

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：14602

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2021～2023

課題番号：21K20201

研究課題名（和文）プレバイオティクス効果の向上を目指した玄米加工に関する研究

研究課題名（英文）The study on brown rice processing to enhance the prebiotic potential

研究代表者

菅 尚子（SUGA, Naoko）

奈良女子大学・生活環境科学系・助教

研究者番号：50908168

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、玄米の糠層に含まれる機能性成分やプレバイオティクス性を向上させる加工方法を検討することを目的として検証を進めた。生米と比較し、パフ加工玄米では遊離状態のフェルラ酸量や水溶性アラビノキシラン量の増加、焙煎加工玄米では -オリザノール量の増加を確認した。また、パフ加工玄米を添加した培地では、乳酸菌の増殖作用が認められたことから、プレバイオティクスの向上が期待できる調理加工方法としては、パフ加工が有効である可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

玄米は栄養価の高い日本の主要穀物であるが、近年消費量は減少傾向にあり、美味しさや機能性面からの付加価値向上が求められている。本研究では、パフ加工玄米の機能性成分の増加とプレバイオティクス性の向上を示唆する結果が得られた。このことから、健康効果を期待しつつも玄米食に抵抗のある消費者に対して、玄米を新しい食形態として日常的な食生活に取り入れる情報提供の一助となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study was validated with the aim of investigating processing methods that increase the amount of functional components in the bran layer of brown rice and improve its prebiotic properties. Compared to raw rice, the amounts of free state ferulic acid and water-soluble arabinosyran were increased in swollen processed brown rice. The highest increase in the amount of -oryzanol was observed in roasted processed brown rice. Furthermore, a growth effect of lactic acid bacteria was observed in the culture medium of swollen processed brown rice, indicating that swollen processing may be an effective cooking and processing method with potential to improve prebiotics.

研究分野：食品機能性

キーワード：玄米 プレバイオティクス 乳酸菌 フェルラ酸 アラビノキシラン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2019年より新型コロナウイルス感染症が流行した影響もあり、日々の食事を通して免疫力を高める重要性が再確認されている。免疫活性化との関連性がある腸内環境の改善には、ビフィズス菌や乳酸菌などの生きた善玉菌、また、善玉菌を増殖させる水溶性食物繊維やオリゴ糖など（プレバイオティクス）を摂取することが効果的と考えられている。加えて、最近の研究では、ケルセチンなどのポリフェノールがビフィズス菌の機能性を向上させることが報告されている（Kawabata et al. BBB 2015）。

玄米は栄養価の高い日本の主要穀物であり、食物繊維や脂質成分である $\gamma$ -オリザノールなどの機能性成分も多く含んでいる。これまでに、血糖値や血清コレステロールの上昇抑制効果などが示されており、プレバイオティクスとしての玄米の作用にも期待が寄せられている。しかし、玄米の食物繊維は、多くが不溶性食物繊維であるため、善玉菌に対する資化性を高めるには、それらを水溶化させる必要がある。

玄米の糠層には、食物繊維であるアラビノキシランとポリフェノールの一種であるフェルラ酸がエステル結合（フェルラ酸架橋）した不溶性の状態が存在している。水溶化したアラビノキシランはプレバイオティクス作用を示すこと（Maki et al. Nutr 2012）また、小麦のふすまは、製パン工程においてフェルラ酸架橋が外れ、アラビノキシランが水溶化すること（Demon et al Nutr 2012）が明らかになっている。しかし、玄米については、アラビノキシランの加工による性状変化は示されていない。また、遊離フェルラ酸が腸内細菌叢に与える影響についても不明である。

### 2. 研究の目的

日本においては、玄米は主食だけでなく、加工品としても流通し始めている。このことから、機能性成分の増加や腸内環境改善を目指した玄米加工方法の設計が実現できれば、玄米摂取量の増加による腸管免疫活性化を通じた健康増進や、玄米の高付加価値化が期待できると考えた。そこで、本研究では、玄米加工操作による水溶性食物繊維量及びポリフェノール量の変化を明らかにするとともに、玄米及び玄米加工品のプレバイオティクス効果を検証することを目的として検討を進めることにした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 玄米の加工

玄米を原料とし、焙煎およびパフ加工したサンプルを作製した。焙煎サンプルは焙煎機により4分（焙煎1）及び7分（焙煎2）加熱した。また、パフについては穀物膨張機により6.5分間加熱し8気圧に達した後に常圧に戻したもの（パフ1）、8分間加熱し9気圧に達した後に常圧に戻したもの（パフ2）をそれぞれ作製した。未加工玄米をコントロールとして使用した。

