

新奇精麦法によって得られた大麦糠を添加したコリン欠乏食摂取がラットの成長ならびに脂質代謝に及ぼす影響

田辺 賢一・山中 なつみ・永田 保夫*

Effect of Barley Bran Produced by Improved Barley Milling Method on Growth and Lipid Metabolism in Rats Fed a Choline-Deficient Diet

Kenichi TANABE, Natsumi YAMANAKA and Yasuo NAGATA*

緒言

近年、我が国では、感染症などの急性疾患は減少したが、悪性新生物、虚血性心疾患、脳血管疾患を含めた生活習慣病に罹患する人が増加しつつある。生活習慣病の発症は、Quality of life (QOL) を著しく低下させるのみならず、医療経済的にも大きな負担を社会に強いている。平成26年度国民医療費は、総額40兆円にのぼり、そのうち生活習慣病で医療費の約3分の1を占めていることが報告されている¹⁾。今後、未曾有の超高齢社会と慢性疾患患者の増加に伴って医療費はますます増大することが予測される。近年、健常者357,442人を対象としたIH-AARP Diet and Health Study (全米退職者協会の食事・健康調査)による平均14年間の前向き観察研究によって、全粒穀物および穀物食物繊維摂取と全死亡、疾患別死亡リスクとの関連性を調べた報告がなされており、全粒穀物摂取量が高いほど、全死亡をはじめとした生活習慣病による死亡危険比が低いことが明らかにされている²⁾。全粒穀物や穀物食物繊維は、生活習慣病関連因子であるインスリン感受性、血中脂質パラメーター、アディポネクチン濃度、炎症反応指標 (CRPやTNF- α) を改善させることが報告されている³⁻⁵⁾。また、全粒穀物や穀物食物繊維は抗酸化物質、ビタミン、ミネラル、リグナン、フェノール酸など植物由来の食物成分を豊富に含み、大腸がん、呼吸器疾患、炎症性疾患リスクを低下させることも報告されている⁶⁻⁸⁾。さらに、腸内細菌叢の改善効果を介して、様々な慢性疾患の一次予防に寄与していることも明らかにされている^{9, 10)}。

イネ科オオムギ属の越年草である大麦は、古代エジプト時代から食糧とされており、3世紀頃には日本に伝わり、奈良時代には広く栽培され、米に次ぐ主食として利用されてきた古い歴史を有する。現在、大麦は、穀類の中では小麦、米、トウモロコシに次ぐ穀物として利用されている¹¹⁾。しかしながら、大麦の大半は醸造用に消費され、食品としての利用はきわめて少ない。食用大麦を製造する際、精麦時に大量の糠が発生するが、糠の用途は家畜の飼料素材として利用されているにすぎない。しかし、糠部には胚乳部と比較して食物繊維だけではなく、多くの機能性成分が含まれている。大麦糠にヒトの健康に寄与する機能性の付加価値を見出すことは、安価な未利用資源の単価を上げ、生産者の所得向上に繋がる。また、農業と1次・2次産業との連携などにより新たな付加価値を生み出す6次産業の活性および創出の機会になり得

* 長崎大学・産学官連携戦略本部・客員教授

ることが考えられる。

食生活と健康増進への関心が高まるなか、植物ポリフェノールが活性酸素に対する生体防御物質としての生体調節機能を有することが社会的に注目されており、生理活性物質として抗老化を始めとした生活習慣病予防の観点から研究が活発になされている¹²⁻¹⁴⁾。近年、新奇精麦法によって新たな食品素材として大麦糠が得られ、この大麦糠は従来大麦糠と比較してポリフェノールを多く含んでいる。それゆえ、新奇精麦法によって得られた大麦糠は食物繊維などの元来の健康増進に関する有用な食品成分に加えてポリフェノールも含有することから機能性食品素材として期待できる。

本研究では、新奇精麦法によって得られた大麦糠の機能性食品への応用を最終目標とし、未利用資源の新たな可能性を探索することを目的とする。本試験では、ポリフェノール高含有大麦糠のラット脂質代謝の改善効果を検討することを目的とし、コリン欠乏性脂肪肝の発症遅延ならびに軽減効果を評価した。また、大麦糠にはポリフェノールの他に機能性食品成分として食物繊維が豊富に含まれているため、ポリフェノール高含有大麦糠に含まれる食物繊維の物理化学的性質である吸着能についても評価した。

