

# Fibra dietética

## Problemas en la definición y métodos de análisis

**Concepto y análisis de fibra dietética están íntimamente ligados a la química y estructura de las paredes celulares de los vegetales. Tanto los métodos de análisis como el propio concepto de fibra han evolucionado paralelamente al aumento del interés por los efectos beneficiosos de la fibra sobre la salud. En este artículo se realiza una revisión de las diferentes definiciones del término, así como de las diferentes tendencias analíticas.**

### 1. INTRODUCCION

La importancia fisiológica de la fibra en la nutrición humana ha promovido un amplio desarrollo de métodos analíticos. Los diferentes métodos han sido desarrollados con dos finalidades principales: determinar el contenido en fibra dietética de los alimentos, o evaluar sus efectos nutricionales y fisiológicos.

Las implicaciones fisiológicas de los diferentes tipos de fibra están relacionadas con la composición química y estructura de los polímeros que forman las paredes celulares (celulosa, hemicelulosas, sustancias pécticas y lignina) [1]. La proporción relativa de éstos afectan a la calidad de la fibra; de ahí que las medidas detalladas del contenido en fibra dietética de los alimentos sean necesarias para evaluar el potencial efecto beneficioso, sobre el organismo, de la ingesta de fibra [2].

Por su solubilidad en agua (100°C, pH = 6-7) la fibra dietética se divide en dos fracciones, soluble (FDS) e insoluble (FDI), siendo cada una de ellas responsable de diferentes efectos fisiológicos. Así, las FDI parecen tener mayor efecto

a nivel del intestino grueso, mientras que las FDS, lo tienen en la porción superior del tracto gastrointestinal.

Los métodos más recientes de fibra dietética permiten medir FDS y FDI de forma separada, así como fibra dietética total (FDT). Conocer correctamente las diferencias entre los métodos de análisis nos permite evaluar los datos de composición de la fibra de los alimentos en relación a su actividad fisiológica [3].

### 2. CONCEPTO DE FIBRA

Para abordar el problema del análisis de la fibra dietética es necesario dar previamente una definición del término, para después, y basándonos en esta definición, poder establecer los requisitos que debe cumplir el método analítico [4, 5].

El primer término asociado al residuo no digerible, en alimentos animales, fue el de fibra bruta y se definió originalmente como: el residuo insoluble, libre de cenizas, que se obtiene tras hervir el alimento con un ácido diluido y posteriormente una digestión alcalina.

**I.M. VICARIO ROMERO y  
A.M. TRONCOSO GONZALEZ**  
Dpto. Bioquímica, Bromatología y  
Toxicología. Facultad de Farmacia.  
Universidad de Sevilla

Este término, sin embargo, carece de significado en nutrición humana y subestima el contenido en fibra dietética de los alimentos.

El concepto original de fibra dietética surgió de la asociación entre la ingesta de alimentos vegetales no refinados y la ausencia en la población africana de algunas de las enfermedades de países occidentales. Hispley lo relacionó con las paredes celulares que aparecían en las heces [6].

La fibra dietética fue inicialmente definida por Trowell como: "los residuos de la pared celular que son resistentes a la acción de los enzimas digestivos humanos" [7] y posteriormente se extendió para incluir los polisacáridos (gomas, pectinas) utilizados como aditivos alimentarios, resultando la definición: "todos los polisacáridos y lignina que no son digeridos por las secreciones endógenas de tracto digestivo humano" [8].

En la actualidad se tiende a sustituir el término fibra por el de complejo fibra, que incluye otros componentes que igualmente escapan al proceso digestivo y llegan al colon sin degradar, como son: almidón resistente, originado en los procesos culinarios y tecnológicos, taninos condensados y polifenoles, proteínas resistentes y compuestos de Maillard. Aunque para algunos autores [4], la inclusión de proteínas, lípidos, cutina, etc. no es justificable, y deberían ser considerados como constituyentes dietéticos que modifican las propiedades del componente mayoritario de la fibra dietética, los polisacáridos.

