

平成 2 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580175

研究課題名（和文）緩慢糊化性デンプンを有する新規サツマイモの食品素材化技術の開発

研究課題名（英文）Development of food materials from new sweetpotato having starch with a slow gelatinization property.

研究代表者

北原 兼文（KITAHARA, Kanefumi）

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：30240922

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,100,000 円、（間接経費） 1,230,000 円

研究成果の概要（和文）：糊化後の粘度上昇が緩やかなデンプンを有する新規サツマイモの食品素材化を目指して、デンプンとその抽出残渣から調製されるペクチンの物理化学特性を調べた。緩慢糊化性デンプンは、イモ類では珍しい高アミロース性を示し、アミロペクチンの構造にも特殊性が認められた。また、これらのデンプンは、加熱糊化により食物繊維機能を持つレジスタントスターチ含量が増大し、一般デンプンとは異なっていた。一方、サツマイモペクチンでは、柑橘やリンゴペクチンと比べて、中性糖含量が高く、その組成ではアラビノースの割合が高いといった相違点を明らかにした。このように新規サツマイモは機能的なデンプンやペクチン素材を提供すると考えられた。

研究成果の概要（英文）：In order to develop food materials from new sweetpotatoes having starch with a slow gelatinization property, the physicochemical properties of both starch and pectin from the sweetpotatoes were investigated. The slow gelatinization starches were found to have high amylose and distinct amylopectin structure, which were unique properties among hitherto existing root starches. Furthermore, the resistant starch contents, which function as dietary fiber, of these starches increased after gelatinization by heating, differing from ordinary starches. On the other hand, the sweetpotato pectins showed a higher amount of neutral sugars and the higher arabinose proportion in the neutral sugars compared to citrus and apple pectins. Thus, the new sweetpotatoes having slow gelatinization starch were expected to offer functional starch and pectin as food materials.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学・食品科学

キーワード：サツマイモデンプン 緩慢糊化性デンプン レジスタントスターチ アミロース アミロペクチン

## 1. 研究開始当初の背景

サツマイモは、火山灰土壌で台風の常襲地域である南九州の基幹作物であり、特に鹿児島県は国内年間総生産量の約 100 万トンのうちの 4 割を産出している。その用途は主に焼酎やデンプン製造の原料として用いられており、地域の農業や経済上において重要な役割を担っている。しかし、サツマイモデンプンは、ほとんどが糖化原料として使用されており、食品素材用として利用される量は、その品質と機能性の低さから、全体の 1 割程度にしかすぎない。このサツマイモデンプンの利用を拡大して地域産業基盤を高めるためには、他の市販デンプンとは差別化された高機能デンプンの提供とサツマイモの多成分利用体系の構築が必要である。

サツマイモデンプンの利用拡大を図るとき、特性の機能性に乏しいことが用途開発の制約になっている。このような観点から、特殊なサツマイモデンプンの検索を行い、これまでに低アミロース性や低温糊化性のデンプンを見出した。さらに、研究開始当初において、粘度上昇温度が高く、糊化後の粘度上昇が緩慢なデンプン（緩慢糊化性デンプン）が見出された。このデンプンは糊液に粒状の糊化残渣が残るなど、過去に類を見ない性質を示すことから、機能性デンプンとしての可能性が示唆され、新規デンプンとしての用途開発に期待が持たれた。

## 2. 研究の目的

本研究では、緩慢糊化性デンプンを有するサツマイモを研究材料に用い、緩慢糊化性デンプンの基本的な物理化学特性を明らかにするとともに、レジスタントスターチ（難消化性デンプン）機能の評価と更なる高機能化の検討を行う。また、低コスト化と未利用資源の有効利用の観点から、デンプン抽出残渣からペクチンを調製し、サツマイモペクチンの特性を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1)実験材料：サツマイモ試料は、連携研究者の前任地である農研機構九州沖縄農業研究センターサツマイモ育種グループで育成されたものを用いた。研究開始当初は K156 系統を対象としていたが、2 年目からは新たに見出された K149 系統と K197 系統も研究対象に加えた。

(2)デンプンの特性：デンプンの物理化学特性として、ラピッドビスコアナライザー（RVA）による粘度特性、示差走査熱量計（DSC）による糊化特性、アミロース含量、結合リン酸含量、ゲル濾過クロマト（GPC-RID）による鎖長分布と陰イオン交換クロマト（HPAEC-PAD）によるアミロペクチンの短鎖単位鎖分布、生デンプン粒のグルコアミラーゼ消化性、糊液の老化性などについて調べた。また、デンプンのレジスタントス

