

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 30 日現在

機関番号：83804

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2020

課題番号：19K23282

研究課題名（和文）ジャガイモの機能性増強と安全性向上を両立する前処理条件の開発研究

研究課題名（英文）Development of study on pretreatment conditions that enhance the functionality and safety of potatoes

研究代表者

小杉 徹（Kosugi, Toru）

静岡県農林技術研究所・加工技術科・科長

研究者番号：60426468

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ジャガイモのGABA増加と発がん性物質アクリルアミド（AA）低減を両立する前処理条件を解明することを目的とした。5種の品種・系統について、GABAは、在来種の‘赤じゃがた’や‘オランダ’で多かった。また‘男爵’を低温スチーマーにより、好気および嫌気処理下で、温度（45～70℃）と時間（5～30分）を変化させ処理した結果、好気55℃・5分処理区でGABA増加傾向とAA原因物質の還元糖が減少傾向を示したので、本条件が前処理条件に適していると判断した。更に‘男爵’、‘赤じゃがた’および‘オランダ’を前述条件で前処理後に、180℃・3分間揚げ処理をした結果、AAが低減する傾向が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ジャガイモのGABA増加と調理時に生成する発がん性物質アクリルアミド含量の低減を両立する、前処理条件を解明するものである。今回の研究により、品種・系統間で差はあったものの、低温スチーム前処理で、還元糖やアクリルアミドが低下傾向になり、揚げ処理後に生成するアクリルアミドの低減効果が認められた。アクリルアミドの摂取を減らすという発がん性物質の低減の観点から、意義は大きく食の安全にも繋がる。本研究の加工処理方法の食品現場での利用は、揚げ処理後のGABAの減少などの改善点はあるもののこれらを解決することで、安全性が高く高血圧症予防効果がある商品開発が今後実現できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to elucidate the pretreatment conditions that achieve both, an increase in GABA level and a decrease in the carcinogen acrylamide (AA) level in potatoes. In a survey of five varieties, GABA level was higher in the potato variety, ‘Red Jagata’, followed by the potato variety, ‘Orand’. Potatoes of the variety ‘Danshaku’ were treated with low temperature steaming under both, aerobic and anaerobic conditions at varying temperature (45 - 70 °C) and time (5 - 30 minutes) conditions. Since the level of GABA increased and that of the reducing sugar of the AA-producing substance decreased in the aerobic 55 °C, 5-minute treatment group, it was concluded that this condition was suitable for the pretreatment process. The potatoes of the varieties ‘Danshaku’, ‘Red Jagata’, and ‘Orand’ were pre-treated with low-temperature steaming under aerobic conditions at 55 °C for 5 minutes and then fried at 180 °C for 3 minutes. As a result, the levels of AA decreased.

研究分野：食品科学

キーワード：ジャガイモ GABA アクリルアミド 低温スチーマー 品種・系統 グルタミン酸 DPPH活性 抗酸化能

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

-様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

厚生労働省の調査によると、日本人の疾病の総患者数で最も多いのは高血圧性疾患で、その患者数は1010万人(平成26年)に達しており、他の生活習慣病の中でも、圧倒的に患者数が多い。この予防のためには、塩分摂取量の削減による食事制限に加え、血圧上昇の抑制に関連する機能を強化した食品の利用が注目されている。なかでも、食品中に含まれるγ-アミノ酪酸(GABA)は、ノルアドレナリン分泌に作用し血圧上昇を抑制する成分として、最近注目されている機能性成分であり、GABAを12.3 mg以上含む食品の反復摂取が、血圧上昇を抑える効果を示すことが臨床試験において報告されている。

ジャガイモは国内で最も出荷量が多い農産物で、他の農産物21種のGABA含量(0.02~7.4 mg/100 g, Suk-Heung Oh et al., *Prev. Nutr. Food Sci.*, 2003)に比べ、GABAを多く含む(26.6 mg/100 g, 西内ら, 北大紀要, 1967)。しかし、ジャガイモのGABAに注目した食品利用は少なく、2019年4月時点で消費者庁ホームページで確認できる機能性表示食品1943件の中で、ジャガイモを原材料としてGABAで届け出された食品はない。そのため、ジャガイモのGABAに注目した機能性表示食品や日常食が増加して、ジャガイモの摂取機会が多くなれば、その健康増進効果は極めて高いといえる。

一方、ジャガイモは加熱調理が必須な食材であり、チップス等の揚げ処理を行う加工品ではアスパラギンと還元糖の縮合反応により生成する発がん性物質のアクリルアミドが多いという問題がある(アクリルアミドの実態調査H16-28, 農水省)。従って、アクリルアミドの低減が必要な素材として国内外で注視されている。そこで、本研究は、血圧上昇を抑え健康増進効果が高いGABAと発がん性物質として注視されているアクリルアミドに注目した。

