カジメの耐糖性改善効果

望月 聡, 高橋 美香, 山元亜弥子

(1994年8月12日受付)

Effects of "Kajime" *Ecklonia cava* Kjellman on Glucose Tolerance in Rats

Satoshi Mochizuki,* Mika Takahashi,* and Ayako Yamamoto*

Male Wistar rats, starved for 24 hours, were given a glucose solution with a stomach tube to provide 250 mg of glucose per 100 g of body weight. Blood samples were collected after intubation and blood glucose was measured. The time course of blood glucose concentration after an administration of glucose solution containing "kajime" powder changed more gently than that of glucose solution alone. The degree of the effect depended on the amount of "kajime". Secretion of insulin was also depressed by the administration of "kajime". We concluded that "kajime" had blood glucose- and serum insulin-flattening activity. The delay of gastric emptying was assumed to be one of main factors in the activity.

キーワード: カジメ, 血糖値, インシュリン, 胃内滞留時間

近年, 食物繊維の生理作用について関心が払われ, 多くの知見が報告されている。食物繊維の生理作用としては, コレステロール低下作用, 胆石形成防止作用, 肥満防止作用, 有害物質吸着作用, 大腸癌発生抑制作用, および耐糖性改善作用などが知られている。¹⁾ これらの作用についてはこれまでに, ベクチン, グァーガム, およびアルギン酸といった標品を用いての検討がなされてきた。しかし現実の食生活の中では, 食物繊維を標品の形で摂取することは少なく, 野菜, 果物, あるいは藻類といった形で摂取する場合がほとんどである。藻類には陸上植物にはみられない寒天, カラゲナン, アルギン酸などの食物繊維が含まれており, 食物繊維の供給源として有用である²⁾が, 藻類そのものの生理作用については十分に検討されていない。

藻類の生理作用に関する最近の研究では, Ren *et al.*³⁾が海藻の抗高血圧, 抗抗脂血症に対する効果を, 久田ら⁴⁾は褐藻類の糞便フローラに対する影響を, また河津ら⁵⁾もスサビノリのラット盲腸フローラに対する影響を検討している。さらに大川, 鈴木⁶⁾は, マコンブの変異原性抑制効果を明らかにしている。

しかし, 食物繊維食品として藻類をとらえる中で, 食物繊維の生理作用の一つである耐糖性改善効果, すなわち, 食後の血糖値の変動を緩やかにし, インシュリン分泌を抑制する作用に対する影響を検討した報告はなされていない。そこで我々は, ラットを用い, 大分県で日常

的に食されている褐藻類の一種であるカジメを用い, 耐糖性改善効果を検討した。

実験材料および方法

カジメ粉末の調製 1993年1月, 大分県佐賀関町で採取したカジメを若葉 (Young) と古葉 (Old) とに分けた (Fig. 1)。これらを 20℃ の通風乾燥によって乾燥し, 粉碎機で細粉化した後, 150 mesh で篩別した粉末を実験に使用した。それぞれについて一般成分を常法にて測定した。

実験動物 5週齢の Wistar 系雄性ラット (日本 SLC (株)) を用いた。血糖値の応答を鋭敏にするため, これらを午後 8 時から午前 8 時まで点灯した 23±1℃ の動物飼育室で 1 匹ずつ金網ケージに入れ, 市販固形飼料 (MF: オリエンタル酵母工業 (株)) で 5 日間飼育した。

Fig. 1. Young and old leaves of "kajime".

* 大分大学教育学部 (Faculty of Education, Oita University, TannoHaru, Oita 870-11, Japan).