方 法

1. 試験物質

本研究では(有)伊東精麦所(諫早市, 長崎)によって開発された新奇精麦法によって得られた大麦糠を使用した¹⁵⁾。新奇精麦法によって得られた大麦糠は、従来大麦糠と比較してポリフェノールが豊富である(PBB, Polyphenol-enriched Barley Bran)。PBBのポリフェノール含有量は100 gあたり0.86 gである。PBBの食品成分分析は、公益社団法人長崎県食品衛生協会食品環境検査センターに依頼し、ポリフェノール含有量は、長崎県工業技術センターに分析を依頼した。いずれの食品成分も公定法によって分析した。本研究で使用したPBBは(有)伊東精麦所に供与していただいた。

2. 実験動物および飼料組成

Wistar系雄性ラット(4週齢, 約80 g)を3日間予備飼育後、1群6匹として個別ケージを用いて19日間飼育した。本研究では、PBBが成長、脂質代謝ならびに血中炎症マーカーに及ぼす影響を同一条件で比較・観察するため、給餌量は1日で全てのラットが飼料を食べ切れる量とした。すなわち、ラットの成長を妨げない範囲で飼育期間を通して全群の給餌量が同一になるように軽い制限給餌をした。水は自由摂取とした。室温は $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ で、室内の照明は12時間サイクル(明期7:00~19:00, 暗期19:00~7:00)とした。また、飼育17日目から19日目の間の糞を採取

Table 1 Composition of experimental diets

	Control	PBB
β -corn starch	449.986	372.386
Casein	200	185.6
α -corn starch	132	132
Sucrose	100	100
Soybean oil	70	62
Mineral mixture*	35	35
Vitamin mixture*	10	10
L-cystine	3	3
Tert-butylhydroquinone	0.014	0.014
PBB	—	100
Total	1000.000	1000.000

Unit: g/kg, PBB; polyphenol-enriched barley bran.

* Mineral mixture and vitamin mixture were prepared according to the AIN-93G.

した。

ラット飼育用精製飼料は、AIN-93G飼料組成を基本とし、セルロースは腸内細菌によって発酵されるため、 β -コンスターチで置換した。また、脂肪肝を誘発させるため、酒石酸コリンを飼料に添加しないコリン欠乏食とした^{16, 17)}。大麦糠添加飼料は、PBBを10%添加して調製した。大麦糠添加によって増加した栄養素である糖質、たんぱく質ならびに脂質量は、それぞれ β -コンスターチ、カゼイン、大豆油の添加量から差し引き、AIN-93G組成になるようした。飼料組成についてはTable 1に示した。

なお、本動物実験は「名古屋女子大学動物実験委員会」の承認（受付番号27-1）ならびに「実験動物の飼養及び保管等に関する基準（平成14年5月環境省告示第37号，最終改正平成25年環境省告示第84号）」に則して実施した。

3. ラット臓器重量，組織重量および盲腸内容物重量測定

19日間飼育したラットを屠殺前夜から絶食後，早朝より断頭，放血させ，開腹して直ちに心臓，肺臓，肝臓，脾臓，腎臓，胃，盲腸，結腸，腎臓周辺脂肪組織ならびに辜丸周辺脂肪組織を摘出し，重量を測定した。盲腸内容物重量については盲腸内容物を含めた全重量から盲腸組織重量を差し引いて求めた。

4. ラットの血液処理と成分の測定

断頭，放血時に採取した血液は， $2,100 \times g$ ， 25°C ，30分間遠心して血清を分離した。血清は測定に使用するまで -20°C で冷凍保存した。

血清総コレステロールは，コレステロール E-テスト ワコー（和光純薬工業株，大阪府）を用い，トリアシルグリセロールは，トリグリセライド E-テスト ワコー（和光純薬工業株，大阪府）を用い，血清リン脂質は，リン脂質 E-テスト ワコー（和光純薬工業株，大阪府）を用い，血清ASTならびにALTは，トランスアミナーゼC II-テスト ワコー（和光純薬工業株，大阪府）を用いて測定した。血糖は，グルコースオキシダーゼを用いるTrinderらの方法¹⁸⁾に準じて測定した。

