

4 「こなみずき」澱粉の高品質化および食品利用特性

鹿児島県大隅加工技術研究センター
参事付

ときむら かなえ
時村 金愛

4.1 はじめに

サツマイモ澱粉を食品用として普及させるためには、生産コストの削減を図るとともに、澱粉白度の向上や糊液の粘度安定性といった澱粉の高品質化が必須である。特に澱粉白度は使用した食品の外観に影響することから、澱粉白度の高い製品が市場的に有利である。また、「こなみずき」澱粉は従来のサツマイモ品種の澱粉よりも約20℃低温で糊化し、低い糊化エネルギー、遅い老化速度、および酸や酵素に対する高い分解性などの特徴を有している^{1,2)}。このような特徴的で画期的なサツマイモ澱粉は、食品原料として利用すると高い機能性を付与することが期待される。しかし、「こなみずき」澱粉については、菓子類や麺類など様々な食品への利用特性がほとんど明らかにされていなかった。本稿では、「こなみずき」澱粉の高品質化と用途拡大を目的に、栽培条件が澱粉特性や品質に及ぼす影響の解明、澱粉製造時の白度向上のための高品質化技術の検討、および「こなみずき」澱粉の物理化学特性と加工食品への利用特性の解明に取り組んだので紹介する。

4.2 「こなみずき」澱粉の高品質化

4.2.1 「こなみずき」の栽培条件と澱粉品質 育成段階における試験では、「こなみず

き」澱粉の白度は他品種と比較してやや劣ることが示され、澱粉工場で製造すると澱粉白度の低下が問題となった。そこで、植付け時期や収穫時期などの栽培条件が異なる「こなみずき」について、澱粉着色の要因と考えられる塊根中のポリフェノールなどの成分および調製した澱粉の白度を調査した。

澱粉白度については、12月中旬（12/17）に収穫したサツマイモ塊根から調製した澱粉は白度が82前後と低く、これらの塊根ではポリフェノール含量が顕著に高いことを明らかにした³⁾。「こなみずき」塊根の澱粉白度とポリフェノール含量との関係を調査した結果、「こなみずき」塊根の澱粉白度とポリフェノール含量には塊根の中心部で相関係数 $R = -0.817$ 、表皮部で $R = -0.827$ と高い負の相関が認められ（図1）、「こなみずき」から調製した澱粉の白度には、塊根中のポリフェノール含量が大きく影響することが明らかとなった。これらのことから、収穫時期が12月以降になると、地温低下のストレスによって塊根中のポリフェノール含量やポリフェノールオキシダーゼ活性が増加し、澱粉へのポリフェノールの吸着量が多くなることで澱粉白度が著しく低下すると推察された。

塊根中のポリフェノール含量は植え付け

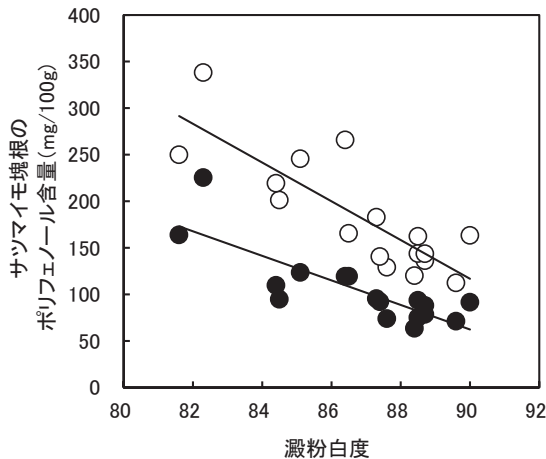


図1 澱粉白度と「こなみずき」塊根のポリフェノール含量との関係

●、中心部のポリフェノール含量；○、表皮部のポリフェノール含量

時期や栽培期間よりも収穫時期に影響され、気温や地温が低下する収穫後期（11月下旬～12月中旬）は澱粉白度が低下するとともに、澱粉の物理化学特性の変化も大きくなることから、「こなみずき」塊根は11月中に収穫することが望ましいと考えられる。