Fibra es, por tanto, un término genérico que engloba a un grupo complejo de materiales con diversas estructuras y cuya principal característica es su resistencia a la acción de los enzimas digestivos humanos.

Con fines analíticos, otros autores [9] definen el término como los polisacáridos distintos del almidón (Non Starch Polysaccharides (NSP)), lo que excluiría la lignina y cualquier forma de almidón resistente. Las plantas contienen dos tipos de polisacáridos químicamente diferentes:

- Polisacáridos de reserva: almidón.
- Polisacáridos de las paredes celulares: llamados "polisacáridos distintos

del almidón" (NSP). Los NSP son resistentes a la hidrólisis por enzimas digestivas humanas.

Actualmente el debate sobre la definición de la fibra dietética se centra en la inclusión o no del almidón resistente y la lignina

El "almidón resistente", como se definió originalmente por Englyst y col. [10], está compuesto por la fracción de almidón que resiste la digestión por tratamiento con amilasa/pullulanasa, pero que puede ser hidrolizado por solubilización en KOH o dimetilsulfóxido. Las propiedades *in vitro* del almidón resistente sugieren que se comporte *in vivo* como la fibra dietética, lo que ha sido confirmado, por estudios realizados en voluntarios humanos [11], ratones y ratas [12] por esta razón, desde un punto de vista nutricional debería ser considerada como componente de la fibra dietética [13]. Sin embargo, otros autores [10] consideran que no debería incluirse en el concepto de fibra dietética ya que su contenido en los alimentos varía con el procesado y su inclusión podría dificultar la elaboración de tablas de contenido en fibra dietética de alimentos.

La lignina no es un carbohidrato, pero se encuentra covalentemente unido a la celulosa en las paredes celulares formando complejos de lignocelulosa. Cuantitativamente es un componente minoritario de la dieta, difícil de cuantificar y aislar, de ahí su inclusión dentro de la definición de fibra dietética [8].

En 1990 un informe de la British National Foundation recomienda que el término fibra dietética sea sustituido en trabajos científicos por términos más concretos como goma guar, carboximetilcelulosa, etc.

### 3. METODOS DE ANALISIS

El primer método de análisis de fibra cruda o fibra bruta data de 1894, y es el conocido como método de Weende. Es un método empírico que mide la porción menos digerible de las plantas y piensos, determina gran parte del contenido en celulosa, hemicelulosa y lignina. No determina ningún compuesto químico específico. Este método, con pocas variacio-

nes, ha sido ampliamente utilizado, y aún se recoge en algunas legislaciones alimentarias [14]. Desde entonces se han hecho muchos intentos para racionalizar y mejorar la variabilidad de resultados entre laboratorios.

A finales de los años sesenta se empieza a hablar del papel de la fibra en la dieta humana, lo que promueve el desarrollo de gran número de métodos analíticos.

Los criterios que debe perseguir un método analítico ideal son [4]:

- Debe medir todos los componentes de la fibra dietética.
- Debe dar valores separados para los mayores componentes.
- Debe proporcionar información sobre la composición de los polisacáridos no celulósicos presentes en el alimento o la dieta.
- Debe ser simple, rápido, reproducible y barato, para que pueda utilizarse de forma rutinaria en un gran número de muestras.

Dos clases generales de métodos han sido tradicionalmente utilizados para medir la fibra dietética, según el fundamento químico empleado:

1. El primer grupo se basa en la eliminación selectiva del material no constituyente de la fibra y posterior determinación gravimétrica del residuo como fibra dietética. Dentro de estos métodos se encuentran:

- Método de fibra cruda.
- Métodos de extracción con detergente.
- Métodos enzimáticos.

