研究ノート

野菜の調理法がラットの脂質代謝に 及ぼす影響

福田ひとみ, 小宮ますみ

安田弘子, 入谷信子

帝塚山学院短期大学

Effects of Vegetables and Cookery on Lipid Metabolism in Rats

Hitomi FUKUDA, Masami KOMIYA,
Hiroko YASUDA and Nobuko IRITANI
Tezukayama Gakuin College, Sakai 590-01

J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci., 50, 69~72 (1997)

The effects of vegetables and cooking style on lipid metabolism in rats were investigated. Raw or boiled diced, or raw grated cabbage, carrot and radish were added to a synthetic diet and fed to rats for 2 weeks. The vegetables did not lower, or only slightly lowered, the levels of plasma and liver cholesterol and plasma triglycerides, but generally lowered those of liver triglycerides and also lipogenic enzyme activities. Cabbage and carrot generally showed lowering effects, whereas radish had no effect. The effects of raw diced cabbage and carrot were particularly clear. Thus, it is suggested that the lipid metabolic lowering effects differ among various vegetables and cooking styles (texture).

Key Words vegetables, lipid metabolism, lipogenic enzymes, rat.

(Received June 21, 1996)

穀類, 豆類, 野菜, 果物, 海藻などは, 比較的食物繊維に富み, 一般には脂質代謝改善効果があると考えられている¹⁾。野菜が脂質代謝に影響を及ぼすとすれば, 野菜の食物繊維やその他の成分によること, また腸に送り込まれたときの形態, 保水性, 柔軟性, 消化性などによって考えられる。そしてこれらは調理方法により異なってくる。

今回は, とくに野菜の摂取とその調理方法が血漿, 肝臓中のコレステロール (Chol) 値, トリグリセリド (TG)

値, および脂肪酸合成系酵素に及ぼす影響をラットを用いて研究した。

実験方法

1. 実験動物

固型飼料 (オリエンタル酵母, 大阪, MF) で飼育している5週齢の Wistar 系雄ラット (日本 SLC, 浜松) を9群に分け, 体重当り等カロリーの実験食を14日間投与した。実験飼料はショ糖 (台糖, 東京) 63.7 (%), 乳製カゼイン 18, オリブ油 (山桂産業, 大阪) 5, 塩化コリンおよびビタミン混合 0.1²⁾, ミネラル混合 3.5²⁾, セルロースパウダー (旭化成工業, 大阪) 9, コレステロール 0.5 とコール酸ナトリウム 0.125 を基本食とした。試薬は明記したもの以外は和光純薬 (大阪) を用いた。市販の“生”のキャベツ, ダイコンまたはニンジン約 3 mm の賽の目切りにし, “生”はそのまま, “ゆで”は賽の目切りにしたものを沸騰水中でニンジンは15分, ダイコンは10分, キャベツは5分間ゆでた。“おろし”はおろし器ですりおろした。それぞれ1日 15 g (乾燥重量としてはキャベツ 1.6 g, ニンジン 2.0 g, ダイコン 1.3 g) を基本食に混ぜて投与した。できるだけ制限しないで1匹当り等カロリーの基本食を投与するために, ほぼ摂取しきる食餌量を毎日与えて, 残したときには残量を測定した。その結果, 1匹当りの摂取カロリーの差は10%以内であった。室温は 24°C, 相対湿度 50~70% で12時間の明暗交代 (明は 8 a.m.~8 p.m.) の環境下で個別に飼育した。また, 血漿中の脂質濃度の変化を調べるため, 3~4日おきに尾静脈より採血を行った。飼育14日後にエーテル麻酔下で屠殺し, 腹部下行大静脈より採血した。肝臓を摘出して, 一部は3倍量の 0.25 M ショ糖溶液の中でホモジネートとしたのち, 105,000×g で60分遠心分離し, その上清を脂肪酸合成系酵素の活性の測定に用いた。残りはただちにドライス/アセトンで冷却したアルミ板を用いて凍結し, -30°C で保存して総 Chol や TG の測定に用いた。