後, 20% カゼイン食を 10 日間与えて標準化した。⁷⁾

血糖値の測定 ラットは 24 時間絶食後, 1 群 6 匹として実験に供した。対照群のラットには 20% (w/v) ブドウ糖溶液を体重 100 g 当たり 250 mg となるように胃管にて強制経口投与した。試験群のラットにはカジメ粉末をブドウ糖溶液に十分に懸濁して投与した。実験は午前 9 時より行った。実験 1 ではカジメ若葉, 古葉をそれぞれ 2% (w/v) となるようにブドウ糖溶液に添加した。実験 2 では若葉を 1, 2, および 4% (w/v) となるように添加した。溶液投与前と投与 15, 30, 60, 120, および 180 分後に尾静脈より採血し, 血糖値を酵素法⁸⁾によって測定した。

血清インシュリン濃度と胃内滞留時間の測定 ラットを 1 群 5 匹とし, 対照群のラットにはブドウ糖溶液を, 試験群のラットにはカジメ若葉を 2% (w/v) 添加したブドウ糖溶液を強制経口投与した。溶液投与前と投与 30, 60 分後にラットを断頭屠殺して血液を得て, 血清を調製し, インシュリン濃度を放射性免疫測定法⁹⁾で測定した。また, 屠殺後直ちに胃を摘出し, 胃内に残留しているブドウ糖量を前述の方法⁸⁾で測定した。

統計的有意差の検定 統計的有意差の検定は, Student の *t* 検定を用いて行った。

結 果

絶食したラットにブドウ糖を強制経口投与すると, ブドウ糖を単独で与えた対照群においては, Fig. 2 に示したように, 血糖値は急激に上昇し, 投与 30 分後に最大値

Fig. 2. Blood glucose response to the meals containing glucose alone (○—○), glucose plus 2% of young leaf of "kajime" (●—●), and glucose plus 2% of old leaf of "kajime" (▲—▲).

Vertical bars are SEM and asterisks indicate significant differences from the control values at the specified time ($p < 0.05$).

に達した後に急速に低下した。これに対し, カジメ若葉群は投与 15 分, 30 分後には血糖値が対照群より有意に低く, 120 分後では有意に高かった。カジメ古葉群の値の変化も若葉群とほぼ同様であった。両者の一般成分はほぼ同じであった (Table 1)。

カジメ若葉のブドウ糖溶液への添加量を変えたときの血糖値の経時変化に対する影響を Fig. 3 に示した。カジメの添加により実験 1 と同様, 投与 15 分後, 30 分後の血糖値の上昇の抑制が観察され, その抑制の程度はカジメの添加量を増やすのに伴ってより顕著になった。

血清インシュリン濃度の経時変化についてみると, 対照群においては投与 30 分後に血清インシュリン濃度は増加し, 60 分後には溶液投与前とほぼ同じ値にまで低下した。これに対しカジメ群においては, 投与 30 分後においても上昇の程度はわずかであり, 60 分後の値は対照群の値にほぼ等しかった (Fig. 4)。

胃内滞留時間に対するカジメの影響について検討した結果を Fig. 5 に示した。各測定時間における胃内残留ブドウ糖量を, 投与したブドウ糖量を 100% として割合で

Table 1. Proximate composition of young and old leaves of "kajime"

	Young (%)	Old (%)
Moisture	10.4	10.7
Crude protein	11.8	11.0
Crude fat	0.8	0.9
Crude ash	28.1	28.8
Carbohydrate	48.9	48.6

Fig. 3. Blood glucose response to the meals containing glucose alone (○—○), glucose plus 1% (▲—▲), 2% (■—■), or 4% (●—●) of "kajime".

Refer to the legend of Fig. 2 for further details.

Fig. 4. Serum insulin response to the meals containing glucose alone (○—○), glucose plus 2% of "kajime" (●—●).

Refer to the legend of Fig. 2 for further details.

表した。対照群においては投与30分後には25%のブドウ糖が残留していたが、60分後にはほぼすべてのブドウ糖が胃内から消失した。これに対し、カジメ群においては投与30分後に45%、60分後には21%のブドウ糖が残留しており、カジメの添加によってブドウ糖の胃内滞留時間が明らかに延長していた。

