ラットのコレステロール代謝に及ぼすソルガム (モロコシ) の影響

前田 万里*, 前田 竜郎**, 細田 浩*
太田 富貴雄**, 綾野 雄幸**

* 農林水産省中国農業試験場

** 千葉大学園芸学部農芸化学科

Effect of Sorghum Grain on Cholesterol Metabolism in Rats

Mari MAEDA,* Tatsurō MAEDA,** Hiroshi HOSODA,*
Fukio OHTA** and Yūkō AYANO**

* *Chugoku National Agricultural Experiment Station, Ministry of Agriculture,
Forestry and Fisheries, Fukuyama, Hiroshima 721*

** *Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Horticulture,
Chiba University, Matsudo, Chiba 271*

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 42, 433~439 (1989)

The effects of sorghum grain and that sun-dried in winter after being soaked in running cold water for about a month (kanzarashi treatment) on cholesterol metabolism and liver function in rats were examined. The cholesterol level in rats fed a diet containing 55% sorghum was increased significantly in comparison with that in control rats on a rice diet. An increase of serum transaminase activities was also observed in sorghum-fed animals. It was thus proved that "kanzarashi" treatment of sorghum grain prevented the sudden increase in both the serum cholesterol level and transaminase activities in serum. The water extract obtained from sorghum also increased cholesterol levels and transaminase activities.

Key Words sorghum, cholesterol, transaminase, rat.

(Received May 17, 1989)

日本人は、さまざまな穀物を食用としてきた。米、大麦、小麦、ソバ、アワ、ヒエ、ソルガム（モロコシ）、キビ等である。アワ、ヒエ、キビ、モロコシなどの雑穀は、米、麦と混炊したり、独特の調理法で食用とされてきた。世界的にみても雑穀は、重要な食糧、家畜飼料資源となっている。現在、雑穀の生産高が年々減少しているが、将来見直される可能性もある。

ソルガム (*Angropogon sorghum* L.) は、イネ科キビ亜科に属し、日本で栽培されてきたモロコシであり、中国、モンゴルで栽培されるカオリアン（高粱：コウリャン）に類する。米国、インド、アフリカ等の国で飼料、または重要な食料として栽培されているのがマイロで、

草丈が低く穂型も豊稈、多収でタンニン含量の少ないソルガムである。

米、麦類、トウモロコシなどの穀類のなかには、成人病と関わりの深いコレステロール代謝へ影響を及ぼす因子のあることが確認されている¹⁾²⁾。著者らは、ソルガムがラットの脂質代謝に及ぼす影響を検討し、その結果、血中ならびに肝臓コレステロール、血中トランスアミナーゼ活性を上昇させるという特異な効果を見いだしたので、以下報告する。

実験方法

1. 実験材料

実験は、I～IVに分けて行った。

実験には、62年福山産ソルガム5品種（コウリャン；池田町在来種、大白壳、交配種；瀬戸交3号、マイロ；

* 〒721 広島県福山市西深津町 6-12-1

** 〒271 千葉県松戸市松戸 648

Wheatland, M90393), 千葉県産白米 (コシヒカリ) を供試し、いずれも精白したものをを用いた。なお、ソルガムの農業残留によるコレステロール代謝への影響を除くため、栽培中、浸透性殺虫剤の使用は控えた (除虫菊剤を使用)。

実験 I, II で用いた試料は、デンプンのコレステロール代謝に及ぼす影響を除くため蒸煮処理し、デンプンを糊化した後、粉碎、篩別 (30 メッシュ) したものを α 化試料として使用した。

実験 III では、岡山県川上郡成羽町で栽培されている在来種について、実際に食用とされている寒ざらし粉と未寒ざらし粉を糊化して供試した。寒ざらしの方法は、まずよく精白したソルガム粒を 12~2 月に寒水に約 1 カ月晒し (流水がよい)、水が着色しなくなってから水切りし、天日干ししたものを製粉するというものである。

