ラットの脂質代謝に及ぼすオーツガム質ならびに 大麦ガム質の影響

小 田 泰 士^{*,**}, 青 江 誠 一 郎^{*}
真 田 宏 夫^{**}, 綾 野 雄 幸^{**}

^{*} 雪印乳業株式会社技術研究所

^{**} 千葉大学園芸学部生物生産科学科

Effects of Oat and Barley Gums on Lipid Metabolism in Rats

Taishi ODA,^{*,**} Seiichiro AOE,^{*} Hiroo SANADA^{**} and Yūkō AYANO^{**}

^{*} Technical Research Institute, Snow Brand Milk Products, Kawagoe 350

^{**} Department of Bioproduction Science, Faculty of Horticulture,
Chiba University, Matsudo 271

Nippon Eiyō Shokuryō Gakkaishi (*J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*) 46, 147~153 (1993)

The effects of various amounts of oat and barley gums added to the diet on plasma and liver lipid concentrations were examined in cholesterol-fed rats. Male Sprague-Dawley rats, aged 5 weeks, were fed diets containing the oat or barley gums corresponding to 0%, 1%, 2%, or 4% soluble fiber for 9 days. Plasma triglyceride, liver cholesterol, and liver triglyceride concentrations were lower in rats fed the diets containing 1-4% oat gum and 2-4% barley gum than in rats fed the gum-free diet. None of the gums had any significant effect on plasma cholesterol concentration. The diet containing 4% oat gum increased the fecal excretion of total lipids. Fecal excretion of acidic steroids was higher in rats fed the diets containing 2-4% oat gum and 1% barley gum than in rats fed the gum-free diet. Neither of the gums had any significant effect on the fecal excretion of neutral steroids. These results indicate that the minimum amounts of oat and barley gums, which act as lipid-lowering compounds, are 1% and 2% fiber in the diet, respectively.

Key Words dietary fiber, oat gum, barley gum, lipid-lowering effect, rats.

(Received July 30, 1992)

オーツは β -グルカンを主成分とした水溶性食物繊維に富む穀物であり¹⁾²⁾, ラットの血漿コレステロール, 肝臓コレステロール, 肝臓トリグリセリドの各濃度を低下させる^{2)~7)}. Shinnick ら⁷⁾ は, 食物繊維 (dietary fiber, 以下 DF) 含量を高めたオーツ粉を高コレステロール飼料に DF として 0~10% の範囲で段階的に添加し, ラットに摂取させて用量反応性について検討している。この報告によると, オーツの摂取量と血漿コレステロール, 肝臓コレステロール, 肝臓トリグリセリドの各濃度はそれぞれ負の相関を示し, これらの濃度を有意に低下させる最小 DF 添加量はそれぞれ 10, 4, 10% であることが認められている。

オーツから抽出・分離された水溶性 DF 標品は「穀物

ガム質」と呼ばれ¹⁾, このガム質にもオーツと同様の脂質低下効果が認められている^{5)8)~10)}. Chen ら⁵⁾ は, オーツガム質を β -グルカンとして 6.6% レベルで高コレステロール飼料に添加しラットに摂取させると, 上記脂質濃度に加えて, 血漿トリグリセリド濃度を低下させることを報告している。しかし, オーツガム質の用量反応性について検討した報告はないため, オーツガム質が血漿および肝臓脂質濃度を低下させる最小 DF 添加量は不明である。

オーツと並んで水溶性 β -グルカンを多く含む穀物に大麦があげられる¹⁾. 大麦もオーツと同様の脂質低下効果が認められている^{11)~13)}. Klopfenstein らの報告⁹⁾ によると, 大麦より分離したガム質はコレステロール摂取ラットの血漿コレステロール, 肝臓コレステロール, 血漿トリグリセリド, 肝臓トリグリセリドの各濃度を低下

^{*} 〒350 川越市南台 1-1-2

^{**} 〒271 松戸市松戸 648

させる。しかし同報告では、大麦ガム質の β -グルカン含量が示されていないため、飼料への DF 添加量は不明である。また、穀物ガム質の飼料への DF 添加量が血漿および肝臓脂質濃度に及ぼす影響を、オーツと大麦と比較した報告は少ない¹⁰⁾。

