コレステロール食摂餌ウサギにおける桑葉抽出画分の 脂質代謝に及ぼす影響

土井 佳代^{*,1}, 小島 尚¹, 原田 昌興²
堀口 佳哉³, 藤本 康雄⁴

Effect of Various Fractions Extracted from Mulberry Leaves on Lipid Metabolism in Rabbits Fed a Cholesterol Diet

Kayo Doi,^{*,1} Takashi Kojima,¹ Masaoki Harada,²
Yoshiya Horiguchi,³ and Yasuo Fujimoto⁴

J Jpn Soc Nutr Food Sci 52: 85-90 (1999)

Previously, we have demonstrated that intake of mulberry leaves suppresses increases in the concentrations of serum lipids, hepatic enlargement and atheromatous thickening of the arterial intima in hypercholesterolemic rabbits. In the present study, we evaluated the effect of extracts of mulberry leaves in hypercholesterolemic rabbits in order to clarify the active fractions. The rabbits were fed a 1% cholesterol diet (Ch) concomitantly containing 5% (5Bt•Ch) or 2.5% 1-butanol extract (2.5Bt•Ch), 5% acetone extract (Ac•Ch) and 5% residue (Re•Ch) of mulberry leaves for 14 weeks, respectively. Increases in the concentration of serum total cholesterol and free cholesterol were significantly suppressed in the 5Bt•Ch and Re•Ch diet groups compared with those in the Ch group. Furthermore, a tendency for suppression of lipid deposition in hepatocytes was observed in both the 5Bt•Ch and Re•Ch diet groups. These findings suggest that the hypolipidemic effects of mulberry leaves are exerted by multiple components, and that the 1-butanol extract (recovery 1.03%) contains more active components than the residue (recovery 83.31%).

Key Words hypolipidemic effect, cholesterol, rabbit, mulberry, lipid metabolism.

(Received October 13, 1998 ; Accepted November 18, 1998)

クワは養蚕飼料として広く栽培され、利用されてきている。生葉としても用いられており、根皮は桑白皮として利尿・鎮咳・降圧を目的に用いられる漢方要薬の一つであり、日本薬局方にも収載されている。一方、葉も桑葉と呼ばれ解熱などに用いられる生薬であるが桑白皮に比べて利用は少ない。桑葉の成分に関しては、貫山ら¹⁾

により食物繊維に富み、Onogi *et al.*²⁾ によりフラボノイド配糖体の isoquercitrin や astragalin など、また Asano *et al.*³⁾ によりアミノ糖の deoxynojirimycin など含有していることが報告されている。また、生理活性に関しては、Kimura *et al.*⁴⁾ および陳ら⁵⁾ による実験的糖尿病マウスにおける血糖値低下作用が報告されてい

* 連絡・別刷請求先 (Corresponding author)

¹ 神奈川県衛生研究所食品薬品部 (241-0815 横浜市旭区中尾 1-1-1)
Department of Food and Drug, Kanagawa Prefectural Public Health Laboratories, Yokohama 241-0815, Japan

² 神奈川県がんセンター臨床研究所 (241-0815 横浜市旭区中尾 1-1-2)
Kanagawa Cancer Center Research Institute, Yokohama 241-0815, Japan

³ 関東福祉専門学校 (365-0036 鴻巣市中央 23-10)
Kanto Welfare College, Konosu, Saitama 365-0036, Japan

⁴ 日本大学薬学部 (274-8555 船橋市習志野台 7-7-1)
College of Pharmacy Nihon University, Funabashi 274-8555, Japan

る。著者らは、高コレステロール食摂餌ウサギにおいて桑葉および桑葉水抽出物は血清脂質成分の上昇抑制、肝肥大抑制および動脈内皮の肥厚抑制作用を有することを認め報告した⁹⁾。桑葉熱水抽出エキスの収率は20%と高かったことから配糖体成分の他にも食物繊維が多く含有されていると思われた。水溶性食物繊維には吸収阻害によるコレステロール低下作用が、isoquercitrinのアグリコンである quercetin は血清脂質低下作用⁷⁾や抗酸化作用⁸⁾を有することが報告されていることから、桑葉の脂質代謝改善効果は水溶性食物繊維や quercetin 等によることが予想された。そこで、桑葉の生理活性成分の解明を目的に、桑葉抽出物を分画し、画分ごとの脂質代謝に及ぼす効果を、1%コレステロール食摂餌により実験的高脂肪血症としたウサギを用いて検討した。

