

1 課題名 アズキ色素による澱粉消化抑制機構の解明

2 研究者 研究代表者 東亜大学 医療学部 健康栄養学科 教授 廣田 幸子  
共同研究者 東亜大学 特別研究員（九州歯科大学名誉教授）高濱有明夫

3 成果概要

(1) 研究目的

アズキは、日本古来の食べ物として親しまれており、それを用いた料理には、赤飯、アズキ飯、餡などがある。昔より赤い色は邪気を払い厄除けの力をもつという風習から、赤く色づいた赤飯やアズキ飯を、現在でも様々な行事や祝い事の際に食べる習慣が残っている。これらの着色は、米やアズキの澱粉へのアズキ赤色色素の結合によるものと思われる。

アズキには様々なフラボノイドが含まれており、そのフラボノイドは、抗酸化作用、血圧上昇抑制作用、血糖上昇抑制作用、血清コレステロール抑制作用などをもつことが報告されている。血糖上昇抑制は、アズキフラボノイドによる $\alpha$ -アミラーゼおよび $\alpha$ -グルコシターゼ活性の阻害との関連で議論されている。しかし、我々は、フラボノイド類が澱粉と結合して、澱粉消化を抑制できることを見だし、その抑制効果は、ルチン<エピガロカテキン>ジメチル没食子酸<ケルセチン<ケンフェロール<ヴィグナシアニジンの順で大きくなることを報告している。ヴィグナシアニジンは、我々がアズキの種子から単離したシアニジン-カテキン複合体であり、疎水性の強い赤紫色の色素である。

上に述べたように、アズキ種子を米と共に炊飯すると、その種子に含まれているフラボノイドは飯に結合すると予測される。この研究では、アズキ種子中のどのフラボノイドが飯澱粉の消化抑制に関与しているかを検討した。

(2) 研究方法

1) 材料

アズキ (*Vigna angularis*) 種子は、北海道河西郡芽室町産のエリモシヨウズを、コメ (*Oryza sativa*) は、山口県鹿野産こしひかりの精白米を用いた。

2) アズキ種子フラボノイドの抽出

アズキ種子煮熟汁のジエチルエーテル抽出物をフラボノイド画分として用いた。

3) 高速液体クロマトグラフィー (HPLC) による分析

アズキ成分は、LC-20A ポンプと Shim-pack CLC-ODS カラム (6 mm I.D.×15 cm) (島津製作所) を用いて分離し、分離されたフラボノイドはフォトダイオードアレイ検出器 SPD-M20A (島津製作所) で検出・同定した。移動相 (1.0 mL/min) としてメタノールと 0.2%ギ酸の混合液を用いた。

4) 澱粉消化の測定

パンクレアチンによる澱粉の消化は、還元糖生成とヨード-澱粉反応で測定した。

### (3) 研究成果

アズキ種子フラボノイド画分の HPLC を図 1 に示している。検出波長 280 nm では、いくつかのピークが出現し、保持時間 41.6 分および 61.1 分の化合物は、その保持時間と吸収スペクトルからそれぞれタキシフォリンおよびケルセチンと同定した。検出波長 560 nm の場合、保持時間 68.5 分の化合物はヴィグナシアニジンと同定し、その前後の化合物は、ヴィグナシアニジンの異性体と推定した。このフラボノイド画分のタキシフォリン、ケルセチン、ヴィグナシアニジンとその異性体（ヴィグナシアニジン類）の濃度はそれぞれ 19.7 mM, 4.95 mM, 1.42 mM であった。

