

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：37109

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14021

研究課題名(和文) 国産ササゲ豆の機能性成分のプロファイル解析と加熱加工時における成分動態の解明

研究課題名(英文) General nutrition ingredients and phytochemicals characteristics of cowpea cultivated in Japan and the effect of general cooking process

研究代表者

折田 綾音 (ORITA, AYANE)

中村学園大学・栄養科学部・助手

研究者番号：20828173

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、国産ササゲ豆の栄養機能性の特徴を明らかとするとともに、国内で代表的な豆類の加工法によるファイトケミカルの動態を解明することで、ササゲ豆のファイトケミカルを量的質的に効率よく摂取できる加熱方法・条件を提示することを目的とした。本研究の結果、国産ササゲ豆と海外産の比較により、一般成分ではナトリウムの含有量が多いこと、ファイトケミカルではアントシアニンの組成が異なることが栄養機能性の特徴として示された。また、豆類の一般的な加熱加工では、炒り加熱が加熱後のファイトケミカルの残存量が多く、最も効率よくファイトケミカルを摂取できる加熱加工法の1つであることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、国産ササゲ豆の栄養機能性の特徴や、加熱加工によるそれらの挙動についての情報は不足している現状にあった。本研究課題では、国産ササゲ豆の栄養機能性に関する特徴を示すことができた。また、食べるためには加熱加工が不可欠であるササゲ豆において、加熱後のファイトケミカルを多く摂取することが可能な加熱加工条件を提示することができた。本研究より、ササゲ豆の栄養機能性についての基礎的知見を得ることができ、国産ササゲ豆の食素材としての価値を高めることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to investigate the characteristics of general nutrition ingredients and phytochemicals in cowpeas grown in Japan. In addition, to clarify the fluctuation of phytochemicals in cowpeas by the processing of domestically representative beans and to present an efficient method for quantitative and qualitative intake of phytochemicals. The cowpeas grown in Japan may be characterized by sodium in general nutrition ingredients and anthocyanin composition in phytochemicals, which may differ from those of foreign. It was also shown that in the general cooking process of beans, roasting is one of the most efficient methods to intake phytochemicals, as the amount of phytochemicals remaining after heating is high, by the execution of the study.

研究分野：栄養科学

キーワード：ササゲ豆 加熱加工 豆類 栄養 ファイトケミカル

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

アフリカ原産の豆類であるササゲ豆は、干ばつや熱波などの異常気象に強いことに加え、栽培が容易であることから、海外における生産量は 1999 年から 2009 年にかけて大幅に増加している。また、ササゲ豆の栄養学的な特徴として、たんぱく質やミネラルの含量が高いことが知られており、さらに、近年になり健康機能性が期待されるフラボノイド類をはじめとするファイトケミカルの存在が明らかにされている。ササゲ豆の種皮色は、白色・赤褐色・黒色など多様であり、それぞれの種皮色により含有されるファイトケミカルの量ならびに種類が異なることも知られている。そのため、ササゲ豆はアフリカ諸国をはじめ海外では農業特性と栄養機能性の観点から注目を集めている食素材である。

我が国においては、ササゲ豆の生産量は少ないものの、古くから和食に用いられてきた食素材の一つである。特に沖縄県では、島ヤサイ(沖縄県で戦前から食されており、郷土料理に利用されている野菜)として認知されており、慶事や十五夜の料理の食素材として地域の食文化に根付いている。また、ササゲ豆は、小豆と同じササゲ属に属するが、小豆と比較して皮が破れにくい加工特性があり、その特性を活かした加工品(特産品)の製造が期待できる食素材である。

現在、国産ササゲ豆の成分特性に関する情報は不足しており、海外産ササゲ豆との栄養機能的な観点での比較は行われていないのが現状である。また、海外におけるササゲ豆の先行研究は、ササゲ豆を粉末状に加工し、小麦などの代用品に用いた場合の加工品の必要性や栄養性に関する研究がほとんどであり、日本における主な豆類の加熱加工方法(水煮・蒸し・炒り)を想定した研究事例は皆無である。さらに、ササゲ豆のファイトケミカルについて、加熱加工時における変化を解明した研究は存在しない。豆類を食する際には、加熱加工が必須であり、加熱加工時のファイトケミカルや食味特性の変化について解明することは、ササゲ豆の食素材としての価値を高めるために重要な情報になりうる。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、国産ササゲ豆の一般成分およびファイトケミカルのプロファイリングを行い、海外産ササゲ豆との比較することにより、栄養機能性の観点から国産ササゲ豆の特性を明らかにする。さらに、加熱加工が必須であるササゲ豆において加熱加工(水煮・蒸し・炒り)時のファイトケミカルおよび食味特性の変化を解明することを目的とした。

本研究課題の遂行により、これまで不明であった国産ササゲ豆の栄養機能性の特徴について、海外産との成分特性の比較を含めて明示され、また、国内で代表的な豆類の加工法でのササゲ豆中のファイトケミカルの動態や食味特性を解明することにより、ファイトケミカルを量的・質的に効率よく摂取できる加熱の方法・条件が提示することが可能である。

