

イチゴ果実の色素アントシアニン

野菜・茶業試験場 久留米支場 三浦 周行

野菜はいろいろな色を呈している。ほとんどの野菜の葉などは緑色をしているが、もちろんクロロフィル色素による。その他、ニンジン肥大根、トマト果実およびスイカ果肉などは橙色あるいは赤色をしているが、カロチノイドを多量に含むことによる。また、赤シソの葉、ハツカダイコンの肥大根、ムラサキキャベツの葉およびナス果実などは紫色あるいは赤色を呈し、これはアントシアニンによる。さらに、あまり知られていないが、ハウレンソウの葉柄基部の赤色はベタシアニン（主要な一つはアマランチン、図-1）である。クロロフィルおよびカロチノイドは細胞内の色素体に含まれるのに対して、アントシアニンおよびベタシアニンは液胞の細胞液中に、それらの語尾から分かるように、配糖体として存在している。

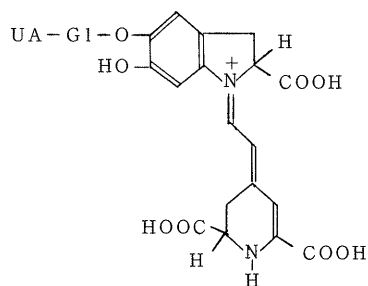


図-1. アマランチン

G1: グルコース, UA: ウロン酸

うか。イチゴ果実を洗うと、赤色色素が容易に水に溶け出すので、アントシアニンであることが予想される。なお、アグリコンはアントシアニンと言われる。

そこで、岩波の『生物学辞典』第3版（1983年、初版は1960年）で、アントシアニンの項（41ページ）を調べる。アントシアニンの構造および種類の次に、『フラガリン（*fragarin*）はオランダイチゴの果実に含まれる』とあり、そこに構造式が示してある。中央のピリリウム環の3の位置にガラクトースがグリコシド結合、B環の3'と4'位に水酸基が付いている。従って、これはシアニジン 3-ガラクトシドである。なお、オランダイチゴとは世界で現在栽培されている大部分のイチゴ（*Fragaria* × *ananassa*）のことである。

次に、共立出版の『化学大辞典 7』（1981年、初版は1961年）のフラガリン〔英 *fragarin*, 独 *Fragarin*〕の項（936ページ）を見ると、『 $C_{21}H_{21}ClO_{10} = 469$. アントシアニンの一つ。存在 バラ科 *Fragaria vesca* L. の果実。』などとあり、構造式が示してある。ピリリウム環は上と同じであるが、B環の4'位のみに水酸基が付いている。従って、これはペラルゴニジン 3-ガラクトシドである。*Fragaria vesca* は野生種である。

それではイチゴ果実の赤色の色素は何である

どちらが正しいのだろうか。いくつか文献を集めると以下のことが分かった。

イギリスのロビンソンは、1933年に行われた講演の中で、未発表の自分たちの分析結果を引用して、野生種 *Fragaria vesca* の果実の色素は、ペラルゴニジン 3-ガラクトシドであるとし、*fragarin*と命名した。しかし、これまでにその分析結果を書いた論文は発表されていない。

一方、1948年にアメリカのゾンドハイマーらは、栽培種 *Fragaria* × *ananassa* 果実の色素の全部あるいはほとんどが、既にカリステフィン(図-2, *Callistephin*, エゾギク *Callistephus chinensis* の紅紫色の花から抽出された)と命名されていたペラルゴニジン 3-グルコシドであることを報告した。すなわち、糖はガラクトースではなくて、グルコースであった。

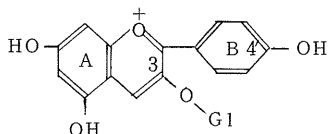


図-2. ペラルゴニジン 3-グルコシド(カリステフィン)

G1: グルコース

これに対して、1955年にロビンソンらは、1933年に発表した結果は溶液の呈色反応によるものであり、正確な糖の同定に関してはクロマトグラフィによる検討が必要であるとして、栽培種 *Fragaria virginian* (現在はあまり栽培されていない)の果実の色素を分析したところ、先に発表したペラルゴニジン 3-ガラクトシドではなくて、ペラルゴニジン 3-グ