実験 IV で用いた試料は、粉碎した池田町在来種を n -ヘキサンにて脱脂後、10 倍量の蒸留水を加え、2 日おきに水を交換しながら 5°C 10 日間のインキュベートを行い、固体と分離した溶液すべてを濃縮、凍結乾燥して調製した (水溶性成分: W-Ex., 収量: 2.2%)。なお、固体残渣 (W-Res.) も実験 I の理由より糊化して供試した。

2. 成分分析

一般分析は常法に従って行い、粗脂肪は酸分解法³⁾、食物繊維は Asp らの酵素重量法⁴⁾により総 DF (TDF)、不溶性 DF (IDF)、水溶性 DF (SDF) の各含量を、タンニン含量は改良型バニリン塩酸法⁵⁾によってそれぞれ測定した。また、カルシウム、マグネシウム、鉄は、原子吸光光度法で、リンはモリブデンブルー比色法により測定した。

3. 動物実験

動物実験は 4 週齢 Wistar 系雄ラット (日本クレア (株)) (実験 II のみ 4 週齢 SD 系雄) を用い、標準飼料 (カゼイン 22%, ラード 9%, コーンオイル 1%, ミネラル混合 4%, ビタミン混合 0.85%, 塩化コリン 0.15%, ショ糖 63%) で 6 日間予備飼育した後、各群の平均初体重が等しくなるように群分けし、各被検試料を添加した飼料で飼育した。Exp. I, III では高コレステロール飼料 (コレステロール 1%, コール酸ナトリウム 0.25% 含), Exp. II では標準飼料のおおのに α 化試料を 55% レベルで、Exp. IV では W-Ex. を 2.2%, α 化 W-Res. を 50% レベルで添加し、カゼインは被検試料中に含まれている窒素と合わせて標準飼料の窒素含量 (2.97%) と等しくなるように添加量を調節した。被検試料中カゼイン添加量の多少に基づく成分含有比の変化はショ糖で補正した。対照飼料は高コレステロール白米食とし、また、水、飼料は自由摂取とした。本飼育中、数回ラット

尾静脈から採血し、血清を分離して総コレステロールを酵素法 (協和メデックス (株)) により定量した。解剖当日、生体重 (終体重) を測定し、ペントバルビタールナトリウム液 (50 mg/ml, Abbot Lab. 製) の体重 100 g あたり 0.13 ml 腹腔内投与により麻酔した後、開腹し、心臓より採血し、この血清を血清脂質成分などの測定に供した。ラットは、肝臓を摘出し、重量を測定した後、Zak らの方法⁶⁾ に従い肝臓コレステロール値を測定した。ラットは、内臓をすべて摘出し、内臓摘出層体重を測定した。HDL-コレステロール、中性脂肪 (TG)、リン脂質 (PL)、トランスアミナーゼ活性 (GOT: glutamic oxaloacetic transaminase, GPT: glutamic pyruvic transaminase) は、酵素法 (協和メデックス (株) および (株) ヤトロン) で測定した。なお、実験結果の統計処理は、各群の平均値および標準誤差 (SE) を求め、平均値の差の Student の t 検定を行った。

実験結果

1. 実験 I, II

実験 I, II で使用した試料の分析結果は、Table 1 に示した。

各種ソルガムは、対照の精白米に比べると、灰分、粗脂肪、粗タンパク質のおおのの値が高く、食物繊維では、その傾向はさらに顕著である。

また、タンニン含量は品種間差が大きく、外国品種の Wheatland, M90393 はこの方法では検出されなかった。池田町在来種が約 100 mg/100 g と最も多く、大白売がその 85%, 瀬戸交 3 号は 4% しか検出されなかった。ミネラル含量は、カルシウム、リン、マグネシウム、鉄とも各種ソルガムが精白米に比べ多く、リン、鉄、マグネシウムで顕著であった。