### 3. 研究の方法

#### (1) ササゲ豆の一般成分とファイトケミカルのプロファイリング

国産と海外産との成分特性を比較するための試料として、種皮色が異なる国産ササゲ豆(沖縄県産、岡山県産)と海外産ササゲ豆(中国産、タイ産)を入手した。一般成分は、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分、食物繊維、ナトリウム、カルシウムおよび葉酸を測定した。測定は、日本食品標準成分表 2015 年版分析マニュアルに収載の方法に従い実施した。また、ファイトケミカルの測定では、ササゲ豆を粉砕した試料から、アセトン:水:酢酸(AWA, 70:29.5:0.5, v/v)溶液を用いて、ファイトケミカル抽出液を調製した。抽出液中のファイトケミカルの総量は、フォーリン・チオカルト法で測定し、試料 1 g 当たりの没食子酸相当量(GAE)で算出した。個々のファイトケミカル量は、高速液体クロマトグラフおよび高速液体クロマトグラフ-質量分析計を用いて、アントシアニン類およびプロアントシアニン類を測定した。

#### (2) 加熱加工時における国産ササゲ豆のファイトケミカルの動態の解明

加熱加工におけるササゲ豆のファイトケミカルへの影響を評価するための試料としては、種皮が赤褐色および黒色の国産ササゲ豆を用いた。また、ササゲ豆はその形状や種皮色が小豆と類似しており、同じ調理法にて加工されることが多い豆類であることから、加熱加工後の食味(噛み応え)を比較するために、国産小豆を試料として用いた。

ササゲ豆の加熱加工には、国内で一般的な豆類の加工法である「水煮」、「蒸し」、「炒り」を選択した。ササゲ豆および小豆は、加熱に供する前に豆重量の 10 倍量の水を加えて、10 で 16 時間の浸漬し、吸水させた。浸漬後の豆は 5 分間の水切り後に、「水煮」、「蒸し」または「炒り」の加熱加工に供した。

水煮加熱:浸漬後の豆に水を入れ、加熱した。加熱には、電磁調理器を使用し、強火で沸騰後、微沸騰状態で 45 分間の水煮加熱をおこなった。加熱終了後、豆をザルにあげた状態で放冷し、煮豆と煮汁を試料として用いた。

蒸し加熱:浸漬後の豆をザルに入れ、蒸し器の内部中央にて加熱した。水煮加熱と同様に、加熱には電磁調理器を使用し、強火で沸騰後、沸騰状態を維持したまま 90 分間の蒸し加熱をおこなった。加熱終了後、放冷し、蒸し豆と蒸し汁を試料として用いた。

炒り加熱：浸漬後の豆を、豆同士が重なり合わないよう天板に並べて、180 のオーブンで 30 分間の炒り加熱をおこなった。加熱終了後、放冷し、炒り豆を試料として用いた。

加熱加工したササゲ豆中のファイトケミカルは、生豆での分析法（(1) ササゲ豆の一般成分とファイトケミカルのプロファイリング）に準じて測定した。

#### 4. 研究成果

##### (1) ササゲ豆の一般成分とファイトケミカルのプロファイリング

国産と海外産との成分特性を比較するための試料として、種皮色が異なる国産ササゲ豆（沖縄県産、岡山県産）と海外産ササゲ豆（中国産、タイ産）を用いた。

##### 一般成分の比較

一般成分は、国産と海外産を同一の種皮色間で比較した。炭水化物、灰分、食物繊維、脂質および葉酸の含量は、国産と海外産のササゲ豆との間で大きな違いが認められなかった。一方で、たんぱく質、カルシウムおよびナトリウムは、程度に差があるが国産と海外産との間で違いがあった。特に、種皮色が黒色のササゲ豆では、国産のナトリウム含有量が 15.3 mg/100 g であるのに対し、海外産が検出限界閾値以下であり、顕著な差があることが示された（図 1）。しかしながら、種皮色が赤褐色のササゲ豆では、国産と海外産の間に大きな差異はなかった。よって、ササゲ豆中のナトリウム量は、国産の特徴の 1 つであると考えられたが、外国産ササゲ豆においても含有される量が同程度のものもあり、さらに試料の検体数を増やして検討することが断定するためには必要であると考えられる。

##### ファイトケミカルの比較

ササゲ豆の種皮には、赤色や紫色を呈する色素であるアントシアニン類が含まれていた。種皮色が赤褐色のササゲ豆には、国産および海外産に共通してシアニジンおよびマルビジン配糖体が含まれており、その総含有量は 0.06~0.17 mg/g と微量であった。一方で、種皮色が黒色のササゲ豆では、シアニジン、デルフィニジン、ペチュニジン、ペラルゴニジン、ペオニジンおよびマルビジンの計 8 種（配糖体の種類が異なるものを含む）のアントシアニン類が検出され、その種類と量は赤褐色と比較して顕著に多かった。赤褐色のササゲ豆では含有量が微量であり、国産の特徴は不明であった。一方で、黒色のササゲ豆では、ペオニジンが含まれていることが国産の特徴である可能性が示唆された。プロアントシアニン類では、国産および海外産のササゲ豆に共通して、カテキンやその重合体であるプロアントシアニン類が含まれており、その含量や種類には大きな差異は認められなかった。