2. 脂質分析

肝臓および血漿中の総 Chol と TG 値を測定するために Folch らの方法³⁾ により肝臓から全脂質を抽出した。TG は Fletcher の方法⁴⁾ で, Chol は Zak らの方法⁵⁾ で比色定量した。

3. 酵素活性

glucose-6-phosphate dehydrogenase (EC 1.1.49) は Glock と McLean⁶⁾ の方法で, malic enzyme (EC 1.1.1.41) は Ochoa⁷⁾ の方法, acetyl-CoA carboxylase (EC 6.4.1.2) は炭酸固定法⁸⁾ で測定した。fatty acid synthase (EC

2.3.1.85) は Hsu ら⁹⁾ に従い, ATP citrate-lyase (EC 4.1.3.8) は Takeda らの方法¹⁰⁾ に従った。酵素活性の測定はすべて 37°C で行った。

4. 統計処理

結果は, 平均値±標準偏差で表し, 有意差検定は ANOVA (analysis of variance) 統計解析プログラムを用い, Scheffe の多重検定法を行い危険率 5% 以下を有意とした¹¹⁾。

実験結果

1. 飼料摂取量および体重変化

ラットの初体重は 121.0±3.8 g であったが, 2 週間の体重増加量は全群で差がなかった (Table 1)。また, 体

重増加/摂取量の比も有意差がなかったので野菜の投与による飼料効率には差がないと考えられる。肝臓重量も全群の間で有意な差はなかった。

2. コレステロール値とトリグリセリド値

実験飼料 (0.5%Chol+0.125%コール酸ナトリウムを含む) をラットに 2 週間投与したとき, 血漿の Chol 値はキャベツ, ニンジン, ダイコンのいずれの群でも野菜非投与群に比べて有意な低下はなかった (Table 2)。

肝臓の Chol 値はキャベツの投与により非投与群よりも低く, ニンジン群では賽の目切りの“生”の群で有意に低下した。ダイコン投与による低下は見られなかった。

一方, 血漿 TG 値はキャベツの“ゆで”のみで非投与

Table 1. Body weight gain and liver weight.

Vegetables	Body weight gain (g/day)	Food efficiency (g/g per day)	Liver weight (g/100 g BW)
None	5.43±1.44	0.41±0.07	7.56±0.88
Cabbage			
Raw dice	5.72±1.28	0.42±0.04	7.41±0.83
Boiled dice	7.00±0.62	0.47±0.05	7.32±0.89
Grated	5.04±1.43	0.40±0.04	6.63±0.64
Carrot			
Raw dice	5.67±0.34	0.43±0.02	7.39±1.06
Boiled dice	5.14±1.07	0.40±0.01	7.06±0.93
Grated	6.23±0.66	0.41±0.04	7.80±0.39
Raddish			
Raw dice	6.54±0.98	0.42±0.02	7.12±0.90
Boiled dice	6.39±0.59	0.46±0.03	7.01±0.20

The rats were fed a basal diet (containing the same calorie with or without vegetables of different cooking) for 2 weeks. Food efficiency shows body weight gain (g)/basal diet intake (g) per day. Mean±SD (*n*=4). All data in the same column were not significantly different from each other.

Table 2. Cholesterol and triglyceride levels in plasma and liver of rats.

