

サツマイモの β -アミラーゼ活性と蒸しいものの肉質

農研機構 次世代作物開発研究センター
畑作物研究領域 上級研究員

なかむら よしゆき
中村 善行

1 はじめに

日本におけるサツマイモの年間消費量は現在、約90万トンである¹⁾。その用途別内訳では、焼きいも、天ぷらなどとして消費されている生食用（育種分野では青果用と称している）が約45%と最も多く、次いで焼酎などのアルコール飲料の原料用が約30%、でん粉原料用が約15%と続く¹⁾。でん粉原料用サツマイモの生産が盛んであった昭和30年代と比べると、消費量が約1/7～1/8に低下するとともに生食用の占める割合が高くなっている。これは、日本人の食生活におけるサツマイモの位置付けが米、麦などに次ぐ準主食から副菜やデザート類の一つへと変わったことや食の欧米化、ファスト化が進みつつあることなどによると考えられている。その一方、サツマイモの食味に対する人々の関心は今も高く、関係者によれば、10年ほど前から焼きいもは戦後2度目、江戸時代から通算すると4度目の活況期を迎えているそうである²⁾。スーパーマーケットの店頭では電気式自動焼きいも機から焼きいもの香りが漂い、デパートの地階では独自に入手したサツマイモから作られた焼きいもやスイーツ類の販売店等が多くを客を集めている。このような状況の背景には、今世紀に入って、

それまでの品種に比べ食味の格段に優れた新品種が次々と登場したことも少なからず寄与していると思われる。

2 サツマイモの肉質とその判別

サツマイモの食味を決める主な要因は加熱調理後の甘さと食感（テクスチャーなどとも呼ばれる）である³⁾。加熱調理されたサツマイモの食感は、水気の少ないホクホクと、水が多いシットリ（あるいは、ネットリ）とに大別される。食感に関わるいもの特性を肉質と言い、ホクホクした食感に対応した肉質を粉質（ふんしつ）、シットリ、ネットリした食感に対応した肉質を粘質（ねんしつ）と呼ぶ³⁾。焼きいもの食感に関しては、ホクホクした食感の粉質系が伝統的に支持されてきたが、最近はシットリした食感の粘質系のサツマイモの方を好む傾向が見られるようである。肉質の違いは用途別加工適性にも大きく影響し、ペーストやパウダーなどに加工する場合は粉質系の品種が、干しいも原料用には粘質系の品種がそれぞれ適しているとされる。これらのことから、焼きいもや天ぷらなどとして消費される生食用および干しいも、ペーストなどの原料として消費される加工用のサツマイモの品種開発にあたっては、育成途

上の素材・系統の肉質調査が欠かせない。農研機構次世代作物開発センター等では現在、調査対象となる素材・系統等のいもを基準品種（「高系14号」）のいもと一緒に蒸し、両者を食べ比べることで肉質を判定している。基準品種の食感と差がない場合を“中”、それより明らかにホクホクしている場合を“粉質”、それより明らかにネツトリしている場合を“粘質”とし、これらに、“中”か“粉質”および“中”か“粘質”が明確に判定出来ない場合の“やや粉質”および“やや粘質”を加えた5段階に肉質を分類している。なお、最近は、“中”と“粘質”の間である“やや粘質”な肉質に対応した食感を“ネツトリ”とは別に“シツトリ”と表現することが多いようである。このような判定、分類の仕方は基準品種との比較に基づく相対的なものであるため、基準品種の肉質が収穫年次や栽培地などの違いによって変われば、判定結果も変わる可能性がある。また、判定する人の味覚や嗜好が結果に影響することも懸念される。そこで、これまでのような相対的で安定性に欠く恐れのある肉質評価法に代わり、肉質と関連が深い成分の量的あるいは質的特性に基づいて肉質を評価する方法が求められる。肉質と関連が深い成分として従来から知られているのは生いもでん粉含有率である。この値が高いいもは加熱調理した後にホクホクした食感を呈する、すなわち肉質が粉質になる傾向がある。しかし、上記のように食感に基づいて分類された肉質別の5つの塊根集団の中には各々のでん粉含有率の平均値間に統計的に有意な差が認められなかった組み合わせも存在した。また、 β -アミラーゼ活性を殆ど持たない「オキ