5. ラットの肝臓処理と成分の測定

屠殺時に採取した肝臓は，肝臓コレステロールならびに肝臓トリアシルグリセロール量を測定するまで -20°C で冷凍保存した。肝臓の総脂質はFolchらの方法¹⁹⁾により抽出，純化した後，一定量のヘキサンに溶解させた。この脂質抽出液を，イソプロピルアルコールに再溶解させた。肝臓総コレステロールは，コレステロール E-テスト ワコー（和光純薬工業株，大阪府）を用い，トリアシルグリセロールは，トリグリセライド E-テスト ワコー（和光純薬工業株，大阪府）を用いて測定した。

6. 大麦糠の吸着能の測定

$500 \mu\text{m}$ のふるいにPBBならびにセルロース（コントロール）を通して均一のパーティクルサイズにした試料それぞれ 0.5 g をガラスシャーレ（直径 50 mm ）に入れ，デシケーター内で約24時間乾燥させた試料を精秤した。200 ppmに調製したボルドーS溶液（ボルドーS，和光純薬工業株，大阪府） 10 mL と試料を遠心管に入れ，恒温槽で攪拌しながら24時間 37°C で加温した。加温後， 3000 rpm ，20分遠心分離して得られた上清を 25 mL に定容して紫外可視分光光度計（UVmini-1240，島津製作所，京都府）にて 520 nm の吸光度を測定した。検量線から上清中のボルドーS量を求め，加えたボルドーS量との差異から試料への吸着量を評価した²⁰⁾。

7. 解析および統計処理

ラットの体重，摂食量，食餌効率，臓器重量，糞便重量，血液生化学パラメーターならびに

肝臓脂質パラメーターは、各群別に平均値と標準偏差を算出し、正規性の検定を行った。平均値の差の検定は等分散性の検定を行った後、Student's *t*-testを行った。解析にはSPSS ver. 20 (IBM SPSS Inc.) を用い、いずれも有意確率を5%未満とした。

結 果

1. 大麦糠添加コリン欠乏食を摂取したラットの成長ならびに臓器重量に及ぼす影響

1) 摂食量, 体重および食餌効率

ラットをコリン欠乏食 (コントロール群), ならびにポリフェノールが豊富な大麦糠添加コリン欠乏食 (PBB群) で19日間飼育後, 摂食量, 体重および食餌効率を算出した結果をTable 2に示した。飼育19日間の総摂食量は群間に有意差は認められなかった。また, 体重ならびに食餌効率についても摂食量と同様に群間に有意差は観察されなかった。また, 成長期のラットに対して大麦糠添加コリン欠乏食を19日間摂取させた結果, 成長曲線もコントロール群と同じ推移であり, 顕著な差異はなかった。

Table 2 Effect of polyphenol-enriched barley bran on food intake and diet efficiency in rats

	Total food intake (g/19 day)	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Body weight gain (g/ 19 day)	Diet efficiency (%)
Control	269.9±4.9	103.3±5.9	226.9±4.9	125.9±8.1	36.0±2.4
PBB	272.4±2.3	103.2±4.1	233.3±8.5	130.1±9.5	35.5±1.3

Values are mean±standard deviation (S.D.) (n=6). PBB; polyphenol-enriched barley bran.

2) 糞便重量

大麦糠添加コリン欠乏飼料でラットを飼育し, 飼育17日目から19日目の間の糞を採取した結果, コントロール群の糞湿重量は 0.45 ± 0.08 g, およびPBB群は 1.15 ± 0.26 gであった。PBB群はコントロール群と比べて糞便排泄量が有意に増加していた ($p < 0.05$)。