考 察

Jenkins *et al.*¹⁰⁾ は、健康な男女にグァーガムあるいはベクチンを試験食に添加して与えたところ、投与後の血糖値の急激な変化を防止するとともに、インシュリンの分泌が抑制されることを見いだした。Ebihara *et al.*^{11, 12)} は、ラットを用いた実験において、耐糖性改善効果は水溶性の食物繊維に観察され、作用の強さは水溶液の粘度との間に良い相関関係があることを報告している。また、非水溶性食物繊維では、試験食と同時に与えたときには耐糖性改善効果は認められないとしている。^{12, 13)} このような食物繊維による耐糖性改善効果は健康人のみでなく、糖尿病の治療にも有効であるとされている。^{14, 15)}

本実験で用いたカジメには、アルギン酸が多く含まれている。¹⁶⁾ アルギン酸の生理作用としては、コレステロール低下作用についての報告^{17, 18)} があるが、これまでに耐糖性改善効果については検討されていない。本研究においてはまず、カジメの若葉と古葉の効果の比較を行った。一般には若葉が食用とされ、古葉は食されない。一般成分は両者の間にはほとんど差が認められず、血糖値上昇抑制作用についても両者はほぼ同じ効果を持っているものと考えられた。今回の実験で用いたカジメのブドウ糖溶液への添加量は2%としたが、Ebihara *et al.*^{11, 12)} は種々の食物繊維の耐糖性改善効果を同じ添加量すなわち2%で検討している。その中で報告されている効果の

Fig. 5. Effect of the addition of 2% of "kajime" to a glucose solution infused on gastric emptying.

Refer to the legend of Fig. 4 for further details.

程度と本研究で得られたカジメの効果の程度とを相互に比較してみると、カジメの効果は既知の食物繊維の効果に比べて遜色がなく、実際の食生活の場においても十分効果が発揮されることが期待される。また、食物繊維の耐糖性改善効果には、投与量依存性のあることが知られている。⁷⁾ カジメの場合においても、ブドウ糖溶液への添加量を増加するに伴って血糖値上昇抑制作用も強くなっており、これまでの報告と一致する。⁷⁾

血糖値上昇抑制とともに、インシュリンの分泌を抑制させることは、糖尿病の予防治療に有効である。カジメもこれまでの他の食物繊維^{7, 10-12, 15)} と同様、インシュリン分泌の抑制も認められたことから、カジメは耐糖性改善効果を有すると結論づけることができる。

食物繊維が耐糖性改善効果をもたらす機構として、a) 胃内滞留時間の遅延、b) 小腸内でのブドウ糖の拡散の遅延、c) 消化管ホルモンの分泌の変化による消化作用の変動、d) 小腸でのブドウ糖の吸収阻害が考えられる。¹⁰⁾ グァーガムを用いた実験においては、小腸でのブドウ糖の吸収阻害は起こっていないことが明らかにされている。¹⁵⁾ これまでの研究結果からは、胃内滞留時間の遅延が最も大きな要因であると考えられている。^{11, 14, 19, 20)} すなわち、胃から小腸へのブドウ糖の移送速度が遅くなることによって、小腸でのブドウ糖の吸収が穏やかになり、その結果として血糖値の上昇やインシュリンの分泌が抑えられるものと考えられている。カジメにおいても各測定時における胃内のブドウ糖残留率が高かったことから、胃内滞留時間の遅延がカジメの耐糖性改善効果の一つの主要な要因であると考えられる。

以上のように、食物繊維を多く含むと考えられるカジメにも、分離精製を行って抽出した食物繊維と同様の耐糖性改善効果があることが明らかとなった。カジメ以外にも粘質物を有するコンブ、ワカメなどについても同様

の作用のあることが期待され, 今後の検討課題である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり, ご協力を賜りました佐賀関町産業課 日高俊次氏に深い感謝の意を表します。