コガネ」等の品種では、生いもでん粉含有率が必ずしも高くない場合でも蒸しいもの肉質は粉質気味であった。これらの結果は、蒸しいもの肉質が生いもでん粉含有率によって一義的に決まらないことを示唆する。サツマイモを加熱調理するとでん粉が加水分解され、その含量が減少する。生いもでん粉含有率が高くても、加熱に伴って加水分解される割合が多ければ、蒸しいもに残存するでん粉の含量は低下する。したがって、蒸しいもの肉質とでん粉含有率との関連を検討するには、生ではなく蒸したいもでん粉含有率を調べる必要があると考えた。

3 蒸しいもにおけるでん粉の残存率

サツマイモを加熱すると、いも内部に含まれるでん粉が糊化し、 β -アミラーゼと呼ばれる酵素が触媒する加水分解反応によってマルトースが生成する。でん粉はこの酵素反応で完全には分解されず、その一部が β -リミットデキストリンと呼ばれる非構造的な多糖類の形で加熱後のいもに残存する。先に述べた、 β -アミラーゼ活性を殆ど持たない品種の蒸しいもの肉質が粉質傾向であることは、残存するでん粉が多いことで説明できると考えられる。そこで、 β -アミラーゼ活性が高ければマルトース生成量が多くなり、その分、加熱後のいもに残存するでん粉は少なくなると仮定して、 β -アミラーゼ活性のレベルが異なるサツマイモ品種について、蒸しいもに残存するでん粉の含量を調べた。 β -アミラーゼ活性の高い品種として「べにはるか」と「ひめあやか」、活性が中程度の品種として「高系14号」と「タムユタカ」、活性を殆ど

持たない品種として「オキコガネ」と「サツマヒカリ」をそれぞれ供試した。蒸しいもに含まれるでん粉はゲル化しており、生いものように沈澱させてから重量を測定する方法ではこれを定量できないので、 α -アミラーゼやアミログルコシダーゼなどのエキソ型でん粉分解酵素によって分解し、生じたグルコースを定量する方法を用いて換算定量した。この方法（以下では、グルコース換算法と呼ぶ。）で測定した生塊根のでん粉含量の値は従来法である沈澱物の秤重によって得られた値と良く一致し、グルコース換算法で得られたサツマイモ塊根のでん粉含有率の値は従来の沈澱法で得られた含有率の値と同様に扱うことが出来ることが確認された⁴⁾。そこで、生いもおよび蒸しいものでん粉含有率をグルコース換算法で測定し、その比からでん粉残存率を算出した。表1に示すように、 β -アミラーゼ活性の高い品種では蒸した塊根におけるでん粉残存率が約47%であったが、中活性および極低活性品種における残存率はそれぞれ約62%、約93%であった。すなわち、 β -アミラーゼ活性が高い品種ほどでん粉

が加熱調理後の塊根に残存する割合が低かった。

4 でん粉残存率と β -アミラーゼ活性

サツマイモを加熱すると、いもに含まれるでん粉が β -アミラーゼによって加水分解され、マルトースが生じる。生成したマルトースの重量を0.95倍すると、元になったでん粉の加水分解量が算出できる（でん粉はグルコース分子から水分子が外れた α -グルコース単位（ $C_6H_{10}O_5$ ）の重合体であるので、マルトース（ $C_{12}H_{22}O_{11}$ ）の重量を約0.95倍した値が相当するでん粉の重量になる）。いもの重量当たりのマルトース生成量が蒸しいもにおけるマルトースの重量含有率（wt.%）に等しいと仮定して、マルトース生成量に相当するでん粉の加水分解量を算出した結果、でん粉の加水分解量は蒸す前後のでん粉の含量の変化とはほぼ一致した（図1）。すなわち、サツマイモを加熱調理すると、 β -アミラーゼを触媒とした加水分解によるマルトース生成量に相当する量のでん粉が減少すると考えられた。