実験 I の成長結果は Table 2 に示した。実験 I の飼料効率についてみると、各ソルガム群は標準群、対照群に劣っており、Wheatland 以外有意差が認められた。一般にソルガムタンパク質の栄養価は、アミノ酸の組成の不均衡から低い⁷⁾⁻¹⁰⁾といわれ、飼料効率の低下は、それに起因するものと思われる。また、肝臓重量比についてみると、各ソルガム群は対照群より若干高い値を示したものの有意差は認められなかった。

実験 II の飼料効率では、池田町群のみ有意に低い値を示し、肝臓比については、各群間に大きな差は認められなかった。

実験 I, II のコレステロール値および血清成分値は、Fig. 1, Table 2, 3 に示した。

コレステロール添加試験 (実験 I) では、各ソルガム群は対照群に比べ、血清コレステロールで高い値を示し、とくに池田町群に顕著な上昇を認めた。6 日目では、各

Table 1. Composition of 5 sorghum varieties (Exp. I and II).

(% of dry samples)

	Sorghum					Control (Well-milled rice)
	Ikedacho-zairai	Taihakubai	Setoko-3	Wheatland	M90393	
Moisture	7.79	7.80	7.95	8.70	7.75	9.67
Crude protein	10.55	9.41	8.93	9.28	9.56	6.69
Crude fat ^{a)}	4.95	4.57	3.98	4.18	4.13	0.71
Ash	1.73	1.15	1.13	1.07	0.97	0.40
Dietary fiber ^{b)}						
Insoluble	16.76	14.30	14.32	15.57	13.41	1.56
Soluble	0.34	0.71	0.44	0.52	0.71	1.04
Total	17.10	15.01	14.76	16.09	14.12	2.60
Tannin (mg/100 g) ^{c)}	100.8	85.2	4.1	ND	ND	ND
Mineral (mg/100 g)						
Ca	3.40	3.36	2.86	3.16	2.68	2.36
Mg	32.3	29.5	26.2	28.3	27.1	4.1
Fe	5.10	4.70	3.20	3.75	3.70	0.65
P	180	150	140	150	160	40

^{a)} Method of acid hydrolysis. ^{b)} Method of Asp. ^{c)} Method of corrected vanillin-hydrochloric acid.
ND, Not detected.

Table 2. Effect of 5 sorghum varieties on body weight, food intake, liver weight, serum and liver cholesterol levels in cholesterol-fed rats (Exp. I).

	Control (Rice)	Sorghum				
		Ikedacho	Taihakubai	Setoko-3	Wheatland	M90393
Body weight gain						
(g/12 days) A	85.2±4.8	66.0±7.1*	73.3±1.5	67.5±4.5*	73.6±2.4	71.8±3.6*
Food intake (g/12 days) B	196.8±8.6	181.8±10.4	185.3±3.5	183.0±7.6	185.4±2.3	186.8±7.8
Feed efficiency (A/B)	0.44±0.0	0.37±0.0*	0.39±0.0*	0.36±0.0*	0.40±0.0	0.38±0.0*
Liver weight/						
Carcass weight (%)	6.24±3.0	6.48±3.5	6.55±0.4	6.67±2.2	6.59±0.7	6.29±0.1
Serum :						
HDL-chol. (mg/dl)	43.2±3.0	32.6±1.5	39.8±1.5	42.3±0.8	44.4±0.9	34.2±1.8
Atherosclerotic index ^{*1)}	6.1	11.6	7.9	9.8	7.4	7.7
Transaminase activity :						
GOT (K.U.)	91.0±3.0	100.0±4.7*	99.8±8.9*	94.9±3.6	92.0±3.8	81.0±1.8
GPT (K.U.)	25.0±1.2	30.6±1.3*	28.6±1.4*	30.5±1.4*	29.0±0.9*	26.5±0.8
Liver :						
Chol. (mg/g tissue)	89.5±0.9	97.8±1.7*	99.9±1.7*	96.8±1.7*	95.6±1.2*	88.8±1.7
Chol. (mg/liver)	820.6±14.9	825.5±31.3	889.6±18.6	835.9±20.8	848.9±17.5	798.3±16.4

Values are mean±S.E. (n=8). ^{*1)} {Total chol. (at sacrifice) - HDL-chol.}/HDL-chol. * Significantly different from the control group (p<0.05). Chol. : Cholesterol, Ikedacho : Ikedacho-zairai.