ジャガイモのGABAは、品種間で異なることが報告されている(16~61 mg/100 g, 中村ら, *食科工誌*, 2006)。また、GABAは食品加工によりグルタミン酸脱炭酸酵素(GAD)を誘導し高められることが報告されている。当所の先行研究では、静岡県内の中山間地域で伝統食として活用される在来種に、GABAが高含有することを見出しているが、GABAを高めるための基質成分およびGABAの誘導酵素であるGAD活性との関係は不明である。さらに、アクリルアミドの原因物質となるアスパラギンおよび還元糖の含量が少なければ、揚げ処理後のアクリルアミドの生成も少ないと考えられるが、品種・系統間におけるそれらの特性も不明である(課題1)。

ジャガイモにおいて、嫌気条件で35・48時間処理した場合、GADの誘導によりGABAが2.5倍に高まることが報告されている(野口ら, *食科工誌*, 2007)。更に強い加熱ストレスで強制的にGADを誘導し、短時間でGABA含量を増加させる加工条件は解明されていない。また、アクリルアミドの原因物質であるアスパラギンと還元糖は嫌気状態にすることで低減することが、予備検討から確認できているが、ジャガイモに加熱ストレスを短時間与える前処理で、GABAの増加およびアクリルアミドの基質であるアスパラギンと還元糖が低減する条件は、解明されていない(課題2)。更に、この前処理条件の有用性を確認するため、揚げ処理後のアクリルアミド含量の低減効果と品種・系統間での適応性について評価も必要となる(課題3)。

## 2. 研究の目的

本研究は上述の課題を解決し、ジャガイモのGABA増加と調理時に生成する発がん性物質アクリルアミドの低減を両立する前処理条件を解明し、機能性が高くかつ安全性の高いジャガイモ加工素材の開発の提案に繋げるために、ジャガイモの在来種を含む品種・系統のGABA、アミノ酸、グルタミン酸脱炭酸酵素(GAD)、還元糖の関係性の解明(実験1)、ジャガイモのGABAが増加しアクリルアミド原因物質が低減する前処理条件の解明(実験2)、GABAの増加とアクリルアミドの低減が両立する素材の開発(実験3)を目的とした。

## 3. 研究の方法

実験1では、5種の品種・系統(‘水窪じゃがた’、‘赤じゃがた’、‘オランダ’、‘男爵’および‘メークイン’)について、HPLC等を用いて、GABAとその関連アミノ酸、還元糖(グルコースおよびフルクトース)およびGAD活性を定量解析した。

実験2では、生食用の代表的な品種‘男爵’をモデルとして、好気および嫌気条件下で、低温スチーマー(福島工業)を用いて、温度(45~70℃)と時間(5~30分)を変化させて処理し、実験1と同様にGABA、関連アミノ酸および還元糖を定量解析した。

実験3では、実験1で選抜した、GABA含量が多く、かつ還元糖とアスパラギン含量が少ない‘赤じゃがた’および‘オランダ’と、実験2で用いた‘男爵’について、実験2で選定した条件(好気条件下55・5分処理)で低温スチーマーで前処理した後、フライヤーを用いて180℃・3分間揚げ処理した。その後、GABAと関連アミノ酸、還元糖を実験1と同様に定量解析すると共に、抗酸化能(DPPH活性)、ビタミンCおよびアクリルアミドを測定した。

## 4. 研究成果

### (1) 実験1

じゃがいもの GABA は、在来種の‘赤じゃがた’で多く、ついで‘オランダ’で多かった(図1)。また、GAD 活性は、‘オランダ’が高かった。そのため、‘オランダ’で GAD の誘導により GABA 生成量が高まっていると考えられる。還元糖およびアスパラギンは、‘赤じゃがた’および‘オランダ’で少なかった。以上の結果より、‘赤じゃがた’および‘オランダ’は、GABA が多く、還元糖とアスパラギンが少ないためアクリルアミドの低減が期待できると推察された。

### (2) 実験 2

‘男爵’を低温スチーマーにより、好気および嫌気条件下で処理したところ、無処理区と比較して好気条件下では、55・20~30分、および60・20分で、GABA が1.5~1.8倍に増加し、なかでも55・20分処理で GABA が最も増加した。また、55・5分処理では1.4倍増加する傾向がみられた(図2)。GABA 前駆物質であるグルタミン酸は50・10~30分処理で1.8~2.1倍に増加し、60・5~30分処理で50~60%低減した。アスパラギンは、ほとんど変化せず、55・20分処理では1.4倍に増加した。還元糖は、処理区間の違いによる有意差はなかったが、50・5分処理で25%、60・10分処理で33%低減する傾向であった(図2)。

