

[07]生食用ブドウの果色と果皮アントシアニンとの 関係：果色育種への応用

白石, 眞一
九州大学大学院農学研究科農学専攻：果樹生産学

渡部, 由香
九州大学大学院農学研究科農学専攻：果樹生産学

<https://doi.org/10.15017/13933>

出版情報：九州大学農学部農場報告. 7, pp.1-72, 1994-03-25. University Farm, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

第8章 総合考察

生食用ブドウの果色に関する育種は、果色を白、赤、黒に大別し、その遺伝性を調査した研究によるものがほとんどである (Barritt and Einset, 1969)。ブドウの果色に寄与している色素はアントシアニンであるが、その種類と果色との関係を調査した研究は少ない。

黒色品種の‘巨峰’はマルビジン配糖体を主要アントシアニンとし (芥田・松富, 1976 a), 赤色品種の‘Flame Tokay’や‘Delaware’はシアニジンやペオニジン配糖体を主要色素とする (Akiyosi *et al.*, 1963; 芥田・松富, 1976 b) ことから、果皮アントシアニンの種類が果色の変異に関与していると推察される。

本研究ではまず、多数の品種を用いて、ブドウ果皮アントシアニンの組成を調査し、その生合成経路に基づいて分類を行った。さらにアントシアニン組成とブドウ果色の関係を調査し、目的とする果色の育成のために必要なアントシアニン組成を明らかにした。

花卉中にブドウ果皮と同様のアントシアニン組成を持っているアザレアやペチュニアで、アントシアニン生合成の経路に関与する遺伝子が明らかにされており (Heursel and Horn, 1977; Wiering, 1974), これらの報告からブドウ果皮におけるアントシアニンのB環に関する生合成経路を推定し (第2図), ブドウ品種を5つに分類した。

タイプIは主要アントシアニンとして、アントシアニンB環のメチル化や5'位のヒドロキシル化が進まないシアニジンを含むグループであり、タイプIIは3'位のメチル化が進んだペオニジンを多く含むが5'位のヒドロキシル化は起こりにくい品種群である。さらにタイプIIIはメチル化色素を持たず、アントシアニンB環の5'位のヒドロキシル化が進んだデルフィニジンを主要色素とする品種群である。また、5'位のヒドロキシル化が起こり、さらに3'位5'位のメチル化が進み、マルビジン以外のアントシアニンを含むタイプIV、アントシアニン生合成の最終産物であるマルビジンを多く含むタイプVがある (第2, 3, 4表)。

ヨーロッパブドウにはタイプI, II, Vが見いだされ、タイプIII, IVは見られなかったことから、この種はアントシアニンB環のヒドロキシル化が進むと同時にメチル化も進むと考えられた。アメリカブドウ原種に最も近い品種は、タイプIIIやタイプIVのグループに入り、ヒドロキシル化が進んでもメチル化が起こりにくい性質はアメリカブドウに由来すると推察される。日本における育種の傾向として、交配によりヨーロッパブドウの形質を導入する方向にあるため、今後、果色のアントシアニン型としてはヨーロッパブドウ型のタイプI, II, Vが増加すると考えられる。

赤色品種のアントシアニン組成はシアニジン主体 (タイプI) か、シアニジンとペオニジンを含むタイプIIであり、黒色品種のアントシアニン組成はタイプIII, IV, あるいはVであった。しかしながら、黒色品種の中にもタイプIIのアントシアニン組成を持つものがあり、また、タイプVの中に赤色品種に近い紫赤色の果皮色を持つものがあったため、更に細かく果色とアントシアニンの関係を調査することが必要であると思われた。そこで、果色をL*a*b*表色系を用い数値化した後、アントシアニン含量と組成との関係を調査したところ、果皮アントシアニン組成の差異に関係なく、アントシアニン含量が多い場合は果色が黒色に近づき、果皮アントシアニン含量が減少するにつれ、明度が高くな

り、本来の赤、紫色などの色調が生じると考えられた（第6，7図）。

アントシアニンB環の構造と果色の関係を色相角度の観点からみると、タイプIとタイプIIを比較した場合、両タイプの分布は重なっていることから、シアニジン配糖体やペオニジン配糖体といったB環の置換基が2個のアントシアニンを比較した場合、アントシアニンB環3'位のメチル化は果色に影響を与えていないことが明らかであった。しかしながら、B環の置換基が3個のアントシアニンであるタイプIIIとタイプVを比較した場合には、タイプVの方が色相角度が低く、より紫色に近い色相であり、アントシアニンB環のメチル化が進むと赤味が増すという Harborne (1967) の報告とは一致せず、むしろシャクナゲ属やペラルゴニウムと同様に (Arisumi *et al.*, 1985; 藤岡ら, 1991), メチル化が進むと青味が増すことを示した（第8図）。

