食物繊維と消化・吸収機能

池上幸江
国立健康・栄養研究所

Dietary Fiber and Function of Digestion and Absorption

Sachie Ikegami

The National Institute of Health and Nutrition

はじめに

食事中的食物繊維は単に自身が消化・吸収を受けないだけでなく、他の栄養成分の消化・吸収や消化管の機能に対して影響を与えている。消化・吸収機能に対する食物繊維の作用は、人の健康に対する食物繊維の効果、すなわち種々の慢性疾患に対する予防あるいは治療効果を発現するメカニズムにも重要な関係をもっている。一般的には、食物繊維は栄養素の消化・吸収に対し、阻害的あるいは抑制的に作用している。その結果として、糖質の場合では食後の血糖値の上昇が抑制されて糖代謝の改善につながり、脂質の場合ではコレステロールや胆汁酸などの吸収が抑制されて脂質代謝の改善に関与していると思われる。

こうした食物繊維の作用は、食物繊維の種類によって異なり、また精製された食物繊維と食品中で他の成分と共存している食物繊維の間でも異なっている。更に、1回の摂取によって起こる現象と、継続的に摂取されて起こる現象も分けて考える必要がある。そこで本稿では、食物繊維の消化・吸収機能に対する影響を、以下の3節に分けて考えてみたい。

I. 栄養素の消化・吸収率に対する影響

1. 見かけの消化・吸収率

一般的には栄養素の消化・吸収率は、糖質（本稿では利用性のあるものを指す）で最も高く、脂質、たん白

表 1 たん白質と脂質の見かけの消化・吸収率に対する食物繊維の影響 (M ± SE)

被験者	繊維摂取量 (g/日)	たん白質の 消化・吸収率(%)	有意差	脂質の 消化・吸収率(%)	有意差
若年者 (n=12) (男, 22歳)	9.68	89.6±0.77	$p < 0.025$	96.4±0.24	$p < 0.005$
	21.48	86.8±0.54		94.8±0.30	
若年者 (n=14) (女, 20歳)	6.17	92.1±0.64	$p < 0.025$ $p < 0.001$	96.7±0.16	$p < 0.001$
	16.07	90.8±0.50		96.2±0.17	
	31.89	85.2±0.51		93.0±0.34	
高齢者 (n=11) (男, 73歳)	9.65	91.4±0.63	$p < 0.05$	95.1±0.39	
	28.30	88.7±0.84		94.1±0.46	
高齢者 (n=12) (女, 74歳)	7.43	92.9±0.51	$p < 0.001$	94.6±0.38	
	20.91	90.2±0.64		94.8±0.32	

注) 試験方法：果物，野菜，全粒小麦粉パンによって食物繊維量を調節し，各食事は7日間投与し，間に5日間の予備期間をおいた。

表 2 ラットの糞便量と見かけの消化・吸収率に対する難消化性多糖類の影響 (M ± SE)

難消化性多糖類	糞便量 (g/日)	見かけの消化・吸収率 (%)	
		たん白質	脂 質
対 照	0.63±0.03	96.1±0.2	98.2±0.2
セ ル ロ ー ス	1.14±0.09*	97.2±0.2	97.8±0.3
寒 天	1.26±0.03*	96.4±0.1	98.1±0.3
カ ラ ゲ ナ ン	1.07±0.05*	93.7±0.2*	97.6±0.4
ア ル ギ ン 酸 Na	0.98±0.17	93.5±0.4*	92.8±1.0*
コンニャクマンナン	0.60±0.02	93.6±0.2*	96.8±0.4
ベ ク チ ン	0.93±0.21	94.3±0.5*	95.6±0.6*

* 対照に対する有意差 ($p < 0.05$)

注) 実験方法: いずれの難消化性多糖類も飼料に 5 % 混合して投与。

質の順になる。これらの栄養素の見かけの消化・吸収率に対する食物繊維の影響はたん白質で最も大きく、脂質、糖質の順である。とくに糖質では、極端な条件でなければ食物繊維が糖質の見かけの消化・吸収率を低下させることはない。表 1 は、Southgate ら¹⁾による人における食事の食物繊維含量とたん白質、脂質の見かけの消化・吸収率の関係を示した論文から引用したものであるが、最も多量に摂取している砂糖やでんぷんは糞中から検出できなかったと述べている。

