

いも類の機能性 “アントシアニン色素と健康”



大妻女子大学 津久井亜紀夫

1. 野菜や果実の色と食生活

食品の「色」は味や香りと同じ嗜好成分であり、食品機能の一つ「おいしさ」の要因でもある。日本人は目で食欲を感じるといわれているように、食卓を彩る料理の色は食生活に潤いを与え、より美しく食事を演出し楽しくしてくれる。例えば、食材の色を大切にした日本料理に刺身の盛り合わせがある。これは鮪の赤身に対比した鯛、鰯、イカの白身、緑のパセリや青シソ、白の大根ツマが彩りを与えている。食品の色を上手に使いこなすことが食生活を豊にしてくれる。野菜や果実に含まれる色の成分にはクロロフィル、カロテノイド、フラボノイドが知られている。クロロフィル（葉緑素）は自然界に最も多く私たちの身近な色である。ハウレン草、シュンギク、キュウリからクロレラやスピルリナなどの藻類に幅広く含まれ、植物の生命を支える光合成の役割をしている。カロテノイドは赤色のカロテン類（ α -カロテン、 β -カロテン、 γ -カロテン、リコペン）と黄～黄赤色のキサントフィル類（ルテイン、クリプトキサニンなど）に分けられる。ニンジン、カボチャなどに含まれ β -カロテンはプロビタミンA（体内でビタミンAに変換する）の働きがある。またトマトに含まれるリコペンはガンを引き起こすとされる活性酸素

も消去する働きがビタミンEの約100倍以上である。フラボノイドはクリーム色から黄色をあらわすフラボノイド類（狭義のフラボノイド）とアントシアニン類（広義のフラボノイド）に分けられる。狭義のフラボノイド類にはフラバノン（柑橘類に含まれるヘスペリジン、ナリンゲニン）、鮮黄色のフラボノール（タマネギに含まれるケルセチン 4'-グルコシド）、フラボン（セロリに含まれるアピゲニン、ルテオリン）、無色に近い色のイソフラボン（大豆に含まれるダイゼイン、ゲニステイン）、フラバノノールである。アントシアニンは下記に詳しく述べる。

2. ポリフェノールの仲間 “アントシアニン”

ポリフェノールとはベンゼン環（亀の甲の形をしている構造）に複数の水酸基（OH基）を持つ化合物の総称とされ、フラボノイド以外のポリフェノール成分ではクロロゲン酸（コーヒー豆、サツマイモ、ゴボウなど）、クルクミン（ウコン、ショウガ）、カカオマスポリフェノール（チョコレート、ココア）、カテキン（緑茶、紅茶、りんご、柿など）など数百種が知られている。これらは緑色植物が光合成によってできた成分であり植物のほとんどは自ら生産した少量

のポリフェノールにより太陽光の紫外線から防御する役割を果たしている。フラボノイドの一つアントシアニン^{しほ}は花色のほかナス、シソ、赤キャベツ、ブドウ、イチゴ、ベリー類など野菜や果実の赤、紫、青および、その中間色をした美しい天然の色素である。昔からアントシアニンは、シソによる梅漬けや紅生姜の着色、焼きミョウバンによるナス漬け、鉄による黒豆の黒色の固定、ナスとシソの色を利用した京都大原の生柴漬^{しほ}け、赤ワインやジャムなどの加工品、新鮮な野菜や果物の色を用いたサラダなど、私たちの食生活のなかに定着し親しまれている。最近、サツマイモ塊根やジャガイモ塊茎の果肉に赤や紫色をした品種が出回りジュース、チップス、菓子、アイスクリームなどの加工品が珍しさもあってか多くの人に知られるようになった。

このアントシアニン（Anthocyanin）の名はギリシャ語のanthos（花）とcyanos（青）に由来し「花の青色成分」という意味である。アントシアニンとアントシアニジンの総称をアントシアンと呼んでいる。アントシアニンの基本骨格はアグリコン（糖以外の部分）であるアントシアニジン