3) 臓器重量および盲腸内容物重量

成長期のラットに対して大麦糠添加コリン欠乏食を19日間摂取させた臓器重量ならびに脂肪重量をTable 3に示した。心臓, 肺臓, 脾臓, 腎臓, 腎臓周辺脂肪組織ならびに辜丸周辺脂肪組織の重量は, コントロール群とPBB群の間に有意な差異は観察されなかった。胃ならびに辜丸重量においてPBB群はコントロール群と比較して有意に高値を示した ($p < 0.05$) が, 奇形ならびに肥大等の異常な所見は観察されなかった。PBB群の盲腸組織重量はコントロール群と比較して有意差が観察されなかった。盲腸内容物は, PBB群 (2.32 ± 0.42 g) がコントロール群 (1.26 ± 0.24 g) と比較して有意に増加していた ($p < 0.05$)。結腸重量においてもPBB群は顕著に高値を示した ($p < 0.05$)。一方, 肝臓重量は, PBB群においてコントロール群と比較して有意に低値を示していた ($p < 0.05$)。

Table 3 Effect of polyphenol-enriched barley bran on weight of organs and adipose tissues in rats

Tissue	Control	PBB
Heart	8.39±0.35	7.39±0.36
Lungs	1.14±0.14	1.10±0.07
Liver	8.39±0.35 ^a	7.39±0.36 ^a
Spleen	0.44±0.03	0.42±0.03
Stomach	0.98±0.06 ^b	1.10±0.08 ^b
Cecum	0.38±0.04	0.48±0.11
Colon	0.39±0.04 ^c	0.54±0.07 ^c
Kidneys	1.84±0.06	1.77±0.11
Testis	2.29±0.17 ^d	2.47±0.08 ^d
Perirenal adipose tissue	2.91±0.67	2.47±0.69
Epididymal adipose tissue	2.60±0.23	2.45±0.27

Unit: g. Values are mean±standard deviation (S.D.) (n=6). PBB; polyphenol-enriched barley bran. a-d: There were significant differences between the same letters, respectively at $p < 0.05$ by Student's *t*-test.

2. 大麦糠添加コリン欠乏食を摂取したラットの血清脂質，空腹時血糖，ASTおよびALT濃度に及ぼす影響

ラットを大麦糠添加コリン欠乏飼料で19日間飼育後，血清脂質，空腹時血糖，ASTならびにALTを測定した結果をTable 4に示した。

空腹時の血清総コレステロール濃度，血清トリアシルグリセロール濃度，リン脂質濃度，血糖値ならびに血清ALTにおいては，群間に有意差は観察されなかった。しかしながら，血清ASTはPBB群においてコントロール群と比較して有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

Table 4 Effect of polyphenol-enriched barley bran on blood lipid, glucose, AST and ALT in rats

	Total cholesterol (mg/100 mL)	Phospholipid (mg/100 mL)	Triacylglycerol (mg/100 mL)	Fasting blood glucose (mg/100 mL)	AST (IU/L)	ALT (IU/L)
Control	63.5±9.9	107.3±15.7	55.4±11.0	116.1±23.0	62.6±7.2 ^a	8.3±1.7
PBB	58.8±6.3	101.7± 8.5	47.8±10.8	110.1±16.2	47.3±9.1 ^a	7.8±1.1

Values are mean±standard deviation (S.D.) (n=6). PBB; polyphenol-enriched barley bran. a: There were significant differences between the same letters at $p < 0.05$ by Student's *t*-test.

3. 大麦糠添加コリン欠乏食を摂取したラットの肝臓脂質蓄積量に及ぼす影響

ラットを大麦糠添加コリン欠乏飼料で19日間飼育した肝臓コレステロール量ならびにトリアシルグリセロール量の測定結果をFigure 1に示した。肝臓1gあたりのコレステロール量はコントロール群 (8.0±1.4 mg/g liver) に比べてPBB群 (4.7±0.3 mg/g liver) は有意に低値を示した ($p < 0.05$)。また，肝臓1gあたりのトリアシルグリセロール量はPBB群では78.1±23.7 mg/g liver，コントロール群では198.5±47.8 mg/g liverであり，大麦糠摂取群はコントロール群と比較して有意に肝臓へのトリアシルグリセロール蓄積量が少なくなっていた ($p < 0.05$)。肝臓1gあたりのリン脂質量はPBB群では20.8±0.5 mg/g liver，コントロール群では20.9±0.5 mg/g liverであり，大麦糠摂取によって肝臓へのリン脂質蓄積量には影響を与えなかった。