本研究は、ラットの脂質代謝の改善に有効な穀物ガム質の最小 DF 添加量をオーツと大麦で比較するために、各穀物からガム質を抽出・分離し、高コレステロール飼料に DF として 0~4% の範囲で段階的に添加・調製して、ラットの血漿および肝臓脂質濃度に及ぼす影響について検討したものである。また、総脂質およびステロイドの排泄量を測定し、ガム質が脂質代謝に影響するメカニズムの推定を試みた。

実験方法

1. 実験材料

ガム質を調製する原料は、オーツ（クエーカー社、オランダ産、全粒）ならびに大麦（阿部精麦社、新潟産、精白歩合 73%）を脱脂・粉碎し、0.59 mm の篩を通したものを用いた。各穀物の脱脂は、原料に約 10 倍量の *n*-ヘキサンを加え、攪拌して脂質を抽出したのち、残渣を遠心分離によって回収した。この残渣を約 60°C に加熱してヘキサンを揮発・除去して試料とした。脱脂率はオーツが 82%、大麦が 79% であった。

これらの原料より、Wood ら¹⁾ のガム質抽出・分離方法を一部改変してガム質を調製した。調製方法を Fig. 1 に示す。ガム質の調製方法の改変点は、①実験材料に対する水の添加量を 3/4 とし、②ガム質を抽出した後の残

渣からの再抽出回数を 2 回から 1 回とし、③ガム質を抽出・除タンパクした上澄液を、ロータリー・エバポレーターを用いて 1/3 量まで減圧濃縮し、④溶解しているガム質を析出させるために加えるイソプロパノールをエタノールに置き換えたことである。オーツならびに大麦の各ガム質の回収量は、原料 5 kg からそれぞれ 126, 161 g であった。これらのガム質を粉碎し、0.59 mm の篩を通して実験に用いた。

2. 成分分析

一般成分の分析は常法によった。各ガム質に含まれる DF の分析は Prosky ら¹⁴⁾ の酵素・重量法により、総 DF 含量を測定した。各ガム質の DF の糖組成は Theander ら¹⁵⁾ の方法に従い、Prosky 法で得られた総 DF 残渣を酸分解後、中性糖をアルディトール・アセテート化してからガスクロマトグラフ法で測定した。

3. 動物実験

1) 実験飼料 実験飼料の組成を Table 1 に示す。コレステロール 1%、コール酸ナトリウム 0.25%、セルロース 5% を含む高コレステロール飼料を基本飼料とし、各ガム質を DF として 0, 1, 2, 4% レベルでそれぞれセルロースと置換した飼料を実験飼料とした。また、各ガム質添加飼料はカゼインの添加量を調整して飼料中の窒素含量を 3.0% (カゼイン 22% に相当) とした。なお、各飼料ともに α -コーンスターチで調整して 100% とした。

2) 動物実験および飼育方法 実験は 2 回に分けて行った。4 週齢の Sprague-Dawley 系雄ラット（日本クレア(株)）を、コレステロール、コール酸ナトリウムを含まない標準飼料で 4 日間予備飼育した後、オーツガム質投与実験は 1 群 6 匹ずつ 4 群に分けて、Table 1 のオーツガム質各添加飼料ならびにガム質無添加飼料を、大麦ガム質投与実験は 1 群 8 匹ずつ 4 群に分けて、大麦ガム質各添加飼料ならびにガム質無添加飼料をそれぞれ 9 日間給与した。ラットは 6 区分した金網製飼育ケージに 1 室 1 匹ずつ入れ、室温 22±1°C で飼育した。なお、飼料および水は自由に摂取させた。糞は、実験飼料給与後、7~9 日目の 3 日間採取し、表面を生理食塩水で洗浄したのち、凍結乾燥・粉碎して分析用試料とした。

飼育終了後、ラットを 17 時間絶食させ、エーテル麻酔下で開腹して後大静脈より採血したのち、肝臓ならびに盲腸を摘出し重量を測定した。摘出した肝臓は凍結乾燥・粉碎し、分析用の試料とした。採取した血液はただちに血漿を分離し、総コレステロール、HDL-コレステロールならびにトリグリセリドを酵素法で測定した。総コレステロールは「デタミナー TC5」（協和メデックス(株)）を用いて測定した。HDL-コレステロールの測定は、「デタミナー HDL」で血漿中のカイロミクロン、

Fig. 1. Scheme for isolation of gums from de-fatted cereal flours.