（図1）に糖が結合した配糖体として存在するが、アントシアニジンとしては新鮮な野菜や果実には見出されていない。アントシアニジンは酸素がプラス（+）に荷電したフラビリウム（2-フェニルベンゾピリリウム）カチオンをしており、これが発色団である。通常、野菜や果実に見出されているアントシアニジンはペラルゴニジン、シアニジン、デルフィニジン、ペオニジン、ペチュニジン、マルビジンの6種類のみである（表1）。このアントシアニジンの違いはA環とC環は同じ構造をしているが、B環の水酸基（-OH）とメトキシ基（-OCH₃）の数により異なる。つまりB環の水酸基の数が増えると青色へと変化し、メトキシ基（-CH₃）が増えると赤色へと変化する（図2）。アントシアニンは限られた6種類のアントシアニジンに糖や有機酸が組み合わされて多様な構造をとるため400種ほどのアントシアニンが存在する¹⁾。

3. アントシアニンを含有するサツマイモとジャガイモの品種

(1) サツマイモ

サツマイモはヒルガオ科に属する塊根植

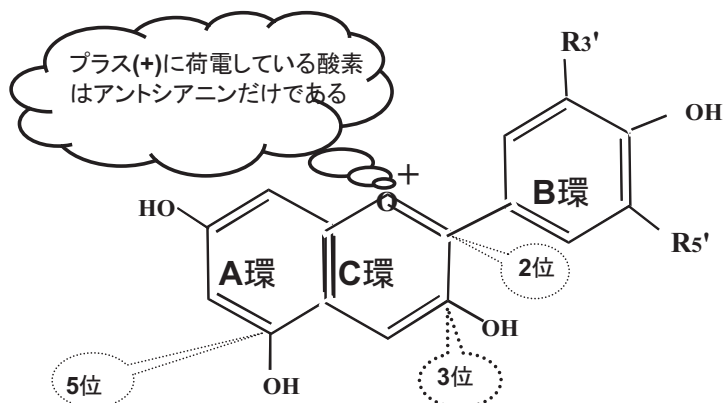


図1 アントシアニジン（アグリコン：アントシアニンの基本骨格）

表1 野菜・果実にみられるアントシアニン

アグリコン (アントシアニン)	B 環		色	いも類(品種名)
	R ₃ '	R ₅ '		
ペラルゴニン	H	H	赤橙	赤ジャガイモ(インカレッド、ノーザンルビー)
シアニン	OH	H	赤紫	赤紫サツマイモ(備瀬、宮農36号、種子島紫など)
デルフィニン	OH	OH	青	
ペオニン	OCH ₃	H	赤	赤紫サツマイモ(山川紫、アヤマラサキ、ムラサキマサリ、パープルスイートロードなど)
ペチュニン	OCH ₃	OH	青紫	紫ジャガイモ(インカパープル、キタムラサキ、シャドーQueen)
マルビン	OCH ₃	OCH ₃	紫青	