タイプIとタイプIIIを比較した場合、タイプIIIのグループの色相角度が低いことから、デルフィニジンはシアニジンよりも青味の強い色素であるという Harborne (1967) の報告と一致した。

マルビジン配糖体をもつ品種において、アシル化色素の存在で果色に青みが増したが、シアニジンやペオニジン配糖体を持つ品種では特にきわだった傾向はみられなかったことから、アシル化アントシアニンが果色に大きな影響を与えるとは考えにくく、微妙な変異を与えると考えられる（第10図）。

育種の方向として、黒色の果色を望む場合にはアントシアニン量に注目すればよいが、より良い赤色品種を作出するためには、シアニジンかペオニジン主体のアントシアニン組成を持ち、逆に青味がかかった果色を望む場合は、B環のヒドロキシル化とメチル化が共に進んだマルビジン配糖体を多くもち、さらにアシル化を進める方向への選抜が望ましいと考える。

第2，3章の結果からブドウ果色とアントシアニン組成との関係が明らかになったが、果皮アントシアニン組成を品種の特徴として捉え、その遺伝性を論じる場合、アントシアニン組成が時期的に変化するか、あるいは環境条件に影響されるかなどを確認する必要がある。

‘Royal’，‘Russki Concord’，‘Schuyler’を用い、成熟過程におけるアントシアニン組成の変化を調査した結果、アントシアニン含量が増大する過程で、アントシアニン組成がほとんど変化しないことから、アントシアニンB環のヒドロキシル化、メチル化、また配糖体化、アシル化は成熟過程の相当期間で活性があると考えられる。‘Queen’に関しては成熟後期にメチル化アントシアニンの割合が減少したが、果実が過熟であったため、メチル化の能力が落ちたと考えられる。しかし、過熟段階においても色素含量の順位に変化は見られなかったことから、ブドウの場合、成熟の相当期間にわたって品種特有のアントシアニン組成を示すと言える（第5，6，7，8表）。

‘巨峰’のウイルス接種区においてアントシアニン量が低下したことは、一般的に言われているウイルスによる着色不良説を支持するものであったが、‘甲斐路’，‘甲州’，‘シャインレッド’ではウイルス接種区においても高いアントシアニン含量を示した。したがって、単なるウイルスの感染のみで、果実の着色に直ちに影響がでるとは考えられない。またアントシアニン量が区によって2倍から3倍程度の差がある場合でもアントシアニン組成比の差は認められず、結果的にはアントシアニン含量の多少によって、アントシアニン組成が変化することのないことが明らかとなった（第9，10，11，12表）。

現在、日本国内で古くから栽培されているブドウ品種のほとんどがウイルスに感染しているといわ

れ、ウイルスフリー苗への更新が進められている。第2, 3章で使用したブドウ果実もウイルスに感染している可能性があるが、この結果によりウイルスに病している果実でも着色がみられた場合は品種特有のアントシアニン組成を持つといえる。

温度条件と果皮アントシアニンの関係を調査したところ、‘マスカット・ベリーA’では低温条件下では本来持っているヒドロキシル化やメチル化の能力が十分には発揮されていなかった。処理温度が上がるにつれてジグルコシド、アシル化アントシアニンの割合は増加しており、高温条件下で配糖体化や、アシル化はよりよく進むと考える。‘Isabella’の高温処理区ではアントシアニン含量が極端に減少したものの、最終産物のマルビジン配糖体が出現したことから、高温条件下でもアントシアニンB環のヒドロキシル化、メチル化や、配糖体化、アシル化は働くと考え（第13, 14, 15表）。

冷涼な気候で栽培されたブドウの果実については、アントシアニンB環の変化がやや抑えられる可能性を考慮するべきであるが、西南暖地で栽培されたブドウの果実については、おむね品種特有のアントシアニン組成を示すと考える。

植物のアントシアニン生合成は光によって制御されているとされている。‘Flame Tokay’のアントシアニン生合成には紫外線、赤色光、青色光の関連が示唆されたが、果房の暗黒処理で着色する品種もあり、光によるアントシアニン生合成の制御が品種によって相当異なると考えられるため、今後さらに研究を進める必要がある。