4.2.2 「こなみずき」澱粉の製造条件と澱粉品質

澱粉白度の観点からは、「こなみずき」を11月中に収穫して澱粉を製造することが望ましいが、長期栽培による収量増加および従来品種の澱粉混入を防ぐ目的もあり、「こなみずき」澱粉の製造は従来品種の澱粉製造が終了した後の12月初旬に行われている。そこで、収穫時期に係わらず澱粉品質を一定の基準以上に保つ必要があり、ポリフェノール含量が増加した塊根でも、澱粉製造時に澱粉白度を向上させる技術開発に取り組んだ。まず、モデル実験で塊根磨砕物に水酸化カルシウム飽和水溶液を添加して、pHを弱アルカリ（pH7.0～9.0）に

調整することで、RVA粘度特性および澱粉ゲルや糊液の物性に大きな変化を与えることなく、澱粉白度が向上することを明らかにした⁴⁾。この結果を踏まえ、澱粉製造工場において塊根の磨砕後にpH調整を行い、各製造工程で採取した澱粉の白度およびアルカリ着色度を調査した結果、脱水工程と乾燥工程を経た最終的な澱粉白度は91.7となり、澱粉へのポリフェノール吸着量の目安となるアルカリ着色度も乾燥工程後の澱粉では0.097に低下した（表1）⁴⁾。

以上の結果から、「こなみずき」澱粉の白度向上対策として、塊根中のポリフェノール含量が高まる寒冷期（12月）の収穫は回避することが望ましく、また栽培環境のストレスによりポリフェノール含量が高まった「こなみずき」塊根であっても、水酸化カルシウム飽和水溶液による磨砕工程のpH調整によって澱粉へのポリフェノール吸着が抑制され澱粉白度を向上できることが明らかになった。このような栽培および澱粉製造マニュアルにより「こなみずき」澱粉の高品質化と安定化に寄与することができた。

表1 「こなみずき」澱粉製造工場でのpH調整を行った各製造工程のpHと各製造工程から調製した澱粉の白度とアルカリ着色度

製造工程	pH	澱粉白度	アルカリ着色度 (420nm吸光度)
磨砕	8.8	81.1	0.217
濃縮	6.4	85.7	0.313
精製	6.3	88.4	0.113
脱水	6.2	91.5	0.080
乾燥	6.2	91.7	0.097

「こなみずき」塊根磨砕液に水酸化カルシウム飽和水溶液を加えてpHを弱アルカリ（pH8.8）に調整した。白度は白度計で測定し、着色度はアルカリ抽出液の420nmでの吸光度とした。

4.3 「こなみずき」澱粉の物理化学特性と食品利用特性

4.3.1 「こなみずき」澱粉の物理化学特性の解明

低温糊化特性を有する「こなみずき」澱粉は、澱粉ゲルの耐老化性や少量添加でのゲル成型性といった優れた特性を有している⁵⁾が、これらの特性の食品加工への有効利用法および優れたゲル成型性と澱粉の分子構造との関連性については知見がなかった。そこで、食品原料として「こなみずき」澱粉を評価するために、「こなみずき」澱粉を使用していくつかの加工食品を試作し、それらの食品の物性を分析した。また、「こなみずき」澱粉の物性に寄与する分子構造特性を明らかにするために、4品種（「シロユタカ」、「コガネセンガン」、「ダイチノユメ」、「こなみずき」）のサツマイモ澱粉の物性と分子構造を調べた。

低温糊化性サツマイモ澱粉は、アミロペクチンに重合度6-10の短鎖が多い特徴がある^{6,7,8)}。従来の澱粉と比較して、「こなみずき」澱粉は結晶化できない短鎖が多いことから、澱粉粒子として保持力が弱いため糊化しやすく、一方、糊化後は外部鎖の再配列が遅いため老化しにくいと考えられている^{2,9)}。イソアミラーゼ処理澱粉のゲルろ過クロマトグラフィーによりアミロース主鎖の鎖長分布を調べた結果、「こなみずき」澱粉は、他の澱粉よりもアミロース画分の溶出が早く、長いアミロース主鎖を有することが明らかになった（図2）¹⁰⁾。