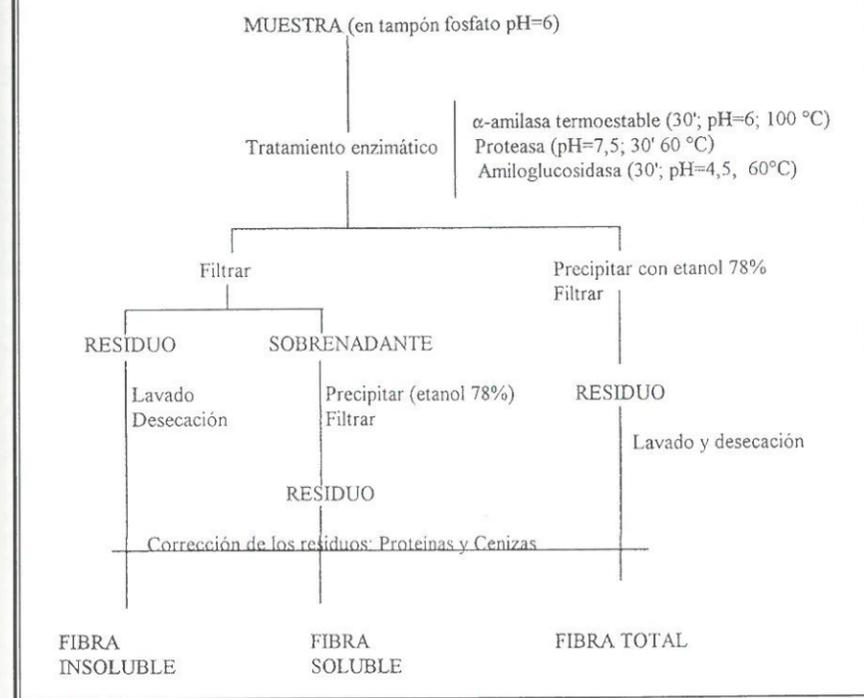
2. El segundo grupo representa un acercamiento hacia la definición de fibra en función de su composición en determinados polisacáridos. El resultado final de estos métodos es una estimación del contenido total de fibra dietética y posterior fraccionamiento en sus subfracciones más importantes. Son los métodos químicos.

Aunque existe una gran diversidad de métodos analíticos, vamos a considerar sólo los más ampliamente utilizados.

#### 3.1. Métodos de detergente neutro (FDN) y detergente ácido (FDA)

Originalmente utilizados en piensos,

Fig. 1. Esquema del método enzimático gravimétrico de Prosky y col. (1988)



han sido aplicados también a alimentos humanos. Son métodos rápidos y de fácil aplicación en análisis de rutina, e incluso existen instrumentos parcialmente automatizados para realizar estas determinaciones (Tecator LTD) [4].

El método de detergente ácido (FDA) fue desarrollado por Van Soest en 1963 [15] y supuso un gran avance sobre los métodos anteriores. Se basa en la capacidad del bromuro de cetiltrimetil amonio de disolver las proteínas en medio ácido. Elimina almidón y hemicelulosa y permite determinar celulosa y lignina.

Más utilizado es el método de detergente neutro (FDN) [16], que utiliza dodecilsulfato sódico y AEDT. Elimina almidón y proteínas y deja como residuo celulosa, hemicelulosa, lignina, no determinando componentes solubles. Resulta una buena medida de la fibra insoluble.

Algunas limitaciones de este método son:

- Retienen gran parte de almidón.
- No mide polisacáridos solubles.
- No da información sobre la com-

posición de la fracción no celulósica de la fibra.

Existen modificaciones que utilizan enzimas para la hidrólisis del almidón. La AACC [17] adoptó un método de FDN en el que se incluye un tratamiento con  $\alpha$ -amilasa porcina, y que aparece recogido en la legislación española [18]. Jeraci y col. [19] desarrollaron un método en el que determinan la fibra insoluble por extracción con detergente neutro y la fibra soluble mediante una hidrólisis enzimática ( $\alpha$ -amilasa) con urea 8 M.

#### 3.2. Métodos enzimáticos

Estos métodos se fundamentan en el tratamiento enzimático de la muestra para gelatinizar el almidón. Los primeros métodos enzimáticos surgen como modificaciones del método de fibra neutrodetergente [20].