表1 β -アミラーゼ活性によってグループ分けされたサツマイモ品種群の蒸しいもにおけるでん粉残存率

供試試料*		残存率(%)**
高活性品種	(n=12)	47.31 ± 6.39 ^a
中活性品種	(n=11)	61.58 ± 10.26 ^b
極低活性品種	(n=11)	93.19 ± 5.78 ^c

*：高活性品種：「べにはるか」(7)、「ひめあやか」(5)、中活性品種：「高系14号」(6)、「タマユタカ」(5)、極低活性品種：「オキコガネ」(7)、「サツマヒカリ」(4) ()内は供試数。

**：蒸しいものでん粉含有率／生いものでん粉含有率×100。異なる英文字を付した数値間には有意差(p < 0.001)がある。

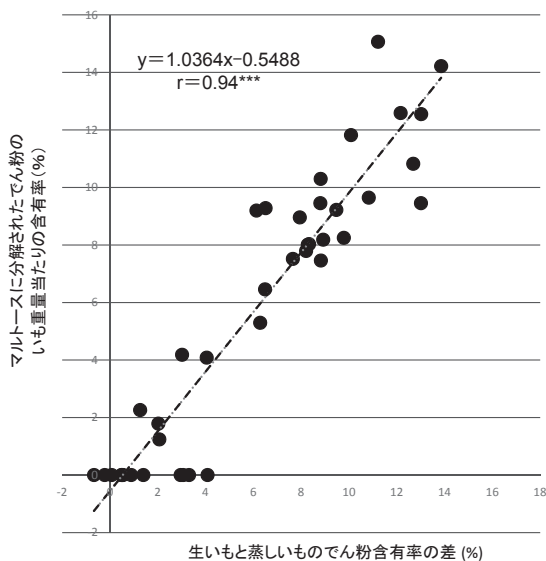


図1 生いもと蒸しもものでん粉含有率の差とマルトースに分解されたでん粉のいも重量当たりの含有率との関係

*** : 0.1%水準で有意 (n = 40)。

蒸しもものでん粉分解率 (100 - でん粉残存率で定義) は生いもの β -アミラーゼ活性と高い正の相関 ($r = 0.77^{***}$, $n = 34$) を示し (図2)、 β -アミラーゼ活性が高いほどマルトース生成量が増える結