Table 1. Composition of diets.

(%)

Components	0% Gum in diet (Control)	Oat gum (% of dietary fiber)			Barley gum (% of dietary fiber)		
		1	2	4	1	2	4
Casein	22.0	21.9	21.7	21.5	21.8	21.7	21.3
Corn oil	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Lard	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
Mineral mixture*	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline chloride	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cholesterol	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sodium cholate	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Oat gum	—	1.37	2.74	5.49	—	—	—
Barley gum	—	—	—	—	1.49	2.98	5.96
Cellulose	5.0	4.0	3.0	1.0	4.0	3.0	1.0
Corn starch	37.1	36.83	36.66	36.11	36.81	36.42	35.84
Sucrose	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

* This was identical with AIN-76 mixture.

VLDL および LDL を沈澱させたのち、上澄中の HDL 画分を「デタミナー TC555」(いずれも協和メデックス 株)を用いて定量した。トリグリセリドは「デタミナー TG-S555」(協和メデックス 株)を用いて測定した。肝臓のコレステロールおよびトリグリセリド濃度は、クロロホルム：メタノール=2:1 (v/v) 溶液を用いた Folch ら¹⁶⁾の方法により脂質を抽出したのち、コレステロールは酵素法にて、トリグリセリドは「トリグリセライドテスト・ワコー」(和光純薬 株)を用いたアセチルアセトン発色法にてそれぞれ測定した。さらに、肝臓の見かけのコレステロール蓄積率を Tsuji ら¹⁷⁾の方法によって算出した。

3) 糞の総脂質およびステロイドの定量 糞の凍結乾燥粉碎試料から、クロロホルム：メタノール=2:1 (v/v) 溶液を用いた Folch ら¹⁶⁾の方法によって脂質を抽出したのち、総脂質は重量法にて、中性ステロイドは「デタミナー TC5」を用いた酵素法にて、酸性ステロイドは「エンザバイル・2」(第一化学薬品 株)を用いた酵素法にてそれぞれ定量した。これらの値より、総脂質、中性ステロイド、酸性ステロイドの1日当りの排泄量をそれぞれ求めた。

4) 測定結果の統計処理 実験結果は各実験ごとに測定値の正規性と等分散性を確認したのち、血漿および肝臓脂質濃度は果積法による用量反応性の検定を行い、有意差の認められた項目はさらに Williams 型多重比較法を用いた¹⁸⁾。成長結果、臓器重量、総脂質およびステロイド排泄量は一元配置による分散分析を行い、有意差の認められた項目はさらに Dunnett 型多重比較法を用い

た¹⁹⁾²⁰⁾。また、ステロイド排泄量と血漿および肝臓コレステロール濃度との関係、ならびに、総脂質排泄量と血漿および肝臓トリグリセリド濃度との関係は共分散分析を用いて解析し、相関係数 r を求めた¹⁹⁾²⁰⁾。

実験結果

1. 成分分析

オーツガム質、大麦ガム質の一般成分分析値と DF 含量、DF の糖組成を Table 2 に示す。オーツガム質および大麦ガム質の DF 含量はそれぞれ 73% と 67% でほぼ同じ値を示した。オーツガム質の DF の糖組成はグルコースが多く、 β -グルカンとしての純度が高いことが推

Table 2. Composition of oat and barley gums.

