

<平成 28 年度助成>

メタボリックシンドローム発症予防における バターミルク継続的摂取の有効性検討

小林 利寛

(甲子園大学 栄養学部栄養学科)

1. 目的と背景

食品のうち、食べられるにもかかわらず廃棄される部分を指して、フードロスと呼ぶ。近年、フードロスを低減しようとする動きが世界的に高まってきており、国連で 2015 年に採択された「持続可能な開発目標」の中においても『持続可能な消費と生産のパターンを確保する』として、2030 年までにフードロスの半減を目指すことが掲げられている。本研究の目的は、現在わが国のバター製造工程で大量に廃棄されているバターミルクに着目し、その生理機能を探索することにより、バターミルクの有効な活用法を提唱し、ひいてはフードロスの低減に貢献することである。

バターミルクは、欧米では液状のまま食品として販売されているが、日本では省令の制約等のため、一部が濃縮・乾燥されバターミルクパウダーに加工されるほかは、全て廃棄されている。これまでに、牛乳や乳清の生理機能に関する研究は数多くなされているにもかかわらず、バターミルクの機能性についてはほとんど報告がなされていなかった。

メタボリックシンドロームを発症する最大の要因は、食生活習慣である。現代の食生活環境においては、高糖質食や高コレステロール食があふれており、その日常的な摂取が、メタボリックシンドロームの発症に深く関わっていると考えられている。本研究では、バターミルクがメタボリックシンドロームの発症や重症化に対して、改善効果を有するかという観点から解析を行った。

2. 方法

(1) バターミルクの成分分析

「日本食品標準成分表 2015 年版（七訂）」にはバターミルクの成分値は記載されていない。成分組成を明らかにするため、バターミルクの成分分析を行った。

工業的なバターの製造工程では、加熱殺菌した脂肪分 35～40%のクリームを冷却し、5℃前後で 8～12 時間保持して徐々に脂肪球を結晶化させた後、激しく攪拌する。脂肪球同士の衝突により、脂肪粒（バター粒）と、脂肪球皮膜たんぱく質を含む液体、すなわちバターミルクに分離する。分離したバターミルクを入手し、日本食品標準成分表における一般成分の分析方法に従い、分析を行った。水分は常圧加熱乾燥法、たんぱく質はケルダール法（窒素-たんぱく質換算係数 6.38）、脂質はレーゼ・ゴッドリーブ法、灰分は直接灰化法、炭水化物は差し引き法により求めた。また、アミノ酸組成を自動分析法、脂肪酸組成をガスクロマトグラフ法により定量した。

(2) 高糖質食・高脂肪食摂取による血液生化学値変化とそれに対するバターミルクの効果

飼料はリサーチダイエツト社の標準食(D12450K)、高糖質食(D07042201)、高脂肪食(D12492)を購入し用いた。

日本 SLC より購入後、標準食給餌下で馴化飼育した 4 週齢 SD ラットを、標準食、高脂肪食、高糖質食の 3 群に分け、さらに各食餌群をそれぞれ対照群とバターミルク投与群に分けた。対照群には蒸留水

を自由飲水させ、バターミルク投与群には、バターミルクの割合が30%となるよう蒸留水で希釈し、給水瓶により自由摂取させた。各群それぞれ6匹とし、明暗12時間周期で4週間飼育した。3～4日毎に、体重、摂食量、飲水量を記録した。飼育期間終了後、深麻酔下で真空採血管（テルモ、VP-AS076、VP-DK052K）を用いて心臓採血を行い、安楽死させた。採取した血液は生化学分析に供した。また、臓器および脂肪組織を摘出し、その重量を測定した。

3. 結果と考察

(1) バターミルクの成分分析

バターミルクの成分分析結果を表1に示した。バターミルクの一般成分は、日本食品標準成分表2015年版（七訂）「クリーム 乳脂肪」の成分値と比較して、脂質量が顕著に少なく、水分が多かった。一方、たんぱく質量、炭水化物量、灰分量は、ほぼ同等であった。また、アミノ酸組成および脂肪酸組成についても分析を行ったが、いずれも「クリーム 乳脂肪」のアミノ酸組成および脂肪酸組成と比較して、大きな違いは認められなかった。バターの製造工程において脂質が除かれるため、バターミルク100gあたりのたんぱく質量・炭水化物量・灰分量は、乳脂肪における含量よりも相対的に多くなる可能性も考えられたが、分析結果では同等であった。この点については、バターの製造工程では脂肪分とともに、クリーム中のたんぱく質や炭水化物も脂肪粒へと移行するためと考えられた。

