

Macroalgas marinas comestibles de Chile como fuente de fibra dietética: Efecto en la digestibilidad aparente de proteínas, fibra y energía y peso de deposiciones en ratas¹

Nelly Pak² y Héctor Araya³

Departamento de Nutrición. Facultad de Medicina, Universidad de Chile

RESUMEN. La necesidad de un incremento de la ingesta de fibra dietética (FD) justifica el estudio de las algas como una fuente importante de ella. El objetivo del trabajo fue estudiar en ratas, el efecto de la FD de las algas, sobre el peso de las deposiciones y digestibilidad aparente de energía, proteínas y fibra. Las algas estudiadas fueron el cochayuyo (fronda) y ulte (parte basal) (*Durvilleae antarctica*), luche verde (*Ulva lactuca*) y luche rojo, (*Porphyra columbina*) cocidos a ebullición y secados a 55° C bajo corriente de aire. Ratas machos Wistar de 25 días de edad fueron alimentadas durante un período experimental de 29 días con dietas de caseína con inclusión de 10 % de FD de las algas. Como grupo control se utilizó una dieta sin fibra. La FD de las algas varió entre 58,2 g/100 g a 75,6 g/100 g (peso seco), del cual 37,9 % a 52,4 % fueron solubles. En relación al control: a) Se encontró disminución significativa de la digestibilidad de proteínas y deposiciones. La digestibilidad de la FD varió entre 21,1 % a 43,1 %. Se demuestra que las algas constituyen una excelente fuente de FD, que puede ser beneficiosa para prevenir o tratar enfermedades derivadas de su carencia.

SUMMARY. Chilean edible sea macroalgae as sources of dietary fiber: effect on apparent digestibility of protein, fiber, energy and fecal weight in rats. The inclusion of algae as a source of fiber in the diet is justified by the present need to increase the intake of this nutrient. The aim of this study was to study on rats, the effect of dietary algae fiber on fecal weight and apparent digestibility of energy, protein and fiber. The type of algae studied were cochayuyo (frond) and ulte (basal part) (*Durvilleae antarctica*), luche verde (*Ulva lactuca*) and luche rojo (*Porphyra columbina*). All these algae were boiled and dried at 55° under air flow. Male rats, Wistar strain of 25 days of age, were fed during 29 days with diets containing casein plus the inclusion of 10 % (weight) of one of these algae dietary fiber. A group having no fiber intake was used as a Control group. Algae content of dietary fiber ranged between 58,2 - 75,6 g/100 g (dry weight), soluble fiber portion constituted 37,9 - 52,4%. In relation to the Control group it was found significant reduction in the apparent digestibility of protein and energy, and a significant reduction in fecal weight. Dietary fiber digestibility ranged between 21,1 and 43,1%. This study shows that algae can be an excellent dietary fiber source, very useful to prevent or treat different fiber-deficiency related diseases.

INTRODUCCION

Actualmente, a nivel mundial, las algas son utilizadas para diferentes propósitos, destacándose la obtención de ficocoloides y su empleo directo en la alimentación humana (1). El hábito de ingerir algas y la preparación de ellas varía en forma importante de un país a otro. La gran variabilidad se debe principalmente a las materias primas disponibles y a la idiosincrasia y preferencias de cada país o región.

Desde hace varios miles de años las algas contribuyen un alimento muy estimado y consumido en el mercado oriental. En Occidente no existe ninguna tradición análoga. El empleo de algas como alimento específico se abandonó en general en Europa y América del Norte durante el siglo pasado (2). En la actualidad, también en estos países se están apreciando a los «vegetales marinos como una fuente de alimentos naturales».