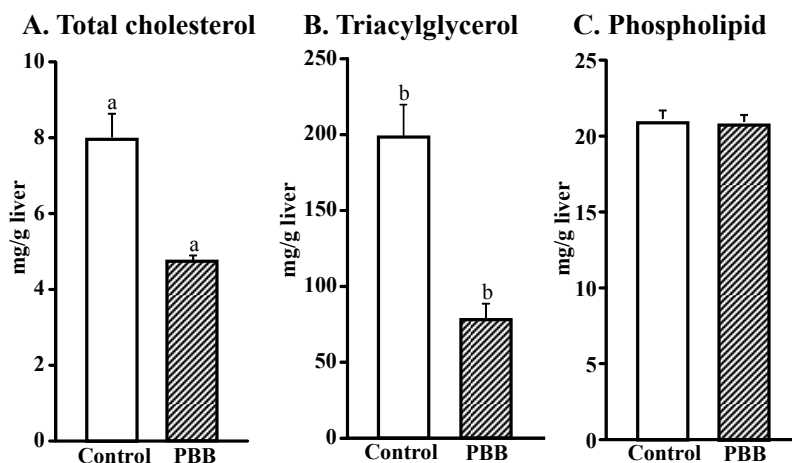


Figure 1 Effects of polyphenol-enriched barley bran on hepatic total cholesterol, triacylglycerol and phospholipid in rats

Values are mean \pm standard deviation (S.D.) (n=6). PBB; polyphenol-enriched barley bran. a,b: There were significant differences between the same letters at $p < 0.05$ by Student's *t*-test.

4. 大麦糠に含まれる食物繊維の吸着能の評価

大麦糠に含まれる食物繊維の吸着能を検討するため、ボルドーS溶液を調製して色素の各試料への吸着を観察した。大麦糠1gあたりのボルドーの吸着能は 3.2 ± 0.2 mg, コントロールとして用いたセルロースは 0.4 ± 0.1 mgであった。大麦糠の吸着能はコントロールと比較して有意に高値を示していた ($p < 0.05$)。

考 察

大麦糠には食物繊維などの健康の保持・増進に寄与できる食品成分が含まれている。しかしながら、従来の精麦法による大麦糠には、摂取時に特有の舌にピリピリするような痛みや渋みがあるため、食用として利用することは難しく、家畜の飼料として使用される頻度が高かった。近年、新奇精麦法が開発され、この精麦方法は、大麦を複数の搗精機で加工した大麦糠の外層部分から、ポリフェノールが豊富な大麦糠(PBB)を分画・精麦するものである。新奇精麦法によって得られた大麦糠は、苦みならびに渋みが少ない特徴を有している。

本研究では、新奇精麦法によって得られた大麦糠を10%添加した飼料(コリン欠乏食)を成長期のラットに19日間摂取させた。その結果、飼料摂取量、終体重、体重増加量ならびに食餌効率に群間に有意な差異は観察されず、PBB群の成長曲線はコントロール群と同じ推移であった。また、屠殺時の心臓、肺臓、脾臓、腎臓、腎臓周辺脂肪組織ならびに睾丸周辺脂肪組織の重量はPBB摂取によって有意差は観察されなかった。一方、胃ならびに睾丸重量がコントロール群と比較してPBB群では、有意に高値を示したが、奇形ならびに異常は視認されなかった。以上のことから、新奇精麦法によって得られた大麦糠摂取による毒性はないことが示唆された。大麦糠の食味が悪くなる原因の一つにポリフェノールが含まれていることがある。PBBには、ポリフェノールが多く含まれているため、ラットの飼料摂取量が低下することが予想されてい

たが、その影響はほとんど観察されなかった。したがって、飼料摂取量に差異がなかったことは、PBBに毒性がなかったことに加え、PBBの食味が悪くないことを示している。

