

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：10105

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2023

課題番号：22K17794

研究課題名（和文）食事中的消化性糖質の違いが難消化性糖質による腸内発酵に与える影響

研究課題名（英文）Effect of different digestible carbohydrates in the diet on intestinal fermentation of indigestible carbohydrates

研究代表者

永田 龍次（Nagata, Ryuji）

帯広畜産大学・畜産学部・助教

研究者番号：20910441

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究ではラットへの投与試験において、コーンスターチ（CS）食もしくはスクロース（Suc）食と各難消化性糖質を組合わせて摂取した際の腸内発酵特性を評価した。CS食とSuc食における難消化性オリゴ糖であるフラクトオリゴ糖（FOS）の摂取は、同様の盲腸内細菌叢組成の変化と盲腸内短鎖脂肪酸産生の増加を示した。一方で、CS食とSuc食における難消化性二糖であるセロビオース（CEB）の摂取は、盲腸内細菌叢組成に違いを示し、CS食でSuc食より盲腸内短鎖脂肪酸産生を増加させた。したがって、CEBの摂取はCS食において有益な腸内発酵特性を示すことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、腸内発酵特性において難消化性糖質のみに着目するのではなく食事組成との組み合わせで考えることにより、各難消化性糖質を摂取した際の効果を調節できるのではないかと考えた。これにより、食事組成に合わせた難消化性糖質の選択など、難消化性糖質の効果的な摂取方法の提案を通して健康な食生活の推進に貢献することを目指す。本研究において、セロビオース摂取によるラット盲腸内短鎖脂肪酸産生はスクロース食では増加しなかったがコーンスターチ食では増加した。したがって、有益な腸内発酵には難消化性糖質だけでなく食事組成も重要であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：In the present study, cecal fermentation characteristics in rats were evaluated on a cornstarch (CS) or sucrose (Suc) diet in combination with indigestible carbohydrates. Consumption of fructooligosaccharide (FOS; indigestible oligosaccharide) with CS or Suc diet showed similar changes in the microbial composition and increased short-chain fatty acids (SCFAs) production in the rat cecum. On the other hand, consumption of cellobiose (CEB; indigestible disaccharide) showed differences in the cecal microbial composition between the CS and Suc diets and increased cecal SCFAs production on the CS diet compared to the Suc diet. Therefore, it was suggested that the CEB consumption showed beneficial cecal fermentation characteristics in the CS diet.

研究分野：食品栄養学

キーワード：腸内細菌叢 腸内発酵 プレバイオティクス 短鎖脂肪酸 スターチ スクロース

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

食物繊維や難消化性オリゴ糖などの難消化性糖質は、大腸で形成されている細菌叢の栄養源となり有機酸産生を増加させる。スクロースは一般的に小腸で容易に消化・吸収されるものであるため、これまで大腸内の細菌叢への影響は考えられてこなかった。しかし、近年、発酵性の難消化性糖質を含まないコーンスターチ食とスクロース食の間で腸内細菌叢組成や発酵代謝産物が変化することが報告された (Sun *et al.*, *J. Nutr. Biochem.*, 2021)。これまでに、多量のスクロースと難消化性糖質を同時に摂取した際の網羅的な腸内細菌叢解析は報告されておらず、それらとスクロース通常摂取時の難消化性糖質の影響との違いは明らかにされていない。

2. 研究の目的

以上の背景から本研究の目的は、食餌中の糖質源の違いによる難消化性糖質の腸内発酵特性を解明すること、その際の腸内細菌叢組成とそれらに特徴的な代謝経路を解明することとした。

3. 研究の方法

(1) ラット試験 1

7週齢の雄性ラットを使用して1群6匹とし、4週間の投与試験を行った。試験食はAIN-93G 準拠食を使用して、化コーンスターチ (CS) 食およびスクロース (Suc) 食とした (各 62.95% 含有)。セルロース (CEL) を難消化性糖質源の対照として、フラクトオリゴ糖 (FOS) およびセロビオース (CEB) とそれぞれ置換した食餌を調製し、計6試験食群とした (1.CS+CEL, 2.CS+FOS, 3.CS+CEB, 4.Suc+CEL, 5.Suc+FOS, 6.Suc+CEB)。投与試験最終日に盲腸を採取して細菌叢解析 (16S rRNA シークエンシング, QIIME2) や有機酸分析などに用いた。

