a la FD (10) y que son motivo de controversia en el sentido de si deben o no incluirse dentro de la FD. Entre estos podemos mencionar los compuestos fenólicos (taninos), ceras, glicoproteínas (extensina), minerales, ácido fítico, compuestos de Maillard, almidón resistente, quitina y quitosanos y formas confeccionadas por el hombre (polidextrosa, lactulosa, etc.).

En resumen, la fibra dietética no convencional consiste en una amplia variedad de componentes. Lo que hace difícil incluirlos como una parte oficial de la FD, es que algunos de ellos son altamente variables e impredecibles aunque la indigestibilidad que presentan parece compatible con los principios de la FD.

TABLA 1
 Componentes de la pared celular de la planta y de la fibra dietética

PARED CELULAR	PROTEINA LIPIDOS CONSTITUYENTES INORGANICOS	FIBRA DIETETICA
	LIGNINA CELULOSA HEMICELULOSA PECTINA	
	GOMAS MUCILAGOS POLISACARIDOS DE ALGAS CELULOSA MODIFICADA	

Propiedades de los componentes de la fibra y su efecto fisiológico en el intestino (8,9)

La fibra tiene diferentes propiedades físico-químicas que están dadas por los distintos componentes de la fibra dietética que ejercen efectos fisiológicos determinados.

Capacidad de captar agua

Esta propiedad la presentan los polisacáridos, pero es más importante en aquellos que resisten su degradación en el intestino grueso como la celulosa.

Su efecto en el intestino es producir deposiciones de mayor tamaño y contenido de agua, acelera el tiempo de tránsito y por ende disminuye la digestibilidad de nutrientes, también se disminuye la presión intraluminal.

Capacidad de unirse a iones

Esta propiedad está relacionada con el contenido de ácidos urónicos no sustituidos y la presentan hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos. Su efecto fisiológico en el intestino es captar cationes como calcio, magnesio, zinc y hierro y por lo tanto puede promover la pérdida de éstos por las deposiciones.

Formación de geles

Esta propiedad que depende de los esteres metálicos de los ácidos urónicos, la tienen las fibras de tipo soluble, vale decir, pectinas, gomas y mucílagos. La formación de geles provoca un retardo en el vaciamiento gástrico, en la absorción de nutrientes en el intestino delgado y en el tiempo de tránsito boca-ciego.

Unión de ácidos biliares y otros componentes

Esta propiedad la presentan las fibras de tipo soluble como pectinas, gomas, mucílagos y también la lignina. Su efecto en el intestino es provocar el aumento en la excreción fecal de esteroides y otros compuestos que son tóxicos al organismo.

Antioxidantes

Esta propiedad la presenta la lignina y su efecto es impedir la formación de radicales libres.

Fermentación

Los componentes de la fibra pueden servir de sustrato en el proceso de la fermentación por acción de la flora bacteriana en el colon produciéndose gases (CO_2 , H_2 , metano) y ácidos grasos volátiles de cadena corta como el ácido acético, propiónico, butírico. Alrededor de un 50% de la celulosa y hemicelulosa y prácticamente un 100% de la fibra de tipo soluble son degradados por este mecanismo. Una excepción la constituye la lignina que resiste la fermentación.

Mediante la fermentación, se logra disponer de energía a través de la formación de los ácidos grasos volátiles, que son utilizados por el mismo colonocito y también pueden atravesar la barrera intestinal sirviendo como fuente de energía a otros tejidos del cuerpo, además intervienen en el metabolismo de los lípidos e hidratos de carbono. La producción de ácidos grasos en el colon también provoca disminución de pH lo que causa menor actividad de la enzima 7 dehidroxilasa, se produce menor cantidad de ácidos biliares secundarios (beneficioso para la prevención del cáncer al colon). Se acelera también el tiempo de tránsito por efecto de la mayor masa bacteriana que conforma las deposiciones y por la acción de los gases.

En forma general podemos deducir a través de la composición de la fibra fraccionada en soluble e insoluble, sus efectos fisiológicos; la FI aumenta el volumen fecal, disminuye el tiempo de tránsito intestinal y la FS retarda el vaciamiento gástrico, la absorción de glucosa y baja el colesterol sérico (11).

Metología analítica para medir la fibra dietética

El método ideal para determinar la fibra dietética es aquel que permite medir la totalidad de los componentes de la FD, desglosar sus componentes y también conocer la composición de sus azúcares (12).

Los métodos para determinar la fibra dietética pueden desglosarse en métodos gravimétricos y métodos enzimático-químicos (Tabla 2).

