

Fibra dietética en el residuo industrial del tomate y su efecto sobre la respuesta glicémica y el colesterol sérico en ratas

Magnolia Alvarado, Emperatriz Pacheco-Delahaye, Mercedes Schnell, Patricio Hevia

Universidad de Carabobo-Universidad Central de Venezuela-Universidad Simón Bolívar, Venezuela

RESUMEN. Tras la elaboración de la salsa de tomate tipo ketchup se obtiene un subproducto constituido por sus semillas y piel (RIT). El análisis proximal de la harina de este residuo revela que contiene 50% de fibra dietética, 18% de proteínas y 10% de grasa. Debido a su alta concentración en fibra, se estudió su efecto sobre la absorción de glucosa y el colesterol sérico. A ratas Sprague-Dawley en ayunas, se les administró (intraquímicamente) una comida con 263 g de harina de RIT/kg de dieta o una comida control (0 g/kg de RIT) y se les determinó secuencialmente los niveles de glucosa plasmática. Los resultados muestran que la presencia de RIT en la comida de prueba, aplanó la curva de respuesta glicémica al alimento. La administración *ad libitum* a cuatro grupos de ratas, de dietas hipercolesterolemiantes que diferían en el contenido de RIT, por 18 días, mostró que aunque los animales ingerían mayores cantidades de colesterol los niveles séricos de este lípido se mantenían constantes, lo cual sugiere que el mayor contenido de RIT en la dieta es el responsable de este efecto. Estos resultados sugieren que la fibra dietética del RIT disminuye la absorción de glucosa en ratas, por lo cual podría ser útil en el tratamiento de pacientes con Diabetes no insulino dependiente (NIDD).

Palabras clave: Fibra dietética, colesterol, glicemia, subproducto industrial del tomate.

SUMMARY. Dietary fiber in industrial tomato residue and its effect on glycaemic response and seric cholesterol in rats. The left over after ketchup sauce is obtained is a tomato residue (RIT) that contains skin and seeds. Proximal analysis of the flour of this industrial product reveals that it has 50% dietary fiber, 18% protein and 10% fat. Due to the high dietary fiber content the effect on glucose absorption and seric cholesterol was studied. Sprague-Dawley rats were given an intragastric meal after a 12 hours fast containing 263 g tomato residue flour (RIT)/diet or a control meal (0% RIT) and glucose plasma levels were determined. Results show that the presence of RIT in the test meal flattened glucose response curves. Ad lib administration of four diets differing in RIT content to four groups of rats for 18 days showed that although animals on a high RIT diet ate increased amounts of cholesterol the plasma lipid levels remained constant which suggest that the presence of RIT fibre on the diet is responsible for this effect. The results reported in this paper suggest that the dietary fiber of RIT diminishes glucose absorption and reduces seric cholesterol levels, which in turn could be useful in the treatment of NIDD and hipercolesterolaemic patients.

Key words: Dietary fibre, cholesterol, glycemia, tomato industrial byproduct.

INTRODUCCION

Es de aceptación general que la fibra dietética es esencial para el buen funcionamiento del tracto gastrointestinal (1). Se ha observado que al incluir fibra en la dieta, bien como aislados o formando parte del alimento se logra un aumento en la masa fecal (2). Por otra parte, su consumo mejora el control de la glicemia en diabéticos (3) y reduce el colesterol plasmático, en sujetos con hipercolesterolemia (4). Esto ha fomentado el desarrollo de alimentos procesados con mayor contenido en fibra dietética.

Desde hace varias décadas la industria alimentaria utiliza aditivos de fibra como agentes texturizantes y más recientemente fibras derivadas del procesamiento de cereales (5). Aunque todavía se debate acerca de cual de las fuentes naturales de fibra proporcionaría mayores beneficios al consumirse, existe un consenso de que el consumo de alimentos, particularmente frutas y vegetales, es lo que mejor explica las evidencias epidemiológicas asociadas con la ingestión de

fibra dietética (6). Este grupo de alimentos no sólo contienen fibra, sino también otros constituyentes que en conjunción con ella pueden ser responsables de sus atributos. Por lo que resultaría ventajoso ampliar las fuentes de fibra dietética utilizadas por la industria. Una de ellas pudiera ser el residuo industrial del tomate (RIT), que ya en trabajos previos ha sido adicionado a la salsa de tomate por tener una alta concentración de fibra dietética (7). Además, se ha estudiado la calidad de su proteína tanto en animales (8) como en humanos (9).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del RIT sobre la repuesta glicémica en ratas en ayunas y sobre el colesterol sérico en ratas alimentadas con cantidades variables del RIT, como única fuente de fibra dietética.