Vegetables	Cholesterol		Triglyceride	
	Plasma (mg/ml)	Liver (mg/g)	Plasma (mg/ml)	Liver (mg/g)
None	2.52±0.23 ^a	34.6±3.81 ^a	2.67±0.16 ^a	50.6±4.55 ^a
Cabbage				
Raw dice	2.22±0.43 ^a	24.9±3.81 ^b	2.30±0.22 ^{ab}	32.9±3.04 ^{bc}
Boiled dice	2.07±0.43 ^a	26.6±2.08 ^b	1.90±0.19 ^b	53.6±2.02 ^a
Grated	2.17±0.28 ^a	27.7±2.77 ^b	2.70±0.29 ^a	26.3±3.04 ^c
Carrot				
Raw dice	2.60±0.48 ^a	23.5±3.46 ^b	2.19±0.27 ^{ab}	27.8±4.04 ^c
Boiled dice	2.39±0.33 ^a	31.8±2.42 ^a	2.48±0.45 ^{ab}	38.5±4.55 ^b
Grated	2.55±0.33 ^a	30.1±2.77 ^a	2.27±0.29 ^{ab}	27.3±3.54 ^c
Raddish				
Raw dice	2.67±0.42 ^a	36.4±4.15 ^a	2.51±0.48 ^{ab}	52.6±6.57 ^a
Boiled dice	2.47±0.38 ^a	32.5±2.77 ^a	2.46±0.40 ^{ab}	48.6±4.55 ^a

Mean±SD (*n*=4). Means with different superscript letters in the same column are significantly different at *p*<0.05.

Table 3. Lipogenic enzyme activities.

Vegetables	Acetyl-CoA carboxylase	Fatty acid synthase	ATP citrate-lyase	Malic enzyme	Glucose-6- phosphate dehydrogenase
(mU/mg protein)					
None	2.26±0.30 ^a	2.17±0.37 ^a	7.21±1.51 ^a	400±36.0 ^a	488±48.9 ^a
Cabbage					
Raw dice	1.47±0.20 ^b	1.37±0.17 ^b	5.11±0.50 ^b	304±40.0 ^{bc}	342±44.8 ^{bc}
Boiled dice	1.60±0.18 ^b	1.54±0.26 ^b	4.97±0.86 ^{ab}	292±32.4 ^{bc}	371±43.9 ^b
Grated	1.65±0.23 ^b	1.50±0.17 ^b	4.82±0.72 ^b	308±12.0 ^b	405±44.9 ^{ab}
Carrot					
Raw dice	1.51±0.19 ^b	1.24±0.35 ^b	4.18±0.94 ^b	260±32.0 ^c	190±14.6 ^d
Boiled dice	1.36±0.29 ^b	1.50±0.15 ^b	6.84±0.43 ^a	348±52.1 ^{ab}	327±34.2 ^{bc}
Grated	1.90±0.25 ^{ab}	1.74±0.22 ^{ab}	6.05±0.52 ^{ab}	272±40.4 ^{bc}	303±19.5 ^c
Radish					
Raw dice	1.92±0.20 ^{ab}	1.97±0.22 ^a	6.05±0.79 ^{ab}	382±20.0 ^a	390±48.8 ^{ab}
Boiled dice	1.79±0.18 ^{ab}	1.74±0.18 ^{ab}	5.62±0.50 ^{ab}	372±32.1 ^a	425±58.6 ^{ab}

Mean±SD (n=4). Means with different superscript letters in each enzyme are significantly different at $p < 0.05$.

群の70%に低下し、ニンジン、ダイコンでは有意な低下は見られなかった。また、2週間飼育している間に3~4日おきに採血し、血漿中Chol値、TG値をしらべたがいずれも野菜の添加効果が見られなかった(結果は省略)。しかし、肝臓TG値は、ニンジン投与群で“生”、“ゆで”、“おろし”のいずれの群でも非投与群に比べて有意に低下した。とくに“生”と“おろし”では非投与群の約1/2にまで低下した。キャベツでも“生”と“おろし”で有意に低下した。“ゆで”よりも“生”の方が低下作用が明らかであった。すなわち、血漿のTG値に及ぼす野菜摂取の効果は小さいが、肝臓TG値には低下作用が見られた。

3. 脂肪酸合成系酵素の活性

一連の肝脂肪酸合成系酵素の活性に対する野菜摂取の影響を調べた。acetyl-CoA carboxylase, fatty acid synthase, ATP citrate lyase と glucose-6-phosphate dehydrogenase の活性は、一般に連動していたが、キャベツ群ではいずれの調理操作でも非投与群の60%から80%にまで低下した(Table 3)。一部、有意差でないものがあつた。一方、これらの酵素活性はニンジン群では“生”で非投与群に比べて40から80%に低下したが、“ゆで”ではそれほど低下しなかった。ダイコンの“生”または“ゆで”の投与では、ともに酵素活性の有意な低下が見られなかった。

