

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：32648

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350103

研究課題名(和文)アピオスイソフラボン類の機能性とそれに関与する糖鎖の微細構造

研究課題名(英文)Health-promoting effects of groundnut isoflavones and the fine structure of saccharides contributing to them.

## 研究代表者

奈良 一寛(NARA, KAZUHIRO)

東京家政学院大学・現代生活学部・准教授

研究者番号：60540903

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：アピオスにおけるイソフラボン組成について検討するとともに、アピオスの有効な利用方法についても検索した。現在までのところそのほとんどが廃棄されている茎部においてイソフラボン組成が塊茎部とは異なり、さらに抗酸化活性が高いという大変興味深い結果が得られた。したがって、今後は茎部も塊茎部同様に有効利用することが期待された。アピオスの利用法としてパンへの利用を検討したところ、発酵工程で配糖体からアグリコンへの変換が認められた。アグリコンが配糖体に比べ体内への吸収効率が優れているとされることから、アピオスをパンへ利用することは、効率的な吸収に寄与できる利用法の一つであると考えられた。

研究成果の概要(英文)： We analyzed the isoflavone composition of groundnuts and examined the effective use of the plant. The results showed that groundnut roots, which are commonly removed and discarded, had a unique isoflavone profile different from that of the tubers and, interestingly, exhibited high antioxidant activity, suggesting the potential food applications of groundnut roots as well as tubers. We then used groundnuts as an ingredient in bread, and found that isoflavone glycosides from groundnuts were converted to their aglycones, more bioavailable forms, during fermentation. The use of groundnuts in bread-making may be an effective way to improve the absorption efficiency of the health-promoting components.

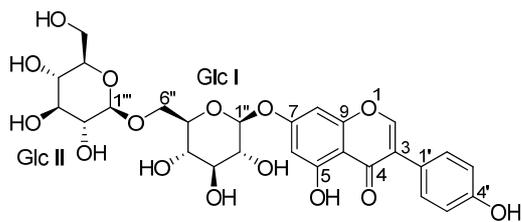
研究分野：複合領域

キーワード：アピオス イソフラボン アグリコン 調理・加工

## 1. 研究開始当初の背景

アピオス (*Apios americana* Medik) は、北米原産のマメ科のツル性植物であり、リンゴの苗木の導入とともに青森県に入ってきたとされている。根茎は1メートル以上も伸び、5 ~ 10 cm 間隔で節が付き、それが地上部の生長とともに次第に大きく肥大し、数珠状に連なった塊茎が食用部となる。

われわれは、アピオスがマメ科植物であることに注目し、乳がん、前立腺がんの発症抑制、骨粗鬆症予防および更年期障害の緩和などの様々な効果が認識されているイソフラボン類について検討したところ、主要なイソフラボンとして、ゲニステインをアグリコンに持つ新規イソフラボン Genistein-7-O-genitiobioside を見出した(構造式)。通常の食生活において、生理機能が期待できる量のイソフラボンを摂取できる食物は、ダイズおよびその加工品以外にないとされている。したがって、アピオスはイソフラボン類の新たな摂取源として有用な作物となると考えられる。しかしながら今までのところ、アピオスにおける成分およびその利用法については十分に明らかになっていない。



(構造式)

## 2. 研究の目的

日本におけるイソフラボンの摂取源は、ダイズまたはその加工品以外にないとされているが、マメ科植物であるアピオスについて検討したところ、イソフラボン類の新たな摂取源になることが明らかとなった。したがって、アピオスは新素材としての利用価値が高い食品であると考えられる。しかしながら、有効な利用方法について十分に検討されていないことから認知度も低く、少量

栽培にとどまっているのが現状である。

一方で、アピオスを販売する際、通常、食用となる塊茎部と塊茎部の間にある茎部は除去し、廃棄されており、それが加工、販売において大変な時間と労力を要す。したがって、アピオスの利用さらには販売を考えていく際には、それらの点にも十分に考慮していくことが必要であると考えられる。そこで、アピオスの食用部である塊茎部だけでなく、茎部におけるイソフラボン組成の検討を行うことで基礎的知見を得ることとした。

また、調理・加工工程におけるイソフラボン類の変化について調査したところ、発酵操作が有効であることが示唆されたことから、ここでは、アピオスを用いてパンの製造を試み、それらのイソフラボン組成について調査し、効果的な摂取方法についても検討することとした。