Los métodos enzimáticos modernos para el análisis de la fibra dietética se pueden dividir en dos grupos:

- Enzimáticos gravimétricos, son los más utilizados, entre ellos el desarrollado por L. Prosky [21, 22], que tras

ser sometido a un estudio Interlaboratorio fue adoptado como método oficial de la AOAC en 1990, y recomendado o aprobado en al menos diez países, incluyendo EEUU, países nórdicos, Alemania oriental y Suiza. Método rápido, en el que se obtienen valores de fibra dietética total, incluida la lignina [21], fibra soluble e insoluble [22].

b) Enzimáticos químicos, entre ellos el método de Englyst [9, 23] una modificación del método original de Southgate y col. (1978) [4], que está recomendado como oficial en Reino Unido.

a) Métodos enzimáticos-gravimétricos: método de Prosky y col. (1985)

Este método se fundamenta en los métodos de Furda (1981) [24], Schweizer y Würsch (1979) [25], y Asp y col. (1983) [26]. Emplea una digestión enzimática en tres pasos (amilasa termoestable, proteasa y amiloglucosidasa). La fibra soluble se precipita con etanol 95% v/v. El residuo total es obtenido por filtración, se lava sucesivamente con etanol y acetona, se seca y se pesa. El porcentaje de fibra se corrige restando los valores de proteínas y cenizas. Existe una modificación del método que permite obtener los valores de fibra soluble e insoluble, además de los valores de fibra dietética total [22]. El esquema de este método se recoge en la figura 1.

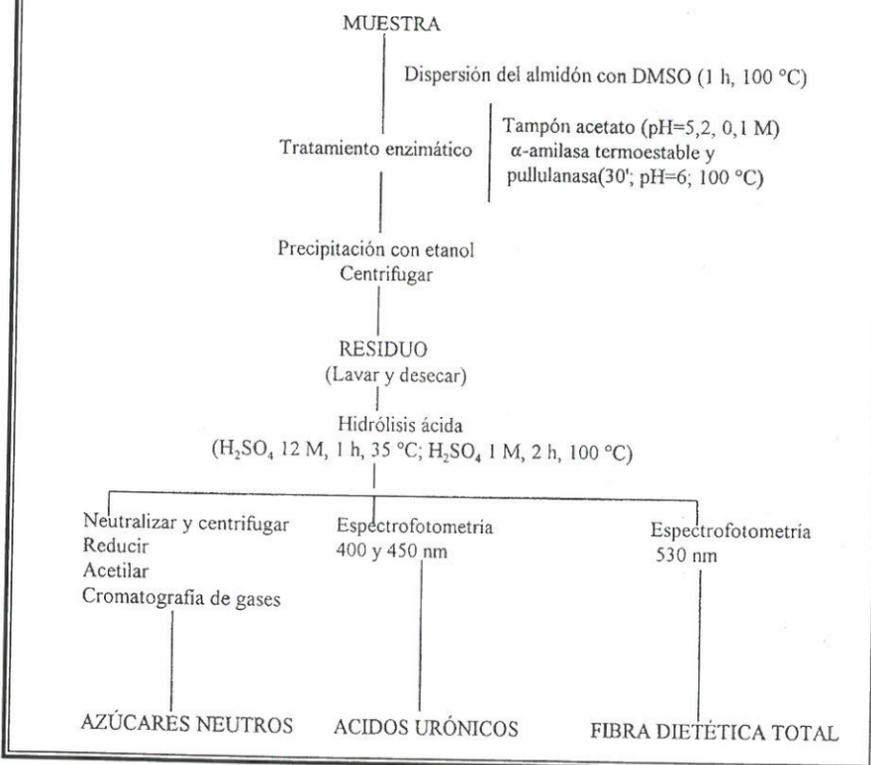
El residuo medido como fibra dietética por los métodos enzimáticos gravimétricos, contiene polisacáridos distintos del almidón (NSP), almidón resistente, lignina, productos de la reacción de Maillard y otras sustancias relacionadas, como taninos [30] o saponinas.

b) Métodos enzimáticos-químicos: método de Englyst y Cummings (1982, 1988)

Los métodos enzimáticos químicos cuantifican la fibra como la suma de sus constituyentes químicos, usando métodos de laboratorio basados en la química de carbohidratos.