MATERIALES Y METODOS

Materiales

El RIT fue secado en un deshidratador semi-industrial de doble tambor (Mathis Machine Corp. GF Dryer-Flaker) bajo

las siguientes condiciones: temperatura 110°C, presión 60 Pa., velocidad de rotación 4 r.p.m y posteriormente molido en un molino (Thomas-Wiley 4) (1 mm). La harina obtenida fue pesada y mantenida a -5°C hasta su utilización.

Análisis químicos

La composición proximal de la harina se determinó de acuerdo a los siguientes métodos: humedad, cenizas, lípidos, almidón, proteínas de acuerdo a lo recomendado por la AOAC, usándose el factor 6.25 para la determinación de proteínas (10). Fibra dietética total, soluble e insoluble por el método de Asp y col. (11). Azúcares totales método de Dubois y Guilles (12). Azúcares reductores por el método de Somogy y Nelson (13,14).

Pruebas biológicas

Dietas: Se prepararon cuatro dietas con cantidades crecientes de RIT, siguiendo las recomendaciones para la elaboración de dietas purificadas para roedores de AIN 1976 (15), se añadieron cantidades iguales de sacarosa y almidón en cada una de las dietas y se incluyó colesterol y ácido cólico, con el propósito de inducir aumento en los niveles de colesterol sanguíneo (16). La composición de las dietas puede verse en la Tabla 1.

TABLA 1
Composición de las dietas experimentales

Ingredientes	Dieta 1 g/kg	Dieta 2 g/kg	Dieta 3 g/kg	Dieta 4 g/kg
Residuo Industrial del tomate ^(a)	0	134	263	387
Caseína ^(b)	200	171	141	113
Aceite de maíz	100	84	68	54
Almidón de maíz	320	276	234	194
Sacarosa	320	276	234	194
Mezcla de vitaminas ^(c)	10	10	10	10
Mezcla de minerales ⁽³⁾	35	35	35	35
Metionina	1,8	1,8	1,8	1,8
Bitartrato de colina	2,5	2,5	2,5	2,5
Colesterol	10	10	10	10
Acido cólico	1	1	1	1
Proteínas	20	19,4	18,8	18,2
Lípidos	10	9,7	9,4	9,1
Carbohidratos totales-fibra	64	56,6	49,4	42,6
Fibra dietética	0	6,7	13	19,1

a. El residuo industrial del tomate fue incorporado a las dietas después de secado y molido. Su composición puede verse en la Tabla 2.

b. Caseína libre de vitaminas de Harlan-Teklad. Madison Wisconsin USA.

c. Mezcla AIN-76 de Harlan-Teklad (15).

Animales: Experimento 1. A dos grupos de ratas, Sprague Dawley, con un mínimo de 9 animales por grupo, peso

promedio de 290 g, alimentadas *ad libitum* con una dieta comercial (Ratarina), luego de un ayuno de 18 horas, se les administró por gavaje intragástrico una comida de prueba que contenía 0,5 g de carbohidratos disponibles/kg de peso corporal a una concentración de 0,15 g de materia seca/ml de agua. Las comidas de prueba solamente se diferenciaban en la presencia o ausencia de 263 g de RIT/de comida. Se tomaron muestras de sangre de la cola, en tubos que contenían EDTA, previo a la administración de la comida y posteriormente cada 30 minutos durante 2 horas. Las muestras se procesaron inmediatamente para la determinación de glucosa plasmática utilizando un procedimiento enzimático basado en el método de Trinder (17), (Kit Heiga # 610).

Experimento 2. Veinte y ocho ratas Sprague Dawley, macho, peso promedio 220 g, fueron colocadas individualmente en jaulas y distribuidas en 4 grupos. A cada grupo se le asignó al azar una de las 4 dietas de prueba. El alimento y el agua fue suministrado «*ad libitum*», durante 18 días. Se determinó la ganancia de peso y el consumo de alimento cada dos o tres días. El día 19 después de 14 horas de ayuno, se tomaron muestras de sangre por punción cardíaca, previa anestesia con éter, para determinar los niveles de colesterol total y colesterol HDL en suero utilizando un método enzimático (Kitt Ultralab).