Con respecto a las algas comestibles de Chile, las que se consumen en forma tradicional por el hombre pertenecen a las algas pardas (Cochayuyo y ulte), verdes (luche verde) y rojas (luche rojo). El

cochayuyo (Familia *Durvilleaceae*, Especie *Durvilleae antarctica*) se obtiene a partir de las frondas secadas al sol; el ulte es el talo y parte del disco adhesivo de la *Durvilleae antarctica*, que se lava y se somete a ebullición con el objeto de ablandarlos y se comercializa cocido y fresco. En menor escala se consumen el luche verde (Familia *Ulveaceae*, Especie *Ulva lactuca*) y el luche rojo (Familia *Bangaceae*, Especie *Porphyra columbina*) que se expenden generalmente al estado precocido en forma de panes, o secos (3,4).

Las especies *Ulva lactuca* y *Porphyra columbina* se encuentran a lo largo de toda la costa chilena y la *Durvilleae antarctica* se distribuye entre la zona central y sur central del país. La ingesta de algas es en general baja en nuestro país, salvo en zonas determinadas donde existe el hábito de su consumo, en forma de ensaladas, sopas o guisos.

Las algas no representan una fuente eficaz de energía y hasta el momento se dice que el principal valor nutritivo radica en su contenido de vitaminas y minerales (1,3). Sin embargo, datos recientes de la literatura señalan a las algas como fuentes importantes de fibra dietética (FD) especialmente de fibra soluble (5). Estos antecedentes lo hemos confirmado para las algas consumidas en nuestro país (6) en las que hemos encontrado valores de FD superiores, en general, a frutas y verduras (7).

Es de todos conocido que la dieta deficiente en FD se relaciona con una mayor incidencia de enfermedades crónicas como constipación, diverticulosis, cáncer al colon, obesidad, aterosclerosis (8).

1 Financiado mediante Grant 1930969, de FONDECYT

2 Profesor Titular, 3 Profesor Asociado. Departamento de Nutrición, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.

El Consejo Nacional de Investigación en Estados Unidos, en su último informe sobre recomendaciones dietéticas (9), indica la conveniencia de incrementar el consumo de FD a partir de alimentos habituales de la dieta de las poblaciones y no de aislados de FD. Las principales fuentes alimentarias de FD están representadas por las leguminosas, cereales integrales, verduras y frutas.

Las algas marinas como alimentos podrían integrarse a este grupo, por constituir fuentes importantes de FD especialmente de fibra soluble; a esta última se le atribuyen en general, efectos hipolipidémicos y un mejor control glicémico, lo que la hace interesante para el manejo de la obesidad hipercolesterolemia y diabetes (10).

Las algas que se consumen en nuestro país pertenecen a clases diferentes (*Phaeophyta*, *Rhodophyta* y *Chlorophyta*) que difieren en sus polisacáridos de reserva, y de las paredes celulares (11). Para tal diversidad de polisacáridos, corresponden diferentes propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas (5). En este sentido existe muy poca información sobre los efectos fisiológicos de las algas como fuente de fibra en animales de experimentación y humanos (5).

Un posible efecto beneficioso del consumo de la FD de algas sería el de actuar aumentando el volumen de deposiciones, lo que redundaría en la prevención y tratamiento de la constipación. También es de utilidad comprobar si se produce disminución de la digestibilidad de energía de la dieta, por acción de la FD de algas, que favorece al tratamiento de la obesidad.

Otro aspecto atractivo de conocer es el grado de fermentación de la fibra insoluble y soluble de las algas por parte de la flora bacteriana presente en el colon que puede medirse a través de la digestibilidad de la fibra. Es sabido que la fermentación de la FD produce entre otros, ácidos grasos volátiles de cadena corta que influyen en el metabolismo de lípidos y glucosa, permitiendo una acción hipocolesterolémica y un mejor control glicémico, lo que es beneficioso también para el tratamiento de la obesidad (8,10,12).

El objetivo de este trabajo es estudiar en ratas en crecimiento el efecto de la FD de las algas consumidas en Chile, sobre las deposiciones y la digestibilidad aparente de energía, proteína y fibra de dietas purificadas.