廃材の食品への有効活用において重要なポイントが2つある。一つ目は、嗜好性が高いこと、2つ目は付加価値を有することである。一つ目の嗜好性については、飼料総摂取量と体重増加量の結果からPBBの嗜好性ならびに安全性に問題がないことが明らかになった。次に付加価値とは、機能性食品素材として考えた場合、PBBに生体調節機能が有るか否かが関係している。つまり、ヒトの健康の保持・増進に寄与する機能を有する食品素材であるか否かである。付加価値については、PBBの機能性食品素材としての可能性をコリン欠乏食摂取によって誘発される肝臓への過剰な脂肪蓄積を抑制できるか否かを指標にして評価した。コリン欠乏食によって誘発される脂肪肝のメカニズムは、肝臓からVLDLとしてトリアシルグリセロールならびにコレステロールを血中へ運搬できないため、肝臓へ脂肪が蓄積することである^{16, 17)}。PBBの継続的な摂取は、ラットの肝臓トリアシルグリセロールならびにコレステロール量をコントロール群と比較して顕著に低下させた。この結果より、PBBの継続的な摂取は、コリン欠乏性脂肪肝を予防することが示唆された。

肝臓脂質量がPBB群において低値を示した理由として大麦糠に含まれる食物繊維の生理機能が影響している可能性が考えられる。PBB群の飼料はPBBを添加することによって食物繊維含有率が3.3%になっている（コントロール群飼料の食物繊維含有率0%）。大麦糠に含まれる食物繊維の物理化学的性質を検討するため、本研究では吸着能を評価した。大麦糠の吸着能を評価した結果、水不溶性食物繊維のセルロースと比較して有意に大麦糠は吸着能が高いことが明らかになった。食物繊維の中でも水溶性食物繊維の生理機能には、血糖上昇抑制効果ならびにコレステロール低下作用がある。その作用メカニズムは胃内容物の粘度を上昇させることによって胃からの食物の排出を遅延することが要因として挙げられる²¹⁾。また、水溶性食物繊維は吸着能の効果が強く発現するため、腸肝循環によって回収される胆汁酸を吸着し、糞中への胆汁酸排出量を増加させる。それゆえ、肝臓での胆汁酸の合成を促進させ、コレステロールを低下させる^{22, 23)}。さらに、水溶性食物繊維は、肝臓における脂肪合成などの脂質代謝に影響を及ぼすことが明らかにされている²⁴⁾。本研究では、大麦糠に含まれる食物繊維を水溶性ならびに水不溶性に区別して定量していないが、コリン欠乏食摂取による肝臓への脂肪蓄積抑制効果の一部はPBBに含まれる食物繊維の吸着能ならびに脂質代謝改善効果が影響している可能性がある。また、穀物食物繊維の摂取量が多くなると脂質代謝異常を改善することが報告されている³⁻⁵⁾。それゆえ、大麦糠由来の穀物食物繊維が脂質吸収の抑制ならびに脂質合成酵素活性の低下などが肝臓脂質の低値に影響を与えている可能性も考えられる。しかしながら、本研究では大麦糠由来の食物繊維を分別定量していないこと、および肝臓脂質合成酵素の活性を測定していないことから大麦糠摂取による肝臓脂質蓄積量の軽減効果の作用機序については推測の域を出ない。

一方、PBB群では、屠殺時の盲腸内容物、結腸重量が顕著に増加しているだけでなく、糞便排泄量も増加していた。食物繊維摂取量が増加すると馴化によって盲腸内容物ならびに大腸などの下部消化管が増加することが報告されている²⁵⁾。したがって、下部消化管ならびに糞便排泄量が増加した要因はPBBを添加することによって飼料中の食物繊維含有量が増加していたことが影響している。それゆえ、PBB摂取によって下部消化管の奇形ならびに異常を起こしたとは考えにくい。PBB摂取による脂質排泄効果は、糞便排泄量の増加に加え、PBB中の食物繊維の吸着効果による糞中へ胆汁酸排泄促進の2つの機序が期待できるが、それらについては今後の検討課題である。

PBB群は屠殺時の肝臓重量が有意に低値を示しただけでなく、炎症マーカーである血中ASTは、PBB群においてコントロール群と比較して有意に低値を示した。この結果もPBB群がコリン欠乏食によって誘発される脂肪肝を軽減したことを示している。穀物由来の食物繊維摂取量と炎症の程度に関連があることが報告されている⁶⁾。また、ポリフェノールには抗酸化作用ならびに抗炎症作用があることが報告されている¹²⁻¹⁴⁾。PBBには食物繊維だけでなく、ポリフェノールも豊富に含まれていることから2つの機能性成分の相加効果もしくは相乗効果によって肝臓への過剰な脂質の蓄積によって起こる酸化ストレスおよび炎症を軽減した可能性が示唆された。