## 3. 研究の方法

(1) アピオスの部位および重量の違いにおけるイソフラボン組成の差異について

収穫したアピオス(塊茎部)を大きさごと(0g : 1.00g 以下、1g : 1.00g ~ 1.99g、2g : 2.00g ~ 2.99g、3g : 3.00g ~ 3.99g、4g : 4.00g ~ 4.99g、5g : 5.00g ~ 5.99g、6g : 6.00g ~ 6.99g、7g : 7.00g ~ 7.99g、8g : 8.00g 以上)に分別した。また、塊茎部以外の部位を茎部として採取し、それもまた試料とした。それぞれの試料を80%メタノールにて抽出し、得られた抽出液(アルコール可溶性画分)におけるイソフラボン類をHPLCに供して分析した。

(2) アピオスの部位および重量の違いにおける抗酸化活性の差異について

(1)で分別した部位および大きさの異なる試料におけるアルコール可溶性画分の抗酸化活性をDPPHラジカル消去活性によって評価した。

(3) アピオスの利用法の検討

アピオスパンの調製とイソフラボン組成

の分析について

配合割合は、一般的なロールパンの基本配合に準じ、強力粉150g、塩3g、砂糖15g、バター7.5g、ドライイースト3g、水102gとした。また、小麦粉の一部をアピオスまたは大豆に置換したパンを「アピオspan」および「大豆pan」とした。アピオスおよび大豆は加熱処理後、フードプロセッサにて粉碎した後に添加した。それらの材料を配合して、叩いてこねあげた後、45分間発酵させた。次にガス抜きをし、分割後まるめ、ベンチタイムを25分間設け、成形した。その後、最終発酵(30分)させてから180℃で13分間焼成した。アピオspanおよび大豆panに加えて、添加したアピオスおよび大豆もまた、80%メタノールにて抽出し、イソフラボン組成の分析に供した。

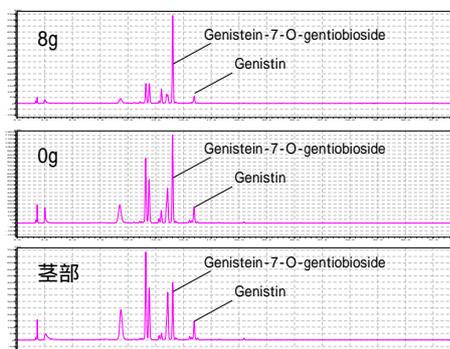
イソフラボン配糖体からアグリコンへの変換に関与する素材の検索

イソフラボンのアグリコンへの変換に関与する素材の検索のため、アピオス、小麦粉およびドライイーストを水とともに混合し、30℃で反応させた。反応後、遠心分離により上清を回収し、HPLCに供してイソフラボン類組成の分析を行った。

#### 4. 研究成果

(1)アピオスの部位および大きさの違いにおけるイソフラボン組成の差異について

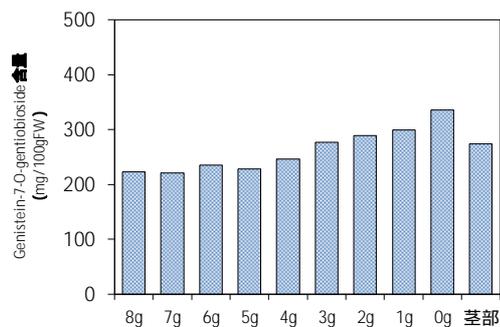
8gのアピオスについてイソフラボン組成を検討したところ、主要なイソフラボンとしてGenistein-7-O-gentiobioside(構造式)が確認できた。また、Genistein-7-O-gentiobiosideに比べ少ないもののゲニスチンも認められた(第1図)。塊茎部で最も小さい0gの試料でもGenistein-7-O-gentiobiosideが主要なイソフラボンであった。しかしながら、8gの溶出パターンと比較すると、異なるものであり、Genistein-7-O-gentiobiosideおよびゲニスチン以外のイソフラボン類も多く検出されていた。



第1図 大きさおよび部位の違いにおける溶出パターンの差異

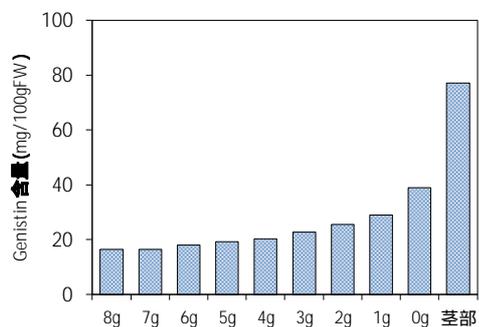
茎部では、塊茎部のイソフラボン組成とは明らかに異なり、塊茎部で主要なイソフラボンであったGenistein-7-O-gentiobiosideよりも多いイソフラボン類が認められた。