En el método de Englyst [23] (Fig. 2), el almidón se elimina por hidrólisis enzimática (con pancreatina y pullulanasa); tras su dispersión con dimetilsulfóxido. El residuo, libre de almidón, se precipita con etanol y se hi-

Fig.2. Esquema del método enzimático químico de Englyst y Cummings (1988)



droliza por tratamiento con ácido sulfúrico. Los azúcares neutros liberados en la hidrólisis se cuantifican, por cromatografía de gases, y se obtienen así valores individuales para los monosacáridos. Los ácidos urónicos se cuantifican por colorimetría. El conjunto de polisacáridos distintos del almidón (NSP) se obtiene como la suma de ambas fracciones.

Si se reemplaza el tratamiento con alcohol por un tratamiento de una hora con tampón fosfato (pH = 7, 100°C) se obtiene la fracción soluble de los polisacáridos distintos del almidón (NSP). Si se omite el tratamiento con sulfúrico 12 M y se reemplaza por una hidrólisis con el mismo ácido, pero a una concentración 2 M, sólo se hidrolizan los polisacáridos no celulósicos (PNC), lo que permite obtener el contenido en celulosa por diferencia entre el contenido en glucosa de la fracción NSP y la fracción PNC.

Los valores de fibra dietética obtenidos por este método no incluyen almidón resistente ni lignina.

Existen otros métodos, propuestos

por diversos autores y que pueden ser incluidos en estos grupos: Selvendran y Dupon, 1980 [27]; Theander y Aman, 1982 [28]; Faulks and Timms, 1985 [29].

Se hacen a continuación algunas consideraciones con respecto a los métodos que utilizan hidrólisis enzimática:

1. La fracción soluble de la fibra se cuantifica por precipitación con etanol, lo que conlleva dos posibles errores [30]:

a) Coprecipitación de otros componentes distintos de la fibra, como el tampón añadido en el método analítico y de otros componentes de la muestra.

b) Precipitación incompleta de la fibra soluble, dependiendo del pH, fuerza iónica y propiedades fisicoquímicas de la fibra. Así en el método de la AOAC la fibra soluble se extrae a un pH=4,7, mientras que en el método de Englyst se extrae a pH= 7. Esto podría explicar porque los valores de fibra dietética soluble son superiores con este último método.

2) Todos los métodos enzimáticos se

basan en eliminar el almidón por digestión enzimática. Las condiciones en que se realiza esta operación varían de unos métodos a otros, ocasionando diferencias en la extracción de algunos polisacáridos, como las sustancias pécticas. Esta puede ser una de las causas por las que se obtienen resultados dispares en los valores de fibra soluble/insoluble, por distintos métodos [31].

En general los valores de fibra dietética obtenidos por el método de la AOAC son superiores a los obtenidos por el método de Englyst, en especial para los alimentos con un bajo contenido en fibra, por dos razones [5]:

- La eliminación incompleta del almidón, especialmente el retrogradado formado durante el procesado.
- Inclusión de lignina, polifenoles, compuestos de la reacción de Maillard y otros productos de degradación formados durante el procesado.

#### 4. CONCLUSIONES

Debido a que están basados en diferentes definiciones, los componentes de la fibra varían según el método analítico empleado. Diferentes autores [31, 32] han realizado estudios de comparación de métodos y se observa una gran variabilidad tanto en el rendimiento como en la composición de la fibra. Por lo tanto, dadas las diferencias entre los resultados obtenidos por diferentes métodos, sólo serían comparables los valores obtenidos mediante un mismo método analítico.