ルコシドであったと報告した。野生種 *Fragaria vesca* については、十分な試料が得られなかったとして、結果は書かれていない。その後、ロビンソンらによる *Fragaria vesca* 果実のアントシアニンについての報告はない。

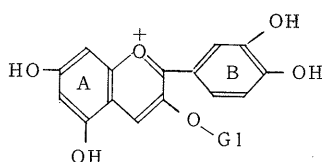
従ってフラガリンはロビンソンらの勇み足であったようだ。生物学辞典の項はイチゴの種名についてはあまり問題にしないとしても、構造式が間違っており、化学大辞典の項の方がロビンソンの発表内容に一致していたが、いずれにしても、両辞典が出版された時点では、ロビンソンらは実質的に誤りを認めているので、フラガリンの項を入れたこと自体が不適切であったと思われる。

現在では、栽培種の果実には少なくとも6種(表-1)のアントシアニンが含まれているとされている。そのうち、一般的に最も多量に含まれているのが、ペラルゴニジン 3-グルコシド(P1 3-G1)であり、次いで多いのがシアニジン 3-グルコシド(Cy 3-G1, 図-3, キクの赤色花から抽出され、クリサンテミンと言われる)である。例えば、品種マールシャルの果実には、ペラルゴニジン 3-グルコシドが80~90%, シアニジン 3-グルコシドが10~20%含まれていた。その他は4種のペラルゴニンであるが、まだそれらの糖は同定されていない。そのなかの一つはモノサイド(未同定2)であるが、品種による含量の変動が大きく、ある品種ではシアニジン 3-グルコシドより含量が多い。我が国の品種においても、果実の紅色の濃淡や色調を詳細に比較すると、品種によりかなり変動があるので、これらのアントシアニンの含量や存在比率がかなり異なる

表－1. カナダのイチゴ品種の果実に含まれる6種のアントシアニンの量的比較（フレキ，1969）

++++: 多量, +++: 中位, ++: 少量, +: 微量.

品 種	ア ン ト シ ア ニ ン					
	未同定1	P1 3-G1	未同定2	Cy 3-G1	未同定3	未同定4
Acadia	+	++++	<+	++	+	+
Gorella	+	++++	<+	++	+	<+
K 60-98	+	++++	<+	+++	+	+
K 63-280	+	++++	+++	++	+	+
Midway	+	++++	<+	++	+	<+
NJ 857	+	++++	+	++	+	<+
Redcoat	+	++++	+	+++	+	+
Senga Sengana	+	++++	++	+++	+	+
Sparkle	+	++++	+	++	<+	<+

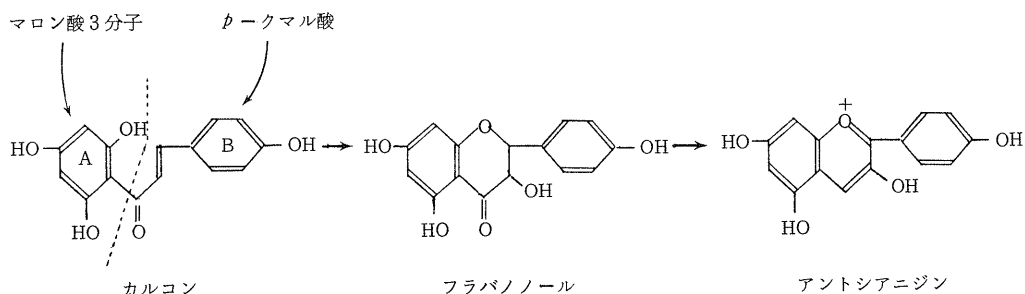


図－3. ジアニジン 3-グルコシド（クリサンテミン）

ものと思われる。

イチゴ果実におけるアントシアニンの生合成

経路については研究が少ないが、他の植物での研究結果と合わせると、図－4のように推定されている。酢酸・マロン酸経路からA環，シキミ酸経路からB環とそれに続く三つの炭素骨格（フェニルプロパノイド）がそれぞれ生産され、両者が、まだ中央の環が完成していないカルコンとなって結合した後、アントシアニンが生成される。糖はどの段階でどのように結合するか分かっていない。



図－4. アントシアニンの植物体における生合成過程