以上の結果、新奇精麦法によって得られた大麦糠は、継続的に摂取したラットが順調に成長したこと、ならびに飼料摂取量にコントロール群との差異が観察されなかったことから、食品素材として安全かつ食味も良いことが明らかになった。また、PBBは、コリン欠乏誘導性脂肪肝を軽減した。新奇精麦法によって得られた大麦糠の摂取によって飼料中脂質の体内への取り込みが抑制され、体内での脂肪の過剰な蓄積を予防する効果が期待できる。さらに、PBBは穀物食物繊維の生体調節機能に加え、ポリフェノールを豊富に含むことから抗酸化作用ならびに抗炎症作用がある可能性が示唆された。すなわち、新奇精麦法によって得られた大麦糠は生体調節機能を有しており、廃材ではあるが、付加価値がある機能性食品素材となり得る可能性が見出された。

要 約

新奇精麦法によって得られた大麦糠を配合したコリン欠乏飼料でラットを約3週間飼育し、成長、肝臓脂質蓄積量および血液生化学パラメーターを指標にして大麦糠の生体調節機能ならびに安全性を評価した。また、大麦糠に含まれる食物繊維の吸着能について検討した。得られた結果は以下の通りである。

1. 給餌量を同一にした本研究では、ラットの成長、血清トリアシルグリセロール、コレステロールおよび空腹時血糖に群間による有意な差異は観察されなかった。
2. 新奇精麦法によって得られた大麦糠の摂取は、ラットの肝臓コレステロール量ならびにトリアシルグリセロール量を有意に減少させた。
3. 大麦糠摂取によってコリン欠乏食誘導性脂肪肝による肝臓肥大は低減し、さらに血清ASTは有意に減少した。
4. 大麦糠に含まれる食物繊維は、不溶性食物繊維のセルロースと比較して吸着能が高いことが示された。

以上の結果、新奇精麦法によって得られた大麦糠は、ラットにおいて成長を妨げることがなく、食品として安全であることが確認された。また、コリン欠乏食誘導性脂肪肝を軽減させたことから、肝機能もしくは、消化管で生体調節機能を発現する可能性が示唆された。

謝辞

本研究にあたり、大麦糠を供与して下さった(有)伊東精麦所に厚く御礼申し上げます。また、本研究の技術的支援にご協力いただいた小川眞季、一柳昌希、稲留志帆、笈雪奈、梶田亜依、加藤杏奈、白崎杏佳、中山真菜、横地侑香ならびに三品琴美の各氏に深謝いたします。