また、イソアミラーゼ処理アミロペクチンのゲルろ過クロマトグラフィーにより超長鎖画分の鎖長分布を調べた結果、「こなみずき」のアミロペクチンには、アミロー

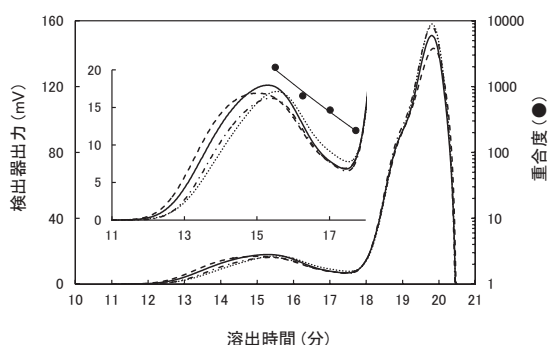


図2 イソアミラーゼ処理澱粉のゲルろ過クロマトグラフィーによる鎖長分布

分析カラムはTSKgel GMPW_{XL}を使用し、直鎖アミロースの標準品〔重合度（DP=1953、722、438、215）〕で校正した。拡大図は高分子側のアミロース主鎖画分を示した。

—、シロユタカ；……、コガネセンガン；
- · -、ダイチノユメ；- - -、こなみずき

ス様の超長鎖が多く、かつ超長鎖が長いことも「こなみずき」澱粉の特徴であることを見出した（図3）¹⁰⁾。

「こなみずき」澱粉は、RVA粘度特性において他品種の澱粉よりもブレイクダウンが小さく、最終粘度が高い特徴を示した¹⁰⁾。7%澱粉糊液の動的粘弾性を分析した結果、「こなみずき」澱粉の貯蔵弾性率（G'）は他の澱粉よりも高い値を示してお

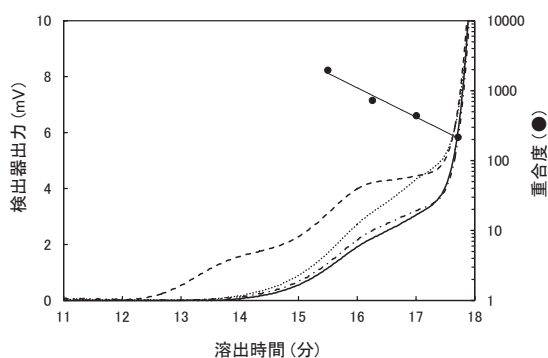


図3 イソアミラーゼ処理アミロペクチンのゲルろ過クロマトグラフィーによる超長鎖画分の鎖長分布

分析条件は図2と同じ。

—、シロユタカ；……、コガネセンガン；
- · -、ダイチノユメ；- - -、こなみずき

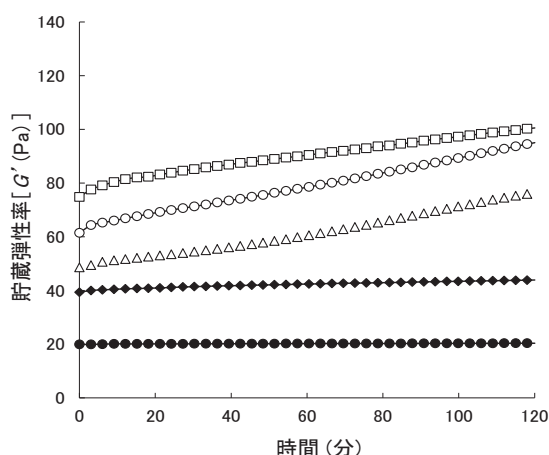


図4 澱粉糊液（7 %、w/w）の貯蔵弾性率（ G' ）の時間依存性

測定温度は20℃で実施した。

○、シロユタカ；△、ダイチノユメ；□、こなみずき；◆、バレイショ；●キャッサバ

り（図4）、このことから「こなみずき」澱粉の糊液はゲルを形成しやすく、安定性を有することが明らかになった。また、澱粉糊液の流動特性において、「こなみずき」澱粉糊液のせん断応力や流動履歴曲線の面積値は他の澱粉よりも大きい値を示し¹⁰⁾、せん断に対する抵抗性が高いと考えられた。