(2) ラット試験 2

7週齢の雄性ラットを使用して1群6匹として、4週間の投与試験を行った。試験食はAIN-93G 準拠食を使用し、食餌中の化コーンスターチ (63g/100g 食餌) の一部をスクロースに置換した4つの食餌を調製した: Suc0 (Suc 無添加), Suc20 (Suc 20g/100g 食餌), Suc40 (Suc 43g/100g 食餌), Suc60 (Suc 63g/100g 食餌)。これらの食餌に CEL および CEB をそれぞれ添加し、計8試験食群とした (1.Suc0+CEL, 2.Suc20+CEL, 3.Suc40+CEL, 4.Suc60+CEL, 5.Suc0+CEB, 6.Suc20+CEB, 7.Suc40+CEB, 8.Suc60+CEB)。投与試験最終日に盲腸を採取して細菌叢解析 (16S rRNA シークエンシング, QIIME2) や有機酸分析などに用いた。

4. 研究成果

(1) ラット試験 1

盲腸内細菌叢の多様性の結果から、CS+CEL 群、CS+FOS 群および CS+CEB 群の3群間で細菌叢組成が異なることが示された。Suc+FOS 群は Suc+CEL 群および Suc+CEB 群と異なる細菌叢組成を示したが、Suc+CEL 群と Suc+CEB 群の間に違いはみられなかった。さらに、CS+CEB 群と Suc+CEB 群の間で細菌叢組成の変化が示されたが、CS+FOS 群と Suc+FOS 群の細菌叢組成に違いはみられなかった。したがって、CS 食と Suc 食の間で腸内細菌叢への CEB の影響は異なったが、FOS の影響は変化しないことが示された。各細菌分類の占有率において、*Oscillospiraceae* UCG-005 属は CS+CEB 群でその他5群より増加し、CS と CEB の組み合わせによる相乗効果が示された。

腸内発酵代謝経路予測 (PICRUSt2, MetaCyc) の結果から、CS 食ではでんぷん分解経路 (Starch degradation) や解糖系 (Glycolysis (from glucose)) の発現が増加し、食餌中のコーンスターチの一部が盲腸に流入して腸内細菌に利用された可能性が示された。本研究では、スクロース過剰摂取による腸内細菌叢への影響は確認されなかった。

盲腸内短鎖脂肪酸 (酢酸, プロピオン酸, *n*-酪酸) 量は、CS+CEL 群、CS+FOS 群、CS+CEB 群および Suc+FOS 群で Suc+CEL 群および Suc+CEB 群より増加した。

(2) ラット試験 2

盲腸内細菌叢の多様性の結果から、CEL および CEB の摂取の間で細菌叢組成が変化することが示された。さらに、Suc0 食と Suc60 食の間で細菌叢組成の変化が示され、それは CEL よりも CEB 摂取の間で顕著であった。

盲腸内短鎖脂肪酸量は、Suc60 食で最も低く Suc0 食で最も増加し、食餌中の CS 量依存的な増加が示された。さらに、その短鎖脂肪酸量の増加は CEL より CEB 摂取で顕著であり、CS と CEB の相加効果が示唆された。

(3) まとめ

以上の結果から、ラットにおいて食餌中のコーンスターチの盲腸への流入の有無により腸内細菌叢への影響が変化することが示唆された。また、FOS は CS 食と Suc 食における摂取の效果に違いは見られなかったが、CEB は CS 食と Suc 食の間で腸内細菌叢組成が異なり、食餌中の CS 量

の増加に伴って短鎖脂肪酸産生を増加させた。したがって、CS と CEB の組合わせによる相加・相乗効果が示唆された。

本研究の成果により、コーンスターチ食およびスクロース食における各難消化性糖質の腸内発酵特性が明らかにされた。これにより、難消化性糖質の健康効果をより効果的に発揮させるための食事による摂取方法の解明に繋がることが期待される。

<引用文献>

Sun S, Araki Y, Hanzawa F, Umeki M, Kojima T, Nishimura N, Ikeda S, Mochizuki S, Oda H, High sucrose diet-induced dysbiosis of gut microbiota promotes fatty liver and hyperlipidemia in rats, *J. Nutr. Biochem.*, 2021, 93:108621.

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1．発表者名 永田龍次，小林紗世子，千葉未久，福間直希，韓圭鎬，福島道広
2．発表標題 コーンスターチ食およびスクロース食と難消化性糖質の組合せによるラットの腸内細菌叢への影響
3．学会等名 第78回日本栄養・食糧学会大会
4．発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究協力者	福島 道広 (Fukushima Michihiro)		
研究協力者	韓 圭鎬 (Han Kyu-Ho)		
研究協力者	福間 直希 (Fukuma Naoki)		

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------