#### (2) 総フェルラ酸・遊離フェルラ酸の定量

遊離フェルラ酸の定量には、脱脂した試料に蒸留水5 mLを加え一定時間加温した抽出液を使用した。総フェルラ酸の定量には、水酸化ナトリウム溶液を脱脂サンプルに加え、混合物を一定時間加温した抽出液を用いた。各サンプルはさらに、酸性下でn-ブタノールを用いて抽出操作を行った。抽出サンプルはHPLC（島津製作所）で定量した。分離にはTSKgel ODS-80Tsカラムを用いた。

#### (3) $\gamma$ -オリザノールの定量

$\gamma$ -オリザノールはアセトニトリル及びメタノールで抽出したサンプルを使用した。TSKgel ODS-80Tsカラムで分離し、4つの異性体（Cycloartenyl ferulate, 24-Methylenecycloartenyl ferulate, Campesteryl ferulate,  $\beta$ -Sitosteryl ferulate）のピーク面積の合計から $\gamma$ -オリザノール量を求めた。

#### (4) 総アラビノキシラン・水溶性アラビノキシランの定量

フロログルシノール法によりサンプル中の総アラビノキシラン及び水溶性アラビノキシラン量を定量した。氷酢酸により加水分解しフロログルシノールと反応するサンプル中のペントース量を求め、アラビノキシラン量に換算した。

#### (5) 乳酸菌増殖作用

人工消化液（ $\alpha$ -アミラーゼ、ペプシン、胆汁酸、パンクレアチン）により消化した後、透析及び凍結乾燥した各サンプルを作製した。炭素源を除いたMRS培地を調製し、消化サンプルを3%となるように加えた。各サンプルが添加された培地を用いて、*Lactobacillus casei* を0から72時間まで培養し、濁度（655nm）の測定及びコロニーカウントにより乳酸菌増殖作用を評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 総フェルラ酸・遊離フェルラ酸の定量

総フェルラ酸量については、加熱時間の長い焙煎2とパフ2はコントロールの生米と比較しておよそ13%の減少が認められた。これは、フェルラ酸の熱分解や糠層の損失によることが予測された。一方で、遊離の状態で存在しているフェルラ酸は、焙煎1と2ではコントロールと比較して顕著な現象が認められた一方で、パフ2においては、コントロールに対して約1.4倍に増加した。このことから、パフ2のサンプルではフェルラ酸の生体利用性が高くなることが予想された。

##### (2) -オリザノールの定量

遊離フェルラ酸では顕著な減少が認められた焙煎加工において、-オリザノール量はコントロールの約1.5倍と有意な増加を確認した。またパフ1についてもコントロールと比較し、約1.3倍増加した。

##### (3) 総アラビノキシラン・水溶性アラビノキシランの定量

総アラビノキシラン量については、誤差の大きさの影響もあり有意差は認められなかったものの、コントロールと比較すると、全ての加熱加工サンプルで減少傾向にあった。また、焙煎加工したサンプル中の水溶性アラビノキシランは、遊離フェルラ酸と同様に顕著に減少した一方で、パフ加工したものでは加熱時間及び圧力の上昇に伴い増加することを確認した。特にパフ2では生米と比較して約2.1倍にまで増加し、これらは、遊離フェルラ酸の変化と同じという興味深い結果を得た。

##### (4) 乳酸菌増殖作用

*Lactobacillus casei* 懸濁液の濁度は、24時間まではサンプル間での差は認められなかったものの、48時間後及び72時間後では、パフ、焙煎、コントロールの順で、濁度が高くなることを確認した。また、各時間の懸濁液をMRS寒天培地上で培養した結果、48時間後において、パフ、焙煎、コントロールの順での生菌数が多くなることを確認した。

なお、乳酸菌増殖に寄与した要因については、本研究の結果からは明らかになっていない。このため、現在は、消化サンプルのレジスタントスターチ量の変化や熱分析など、さらなる検討を進めている。

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 菅 尚子、額 惠理香、内田 はるか、川畑 球一、坂本 薫
2. 発表標題 プレバイオティクス性の向上を目指した玄米加工に関する研究
3. 学会等名 日本調理科学会2022年度大会
4. 発表年 2022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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------