(%)

Composition	Oat gum	Barley gum
Moisture	6.0	8.1
Crude protein	7.9	8.9
Ash	4.6	4.6
Carbohydrate	8.6	11.3
Dietary fiber ^{a)}	72.9	67.1
Glucose	(65.1)	(38.6)
Arabinose	(4.2)	(11.7)
Xylose	(3.6)	(16.8)

a) Measured by method of Prosky *et al.* (1988).¹⁴⁾

b) Measured by method of Theander *et al.* (1979).¹⁵⁾

Table 3. Effects of oat and barley gums on body weight gain, food intake, liver weight, and cecum weight in rats.^{a)}

Parameter	Oat gum (% of dietary fiber)				Barley gum (% of dietary fiber)			
	0	1	2	4	0	1	2	4
Initial weight (g)	121±1	121±1	121±1	121±1	124±1	124±2	124±1	124±1
Final weight (g)	200±2	197±4	194±3	190±3	199±3	206±5	198±3	196±3
Weight gain (g/9 days)	79±2	76±3	73±3	69±3	75±2	82±3	74±2	72±2
Food intake (g/9 days)	165±3	160±4	156±2	153±2*	166±3	171±5	156±3	154±4
Food efficiency ratio ^{b)}	0.48±0.01	0.47±0.01	0.47±0.01	0.45±0.01	0.46±0.01	0.48±0.01	0.48±0.01	0.47±0.01
Eviscerated carcass weight (g)	141±1	140±3	137±2	135±3	140±2	143±3	138±2	131±3*
Carcass weight/Body weight (%)	74.5±0.5	73.8±0.6	73.4±0.9	73.8±0.7	75.2±0.3	74.0±0.2	74.3±0.4	72.7±0.4*
Liver weight (g)	8.72±0.23	8.12±0.23	7.93±0.20	7.28±0.22*	8.63±0.21	9.02±0.31	7.76±0.07*	7.48±0.29*
Liver weight/Carcass weight (%)	6.20±0.16	5.83±0.19	5.81±0.14	5.42±0.17*	6.17±0.18	6.29±0.13	5.64±0.07*	5.73±0.19
Cecum weight (g) ^{c)}	2.01±0.16	2.25±0.13	2.32±0.27	2.40±0.28	1.74±0.16	2.55±0.13	2.89±0.28*	4.04±0.34*

* Significantly different from the corresponding 0% group by Dunnett's multiple comparison in each experiment ($p<0.05$). ^{a)} Data given are means±SEM (Oat gum experiment: $n=6$, Barley gum experiment: $n=8$). ^{b)} Weight gain/Food intake. ^{c)} Includes both the organ and its contents.

Table 4. Effects of oat and barley gums on plasma and liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats.^{a)}

Parameter	Oat gum (% of dietary fiber)				Barley gum (% of dietary fiber)			
	0	1	2	4	0	1	2	4
Total ingested cholesterol (mg)	1651±28	1595±43	1556±23	1531±24*	1656±28	1705±49	1560±27	1537±37
Plasma lipids (mg/dl) ^{c)} :								
Total cholesterol	241±42	260±30	188±28	209±29	268±23	283±55	245±50	193±24
HDL-cholesterol	14.7±1.6	13.6±1.7	16.9±1.9	16.4±2.0	14.6±0.9	16.1±1.0	17.3±2.9	16.2±1.1
Triglyceride	187±20	125±16*	92±11*	121±26*	216±56	143±19	91±12*	104±26*
Liver cholesterol: (mg/g tissue)	58.2±1.6	55.3±1.4	56.3±2.0	46.4±1.2*	59.3±1.9	58.1±1.2	52.0±2.0*	45.7±2.0*
(mg/liver)	508±17	449±15*	445±13*	337±10*	512±22	524±21	404±17*	344±24*
Accumulation (%) ^{d)}	29.1±0.9	26.4±0.8	26.8±0.6*	20.2±0.4*	29.5±1.1	29.4±0.9	24.4±1.0*	20.7±1.3*
Liver triglyceride: (mg/g tissue)	68.4±6.4	48.7±3.4*	51.2±4.2*	47.4±4.3*	77.9±6.0	69.7±4.4	57.7±4.9*	53.5±3.5*
(mg/liver)	598±60	397±31*	407±35*	347±36*	681±70	636±61	447±37*	404±39*