米国農務省農業研究局（USDA）国民栄養データベース収載の成分値との比較では、たんぱく質、炭水化物、脂質のいずれも、今回新たに分析したバター

ミルクの方が含量が少なかった。わが国では乳用牛の99%がホルスタイン種であるが、アメリカでは乳用牛としてホルスタイン種以外に、ジャージー種、ブラウンスイス種など他の品種も多く飼育されている。乳用牛は品種が異なると泌乳量や成分組成が異なることが知られているため、バターミルクの成分組成も原料乳の成分や乳牛の品種に大きく影響されると推察された。

(2) 高糖質食・高脂肪食摂取による血液生化学値変化とそれに対するバターミルクの効果

ラットの体重は、高脂肪食摂取群において標準食群や高糖質食群よりも増加したが、それぞれの食餌群においてバターミルク摂取の有無は体重変化に影響しなかった。

一日あたりの摂餌量は、標準食群と高糖質食群において同等であり、高脂肪食群では標準食群と高糖質食群よりも少なかった。一方で、一日あたりの摂取エネルギーで見ると、高脂肪食群の方が標準食群や高糖質食群よりも多かった。また、体重1kgあたりの一日あたり摂取エネルギーで見ると、馴化後の飼料切り替え直後のみ高脂肪食群で高かったが、その後はすべての群で有意な差が見られなくなった。また、バターミルクを摂取させても、摂食量は変化しなかった。

飲水量について、食餌による飲水量への影響は見られなかったが、バターミルク投与群では対照群よりも飲水量（バターミルク摂取量）が多かった（表2）。

内臓脂肪組織重量（腎周囲脂肪、精巣上体周囲脂肪、腸間膜脂肪）は、高脂肪食群で増加が認められたが、バターミルク投与による重量の変化は見られ

表1 バターミルクの一般成分組成（100gあたり）

	エネルギー (kcal)	水分 (g)	たんぱく質 (g)	脂質 (g)	炭水化物 (g)	灰分 (g)
バターミルク	26	94.1	1.9	0.7	2.9	0.4
クリーム 乳脂肪 *1	433	49.5	2.0	45.0	3.1	0.4
Buttermilk *2	62	87.9	3.2	3.3	4.9	0.7

*1 日本食品標準成分表2015年版（七訂）「クリーム 乳脂肪（索引番号1773）」による

*2 USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 1 April, 2018による

表2 体重・摂餌量・飲水量

	体重 (g)	摂餌量 / 日 (g)	飲水量 (mL)	摂取エネルギー / 日 (kcal)	摂取エネルギー / 日 / kgBW (kcal)
標準食	291.7 ± 25.2	20.1 ± 2.4	26.3 ± 4.3	77.2 ± 9.2	264.3 ± 13.6
標準食+BM	308.4 ± 6.0	21.4 ± 0.8	67.6 ± 4.6	82.1 ± 3.1	266.1 ± 5.1
高糖質食	287.7 ± 12.2	19.0 ± 1.9	29.1 ± 7.3	73.1 ± 7.2	253.9 ± 19.5
高糖質食+BM	290.3 ± 23.1	19.1 ± 2.5	64.0 ± 6.0	73.3 ± 9.6	251.6 ± 14.7
高脂肪食	331.8 ± 19.7	17.8 ± 1.5	27.3 ± 3.9	93.1 ± 8.0	290.1 ± 13.2
高脂肪食+BM	333.8 ± 6.9	17.1 ± 0.7	60.8 ± 5.2	89.8 ± 3.8	278.2 ± 11.8

表3 脂肪組織重量

	腎周囲脂肪 (g)	精巣上体周囲脂肪 (g)	腸間膜脂肪 (g)
標準食	5.8 ± 1.2	4.9 ± 1.1	5.0 ± 0.9
標準食+BM	5.1 ± 0.6	4.2 ± 1.0	5.3 ± 0.5
高糖質食	5.1 ± 0.7	4.7 ± 0.5	4.9 ± 0.5
高糖質食+BM	4.5 ± 0.6	4.0 ± 0.4	4.5 ± 0.4
高脂肪食	9.3 ± 1.2	7.9 ± 0.8	6.5 ± 1.0
高脂肪食+BM	9.0 ± 1.2	7.2 ± 1.3	6.5 ± 0.7