人において、糞便中に排泄されて利用されなかったエネルギー量を、食物繊維の給源となる食品の種類で見ると、野菜や果物に由来するものに比べて、穀類や豆類の食物繊維の影響のほうが大きい²⁾。一般的には、野菜や果物の食物繊維は水に溶けやすく、また大腸では腸内細菌による分解・発酵を受けて糞便中へはほとんど排泄されない。これに対して穀類中の食物繊維は、水に溶けにくいものが多く、大腸での発酵も受けにくく、糞便中へそのまま排泄される量が多い。同時に、穀類や豆類では食物繊維の性質に基づく影響とは別に、これらの食品ではたん白質も含まれており、その利用性が低いことも考えられる。とくに細胞膜中で食物繊維と結合しているたん白質では、消化・吸収を受けにくいと思われる。他方、豆類などでは消化を阻害する成分(消化酵素のインヒビターなど)の影響も考えられる。

精製した食物繊維の影響については主に動物実験で確認されている。表 2 は著者らの成績³⁾であるが、他の研究者の成績もほぼ同じである。実験動物による研究結果からみると、精製した食物繊維の影響はむしろ水溶性のほうが大きく、不溶性のほうは影響が小さい。例えば、代表的な不溶性食物繊維であるセルロースでは、飼料中の含量が 30 % くらいでもたん白質や脂質の見かけの消化・吸収率には影響を与えない⁴⁾。精製した水溶性食物繊維の影響を検討してみると、表 2 から明らかなように、高い粘性をもつものである。その詳細については後述する。

2. 内因成分の排泄への影響

前節では、食物繊維の摂取と栄養素の見かけの消化・吸収率について述べた。しかし、糞便中に排泄される窒素や脂質はすべて食事に由来するものとは限らない。食物繊維でもとくに水溶性のものは大腸の腸内細菌に利用され、その増殖を促進する。あるいは後述するように、ある種の食物繊維は消化酵素の分泌を高め、また小腸上皮細胞の剥離を促進する。これらの内因的な窒素や脂質が糞便中へ排泄されて、栄養素の見かけの消化・吸収率を低下させる要因となり得る。

Shah ら⁵⁾は、ラットにおいてたん白質についてこの問題を詳細に検討した。図 1 は、彼らの結果を示したも

図1 ラットの糞中の窒素成分の起源と食物繊維の影響

方法) 基本飼料にカゼインと食物繊維を含む飼料を投与した時の糞中の窒素量を全排泄量とした。カゼインを含まないが食物繊維を含む飼料を投与した時の糞中窒素量を内因性排泄量とした。全排泄量と内因性排泄量の差を食餌からの排泄量とした。

のである。いずれの食物繊維でも、糞便中の窒素の排泄量に占める内因性窒素の割合はかなり高く、また食物繊維の摂取量の増加に伴って明らかに内因性の窒素の排泄量も増えている。他方、食事由来する窒素の排泄量は、グアガム、小麦ふすま、リグニンでは摂取量に相関しているが、セルロースとペクチンではこうした関係はみられない。

脂質についても同様に内因性の排泄が増加することが示されている⁶⁾。これらの結果は、糞便中へ排泄された窒素や脂質はすべて食事由来するものとは限らず、食物繊維は外因性（食事由来）、内因性両方の排泄量を増加させることがあり得ることを示している。

II. 消化・吸収過程に対する影響

1. 食物の移動速度に対する影響

一般に食物繊維は、食物の消化管通過時間（Transit time：T. T）を短縮させることが示されている⁷⁾。しかし、消化管の部位別にみると、食物の通過速度は一様ではない。通常、食物の消化残渣は大腸を通過する時間が極端に長く、多くの食物繊維がこの時間を短縮させるために、全体として食物繊維の摂取によってT. Tが短くなる。これに対し、食物繊維の種類によっては、食物の口から小腸末端までの通過速度をむしろ長くするものがある。まず、食物繊維の多い食事は、咀嚼に時間がかかることが挙げられる⁸⁾。次に、胃から小腸への食物塊の移動速度への影響も観察されている。この速度に影響する因子としては、食物繊維の粘性が重要で