TABLA 2
Determinación de fibra dietética

1. METODOS GRAVIMETRICOS	QUIMICO-GRAVIMETRICO	FIBRA CRUDA FIBRA ACIDO DETERGENTE FIBRA NEUTRO DETERGENTE FIBRA DIETETICA TOTAL SIMPLIFICADA
	ENZIMATICO-GRAVIMETRICO	FIBRA DIETETICA TOTAL (INSOLUBLE + SOLUBLE)
	QUIMICO-ENZIMATICO-GRAVIMETRICO	FIBRA DIETETICA TOTAL (NEUTRO DETERGENTE + SOLUBLE)
2. METODOS ENZIMATICO-QUIMICOS	COLORIMETRICO	
	CROMATOGRAFIA GAS LIQUIDO	
	CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA PRESION	

Los métodos gravimétricos se basan en pesar el residuo que queda después de una solubilización enzimática o química de los componentes que no son fibra.

Los métodos enzimático-químicos se basan en aislar los residuos de FD por acción enzimática y en liberar por hidrólisis ácida los azúcares neutros que constituyen los polisacáridos de la fibra y medirlos por cromatografía líquida de alta presión, cromatografía de gases o colorimétricamente. Los ácidos urónicos se determinan colorimétricamente o por descarboxilación y la lignina se determina generalmente por gravimetría.

Los métodos gravimétricos son más sencillos y rápidos, se limitan al cálculo de las fibras totales o de las fibras solubles e insolubles, los métodos enzimático-químicos en cambio son más complejos y lentos, proporcionan la cantidad de cada uno de los azúcares neutros y ácidos, se puede estimar por separado la lignina y añadirla a la suma de los azúcares individuales dando el contenido de fibra total.

Veremos con más detalle cuales son los principales métodos, la fracción que se analiza en cada uno de ellos y los comentarios que se desprenden de dichas técnicas (Tabla 3).

TABLA 3
Métodos para determinar fibra, fracción analizada y comentarios

MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS	FRACCIÓN ANALIZADA	COMENTARIOS
FIBRA CRUDA	F.I.	SE PIERDE PARTE DE FI Y TODA LA FS
FIBRA NEUTRO-DETERGENTE	F.I.	SE PIERDE LA FS
FIBRA ACIDO DETERGENTE	CELULOSA + LIGNINA	DETERMINA PARTE DE LA FI
FIBRA DIETÉTICA TOTAL	FI + FS	SE PUEDE MEDIR FDT O FRACCIONADA EN FI Y FS
MÉTODOS ENZIMÁTICO-QUÍMICOS		
COLORIMÉTRICOS		
SOUTHGATE	POLISACARIDOS NO CELULOSICOS + CELULOSA + LIGNINA	DA VALORES MAS ALTOS PARA ALIMENTOS RICOS EN ALMIDON. LAS REACCIONES COLORIMÉTRICAS SON POCO ESPECIFICAS
CROMATOGRAFIA DE GASES		
ENGLYST ET AL	POLISACARIDOS QUE NO SON ALMIDON, DESGLOSADOS EN SUS COMPONENTES NEUTROS Y ACIDOS. SE MIDE EL TOTAL E INSOLUBLES	NO DETERMINA LIGNINA NO INCLUYE ALMIDON RESISTENTE
THEANDER ET AL	POLISACARIDOS SOLUBLES E INSOLUBLES DESGLOSADOS EN SUS COMPONENTES NEUTROS Y ACIDOS + LIGNINA	INCLUYE ALMIDON RESISTENTE

FI = FIBRA INSOLUBLE. FS = FIBRA SOLUBLE. FDT = FIBRA DIETÉTICA TOTAL

1). Métodos Gravimétricos

1.1. Químico gravimétrico

1.1.1. Fibra Cruda: Se basa en el tratamiento secuencial con ácidos y alcalis en condiciones estandarizadas. Con este método se subvalora en forma importante el contenido de FD ya que se disuelve gran parte de la hemicelulosa y lignina, cantidades variables de celulosa y toda la fibra soluble.

Los valores de fibra cruda no tienen relación con el verdadero valor de FD de los alimentos humanos. Los valores de FD generalmente son 3 a 5 veces mayores que los valores de fibra cruda, pero no puede hacerse un factor de corrección porque la relación entre fibra cruda y FD varía dependiendo de los componentes químicos. La fibra cruda tiene poca significancia fisiológica en la nutrición humana y no debiera usarse para informar del contenido de fibra de los alimentos (12,13).

1.1.2. Fibra ácido detergente: Este método consiste en someter la muestra a ebullición con bromuro de cetilmetil amonio en medio ácido y subsecuente filtración y lavado del residuo. Este método da una buena estimación de celulosa y lignina. En el residuo se puede analizar la celulosa o lignina (14).

1.1.3. Fibra neutro detergente: Este procedimiento envuelve la extracción del alimento con una solución caliente de lauril sulfato de sodio y la subsecuente determinación gravimétrica del residuo (14). Este método da una buena estimación de la fibra insoluble (celulosa, hemicelulosa y lignina) y ha sido usado ampliamente para evaluar los alimentos de consumo humano.

