

＜ 長崎県産農産物の機能性解明と機能性食品開発 ＞

研究年度 平成 30 年度

研究期間 平成 30 年度

研究代表者名 田中一成

共同研究者名 稲垣佳映、須澤佳子、
山本咲暁子

はじめに

長崎県では地理的な特徴を生かした農業が営まれており、多くの農産物が栽培・収穫されている。「対州ソバ」は対馬固有のソバで、本年 4 月に農水省「地理的表示保護制度 (GI)」への登録が認められた。対州ソバ葉にはポリフェノールのルチンが多く含まれることから、本研究では、対州ソバ葉の機能性と機能性発現に及ぼすルチンの影響を明らかにし、機能性食品の開発のためのデータを得ることを目的とする。また、近年長崎県では「キクイモ」栽培が盛んに行われるようになってきた。キクイモには水溶性食物繊維のイヌリンが多く含まれており、これまでに申請者はキクイモが脂質代謝を改善することを明らかにしてきた。本研究では、キクイモが機能性を発揮する成分を特定し、キクイモを素材とする機能性食品を開発することを目的とする。これらの研究を通して、長崎県産農産物に機能性を見出し、長崎県の農産物の活性化に寄与することを目指す。

研究内容

長崎県対馬市で栽培されている対州そばは他地域のそばに比べて粒揃いが良く、そば粉の色合いやそば特有の適度な苦み、コクなどの風味に富んでいる。一般に、ソバの実とはそば粉の原料となる一方で、ソバの葉や茎のほとんどは廃棄されているのが現状である。ソバの実にはルチンが含まれているが、葉や茎は実より多くのルチンを含有している。ルチンの生理作用はアグリコンであるケルセチンにより発揮され、抗炎症作用、抗酸化作用、コレステロール低下作用を有することが報告されている。Nuntiya らはルチンがラットの肝臓における脂肪酸合成の抑制やコレステロールの異化などに関連する遺伝子の発現を促進することで脂質代謝改善作用を有することを報告した。本研究室における対州そば葉に関するこれまでの研究で、対州そば葉のルチン含量は一般のそば葉よりも高く、標準食および高脂肪食においてラットの血清および肝臓脂質濃度低下作用を有することを観察した。対州そば葉に脂質代謝改善作用を有するルチンが多く含有されることから対州そば葉の脂質代謝改善作用はルチンの作用により発現する可能性が推察されている。そこで、本研究では対州そば葉の脂質代謝改善作用とルチンの関連性を明らかにするために、対州そば葉に含まれるルチンがラットの脂質代謝に及ぼす影響について検討した。

キクイモの約 60%を食物繊維が占めるが、その食物繊維のうち水溶性食物繊維は約 70%

を占めることから、水溶性食物繊維画分が脂質代謝により大きな影響を及ぼしていることが推察される。そこで本実験では、キクイモの水溶性および不溶性食物繊維画分摂取が血清および肝臓の脂質濃度に及ぼす影響について、SD 系ラットを用いてキクイモから分離した水溶性および不溶性食物繊維画分をそれぞれ添加し、脂質代謝に及ぼす影響について比較検討した。

研究成果

対州そば葉および対州そば葉由来のルチンの摂取により血清コレステロール濃度は同程度低下した。このことから対州そば葉の血清コレステロール濃度低下作用がルチンにより引き起こされる可能性が示唆された。Nuntiya らはルチンが HMG-CoAR の遺伝子発現を抑制することを報告 [8] しているが、本研究では対州そば葉およびルチンの摂取は肝臓の HMG-CoAR の遺伝子発現に影響しなかった。対州そば葉の摂取による血清コレステロール濃度低下作用のメカニズムは不明であるが、少なくともその低下の一部にルチンが関与することが示唆された。

対州そば葉には比較的多くの食物繊維（44.0 g/100g）が含まれている。食物繊維が小腸からのコレステロールや胆汁酸の排泄を促進し、その結果肝臓あるいは血清のコレステロール濃度を低下させることが多く観察されており、本研究においても対州そば葉の摂取で糞中へのステロイド排泄量は増加した。このことから、対州そば葉の血清コレステロール濃度低下作用に対州そば葉に含まれる食物繊維が関与していると推察される。糞中への総ステロイド排泄量は対州そば葉摂取時で増加したがルチンの摂取によって増加しなかったことから、対州そば葉に含まれるルチンは対州そば葉の糞中へのステロイド排泄を介したコレステロール濃度の低下に関与していないと考えられる。レジスタントプロテインはラットの糞中へのステロイド排泄を促進する作用を有するが [19]、そば葉にもレジスタントプロテインが含まれていることが報告されていることから [20]、レジスタントプロテインが対州そば葉の血清コレステロール濃度低下作用に関与している可能性もある。ルチンは盲腸内発酵を受けてケルセチンとなることで腸管から吸収され、肝臓において抱合されケルセチン代謝産物として血中を循環して生理作用を発揮するが [21]、レジスタントプロテインは盲腸内発酵を抑制することから [22]、ケルセチンの生成を抑制してルチンの有する作用を減弱しているかもしれない。これらのことから、対州そば葉が有する血清コレステロール濃度低下作用の一部はルチンより発現し、その作用の一部に食物繊維やレジスタントプロテインも関与している可能性が推察される。