##### (2) 国産ササゲ豆の加熱加工におけるファイトケミカルの動態の解明

##### 加工加熱条件の検討

加熱加工におけるササゲ豆のファイトケミカルの動態を解明するために、まず、各種加熱加工法の条件を検討した。加熱条件は、加熱加工後のササゲ豆の破断強度を測定し、食べるのに好ましい硬さ（噛み応え）を基準に設定した。加熱加工の時間は、それぞれ「水煮加熱」が 45 分間、「蒸し加熱」が 90 分間、「炒り加熱」が 30 分間であった。

##### 加熱加工におけるササゲ豆のファイトケミカルの変動

加熱加工後におけるファイトケミカルの総量は、22~146%の範囲で変動していた。「水煮加熱」と「蒸し加熱」は、ともに加熱時に熱を伝える媒体として水を使用する湿式加熱であり、「炒り加熱」は加熱時に熱を伝える媒体として水以外を使用する加熱法である。

湿式加熱の内、「水煮加熱」では生豆と比べて約 30%への減少を認め、「蒸し加熱」では約 60~75%への減少にとどまっており、加熱加工の手段によりファイトケミカルに与える影響が異なることが示唆された（図 2）。

一方で、「炒り加熱」におけるファイトケミカルの減少は、湿式加熱と比較して低値であった。なお、湿式加熱で認められたファイトケミカルの減少には、加熱加工により生豆時には存在したアントシアニンおよび高重合度プロアントシアニンが減少していることがその要因であった。

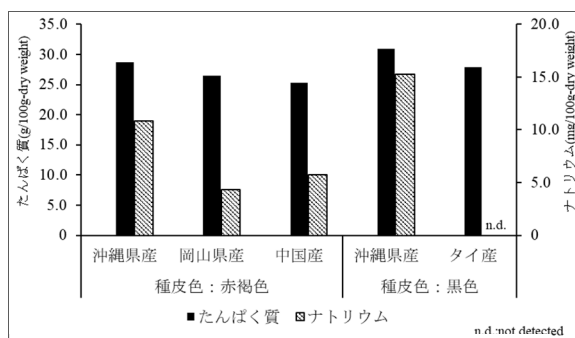


図 1 ササゲ豆のタンパク質およびナトリウムの含量

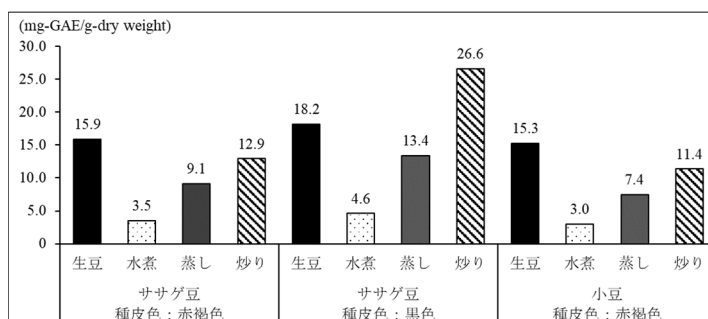


図 2 加熱加工後のファイトケミカル総量の変化

以上、本研究課題では、ササゲ豆の一般成分について、国産と海外産との間にカルシウムやナトリウムなどの一部の栄養成分に違いがあることが示された。ササゲ豆のファイトケミカルは、種皮色が黒色のササゲ豆においてアントシアニンの組成の一部が異なっており、これらが国産ササゲ豆の特色である可能性が示唆されたが、本研究では使用したササゲ豆の産地が限られていたことから、さらに試料の検体数を増やして検討することが断定するためには必要であると考える。

また、ササゲ豆において国内で代表的な豆類の加熱加工法において、一部の方法を除き加熱加工により生豆と比較してはファイトケミカルが減少することを確認した。加熱加工法において、湿式加熱である「水煮加熱」および「蒸し加熱」ではその減少の程度は大きく、豆類の一般的な加熱加工法では、「炒り加熱」が加熱後のファイトケミカルの残存量が多かったことから、「炒り加熱」が最も効率よくファイトケミカルを摂取できる加熱方法であると推察された。湿式加熱では、ササゲ豆そのものに含有されたファイトケミカルが煮汁もしくは蒸し汁へ溶出することが確認され、加熱加工後に残存するファイトケミカルを効率的に摂取することを目的とした場合は、加熱加工による副産物である煮汁なども有効に利用し、摂取することで湿式加熱においても加熱加工後のファイトケミカルと効率よく摂取できることも示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 折田綾音、沖智之、武曾歩、太田英明
2. 発表標題 沖縄県産ササゲ豆の一般栄養成分ならびに機能性に関する研究
3. 学会等名 日本食品科学工学会 第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 折田綾音、沖智之
2. 発表標題 沖縄県産ササゲ豆の栄養成分と物性について
3. 学会等名 第68回日本栄養改善学会学術総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 折田綾音、沖智之
2. 発表標題 加熱調理によるササゲ豆の物性変化について
3. 学会等名 第69回日本栄養改善学会学術総会
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
---------	---------