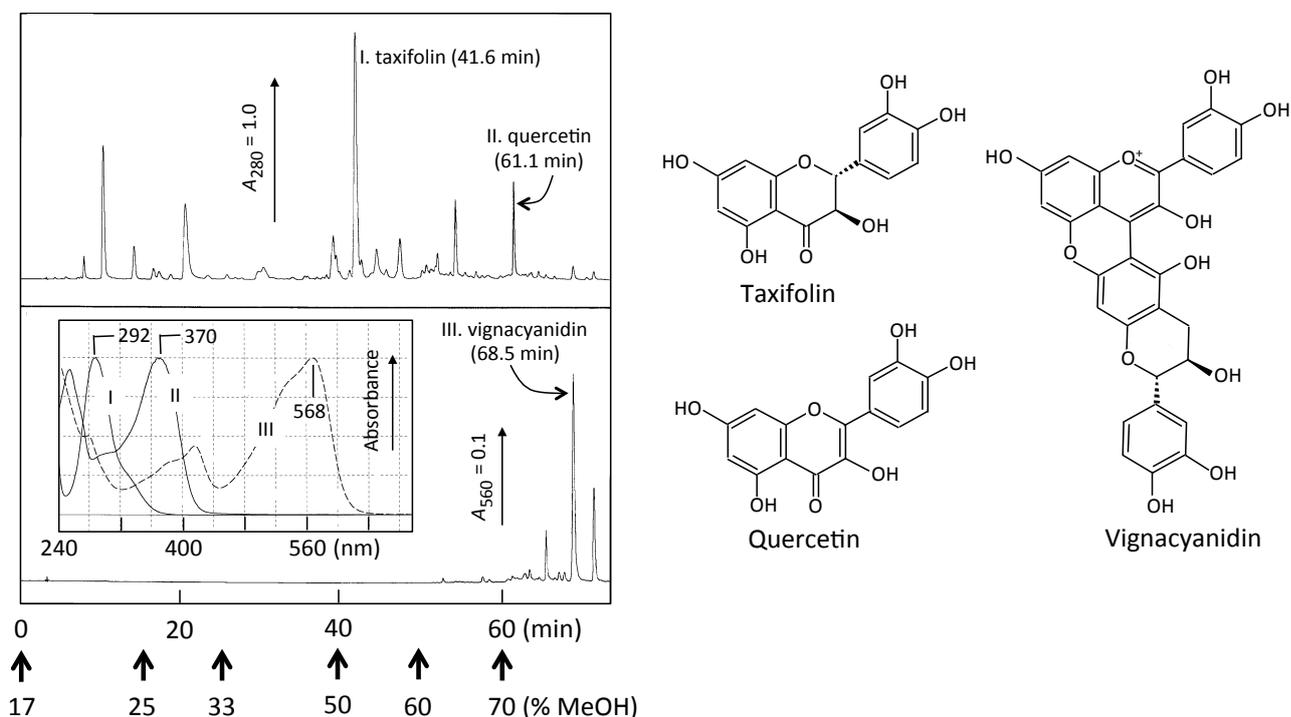


図 1 フラボノイド画分の HPLC パターン (左図) と化学構造 (右図)

図 2 A には、白飯をフラボノイド画分有無の条件で 37°C で 30 分間インキュベーション後、パンクレアチンによる還元糖の生成を測定した結果が示してある。フラボノイド画分は還元糖の生成を抑制し、その抑制度はフラボノイド画分の添加量に依存して大きくなった。フラボノイド画分によって還元糖生成が 50% 抑制された場合、その反応液に 0.59 mM タキシフォリン、0.15 mM ケルセチン、0.043 mM ヴィグナシアニジン類が含まれていることが、図 1 の結果から計算できた。そこで、試薬フラボノイドを用いて、還元糖生成抑制に対するフラボノイド濃度依存性を調べたところ、その効果はタキシフォリン < ケルセチン < ヴィグナシアニジンの順で大きくなった (図 2 B)。この図と反応液中のタキシフォリン、ケルセチン、ヴィグナシアニジン類の濃度から、フラボノイド画分が還元糖生成を 50% 抑制した場合、それぞれのフラボノイドは澱粉消化抑制に 0%, 5%, 15% ほど関与していると求められた。この結果から、フラボノイド画分が還元糖生成を 50% 抑制する場合、上記のフラボノイドは約 20%、上記フラボノイド以外の物質は約 30%、澱粉消化抑制に関与していると推定できる。

パンクレアチンによる澱粉消化は、パンクレアチン添加前後でのヨード-澱粉複合体の吸光度の差 (スペクトル a と b の差) から推定できる (図 3 A)。この澱粉消化は、フラボノイド画分によって抑

制され、その抑制度は添加したフラボノイド画分の量の増加に伴って大きくなった(スペクトルb→f)。図3Bは、澱粉消化の時間的経過を示している。澱粉消化の初速度はフラボノイド画分添加量に依存して小さくなったが、パンクレアチンによって消化されにくい澱粉濃度は、フラボノイド画分添加量に依存して増えた。図には示していないが、ケルセチンとヴィグナシアニジンは、澱粉消化をヨード-澱粉反応で調べた場合にも澱粉消化を抑制し、その抑制効果はケルセチン<ヴィグナシアニジンであった。