Análisis estadísticos

Los datos son mostrados como valores medios de los grupos experimentales indicando su desviación estándar. Se analizaron por el método ANOVA, de una o dos vías según el caso, se establecieron las diferencias mínimas significativas por el método de los rangos múltiples de Duncan (18), usando como nivel de significancia del 5%. Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson y curvas de regresión lineal (Microsoft Excel versión 7).

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de la harina del residuo industrial del tomate:

La composición proximal de la harina del RIT (Tabla 2), muestra que contiene una cantidad considerable de proteína, lo cual sugiere su utilidad como complemento nutricional tal como fue evaluado por Drouliscos (8). El contenido de fibra dietética fue similar al reportado por otros autores (7). La relación entre la fibra soluble: fibra insoluble fue de 1:4,5; lo cual la ubica en una situación intermedia entre lo reportado para el afrecho de trigo 0,1:1 (19) y el afrecho de avena 1:1,1 (20).

Respuesta glicémica: La Figura 1 muestra que la incorporación de RIT en la dieta, redujo el incremento en la glicemia posterior a la ingesta del alimento, en relación a lo observado con la dieta control. Otros autores han reportado resultados similares con otras fuentes de fibra dietética y con aislados de la misma (3, 21). El efecto de la fibra dietética sobre el incremento de la glicemia posterior al alimento está

ampliamente documentado (21-23), por lo tanto es probable que la respuesta observada en este trabajo se deba a la alta concentración de fibra dietética de la harina del RIT, aunque no se descarta que existan dentro de este residuo otros compuestos, que puedan disminuir la absorción de glucosa y/o la digestión de carbohidratos. En este sentido, se sabe que la semilla de tomate contiene saponinas (24) que podrían inhibir la absorción intestinal de glucosa tal como lo hace la saponina de soja (25).

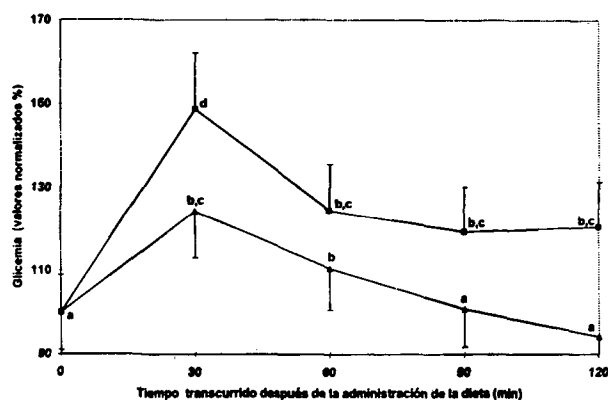
TABLA 2
Composición proximal de la harina del residuo industrial del tomate

	Base húmeda g/kg	Base seca g/kg
Humedad	101,4	0
Proteínas	175,6	195,5
Lípidos	95,9	106,7
Fibra dietética total	495,3	551,0
Fibra dietética soluble	89,9	100,0
Fibra dietética insoluble	405,4	451,0
Azúcares reductores	12,5	12,7
Azúcares totales	95,4	106,2
Cenizas	36,4	40,6
Almidón	n.d ^(a)	n.d

(a) n.d: no detectado.

FIGURA 1

Respuesta de la glucosa plasmática a la administración oral de dietas (0,5 g de carbohidratos disponibles/kg de peso corporal) con 0 g/kg (■) y con 263 g/kg (Δ) de harina del residuo industrial del tomate. Para detalles de las dietas ver Tabla 1. Los puntos representan las medias con sus respectivos errores estándar de 9 y 11 ratas respectivamente. Se considero como 100% los valores de glicemia en ayunas para cada rata. Las medias con letras distintas son estadísticamente diferentes $p < 0,05$. (Análisis de varianza de dos vías)



Ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de las dietas: No hubo diferencias significativas la en ganancia de peso entre los grupos experimentales (Tabla 3). El consumo de alimento tendió a aumentar al incrementar la concentración del RIT en la dieta, lo que provocó una disminución significativa en la eficiencia de las mismas (Tabla 3). Estos resultados coinciden con los de Vahouny y col (26) que demuestran que la eficiencia de las dietas disminuye al añadir fibra dietética y que la magnitud de esta disminución depende del tipo de fibra usada.

