

# カボス果皮粉末食投与がラットの成長 および血清成分に及ぼす影響

安房田司郎、神戸 保、浅田憲彦、岩本佳子、江崎一子

## はじめに

カボスはユズの近縁種で、香母酢とも書き、古くから竹田や臼杵地区の民家の庭先に植えられていた大分県の特産果樹である。現在、臼杵、大野、竹田地区を中心に県内各地区で広く栽植されており、その果実が8月末から10月にかけて出荷されている。独特の芳香とさわやかな酸味が料理の脇役として、また菓子や飲料として利用されている。しかし、カボスの果皮は、これまであまり利用されていない。今回は、カボスの果皮の有効利用についての研究の中で、カボス果皮粉末食のラットの成長に及ぼす影響について検討した。

## 研究方法

### 1. カボス果皮粉末の調製

未熟果皮粉末は、大分県下で製造され、食材として市販されているものを用いた。成熟カボス果皮粉末は、市販されている未熟果皮粉末の製造法に従い、黄色く熟したカボスの果皮を35℃温風で乾燥して調製した。

カボス果皮の主要成分は、新食品分析ハンドブックに従い、水分は常温加熱乾燥法、蛋白質はケルダール法、脂質はエーテル抽出法、灰分は灼熱法、食物繊維は酵素一重量法、ビタミンCはヒドラジン法により分析した<sup>(1)</sup>。それぞれの果皮に含まれる主な成分を表1に示した。

表1. 未熟カボス果皮と成熟カボス果皮の主要成分比較

項目	水分 (%)	蛋白質 (%)	脂質 (%)	炭水化物 (%)	灰分 (%)	食物繊維 (%)	ビタミンC (mg%)
未熟カボス果皮	7.6	6.1	1.3	81.0	4.0	47.4	151
成熟カボス果皮	8.2	5.4	2.2	81.2	3.0	39.6	30

### 2. 実験動物

Sprague-Dawley 系雄ラット4週齢、30匹を購入し（セアック吉富、福岡）、実験に用いた。ラットは、1匹ずつケージに入れ、室温21～23℃、12時間の明暗条件下（午前6時から午後6時まで点灯）で飼育し、食餌および水を自由に摂取させた。

### 3. 飼料の調製および実験動物の飼育

ラットを10匹ずつ3群に分け、対照群はAIN-93Gに準じた対照食を摂取させた。カボス果皮群は、対照食のセルロース粉末（5%）の代わりに成熟カボス果皮粉末を用いた成熟カボス粉末

食、および未熟カボス果皮粉末を用いた未熟カボス果皮粉末食を投与した。飼育実験に用いた飼料の組成を表2に示した。

全てのラットは、1週間対照食を用いて予備飼育した後、対照食および各実験食を自由に摂食させて3週間飼育した。この間、2日ごとに体重測定、摂食量の測定を行なった。

#### 4. 血液採取

4週間飼育した後に、麻酔下で腹部大動脈より採血し、37℃水浴下で30分間保温して血清を遊離させ、3,000rpm、15分間遠心して血清画分を分離し、分析用試料とした。血清成分の分析は、(株)SRLに依頼した。

#### 5. 盲腸内 pH 測定および臓器重量の測定

採血後に肝臓、腎臓、膵臓、脾臓、小腸、盲腸を摘出し、重量を測定した。盲腸は重量測定後、0.9%食塩水中で切開し、pHメータを用いて、その懸濁液のpHを測定した。

表2. 実験に用いた飼料の組成 (g / kg)

原 料	対照食	成熟カボス果皮粉末食	未熟カボス果皮粉末食
β-コーンスターチ	397.5	397.5	397.5
ミルクカゼイン	200	200	200
α-コーンスターチ	132	132	132
セルロース粉末	50	0	0
成熟カボス果皮粉末	0	50	0
未熟カボス果皮粉末	0	0	50
大豆油	70	70	70
ミネラル混合	35	35	35
ビタミン混合	10	10	10
L-シスチン	3	3	3
重酒石酸コリン	2.5	2.5	2.5
スクロース	100	100	100
合 計	1000	1000	1000

#### 6. 血清成分の分析

血清中の総タンパク質はBiuret法<sup>(2)</sup>、アルブミンはBCG(ブロムクレゾールグリーン)法<sup>(3)</sup>、血糖値は酵素法<sup>(4)</sup>、インスリンはRadio Immuno Assay法<sup>(5)</sup>、中性脂肪はGPO・HDAOS法<sup>(6)</sup>、リン脂質は酵素法<sup>(7)</sup>、総コレステロールは酵素法<sup>(8)</sup>、コレステロール分画はアガロース電気泳動法<sup>(9)</sup>、AST活性およびALT活性はJSCC標準化対応法<sup>(10)(11)</sup>、総ビタミンCはヒドラジン法<sup>(1)</sup>を用いて、それぞれ測定した。