Table 3. Effect of 5 sorghum varieties on cholesterol level in serum and liver of rats (Exp. II).

	Control (Rice)	Sorghum				
		Ikedacho	Taihakubai	Setoko-3	Wheatland	M90393
Serum :						
Total chol. (mg/dl)						
5 days on diet	89.9±1.0	118.2±2.9*	112.4±6.3*	116.3±3.7*	110.3±3.7*	120.2±3.6*
14 days (at sacrifice)	77.8±6.0	109.5±5.2*	110.5±9.5*	101.8±2.2*	97.9±7.2*	99.5±6.6*
HDL-chol. (mg/dl)	40.1±1.0	39.9±1.4	39.4±0.7	36.8±0.5	44.7±1.1	38.4±0.9
A.I.* ¹⁾	0.9	1.7	1.8	1.8	1.2	1.6
Triglyceride (mg/dl)	162.4±6.4	150.8±5.8	144.3±8.4	139.9±7.2	135.5±5.4	169.2±6.9
Phospholipid (mg/dl)	203.6±4.1	218.0±4.1	252.4±3.4*	250.6±2.8*	259.6±2.6*	247.7±2.7*
Transaminase activity :						
GOT (K.U.)	60.4±0.3	89.7±6.4*	81.4±2.9	80.4±3.2	69.1±3.1	75.5±2.6
GPT (K.U.)	22.5±0.6	25.9±0.3	23.4±0.8	27.6±0.4*	25.8±0.4	27.5±0.3*
Liver :						
Chol. (mg/g tissue)	1.2±0.0	2.1±0.1*	1.6±0.1*	1.3±0.0	1.4±0.0	1.1±0.0
Chol. (mg/liver)	10.1±0.3	18.6±1.0*	15.2±0.3*	12.8±0.3	13.0±0.3	10.4±0.1

Values are means±S.E. ($n=8$). *¹⁾ A.I. : Atherosclerotic index ; {Total chol. (at sacrifice) - HDL-chol.}/HDL-chol. * Significantly different from the control group ($p<0.05$). Chol. : Cholesterol, Ikedacho : Ikedacho-zairai.

Fig. 1. Effect of sorghum grains on serum cholesterol in cholesterol-fed rats (Exp. I).

Data are means±SE of 8 rats. * Significantly different from the control group ($p<0.05$).

群すべてに有意差が認められた。この現象は、コレステロール無添加(実験Ⅱ)でも観察され、5, 14 日目とも各群に有意な血清コレステロール上昇がみられた。また、動脈硬化指数も有意差はないものの対照群より高くなった。肝臓コレステロール値では、池田町群、大白壳群がコレステロール添加、無添加に関わらず、高い値を示した。

肝臓障害の指標となる血清トランスアミナーゼ活性で

Table 4. Composition of "kanzarashi" treated sorghum and raw sorghum.

(% of dry sample)

	Sorghum	
	"Kanzarashi"* ¹⁾	Raw (Not treated)
Moisture	5.95	5.24
Crude protein	7.80	8.90
Crude fat ^{a)}	2.30	3.80
Ash	1.40	1.63
Dietary fiber ^{b)}		
Insoluble	13.79	16.50
Soluble	0.51	0.60
Total	14.30	17.10
Tannin (mg/100 g) ^{c)}	24.4	111.0

^{a)} Method of acid hydrolysis. ^{b)} Method of Asp. ^{c)} Method of corrected vanillin-hydrochloric acid. *¹⁾ It is treatment that expose sorghum grains to cold water and dry in the sun during the winter.