動物実験は3回行い(各n=4)、それぞれ分散分析を行い有意差検定をしたところ同様な結論であつた。3回の平均的な結果が多かつた3回目の結果をTable 1~3に示したが、他の2回の実験結果はそれを支持するものであつた。

考 察

ラットへ合成飼料の基本食(0.5% Chol, 0.125% コール酸ナトリウムを含む)とキャベツやニンジン、ダイコンの調理方法を変えて投与したとき、血漿と肝臓Cholおよび血漿中TG値に対する低下作用は明らかでなかったが、キャベツ、ニンジン投与で肝TG値は明らかに低下した。また、脂肪合成の律速段階である一連の脂肪酸合成系酵素の活性もキャベツやニンジンの摂取により低下が見られた。肝TG値の低下は、これらの酵素活性の低下に起因すると考えられる。ダイコン投与群では野菜非投与群と有意な差がなかった。すなわち、野菜の種類により脂質低下作用が異なっていた。

調理方法による影響については、一般に“ゆで”よりも“生”の方が肝TG低下作用が明らかであったことから、野菜の形態、保水性、柔軟性、消化性などの変化が影響するように思われる。“ゆでる”と野菜の硬さや形が“生”とは違うが小腸に送られたときもまた違ふと考えられる。そのために小腸に対する刺激や他の栄養素の消化吸収に“生”と“ゆで”では異なつた影響を及ぼすことが予想される。しかし、野菜の非投与群、キャベツ、ニンジン、ダイコンの“生”、“ゆで”、“おろし”の群間で体重増加量と飼料効率に有意差がなかった。すなわち、野菜摂取により消化吸収に何らかの影響を与えた可能性があるが飼料効率に影響するほどのものではないと推測できる。

要 約

合成飼料の基本食にキャベツ、ニンジン、ダイコンを

“生”，“ゆで”，“おろし”として添加し，ラットに2週間投与した。その結果，キャベツやニンジンなどの野菜の摂取により血漿，肝臓中のChol低下作用は認められなかったが，キャベツやニンジンの投与で一連の脂肪酸合成系酵素の活性が低下し，肝臓TGもまた低下した。そして，これらの低下作用は“生”で効果的であった。ダイコンではその低下作用が認められなかった。その機構は未解決であるが，野菜の摂取と同時にその調理方法もまた脂質低下作用に影響することが示唆された。

文 献

- 1) 印南 敏，桐山修八(編)：食物繊維，80 (1982)，第一出版 (東京)
- 2) Reeves, P.G., Nielsen, F.H. and Fahey, G.C., Jr. : *J. Nutr.*, **123**, 1939 (1993)
- 3) Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H. : *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
- 4) Fletcher, M.J. : *Clin. Chim. Acta*, **22**, 393 (1968)
- 5) Zak, B., Moss, N., Boyle, A.J. and Zatkis, A. : *Anal. Chem.*, **26**, 776 (1954)
- 6) Glock, G.E. and McLean, P. : *Biochem. J.*, **55**, 400 (1953)
- 7) Ochoa, S. : *Methods Enzymol.*, **1**, 739 (1955)
- 8) Nakanishi, S. and Numa, S. : *Eur. J. Biochem.*, **16**, 161 (1970)
- 9) Hsu, R.Y., Butterworth, P.H.W. and Porter, J.W. : *Methods Enzymol.*, **14**, 33 (1969)
- 10) Takeda, Y., Suzuki, F. and Inoue, H. : *Methods Enzymol.*, **13**, 153 (1969)
- 11) 柴田寛三：生物統計学序説，64 (1974)，創文社 (東京)

(1996年6月21日受理)