MATERIAL Y METODOS

Obtención de las muestras: Se adquirió en el comercio de Santiago cochayuyo, ulte y luce rojo y en la isla de Chiloé, luce verde. El cochayuyo y luce rojo correspondían a productos crudos y secos, el ulte al material cocido y fresco y el luce verde al alimento crudo y fresco.

Tratamiento de las muestras: Los materiales crudos se lavaron y cocieron a ebullición (45' el cochayuyo previo remojo por 12 horas, y 15' el luce rojo y verde) y luego se secaron a 55° C con aire forzado y posteriormente se molieron. Con el ulte se procedió directamente a su secado y molienda.

Análisis de las harinas de algas

- Análisis proximal:** Se determinó la composición química de las harinas de algas en cuanto a humedad, cenizas, proteínas (Nx6,25), lípidos según los métodos oficiales de la AOAC (13), los carbohidratos totales se determinaron por diferencia.
- Determinación de fibra dietética:** La fibra dietética total y fraccionada en soluble e insoluble, se determinó en las harinas de algas, según el método gravimétrico de Lee SG y cols (14)

con modificaciones en cuanto a menor pesada de las muestras y a la precipitación de la fibra soluble para el luce rojo, que consistió en concentrar por liofilización el filtrado que contiene la fibra soluble y agregar cinco veces el volumen de alcohol de 95 °C enfriado a -10 °C (16).

Diseño experimental

Animales: Se emplearon ratas machos Wistar de 25 días distribuidas en 6 grupos de 8 ratas, con un peso promedio de 46,4 g. Las ratas fueron colocadas en jaula individual con fondo criboso y cada grupo recibió alimentación *ad libitum*.

Dietas experimentales: (Tabla 1)

TABLA 1
Composición de las dietas

	DIETAS g/100g l					
	Control	Salvado de trigo	Luche rojo	Luche verde	Ulte*	Cochayuyo*
Caseína	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29	12,29
Mezcla Vit**	1	1	1	1	1	1
Mezcla Vit**	4	4	4	4	4	4
Aceite maravilla	5	5	5	5	5	5
Salvado trigo	-	25,01	-	-	-	-
Luche rojo	-	-	17,57	-	-	-
Luche verde	-	-	-	18,61	-	-
Ulte	-	-	-	-	15,90	-
Cochayuyo	-	-	-	-	-	15,42
Maicena	77,71	52,70	60,14	59,1	61,81	62,29

1 Ver Material y Métodos

* = 10 % de fibra dietética

** Pellet P. and Young V. (15).

Dieta control: Contiene 10 % de proteínas proveniente de caseína (Nutritional Biochemical Corp, Cleveland Ohio).

Dieta con harina de algas: Se incluyen las harinas de algas, al 10 % de su fibra dietética, en dietas de caseína al 10 % de proteínas en reemplazo de maicena.

Dieta con salvado de trigo: Con fines comparativos se incluyó salvado de trigo (adquirido en el comercio local), también al 10 % de su fibra dietética, en dieta de caseína al 10 % de proteínas en reemplazo de maicena.

Indicadores: Se registró el aumento de peso de los animales, la ingesta de la dieta y el peso de las deposiciones (secadas a 105 °C hasta peso constante), cada siete días.

Digestibilidad aparente de proteínas, fibra y energía: Las digestibilidades aparentes de proteínas, fibra y energía se calcularon como la diferencia entre la ingesta y la excreción en las heces y expresadas como porcentaje de la ingesta; estas determinaciones se efectuaron en la segunda, tercera y cuarta semana de la experiencia respectivamente. Para ello se analizaron las dietas y las deposiciones correspondientes, en cuanto a proteínas por Kjeldahl (Nx6,25) (13), fibra dietética empleando la técnica de Lee SG. y cols (14) y con las modificaciones ya señaladas al emplear el luce rojo (6) y energía bruta utilizando la bomba calorimétrica Gallenkamp.