Sin embargo, y aunque no existe unanimidad en la aceptación universal de ningún método de análisis de fibra, el método de la AOAC es el más ampliamente utilizado en etiquetado nutricional y control de calidad, ya que muestra una buena precisión inter e intra laboratorios y es fácil de realizar. Además el residuo de fibra dietética total obtenido podría servir de punto de partida para una caracterización detallada de los componentes individuales de la fibra.

Las tendencias actuales en la determinación de fibra dietética son: desarrollo de métodos rápidos, para etiquetado nutricional, análisis rutinarios y de control de calidad y, por otro lado, desarrollo de métodos que proporcio-

nen información detallada de la composición de la fibra y que sean de utilidad en estudios nutricionales y epidemiológicos.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Selvendran, R.R. y Roberson, J.A. "The Chemistry of Dietary fibre: An Holistic View of Cell Wall Matrix" en Southgate, D.A.T. Waldron, K., Johnson, I.T. Fenwich (eds): "Dietary fibre: Chemical and Biological aspects", G.R. Royal Society of Chemistry, pág. 27-43 (1990).
- [2] Anderson, J.W.; Bridges, S.R. "Dietary fibre content of selected foods", Am. J. Clin. Nutr. 47, pág. 440-447 (1988).
- [3] Marlett, J.A. "Issues in Dietary Fibre Analysis" en I. Furda and J. Briine (eds): New Developments in Dietary Fibre, Plenum Press, New York, pág. 183-192 (1990).
- [4] Southgate, D.A.T.; Hudson, G.J.; Englyst, H. "Analysis of Dietary Fibre the Choices for the Analyst", J. Sci. Food Agric. 29, pág. 979-988 (1990).
- [5] Englyst, H.N.; Cummings, J.H. "Non starch polysaccharides (dietary fibre) and resistant starch" en I. Furda and J. Briine (eds): New Developments in Dietary Fibre. Plenum Press, New York, pág. 205 - 255 (1990).
- [6] Hispley, E.H. "Dietary "fibre" and pregnancy toxemia", Br. Med. J. 2, pág. 420 - 422 (1953).
- [7] Trowell, H.C. "Ischaemic Heart Disease and Dietary Fibre", Am. J. Clin. Nutr. 25, pág. 926 - 932 (1972).
- [8] Trowell, H.C.; Southgate, D.A.T.; Woelwer, T.M.S.; Leeds, A.R.I.; Gassul, M.A. y Jenkins, D.A. "Dietary Fibre Redefined", The Lancet, 1 pág. 967 - (1976).
- [9] Englyst, H.N.; Wiggins, H.S.; Cumming, J.H. "Determination of the Non starch Polysaccharides in Plant Foods by Gas-Liquid Chromatography of constituent Sugar as Alditol Acetates", Analyst., 107, pág. 307 - 318 (1982).
- [10] Englyst, H.N.; Trowell, H.; Southgate, D.A.T. y Cumming, J.H. "Dietary Fibre and Resistant Starch", Am. J. Clin. Nutr., 46, pág. 873 - 874 (1987).
- [11] Englyst, H.N. y Cumming, J.H. "Digestion of Polysaccharides of potatoe in the small intestine of man", Am. J. Clin. Nutr., 44, pág. 423 - 431 (1987).
- [12] Berry, C.S. "Resistant Starch: Formation and measurement of starch taha survives Exhaustive Digestion with Amyolytic Enzymes during the Determination of Dietary Fibre". J. Cereal Sci., 4, pág. 301-314 (1986).
- [13] Asp, N.G.; Fruda, I.; DeVeries, J.W.;

Schweizer, T.F. y Prosky, L. "Dietary fiber definition and analysis", Am. J. Clin. Nutr., 48, pág. 688-690 (1988).

[14] Presidencia del Gobierno, Métodos Oficiales de Análisis de Cereales, Orden de 31 de enero (1977).