実験方法

1. 実験材料

桑葉画分の調製 実験に供した桑葉 (*Morus alba* L.) は、神奈川県蚕業センター圃場の桑「一の瀬」の葉を製茶機 (伊達式) により乾燥したものを用い、Figure 1 に従って75%メタノール抽出後、各画分に分画し、1-ブタノール画分 (Bt)、アセトン画分 (Ac) および抽出残分 (Re) を得た。

2. 実験用飼料

実験用飼料として次の5種類を調製した。ウサギ用飼料 CR-1 (日本クレア) に、コレステロール (1級品、和光純薬) 1%とともに Bt は桑葉換算量 5%および2.5%となるように配合、Ac および Re は5%となるように配合し、固形飼料に調製した。また、対照飼料として1%コレステロール配合 CR-1 を調製した。固形飼料の作成は日本クレアに委託した。

3. 実験動物および飼育条件

体重約2.5 kgの日本白色ウサギの雄を日本 SLC より購入し、4週間の予備飼育後実験に用いた。動物は温度 $23 \pm 3^\circ\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ の飼育室で、自動飼育装置 (トキワ科学機械) の個別ケージで飼育した。実験中は各実験用飼料を毎日100 g/匹与え、水は水道水を自由に摂取させた。なお、実験期間中、動物は与えた試料を残すことはなく、また、2週間ごとに体重を測定したが、いずれの群も有意差はなかった。

4. 実験方法

30匹の動物を2週間毎日1%コレステロール食 (Ch) を摂取させ、血清総コレステロール (TC) の上昇状態を見て、高い値を示した25匹を選び (TC 1001 ± 62 mg/dL)、TC が等しくなるように1群5匹、5群に分けた。群分け後、通常のウサギ基礎飼料 CR-1 投与により2週間飼育し、血清 TC レベルが減少し若干改善させた後、各群にそれぞれ Ch 食、Ch 食に5% (5Bt・Ch)、2.5% (2.5Bt・Ch) 桑葉相当量の1-ブタノール画分を、5%桑葉相当量のアセトン画分 (Ac・Ch) を、5%桑葉相当量の抽

出残分 (Re・Ch) をそれぞれ添加した飼料を実験終了までの14週間、毎日100 g/匹与えた。

5. 検査項目および方法

5.1 血清および肝脂質測定 実験期間中2週間ごとに耳介静脈より血液を採取し、前報⁹⁾に従って血清脂質成分等を測定した。肝 TC、肝トリグリセリド (TG) および肝リン脂質 (PL) は、クロロホルム-メタノール (2:1) で抽出後、TC は酵素法 (デタミナー TC-555 協和発酵) により、TG はアセチルアセトン法 (トリグリセライド-テストワコー 和光純薬工業) により、PL は酵素法 (デタミナー PL 協和発酵) により測定した。

5.2 剖検および臓器の病理組織学的検討 実験開始14週間後に、ネンブタール麻酔下で瀉血屠殺後、胸・腹部の剖検を行うとともに、肝臓および胸部大動脈を摘出、臓器重量を測定した。ただちに、10%ホルマリン溶液で固定し、常法に従い薄切切片を作成し、一部は Hematoxylin-eosine 染色、一部は Sudan III により脂肪染色後光学顕微鏡的に検索した。

6. 各画分中の成分の測定

6.1 高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による測定 1-ブタノール画分について、次の HPLC 条件により主要なフラボノイド配糖体の測定を行った。カラムは Migthysil RP-18 ($4.6 \text{ mm}\phi \times 150 \text{ mm}$) を用い、水/メタノール (85:15) から水/メタノール (35:65) 25 min のグラジェントによる移動相により、210 nm の紫外外部吸収を測定した。定量に用いた isoquercitrin および astragalin は、Extrasynthese 社のものを用いた。

6.2 食物繊維の測定 Re 中の食物繊維量については Southgate 法⁹⁾により測定した。

6.3 薄層クロマトグラフィー (TLC) による測定 薄層板に Merck 社の HPTLC Silicagel 60 F_{254} を、展開溶剤にヘキサン/酢酸エチル (1:1) を用いて、Ac を酢酸エチルに溶かしたものについて TLC を行った。検出は色および365 nm の紫外線照射により行った。

7. 統計分析

得られた測定値は、平均値±標準誤差で示し、Ch 群との有意差検定を Student's *t*-test の方法により行い、 $p < 0.05$ を有意と判定した。