嫌気条件下では、55・20分、60・5~10分、70・20~30分で GABA が1.5~1.7倍に増加した(図3)。GABA 前駆物質であるグルタミン酸は、45~60・5~30分、および70・10分処理で20~50%低減した。アスパラギンは、50・20分、55・10~30分、60・5~30分、70・5、20および30分処理で1.3~1.6倍に増加した。還元糖はほぼすべての区で無処理より増加する傾向にあった(図3)。

以上から、好気条件下の55・5分処理が、GABA が増加傾向で還元糖が低減傾向を示すため、ジャガイモの GABA 増加と調理時に生成するアクリルアミドの低減を両立する前処理条件として有用と判断した。

### (3) 実験 3

3種の品種・系統間において、実験2の有用な前処理条件を用いることで、揚げ処理後のアクリルアミドの低減傾向が認められた(図4)。また、‘男爵’では、前処理後にアスパラギンが低減する傾向が、‘オランダ’では、還元糖が低減する傾向が、‘赤じゃがた’では、その両方が低減する傾向が認められた。そのため、揚げ処理後のアクリルアミド含量の低減は、前処理の導入によりその基質が減ることが原因と考えられる。

今回の前処理条件では、‘赤じゃがた’の GABA の増加が確認できなかった。その原因には、GABA の合成に関わる GAD の発現量に品種・系統間差の影響が考えられるため、前処理時間の検討が必要である。

また、どの品種・系統も揚げ処理後に、GABA が低減する傾向が認められたため、熱による分解が要因

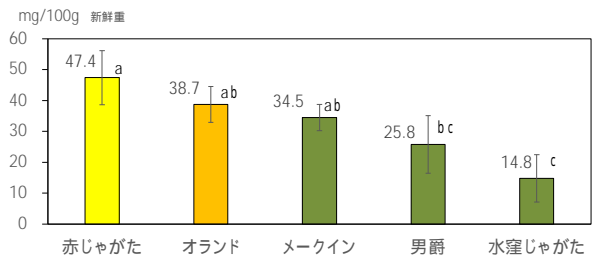


図1 品種・系統の違いによる GABA 含量

異符号間は Tukey-Kramer 検定により 5%で有意差あり

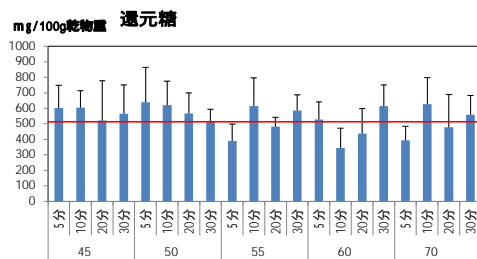
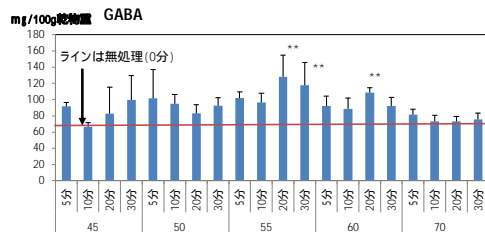


図2 好気条件下における低温スチーム処理の違いが GABA および還元糖含量に与える影響

\*\*は無処理(0分)と比較して Dunnet 検定より 1%で有意差あり

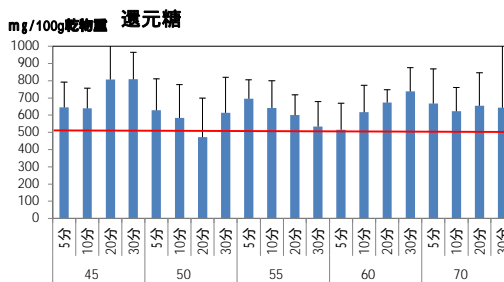
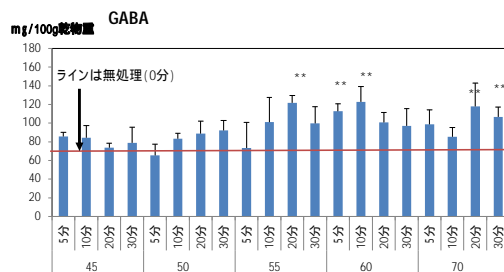


