

コーヒー豆マンノオリゴ糖の製造技術・健康機能 および製品への活用

黒澤真一郎, 梅村昌生, 酒野忠明, 藤井繁佳,
尾崎和人, 中室賢一, 小川雅永, 井村直人

味の素 AGF 株式会社 開発研究所

1. 諸 言

コーヒーは世界中で最も愛されている嗜好飲料の1つである。とりわけインスタントコーヒーは淹れたてのコーヒーを手軽に楽しむことから世界各国で長年愛され続けている。インスタントコーヒーは焙煎コーヒー豆から熱水で可溶性成分を抽出し、濃縮、乾燥工程を経て製品化される。インスタントコーヒーの製造工場では大量のコーヒー抽出粕が発生し、日本では約 400,000 ton、世界では約 6,000,000 ton 排出されている [1]。コーヒー抽出粕は一部堆肥原料などに利用 [2] されてきたが、ほとんどは燃料として焼却されるか、産業廃棄物として処分されてきた。地球環境の保全や持続性の観点から、自然の恵みであるコーヒーを余すことなく高度に食資源へ利用することはコーヒーメーカーである我々にとって社会的な使命であり、重要な課題である。

コーヒー豆にはマンナンやアラビノガラクトランを主体とするヘミセルロースが多く含まれ、コーヒー抽出粕にも水不溶性のマンナンが多く残っている [3]。そこで我々はコーヒー抽出粕の加水分解により得られるマンノオリゴ糖 (MOS) に着目し、食資源として活用すべくその製造方法と健康機能性について明らかにしてきた。本稿では、その製造方法と健康機能性、および製品への活用について紹介する。

2. マンノオリゴ糖 (MOS) の製造方法

マンノオリゴ糖 (MOS) はコーヒー抽出粕に多く含まれるマンナンを加水分解して得られるコーヒー由来のβマンノオリゴ糖であり、マンノースが直鎖状にβ-1,4マンノシド結合している。一般に2糖類から10糖類までのオリゴ糖を総称してマンノオリゴ糖とよんでいる (Fig. 1)。マンナンの分解は酵素による方法と

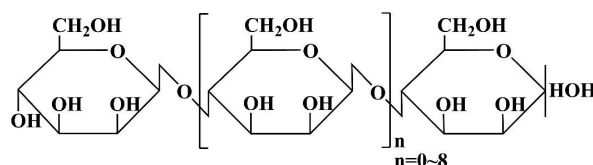


Fig. 1 MOSの構造

熱による方法とがあるが、コーヒー中のマンナンはセルロースなどと複合体を形成しており、酵素による方法では回収率が低く、工業化されていない [4-6]。一方、熱による方法では、酵素法に比べてエネルギーコストは高くなるが、高い回収率が得られる。具体的には、コーヒー抽出粕をスラリー状にし、高压の蒸気によって 200℃~260℃ に加熱しながらチューブ内を移動させ 1~15 分間加水分解 (抽出) を行う。抽出温度や反応チューブ内の滞留時間をコントロールし、セルロースを分解せず、マンナンのみを分解することで2糖類から10糖類までのMOSを効率よく生成することができる [7]。加水分解後のスラリーはフィルタープレスなどで固液分離を行い、活性炭による脱色脱臭やイオン交換樹脂による脱塩脱色処理をすることで、精製されたMOS原料が得られる (Fig. 2)。我々はコーヒーの茶色

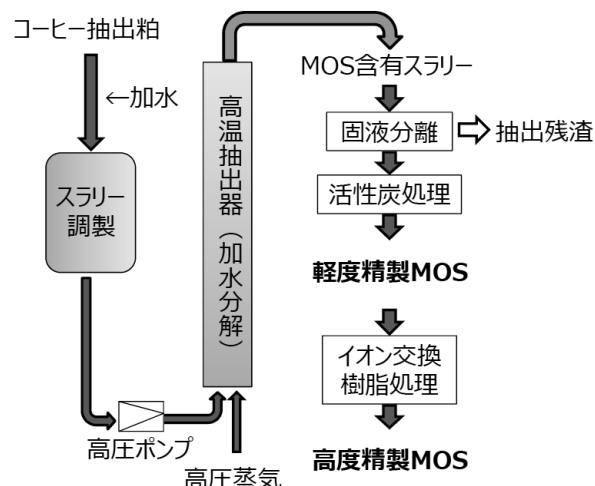
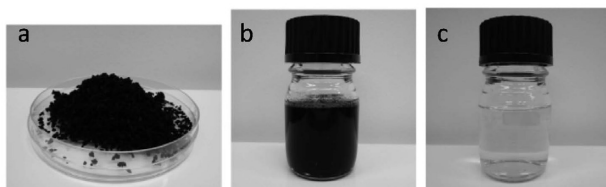


Fig. 2 MOSの製造工程

い色や味、香りが残る MOS 原料（軽度精製 MOS）と、MOS 特有のほのかな甘味とわずかな苦味を有するが、コーヒーの特徴はほとんどもない MOS 原料（高度精製 MOS）を製造し、コーヒー製品のみならず幅広い食品、ならびに無色透明な飲料水への適用も可能とした (Fig. 3).