これらの結果から、「こなみずき」澱粉はアミロペクチン中のアミロース様の超長鎖が多く、さらにアミロースおよびアミロペクチンの超長鎖は長いことが明らかになり、このような長い分子鎖の特徴により澱粉ゲルのネットワーク形成力が強く、優れ

たゲル弾力性とゲル成型性を示すと考えている。

4.3.2 「こなみずき」澱粉の食品利用特性

「こなみずき」澱粉を食品原料として評価するために、加工製品（澱粉麺とパール状加工品）を作り、それらの物性等について従来のサツマイモ澱粉やキャッサバ澱粉およびバレイショ澱粉の製品と比較した。澱粉麺について、バレイショ澱粉および従来のサツマイモ澱粉と比較した結果、かたさは、バレイショ澱粉で最も高い値を示し、次いで「こなみずき」澱粉となった。麺の弾力性の指標となる凝集性は、「こなみずき」で最も高く、これらのことから「こなみずき」澱粉を使用した澱粉麺は、適度なかたさと優れた弾力性を有することが示され、官能評価では、最も好まれる評価となった（表2）¹⁰⁾。

また、パール状加工品について、キャッサバ澱粉と比較した結果、茹で戻した「こなみずき」澱粉のパール状加工品は、キャッサバ澱粉よりも、かたさと凝集性の値が高いことから、キャッサバ澱粉の加工品よりも、かたく弾力性を有することが示された¹⁰⁾。

以上の結果から、「こなみずき」澱粉を使用した製品は、従来のサツマイモ澱粉やキャッサバ澱粉を使用した製品よりも弾力性が高く、食感が良好で、澱粉ゲル製品と

表2 澱粉麺の官能評価

供試澱粉	弾力性	かたさ	食感	のどごし	総合評価
サツマイモ					
従来品種	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
こなみずき	4.0 ± 0.00	3.9 ± 0.32	3.9 ± 0.71	3.5 ± 0.84	3.9 ± 0.88
バレイショ	4.7 ± 0.49	4.7 ± 0.48	2.7 ± 1.05	2.4 ± 0.68	2.6 ± 0.90

官能評価は、従来品種のサツマイモ澱粉の澱粉麺を基準点（3.0）とし、1～5の5段階評価で行った。数値は平均値 ± 標準偏差（n = 19）で示した。

して優れた特性を有することが認められた。この他、「こなみずき」澱粉を使用した水産練り製品では硬化抑制といった品質変化が少なく、良好な弾力感および歯切れのよさを有しており、同澱粉を使用した蒸し菓子やパンは歯切れと口溶けに優れ、保水性の高さからしっとり感に優れていた。硬化抑制やしっとり感については、アミロペクチンに短鎖が多いこと、弾力感や歯切れの良さについては、アミロペクチンの超長鎖やアミロース主鎖の長さが関与していると考えられ、「こなみずき」澱粉の使用は食品の食感改良効果に影響していると考えられる。

4.4 これからの新規サツマイモ澱粉について

「こなみずき」澱粉は、保水性と弾力感を付与できる優れた機能性を有する国産の天然澱粉である。低温糊化性サツマイモ澱粉の普及性をさらに高めるためには、高収量および澱粉白度に関与する塊根のポリフェノール含量が低い品種を育成し、低コスト化を図ることが求められている。サツマイモ澱粉の特性の多様性を高めるためには、低アミロースおよび高アミロース系統の品種育成の取り組みが必要であり、現在も研究が進められている。新たに育成された低温糊化性澱粉を有するサツマイモ新系統の澱粉と「こなみずき」澱粉の物理化学特性を比較した結果、ゲル物性や動的粘弾性の特徴には異なる点もあり、低温糊化性澱粉の特性は多様であることが明らかになりつつある。また、高アミロース澱粉を有するサツマイモ新系統も育成されており、レジスタントスターチとしての利用も期待

