

研究助成題目：レジスタントスターチ高含有米の加工の違いによる粘膜 IgA 産生誘導能の比較

粘膜免疫は病原体に対する防御の最前線で働くバリア機能であり、粘液中に恒常的に分泌されている免疫グロブリン A (IgA) が重要な働きを担っている。本研究では主食である「米」による粘膜免疫の強化を目指し、レジスタントスターチ (RS) 高含有米に着目し、加工の違い (蒸し、焙煎) による粘膜 IgA 産生誘導について検討を行った。

1. 蒸し、焙煎による RS 含量の変化

RS 高含有米として JA 北大阪から提供を受けた WE 米を使用した。WE 米とその加工米 (乾燥物) の RS 含量を測定したところ、生米が 31.1%、焙煎米が 24.9%、蒸し米が 12.5% であった。

2. 飼料と動物実験

RS 含量が 2% となるように AIN-93G 精製飼料に加工した WE 米を添加し (焙煎：8%、蒸し：16%)、コントロールおよび含有玄米量の調整に RS を含まない蒸したもち米玄米を用いた。BALB/cAJcl マウス (7 週齢、雄) を 1 週間馴化した後、体重により群分けし、各試験飼料を 8 週間摂取させた (Control 群、焙煎群、蒸し群、n=7)。7 週目に糞便中の細菌数を測定し、8 週目に新鮮便と 2 日分の糞を採取し、8 週目の最終日に解剖を行った。飼育期間中の飼料摂取量と体重変化に差はみられなかった。解剖時に腸管内用物、肺、顎下腺、血液をサンプルとして採取した。盲腸内容物については短鎖脂肪酸量を測定し、糞便、肺、顎下腺、血液について IgA 含量を測定した。また、8 週目の新鮮便を用いて腸内菌叢解析を行った。なお、本動物実験は石川県立大学動物実験委員会の承認のもと実施した (承認番号 R6-14-11)。

3. 各部位の IgA 量

飼育期間中に餌の摂取量と体重増加に関して、3 群で差はみられなかった。また、飼育期間中に下痢などの異常はみられなかった。IgA 量は、Control 群と比較して蒸し群、焙煎群ともに糞中では有意な増加が見られ、蒸し群よりも焙煎群の方が有意に増加していた (図 1-A)。一方で、肺と顎下腺では各群に差が見られず、血漿においても 3 群間で差はみられなかった。これらの結果より RS 高含有米は腸管 IgA を誘導すること、その誘導能が加工の違いによって異なることが明らかとなった。

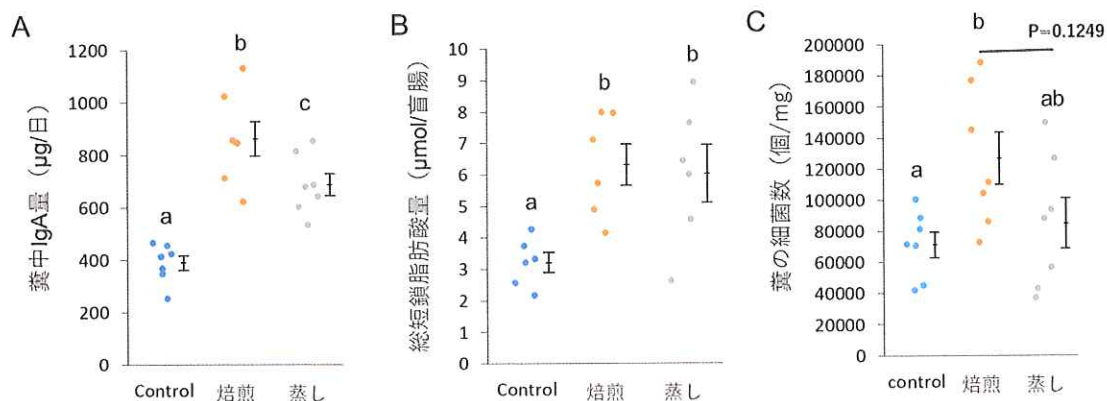


図 1. A: 糞中 IgA 量の結果. B: 盲腸内短鎖脂肪酸総量の結果. C: 糞中の細菌数. 異なる文字間で統計的に有意差あり.

4. 盲腸内容物中の短鎖脂肪酸量

RS は小腸ではほとんど分解・吸収されずに大腸に到達し、大腸内で腸内細菌により短鎖脂肪酸（主に酢酸、プロピオン酸、酪酸）に変換される。この短鎖脂肪酸は IgA 産生を誘導する因子であることがわかっているため、盲腸内容物の短鎖脂肪酸を測定した。盲腸内容物の短鎖脂肪酸濃度は酢酸、プロピオン酸、酪酸において差がなかった。一方、盲腸内容物の重量は焙煎、蒸し群が共に Control 群より重かったため（約 1.6 倍）、盲腸当たりの短鎖脂肪酸は酢酸と酪酸、総量で焙煎群と蒸し群において Control 群より有意に多くなり、プロピオン酸においては焙煎群のみ有意に多かった。ただし、焙煎群と蒸し群との間では差がみられなかった。総量の結果を図 1-B に示す。焙煎群と蒸し群との間に差がなかった理由として、2 群間の飼料中に含まれる RS 量が 2%と同量であったためであると考えられる。また、短鎖脂肪酸の量が増加したことから、焙煎群と蒸し群での腸管 IgA の増加は短鎖脂肪酸の増加が関係していると考えられる。ただし、焙煎群と蒸し群における腸管 IgA 産生量の差については短鎖脂肪酸では説明できないため、他の因子が関係している可能性があり、検討する必要がある。

5. 糞中細菌数

一定量の腸内細菌数は腸管において IgA を誘導することが報告されている。そこで糞（新鮮便）中の細菌数をフローサイトメトリーにより分析した。図 1-C に示す通り、焙煎群は Control 群より有意に多く、蒸し群よりも多い傾向がみられた。このことから糞中 IgA 量が焙煎群の方が蒸し群より多かった原因に腸内細菌の数が影響している可能性がある。

6. 腸内細菌叢の解析

Bacteroides acidifaciens など一部の腸内細菌が IgA を誘導することが報告されている。そこで、新鮮便を用いて腸内細菌回析を実施した。焙煎群、蒸し群ともに増加している腸内

細菌はみられなかったものの、*Bacillota* 門に属する 8 種の腸内細菌が焙煎群と蒸し群（またはどちらか）で有意に減少しており、IgA の増加に伴い腸内から排除された可能性がある。

7. まとめ

今回の研究から、加工した RS 高含有米の摂取は腸管の IgA を増加させ、腸管バリア機能を高めることが明らかになった。また、その効果は焙煎加工の方が蒸し加工よりも高いことが明らかになった。作用メカニズムとして腸内細菌が産生する短鎖脂肪酸と腸内細菌数に関与している可能性が示された。今後は焙煎加工と蒸し加工との素材としての違いや、他の IgA 誘導因子について明らかにしていく予定である。