また、果房を暗黒処理することで、アントシアニンB環の5'位のヒドロキシル化が抑えられることから、なんらかの形で光がアントシアニンB環の構造変化に影響を与えていると考えられる。特に、実験IIの‘N.Y. Muscat’では暗黒処理区と対照区の果皮アントシアニン量にほとんど差が認められないがデルフィニジン系アントシアニンの割合が減少していることから、B環のヒドロキシル化は光によって制御されていると考えられる（第20表）。しかしながら、遮光処理の程度でアントシアニンの含量に減少が見られる品種もあるものの、その組成には大きな影響は及んでいないので（第17, 18, 19表）、通常の栽培では、果皮アントシアニン組成は光条件による影響は受けないと考える。

以上のことから、ブドウ果皮アントシアニン組成の時期的変化が少ないこと、また環境条件の影響を受けにくいことが明らかとなった。そこで、交雑次代のアントシアニン組成の変化を調査し、それぞれの品種のアントシアニンB環のヒドロキシル化やメチル化に関する遺伝的能力を推定した。

‘Steuben’×‘Muscat of Alexandria’や‘Steuben’×‘Königin der Weingarten’のF₁では、種子親の‘Steuben’がメチル化アントシアニンを持たないにも関わらず、すべての個体がメチル化アントシアニンを多く含んでいたことから、アントシアニン生合成能力を持たない‘Muscat of Alexandria’や‘Königin der Weingarten’に、メチル化反応についての潜在的な能力があることが明白である（第21, 22表）。

‘Italia’を種子親とした場合や‘Seneca’×‘Chasselas rose’の場合では、F₁にデルフィニジン系アントシアニンの割合が低い個体が多く出現したことから、‘Italia’や‘Seneca’のアントシアニンB環の5'位のヒドロキシル化を進ませる遺伝的能力は低いと考える（第24, 25表）。これらの結果から、緑黄色品種におけるアントシアニン組成に関する潜在的な遺伝的能力には変異が多いことがうかがえる。

‘Queen’ と ‘Muscat Hamburg’ はほぼ同程度のメチル化アントシアニンを含んでおり、‘Delaware’×‘Muscat Hamburg’ の F₁では、全ての個体が高いメチル化アントシアニン含有率を示したが、‘Delaware’×‘Queen’ の F₁では、メチル化アントシアニン含有率の低い個体が出現した。このことから ‘Queen’ は ‘Muscat Hamburg’ に比べアントシアニンのメチル化に関する遺伝的能力は低いと考える。また、‘Delaware’×‘Muscat Hamburg’ の場合、F₁ではデルフィニジン系アントシアニンの含有率が低い個体が多く出現していることから、‘Muscat Hamburg’ はB環5'位のヒドロキシル化の能力は持つが、その遺伝的能力は低いと考える（第26表）。

‘Catawba’×‘Muscat Hamburg’ の F₁では、メチル化アントシアニン含有率の高い個体が多く出現したことから ‘Muscat Hamburg’ の持つアントシアニンのメチル化に関する遺伝的能力の高さが示唆された（第27表）。

‘Chasselas rose’×‘Schuyler’ の組合せはデルフィニジン系アントシアニンをほとんど持たない品種とマルビジン型の品種の交配である。F₁にはデルフィニジン系のアントシアニンの含有率が高い個体が多く出現しており、‘Chasselas rose’ にB環5'位のヒドロキシル化の能力がほとんどないことを考えると、‘Schuyler’ のヒドロキシル化に関する遺伝的能力は高いと思われる。この結果は Harborne (1967) の報告と一致するものである（第28表）。

シアニンやペオニンなどアントシアニンB環に2個の置換基を持つ場合に赤色品種になる可能性が高いため、赤色品種を作出するための母本としてはデルフィニジン系アントシアニンをほとんど含まない品種や、アントシアニンB環5'位のヒドロキシル化に関して遺伝的能力が低い ‘Italia’ や ‘Seneca’ などの品種が適当であると思われる。また、マルビジン主体型の品種や、アントシアニンB環5'位のヒドロキシル化やメチル化に関して強い遺伝的能力を持つ品種、あるいはこれらの生合成経路に関して潜在的な能力のある ‘Muscat of Alexandria’ などの品種を交配母本とした場合では、後代に紫色がかかった果色をもつ品種が出現しやすくなると考えられる。