* Significantly different from the corresponding 0% group by Williams's multiple comparison in each experiment, except total ingested cholesterol by Dunnett's multiple comparison ($p<0.05$). ^{a)} Data given are means±SEM (Oat gum experiment: $n=6$, Barley gum experiment: $n=8$). Plasma total cholesterol, plasma HDL-cholesterol, plasma triglyceride, liver cholesterol, and liver triglyceride concentrations in 5 rats fed cholesterol- and sodium-cholelate-free diet averaged 75 mg/dl, 41.0 mg/dl, 61 mg/dl, 4.2 mg/g tissue, and 25.0 mg/g tissue in oat gum experiment respectively, and then 73 mg/dl, 35.9 mg/dl, 87 mg/dl, 3.6 mg/g tissue, and 15.7 mg/g tissue in barley gum experiment respectively. ^{b)} Analysis of cumulativeness; NS=No significance ($p>0.05$), S=Significance ($p<0.01$). ^{c)} Assayed after fasting for 17 h. ^{d)} Apparent accumulation ratio of liver cholesterol to ingested cholesterol (Tsuji *et al.*, 1984).¹⁷⁾

定された。一方、大麦ガム質の DF の糖組成はオーツガム質に比べてアラビノースとキシロースの比率が高く、大麦ガム質は β -グルカンとアラビノキシランで構成されていると推定された。

2. 動物実験

1) 成長結果ならびに臓器重量 体重増加量, 飼料摂取量, 飼料効率, 内臓摘出屠体重, 肝臓重量, 肝臓の内臓摘出屠体重比および盲腸重量を Table 3 に示す。

実験飼料の各ガム質添加量が増加するにしたがって, 体重増加量, 飼料摂取量, 内臓摘出屠体重, 肝臓重量, 肝臓の内臓摘出屠体重比がそれぞれ低くなり, オーツガム質は 4% 群の飼料摂取量, 肝臓重量ならびに肝臓の屠体重比が, 0% 群に比べてそれぞれ有意に低い値を示した ($p<0.05$)。大麦ガム質は, 2% 群の肝臓重量およびその屠体重比と 4% 群の内臓摘出屠体重, 内臓摘出屠体重比および肝臓重量が, 0% 群に比べてそれぞれ有意に低い値を示した ($p<0.05$)。盲腸重量は, 飼料のガム質添加量が増加するにしたがって, 大麦ガム質では増加し 2% 以上で有意差が認められたが ($p<0.05$)。オーツガム質では有意差は認められなかった。

2) 血漿および肝臓脂質濃度 血漿の総コレステロール, HDL-コレステロール およびトリグリセリドの各濃度, ならびに, 肝臓のコレステロールおよびトリグリセリド濃度を Table 4 に示す。

総コレステロール摂取量は, 飼料のガム質添加量が増加するにしたがって低くなり, オーツガム質 4% 群と 0% 群との間に有意差が認められた ($p<0.05$)。血漿コレステロール濃度には有意な用量反応性は認められな

かった。血漿トリグリセリド, 肝臓コレステロール, 肝臓トリグリセリドの各濃度には有意な用量反応性がそれぞれ認められ ($p<0.01$)。オーツガム質では 1% 以上添加した群が, 大麦ガム質では 2% 以上添加した群が, 0% 群に比べてそれぞれ有意に低い値を示した ($p<0.05$)。

3) 総脂質およびステロイド排泄量 総脂質, 中性ステロイド, 酸性ステロイドの糞への排泄量を Table 5 に示す。

オーツガム質群の総脂質排泄量は 4% 群が 0% 群に比べて有意に高い値を示したが ($p<0.05$)。大麦ガム質群では群間に有意差は認められなかった。オーツガム質群の酸性ステロイド排泄量は飼料のガム質添加量が増加するにしたがって高くなり, 2% 以上で有意差が認められた ($p<0.05$)。大麦ガム質群の酸性ステロイド排泄量は 0% 群に比べて, 1% 群は有意に高い値を示したが ($p<0.05$)。2% 群では有意差が認められなくなり, 4% 群は 1% 群とは逆に有意に低い値を示した ($p<0.05$)。中性ステロイド排泄量は各ガム質群ともに群間に有意差は認められなかった。