図3 嫌気条件下における低温スチーム処理の違いが GABA および還元糖含量に与える影響

\*\*は無処理(0分)と比較して Dunnet 検定より 1%で有意差あり

と推定された。そのため、GABA の低減を抑制するための、揚げ条件の検討が必要である。なお、アクリルアミドの減少効果に対する抗酸化能の影響を考察するため、DPPH 活性およびビタミン C を測定したが、その関係性は判然としなかった。

#### (4) 総括

ジャガイモ中の GABA は、品種・系統間により差があり、特に在来種の‘赤じゃがた’および‘オランダ’で多かった。また、両品種は、還元糖とアスパラギンが少ないため、アクリルアミドが低い加工品開発が期待できると推察された。

‘男爵’をモデルとして、GABA 増加と調理時に生成するアクリルアミドの低減を両立する前処理条件は、還元糖が低下傾向にあり GABA も比較的高めることができる好気条件下の 55・5 分処理であることを見出した。この条件で前処理した‘男爵’、‘赤じゃがた’および‘オランダ’を、180・3 分間揚げ処理を行うことで、アクリルアミドが低減する傾向が認められた。

前処理条件を用いることで、揚げ処理後に生成するアクリルアミドを低減させる可能性が見出され、今後、この技術を食品現場で利用することは、発がん性の低い素材開発に繋がる。一方、GABA は揚げ処理を行うと低減する傾向が認められた。これは加熱による分解が原因と推察されるため、今後、GABA 含量を維持できる揚げ処理条件の検討が必要である。

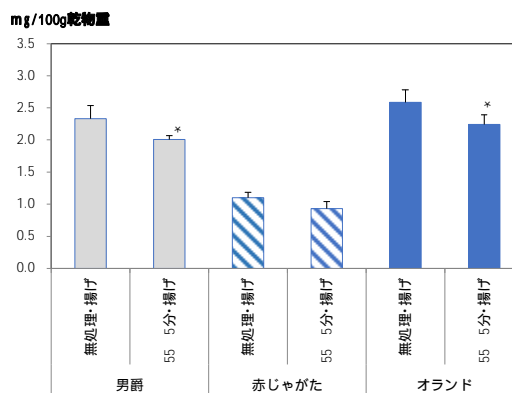


図4 低温スチーマーによる前処理がアクリルアミドに与える影響

\*は無処理(0分)と比較してスチューデントのt検定で有意差あり

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 小杉徹	4. 巻 84
2. 論文標題 農林水産物の機能性データベースの構築とその利用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオテック東海	6. 最初と最後の頁 57,58
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Toyoizumi Tomoyasu, Kosugi Toru, Toyama Yusuke, Nakajima Teruko	4. 巻 19
2. 論文標題 Effects of high-temperature cooking on the gamma-aminobutyric acid content and antioxidant capacity of germinated brown rice ( <i>Oryza sativa</i> L.)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CyTA - Journal of Food	6. 最初と最後の頁 360 ~ 369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/19476337.2021.1905721	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ikegaya Atsushi, Toyoizumi Tomoyasu, Kosugi Toru, Arai Eiko	4. 巻 23
2. 論文標題 Taste and palatability of strawberry jam as affected by organic acid content	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Food Properties	6. 最初と最後の頁 2087 ~ 2096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/10942912.2020.1843484	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 豊泉友康、小杉 徹、中島輝子、外山祐介
2. 発表標題 発芽玄米の炊飯条件の違いがGABA含量および親水性・親油性抗酸化能に及ぼす影響の評価
3. 学会等名 令和2年度 日本食品科学工学会関東支部大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

静岡県農林技術研究所試験研究成果の概要集に、以下の7点が掲載された。

小杉 徹、豊泉友康、池ヶ谷篤、 ジャガイモの在来種及び品種別のGABA、アミノ酸、還元糖、2020年3月  
小杉 徹、豊泉友康、池ヶ谷篤、 低温スチーム処理がジャガイモGABAに及ぼす影響、2020年3月  
小杉 徹、豊泉友康、池ヶ谷篤、 低温スチーム処理がジャガイモのアミノ酸に及ぼす影響、2020年3月  
小杉 徹、豊泉友康、池ヶ谷篤、 ジャガイモの在来種及び品種別のグルタミン酸脱炭酵素(GAD)活性、2021年3月  
小杉 徹、豊泉友康、池ヶ谷篤、 低温スチーム処理がジャガイモの糖含量に及ぼす影響、2021年3月  
小杉 徹、豊泉友康、宗野有雅、 加工処理がジャガイモのGABAと基質アミノ酸に与える影響、2021年3月  
小杉 徹、豊泉友康、宗野有雅、 ジャガイモ加工処理の違いが色度と食味に及ぼす影響、2021年3月

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
---------	---------