文 献

- 1) 印南 敏, 桐山修八編:「食物繊維」, 第一出版, 東京, 1982, pp. 1-396.
- 2) 平野敏行, 鈴木 健, 白井隆明: 食物繊維食品としての藻類, 「食用藻類の栽培」(三浦昭雄編), 恒星社厚生閣, 東京, 1992, pp. 133-143.
- 3) D. Ren, H. Noda, H. Amano, T. Nishino, and K. Nishizawa: Study on antihypertensive and antihyperlipidemic effects of marine algae. *Fisheries Sci.*, **60**, 83-88 (1994).
- 4) 久田 孝, 藤井建夫, 佐伯和昭, 長谷川 綾, 奥積昌世: 褐藻類のラット糞便フローラに及ぼす影響. 日水誌, **58**, 307-314 (1992).
- 5) 河津大輔, 藤井建夫, 大島直子, 奥積昌世: スサビノリのラット盲腸フローラに及ぼす影響. 日水誌, **60**, 111-115 (1994).
- 6) 大川いづみ, 鈴木たね子: マコンブの変異原性抑制効果. 食衛誌, **33**, 593-598 (1992).
- 7) S. Mochizuki, M. Hata, H. Masai, K. Ebihara, and A. Yoshida: Effects of a new polysaccharide (AM-1) produced by *Acetobacter* sp. on glucose tolerance in rats. *Agric. Biol. Chem.*, **50**, 511-512 (1986).
- 8) P. Trinder: Determination of glucose in blood using glucose oxidase with an alternative oxygen acceptor. *Ann. Clin. Biochem.*, **6**, 24-27 (1969).
- 9) C. R. Morgan and A. Lazarow: Immunoassay of insulin: Two antibody system. Plasma insulin levels of normal, sub-diabetic and diabetic rats. *Diabetes*, **12**, 115-126 (1963).
- 10) D. J. A. Jenkins, A. R. Leeds, M. A. Gassull, B. Cochet, and G. M. M. Alberti: Decrease in postprandial insulin and glucose concentrations by guar and pectin. *Ann. Internal Med.*, **86**, 20-23 (1977).
- 11) K. Ebihara, R. Masuhara, S. Kiriya, and M. Manabe: Correlation between viscosity and plasma glucose- and insulin flattening activities of pectins from vegetables and fruits in rats. *Nutr. Rep. Inter.*, **23**, 985-992 (1981).
- 12) K. Ebihara and S. Kiriya: Comparative effects of water-soluble and water-insoluble dietary fibers on various parameters relating to glucose tolerance in rats. *Nutr. Rep. Inter.*, **26**, 193-201 (1982).
- 13) D. L. Horwits, D. A. Schoeller, H. C. Niu, J. F. Schneider, and P. D. Klein: Effect of high-cellulose bread on glucose absorption and utilization. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 953 (1979).
- 14) D. J. A. Jenkins, D. V. Goff, A. R. Leeds, K. G. M. M. Alberti, T. M. S. Wolever, M. A. Gassull, and T. D. R. Hockaday: Unabsorbable carboxyhydrates and diabetes: Decreased post-prandial hyperglycaemia. *Lancet*, **2**, 172-174 (1976).
- 15) 土井邦紘, 松浦省明, 馬場茂明: 食物繊維と糖尿病. フォルマシア, **17**, 204-208 (1981).
- 16) 野中順三九編: 「水産利用原料」, 恒星社厚生閣, 東京, 1987, pp. 103-105.
- 17) M. J. Fahrenbach, B. A. Riccardi, and W. C. Grant: Hypercholesterolemic activity on mucilaginous polysaccharides in white leghorn cockerels. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **123**, 321-326 (1966).
- 18) 辻 啓介, 大島寿美子, 松崎悦子, 中村敦子, 印南 敏, 手塚明通, 鈴木慎二郎: 多糖類とコレステロール代謝 (第一報). 栄養学雑誌, **26**, 113-122 (1968).
- 19) D. J. A. Jenkins, T. M. S. Wolever, A. R. Leeds, M. A. Gassull, P. Haisman, J. Dilawari, D. V. Goff, G. L. Metz, and K. G. M. M. Alberti: Dietary fibres, fibre analogues, and glucose tolerance: Importance of viscosity. *Br. Med. J.*, **1**, 1392-1394 (1978).
- 20) B. Peng and A. C. Tsai: Effect of locust bean gum on glucose tolerance in rats. *Fed. Proc.*, **37**, 54 (1978).