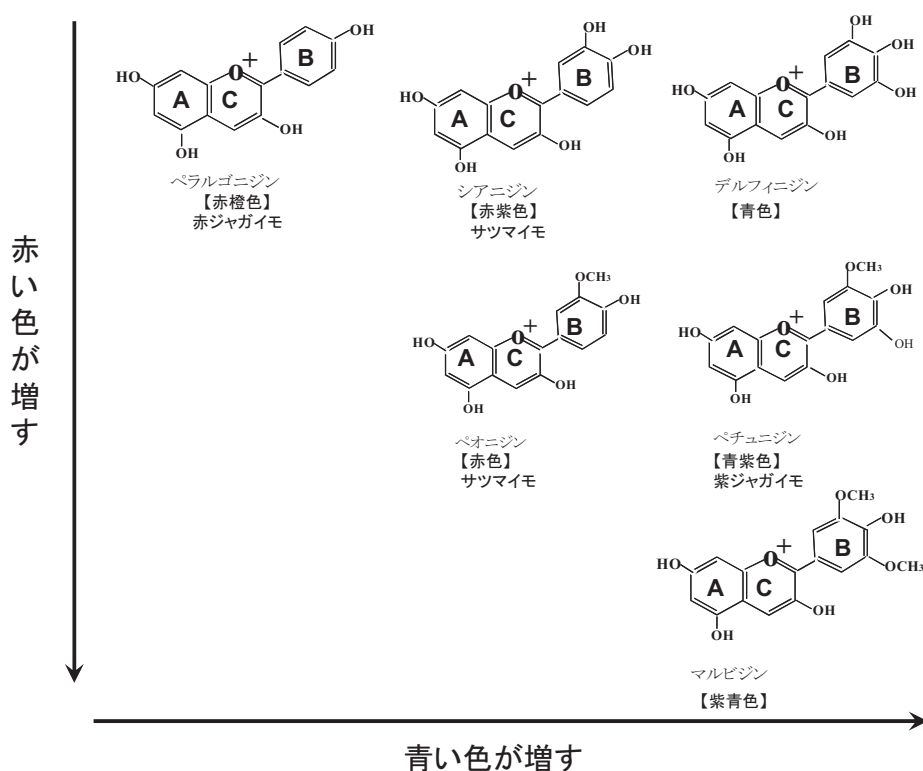


図2 アントシアニジンと色調

物で、中米メキシコ南部が原産地とされている。サツマイモの品種は世界中で2000～3000種ぐらいあるといわれている。日本では江戸時代以降に外国から導入された品種と、それらの変異種が在来品種として栽培されている。サツマイモは青果用、加工用、

デンプン原料用、飼料用と極めて用途は広いが、最近では機能性や加工性を高め、時代の要請に応じた新しい品種の育種に研究が注がれている。その一つに塊根内部が赤紫色したアントシアニン含有の品種が注目されている。

「備瀬」来歴は不明。沖縄県読谷村で最も多く作られている品種。表皮は白色、塊根内部が紫紅色。アントシアニン量33mg/100g。「宮農36号」1947年に宮古農事試験場で育種。表皮は赤紫色で、塊根内部は紫紅色。1972年に読谷村に導入されたことから、俗に“読谷紅いも”という。「種子島紫」在来種、食味良好である。アントシアニン量180mg/100g。「山川紫」来歴は不明。表皮と塊根内部が紫色。糖分が少なく食味はよくない。主に食用色素、ペースト、フレークに利用。アントシアニン量680mg/100g。「アヤムラサキ」1995年に品種登録された。表皮は暗赤紫色、塊根内部は濃紫色で、主に食用色素として用いられている。アントシアニン量730mg/100gと多い。「ムラサキマサリ」2001年に命名登録。表皮は暗赤紫色、塊根内部は濃紫色で、アントシアニン量が多い。ペーストやパウダーなどの加工用に適する。「パープルスイートロード」2002年に命名登録。表皮は濃赤紫色、塊根内部は紫色で食味良好である。

(2) ジャガイモ

ジャガイモはナス科に属する塊茎植物で、南米の標高3,000～4,000mの中央アンデス高地が原産地とされる。北米では、肉色が紫～青色のジャガイモをブルーポテトと呼び「オールブルー」、「デルタブルー」、「ベルビアンブルー」などの品種がある。また表皮のみが赤色のジャガイモは「紅丸」、「アンデスレッド」、「ベニアカリ」、「アイノアカ」、「ジャガキッズパープル」、「レッドムーン」、「花標津」、「ロザンナ」が知られている。(独)農業技術研究機構 北海道農業研究センター ばれいしょ育種研究室では*S.tuberosum* ssp. *Andigena* L.を母体

として、次のような塊茎内部が赤および紫色をしたアントシアニンを含有する品種が育種された²⁾。

赤ジャガイモ:「インカレッド」2002年に農林46号として登録。楕円形、表皮は淡赤色、塊茎内部が赤色である。調理用。アントシアニン量154mg/100g。「ノーザンルビー」2006年に農林56号として登録。長楕円形、表皮は赤色、塊茎内部は赤色である。調理用。アントシアニン量195mg/100mg。