肝臓トリグリセリド濃度は対州そば葉の摂取で低下し、ルチンの摂取でも同程度の低下が認められた。このことから対州そば葉の肝臓トリグリセリド濃度低下作用が少なくともルチンによって生じていることが推察される。本研究で対州そば葉およびルチンの摂取が肝臓のファットアシッドシンターゼ活性を低下させ、PPAR α の発現およびカルニチンパルミトイルトランスフェラーゼ 活性を促進したことから、対州そば葉の摂取による肝臓

トリグリセリド濃度の低下にルチンによる脂肪酸合成抑制および分解作用が関与していると考えられる。

以上の結果より、対州そば葉に含まれるルチンは対州そば葉の脂質代謝改善作用に関与していることが明らかとなった。しかし作用メカニズムが不明な点もあり、またその作用発現に対州そば葉の食物繊維などが関与している可能性が示唆された。今後は対州そば葉について機能性の詳細が明らかになることでそばの生産に加えてその機能性を応用した機能性食品の開発にもつながり、対州そばの市場拡大および対馬の活性化が期待される。

標準食および高脂肪食の食餌条件において、摂食量に試験食摂取による影響は観察されず、食物繊維を多く含む試験試料をβ-コーンスターチで置き換えたことによる各実験食における摂取エネルギーの差は1日当たりの摂取エネルギー量および飼育期間中の全摂取エネルギー量に群間で差は観察されなかった。クワイモ摂取により白色脂肪組織重量が有意に低下し、水溶性食物繊維および不溶性食物繊維画分摂取で白色脂肪組織重量はコントロール群よりも低い傾向を示した。また、血清および肝臓トリグリセリド濃度においてクワイモ摂取でコントロール群よりも低く、水溶性および不溶性食物繊維画分では肝臓トリグリセリド濃度でクワイモ群程ではないが低い値を示した。これは、クワイモおよび水溶性画分群で Malic および G6PDH 活性の低下が見られることから、肝臓での脂肪酸合成抑制によるものである可能性が考えられる。クワイモは水溶性食物繊維であるイヌリンを比較的多く含有する。一般に水溶性食物繊維は大腸において腸内細菌により発酵を受け、酢酸、酪酸、プロピオン酸などの短鎖脂肪酸を産生する。これらの短鎖脂肪酸は大腸から速やかに吸収され、門脈を経て肝臓に運ばれ肝臓でエネルギーを生成することから、その短鎖脂肪酸が肝臓の脂肪酸合成を抑制することが報告されている。門脈血の血清中の短鎖脂肪酸濃度はクワイモおよび水溶性食物繊維画分でコントロール群および不溶性画分群よりも高いことから、クワイモ中の水溶性食物繊維が腸内細菌の発酵を受け、短鎖脂肪酸を産生し、この短鎖脂肪酸が肝臓の脂肪酸合成を抑制したと考えられる。

不溶性食物繊維を多く含む発酵大麦ファイバーは糞重量を増加させ、糞中への脂肪酸排泄を促進することにより脂質代謝改善作用を発揮することが報告されている。

不溶性画分については糞中への脂肪酸排泄量が増加し、脂質負荷試験において不溶性食物繊維摂取により脂質の吸収が遅延していることから小腸での脂質吸収が抑制されることにより肝臓トリグリセリド濃度の低下が観察された可能性があると考えられる。このことより、クワイモの肝臓トリグリセリド濃度低下作用はクワイモに含まれる水溶性および不溶性食物繊維がそれぞれ別の作用機序で発揮している可能性が示唆された。

クワイモ、水溶性および不溶性食物繊維画分摂取により肝臓コレステロール濃度が減少した。水溶性食物繊維を含む飼料の盲腸での発酵によって産生される SCFA が胆汁酸排泄の増加によって引き起こされる肝臓コレステロール合成の反作用的誘導を阻害することによって、肝臓コレステロールレベルの低下に関与していることが報告されているから、クワイモおよび水溶性食物繊維画分摂取で産生された短鎖脂肪酸が肝臓で

のコレステロール合成を抑制したため、肝臓コレステロール濃度の低下が観察されたと推察できる。本実験でキクイモの肝臓脂質濃度低下作用はキクイモに含まれる水溶性食物繊維画分が腸内細菌により発酵を受け、短鎖脂肪酸を産生し、短鎖脂肪酸が肝臓での脂肪合成およびコレステロール合成を抑制することにより発揮される可能性が示唆された。また、不溶性食物繊維画分は小腸での脂質の吸収を抑制することにより肝臓脂質濃度低下を引き起こすことが示唆された。このことより、キクイモの肝臓脂質低下作用は、キクイモに含まれる水溶性および不溶性食物繊維画分の両方がそれぞれ別のメカニズムで発揮していることが明らかとなった。

本研究では、キクイモを素材としたクッキーなどの試作品の製作も行なってきた。

このように、対州ソバ葉およびキクイモが脂質代謝を改善するメカニズムと関与成分が明らかになったことから、今後これら農産物を素材とした機能性食品の開発を進めていきたい。