Análisis estadístico: Los valores se presentaron como promedio \pm desviación estándar y se compararon usando ANOVA, con el test de Tukey-Kramer para evaluar diferencias entre los grupos. Los resultados se consideraron significativos con $p < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 2 se muestran los resultados de la composición química de las algas cocidas, expresadas con fines comparativos en g/100 g peso seco. Se indica también la humedad que tienen estos productos cocidos previo al secado para la obtención de las harinas de algas. Llama la atención el aporte elevado de proteínas en el caso

del luche rojo y verde. La fibra dietética total varió entre 58,2 g% para el luche verde a 75,6 g % para el cochayuyo. El porcentaje de fibra soluble del total de la FD osciló de 37,9 % en el cochayuyo a 52,4 % en el luche verde. Es especialmente notable que el aporte de FD obtenido por análisis se asemeje al valor de carbohidratos totales obtenidos por diferencia, empleando la información del análisis proximal. Este hecho apoya la presunción de que los carbohidratos presentes en las algas analizadas corresponden en su totalidad a FD, lo que evidentemente influye en el cálculo del aporte energético de estos alimentos. El aporte de cenizas es también importante, en cambio, los lípidos son bajos en todas las algas analizadas.

TABLA 2
Composición química y fibra dietética de algas cocidas*

Algas	Humedad g/100g	Cenizas**	Proteínas** Nx6,25	Lípidos**	H.de C. Totales**	Insoluble	Fibra Dietética** Soluble	Total
Cochayuyo <i>Durvillea antarctica</i> (fronda)	91,0	13,9	10,2	1,5	74,4	47,0	28,6	75,6
Ulte <i>Durvillea antarctica</i> (parte basal)	90,9	17,2	8,9	1,1	72,8	40,2	31,1	71,3
Luche Rojo <i>Porphyra columbina</i>	89,4	7,4	29,7	1,3	61,6	37,9	25,7	63,6
Luche Verde <i>Ulva Lactuca</i>	84,8	16,5	24,4	0,7	58,4	27,7	30,5	58,2

* Ver Material y Métodos

** g/100 g peso seco

En la Tabla 3 se observa el efecto en ratas machos Wistar de 25 días, de la adición de harina de algas y de salvado de trigo en cantidad tal que aporten un 10 % de FD a dietas de caseína al 10 % de proteínas, sobre el aumento de peso, ingesta de la dieta y eficiencia de ella (ingesta de la dieta/aumento de peso), durante un período de 29 días. El grupo control no incluye agregado de fibra en su dieta. El análisis de varianza efectuado (ANOVA), no mostró diferencias significativas en los tres parámetros estudiados.

TABLA 3
Efecto de la adición de un 10 % de fibra dietética de algas y de salvado de trigo a dietas de caseína, sobre el aumento de peso, ingesta y eficiencia de la dieta

Dietas	Aumento de Peso* g/29 ds	Ingesta Dieta* g/29 ds	Eficiencia Dieta* ¹ 29 días
Control	107,2 \pm 23,2	356,5 \pm 49,7	3,38 \pm 0,33
Salvado trigo	121,5 \pm 40,0	387,7 \pm 84,2	3,45 \pm 0,91
Luche Rojo	118,0 \pm 20,5	348,8 \pm 39,7	2,99 \pm 0,29
Luche Verde	120,4 \pm 22,8	376,1 \pm 53,1	3,16 \pm 0,27
Ulte	112,8 \pm 28,0	371,9 \pm 61,9	3,40 \pm 0,50
Cochayuyo	123,0 \pm 24,0	389,8 \pm 41,6	3,24 \pm 0,42

* Valores promedios \pm Desviación Estándar (n=8)

¹ Ingesta dieta en g/aumento de peso en g Significancia estadística: Análisis de Varianza (ANOVA una dirección)= NS

En la Tabla 4 se ilustra el efecto de la adición de fibra de algas y de salvado de trigo a dietas de caseína, sobre la ingesta de dietas y el

peso de las deposiciones secas; los resultados corresponden a la cuarta semana de experiencia. Todos los productos estudiados indujeron un aumento significativo del peso de las deposiciones secas en relación a la dieta control. Este efecto se evidencia al expresar las deposiciones como cantidad absoluta o relacionada a 100 g de dieta ingerida. El luche verde es el que presenta siempre el valor más alto.