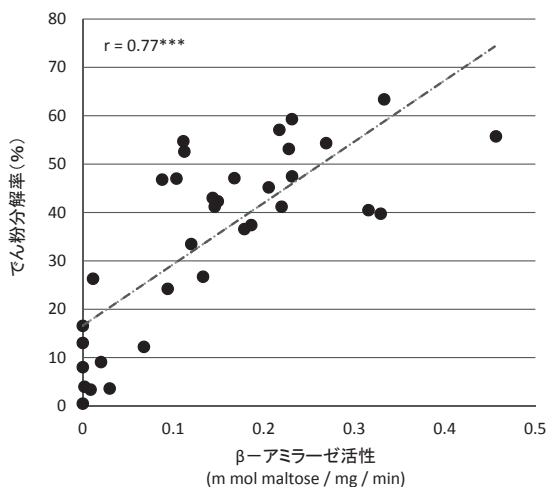


図2 生いもの β -アミラーゼ活性と蒸しもにおけるでん粉分解率との関係

でん粉分解率 = $100 - \text{蒸しもものでん粉含有率} / \text{生いものでん粉含有率} \times 100$

*** : 0.1%水準で有意 (n = 34)。

果、でん粉分解率が高くなると考えられた。

5 蒸したサツマイモの肉質とでん粉含有率

蒸したサツマイモの肉質と生いもおよび蒸しもものでん粉含有率との関係を図3に示した。5段階に分類した肉質にそれぞれ1～5の数値 (肉質指数と呼ぶ。) を当てはめ、肉質とでん粉含有率との相関を調べた。生いものでん粉含有率とは異なり、蒸しもものでん粉含有率は蒸しももの肉質が粘質方向に変化するに従って低下した。また、生いものでん粉含有率では、肉質が“やや粘質”な塊根の含有率より肉質が“中”あるいは“やや粉質”の含有率の方が高くなる逆転現象が認められた。これは、肉質が“やや粘質”ないもの多くを占める β -アミラーゼ活性の高い品種では、肉質との関連が密接な蒸しもものでん粉含有率と生いものそれとが大きく乖離したためと考えられた。

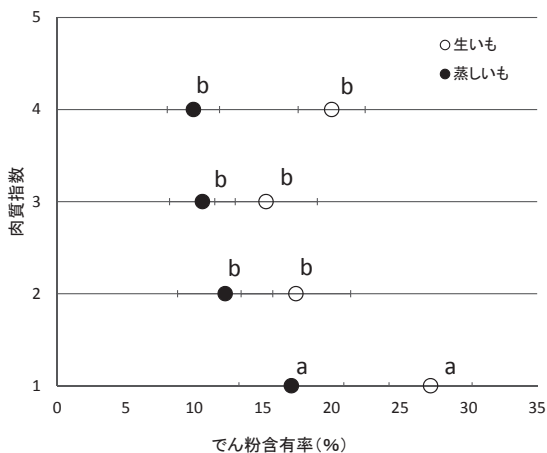


図3 蒸しももの肉質指数と生いもものでん粉含有率との関係

肉質指数 (基準品種の肉質と比べて) : 1 ; 粉質、2 ; やや粉質、3 ; 同等、4 ; やや粘質、5 ; 粘質。

基準品種 : 「高系14号」

各点は同一肉質指数の塊根集団におけるでん粉含有率の平均値を、横棒は標準偏差をそれぞれ表す。

生いも、蒸しも各々において、異なる英文字を付した数値間には有意差 ($p < 0.05$) がある。

6 おわりに

β -アミラーゼ活性レベルの異なるサツマイモ品種を供試して、蒸しいものでん粉含有率と肉質との関係を調べた。活性の高い品種（「べにはるか」、「ひめあやか」）の蒸しいものでは加熱前のでん粉の約47%が残存したが、活性が中程度の品種（「高系14号」、「タムユタカ」）、活性を殆ど持たない品種（「オキコガネ」、「サツマヒカリ」）のでん粉残存率は各々約62%、約93%であった。生いもと蒸しいものでん粉含有率の差は蒸しいもののマルトース含有率から見積もられた塊根重量当たりのでん粉分解量と一致し、また、でん粉の分解率は生いもの β -アミラーゼ活性との正の相関を示した。蒸しいもの肉質は生いもより蒸しいものでん粉含有率との関連が認められた。以上の結果から、蒸したサツマイモには β -アミラーゼによってマルトースに分解されなかったでん粉が残存し、その含有率が蒸しいもの肉質の違いに関わると考えられた。

β -アミラーゼ活性を殆ど持たない品種では、蒸しいものでん粉含有率が生いもにおける値から殆ど低下しないため、同程度のでん粉含有率で β -アミラーゼ活性をもつ他の品種に比べ、肉質がより粉質になると推察された。

本稿は筆者らによる論文（日本食品科学工学会誌 第64巻p.59-65）⁴⁾に基づくもので、論文中的図、表は、いくつかを一部改変したうえで引用したが、紙面の都合上省略したものもある。それらは原著をご参照いただきたい。

引用文献

- 1) 農林水産省政策統括官付地域作物課、いも・でん粉に関する資料2016（2016）
- 2) 狩谷昭男、焼きいも事典 pp.84-85（2014）
- 3) 吉永優、焼きいも事典 pp.38-40（2014）
- 4) 中村善行ら、日本食品科学工学会誌 64：59-65（2017）。