ターチ（RS）含量はメガザイム社の試薬キット（AOAC method 2002.02）により測定した。糊化デンプンは 100、20 分の糊化後に、凍結乾燥と粉末化により調製した。老化デンプンは、糊化デンプンの凍結解凍を 5 回繰り返した後、凍結乾燥と粉末化により調製した。

(3)サツマイモペクチンの特性：サツマイモペクチンの抽出において各種溶媒と高压処理（まるごとエキス装置）の影響を検討した。ペクチンの特性は、ジメチルフェノール法によるポリガラクトuron酸含量、アルコールオキシダーゼ法によるメチルエステル化度、また中性糖組成はトリフルオロ酢酸により加水分解後、HPAEC-PAD により調べた。ペクチンのゲル形成能は 2% 水溶液に塩化カルシウムを加え、30 分放置後に溶液を傾けて確認した。

## 4. 研究成果

(1)緩慢糊化性デンプンの特性：本研究で用いた緩慢糊化性デンプンの RVA 粘度特性を図 1 に示した。

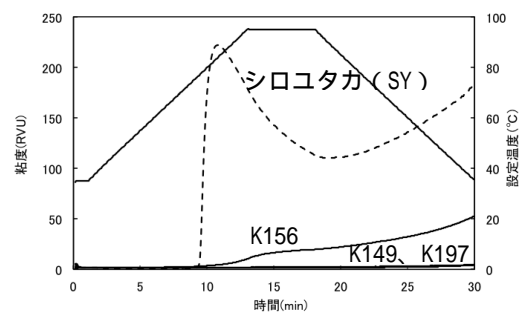


図 1. 緩慢糊化性デンプンの RVA 粘度特性  
（シロユタカは一般デンプン原料用品種）

K156 系統の緩慢糊化性デンプンの粘度は一般品種のものより著しく低く、新たに見出された K149 および K197 系統はほとんど粘度上昇を示さない極めて珍しいデンプンであった。一方、DSC により糊化特性を詳細に調べると、糊化ピークはいずれも 50 近傍にあり、低温糊化性を併せ持つことが明らかになった。

K156、K149、K197 系統のアミロース含量は、それぞれ 31%、44%、52% であり、イモ類デンプンではユニークな高アミロース性デンプンであることが分かった。その他の共通する特性として、結合リン酸含量が低く、デンプンの結晶形は一般品種の C 型から B 型に変化しており、また回折ピーク強度から判断される結晶化度は小さくなっていた。さらに、ゲルろ過クロマトによる鎖長分布測定では高アミロース性を再確認するとともに、図 2 に示したように重合度 6-10 の短鎖単位鎖が多く、アミロペクチンの構造にも特殊性があることを見出した。

図 3 には生デンプン粒および糊化デンプン、老化デンプンの RS 含量を示した。生デンプ

ン粒の RS 含量は、シロユタカデンプンで高く、緩慢糊化性デンプンは低い値であった。しかし、デンプンを糊化させるとシロユタカデンプンは RS 含量が減少するのに対して、緩慢糊化性デンプンは増大することが分かった。シロユタカ糊化デンプンの RS 含量は老化処理により増大したが、緩慢糊化デンプン場合は変化が認められなかった。このような緩慢糊化性デンプン特有の RS 機能の強化を図るため、イソアミラーゼによりデンプン粒の最外部鎖の除去（トリミング処理）を検討したが、酵素によるトリミング分解性が悪く、処理効果が出にくいことが分かった。そこで、物理化学処理の検討に切り替え、デンプン粒のアルカリ処理、低温老化処理、高圧処理を検討した。その結果、K149 系統の緩慢糊化性デンプンは、80 MPa の圧力と 70 で 3 日間処理したときに RS 含量が約 2% 増加することを認めた。