4) ステロイド排泄量と血漿および肝臓コレステロール濃度との関係 中性および酸性ステロイド排泄量と血漿総コレステロール濃度との間には, 各ガム質ともに相関は認められなかった。また, 中性ステロイド排泄量と肝臓コレステロール濃度との間にも相関は認められなかった。しかし, 酸性ステロイド排泄量と肝臓コレステロール濃度 (mg/liver) との間には負の相関が認められた ($p<0.0001$, オーツガム質: $r=-0.94$, 大麦ガム質: $r=-0.84$)。

Table 5. Fecal excretion of total lipids, neutral steroids, and acidic steroids in rats fed diets containing oat and barley gums.^{a)}

Gum preparation (% of dietary fiber)		Total lipids (mg/day)	Neutral steroids (mg/day)	Acidic steroids (μ mol/day)	Feces weight (mg dry wt/day)
Oat gum	0	152 $\pm$ 7	94.1 $\pm$ 4.8	14.5 $\pm$ 1.3	1557 $\pm$ 65
	1	154 $\pm$ 4	95.9 $\pm$ 2.5	20.2 $\pm$ 1.5	1428 $\pm$ 47
	2	159 $\pm$ 1	98.2 $\pm$ 1.4	26.5 $\pm$ 1.5*	1257 $\pm$ 17*
	4	196 $\pm$ 9*	101.7 $\pm$ 4.1	26.2 $\pm$ 2.2*	1060 $\pm$ 38*
Barley gum	0	157 $\pm$ 6	87.9 $\pm$ 2.9	20.2 $\pm$ 0.9	1567 $\pm$ 38
	1	176 $\pm$ 10	99.5 $\pm$ 5.2	31.0 $\pm$ 2.3*	1581 $\pm$ 85
	2	171 $\pm$ 6	93.6 $\pm$ 3.8	22.4 $\pm$ 2.6	1226 $\pm$ 34*
	4	172 $\pm$ 8	77.6 $\pm$ 3.8	10.7 $\pm$ 2.8*	843 $\pm$ 39*

* Significantly different from the corresponding 0% group by Dunnett's multiple comparison in each experiment ($p<0.05$). ^{a)} Data given are means $\pm$ SEM (Oat gum experiment: $n=6$, Barley gum experiment: $n=8$). Fecal excretion of total lipids, neutral steroids, and acidic steroids in 5 rats fed cholesterol- and sodium-cholate-free diet averaged 65 mg/day, 5.7 mg/day, and 0.1 μ mol/day in oat gum experiment respectively, and then 81 mg/day, 6.6 mg/day, and 0.1 μ mol/day in barley gum experiment respectively.

5) 総脂質排泄量と血漿および肝臓トリグリセリド濃度との関係 両者の間には各ガム質ともに相関は認められなかった。

考 察

オーツならびに大麦から調製したガム質を高コレステロール飼料に DF として 0~4% の範囲で段階的に添加し、ラットに摂取させた。その結果、血漿トリグリセリド、肝臓コレステロール、肝臓トリグリセリドの各濃度はガム質の添加量が増加するにしたがって低下し、有意な用量反応性が認められた。Shinnick らの報告⁷⁾によると、コレステロール摂取ラットの高 DF オーツ粉の摂取量と肝臓のコレステロールおよびトリグリセリド濃度との間には負の相関が認められており、本成績と一致した。また、オーツガム質ならびに大麦ガム質が血漿トリグリセリド濃度の上昇と肝臓脂質の蓄積を抑制する効果は、オーツガム質が飼料へ 1% 以上添加した条件下で認められたのに対して、大麦ガム質は飼料へ 2% 以上添加した条件下で認められた。したがって、ラットの脂質代謝を改善する穀物ガム質の最小 DF 添加量は、オーツガム質では 1%、大麦ガム質では 2% であると推定される。オーツガム質が大麦ガム質に比べてより低い添加量で脂質代謝を改善した原因を、各ガム質の成分分析の結果から推定すると、オーツガム質の β -グルカンの純度が大麦ガム質よりも高かったことが考えられる。一方、血漿総コレステロール濃度には各ガム質の添加量の増加に伴う用量反応性は観察されなかった。Jennings ら⁸⁾は、オーツガム質を β -グルカンとして 4% レベルで高コレステロール飼料に添加してラットに摂取させると、血漿総コレステロール濃度が対照群に比べて有意に低い値を示し、その低下率は 23% であることを報告している。本研究において、ガム質無添加群の血漿総コレステロール濃度を 100% として各ガム質群の低下率を算出すると、オーツガム質 2% 添加群の低下率は 22% であり、大麦ガム質 4% 添加群の低下率は 28% であった。したがって、本研究での各ガム質の血漿総コレステロール濃度への影響は、Jennings ら⁸⁾が報告した効果と同程度であると考えられる。