TABLA 3
Peso inicial, ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia de las dietas en ratas alimentadas con dietas conteniendo residuo industrial del tomate^(a)

Concentración del RIT (g/kg)	0	134	263	387
Peso Inicial (g)	217,2 ±11,38	219,9 ±13,55	218,1 ±11,88	220,7 ±13,63
Ganancia de peso (g/18 días)	116,2 ±16,84±	118,2 17,35	96,2 ±27,20	117,5 ±7,18
Consumo total de alimentos (g/18 días)	340,4 ^(a) ±26,93	382,4 ^(b) ±46,55	374,8 ^(a,b) ±50,93	445,5 ^(c) ±21,29
Eficiencia de la dieta (%)	34,0 ^(a) ±3,18	31,0 ^(a) ±3,25	25,5 ^(b) ±5,75	26,4 ^(b) ±2,13

a. Los animales consumieron las dietas mostradas en la Tabla 1, durante 18 días. La Tabla muestra las medias y desviación estándar de 7 animales. Las medias en la misma fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, determinado por Análisis de Varianza (una vía), $p < 0,05$.

Colesterol total y colesterol HDL: El colesterol total sérico disminuye proporcionalmente cuando aumenta el consumo de fibra del residuo industrial del tomate (Figura 2), aunque las diferencias entre los grupos experimentales no llegan a ser significativas (Tabla 4). No obstante, resulta interesante destacar que los animales alimentados con dietas con mayor contenido de RIT, consumieron cantidades significativamente mayores de colesterol (Tabla 4); cuando se correlaciona el consumo de colesterol con colesterol total sérico (Figura 3) se obtiene una relación negativa, contrario a lo observado por otros autores usando dietas sin fibra dietética (16), este resultado sugiere que la presencia de RIT en la dieta impide la elevación del nivel del colesterol sérico por efecto de un mayor consumo de colesterol.

Los valores obtenidos para el colesterol asociado a las HDL y a las fracciones VLDL y LDL pueden verse en la Tabla 4. La reducción en el colesterol total sérico observada por el consumo del RIT, no está asociada con la disminución del colesterol HDL, ya que no se consiguió una correlación significativa entre estos dos parámetros. En cambio cuando se calculó la diferencia entre el colesterol total y el colesterol-HDL, lo cual representa el colesterol asociado a las VLDL y/o LDL, y se correlacionó con el colesterol total sérico, el coeficiente de correlación fue significativo ($r = 0,923$), por lo

cual se puede atribuir que la reducción observada en el colesterol total, con el consumo de fibra dietética del RIT se debe principalmente a la disminución en la fracción del colesterol asociado a las VLDL y/o LDL, coincidiendo con lo observado por Jackson y col, 1994 (27).

FIGURA 2

Correlación entre el consumo de fibra dietética y el colesterol total sérico en ratas alimentadas con dietas conteniendo cantidades variables del residuo industrial del tomate por 18 días. Cada punto representa una rata. Ecuación de regresión $y = 0,253X + 88,114$ $r = -0,408$; $p > 0,05$ (n=26)

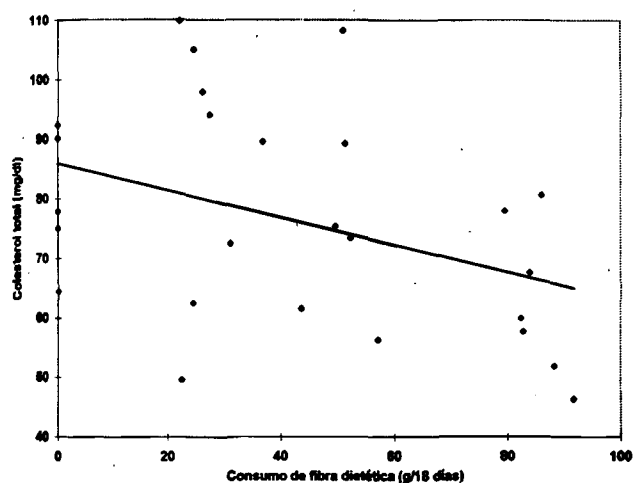


FIGURA 3

Correlación entre el consumo de colesterol y el colesterol total sérico en ratas alimentadas con dietas conteniendo cantidades variables del residuo industrial del tomate por 18 días. Cada punto representa una rata. Ecuación de regresión $y = -12,947X + 124,97$; $r = -0,333$; $p > 0,05$ (n=26)