される。以上のように、現在でも新たな特性を有するサツマイモ澱粉の開発は継続しており、今後も多様な澱粉素材が提供されることが期待できる。

引用文献

- 1) K. Kitahara, Y. Takahata, M. Otani, M. Tanaka, K. Katayama, M. Yoshinaga, K. Fujita, T. Suganuma: Starch properties of transgenic sweetpotato plants modified by RNA interference of the starch synthase II gene. *J. Appl. Glycosci.*, **58**, 85–90 (2011).
- 2) K. Kitahara, T. Yamasaki, K. Fujita and T. Suganuma: Physicochemical properties of starches from recently bred sweetpotatoes in Japan. *J. Appl. Glycosci.*, **61**, 81–88 (2014).
- 3) 時村金愛, 下園英俊, 久米隆志, 西原悟, 小山田耕作, 福元伸一, 藤田清貴, 北原兼文: 栽培条件の異なるサツマイモ新品種「こなみずき」塊根の澱粉品質, *応用糖質科学*, **4**, 234–240 (2014).
- 4) 時村金愛, 久米隆志, 藤田清貴, 北原兼文: サツマイモ品種「こなみずき」澱粉製造におけるpH調整が澱粉品質に与える影響, *応用糖質科学*, **7**, 29–44 (2017).
- 5) 片山健二, 境哲文, 甲斐由美, 中澤芳則, 吉永優: サツマイモ新品種「こなみずき」の育成. *九州沖縄農研報告*, **58**, 15–36 (2012).
- 6) K. Kitahara, J. Ueno, T. Suganuma, K. Ishiguro, and O. Yanakawa: Physicochemical properties of root

- starches from new types of sweetpotato. *J. Appl. Glycosci.*, **46**, 391–397 (1999).
- 7) K. Katayama, K. Komae, K. Kohyama, T. Kato, S. Tamiya, and K. Komaki: New sweet potato line having low gelatinization temperature and altered starch structure. *Starch*, **54**, 51–57 (2002).
- 8) K. Kitahara, S. Fukunaga, K. Katayama, Y. Takahata, Y. Nakazawa, M. Yoshinaga, T. Suganuma: Physicochemical properties of sweetpotato starches with different gelatinization temperature. *Starch*, **57**, 473–479 (2005).
- 9) T. Noda, N. Isono, A.V. Krivandin, O.V. Shatalova, W. Błaszczak, V.P. Yuryev: Origin of defects in assembled supramolecular structures of sweet potato starches with different amylopectin chain-length distribution. *Carbohydr. Polym.*, **76**, 400–409 (2009).
- 10) K. Tokimura, K. Fujita and K. Kitahara: Physicochemical properties and food uses of starch from the new sweetpotato cultivar Konamizuki. *J. Appl. Glycosci.*, **64**, 1–8 (2017).

□寄稿のお願い□

一般財団法人いも類振興会では、サツマイモ、ジャガイモなどいも類の振興と消費拡大を図る一助として、「いも類振興情報」(季刊)を発行しています。いも類に関する総説、調査・研究、産地情報、海外情報、商品情報、料理、文化などの寄稿をお願いします。原稿の執筆要領は、下記のとおりです。

1. 原稿はパソコンのワープロ・ソフトを用いて作成し、E-mailの添付ファイルで送付下さい。なお、手書き原稿でもかまいません。
2. 編集の都合上、OSはWindows、使用ソフトは次のものを使用下さい。
本文はWord(一太郎、テキストも可)。図表などはWord、Excel、PowerPoint。
3. 掲載1回分の頁数(1頁で約1,200字)は、図表・写真を含めて概ね6頁以内となります。
4. 編集の都合上、原稿の一部を割愛、修正する場合がありますので、予めご了承下さい。掲載原稿には、規定の原稿料と掲載誌を若干部お送りします。
5. 原稿の送付先

〒107-0052 東京都港区赤坂6-10-41 ヴィップ赤坂303 一般財団法人 いも類振興会
E-mail: imoshin@fancy.ocn.ne.jp TEL: 03-3588-1040 FAX: 03-3588-1225