En alimentos ricos en hidratos de carbono como cereales y verduras amiláceas se sobreestima la fibra neutro detergente, por ello ha sido necesario modificar esta técnica con el agregado de una alfa amilasa que digiere los hidratos de carbono (15). La ventaja de este método es que permite determinar la fibra insoluble por un método relativa-

mente simple. La gran desventaja es que la fibra soluble se pierde, además se ha encontrado que subestima la fibra insoluble en algunos alimentos como la soya y papa, por la disolución de complejos proteína-fibra (16).

La diferencia entre el método neutro y ácido detergente nos da la hemicelulosa pero existen errores potenciales asociados con esta estimación, por lo que se enfatiza la medición directa de hemicelulosas (17).

1.1.4. Fibra Dietética Total Simplificada: Recientemente un método gravimétrico no enzimático fue desarrollado para el análisis de fibra dietética total en productos con bajo contenido de almidón como frutas y verduras (18). Este método ha sido estudiado en forma colaborativa bajo los auspicios de la AOAC. Para la mayor parte de las dietas que contienen almidón este método sobreestima el contenido de fibra dietética total.

1.2. Enzimático Gravimétrico

Estos métodos se basan en digerir las proteínas e hidratos de carbono con enzimas, el remanente se adjudica a la fibra dietética previo descuento del contenido de cenizas y proteínas remanentes. Puede determinarse la fibra insoluble sola, o, por precipitación con alcohol, se puede incluir la fibra soluble y se pueden determinar separadas o juntas.

Podemos mencionar la técnica de Asp y cols. (19) que emplea termamyl como alfa amilasa, pepsina y pancreatina y permite determinar la fibra dietética total o separada en soluble e insoluble, la de Pak y cols (20), que utilizando las mismas enzimas, introduce modificaciones que simplifican la determinación y la de Prosky y cols (21) basada en la de Asp y otros investigadores, que determina fibra dietética total empleando termamyl, proteasa y glucoamilasa y que por el hecho de trabajar con enzimas bacterianas, hay que comprobar que no tenga presencia de actividad enzimática que digiere la fibra (pectinasas, hemicelulasas), el método es más simple, más rápido y más esquematizado que el de Asp, hay buena correla-

ción entre ambas técnicas. Posteriormente Prosky y cols lograron determinar por separado la FD soluble e insoluble (22, 23). Cabe mencionar la determinación de FD total, soluble e insoluble de Lee y cols (24) que basándose en las técnicas de Prosky y cols y usando las mismas enzimas, hacen pequeñas modificaciones que permiten reducir el tiempo de análisis y mejorar la precisión del ensayo.

Los métodos de Prosky han sido reconocidos como métodos oficiales de la AOAC para la determinación de FD total (21), FI (23) y de Lee para FDT, FI y FS (24).

Las principales ventajas de estos métodos es que son relativamente exactos y precisos comparados a otros procedimientos, más aún, estos métodos son simples, económicos y sencillos de realizar y no requieren personal altamente entrenado y una alta inversión de capital, particularmente cuando se comparan a métodos más sofisticados usando técnicas de GLC o HPLC. Sin embargo no dan información detallada sobre los componentes de la FDT. Estos métodos son considerados los más adecuados para análisis de rutina para el etiquetado de la fibra y propósitos de control de calidad (25). Hay que recalcar que los métodos de FD de la AOAC incluyen almidón resistente y que el secado de la muestra previa al análisis, puede aumentar la FD por reacción de Maillard y almidón resistente. Últimamente ha aparecido una técnica simple para la determinación de FD en alimentos congelados, que requiere menor tiempo y manipulación que los métodos de la AOAC. El método contempla la dispersión de la muestra en buffer fosfato 7,4 y adición de bilis y enzimas pancreáticas. Los resultados fueron comparables a métodos de AOAC (26).

1.3. Químico-Enzimático -Gravimétrico

1.3.1. Fibra Dietética Total (Fibra neutrodetergente + Fibra Soluble): Recientemente un método gravimétrico ha sido declarado oficial por la AOAC para análisis de rutina de FDT. El método usa el procedimiento de fibra neutro detergente y lo combina con una determinación separada de FD soluble para derivar la FDT (27).

El valor así determinado está en concordancia con valores de FDT medido por métodos enzimático-gravimétrico ya señalados. Este método fue aprobado por la AOAC para determinaciones de FDT solamente y no para determinaciones de FS y FI.

2. Métodos Enzimático-Químicos

El residuo de las fibras obtenido después de la digestión enzimática es hidrolizado con ácidos fuertes para liberar los azúcares monoméricos que se determinan colorimétricamente, por cromatografía de gas líquido o cromatografía de alta presión. Los azúcares ácidos se cuantifican por descarboxilación y medición del anhídrido carbónico liberado o colorimétricamente. La lignina se determina gravimétricamente en algunas técnicas.