オーツガム質ならびに大麦ガム質がコレステロール摂取ラットの血漿および肝臓脂質濃度に影響するメカニズムを推定するために、総脂質およびステロイドの排泄量を測定した。オーツガム質を DF として 4% 添加した群は総脂質の排泄量を増加させたが、総脂質排泄量と血漿および肝臓トリグリセリド濃度との間に相関は認められなかった。また、大麦ガム質の摂取は総脂質の排泄量に影響しなかった。したがって、各ガム質の血漿および肝臓トリグリセリド濃度の低下効果は食餌性脂肪の吸収抑

制では説明できない。Storer らの報告²¹⁾によると、オーツの摂取はラット盲腸内の短鎖脂肪酸の生成量を増加させる。また、短鎖脂肪酸の一種であるプロピオン酸は肝細胞の脂質合成を抑制する²²⁾。このメカニズムによって各ガム質のトリグリセリド低下効果を説明できるかもしれない。今後、トリグリセリド代謝に関する詳細な研究が待たれる。一方、オーツガム質は酸性ステロイドの排泄量を増加させた。また、酸性ステロイド排泄量と肝臓コレステロール濃度との間には負の相関が認められた。Gallaher ら²³⁾は、ラットにオーツを摂取させても内因性の酸性ステロイドの排泄は促進されないことを報告している。本研究では酸性ステロイドの一種であるコール酸ナトリウムを飼料に添加しており、オーツガム質はコール酸ナトリウムを吸収阻害することによって肝臓コレステロール濃度を低下させた可能性がある。しかし、大麦ガム質群の酸性ステロイド排泄量は、ガム質を飼料へ 1% 添加した場合に増加したが、4% 添加した場合には逆に減少した。辻ら²⁴⁾と中川ら²⁵⁾は、血漿コレステロール濃度の低下効果をもつ DF でも、その種類により必ずしも糞中へのステロイド排泄が増加しない場合があり、その理由として大腸内でのステロイドの貯留を考慮すべきであることを指摘している。オーツガム質ならびに大麦ガム質がコレステロール代謝に影響するメカニズムについては、さらなる検討が待たれる。

以上より、コレステロール摂取ラットの脂質代謝を改善する穀物ガム質の最小 DF 添加量は、オーツガム質では 1%、大麦ガム質では 2% であることが認められた。また、これらのガム質の脂質代謝改善効果は、食餌性脂肪の吸収抑制では説明できなかった。

要 約

ラットの脂質代謝の改善に有効な穀物ガム質の最小 DF 添加量をオーツと大麦で比較するために、あらかじめ脱脂した穀物からガム質を調製した。これらのガム質を高コレステロール飼料に DF として 1, 2, 4% の 3 段階に添加し、ラットに摂取させて、各ガム質添加群の血漿および肝臓脂質濃度ならびに総脂質およびステロイド排泄量をガム質無添加群と比較した。

オーツガム質を 1% 以上添加した群と大麦ガム質を 2% 以上添加した群は、血漿トリグリセリド、肝臓コレステロール、肝臓トリグリセリドの各濃度を低下させた。血漿コレステロール濃度には各ガム質ともに有意差は認められなかった。オーツガム質 4% 添加群は総脂質の排泄量を増加させたが、大麦ガム質には有意差は認められなかった。オーツガム質を 2% 以上添加した群と大麦ガム質を 1% 添加した群は、酸性ステロイドの排泄量を増加させた。中性ステロイド排泄量は各ガム質ともに