実験結果

1. 桑葉画分

桑葉画分の調製は、食物繊維と配糖体等の分画を目的にまず75%メタノールにより行い、以後 Figure 1 に従って行った。各画分の収率を Figure 1 に示したように、Bt は収率1.03%、Ac は4.90%と低く、Re は、83.31%と桑葉の大部分を占めていた。

2. 桑葉画分の血清脂質に及ぼす効果

Figure 2 に示したように、1%コレステロール食を摂取したウサギ (Ch 群) の TC は最大平均で2,682 mg/dL まで上昇した。それに対し、桑葉画分を添加した各群は

Figure 1 The procedure for extraction of mulberry leaves and their recoveries. Values in parentheses are recoveries.

Figure 2 The effect of administration of fractions extracted from mulberry leaves on serum total cholesterol of the rabbits fed a cholesterol diet. Each point represents the mean $\pm$ SE of 5-4 rabbits. *Significant difference from Ch group at $p < 0.05$. ○ : Ch, ● : 5Bt•Ch, ■ : 2.5Bt•Ch, ◆ : Ac•Ch, ▲ : Re•Ch

いずれも2週目以後TCの上昇を抑制する傾向が得られた。5Bt•Ch群では、8週で最大平均で1,572 mg/dLを示し、以後徐々に減少、14週目では1,117 mg/dLと、Ch群に対し10週目以後有意な上昇抑制を認めた。2.5Bt•Ch群も5Bt•Ch群と同様の傾向を示したが、いずれの週でも有意差を認めず、また、10週目には最大平均で1,936 mg/dLとなり5Bt•Ch群に較べて抑制効果は弱かった。Ac•ChおよびRe•Ch群も5Bt•Ch群と同様の傾向を示し、Re•Ch群では8週および12週に、Ac•Ch群では12週に有意の上昇抑制を認めた。Table 1に示したように、遊離コレステロール量もTCと同様の上昇抑制傾向を認めた。リン脂質とトリグリセリドも上昇抑制傾向を示し

Table 1 Effects of fractions extracted from mulberry leaves on serum lipids in rabbits fed a cholesterol-diet.

Lipids group	(n)	Weeks			
		0	10	14	
Free-cholesterol (mg/dL)					
Ch	(4)	159±36	733± 67	953±185	
5Bt•Ch	(5)	137±33	462± 58*	361± 71*	
2.5Bt•Ch	(5)	142±48	589± 66	525± 52	
Ac•Ch	(5)	158±35	514± 41*	505± 65	
Re•Ch	(5)	167±39	463± 78*	484± 95	
Triglyceride (mg/dL)					
Ch	(4)	74±36	295±117	539±244	
5Bt•Ch	(5)	91±25	225± 45	204± 27	
2.5Bt•Ch	(5)	74±21	189± 61	178± 44	
Ac•Ch	(5)	78± 6	215± 42	185± 51	
Re•Ch	(5)	58±19	143± 25	206± 45	
Phospholipid (mg/dL)					
Ch	(4)	259±52	494± 15	527± 82	
5Bt•Ch	(5)	240±41	422± 95	448± 54	
2.5Bt•Ch	(5)	241±58	460± 95	484± 41	
Ac•Ch	(5)	270±50	507± 30	534± 42	
Re•Ch	(5)	259±43	471± 73	484±112	
HDL-cholesterol (mg/dL)					
Ch	(4)	30± 5	24± 6	27± 1	
5Bt•Ch	(5)	26± 5	27± 6	21± 1	
2.5Bt•Ch	(5)	34± 5	19± 7	41± 4	
Ac•Ch	(5)	28± 3	10± 4	25± 4	
Re•Ch	(5)	29± 5	44± 11	27± 8	
Glucose (mg/dL)					
Ch	(4)	122± 5	91± 22	91± 12	
5Bt•Ch	(5)	116± 6	95± 14	91± 16	
2.5Bt•Ch	(5)	115± 8	66± 12	69± 18	
Ac•Ch	(5)	116± 6	95± 15	93± 16	
Re•Ch	(5)	125± 6	87± 6	70± 9	

Values are means $\pm$ SE. Figures in parentheses are number of animal. *Significantly different from Ch group ($p < 0.05$).