2.1. Colorimétricos: En soluciones ácidas, los carbohidratos producen reacciones de condensación con un gran número de sustancias dando productos coloreados que pueden medirse espectrofotométricamente.

2.1.1. Método de Southgate (28) : Se basa en el fraccionamiento de la FD en polisacáridos no celulósicos solubles e insolubles medidos colorimétricamente como hexosas, pentosas y ácidos urónicos, celulosa como glucosa y la lignina gravimétricamente como residuo insoluble en H₂SO₄ 72%. La ventaja es que da una rica información de los componentes de la fibra. Su desventaja es que es complejo,

sobreestima el valor de FD porque no considera la hidratación de los azúcares al hidrolizar los polisacáridos (29) y porque las reacciones colorimétricas que emplea de hexosas, pentosas y ácidos urónicos con antrona, orcinol y carbazol respectivamente son poco específicas (30). También se ha encontrado que en algunos alimentos ricos en hidratos de carbono, no se elimina bien este componente (31).

2.2. Cromatografía de gas líquido: Analiza los azúcares que componen la fibra dietética después de su derivatización a compuestos volátiles y de su separación con cromatografía de gas líquido, generalmente 5-6 monómeros neutros.

2.2.1. Método de Englyst y cols (32): Con esta técnica es posible obtener en un mismo ensayo la determinación de los polisacáridos que no son almidón, polisacáridos no celulósicos y polisacáridos insolubles que no son almidón. La lignina no es posible medirla. Hay que hacer notar que no se incluye el almidón resistente en la determinación de FD a diferencia de la determinación de FD por métodos enzimático-gravimétricos.

Desde su inicio, el método ha tenido varias modificaciones para mejorar su exactitud (33-36). Un punto importante de notar es que los polisacáridos que no son almidón solubles, se calculan como la diferencia entre el total y FDI. Wolters et al (37) informan que la sobreestimación de la cantidad de polisacáridos que no son almidón solubles podría ser la razón de porque este componente se calculó como diferencia entre el total y polisacáridos que no son almidón insolubles.

2.2.2. Método de Theander y cols. (38): Se describen tres métodos que permiten determinar la FD total o desglosada en soluble e insoluble. Los azúcares neutros se analizan por CGL, los ácidos urónicos por descarboxilación y la lignina por gravimetría. Este método incluye almidón resistente y lignina.

2.3. Cromatografía líquida de alta presión

Se determina la composición de los monosacáridos de los residuos de FD empleando HPLC (39). Aunque este método parece promisorio, su precisión necesita evaluarse en estudios colaborativos.

Selección del método: La pregunta que cabe hacerse es qué método usar. La respuesta será de acuerdo al propósito. Si es de legislación o etiquetado nutricional, los métodos enzimático-gravimétrico serán los adecuados, pero si se quiere una información más detallada, obligadamente habría que usar los métodos cromatográficos.

En todo caso como método ideal me parece muy válida la recomendación de Southgate (12) que indica «no debe usarse el método más simple ni el más rápido, ni el más reproducible para el análisis, sino el que permita medir las características de la fibra dietética y logre predecir y explicar los efectos fisiológicos de la mezcla en cuestión. Es importante que los estudios metodológicos estén vinculados a estudios metabólicos».

Como un dato ilustrativo se mostrará a continuación información sobre el contenido de FD de algunos alimentos y sobre el consumo de FD en Chile.

Contenido de FD en alimentos y consumo en Chile

La FD está presente en los alimentos de origen vegetal: cereales, leguminosas, frutas y verduras. Su contenido y composición varía en los diferentes alimentos; también un mismo alimento puede diferir en su concentración de FD de acuerdo a su grado de madurez, refinación, tratamiento tecnológico.

La información que se entrega a continuación corresponde a análisis de FD total y su fraccionamiento en fibra soluble e insoluble, que hemos efectuado en alimentos producidos en el país utilizando técnicas enzimáticas que reflejaría el aporte total de FD (19, 20).

En la Tabla 4 se indican valores de FD de diferentes panes y salvado de trigo y avena obtenidos en el comercio, expresados en g% peso húmedo (40). Es interesante constatar la gran diferencia existente en la FD del pan integral en relación al pan corriente y especial, sustentado por su mayor contenido en FD insoluble. Cantidades muy superiores a FD total se encuentran en los salvados especialmente el de trigo, el salvado de avena resalta por su contenido de FD soluble.