TABLA 4
Efecto de la adición de un 10 % de fibra dietética de algas y de salvado de trigo a dietas de caseína sobre la ingesta de dieta y peso de deposiciones secas (cuarta semana de experiencia)

Dietas	Ingesta* Dieta g/7 días	Deposiciones peso seco* g/100 g dieta ingerida	
		g/7 días	
Control	102,4 \pm 29,1 ^a	3,07 \pm 0,74 ^a	3,11 \pm 0,78 ^a
Salvado trigo	111,8 \pm 32,3 ^a	14,34 \pm 4,30 ^{bcd}	11,78 \pm 0,41 ^b
Luche Rojo	100,7 \pm 16,6 ^a	15,03 \pm 2,58 ^{bcd}	14,94 \pm 0,56 ^{cf}
Luche Verde	112,2 \pm 17,0 ^a	18,82 \pm 3,07 ^c	16,76 \pm 0,69 ^d
Ulte	114,1 \pm 22,3 ^a	15,73 \pm 3,34 ^{bcd}	13,78 \pm 0,97 ^{ef}
Cochayuyo	110,7 \pm 21,8 ^a	13,09 \pm 3,40 ^d	11,68 \pm 1,24 ^b

* Valores promedio \pm Desviación Estándar (n=8)

Significancia Estadística: Análisis de Varianza (ANOVA una dirección) $p < 0,05$.

Test Tukey-Kramer, letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas $p < 0,05$

La digestibilidad aparente de proteínas, FD y energía por efecto de la adición de un 10 % de FD de algas y de salvado de trigo, a dietas de caseína al 10 % de proteínas, se muestran en la Tabla 5.

TABLA 5
Efecto de la adición de un 10 % de fibra dietética de algas y de salvado de trigo a dietas de caseína sobre la digestibilidad aparente de proteína, fibra dietética y energía

Dieta	Digestibilidad Aparente %		
	Proteínas*	Fibra* Dietética	Energía*
Control	90,9 ± 1,8 ^a	—	97,2 ± 0,7 ^a
Salvado trigo	83,8 ± 1,1 ^b	33,4 ± 4,8 ^{bcd}	86,8 ± 0,5 ^{bc}
Luche Rojo	77,8 ± 3,5 ^{ce}	21,0 ± 3,9 ^{ab}	85,4 ± 0,8 ^b
Luche Verde	73,7 ± 3,4 ^d	27,8 ± 6,1 ^{abc}	86,6 ± 0,7 ^{bc}
Ulte	73,6 ± 3,3 ^d	27,8 ± 6,1 ^{abc}	87,6 ± 0,7 ^e
Cochayuyo	79,7 ± 1,7 ^c	43,1 ± 13,5 ^c	90,0 ± 1,0 ^d

* Valores Promedio ± Desviación Estándar (n=8)

Análisis de Varianza (ANOVA una dirección) p<0,05.

Test Tukey-Kramer: letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas p<0,05

Los materiales disminuyeron significativamente la digestibilidad aparente de proteínas de la dieta de caseína. El menor efecto lo presentó la dieta que contenía salvado de trigo. Es necesario indicar que también se incluye en la digestibilidad de proteínas, la proteína procedente de los materiales ensayados.

La digestibilidad de la FD de los productos ensayados mostró una diferencia significativa entre el cochayuyo (43,1 %) y el menor el luche rojo (21,0 %). La diferente digestibilidad de la FD encontrada, posiblemente influya en que estas algas tengan distinto efecto en el metabolismo de hidratos de carbono y lípidos (8).