Genistein-7-O-gentiobioside含量を部位および大きさで比較したところ、0gで最も多く、重くなるのにもなって減少した。一方、茎部では、0gよりは少ないものの、3gと同程度含まれていた(第2図)。ゲニスチンについても比較したところ、茎部で塊茎部より顕著に多く、塊茎部では0gが



第2図 重量および部位の違いにおける

Genistein-7-O-gentiobioside 含量の差異

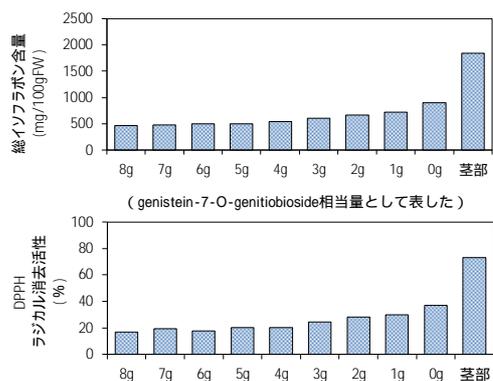


第3図 重量および部位の違いにおけるゲニスチン含量の差異

最も多く、Genistein-7-O-gentiobioside 含量と同じように重くなるのにもなって減少した(第3図)。

### (2) アピオスの部位および重量の違いにおける抗酸化活性の差異について

アピオス部位および重量と抗酸化活性との関連性についてDPPHラジカル消去活性を指標に比較した。ラジカル消去活性は茎部で最も大きく、塊茎部では0gが最も多く、重くなるのにもなって活性が低くなった。それらの活性の傾向はゲニスチン含量と類似していた。しかしながら、ゲニスチンはアピオスに含まれるイソフラボン類の中でも多くはないこと、茎部ではイソフラボン類の組成が明らかに異なることから、抗酸化活性には、Genistein-7-O-gentiobioside およびゲニスチン以外のイソフラボン類の影響が大きいものと推察された。そこで、得られたHPLCの溶出パターンより、すべてのピークを合計したものをGenistein-7-O-gentiobioside 相当量として換算し、総イソフラボン量として表すこととした。それをラジカル消去活性と比較したところ、茎部における総イソフラボン量の増加に伴って、ラジカル消去活性が大きくなっていった(第4図)。

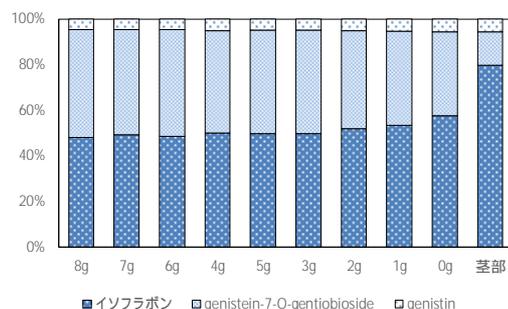


第4図 総イソフラボン量およびDPPHラジカル消去活性

茎部におけるイソフラボン組成について見ると、Genistein-7-O-gentiobioside およびゲニスチン以外のイソフラボン類が多くを占めていたことから、抗酸化活性に寄与する成分の検索のため、部位および重量の違いにおけるイソフラボン類

の組成について見ることにした(第5図)

塊茎部では Genistein-7-O-gentiobioside およびゲニスチンの割合が40~50%を占め、重量が重くなるのにもなってその割合は増加した。一方で、茎部では Genistein-7-O-gentiobioside およびゲニスチンの割合が顕著に小さく(約20%)、それら以外が約80%を占めていた。茎部では抗酸化活性が塊茎部に比べ顕著に高いことから、それらのイソフラボン類が抗酸化活性に関与していることが示唆された。



第5図 重量および部位の違いにおけるイソフラボン組成の差異

### (3) アピオスの利用法の検討

アピオスの調製とイソフラボン組成の分析について

アピオスの添加量を変え、アピオスパンを調製したところ、添加量の増加に伴ってしっとり感と甘味が増しているように感じられた。

アピオスでは、主要なイソフラボンとして Genistein-7-O-gentiobioside が確認できた。また、ゲニスチンも認められたが、ゲニステインは検出されなかった。アピオスを添加したパンでは、Genistein-7-O-gentiobioside が顕著に減少し、新たにゲニステインが確認できた。大豆を用いた同様の実験でもパンに添加することでゲニステインの増加が認められた。しかしながら、その増加の程度は明らかにアピオスで大きかった(第1表)。