図2 胃内容物の移動速度(半減期)に対するペクチン15g摂取の影響⁹⁾
方法) 健康な被験者に10%グルコース溶液400mlを投与。

ある。従って、これまでの研究は、主に粘性の高いグアガムとペクチンについて食物の胃からの排出速度への影響が検討されてきた。

健康人について行われた研究では、グアガムやペクチンなどでは、食物の水分部分も固形物部分もいずれも胃から小腸への排出速度が遅くなっている⁹⁻¹¹⁾。図2は、Sandhuら⁹⁾のペクチンについて検討された結果を示したものであるが、ペクチンの摂取によって水分部分も固形物部分も胃からの排出速度(半減期)がのびている。他方、グアガムを含む食事摂取後の血糖値上昇の抑制は、胃からの排出速度と逆の関係にあることが報告されている^{12,13)}が、Flourieらのペクチンについての研究¹¹⁾では、胃からの排出速度は低下しているが、血糖値にはほとんど影響がない。従って、食物の胃からの排出速度が、食物の消化・吸収速度に影響する因子となっているかは、更に検討が必要である。

また、小腸内での食物の移動速度と食物繊維の関係についてはグアガムで検討されているが、胃からの排出速度と同様に遅れることが示されている^{14,15)}。

2. 消化過程及び吸収に対する影響

食物塊が胃から小腸に移動すると、ここでは胆汁の分泌と胆汁分泌を受けて活発な消化が行われる。この胆汁に由来する消化酵素の活性が、各種食物繊維によって低下することが示されている^{16,17)}。一部は食物繊維に対する酵素の吸着が考えられるが、Isakssonら¹⁷⁾は、pHの変化や食物繊維の粘性と関係が強いことを示しているので、そのメカニズムは複雑である。

一方、Vahounyら¹⁹⁾、Kritchevskyら²⁰⁾により、ある種の食物繊維は脂肪酸や胆汁酸の吸着能があり、小腸内における脂溶性成分のミセル形成が阻害されることが示された¹⁹⁾。表3は、胆汁酸とリン脂質から形成されたミセルからの脂肪酸とモノオレインの食物繊維への吸着をみたVahounyらの結果であるが、食物繊維ではグアガムの影響が強い。

表 3 胆汁酸とリン脂質ミセルからの食物繊維への脂質の吸着 (%; M ± SE)

食物繊維	吸 着 量				
	パルミチン酸	オレイン酸	リノール酸	全脂肪酸	モノオレイン
グ ア ガ ム L V*	31.3±1.4	31.4±2.1	37.0±0.9	33.2±1.5	23.1±2.8
グ ア ガ ム H V*	29.2±3.8	25.1±2.2	40.2±0.9	31.5±2.3	14.6±1.6
アルファルファ	14.8±0.9	15.2±0.8	23.8±0.5	17.9±0.9	18.6±1.4
リゲニン	10.2±0.7	19.5±0.9	6.4±0.3	13.0±0.6	12.8±1.0
ふ す ま	9.6±1.1	10.4±1.1	13.0±1.0	11.6±1.1	11.3±0.8
セルロース	2.3±0.7	5.8±1.0	3.6±0.6	3.9±0.8	3.5±1.0

* LV は低粘度, HV は高粘度。

これまでに述べたように、栄養素の消化・吸収に対する食物繊維の影響は、粘性の高いものほど強い。そこで、小腸管腔内容物が粘性をもつことによる影響の可能性が考えられている。まず、小腸内容物が高い粘性をもてば、食品成分や消化酵素の拡散が阻害されて、食品成分に対する酵素の作用が緩慢になり、また小腸粘膜への消化生成物の到達が遅れることなどが考えられる。溶液中の

グルコースが半透膜を介して移動する速度が、粘性のある場合には遅れることが示されている²¹⁾。とくに小腸粘膜に隣接する管腔部分は不拡散層 (Unstirred water layer) といわれ、通常でも拡散しにくい部分として考えられているが、粘性のある食物繊維ではこの層を厚くし、消化生成物が粘膜の吸収細胞へ到達するのが遅れると考えられている²²⁾。

これらのメカニズムのいずれが主要因となっているかは明らかではないが、食物繊維の摂取が栄養成分の消化・吸収速度に影響していることが示されている。

例えば、Sugano²³⁾は、ラットのリンパ管への脂肪の移行速度を測定して、脂肪の消化・吸収速度に対する

表 4 コレステロールとトリグリセリドの消化・吸収に対する脂質と食物繊維の影響 (M ± SE)