TABLA 4
Derivados de cereales

	FIBRA DIETETICA g% peso húmedo		TOTAL
	INSOLUBLE	SOLUBLE	
PAN CORRIENTE	2,4	1,3	3,7
PAN ESPECIAL	2,2	1,6	3,8
PAN INTEGRAL	5,3	1,6	6,9
SALVADO DE AVENA	8,5	5,0	13,5
SALVADO DE TRIGO	42,2	2,3	44,5

En la Tabla 5 se señala el aporte de humedad y de FD de diferentes variedades de semillas enteras con cáscara sin procesar y certificadas de leguminosas (arveja, chícharo, frijol, garbanzo, lenteja, lupino) (41). Los valores de FD son altos, destacando el lupino por su mayor contenido de FD insoluble y el frijol y lupino por los valores más elevados de fibra soluble.

TABLA 5

Humedad y fibra dietética insoluble, soluble y total en leguminosas*

LEGUMINOSAS Especie, Variedad	HUMEDAD g%	FIBRA DIETETICA g% peso seco		
		INSOLUBLE X ± DE	SOLUBLE X ± DE	TOTAL X ± DE
Arveja (Pisum sativum)				
- Amarilla	9,1	10,7 ± 0,2	2,1 ± 0,4	12,7 ± 0,6
- Botánica	8,2	13,9 ± 0,6	2,1 ± 0,6	16,0 ± 0,5
- Cobrette	11,1	11,9 ± 0,8	2,1 ± 0,4	14,0 ± 1,1
Chícharo (Lathyrus sativus)				
- Quila blanco	8,5	12,0 ± 0,9	2,1 ± 0,2	14,1 ± 1,0
Frijol (Phaseolus vulgaris)				
- Blanco INIA	8,4	13,1 ± 1,1	5,1 ± 0,3	18,2 ± 0,9
- Coscorrón granado INIA	8,0	11,6 ± 0,6	4,3 ± 0,7	15,8 ± 1,2
- Pinto INIA	7,8	13,0 ± 0,9	5,8 ± 0,7	18,8 ± 0,8
- Tórtola Diana	6,8	11,9 ± 1,3	4,1 ± 0,3	16,1 ± 1,2
- Tórtola INIA	8,0	11,0 ± 0,2	3,3 ± 0,6	14,3 ± 0,5
Garbanzo (Cicer arietinum)				
- California	7,4	12,0 ± 1,4	1,8 ± 0,3	13,7 ± 1,3
Lenteja (Lens esculenta)				
- Araucana	8,0	14,2 ± 0,3	1,5 ± 0,1	15,6 ± 0,3
- Constitución	8,1	15,2 ± 0,5	1,4 ± 0,5	16,6 ± 0,5
- Tekoa	8,7	12,4 ± 0,1	1,9 ± 0,3	14,2 ± 0,1
Lupino (Lupinus albus)				
- Llaïma	9,9	32,0 ± 0,3	3,6 ± 1,3	35,3 ± 0,8
- Multolupa	9,8	30,8 ± 0,5	5,8 ± 0,1	36,6 ± 0,6

* Con cáscara y sin procesar.

En la Tabla 6 se muestra el aporte promedio y su rango de FD total, soluble e insoluble, de la fracción comestible de 23 diferentes verduras obtenidas del comercio, expresado en g/100 g peso húmedo. En la Tabla 7 se da el detalle analítico de algunas de las más consumidas (40). En relación a frutas, la Tabla 8 ilustra el valor promedio de FD total, soluble e insoluble y su rango de la fracción comestibles de 21 frutas obtenidas del comercio, expresadas en g/100 g peso húmedo.

En términos generales se puede señalar que los cereales y leguminosas contienen un mayor contenido de FD total que las verduras y frutas, debido a que estas últimas se caracterizan por su gran contenido de agua. Los resultados analizados permiten concluir que existe una gran variación de los aportes de FD soluble e insoluble de los diferentes alimentos lo que demanda el conocimiento de la composición de cada uno de ellos.

La Tabla 9 muestra los valores individuales para algunas de las frutas más consumidas, indicando el promedio de las diferentes variedades para una determinada fruta (40).

TABLA 6
Fibra dietética insoluble, soluble y total de verduras

n	FIBRA DIETETICA g% peso húmedo		
	INSOLUBLE PROMEDIO (Rango)	SOLUBLE PROMEDIO (Rango)	TOTAL PROMEDIO (Rango)
23	1,9 (0,5 - 5,9)	0,9 (0,2 - 2,6)	2,8 (1,0 - 7,1)

TABLA 7
Contenido de fibra dietética de verduras

	FIBRA DIETETICA g/100 g peso húmedo		
	INSOLUBLE	SOLUBLE	TOTAL
ACELGA*	2,3	0,8	3,1
BETARRAGA*	1,5	1,5	3,0
CHOCLO*	3,1	0,4	3,5
LECHUGA (3 var)	1,3	0,5	1,8
REPOLLO	2,1	0,6	2,7
TOMATE (2 var)	0,7	0,2	0,9
ZANAHORIA* * COCIDOS	2,2	1,8	4,0