第1表 パンおよび材料におけるイソフラボン量の差異

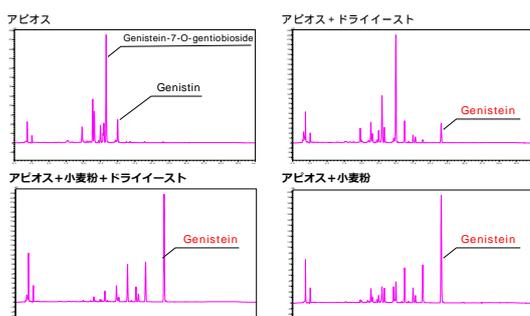
(mg/パン100gあたり)	アピオス	アピオスパン	大豆	大豆パン
Genistein-7-O-gentiobioside	40.22	6.08	0	0
Genistin	5.79	5.16	8.16	1.27
Genistein	0	4.40	0.62	2.18

\* アピオスおよび大豆では、パンに添加したイソフラボン量を示した。

ゲニステインは、更年期障害や骨粗鬆症の改善、ガン細胞増殖抑制効果などの機能性も知られていることから、アピオスのパンへの利用は、イソフラボンの効率的な吸収に寄与できる方法であることが示唆された。

#### イソフラボン配糖体からアグリコンへの変換に関与する素材の検索

アピオスをパンへ利用することで、配糖体で存在するイソフラボンが焼成後、生物活性が高いアグリコンへ変換していたことから、アグリコンへの変換に関与する因子を検索することとした。ここではまず素材の関与について調査することとした。アピオス、小麦粉およびドライイーストを水とともに混合し、30 で反応させ、それらのイソフラボン組成について比較したところ、アピオスとドライイーストの混合で、ゲニステインが確認された。アピオスと小麦粉の混合においてもゲニステインが確認され、その増加の程度はドライイーストとの混合に比べ顕著に大きかった。アピオス、小麦粉およびドライイーストの混合では、最もゲニステインへの変換が顕著であった(第6図)。



第6図 各種材料がアピオスのイソフラボン組成に与える影響

アピオスの主要なイソフラボンは Genistein-7-O-gentiobioside であるが、焼成後は、それが減少し、アグリコンである ゲニステインが検出されたが、アピオスのイソフラボン配糖体は、小麦粉と混合することでアグリコンへ変換することが確認された。したがって、アピオス添加後の発酵過程が、配糖体からのアグリコンの変換に重要であることが示唆された。

一般にイソフラボンは、アグリコンが配糖体に比べ体内への吸収効率が優れていることから、アピオスをパンへ利用することは、イソフラボンの効率的な吸収に寄与できる利用法の一つであると考えられた。

本実験では、アピオスにおけるイソフラボン組成について検討するとともに、アピオスの有効な利用方法についても検索した。

アピオスを販売する際、通常、食用となる塊茎部と塊茎部の間にある茎部は除去し、廃棄されており、それが加工、販売において大変な時間と労力を要している。その茎部においてイソフラボン組成が塊茎部とは異なり、さらに抗酸化活性が高いという大変興味深い結果が得られた。したがって、今後は茎部も塊茎部同様に有効利用することが期待された。

食品中のイソフラボンは主として配糖体として存在し、唾液、小腸粘膜の酵素あるいは腸内細菌の作用により産生される - グルコシダーゼによりアグリコンに加水分解されることで腸管から体内に吸収される。しかしながら、腸内細菌の働きには個人差があるため、より効果的に摂取するにはアグリコンとしての摂取が望ましいと考えられている。本実験では、パンへの利用を検討したところ、アピオス添加後の発酵過程が、イソフラボン配糖体からのアグリコンの変換に重要であることが示唆された。

一般に通常の食生活では、ダイズおよびその加工品以外で有用なイソフラボン類を摂取することは困難であると考えられているが、本実験におけるアピオスの基礎的な知見は、イソフラボンの有効な摂取源となることを十分に期待させるものとなった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計2件)

奈良一寛, 山崎薫, 石神優紀子, 小俣沙織,  
高橋佳奈子. アピオスを使用したパンにおける  
イソフラボンのアグリコンへの変換. 日本家政学  
会 2015 年度大会(岩手)、2015 年 5 月 23 日、  
アイーナいわて県民情報交流センター

奈良一寛, 小笠原康雄. アピオス茎部にお  
けるイソフラボン. 日本農芸化学会 2015 年度大  
会(岡山)、2015 年 3 月 27 日、岡山大学

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

奈良 一寛 (NARA KAZUHIRO)

東京家政学院大学・現代生活学部・准教授

研究者番号: 60540903