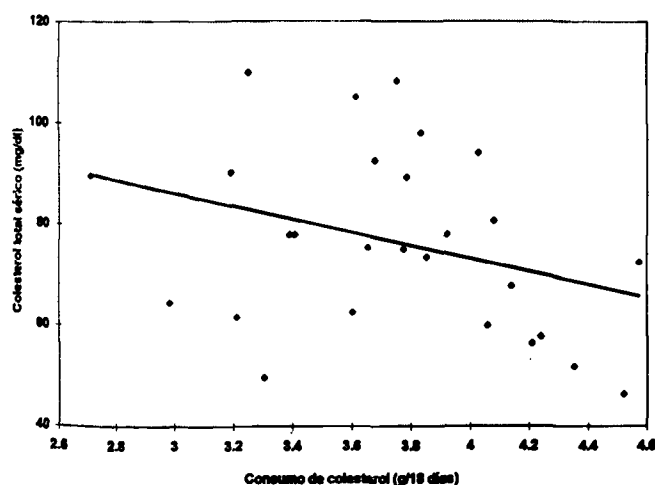


TABLA 4

Colesterol total sérico, consumo de colesterol, colesterol-HDL y colesterol LDL-VLDL en ratas alimentadas con dietas conteniendo residuo industrial del tomate^(a)

Concentración del RIT (g/kg)	0	134	263	387
Colesterol total (mg/dl)	79,3*(a) ±10,33	84,5(a) ±23,02	79,1(a) ±17,94	63,1*(a) ±12,87
Consumo de colesterol (g/18 días)	3,4(c) ±0,27	3,8(b,c) ±0,47	3,7(b) ±0,51	4,5(a) ±0,21
Colesterol HDL (mg/dl)	34,1*(a) ±6,50	28,7(a) ±10,51	29,0(a) ±5,54	28,1*(a) ±3,65
Colesterol VLDL-LDLb (mg/dl)	45,6*(a) ±7,59	55,8(a) ±25,11	50,12(a) ±16,39	35,0*(a) ±12,40

a. Los animales consumieron las dietas mostradas en la Tabla 1, durante 18 días. La Tabla muestra las medias y desviación estándar de 7 animales, salvo las marcadas con asterisco que corresponden a 6 ratas. Las medias en la misma fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, determinado por Análisis de Varianza (una vía), $p < 0,05$.

b. Representa la diferencia entre el colesterol total y el asociado a las HDL.

CONCLUSIONES

El RIT muestra ser una buena fuente de fibra dietética debido a su alta concentración, además de proveer de proteínas y lípidos. Su inclusión en la dieta no afectó significativamente la ganancia de peso en ratas a niveles tan altos como el 39%. Se mostró un efecto benéfico sobre la respuesta glicémica al consumo oral de alimento y sobre el nivel del colesterol sérico en ratas. Estos resultados hacen factible su utilización como fuente de fibra dietética para el enriquecimiento de productos alimenticios.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Juan D'Freites de la Industria Yukeri de MAVESA C.A por la donación del subproducto. A la Sra. Gloria Pinto por su asistencia técnica. Este trabajo fue financiado por CDCH, U.C.V #0137-3310-95; CODECIH, U.C; FUNDACITE ARAGUA, PROMESA-POLAR. y la U.S.B.

REFERENCIAS

1. Mendeloff AI. Dietary fiber and gastrointestinal disease. Am J Clin Nutr 1987;45:1267-1270.
2. Cummings JH, Bingham SA, Heaton KW, Easwood MA. Fecal weight, colon cancer risk and dietary intake of nonstarch polysaccharides (dietary fiber). Gastroenterology. 1992;103:1783-1789.
3. Sels JPJE, Postmes BHR, Wolffenbuttel & Kruseman A. C. N. Dietary fiber in the management of diabetes mellitus: a review. Neth J Med. 1991;38:265-277.
4. Anderson JW, Gilinsky NH, Deakins PA, Smith SF. Lipid responses of hypercholesterolemic men to oat bran and wheat-bran intake. Am J Clin Nutr. 1991; 54:678-683.