たが、個体差が大きく両群とも有意差は認めなかった。

3. 剖検および病理組織学的検討

摘出した肝臓は、正常の動物に比較して、いずれも色調混濁し軽度腫脹傾向を示し、脂肪肝の様相を呈していた。その程度は、群ごとの差よりも実験動物の個体による差の方が大きかった。Table 2に剖検時の肝/体重比を示した。Ch群の肝臓重量が平均172 gで、肝/体重比53.4 g/kgであったのに対し、桑葉画分添加群は136-163 gといずれも小さい傾向を示し、Re•Ch群では肝/体重比42.6 g/kgとCh群に対し、有意に小さく、肝腫大の抑制を認めた。他の臓器では各群に差を認めなかった。摘出した肝臓のTC量およびPL量はTable 2に示したように、2.5Bt•Ch群が若干高い値を示し、TG量はCh群が低い傾向を示したがいずれも各群に差を認めなかった。

Table 2 Effects of fractions extracted from mulberry leaves on liver weight and liver lipids in rabbits fed a cholesterol-diet.

Group	(n)	Liver/body weight (g/kg)	Total-cholesterol mg/g (liver)	Triglyceride mg/g (liver)	Phospholipid mg/g (liver)
Ch	(4)	53.4±2.3	39.5±17.7	34.8±10.5	87.4± 8.5
5Bt•Ch	(5)	45.5±4.0	50.5±14.9	40.1± 7.6	93.9± 8.5
2.5Bt•Ch	(4)	48.2±2.3	56.9±22.1	38.6± 8.1	94.6±16.3
Ac•Ch	(5)	48.9±2.9	48.6±17.3	33.6± 4.5	93.5± 6.3
Re•Ch	(4)	42.6±1.7*	45.8±18.1	34.8±10.0	93.5± 5.6

Values are means±SE. Figures in parentheses are number of animals. *Significantly different from Ch group ($p < 0.01$).

Figure 3 The effect of administration of fractions extracted from mulberry leaves on the hepatic lesion in the rabbits fed a cholesterol-diet for 14 weeks. (Sudan-III stain, $\times 100$)

Ch group (C, control) : Fat-stain of hepatic tissue demonstrates the hepatocytes containing abundant small to medium sized lipid droplets throughout almost entire extent of hepatic acini with a tendency to predominance in centro-acinar two-third zones. 5Bt•Ch group (5Bt) : Lipid accumulation in hepatocytes is rather restricted to centro-acinar zone. Hepatocytes in the periportal one-half of acini are almost free from lipid deposition. Re•Ch group (5Re) : In this group, lipid deposition in the hepatocytes is also suppressed compared with the control Ch-group, but some scattered lipid-laden hepatocytes are observed even in the periportal zone of acini.

肝臓の病理組織学的検索の結果、Figure 3 に示したように、Ch 群は中心静脈域から門脈域にかけてほぼすべての肝細胞に滴状中性脂肪の沈着が Sudan III 染色により認められた。5Bt•Ch 群でも小滴性脂肪の沈着が認められたが、その程度は軽度で中心静脈域周辺に局限する傾向を示した。Re•Ch 群においても門脈域の脂肪沈着の軽減傾向が認められた。各群の脂肪滴を有する肝細胞数の、全肝細胞数に占める割合を比較した結果、5Bt•Ch および Re•Ch 群はいずれも低い傾向を示したが有意差は認められなかった。胸部大動脈の組織学的観察の結果、Ch 群では、内膜への血漿タンパク成分、脂肪の浸み込みによる肥厚を認めた。桑葉画分投与群でも動物個体によ

Table 3 Effects of fractions extracted from mulberry leaves on aorta in rabbits fed a cholesterol-diet.

Group	(n)	Rate of coarctation of aorta (%)
Ch	(4)	73±25
5Bt•Ch	(5)	69±29
2.5Bt•Ch	(4)	76±19
Ac•Ch	(5)	81±17
Re•Ch	(4)	70±20

Values are means±SE. Figures in parentheses are number of animals.

Figure 4 High performance liquid chromatogram of 1-buthanol fraction extracted from mulberry leaves. HPLC conditions
column : Mightysil RP-18 4.6 mm×150 mm, solvent : water/methanol (85 : 15)-water/methanol (35 : 65) 15 min, detection : absorbance at 210 nm, flow rate : 1 mL/min

Table 4 Contents of flavonoides and dietary fiber of mulberry leaves fractions.