TABLA 8
Fibra dietética insoluble, soluble y total de frutas

n	FIBRA DIETETICA g/100 g peso húmedo		
	INSOLUBLE PROMEDIO (Rango)	SOLUBLE PROMEDIO (Rango)	TOTAL PROMEDIO (Rango)
21	1,6 (0,2 - 3,4)	0,7 (0,1 - 2,3)	2,4 (0,3 - 5,6)

TABLA 9
Contenido de fibra dietética de frutas

	FIBRA DIETETICA g/100 g peso húmedo		
	INSOLUBLE	SOLUBLE	TOTAL
CIRUELA (3 var)	1,0	0,6	1,6
DURAZNO (6 var)	1,5	0,9	2,4
MANZANA (2 var)	1,8	0,6	2,4
NARANJA (2 var)	1,1	1,0	2,1
PERA	2,8	1,0	3,8
SANDIA	0,2	0,1	0,3
UVA (8 var)	1,3	0,3	1,6

Consumo en Chile

La información que se muestra a continuación en cuanto al consumo de FD en Chile, se basa en un trabajo que realizamos, con datos de los gastos de alimentos según ingresos en la población de Santiago, obtenidos en la IV Encuesta de Presupuestos familiares en el gran Santiago, realizada por el Instituto Nacional de Estadística, INE en el período de Diciembre de 1987 a Noviembre de 1988 y la última hoja de balance de alimentos de FAO, Promedio 1984-1988 (40).

- a) La encuesta del INE se realizó a objeto de captar las variaciones estacionales que experimenta la estructura del gasto de los hogares a través del año. El ámbito geográfico corresponde al gran Santiago. El estudio se basa en una muestra de 5.076 hogares pertenecientes a todos los estratos socioeconómicos de la población. Los hogares fueron ordenados de acuerdo a su nivel de gastos en quintiles, el quintil 1 representa a las familias con el menor presupuesto y el quintil 5 el superior. Los aportes de fibra de los alimentos considerando la porción comestible, fueron calculados tomando en cuenta nuestros datos sobre FD y en algunos casos en que esta información no estaba disponible, se barajaron datos extranjeros con técnicas equivalentes que reflejaran la FD total. En la Tabla 10 se observa el suministro de FD en g/persona/día que asciende a medida que se eleva el nivel socioeconómico de 14,8 a 32,5. Los porcentajes de fibra soluble e insoluble son relativamente parejos en los diferentes quintiles con un promedio de 66,8% de fibra insoluble y 33,2% de fibra soluble.

TABLA 10
Suministro de fibra dietética insoluble y soluble según grupo quintiles en la población de Santiago

QUINTILES	FIBRA DIETETICA (g/persona/día)	FIBRA INSOLUBLE (%)	FIBRA SOLUBLE (%)
1	14,8	66,9	33,1
2	20,2	66,8	33,2
3	23,4	66,7	33,3
4	27,0	66,7	33,3
5	32,5	67,1	32,9

Período Diciembre 1987 - Noviembre 1988.

La contribución de los alimentos al aporte de FD según grupo quintil en la población de Santiago, muestra que los cereales son la fuente más importante, seguida de las verduras. A medida que el nivel socioeconómico se eleva, el porcentaje aportado por los

cereales y leguminosas disminuye y el de las frutas y verduras se incrementa. Las leguminosas son el tercer grupo aportador para el quintil 1 y 2, siendo desplazado este lugar por las frutas desde el tercer al quinto quintil (Tabla 11). El aporte de FD por 1000 kcal de la dieta descende con el aumento de los ingresos, de 12,3 a 10,2.

TABLA 11
Contribución de los alimentos al aporte de fibra dietética según grupos quintiles en la población de Santiago

ALIMENTOS	QUINTILES				
	1	2	3	4	5
	FIBRA DIETETICA %				
CEREALES	57,4	53,5	49,6	46,7	40,3
FRUTAS	6,1	8,4	10,5	14,1	19,7
VERDURAS	24,3	28,7	32,5	33,3	35,7
LEGUMINOSAS	12,2	9,4	7,3	5,9	4,3
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Período Diciembre 1987 - Noviembre 1988.

- b) Con la información de la hoja de balance de FAO para el período 1984-1986, se estimó la disponibilidad del aporte de FD en g/persona/día. Como FAO expresa el suministro de alimentos por persona/día, en peso del producto primario, fue necesario obtener el peso neto tal como se consume y a semejanza del estudio anterior, el aporte de FD de cada alimento se obtuvo principalmente de información nuestra y el resto de datos extranjeros con técnicas equivalentes. La disponibilidad del aporte de FD en g/persona/día ascendió a 29,1 g de los cuales el 66,4% corresponde a fibra insoluble y el 33,6% a fibra soluble (Tabla 12). La contribución de los alimentos a la disponibilidad de FD muestra la importancia que tienen los cereales (63,4% del aporte) seguido de las verduras (21,9%) y el menor peso que tienen las leguminosas y frutas. (Tabla 13). La disponibilidad de FD expresada en g/1000 - kcal, da una cifra de 11,3.