は、I, IIを通し、GOT で池田町群、大白壳群が、GPT で M90393 を除く各群が対照群に比し、有意に高い値を示し、池田町群はそのなかでも顕著な上昇を示した。

Table 5. Effect of "kanzarashi" treatment on body weight, food intake, feed efficiency, serum transaminase and liver cholesterol levels in cholesterol-fed rats (Exp. III).

	Control (Rice)	Sorghum (Nariwacho-zairai)	
		"Kanzarashi"* ¹⁾	Raw (Not treated)
Body weight gain (g/11 days) A	95.8±2.5	88.3±3.4	82.3±5.1 ^{a)}
Food intake (g/11 days) B	205.4±8.9	177.4±7.1 ^{a)}	190.3±6.5
Feed efficiency (A/B)	0.47±0.0	0.50±0.0	0.43±0.0 ^{a)b)}
Liver weight/carcass weight (%)	7.8±0.3	9.0±0.5 ^{a)}	9.1±0.3 ^{a)}
Serum :			
HDL-chol. (mg/dl)	38.8±2.5	38.4±5.2	44.7±2.8
Atherosclerotic index*	9.8	12.7	12.5
Transaminase activity			
GOT (K.U.)	58.7±3.0	65.8±3.2	97.1±9.9 ^{a)b)}
GPT (K.U.)	21.8±1.4	24.5±1.7	31.6±1.7 ^{a)b)}
Liver :			
Chol. (mg/g tissue)	52.6±3.3	54.3±4.5	69.2±6.7 ^{a)b)}
Chol. (mg/liver)	620.7±21.3	704.7±35.6	875.3±42.4 ^{a)b)}

Values are mean±S.E. (n=8). * {Total chol. (at sacrifice) - HDL-chol.}/HDL-chol.. ^{a)} Significantly different from the control group ($p<0.05$). ^{b)} Significantly different from the Kanzarashi group ($p<0.05$). Chol.: Cholesterol. ^{*1)} It is sorghum grains that soaked in cold water and then dried in the sun during the winter.

これは、ソルガム投与により肝臓内で何らかの変化が起こっていることを示唆するものであり、コレステロールの上昇との関係も考えられる。

肝臓中のコレステロールでも M90393 を除く各ソルガム群の有意な上昇が認められた。

2. 実験 III

岡山県山間部では、ソルガムを渋抜きのため寒ざらしし、だんご（きびだんごと称して売られている）にして食用としている。実験 I, II からソルガムはコレステロール上昇を促すことが確認されたが、古くから行われている寒ざらしがコレステロール代謝にどのような効果をもたらすのかを調べた。

成分分析結果は Table 4 に示した。寒ざらしにより、各成分とも減少する傾向にあったが、とくに改良型バニン塩酸法により測定したタンニンが約 1/5 に減った。成長結果は Table 5 に示した。寒ざらしにより増体重、飼料効率は改善されたが、肝臓比に差は認められなかった。

血清コレステロール値の経日的変化を Fig. 2 に示した。寒ざらし群は、未寒ざらし群に比し、6日目、9日目、解剖時（11日目）とも有意に低い値を示し、寒ざらしによりソルガムのコレステロール上昇が抑制されることが確認された。

血清トランスアミナーゼ活性および肝臓コレステロー

Fig. 2. Effect of "kanzarashi" treatment on serum cholesterol in cholesterol-fed rats (Exp. III).

Data are means±SE of 8 rats. * Significantly different from the control group and the "kanzarashi" group ($p<0.05$).

ル値を Table 5 に示した。GOT, GPT とも寒ざらし群が有意に低い値を示し、寒ざらしによる顕著な改善を認めた。また、肝臓コレステロール値でも同様の結果が得られ、肝臓組織 1g あたりのコレステロール値では対照群と大差ないほどであった。

3. 実験 IV

実験 III の結果から、さらにソルガムのコレステロール

Table 6. Effect of sorghum water extract on serum transaminase activity and on serum and liver cholesterol levels in cholesterol-fed rats (Exp. IV).