#### 7. 統計的有意差の検定

得られた結果の統計処理は、Stat View(第5版、SAS Institute Inc, NC)を用いて、対応の無い2群の検定を行った。

## 実験結果及び考察

### 1. カボス果皮摂取がラットの成長パラメータに及ぼす影響

ラットの体重変化を図1に示した。

実験開始時の体重は、対照群では $80.0 \pm 5.6$  g、成熟カボス果皮群では $77.8 \pm 4.5$  g、未熟カボス果皮群では $82.0 \pm 6.0$  gであった。

実験開始時の1日飼料摂取量は約11gで、実験期間中体重および飼料摂取量の増加は、対照群と実験群の間でほとんど差が認められなかった。実験中、各群ラットともに順調に成長し、4週間後の1日飼料摂取量は、対照群 $18.7 \pm 8$  g、成熟カボス果皮群 $19.1 \pm 4.5$  g、

未熟カボス果皮群では $19.9 \pm 4.5$  gで各群の間に差は認められなかった。ただし、対照群のラット1匹だけは、成長が極端に悪く4週間飼育後の体重が200gに達しなかったため実験から除外した。また、実験食20日目の体重は、対照群では $287.7 \pm 18.7$  g、成熟カボス果皮群では $301.7 \pm 11.3$  g、未熟カボス果皮群では $316.1 \pm 17.7$  gであり、各群の間に有意な差は認められなかった。

以上の結果、セルロース粉末の代わりにカボス果皮粉末を用いた飼料群ラットにおいても、対照食投与群と同じように成長することが示された。

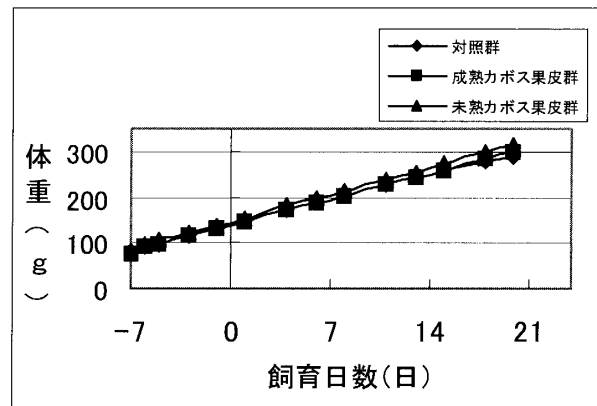


図1. ラットの体重変化

表3. ラットの摂食量、臓器重量および盲腸 pH に及ぼすカボス果皮粉末食の影響

項目	体重 (g)		終了時の 摂食量 (g)	臓器重量 (g)					盲腸 pH
	開始時	終了時		肝臓	腎臓	膵臓	脾臓	小腸	
対照群	80.0 $\pm 5.6$	287.7 $\pm 18.7$	18.7 $\pm 2.8$	9.7 $\pm 1.0$	2.5 $\pm 0.2$	0.9 $\pm 0.3$	0.8 $\pm 0.1$	6.9 $\pm 0.6$	6.88 $\pm 0.32$
成熟カボス 果皮群	77.8 $\pm 4.5$	301 $\pm 11.3$	19.1 $\pm 4.5$	10.1 $\pm 0.9$	2.4 $\pm 0.1$	1.0 $\pm 0.3$	0.9 $\pm 0.1$	7.2 $\pm 0.4$	7.40 $\pm 0.17$
未熟カボス 果皮群	82.0 $\pm 6.0$	316.1 $\pm 17.7$	19.9 $\pm 4.5$	10.3 $\pm 0.6$	2.4 $\pm 0.2$	0.9 $\pm 0.2$	0.8 $\pm 0.1$	7.3 $\pm 0.5$	7.35 $\pm 0.24$

数値は、平均値±標準偏差として示した (n=10、ただし対照群は n=9)。

### 2. 臓器重量

実験食飼育3週間後の臓器重量を表3に示した。各臓器とも対照群、成熟カボス果皮粉末食群、未熟カボス果皮粉末食群間で重量の差は認められなかった。また、各群の各臓器ともに視覚的にも異常は認められなかった。

### 3. 盲腸内 pH

カボス果皮粉末食摂取が盲腸内 pH にどのように影響するのかを調べた。その結果、表3に示したように、盲腸内 pH は、対照群では $6.88 \pm 0.32$ 、成熟カボス果皮粉末食群では $7.40 \pm 0.17$ 、未熟カボス果皮粉末食群では $7.35 \pm 0.24$ であり、対照群に比べて、カボス果皮粉末食群でやや高い傾向にあった。