有意差は認められなかった。

以上の結果より、コレステロール摂取ラットの脂質代謝を改善する穀物ガム質の最小 DF 添加量は、オーツガム質では 1%、大麦ガム質では 2% であることが認められた。また、これらのガム質の脂質代謝改善効果は、食餌性脂肪の吸収抑制では説明できなかった。

本報の要は、第 46 回日本栄養・食糧学会総会 (1992 年、倉敷) において発表した。

文 献

- 1) Wood, P.J., Paton, D. and Siddiqui, I.R.: *Cereal Chem.*, **54**, 524 (1976)
- 2) Shinnick, F.L., Longacre, M.J., Ink, S.L. and Marlett, J.A.: *J. Nutr.*, **118**, 144 (1988)
- 3) Fisher, H. and Griminger, P.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **126**, 108 (1967)
- 4) Chen, W.L. and Anderson, J.W.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **162**, 310 (1979)
- 5) Chen, W.L., Anderson, J.W. and Gould, M.R.: *Nutr. Rep. Int.*, **24**, 1093 (1981)
- 6) Anderson, J.W. and Chen, W.L.: in *Oats: Chemistry and Technology* (Webster, F.H., ed.), 309 (1986), Am. Assoc. Cereal Chem. (St. Paul, M.N.)
- 7) Shinnick, F.L., Ink, S.L. and Marlett, J.A.: *J. Nutr.*, **120**, 561 (1990)
- 8) Jennings, C.D., Boleyn, K., Bridges, S.R., Wood, P.J. and Anderson, J.W.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **189**, 13 (1988)
- 9) Klopfenstein, C.F. and Hosney, R.C.: *Nutr. Rep. Int.*, **36**, 1091 (1987)
- 10) 小田泰士, 青江誠一郎, 真田宏夫, 綾野雄幸: 栄養誌, **44**, 455 (1991)
- 11) 高瀬幸子, 栗原長代, 道喜美代: 栄養と食糧, **23**, 426 (1971)
- 12) Fadel, J.G., Newman, R.K., Newman, C.W. and Barnes, A.E.: *Nutr. Rep. Int.*, **35**, 1049 (1987)
- 13) Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W. and Boik, R.J.: *Nutr. Rep. Int.*, **39**, 749 (1989)
- 14) Prosky, L., Asp, N.-G., Schweizer, T.F., DeVries, J.W. and Furda, I.: *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **71**, 1017 (1988)
- 15) Theander, O. and Åman, P.: *Swed. J. Agric. Res.*, **9**, 97 (1979)
- 16) Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H.: *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
- 17) Tsuji, K. and Nakagawa, T.: *Nutr. Rep. Int.*, **30**, 19 (1984)
- 18) 吉村 功 (編): 毒性・薬効データの統計解析, 62 (1987), サイエンス社 (東京)
- 19) Joyner, S.P. (Ed.): SAS/STAT™ Guide for Personal Computers, Version 6 Edition (1985), SAS Institute (Cary, N.C.)
- 20) 高橋行雄, 大橋靖雄, 芳賀敏郎: SAS による実験データの解析 (1989), 東京大学出版会 (東京)
- 21) Storer, G.B., Trimble, R.P., Illman, R.J., Snoswell, A.M. and Topping, D.L.: *Nutr. Res.*, **3**, 519 (1983)
- 22) Wright, R.S., Anderson, J.W. and Bridges, S.R.: *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **195**, 26 (1990)
- 23) Gallaher, D.D., Locket, P.L. and Gallaher, C.M.: *J. Nutr.*, **122**, 473 (1992)
- 24) 辻 啓介, 大島寿美子, 松崎悦子, 中村敦子, 印南 敏, 手塚朋通, 鈴木慎次郎: 栄養誌, **26**, 113 (1968)
- 25) 中川靖枝, 辻 啓介, 辻 悦子, 鈴木慎次郎: 栄養誌, **39**, 47 (1981)

(1992 年 4 月 30 日受理)