a: コーヒー抽出粕 b: 軽度精製 MOS c: 高度精製 MOS

Fig. 3 MOS 原料の写真

3. MOS の健康機能性と製品への活用

MOS の基本特性として消化器官における「難消化性」と腸内の有用細菌の「選択資化性」が挙げられる。ヒトが摂取した MOS はヒトの消化酵素では消化されずにそのまま小腸、大腸へ届く。大腸まで届いた MOS は *Bifidobacterium adolescentis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus gasseri* といった有用菌に選択的に資化され [8], それらの菌叢の占有率を高める。ヒトが MOS (1g/日) を 2 週にわたって摂取することにより前記有用細菌を有意に増加させ、腸内環境を整え、排便状態を改善することが確認されている [9]。また、MOS (3g/日) を 12 週にわたって摂取することにより、腹部の皮下脂肪および内臓脂肪が低減することが確認されている [10]。これは腸管内における MOS の脂肪吸収抑制効果によるものと考えられた。また MOS は、整腸作用および体脂肪低減作用以外にも、抗アレルギー作用 [11] や血圧上昇抑制作用 [12] など、様々な機能性を示すことがわかっており、今後様々な食品への展開が期待される。

我々はこのようにして食品原料として開発した MOS を用い、コーヒー飲料をはじめ多くの食品を開発するとともに、多くの特定保健用食品（特保）の登録を行ってきた。軽度精製 MOS (Fig. 3-b) は、現在ブラック缶コーヒーやミルク入り缶コーヒー、スティックタイプのインスタントコーヒーの特保製品の原料として活用されている。また我々は高度精製 MOS (Fig. 3-c) を用い無色透明なペットボトル入りの清涼飲料水（アシストウォーター）を開発、発売し好評を得た。本製品は整腸作用と体脂肪低減の 2 つのクレームを有する初めての特保製品である。

4. おわりに

2015 年 4 月より「機能性表示食品」制度が施行され、今では多くの機能性表示食品が市場をにぎわしている。我々は MOS の内臓脂肪低減効果に関して、介入研究のメタ分析を含むシステマティック・レビュー (SR) を行い、機能性関与成分としての有効性を改めて確認した [13]。今後 MOS が機能性表示食品の素材として広く様々な製品に活用されることを期待する。また、近年の遺伝子解析技術の著しい進歩により、これまでわからなかった腸内菌叢の多様性やその機能が明らかになってきており、肝臓など各臓器への影響はもとより、脳との関係性（腸脳相関）も大きな注目を集めている。先にも述べたように、MOS の基本機能の作用機序は、有用な腸内細菌の選択資化性による腸内菌叢の改善である。今後も MOS の新たな健康機能やその作用機序が解明されていくことで、MOS = コーヒー豆由来マンノオリゴ糖が日本のみならず世界中で食資源として有効活用されていくことを期待する。

参考文献

- 1) T. Tokimoto, N. Kawasaki, T. Nakamura, J. Akutagawa, S. Tanada; Removal of lead ions in drinking water by coffee grounds as vegetable biomass. *J. Colloid Interface Sci.*, **281**, 56-61 (2005).
- 2) H. Wakasawa, K. Takahashi, K. Mochizuki; Application and conditions of coffee grounds 1. Application of coffee grounds in soil (in Japanese). *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, **69**, 1-6 (1998).
- 3) S. I. Mussatto, L. M. Carneiro, J. P. A. Silva, I. C. Roberto, J. A. Teixeira; A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, **83**, 368-374 (2011).
- 4) Y. Hashimoto, J. Hukumoto; Studies on the enzyme treatment of coffee beans part I. Purification of mannanase of *Rhizopus niveus* and its action on coffee mannan (in Japanese). *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **43**, 317-322 (1969).
- 5) Y. Hashimoto; Studies on the enzyme treatment of coffee beans part IV. Effect of salt concentration on the hydrolysis of mannan and coffee spent grounds by mannanases (in Japanese). *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **44**, 287-292 (1970).
- 6) A. Sachslehner, G. Foidl, N. Foidl, G. Gübitz, D. Haltrich; Hydrolysis of isolated coffee mannan and coffee extract by mannanases of *Sclerotium rolfsii*. *J. Biotech.*, **80**, 127-134 (2000).
- 7) H. D. Stahl, C. V. Fulger; Hydrolysis of a partially extracted roasted and ground coffee (in Japanese). *Japan Patent*, 2809445 (1998).

- 8) I. Asano, Y. Nakamura, H. Hoshino, K. Aoki, S. Fujii, N. Imura, H. Iino; Use of manno oligosaccharides from coffee mannan by intestinal bacteria (in Japanese). *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, **75**, 1077–1083 (2001).
- 9) T. Kumao, S. Fujii, K. Ozaki, K. Mutoh, K. Nakamuro, T. Matsushima, H. Iino; Effects of liquid coffee containing manno oligosaccharides from coffee mannan on defecation and fecal microbiota in healthy volunteers. *Health Sci.*, **21**, 137–146 (2005).
- 10) T. Kumao, S. Fujii, I. Takehara, I. Hukuhara, N. Imura; Effect of carbonated water containing manno oligosaccharides on human body fat by long-term ingestion (in Japanese). *Jpn. J. Med. Pharm. Sci.*, **65**, 553–561 (2011).
- 11) K. Ozaki, S. Fujii, M. Hayashi; Effect of dietary manno oligosaccharides on the immune system of ovalbumin-sensitized mice. *J. Health Sci.*, **53**, 766–770 (2007).
- 12) I. Takao, I. Asano, S. Fujii, M. Kaneko, J. R. Nielson, D. G. Steffen, T. Hatzold; Composition having effect of lowering blood pressure and/or inhibiting increase in blood pressure and food and drink containing the same (in Japanese). *Japan Patent*, 5214978 20070861001 (2007).
- 13) S. Fujii, K. Matsumoto, Y. Hamana; The effect of coffee-derived manno oligosaccharides on the reduction of visceral fat: A systematic review with meta-analysis (in Japanese). *Jpn. Pharmacol. Ther.*, **44**, 1417–1434 (2016).