腸内の pH が上昇すると腸内細菌叢が変化し、サルモネラや大腸菌の繁殖が増加することが報告されている<sup>(12)</sup>。一般に、摂取する食物中の成分により、腸内細菌叢が変化するといわれており、得られた結果は、カボス果皮粉末食に含まれる成分が盲腸内の腸内細菌叢に対照のセルロース粉末食とは異なる影響を及ぼす可能性を示唆している。

カボス果皮粉末(食物繊維含量：未熟カボス果皮47.4%、成熟カボス果皮39.6%) 5%食では、対照食の食物繊維(セルロース5%)に比べ、食物繊維の量が約44%と半分以下であったことが、盲腸内 pH の上昇の原因の1つと考えられる。

この点については、カボス果皮粉末の割合を5%から11.4%に増加し、デンプンを6.4%減じて、食物繊維量を対照食と同じ5%に調製した飼料において、盲腸内 pH の上昇を抑制できるかどうか検討する必要がある。

#### 4. 血清各種成分に及ぼすカボス果皮粉末食の影響

血清各種成分に及ぼすカボス果皮粉末食の影響を表4に示した。血清総蛋白質、アルブミンはともに対照群とカボス果皮粉末食群で差は認められなかったことから、カボス果皮粉末食は、蛋白質栄養状態に影響を与えていないことが示唆された。

血糖値および血清インスリン値は、ともに対照群とカボス果皮粉末食群で差がなかったことから、カボス果皮粉末食は、糖質の吸収および代謝に影響を与えていないことが示唆された。肝機能の指標である血清 AST および ALT 活性についても、対照群とカボス果皮粉末食群で差は認められなかったことから、カボス果皮摂取による肝機能への影響は認められなかった。

また、血清総ビタミンC濃度にも対照群とカボス果皮粉末食群で差は認められなかった。ラットは、ビタミンCを体内で合成できるので、対照食には含まれていない。表1のビタミンC含量から算出すると、カボス果皮粉末食100g当たりのビタミンC含量は、未熟果皮粉末で7.5mg、成熟果皮粉末で1.5mgである。1日20g食べた場合には、未熟果皮粉末食から1.5mg、成熟果皮粉末食からは0.3mgのビタミンCが摂取されると計算される。ラットでは、この程度のビタミンCの摂取は、血清総ビタミンC濃度に影響を与えないことが示された。

表4. ラットの血清各種成分に及ぼすカボス果皮粉末食の影響

項目	総蛋白質 (g/dl)	アルブミン (g/dl)	グルコース (mg/dl)	インスリン (ng/dl)	AST (IU/L)	ALT (IU/L)	総ビタミンC (μg/ml)
対照群	5.1 ±0.3	4.0 ±0.2	87 ±35	0.5 ±0.3	170 ±40	33 ±13	11.2 ±4.3
成熟カボス 果皮群	5.3 ±0.1	4.1 ±0.1	91 ±23	0.5 ±0.3	140 ±20	21 ±4	10.5 ±2.8
未熟カボス 果皮群	5.0 ±0.2	4.0 ±0.2	82 ±13	0.6 ±0.4	145 ±46	26 ±13	9.7 ±4.2

数値は、平均値±標準偏差として示した (n=10、ただし対照群はn=9)。

#### 5. 血清脂質成分に及ぼすカボス果皮粉末食の影響

ラットの血清脂質成分に及ぼすカボス果皮粉末食の影響について表5に示した。

血清中の中性脂肪、リン脂質、総コレステロール濃度は、いずれも対照群とカボス果皮粉末食群で差は認められなかった。しかし、コレステロール分画では、HDLは、対照群81±4%、成熟カボス果皮粉末食群88±2%、未熟カボス果皮粉末食群90±3%であり、対照群に比べカボス

果皮粉末食群で有意に高い値を示した。これに比べ、VLDL、LDLは、対照群 $11 \pm 3\%$ 、 $8 \pm 3\%$ 、成熟カボス果皮粉末食群 $7 \pm 2\%$ 、 $5 \pm 1\%$ 、未熟カボス果皮粉末食群 $5 \pm 2\%$ 、 $5 \pm 2\%$ であり、対照群に比べカボス果皮粉末食群でやや低い傾向を示した。

表5. ラットの血清脂質成分に及ぼすカボス果皮粉末食の影響

項目	中性脂肪 (mg/dl)	リン脂質 (mg/dl)	総コレステロール (mg/dl)	HDL (%)	VLDL (%)	LDL (%)
対照群	83 $\pm 25$	122 $\pm 13$	76 $\pm 11$	81 $\pm 4$	11 $\pm 3$	8 $\pm 3$
成熟カボス 果皮群	70 $\pm 33$	115 $\pm 30$	77 $\pm 24$	88 $\pm 2$ ※	7 $\pm 2$	5 $\pm 1$
未熟カボス 果皮群	61 $\pm 17$	103 $\pm 21$	63 $\pm 21$	90 $\pm 3$ ※	5 $\pm 2$	5 $\pm 2$