La digestibilidad de energía de la dieta control disminuyó significativamente al adicionar las algas y el salvado de trigo. La dieta con salvado de trigo fue similar a las dietas con luche rojo, verde y ulte y significativamente inferior a la del cochayuyo coincide con la mayor digestibilidad de su fibra dietética.

Al realizar las correlaciones entre las ingestas de FD de cada uno de los materiales ensayados y las diferentes variables dependientes estudiadas (incluyendo el grupo control) se evidenció que estas fueron lineales e inversamente significativas para la digestibilidad de proteínas y energía y lineales y directamente significativas para el peso seco de las deposiciones (p<0,001). Como dato ilustrativo, en la Tabla 6 se señalan las correlaciones encontradas entre ingesta de FD y digestibilidad aparente de proteínas.

TABLA 6
Correlación entre ingesta de fibra dietética (X) versus digestibilidad proteica (Y) en ratas

Fuente de	n	Ecuación de la recta	Coefficiente Correlación	P
Salvado trigo	16	y= 90,51 - 0,71 x	-0,87	<<0,001
Luche Rojo	16	y= 90,82 - 1,59 x	- 0,93	<<0,001
Luche Verde	16	y= 90,78 - 2,00 x	- 0,96	<<0,001
Ulte	14	y= 90,10 - 1,88 x	- 0,89	<<0,001
Cochayuyo	16	y= 90,81 - 1,19 x	- 0,95	<<0,001

De acuerdo a la literatura (1,2) las macroalgas se valorizan principalmente por su contenido de vitaminas y minerales, especialmente yodo. Sin embargo, en el presente trabajo se observa lo destacable que es el aporte de FD de las algas analizadas, que aun expresadas con la humedad tal como se consumen, dada valores que fluctúan entre 6,4 g/100 g (ulte) a 8,8 g/100 g (luche verde), cifras superiores a las encontradas en frutas y verduras (7). También es de resaltar el aporte de fibra soluble en todas las algas, especialmente en el luche verde.

Es necesario hacer hincapié sobre la técnica de FD empleada. Aunque se siguió una metodología oficial para hacer la determinación (14), fue imprescindible, dado el carácter viscoso de las muestras de algas, trabajar con pesadas inferiores a las recomendadas (100 a 500 mg), para facilitar las etapas de filtración. Por otro lado, en el caso del luche rojo, la técnica no funciona para la determinación de fibra soluble, da su especial composición. Por este motivo, se buscaron nuevas alternativas y la concentración del filtrado que contiene la fibra soluble y luego la precipitación de ésta con alcohol frío (-10 °C) fue exitosa. De acuerdo a Lahaye y cols (16), la temperatura fría se usa para disminuir la pérdida en etanol de agares metilados presentes en Porfirias.

La contribución de las algas al mayor peso de las deposiciones secas se explicaría por el aporte de fibra que no es digerida por las enzimas digestivas, a la mayor masa bacteriana inducida por la fermentación de la fibra a nivel del colon y a la menor digestibilidad de nutrientes, inducido por la ingesta de fibra, como es el caso de la mayor excreción de proteínas (17). Este efecto sobre las deposiciones les confiere a las algas un rol interesante en la normalización del tránsito intestinal.

Por otro lado, se han enunciado varias hipótesis que explican el efecto de la fibra en la menor disponibilidad de energía de los nutrientes de la dieta, como el aumento de la excreción endógena de componentes que contienen energía, aumento de la excreción de bacterias que contienen lípidos y proteínas, alteraciones en la digestión y absorción de nutrientes. Estos efectos se han visto con fibra soluble, fibra insoluble y con fibra de frutas, verduras, granos (18). En el caso de las algas todas estas posibilidades pueden ser válidas para explicar el efecto de las algas en disminuir la digestibilidad de nutrientes.