食物繊維	脂質*	コレステロールの回収率 (%)	見かけのトリグリセリドの吸収率 (%)
セルロース	PAL	44.9±1.8 ^a	85.5±2.8 ^{abc}
	HOS	39.5±2.1 ^a	102±7.2 ^a
	SAF	34.5±4.1 ^{ab}	111±7.3 ^a
グ ア ガ ム	PAL	35.1±1.9 ^a	67.0±4.0 ^{bc}
	HOS	38.3±3.6 ^a	75.9±8.0 ^{abc}
	SAF	34.3±1.6 ^{ab}	77.0±11.6 ^{ac}
キ ト サ ン	PAL	33.9±1.4 ^{ab}	67.8±5.8 ^{bc}
	HOS	26.3±3.7 ^{ab}	65.7±8.3 ^{bc}
	SAF	24.4±1.8 ^b	60.7±6.6 ^b

* PAL, パーム油; HOS, オレイン酸含量の多いサフラワー油; SAF, サフラワー油

^{a-c} 異なる文字間における有意差 ($p < 0.05$)

注) 実験方法: 乳化液 (胆汁酸ナトリウム, 脂質, ¹⁴C-コレステロール, アルブミン, 食物繊維) を経口投与し, 24時間リンパ液を採取。

図 3 食物繊維の多い食事 (A) と少ない食事 (B) の胃及び小腸の移動と消化・吸収

表 5 ラットの膵胆汁分泌に対する難消化性多糖類の影響

難消化性多糖類	液量 (ml/h)	アミラーゼ (unit/h × 10 ³)	プロテアーゼ (unit/h × 10 ²)	リパーゼ (unit/h × 10 ²)	総胆汁酸 (μmol/h)
対 照	0.516 ^a	2.67 ^a	1.03 ^a	4.28 ^a	9.69 ^a
リンゴペクチン	0.629 ^{ab}	3.26 ^{abc}	1.91 ^{ab}	5.34 ^{ab}	15.18 ^b
λ-カラゲナン	0.679 ^{ab}	3.07 ^{ab}	2.24 ^b	5.65 ^{ab}	16.50 ^{bc}
アルギン酸ナトリウム	0.799 ^{bc}	4.15 ^{cd}	1.75 ^{ab}	4.65 ^a	21.11 ^{dc}
ローカストビーンガム	0.723 ^{bc}	4.10 ^{bcd}	2.14 ^b	6.83 ^{ab}	16.47 ^{bc}
キサントガム	0.809 ^{bc}	4.63 ^d	2.11 ^b	6.64 ^{ab}	20.08 ^{bcd}
ゲアガム	0.892 ^c	6.19 ^e	2.57 ^b	7.97 ^b	22.51 ^d
Pooled SE	0.05	0.29	0.34	0.70	1.53

^{a-e} 異なる文字間における有意差 ($p < 0.05$)

各種食物繊維の影響を明らかにした。表 4 は、その結果を示したものである。同様の結果は、糖質や中性アミノ酸についても報告されている^{24, 25)}。

このような食物繊維による栄養素の消化・吸収速度の遅延は、とくに糖質摂取後の血糖値の上昇抑制に関連して関心がもたれている。Jenkinsらは糖尿病治療に関連して、個々の食品について血糖値の上がりやすいものと上がりにくいものを区別するために、Glycemic Index (GI) という概念を提唱した²⁶⁾。食品によって異なるGIは、その食品の *in vitro*における消化速度とよく相関している²⁷⁾。GIの低い食品を選択することは単に糖尿病の治療に意味があるだけではなく、糖尿病や高脂血症の予防のためにも重要ではないかと考える。

Schneeman²⁸⁾やJenkinsら²⁹⁾は、食物繊維の多い食事では小腸における消化・吸収の部位が広がるのではないかと推測している。図 3 はJenkinsの論文中的のものであるが、食物繊維の少ない食事では消化・吸収が小腸上部で速やかに行われるのに対して、食物繊維の多い食事では下部にも広がりながらゆっくりと行われるというのである。しかし、この点は実証はされていないので、今後の研究課題といえよう。