引用文献

- 1) 厚生労働省ホームページ<http://www.mhlw.go.jp/toukei/>「平成25年度国民医療費の概要（平成27年10月7日発表）」、平成28年8月31日 accessed
- 2) Huang, Tao, Min Xu, Albert Lee, Susan Cho, Lu Qi : Consumption of whole grains and cereal fiber and total and cause-specific mortality: prospective analysis of 367,442 individuals, *BMC Medicine*, **13**, 59(2015)
- 3) Qi L, Meigs JB, Liu S, Manson JE, Mantzoros C, Hu FB : Dietary fibers and glycemic load, obesity, and plasma adiponectin levels in women with type 2 diabetes, *Diabetes Care*, **29**, 1501-1505 (2006) .
- 4) Esposito K, Giugliano D : Whole-grain intake cools down inflammation. *Am J Clin Nutr*, **83**, 1441-1442,(2006)
- 5) Weickert MO, Möhlig M, Schöfl C, Arafat AM, Otto B, Viehoff H, Koebnick C, Kohl A, Spranger J, Pfeiffer AF : Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women, *Diabetes Care*, **29**, 775-780 (2006)
- 6) Qi L, Hu FB : Dietary glycemic load, whole grains, and systemic inflammation in diabetes : the epidemiological evidence, *Curr Opin Lipidol*, **18**, 3-8 (2007)
- 7) Qi L, van Dam RM, Liu S, Franz M, Mantzoros C, Hu FB : Whole-grain, bran, and cereal fiber intakes and markers of systemic inflammation in diabetic women, *Diabetes Care*, **29**, 207-211 (2006)
- 8) Harland JL, Garton LE : Whole-grain intake as a marker of healthy body weight and adiposity, *Public Health Nutr*, **11**, 554 -563 (2008)
- 9) Yang J, Martinez I, Walter J, Keshavarzian A, Rose DJ : *In vitro* characterization of the impact of selected dietary fibers on fecal microbiota composition and short chain fatty acid production, *Anaerobe*, **23**, 74-81 (2013)
- 10) Parnell JA, Reimer RA : Prebiotic fibres dose-dependently increase satiety hormones and alter *Bacteroidetes* and *Firmicutes* in lean and obese JCR:LA-cp rats, *Br J Nutr*, **107**, 601-613 (2012)
- 11) 森末義彰 : 大麦記念誌, 全国精麦協同組合連合会, **328** (1968)
- 12) Diaz-Gerevini GT, Repposi G, Dain A, Tarres MC, Das UN, Eynard AR : Beneficial action of resveratrol: How and why?, *Nutrition*, **32**, 174-178 (2016)
- 13) Gormaz JG, Valls N, Sotomayor C, Turner T, Rodrigo R : Potential Role of Polyphenols in the Prevention of Cardiovascular Diseases: Molecular Bases, *Curr Med Chem*, **23**, 115-128 (2016)
- 14) Khan N, Mukhtar H : Tea polyphenols for health promotion, *Life Sci*, **81**, 519-533 (2007)
- 15) 伊東清一郎 : 大麦由来のポリフェノールの製造方法, 大麦外層糠の回収装置及び大麦外層糠の回収方法, 特許第5809763号 (2015) .
- 16) 石井公道, 苜部ひとみ, 新井重紀, 國分茂博, 山田伸夫, 柴田久雄, 岡部治弥, 奥平雅彦, 佐々木 憲一 : ラットにおけるコリン欠乏食脂肪肝の経過とエストロゲン剤による抑制並びに修復効果, 肝臓, **28**, 884-890(1987)
- 17) 多田憲市 : コリン欠乏食飼育ラットにおける肝類洞内皮障害像の走査電子顕微鏡による観察, 金沢大学十全医学会雑誌, **95**, 946-962 (1986)
- 18) Trinder P : Determination of blood glucose using an oxydase-peroxidase system with a non-carcinogenic chromogen, *J Chin Path*, **22**, 158-161 (1969)
- 19) Folch J, Lees M, Sloane-stanley GH : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* **226**, 497-506 (1957)
- 20) Takeda H and Kiriyama S : Correlation Between the Physical Properties of Dietary Fibers and Their Protective Activity Against Amaranth Toxicity in Rats, *J Nutr*, **109**, 388-396 (1979)
- 21) Ebihara K, Masuhara R, Kiriyama S, Manabe M : Correlation between viscosity and plasma-glucose and

- insulin-flattening activities of pectins, from vegetables and fruits in rats, *Nutr Rep Int*, **23**, 985-992 (1981)
- 22) Othman RA, Moghadasian MH, Jones PJ : Cholesterol-lowering effects of oat β -glucan, *Nutr Rev*, **69**, 299-309 (2011)
- 23) Gunness P, Gidley MJ : Mechanisms underlying the cholesterol-lowering properties of soluble dietary fibre polysaccharides, *Food Funct*, **1**, 149-155, (2010)
- 24) Theuwissen E, Mensink RP : Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease, *Physiol Behav*, **23**, 285-292 (2008)
- 25) Konishi F, Oku T, Hosoya N : Hypertrophic effect of unavailable carbohydrate on cecum and colon in rats, *J Nutr Sci Vitaminol*, **30**, 373-379 (1984)

Abstract

Six Wistar male rats (4 wk) were fed a choline-deficient control diet or 10% polyphenol-enriched barley bran (PBB) diet for 19 days. Growth during the feeding period, hepatic and blood lipid parameters, blood glucose, ALT, and AST were investigated. Final body weight, total food intake, blood lipid, glucose and ALT in the PBB group did not differ markedly from the control group. However, blood AST in the PBB group was significantly lower than in the control group. Hepatic cholesterol and triacylglycerol were also significantly lower in the PBB group than in the control group. These results demonstrate that PBB is safe and has a beneficial effect in promoting health and prevent metabolic syndrome.