表4 血液生化学測定結果

	T-Cho (mg/dl)	LDL-c (mg/dl)	HDL-c (mg/dl)	TG (mg/dl)	NEFA (μEq/l)	A/G 比	T-KB (μmol/l)
標準食	89.2 ± 16.6	6.0 ± 0.9	36.0 ± 4.6	153.5 ± 59.6	387.5 ± 68.6	2.5 ± 0.2	91.0 ± 19.9
標準食+BM	86.2 ± 9.0	5.8 ± 0.8	35.5 ± 1.9	130.0 ± 41.2	329.0 ± 109.6	2.6 ± 0.2	91.5 ± 18.4
高糖質食	86.0 ± 15.0	5.5 ± 1.4	34.7 ± 3.6	190.5 ± 51.0	426.8 ± 177.6	2.6 ± 0.1	94.2 ± 11.5
高糖質食+BM	75.8 ± 15.4	5.2 ± 1.0	32.0 ± 4.1	219.3 ± 70.7	325.0 ± 195.9	2.5 ± 0.2	142.7 ± 43.3
高脂肪食	97.2 ± 9.4	10.8 ± 2.1	38.5 ± 4.2	258.8 ± 66.5	868.0 ± 346.7	1.8 ± 0.2	326.8 ± 88.9
高脂肪食+BM	85.2 ± 15.4	8.8 ± 2.9	34.8 ± 5.4	395.0 ± 239.6	1245.8 ± 617.6	1.4 ± 0.5	340.7 ± 131.9

なかった (表3)。

採取した血液を用い、糖代謝関連指標として HbA1c・グルコース・グリコアルブミン・インスリン、腎機能関連指標として尿素窒素・クレアチニン、脂質代謝関連指標として総コレステロール (T-Cho)・LDL コレステロール (LDL-c)・HDL コレステロール

(HDL-c)・中性脂肪 (TG)・遊離脂肪酸 (NEFA) をそれぞれ測定した。また、スクリーニング目的で、総たんぱく質・アルブミン・アルブミン/グロブリン比 (A/G 比)・無機質 (Na, K, Cl, Ca, Fe, 無機リン)・AST・ALT・ALP・LDH・アミラーゼ・リパーゼ・コレステロールエステル比・ビリルビン・総胆汁酸・

総ケトン体 (T-KB)・オステオカルシンについて定量した。

糖代謝関連指標および腎機能関連指標の血液中濃度は、食餌による有意な変動が見られなかった。脂質代謝関連指標である総コレステロール・LDL コレステロール・中性脂肪・遊離脂肪酸の血液中濃度は、いずれも高脂肪食群では標準食群や高糖質食群よりも高値を示した (表 4)。HDL コレステロールは、食餌による影響が見られなかった。また、総ケトン体値の上昇および A/G 比の低下が認められた。このことから、高脂肪食の継続摂取による肝機能への影響が示唆された。しかしながら、これらいずれの測定項目に対しても、バターミルクの摂取は有意な変化を引き起こさなかった。

以上より、本実験における摂取量や摂取方法では、バターミルクの摂取によるメタボリックシンドローム発症や重症化の抑制効果を明らかにすることは困難であると考えられた。さらなる解析のためには、濃縮など加工したバターミルクを与えるなど、摂取量や摂取方法を改善する必要があるといえる。

謝 辞

本研究の実施に際し、バターミルクを御提供くださった株式会社べつかい乳業興社に御礼申し上げます。また、本研究を遂行するにあたり、多大な御支援を賜りました公益財団法人 浦上食品・食文化振興財団に衷心より御礼申し上げます。

Is the continuous intake of buttermilk effective in preventing the onset of metabolic syndrome?

Toshihiro KOBAYASHI

College of Nutrition, Koshien University

Today, a reduction of food loss is required worldwide. When producing butter, most buttermilk is discarded for administrative reasons in Japan. The purpose of this research study is to explore the possibility that buttermilk may prevent the onset of metabolic syndrome. First, the composition of the buttermilk produced in Japan was analyzed. Compared with the USDA National Nutrient Database, Japanese buttermilk contains lower amounts of proteins, lipids, and carbohydrates. Subsequently, a total of 36 Sprague-Dawley male rats (4 weeks old) were divided into six groups: a control diet group, control diet with buttermilk intake group, high sucrose diet group, high sucrose diet with buttermilk intake group, high fat diet group, and high fat diet with buttermilk intake group. Buttermilk was mixed with drinking water, at a final concentration of 30 v/v%. The intake of diet and drinking of water/buttermilk were both *ad libitum*. Four weeks afterwards, serum was collected and analyzed. The levels of total cholesterol, LDL-cholesterol, triglycerides, non-esterified fatty acid, and ketone bodies, which indicate hepatic function, were all increased by a high fat diet, while the ratio of albumin/globulin was reduced by a high fat diet. These parameters remained unchanged in the high sucrose diet group. In addition, no significant differences were observed in any hematological parameters in the buttermilk fed group, even when compared with the control groups. Further studies are necessary to clarify the effective feeding method and effective amount of buttermilk.