また、これまでに述べた消化管内における食物繊維の影響は、それぞれある一面の影響をみたものであり、トータルの影響に対してそれらがどの程度関与しているかを明らかにしていくのも今後の課題である。更に、食物繊維の生理作用と消化・吸収過程への影響との関連の詳細についても、今後明らかにしなければならないと考える。

Ⅲ. 長期摂取の影響

前章で述べてきたことは、食物繊維の多い食事を摂取した時の胃から小腸における消化・吸収過程に対する食物繊維の直接的あるいは一過的な影響に関するものである。食物繊維の健康に対する有効性は、継続的に摂取されることによって発揮されるものである。前述したような影響が継続された時に、消化管の機能にどのような変化がみられるのであろうか。

継続的な食物繊維の摂取によって、消化管の肥大が起こることが動物実験によって確認されている³⁾。同時に、膵液や胆汁液の分泌が高まることが示されている³⁰⁻³²⁾。表 5 は、ラットで得られた我々の結果であるが、影響の強さは粘性と相関しており、前述した食物繊維の消化・吸収過程に対する影響の積み重ねの結果であろう。人について、Dukehartら³³⁾は、総胆管開口部からの消化管内容物の採取により食物繊維による膵液中のリパーゼの分泌高進の可能性を示した。しかし、食物繊維を 1 回だけ投与した場合ではむしろ膵液酵素の分泌は低下するという報告もあり³⁵⁾、一過的な影響と継続的な影響の違いがあると思われる。

他方、食物繊維の継続的な摂取による小腸粘膜の消化酵素への影響も、酵素の種類によって異なっている。例えば、スクラーゼやペプチダーゼでは、食物繊維の摂取によって増加している³⁶⁾。しかし、グアガムの摂取によって、ラクターゼやアルカリホスファターゼの活性は低下している^{36,37)}。食物繊維を継続的に摂取していると、小腸粘膜の上皮細胞のTurnoverが促進されることが報告されている^{38,39)}ので、こうした影響は酵素の合成速度が異なるために活性の相違が原因となっているのかもしれない。更に、小腸粘膜の形態的な変化も食物繊維の継続的な摂取によってひき起こされることも報告されている^{39,40)}。とくに、グアガムやペクチンのように粘性のあるものではその影響は顕著で、実験動物の飼料中の濃度が高くなると、粘膜の形態はかなり傷害を受けるようである。こうした影響が粘膜の細胞のTurnoverの速度を速めているのかもしれない。

文 献

- 1) Southgate, D. A. T. and Durnin, J. V. G. A. : *Br. J. Nutr.*, **24**, 517~535 (1970)
- 2) Goranzon, H. and Forsum, E. : *J. Nutr.*, **117**, 267~273 (1987)
- 3) 池上幸江, 土橋 昇, 永山スミ子, 原田広和, 西出栄一, 印南 敏 : 栄養食糧誌, **36**, 163~168 (1983)
- 4) Slavin, J. L. and Marlett, J. A. : *J. Nutr.*, **110**, 2020~2026 (1980)
- 5) Shah, N., Atallah, M., Mahoney, R. R. and Pellett, P. L. : *J. Nutr.*, **112**, 658~666 (1982)
- 6) Cotton, P. B. : *Gut*, **13**, 675 (1972)
- 7) Burkitt, D. P., Walker, A. R. P. and Painter, N. S. : *Lancet*, **30**, 1408 (1972)
- 8) Lead, N. W., Welch, I. M., Austen, C. J., Barnish, C., Bartlett, C. E., Baxter, A. J., Brown, G., Compton, M. E., Hume, K. E., Storie, I. and Worthing, J. : *Br. J. Nutr.*, **55**, 43~47 (1986)
- 9) Sandhu, K. S., El Samahi, M. M., Mena, I., Dooley, C. P. and Valenzuela, J. E. : *Gastroenterology*, **92**, 486~492 (1987)
- 10) Ray, T. K., Mansell, K. M., Knight, L. C., Malmud, L. S., Owen, O. E. and Boden, G. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **37**, 376~381 (1983)
- 11) Flourie, B., Vidon, N., Chayvialle, J.-A., Palma, R., Franchisseur, C. and Bernier, J.-J. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **42**, 495~503 (1985)
- 12) Torsdottir, I., Alpsten, M., Andersson, H. and Einasson, S. : *J. Nutr.*, **119**, 1925~1931 (1989)
- 13) Jarjis, H. A., Blackburn, N. A., Redfern, J. S. and Read, N. W. : *Br. J. Nutr.*, **51**, 371~378 (1984)
- 14) Brown, N. J., Worthing, J., Rumsey, R. D. E. and Read, N. W. : *Br. J. Nutr.*, **59**, 223~231 (1988)
- 15) Buno, L., Pranddaude, F., Fioramonti, J. and Ruckebusch, Y. : *Gastroenterology*, **80**, 701~707 (1981)
- 16) Schneeman, B. O. : *J. Food Sci.*, **43**, 634~635 (1978)
- 17) Dunaif, G. and Schneeman, B. O. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1034~1035 (1981)
- 18) Isaksson, G., Lundquist, I. and Ihse, I. : *Gastroenterology*, **82**, 918~924 (1982)
- 19) Vahouny, G. V., Tombes, R., Cassidy, M. M., Kritchevsky, D. and Gallo, L. L. : *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **166**, 12~16 (1981)
- 20) Kritchevsky, D. and Story, J. : *J. Nutr.*, **104**, 458~462 (1974)
- 21) Johnson, I. T. and Gee, J. M. : *Gut*, **22**, 398~403 (1981)
- 22) Flourie, B., Vidon, N., Florent, C. H. and Bernier, J. J. : *Gut*, **25**, 936~941 (1984)
- 23) Sugano, M., Ikeda, I., Imaizumi, K. and Lu, Y.-F. : Dietary Fiber : Chemistry, Physiology, and Health Effects/Kritchevsky, D., Bonfield, C. and Anderson, J. W. eds., pp.137~156 (1990) Plenum, New York and London
- 24) Elsenhans, B., Sufke, U., Blume, R. and Caspary, W. F. : *Clin. Sci.*, **59**, 373~380 (1980)
- 25) Lund, E. K., Gee, J. M., Brown, J. C., Wood, P. J. and Johnson, I. T. : *Br. J. Nutr.*, **62**, 91~101 (1989)