Components	Mulberry leaves	1-BuOH fr.	Residue fr.
Isoquercitrin	1.35	5.18±1.34*	
Astragalin	0.83	2.81±0.57*	
Dietary fiber	39.2**		41
Soluble dietary fiber	4.5**		5

The contents are shown as percentage value of each fraction. *Values are means±SD. *n*=3 **It was quoted from the result of Nukiyama *et al.*¹⁾

り程度差はあるが内膜の肥厚を認めた。血管の狭窄割合を計測し、平均値を比較した結果では個体による偏差が大きく Ch 群との有意差はなかった (Table 3)。

4. 各画分の成分について

Bt について HPLC による測定を行い、得られたクロマトグラムを Figure 4 に示した。保持時間 14 および 15 分に大きなピークを認めた。これらは isoquercitrin および astragalin と保持時間が一致した。Ac について TLC を行った結果、クロロフィル類が大部分であった。Bt 中の両成分および Re の食物繊維含有量を測定した結果、Bt 中のフラボノイド含量は 8%、Re 中の食物繊維量は 41%であった (Table 4)。

考 察

われわれはすでに、桑葉の脂質代謝改善効果を高脂肪血症とした病態動物を用いて実証し、報告した⁶⁾。今回の報告では、桑葉を分画し、各画分ごとの効果を前報と同

様の実験により検討した。実験に供した画分には、フラボノイドなどの配糖体を認めた 1-ブタノール溶出画分、クロロフィル類を含有するアセトン溶出画分、桑葉に豊富に含有される食物繊維に富む抽出残分について実験を行った。

高脂肪血症ウサギにおける各画分の摂餌により、4 群とも血清脂質上昇抑制傾向を認め、中でも Re・Ch および 5Bt・Ch 群で有意な結果が得られた。前報⁶⁾では、2.5% 桑葉末で高い効果を確認しているが、2.5Bt・Ch 群では効果が弱く用量依存的であった。

本実験での病理組織学的所見では、肝細胞の脂肪沈着は 5Bt・Ch および Re・Ch 群で抑制傾向が見られたが、明らかな統計的有意差は得られなかった。Ac・Ch および 2.5Bt・Ch 群では陽性対照の Ch 群と差がない結果が得られた。それに対して、肝臓の総コレステロール量など脂質成分がいずれも Ch 群と差を認めなかったことは、病理学的所見の結果と矛盾を生じている。前報⁶⁾の桑葉末投与群と同様、5Bt・Ch および Re・Ch 群では、肝臓の Kupffer 細胞の動員による脂肪処理がなされそのために脂肪沈着域が限局されていると推察される。大動脈内膜のアテロームの形成抑制も群ごとの差よりも個体差のほうが高く、前報の 1.25%桑葉末配合群と同様の傾向が得られた。

Onogi *et al.*²⁾ により桑葉にはフラボノイドの isoquercitrin および astragalin 等の配糖体を含有していることが、また isoquercitrin のアグリコンである quercetin には血清脂質低下作用⁷⁾や抗酸化作用⁸⁾を有していることが報告されている。今回用いた Bt について HPLC による測定の結果、isoquercitrin および astragalin と保持時間が一致するピークを確認し、その含有量は合わせて Bt

中約8%だった。isoquercitrinは腸内細菌の β -グリコシダーゼにより quercetin に代謝されることから、5Bt・Ch群で認めた血清脂質上昇抑制効果は、これらフラボノイド配糖体が腸内細菌の β -グリコシダーゼなどによる代謝を受けて生じたアグリコンによる効果であることが推察される。また、抽出残分の食物繊維はRe中41%の含有で、桑葉粉末の食物繊維量と差はなかった。食物繊維による糖質と脂質代謝の改善効果は、吸着作用や拡散抑制作用であることが報告されている¹⁰⁾。前報でも桑葉の食物繊維によるコレステロール代謝への関与を示唆してきたが、Re・Ch群による効果も食物繊維によるものと考えられる。

桑葉を分画し、得られたBtおよびReにおいて、脂質制御作用を有することを認めたが、前報⁹⁾の桑葉末や桑葉水抽出物に比べいずれも活性が弱い傾向を示した。桑葉水抽出物は刻みの乾燥桑葉を熱水で抽出したものであることから、フラボノイド、水溶性食物繊維、クロロフィルなどを含有し、今回の実験に用いたBt、AcおよびReが合わさったものと推察する。したがって、今回の実験により桑葉の複数の画分で効果を認めたが、桑葉末や桑葉水抽出物より活性が弱い傾向を得たことは、桑葉の脂質代謝に対する影響は複数の成分によることを示唆すると考える。また、桑葉末で顕著な効果を認めた2.5%桑葉投与群と同量の桑葉より得た2.5Bt・Ch群の効果が弱かったこと、および病理組織学的所見でもその効果が減弱していることは、分画により複数成分による複合効果が働かないことによると考える。