TABLA 12
Disponibilidad de fibra dietética insoluble y soluble en Chile

FIBRA DIETETICA (g/persona/día)	PERIODO 1984 - 1986	
	FIBRA INSOLUBLE (%)	FIBRA SOLUBLE (%)
29,1	66,4	33,6

Elaborado en base a Hoja de Balance de Alimentos, FAO.

TABLA 13
Contribución de los alimentos a la disponibilidad de fibra dietética en Chile

GRUPO DE ALIMENTOS	PERIODO 1984 - 1986	
	FIBRA DIETETICA %	
CEREALES	63,4	
LEGUMINOSAS	7,1	
FRUTAS	7,6	
VERDURAS	21,9	
TOTAL	100,0	

Elaborado en base a Hoja de Balances de Alimentos, FAO.

En resumen, las dos metodologías analizadas para estudiar el consumo de FD, aunque muy diferentes en su fuente de datos han dado valores de suministros de FD y porcentajes de FI y FD bastante similares.

La provisión de fibra insoluble y soluble para la población adulta es satisfactoria y en cuanto a la densidad de FD, aparentemente se encuentra dentro de los límites recomendados (11-13g/1000 kcal) (42). Es necesario recalcar que las cifras mostradas aunque se toman como cifras aproximadas de consumo, podría existir una variación considerable entre las diversas personas. La recomendación de 25g FD/1000 kcal para el tratamiento de dislipidemias, obesidad y diabetes, requiere evidentemente una mayor ingesta de cereales integrales, leguminosas, verduras y frutas (43-44).