[15] Van Soest, P.J. "Use of Detergents in the Analysis of fibrous Feeds, I. Preparation of Fibre Residues of Low Nitrogen Content", J. Assoc. Off. Agric. Chem. 46, pág. 825 - 835 (1963).

[16] Van Soest, P.J.; Wine, R.H. "Use of Detergents in the analysis of fibrous feeds, IV. Determination of plant cell wall constituents", J. Assoc. Off. Anal. Chem. 50, pág. 50 - 51 (1967).

[17] AACC Method 32-20 "Insoluble Dietary Fibre", American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN (1978).

[18] Presidencia del Gobierno "Métodos Oficiales de Análisis de Galletas", Orden de 2 de noviembre (1987).

[19] Jeraci, J.L.; Lewis, B.A.; Van Soest, P.J. y Robertson, J.P. "Urea enzymatic dialysis procedure for determination of total dietary fibre", J. Assoc. Anal. Chem., 72, pág. 677 - 681 (1989).

[20] Robertson, J.B. y Van Soest, P.J. "The Detergen System of Analysis and its application to Human Foods", en W.P.T. James y O. Theander (eds.): The Analysis of Dietary Fibre in Food. Marcel Dekker, Nueva York, pág. 23 - 158 (1981).

[21] Prosky, L.; Asp, N.G.; Furda, I.; De Vries, J.W.; Schweizer, T.F. y Harland, B. "Determination of Total Dietary Fibre in Foods and Food products: Collaborative Study", J. Assoc. Off. Anal. Chem., 68, pág. 677 - 679 (1985).

[22] Prosky, L.; Asp, N.G.; Schweizer, T.F.; De Vries, J.W. y Furda, I. "Determination of Insoluble, Soluble and Total Dietary Fibre in Food products: Interlaboratory Study", J. Assoc. Off. Anal. Chem., 71, pág. 1.017 - 1.023 (1988).

[23] Englyst, H.N. y Cumming, J.H. "Improved Method for Masurement of Dietary Fibre and Non Starch Polysaccharides in Plant Food", J. Assoc. Off. Anal. Chem., 71, pág. 808 - 814 (1988).

[24] Furda, I. "Simultaneous analysis of soluble and dietary fibre" en W.P.T. James y O. Theander (eds.): The analysis of Dietary Fibre in Food. Marcel Dekker, Nueva York, pág. 163 - 172 (1981).

[25] Schweizer, T.F. y Würsch, P. "Analysis of Dietary Fibre", J. Sci. Food Agric., 30, pág. 613 - 619 (1981).

[26] Asp, G.N.; Johansson, C.G.; Hallmer, H. y Siljeström, M. "Rapid Enzymatic Assay of Insoluble and Soluble Dietary Fibre", J.

Agric. Food Chem. 31, pág. 476 - 482 (1983).

[27] Selvendran, R.R. y Du Pont, M.S. "Simplified methods for the precipitation and analysis of dietary fibre", J. Sci. Food Agric. 31, pág. 1.173 - 1.182 (1980).

[28] Theander, O. y Aman, P. "Studies on dietary fibre. A method for the analysis and chemical characterisation of total dietary fibre", J. Agric. Food Chem. 34, pág. 330 - 336 (1982).

[29] Faulks, R.M. y Timms, S.B. "A rapid method for determining the Carbohydrate Component of Dietary Fibre", Food Chemistry 17, pág. 273 - 287 (1985).

[30] Mañas, E. y Saura-Calixto, F. "Ethanol precipitation: A source of error in dietary fibre determination", Food Chemistry 47, pág. 351 - 355 (1993).

[31] Ravindram, G. y Palmer, J.K. "Comparison of four different methods for the analysis of dietary fibre in Winged Bean Seeds", J. Food Sci. 55, pág. 351 - 355 (1993).

[32] Saura-Calixto, F. "Effect of Condensed Tannis in the Analysis of Dietary Fiber in Carob Pods", J. Food Sci. 53, pág. 1.769 - 1.771 (1988).