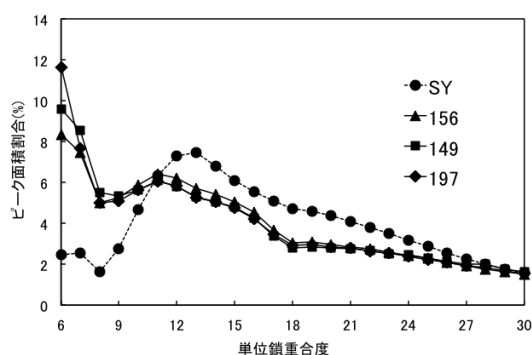


図 2. デンプンの短鎖単位鎖分布

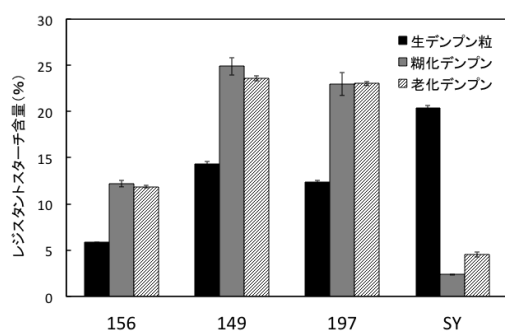


図 3. デンプンのレジスタントスターチ含量

(2) サツマイモペクチンの特性：シロユタカのデンプン抽出残渣を用いて、サツマイモペクチンの抽出法を検討した。ペクチンの抽出溶媒に、水、50 mM 塩酸、50 mM クエン酸、0.25% シュウ酸アンモニウム、50 mM リン酸水素二ナトリウム溶液を用いて 100 で 1 時間抽出したとき、リン酸水素二ナトリウム溶液が最も効率よく抽出できた。ペクチンの水抽出においては、常圧の熱水抽出ではほとんど抽出できなかったが、50 と 80 MPa の高圧条件下では約 65% の抽出効率でペクチン画分を得ることに成功した。このようにして

得られたペクチン画分は、常圧熱リン酸塩抽出では低メトキシルペクチンが、高圧水抽出では高メトキシルペクチンが得られることを明らかにした。両ペクチン画分のカルシウムイオンによるゲル化能を調べた結果、図 4 に示すように、高圧水抽出のサツマイモペクチンや市販の柑橘ペクチン、リンゴペクチンにはゲル化能が認められなかったが、常圧熱リン酸塩抽出のサツマイモペクチンは 8  $\mu$ M のカルシウムイオン濃度でゲル化(図 4 矢印)が認められた。

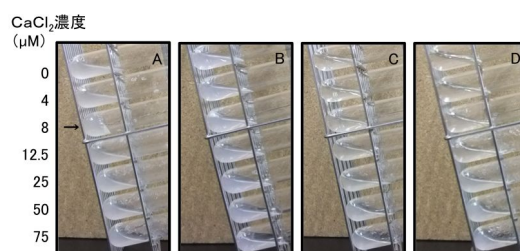


図 4. ペクチンのゲル化能 (2% 水溶液)

- A. 常圧熱リン酸塩抽出サツマイモペクチン
- B. 高圧 (80MPa) 水抽出サツマイモペクチン
- C. 柑橘ペクチン (市販)
- D. リンゴペクチン (市販)

同様に常圧熱リン酸塩抽出により K149 と K197 のデンプン抽出残渣からペクチン画分を調製し、シロユタカペクチンや市販の柑橘ペクチンおよびリンゴペクチンの特性と比較した。柑橘ペクチンとリンゴペクチンのガラクトuron酸含量は、それぞれ 87% と 78% であるのに対して、サツマイモペクチンは 53-63% で中性糖の多いことが示唆された。また、中性糖組成においては、いずれのサツマイモペクチンもアラビノースの割合が市販ペクチンよりも 3-5 倍高いという特徴を有していた。さらに、サツマイモペクチン間で比べると、K149 のペクチンはガラクトuron酸含量が他のサツマイモより 8% 高く、また K197 のペクチンはラムノースとアラビノースの割合がそれぞれ 6% と 4% 高いなど品種間相違があることを明らかにした。以上のように、サツマイモペクチンは従来のペクチンと特性が異なり、新たな食品素材として有用性が認められた。

## 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)

[雑誌論文](計 1 件)

1. K. Kitahara, T. Yamasaki, K. Fujita, T. Suganuma, Physicochemical properties of starches from recently bred sweetpotatoes in Japan, Journal of Applied Glycoscience, in press, 61, 2014, 査読有  
doi:10.5458/jag.jag.JAG-2013\_019

〔学会発表〕(計2件)

1. 北原兼文、サツマイモの澱粉育種の展開、  
日本応用糖質科学会九州支部第16回特別講演会、平成26年3月4日、鹿児島

2. K. Kitahara, K. Katayama, K. Fujita, T. Suganuma, Structural and functional properties of novel sweetpotato starches having high amylose content, 5th Korea-China-Japan Sweetpotato Workshop, 2012年9月17-19日, Jeju City, Korea

6. 研究組織

(1)研究代表者

北原 兼文 (KITAHARA, Kanefumi)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：30240922

(2)連携研究者

片山 健二 (KATAYAMA, Kenji)

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構作物研究所・上席研究員

研究者番号：90355602