数値は、平均値 $\pm$ 標準偏差として示した (n=10、ただし対照群はn=9)。  
※対照群と比較して有意に差が認められた ( $p < 0.05$ )。

今泉らは、ミカン果皮にコレステロール上昇抑制効果があると報告し<sup>(13)</sup>、望月らはカボスの果皮を主成分とする搾汁粕にはコレステロール上昇抑制効果が認められないと報告している<sup>(14)</sup>。今回の結果は、カボス果皮には、血清中性脂肪、リン脂質、総コレステロールの低下作用が明確には認められなかった。しかし、コレステロール分画において悪玉といわれるLDLやVLDLが低下傾向を示し、善玉と呼ばれるHDLの上昇が認められた。

今後、血清リポ蛋白質に対するカボス果皮の影響についてさらに検討する必要があると思われる。さらに、ラットではHDL、VLDL、LDLに相当するバンドの割合がヒトのデータと異なっているため、この点についても併せて、検討する必要があると思われる。

## 要 旨

カボス果皮の粉末をセルロースの代わりに飼料に添加し、ラットの成長、臓器重量、血清各種成分に及ぼす影響を検討した。その結果、対照群、成熟カボス果皮群および未熟カボス果皮群ともに、順調に成長し、体重による成長速度に差は認められなかった。臓器重量においても各群の間に差は認められなかった。また、血清アルブミン値や血糖値、肝機能の指標酵素であるALTやAST活性にも差は認められなかったことから、カボス果皮の摂取は、蛋白質、糖質代謝や肝機能に影響を与えないことが示された。血清中性脂肪、リン脂質、総コレステロール濃度でも対照群とカボス果皮粉末食群で差は認められなかったが、リポ蛋白質分画では、カボス果皮粉末食群でHDLの割合が有意に増加し、VLDLとLDLが低下傾向を示した。

## 謝 辞

本研究は、財団法人大分県産業創造機構の平成16年度可能性試験研究の研究費を受けて行われたものである。ご尽力いただいた関係各位に感謝申し上げます。また、カボスの果皮粉末をご恵与頂きました食品会社の方々に深謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 菅原龍幸、前川昭男：新食品分析ハンドブック、15-153、建帛社、(2000)
- 2) Gornall A. G., et al: J. Biol. Chem., 177, 751-766, (1949)
- 3) 金井正光：臨床検査法提要、改定第30版：489-492、(1993)
- 4) Banauch D., et al: Z. Clin. Chem. Clin. Biochem., 13, 101, (1975)
- 5) 多田裕：日本小児科学会誌、73、2、236-244、(1969)
- 6) Tamaoku K., et al: Chem. Pharm. Bull., 30, 2492-2497, (1982)
- 7) Takayama M., et al: Clini. Chim. Acta., 79, 93-98, (1977)
- 8) Richmond W., Clin. Chem., 19, 1350-1356, (1973)
- 9) 脇屋義彦：日内会誌、70、714-719、(1981)
- 10) 日本臨床化学会：臨床化学、18、No 4、226 (1989)
- 11) 日本臨床化学会：臨床化学、18、No 4、250 (1989)
- 12) Mineo H. et al: Life Sci., Vol. 69, 517-526 (2001)
- 13) 今泉克巳 他：果汁協会報、272、66 (1981)
- 14) 望月聡 他：日本栄養・食糧学会誌、49、6、331-336 (1996)

Effect of Kabosu peel powder feeding on growth and serum constituent of rats

Shiro AWATA, Tamotsu KANBE, Norihiko ASADA,  
Yoshiko IWAMOTO, Ichiko EZAKI

### Summary

We examined the effect of Kabosu peel feeding on growth and serum constituents of rat by substituting Kabosu peel powder or cellulose powder in the food.

In the result, each of control group, mature Kabosu peel group, and immature Kabosu peel group grew constantly. There were not significant differences in growth rate and tissue weight among three groups of rats. Also, there were no significant differences in the level of albumin, glucose, ALT, AST, triglycerides, phospholipids and total cholesterol in the serum among these groups. The ratio of high density lipoprotein in serum was significantly higher in Kabosu peel groups than in the control group, and the ratios of low density lipoprotein and very low density lipoprotein showed a decrease in Kabosu peel groups.

These results show that the Kabosu peel diet does not give any negative effects on the metabolism of protein, metabolism of carbohydrate and hepatic function of rats.