5. Wustsch P. Carbohydrate foods with specific nutritional properties a challenge to the food industry. *Am J Clin Nutr.* 1994;59S:758S-762S.
6. Gallaher DD, Schneeman BO. Dietary Fiber. En *Present Knowledge in Nutrition*. E. E. Ziegler, L. J. Filer (Ed.). Washington DC. ILSI Press. 1996; p. 87-97.
7. Vega C, Pacheco-Delahaye E. Aprovechamiento del afrecho del tomate en salsa tipo Ketchup enriquecida con fibra dietética y estudio de su estabilidad. *Acta Científica Venezolana.* 1995;46:194-198.
8. Drouliscos NJ. Nutritional evaluation of the protein of dried tomato pomace in the rat. *Br J Nutr.* 1976;36:449-456.
9. Carlson BL, Knorr D, Watkins TR. Influence of tomato seed addition on the quality of wheat flour breads. *J Food Sci.* 1981;46:1029-1031.
10. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemists 15th Ed U.S.A, 1990.
11. Asp N, Johansson CG, Hallmer H, Siljeström M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. *J Agric Food Chem.* 1983;31:476-482.
12. Dubois M, Gilles KH. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Am Chem* 1956;28:350-360.
13. Somogyi M. A new reagent for the determination of sugars. *J Biol Chem.* 1945;160:61-73.
14. Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J Biol Chem.* 1944;153:375-380.
15. AIN. American Institute of Nutrition. Report of the American Institute of Nutrition "ad hoc" committee on standards for nutritional studies, *J Nutr.* 1977;107:1340-1348.
16. Shinnick FL, Ink SL, Marlett JA. Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats. *J Nutr.* 1990;120:561-568.
17. Trinder P. Determination of blood glucose using 4-aminophenazone as oxygen acceptor. *J Clin Pathol.* 1969;22:246
18. Duncan D. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 1955;11:1-42.
19. Illman RJ, Storer GB, Topping DL. White wheat flour lowers plasma cholesterol and increases cecal steroids relative to whole wheat flour, wheat bran and wheat pollard in rats. *J Nutr.* 1993;123:1094-1100.
20. De Shrijver R, Fremaut D, Verheyen A. Cholesterol lowering effects and utilization of protein, lipid, fiber and energy in rats fed unprocessed and baked oat bran. *J Nutr.* 1992; 122:1318-1324.
21. Jenkins DJA, Leeds AR, Gassuli MA, Cochet B, Alberti KGMM. Decrease in post prandial insulin and glucose concentrations by guar and pectin. *Ann Int Med.* 1977; 86:21-23.
22. Ebeling P, Yki-Järvinen H, Aro A, Helve E, Sinisalo M, Koivisto VA. Glucose and lipid metabolism and insulin sensitivity in type 1 diabetes: the effect of guar gum. *Am J Clin Nutr.* 1988;48:98-103.
23. Schwartz SE, Levine GD. Effects of dietary fiber on intestinal glucose absorption and glucose tolerance in rats. *Gastroenterology.* 1980;79:833-836.
24. Sato H, Sakamura S. A bitter principle of tomato seeds, isolation and structure of a new furastanol saponin. *Agr Biol Chem.* 1973;37:225-231.
25. Sidhu GH, Upson B, Malinow MR. Effects of soy saponins and tigenin cellobioside on intestinal uptake of cholesterol, cholate and glucose. *Nutr Rep Int.* 1987;35:615-623.
26. Vahouny GV, Khalafi R, Satchithanandam S, Watkins DW, Story JA, Cassidy MM, Kritchevsky D. Dietary fiber supplementation and fecal bile acids, neutral steroids and divalent cations in rats. *J Nutr.* 1987;117:2009-2015.
27. Jackson KA, Suter DA, Topping DL. Oat bran, barley and malted barley lower plasma cholesterol relative to wheat bran but differ in their effects on liver cholesterol in rats fed diets with and without cholesterol. *J Nutr.* 1994;124:1678-1684.

Recibido: 30-04-1998

Aceptado:02-02-1999