- 26) Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Taylor, R. H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J. M., Bowling, A. C., Newman, H. C., Jenkins, A. L. and Goff, D. V. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 362~366 (1981)
- 27) Jenkins, D. J. A., Ghafari, H., Wolever, T. M. S., Taylor, R. H., Jenkins, A. L., Barker, H. M., Fielden, H. and Bowling, A. C. : *Diabetologia*, **22**, 450~455 (1982)
- 28) Schneeman, B. O. : *Nutr. Rev.*, **45**, 129~132 (1987)
- 29) Jenkins, D. J. A., Wolever, T. M. S., Jenkins, A. L. and Taylor, R. H. : Dietary Fiber : Basic and Clinical Aspects/Vahouny, G. V. and Kritchevsky, D. eds., pp. 69~80 (1986) Plenum, New York and London
- 30) Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E. and Innami, S. : *J. Nutr.*, **120**, 353~360 (1990)
- 31) Ikegami, S., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nagayama, S., Nishide, E. and Innami, S. : *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **30**, 515~523 (1984)
- 32) Isaksson, G., Lilja, P., Lundquist, I. and Ihse, I. : *Digestion*, **27**, 57~62 (1983)
- 33) Dukehart, M. R., Dutta, S. K. and Vaeth, J. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **50**, 1023~1028 (1989)
- 34) Sommer, H. and Ksper, H. : *Hepato-Gastroenterology*, **27**, 477~483 (1980)
- 35) Farness, P. L. and Schneeman, B. O. : *J. Nutr.*, **112**, 1315~1319 (1982)
- 36) Johnson, I. T. and Gee, J. M. : *Br. J. Nutr.*, **55**, 497~505 (1986)
- 37) Johnson, I. T. Gee, J. M. and Mahoney, R. R. : *Br. J. Nutr.*, **52**, 477~487 (1984)
- 38) Vahouny, G. V., Le, T., Ifrim, I., Satchithanandam, S. and Cassidy, M. M. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **41**, 895~900 (1985)
- 39) Cassidy, M. M., Lightfoot, F. G., Grau, L. E., Story, J. A., Kritchevsky, D. and Vahouny, G. : *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 218~228 (1981)
- 40) Tasman-Jones, C., Owen, R. L. and Jones, A. L. : *Digestive Diseases and Sciences*, **27**, 519~524 (1982)