	Control (Rice)	Sorghum (Ikedacho-zairai)	
		Water extract	Water extract residue
Serum :			
Total chol. (mg/dl)			
6 days on diet	522.4±34.5	689.4±67.6	860.3±64.1*
9 days on diet	469.4±25.5	518.6±23.3	789.3±35.6*
11 days (at sacrifice)	419.4±42.9	525.3±25.0	719.8±78.5*
HDL-chol. (mg/dl)	38.8±2.5	35.9±0.9	38.7±3.7
Atherosclerotic index* ¹⁾	9.8	13.6	17.6
Transaminase activity			
GOT (K.U.)	58.7±3.0	93.8±6.4*	86.6±3.9*
GPT (K.U.)	21.8±1.4	27.0±0.4*	30.8±2.1*
Liver :			
Chol. (mg/g tissue)	52.6±3.3	67.8±4.2*	64.5±4.9*
Chol. (mg/liver)	620.7±21.3	850.2±25.3*	909.4±33.4*

Values are mean±S.E. ($n=8$). *¹⁾ {Total chol. (at sacrifice)−HDL-chol.}/HDL-chol. * Significantly different from the control group ($p<0.05$). Chol. : Cholesterol.

上昇に関わる因子の知見を得るため、実験Ⅰ、Ⅱで最も上昇の著しかった池田町在来種を脱脂した後、冷水抽出を行い、その抽出物および残渣をラットに投与して調べた。

コレステロール値およびトランスアミナーゼ活性値を Table 6 に示した。血清コレステロール値では、水抽出群は対照群に比べ、高い値を示したものの有意差は認められなかった。残渣群が、有意に高い値を示した。しかし、水抽出群はトランスアミナーゼ活性では、残渣群とともに対照群に比し、有意に高い値を示し、GOT では残渣群を上回った。これにより、水抽出物には血清コレステロール上昇作用があり、それ以上にトランスアミナーゼ、とくに GOT には密接に関与する因子の存在することが示唆された。肝臓コレステロールでも水抽出群、残渣群ともに対照群に比し、有意に高い値を示した。

考 察

ソルガムは、血清および肝臓コレステロール値を上昇させ、トランスアミナーゼ活性の上昇も促すことを確認した。その効果は、日本、中国で栽培されるコウリャン系でより高い。ソルガム栽培の際には、アブラムシによる害を受けやすいことから通常、浸透性殺虫剤のエカチン等が用いられるが、今回の実験では除虫菊乳剤を用いているため、浸透性薬剤による影響は除去されている。さらに、その因子は、寒ざらしにより不溶化あるいは除去されたが、次の実験において、その因子が水抽出によ

り溶出してくることがわかった。

ソルガムは、食物繊維含量が多いにも関わらず、顕著なコレステロール上昇が認められた。食物繊維には、コレステロール上昇を抑制する機能が知られている¹¹⁾が、本実験では、その機能が発現されないほど、強い上昇能をもつ物質のあることが判明し、興味深い。ソルガムの中、とくに果皮部には、タンニンが多く含まれ¹²⁾、低タンニン含量のものが求められるが、一般に低タンニンになると第一制限アミノ酸であるリジン含量が減り¹³⁾、そのため栄養価が劣ってくることが知られている。また、ソルガムにはその前駆体であるフラボノイド系色素の存在することが報告されており、Blessin ら¹⁴⁾、Yasumatsu ら¹⁵⁾によると、それは acylated cyanidin-3-glucoside, apigenin, luteolin, flavone あるいは, eriodictyol, pelargonidin であるという。著者らも寒ざらしソルガムの抽出液および寒ざらししていないソルガムの抽出液を薄層クロマトグラフィーにて分離すると異なったスポットの出ることを予備的に認めている。Kato ら¹⁶⁾は、ラットに flavanone, flavone を経口投与すると血清コレステロール値が増加したと報告しており、また著者らの予備試験で、市販 flavanone 0.1% を経口投与すると顕著なコレステロール上昇が引き起こされることが認められているので、ソルガムの含有色素とコレステロール上昇は何らかの関連があるものと推察される。