El comportamiento diferente de las algas sobre las variables estudiadas pueden ser un reflejo de la diferente composición de sus polisacáridos de reserva y de las paredes celulares (11).

Según los resultados del presente trabajo, se perfila a las algas como herramientas útiles para el control de la obesidad, dado que la inclusión de ellas en la dieta reduce el aporte energético, por su elevado contenido de FD, y por la disminución de la digestibilidad de nutrientes energéticos. Aunque en este estudio no se observó influencia de la FD sobre la saciedad, en el ser humano dado su patrón de ingesta diferente, es factible disminuir la ingesta energética debido a la saciedad producida por una ingesta alta de FD, principalmente de la soluble (8).

Los hallazgos encontrados abren una interesante perspectiva para incrementar el consumo de fibra de las personas que la requieran, a través de la incorporación de algas en su dieta.

REFERENCIAS

1. Chapman VJ & Chapman DJ. Seaweeds and their uses. Ed Chapman and Hall Lt 3a. Ed New York. 1980.
2. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Producción, comercio y utilización de algas y productos

- derivados. Documentos Técnicos de la FAO sobre la Pesca, N°159, Roma, 1976.
3. Instituto Nacional de Normalización, Chile. Algas comunmente reconocidas en Chile para fines comerciales. Nomenclatura común y científica. NCH 1857, 1984.
 4. Schmidt-Hebbel H. Avances en Ciencia y Tecnología de los alimentos, Alfa Beta Impresores, 1981.
 5. Lahaye M. Marine algae as sources of fibres. Determination of soluble and insoluble dietary fibre contents in some sea vegetables. *J Sci Food Agric* 54:587-594, 1991.
 6. Pak N. y Araya H. Valor nutritivo y aporte de fibra dietética (soluble e insoluble) de macroalgas marinas comestibles de Chile, crudas y cocidas. Enviado a la Revista Alimentos, 1995.
 7. Pak N. Fibra Dietética: concepto, contenido en alimentos y consumo en Chile. *Rev Chil Nutr* 20: 124-135, 1992.
 8. Center for food Safety and applied nutrition food and drug administration. Department of health and human services physiological effects and health consequences of dietary fiber. Life Sciences Research Office. Federation of American Societies for Experimental Biology, Bethesda, Maryland, 1987.
 9. National Research Council. Recommended Dietary Allowances. 10th Ed. Washington, C.D. National Academy Press, 1989.
 10. Kritchevsky D. Dietary fiber. *Ann Rev Nutr* 8:301-328, 1988.
 11. Kloareg B & Quatrano RS. Structure of the cell walls of marine algae and ecophysiological function of the matrix polysaccharides. *Ann Rev Oceanogr Marine Biol* 26:259-315, 1988.
 12. Pak N. y Araya H. Efecto hipocolesterolémico del salvado de avena. *Rev Chil Nutr* 19:7-16, 1991.
 13. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists 14th, Ed, Washington DC., USA, 1984.
 14. Lee SC., Prosky L. and De Vries JW. 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.
 15. Pellett PL. and Young VR. Nutritional evaluation of protein foods. The United Nations University, 1980.
 16. Lahaye M., Rochas C. and Yaphe W. A new procedure for determining the heterogeneity of agar polymers in cell walls of *Gracilaria* spp (*Gracilariaceae, Rhodophyta*). *Can J Bot* 64:579-585, 1986.
 17. Schrijver R. De, Fremaut D. and Verheyen A. Cholesterol-lowering effects and utilization of protein, lipid, fiber and energy in rats fed unprocessed and baked oat bran. *J Nutr* 122:1318-1324, 1992.
 18. Miles CW. The metabolizable energy of diets differing in dietary fat and fiber measured in humans. *J Nutr* 122:306-311, 1992.

Recibido: 24-03-1995

Aceptado: 27-10-1995