紫ジャガイモ:「インカパープル」2002年に農林45号として登録。楕円形、表皮と塊茎内部が紫色である。調理用。230mg/100g。「キタムラサキ」2004年に農林50号として登録。倒卵形で、表皮と塊茎内部が紫色である。調理用。265mg/100g。「シャドークイーン」2006年に農林57号として登録。長楕円形で、表皮は紫色、塊茎内部は濃紫色である。調理用。アントシアニン量816mg/100g。

4. サツマイモとジャガイモのアントシアニンは違う

一般にアントシアニンは水溶性でpH、温度、光、酸素および食品成分(無機塩、有機酸、糖、フェノール、L-アスコルビン酸、過酸化水素など)の影響により色調が変化し、退色することは以前から指摘され加工過程において問題とされていたが、紫サツマイモの出現により優れた色調を有し、退色しにくい安定性の高い色素製剤として需要が年々増加してきている。サツマイモアントシアニンの数は約14～17種類で、いずれの品種も主要なアントシアニンは8種類である。アントシアニンを構成しているアントシアニジンはシアニジン系と

ペオニジン系に分類される。シアニジン系には「備瀬」、「宮農36号」、「種子島紫」など、ペオニジン系には「アヤマラサキ」、「山川紫」、「ムラサキマサリ」および「パープルスイートロード」などの品種がある（表2）。主要アントシアニンにはシアニジン系とペオニジン系が4種類ずつ含まれ、いずれも両アントシアニジンの3位にコーヒー酸が結合したソフォロース（グルコースが β 1,2結合した二糖類）、5位にグルコースが結合したアシル化アントシアニン

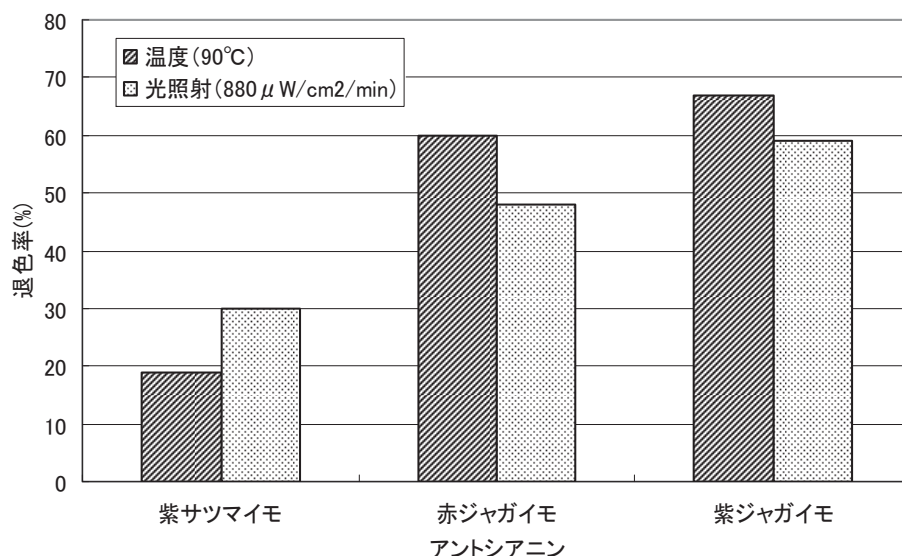
である。このアシル化アントシアニンの4種類ずつに、さらに水素、コーヒー酸、*p*-ヒドロキシ安息香酸、フェルラ酸が結合しており、6種類はポリアシル化アントシアニンである（図4）。備瀬や種子島のシアニジン系アントシアニン（C-1～C-4）の構成割合は10～30%、アヤマラサキや山川紫のペオニジン系アントシアニン（P-1～P-4）の構成割合も7～30%であり、いずれもほぼ同じ構成割合であった（表2）。そのため温度および光照射という過酷な条

表2 紫サツマイモアントシアニンの構成割合

アントシアニン	構成割合(%)										その他*
	シアニジン系アントシアニン					ペオニジン系アントシアニン					
	C-1	C-2	C-3	C-4	合計	P-1	P-2	P-3	P-4	合計	
備瀬	12	30	18	18	78	2	1	0	1	4	18
種子島紫	24	10	26	10	70	5	2	7	2	16	14
アヤマラサキ	6	4	2	7	19	20	17	7	30	74	7
山川紫	10	3	5	4	22	25	7	7	13	52	25