REFERENCIAS

- Trowel, H.C. Dietary fibre, ischaemic heart disease and diabetes mellitus. *Proc Nutr Soc*, 32: 151-157, 1973.
- Trowel, H.C. Diabetes mellitus death-rates in England and Wales 1920-70 and food supplies. *Lancet*, 2: 998-1002, 1974.
- Trowel, H.C. Dietary-fiber hypothesis of the etiology of diabetes mellitus. *Diabetes*, 24: 762-765, 1975.
- Trowel, H.C. The development of the concept of dietary fiber in human nutrition. *Am J Clin Nutr*, 31 (Suppl): S3-S11, 1978.
- Burkit, D.P., A.R.P., Walker, J.N.S. Painter. Effect of dietary fiber stools and transit-times, and its role in the causation of disease. *Lancet*, 2: 1408-1414, 1972.
- Burkit, D.P. Epidemiology of large bowel disease: the role of fibre. *Proc Nutr Soc* 32: 145-149, 1973.
- Burkit, D.P., A.R.P. Walter, J.N.S. Painter. Dietary fiber and disease. *J Am Med Assoc* 229: 1068-1074, 1974.
- Kirtchevsky, D. Dietary fiber. *Ann Rev Nutr*, 8: 30-328, 1988.
- Schneeman, B.O. Physical and chemical properties, methods of analysis and physiological effects. *Food Technol*, 40: 104-109, 1986.
- Dreher, M.L. Handbook of Dietary fiber. Dekker M. Inc. New York and Basel 1987, p 17.
- Anderson, J.W. Fiber and Health : An overview. *Am J Gastroenterol*, 81: 892-897, 1986.
- Southgate, D.A.T., G.J. Hudson, H. Englyst. The choice for the analyst. *J Sci Fd Agric*, 29: 979-988, 1978.
- Slavin, J.L. Dietary fiber: Classification, chemical analysis, and food sources. *J Am Diet Ass*, 87: 1164-1171, 1987.
- Goering, H.K. & P.J. VanSoest. Forage fiber analysis, Agriculture Handbook N 379, US Department of Agriculture, Washington, D.C., 1970.
- Schaller D, AACC. Meeting New Orleans LA, 1976; AACC Method 32-20, First Approval 10/26/77. Methods of the American Association of Cereal Chemist, Minneapolis, M.N.
- James, W.P.T. & O. Theander (Eds). The analysis of dietary fiber in foods. New York: Marcel Dekker, 1981, 265-266.
- Robbins, C.T., R.J. Van Soest, W.N. Mautz & A.W. Moen. Feed analysis with reference to white tailed deer. *J Wildlife Management* 39: 67-69, 1975.
- Li B.W., & M.S. Cardozzo. Nonenzymatic-gravimetric determination of total dietary fiber in fruits and vegetables. *J. AOAC Int*, 75: 372-374, 1992.
- Asp, N.G., C.G. Johansson, H. Hallmer & MA. Siljestrom. A rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J Agric Food Chem*, 31: 476-482, 1983.
- Pak N., C. Ayala, I. Pennacchiotti & H. Araya. A rapid and simultaneous determination of soluble and insoluble dietary fiber. *Nutr Rep Int*, 40: 551-565, 1989.
- Prosky, L., N.G. Asp, I. Furda, J.W. De Vries, T.F. Schweizer & B.F. Harland. Determination of total dietary fiber in foods and food products : Collaborative study. *J. AOAC*, 68: 677-679, 1985.
- Prosky, L., N.G. Asp, T.F. Schweizer, J. De Vries & I. Furda. Determination of insoluble soluble and total dietary fiber in foods and food products : Interlaboratory study *J AOAC*, 71:1017-1023, 1988.
- Prosky L, N.G. Asp, TF Schweizer, JW. De Vries & I. Furda. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *J AOAC Int*, 75: 360-367, 1992.
- Lee S.C., L. Prosky & J. W. De Vries. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic-Gravimetric method, MES-TRIS buffer: Collaborative study. *J AOAC Int*, 75: 395-416, 1992.
- Lee, S.C., L. Prosky, & J.T. Tanner: Quality Assurance for analytical laboratories, M Parkany (Ed), Royal Society of Chemistry, London, U.K., 1993.
- Al-Hasani, S.M., J. Hlavac & M.A. Hunstman. Simple method for determination of dietary fiber in frozen foods *J AOAC Int*, 76: 1014-1015, 1993.
- Mongeau, R. & R. Brassard. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber : collaborative study of a rapid gravimetric method. *Cereal Foods World* 35: 319-324, 1990.
- Southgate, D.A.T. Determination of carbohydrates in foods II Unavailable carbohydrates. *J Sci Food Agric*, 20: 331-335, 1969.
- Selvendran, R. & M.S. Du Pont. Simplified methods for the preparation and analysis of dietary fiber. *J Sci Food Agric*, 31: 1173-1182, 1980.
- Hudson, G.I. & B.S., Baily. Mutual interference effects in the colorimetric methods used to determine the sugar composition of dietary fiber. *Food Chem*, 5: 201-206, 1980.
- Schweizer T.E. & P. Wursch. Analysis of dietary fibre. *J Sci Food Agric*, 30: 613-619, 1979.
- Englyst, H.N., H.S. Wiggins & J.H. Cummings. Determination of the non-starch polysaccharides in plant foods by gas liquid chromatography of constituents sugars as alditol acetates. *Analyst*, 107: 307-318, 1982.
- Englyst, H.N. & J.H. Cummings. Simplified method for the measurement of total non starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugar as alditol acetates. *Analyst*, 109: 937-942, 1984.
- Englyst, H.N., J. Cummings & R. Wood. Determination of dietary fiber in cereals and cereal products-collaborative trials. Part II study of a modified Englyst procedure. *J Assoc Publ Anal*, 25: 59-71, 1987.
- Englyst, H.N., J. Cummings & R. Wood. Determination dietary fiber in cereals and cereal products-collaborative trials. Part III : study of further simplified procedures. *J Assoc Publ Anal*, 25: 73-110, 1987.
- Englyst, H.N., & J.H. Cummings. Improved method for measurement of dietary fiber as non-starch polysaccharides in plant foods. *J AOAC*, 71: 808-814, 1988.
- Wolters, M.G., C. Verbook, J.M. Van Westerop, R.J.J. Hermus, & A.G. Vorag. Comparison of different methods for determination of dietary fiber. *J AOAC Int*, 75: 626-634, 1992.
- Theander, O. & E.A. Westerlund. Studies on dietary fiber. 3. Improved procedures for analysis of dietary fiber. *J Agric Food Chem*, 34: 330-336, 1986.
- Garleb, K.A., L.D. Bourquin & G.C. Fahey. Neutral monosaccharide composition of various fibrous substrates: A comparison of hydrolytic procedure and use of anion-exchange high performance liquid chromatography with pulsed amperometric detection of monosaccharides. *J Agric Food Chem*, 37: 1287-1289, 1979.
- Pak N. Fibra Dietética: Concepto, Contenido en alimentos y Consumo en Chile. *Rev Chil Nutr* 20: 124-135, 1992.
- Pak, N, C. Ayala, G. Vera, I. Pennacchiotti y H. Araya. Fibra dietética soluble e insoluble en cereales y leguminosas cultivadas en Chile. *Arch Latinoamer Nutr*, 40: 116-125, 1990.
- Physiological effects and health consequences of dietary fiber. Pilch S. M. (Ed.) Bethesda, MD, FASEB, 1987.
- American Diabetes Association. Task-Force on nutrition and exchange lists. Nutritional recommendation and principles for individuals with diabetes mellitus. *Diabetes Care* 10: 126-132, 1987.
- Anderson, J.W., L. Story, B. Sieling, J.L. Chen, W., M.S. Petro & J. Story. Hypocholesterolemic effects of oat bran or bean intake for hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr*, 40: 1146-1155, 1984.