今回の実験では、桑葉量の5%あるいは2.5%換算量の各画分を飼料に配合している。このことは収率1.08%のBtの絶対配合量が、0.05%と少量であるのに対し、抽出残分は4.16%と嵩の高い物であった。しかし、両群の効果は比較的近接しており、血清脂質はBtのほうが、肝腫大抑制には抽出残分のほうが効果が高い結果が得られた。投与絶対量の差から見て、Btにはより活性の高い成分の含有が推察される。Btにはフラボノイド配糖体のisoquercitrin等の含有を認め、さらにHPLCクロマトグラムよりBtにはそのほか多数の配糖体も含まれていると見られることから、これら成分の同定を行い、また、活性の本体に関する検討をさらに行うことが必要と考えられる。

要 約

桑葉が脂質制御効果を有することをすでに報告している。活性成分の解明を目的に桑葉画分による検討を行った。1%コレステロール食摂餌により高脂肪血症としたウサギに、桑葉に換算して5%および2.5%量の1-ブタノール画分、5%量のアセトン画分および抽出残分を14週間与えた4群についてコレステロール食のみの対照群

と比較した。その結果、いずれも対照群に対して、血清脂質上昇抑制傾向を認めたが、5%1-ブタノール食群および5%抽出残分の群では10週間後から有意な抑制効果が得られた。また両群とも肝細胞での脂肪蓄積抑制傾向を認めた。これらの結果より、桑葉の脂質制御効果は複数の成分による作用の発現であることが明らかになった。

本研究に当たり、実験に用いた桑葉画分の分画を行っていただいた豊玉香料㈱の酒井案理博士に感謝いたします。また、ご校閲いただきました国立健康・栄養研究所池上幸江博士に感謝いたします。

文 献

- 1) 貫山道子, 山田利治, 成松次郎, 鈴木 誠, 高橋恭一, 有賀 勲 (1992) 桑葉及びルバーブの食物繊維の消化管内における特性の検討。機能性食品に関する共同研究事業報告第1号, 神奈川県, 51-61.
- 2) Onogi A, Osawa K, Yasuda H, Sakai A, Morita H, Itokawa H (1993) Flavonol Glycosides from the Leaves of *Morus alba* L. *Natural Med* 47: 423-5.
- 3) Asano N, Tomioka E, Kizu H, Matsui K (1994) Sugars with nitrogen in the ring isolated from *Morus bombycis*. *Carbohydr Res* 253: 235-45.
- 4) Kimura M, Fu-jun C, Nakashima N, Kimura I, Asano N, Koga S (1995) Antihyperglycemic effects of N-containing sugars derived from Mulberry leaves in streptozotcin-induced diabetic mice. *J Traditional Med* 12: 214-9.
- 5) 陳 福君, 中島 登, 木村郁子, 木村正康 (1995) 桑葉及び桑白皮エキスによるストレプトゾトシン糖尿病マウスの血糖下降効果と作用機序。薬学雑誌 115, 476-82.
- 6) 土井佳代, 小島 尚, 原田昌興, 堀口佳哉 (1994) コレステロール食摂餌ウサギにおける桑葉の脂質代謝に及ぼす影響。日本栄養・食糧学会誌 47, 15-22.
- 7) Kato T, Tosa N, Doudou T, Imamura T (1980) Effects of dietary quercetin on serum lipids. *Agric Biol Chem* 47: 2119-20.
- 8) Manach C, Morand C, Texier O, Flavier M, Agullo G, Demigne C, Regerat F, Remesy C (1995) Quercetin metabolites in plasma of rats fed diets containing rutin or quercetin. *J Nutr* 125: 1911-22.
- 9) Southgate D.A.T. (1969) Determination of carbohydrates in foods. II. unavailable carbohydrates. *J Sci Food Agric* 20: 331-5.
- 10) 武田秀敏, 桐山修八 (1980): 食物繊維, (印南 敏, 桐山修八編) p. 57-79. 第一出版, 東京.

(1998年10月13日受付, 1998年11月18日受理)