*その他は主要アントシアニン以外のアントシアニン

図3 サツマイモとジャガイモアントシアニンの安定性



紫サツマイモ: 山川紫、赤ジャガイモ: インカレッド、紫ジャガイモ: インカパープル
加熱温度時間および光照射時間は、それぞれ9時間である。

件でも紫サツマイモアントシアニンは退色率が低く、安定であった（図3）。この理由は、ほぼ同じ割合のポリアシル化アントシアニンが3種類ずつサツマイモアントシアニンを構成していること、また側鎖の2種類の有機酸がアントシアニジンを挟み込んだ分子内会合をとってフラビリウムカチオンを保護するため水和されず安定になっていると考える（図4）³⁾。

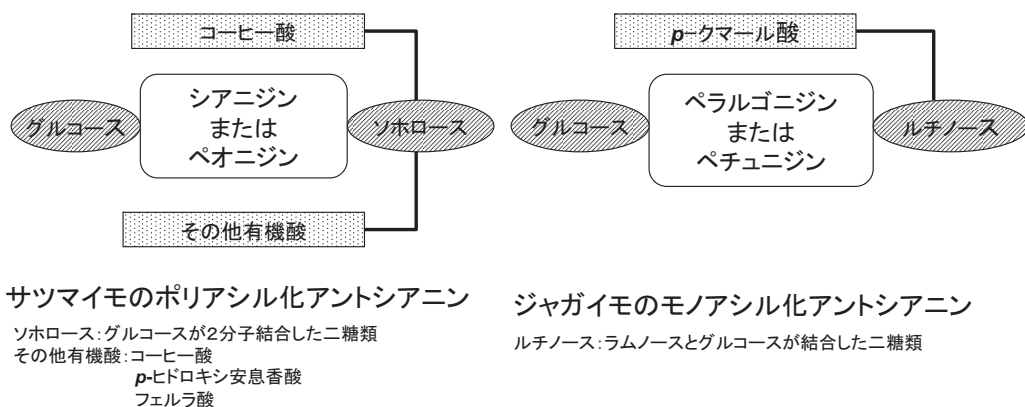
一方ジャガイモはアントシアニンの数が12～15種類と多いが、赤ジャガイモのペラニン（構成割合68%）と紫ジャガイモのペタニン（構成割合49%）が主要アントシアニンで、ほぼ単一である。アントシアニジンはペラニンがペラルゴニジン、ペタニンがペチュニジンであり、この両アントシアニジンの3位に κ -クマール酸が結合したルチノシド（ラムノースとグルコースが結合した二糖類）、5位にグルコースが結合したモノアシル化アントシアニン（図2）であった。この両アントシアニンのペラニンとペタニンには κ -クマール酸が一個結合しているため分子内会合が弱くなりサツマイモアントシアニンより安定になりにく

いためである⁴⁾。

5. アントシアニンの機能性

アントシアニンは酸性領域では比較的安定であるが中性領域では不安定で速やかに分解され退色する性質があるため、以前生理機能性を有しているとは考えられていなかった。しかしアントシアニンが抗酸化性やラジカル消去のあることが知られ、様々な生理機能性を有していることがわかってきた。

アントシアニンの機能性の発端は第二次世界大戦中の英軍パイロットがブルーベリージャムを食べて暗所で視力が改善したという有名な話があり、ブルーベリーは目に良いということがいわれ多くの人の注目するところとなった。ブルーベリーには品種が150種以上あるが、北欧産野生種のビルベリー（ブルーベリーの原生種）やカシス（黒フサスグリ）にはアントシアニンが果皮だけでなく果肉にも含まれ栽培用のブルーベリーより豊富に含まれている。このビルベリーとカシスが視覚機能や眼精疲労の改善に効果のあることがわかり、日常的