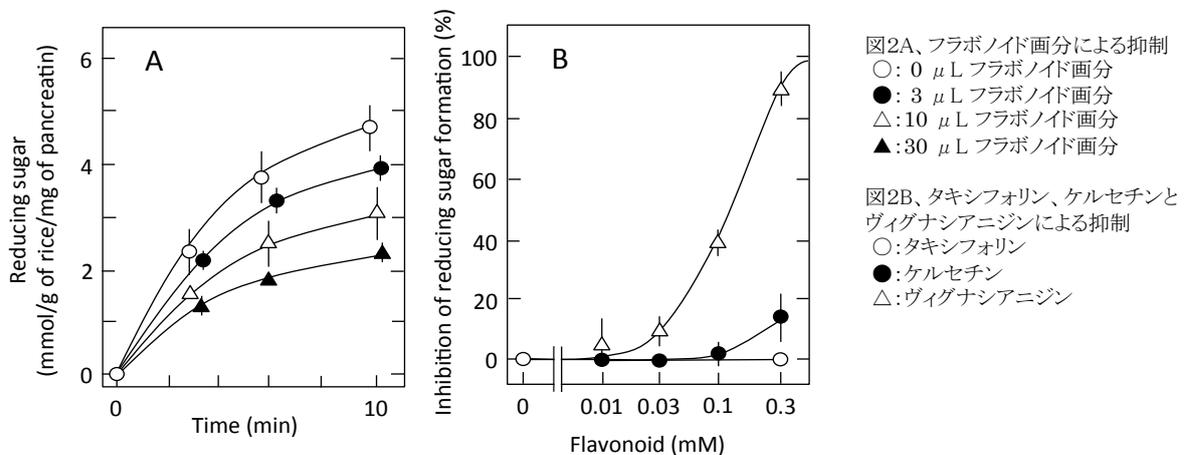


図2 パンクレアチン依存の還元糖生成のフラボノイド画分による抑制

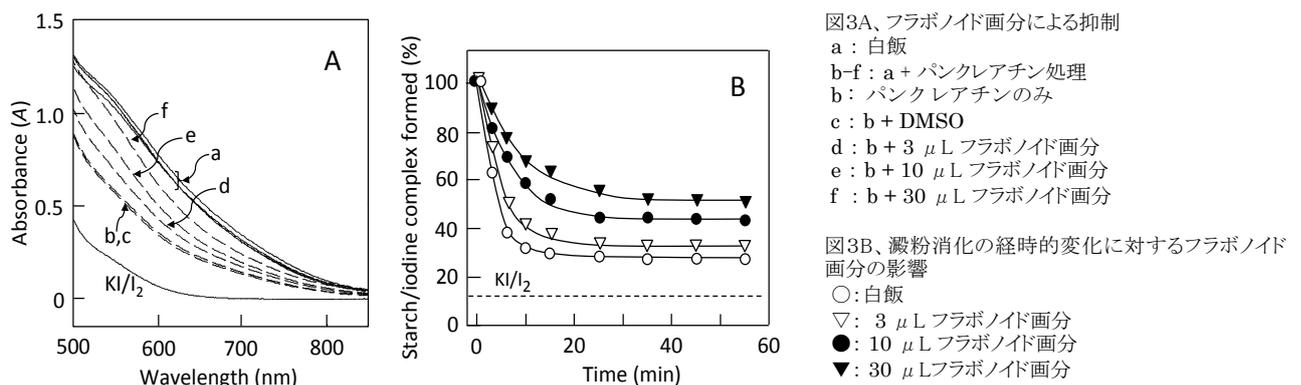


図3 パンクレアチン依存の澱粉消化のフラボノイド画分による抑制

以上のことから、アズキ種子フラボノイド画分は、白飯澱粉の消化を抑制できること、また、その抑制にフラボノイド画分中のケルセチンとヴィグナシアニジンが関与していることが明らかになった。ここで扱ったフラボノイド種の疎水性はタキシフォリン<ケルセチン<ヴィグナシアニジンの順で大きくなるので、フラボノイドによる澱粉消化抑制効果は、その疎水性に依存すると推定でき、また、フラボノイド画分の疎水的性質の強い成分が澱粉の疎水的領域に結合することによって、消化されにくい澱粉が作られると推定できた。ヴィグナシアニジンは白飯や澱粉を赤紫に染めるので、この色素は澱粉消化抑制機能を持つ食品着色料として利用できる可能性がある。