そのようなコレステロール上昇を引き起こす因子が、寒ざらしという処理により、除去されるということは、

古くから行われている方法が科学的根拠をもっている点で興味深い。実験Ⅳで残渣群が高い値を示したのは、10日間という抽出期間が短く、抽出が不十分であったためと思われた。また、ソルガムのコレステロール濃度上昇およびトランスアミナーゼ活性増大を引き起こす因子は、“寒ざらし”により不溶化されたのではなく、溶出されたものと推定された。そして水溶性成分に肝臓にダメージを与える因子が存在していることが確かめられたので、今後、この水溶性成分、フラボノイド系色素および肝臓に関わる代謝の3者の相互関係を追求していく必要があろう。

要 約

5品種のソルガム精白粉を55%レベルで添加した高コレステロール飼料およびコレステロール無添加飼料をラットに投与して、血清および肝臓コレステロール濃度、ならびに血清トランスアミナーゼ活性に対する影響を調べた。

ソルガム、とくにコウリャン系を投与したラットは、コレステロール濃度が有意に上昇し、GOT、GPTにも同様の傾向が認められた。

“寒ざらし”粉投与ラットの血清および肝臓コレステロール濃度、トランスアミナーゼ活性は、対照の白米投与ラットと同様に、未寒ざらし粉投与ラットに比べ有意に低下し、“寒ざらし”がソルガムの前述の影響を取り除くことが判明した。

ソルガムの冷水抽出物をラットに投与したところ、血清および肝臓コレステロール濃度が上昇、トランスアミナーゼ活性は有意に増大した。

なお、本研究の試料として、ソルガム種子を提供していただきました中国農業試験場・育種工学研究室の皆様、岡山県川上郡成羽町・山本龍美氏に深甚の謝意を表します。

文 献

- 1) 綾野雄幸, 太田富貴雄, 渡辺幸雄, 三田浩三: 栄養と食糧, **33**, 283 (1980)
- 2) 綾野雄幸, 太田富貴雄, 児島和枝, 前田万里, 吉岡牧美: 千葉大学園芸学部学術報告, **36**, 1 (1985)
- 3) 永田太郎: 食品分析法, 116 (1983), 柴田書店(東京)
- 4) Asp, N.G., Johansson, C.G., Hallmer, H. and Silijestrom, M.: *J. Agric. Food Chem.*, **31**, 476 (1983)
- 5) Price, M.L. and Butler, L.G.: *J. Agric. Food Chem.*, **25**, 1268 (1977)
- 6) Zak, B.: *Am. J. Clin. Pathol.*, **24**, 1307 (1957)
- 7) Breur, L.H., Jr., and Dohm, C.K.: *J. Agric. Food Chem.*, **20**, 83 (1972)
- 8) Bookwalter, G.N., Warner, K. and Anderson, R.A.: *J. Food Sci.*, **41**, 1082 (1976)
- 9) Sikka, K.C. and Johari, R.P.: *J. Agric. Food Chem.*, **27**, 962 (1979)
- 10) Chibber, B.A.K., Mertz, E.T. and Axtell, J.D.: *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 160 (1980)
- 11) 辻 啓介: 食物繊維 (印南 敏, 桐山修八 編), 113 (1982), 第一出版(東京)
- 12) Radhakrishnan, M.R. and Sivaprasad, J.: *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 55 (1980)
- 13) Singh, R. and Axtell, J.D.: *Crop Sci.*, **13**, 535 (1973)
- 14) Blessin, C.W., Van Etten, C.H. and Dimler, R.J.: *Cereal Chem.*, **40**, 241 (1963)
- 15) Yasumatsu, K., Nakayama, T.O.M. and Chichester, C.O.: *J. Food Sci.*, **30**, 663 (1965)
- 16) Kato, N., Tosa, N., Doudou, T. and Imamura, T.: *Agric. Biol. Chem.*, **47**, 2119 (1983)

(1989年5月17日受理)