※サツマイモのポリアシル化アントシアニンはコーヒー酸とその他有機酸により挟み込んで安定になりやすいが、ジャガイモのモノアシル化アントシアニンは p -クマール酸が1つのみであるので安定は弱くなる。

図4 いもアントシアニンの構成と自己会合モデル

に目を酷使している人にとって朗報となった。これはアントシアニンが体内に吸収されることが前提でイソフラボン（ダイズ）、カテキン類（緑茶、カカオ）より吸収が低い。しかしシアニジン3-グルコシド、シアニジン3,5-ジグルコシド、さらにカシスアントシアニンのデルフィニジン3-ルチノシド、シアニジン3-ルチノシドなどの非アシル化アントシアニンが吸収され毛様体筋の弛緩作用のあることがわかった⁵⁾。また（独）農業・食品産業技術総合研究機構産学官連携センターの須田ら⁶⁾は紫サツマイモアントシアニン（「アヤムラサキ」、「ムラサキマサリ」）の濃縮物を経口投与すると、分子量の大きいポリアシル化アントシアニンが吸収されラット血漿中の抗酸化活性やラジカル消去活性が高まるという。さらに肝機能改善効果、血圧上昇抑制効果、血流流動性改善効果などの生理機能など、いくつか注目された報告がある。一方、紫および赤ジャガイモのアントシアニンでは胃がん増殖の抑制、抗インフルエンザウイルス活性、血圧上昇抑制効果などin vitro（試験管内）での生理機能性の報告がある。また赤ジャガイモ、紫ジャガイモ、紫サツマイモ、シソ、赤キャベツの各アントシアニンについて血圧評価（アンジオテンシンⅠ変換酵素（ACE）阻害活性）ではジャガイモアントシアニンはサツマイモ、シソ、赤キャベツの各アントシアニンに比べACE阻害活性が高く、また紫ジャガイモは赤ジャガイモよりACE阻害活性が高いことが認められている⁷⁾。

6. おわりに

食品成分の3次機能の研究が著しく進ん

でいるなか、アントシアニンは抗酸化性を示す食品成分の一つとして健康維持に大きく貢献しつつある。先頃、名古屋市において5th International Workshop on Anthocyanin 2009 (IWA2009)が開催され、アントシアニンに関する発表は広範囲で内外の研究者が一同に集まり発表が行われた。なかでも食用色素としての利用や安定性の他、食品の機能の立場ではアントシアニンが生態調節機能や種々の疾病を予防するという報告が目立っている。このように生態調節機能の研究が大きく前進しているのはアントシアニンが純粋な化合物として得られ、その構造がわかっているため加工過程での安定性やヒトや動物での吸収・代謝が明らかになってきている。それだけでなく他の食品成分との相互作用についても興味あるデータが示され、さらに今後研究が進展していくものと考えられる。

引用文献

- 1) 寺原典彦：アントシアニンの性質、アントシアニン（大庭理一郎、五十嵐喜治、津久井亜紀夫編著）、建帛社、2000、p1-17
- 2) 森元幸：情報コーナー「ブランドニッポン」開発品種（2）、月報 野菜情報、2006年12月
- 3) 津久井亜紀夫：紫サツマイモアントシアニンの加工特性（総説）、日本食生活学会、15、222-228（2005）
- 4) 津久井亜紀夫：有色馬鈴薯の加工利用技術の開発. アントシアニンの科学（津田孝範、須田郁夫、津志田藤二郎編著）、建帛社、2009、p267-285
- 5) 平山匡男：アントシアニンの視覚改善

- 機能. アントシアニンの科学 (津田孝
範、須田郁夫、津志田藤二郎編著).
建帛社、2009、p108-131
- 6) Suda I et al: Direct absorption of
acylated anthocyanin in purple-
fleshed sweet potato into rats. J
Agric Food Chem 2002; 50 ; 1672-1676
- 7) 村上智子ほか：有色馬鈴しょに含まれ
るアントシアニン色素のアンジオテン
シン I 変換酵素 (ACE) 阻害活性に
ついて、日本食品科学工学会第51回大
会、2004