

赤ワイン用ブドウの色と渋味の生成機構

醸造技術基盤研究部門主任研究員 後藤 奈美

1. はじめに

赤ワイン用ブドウにとって、色素（アントシアニン）や渋味の成分（プロアントシアニジン、縮合タンニンとも呼ばれる）は大変重要な成分である。アントシアニジンは果実や花などの赤～青の色の成分であり、赤ワインの主要な色素成分である。プロアントシアニジンは、カテキンなどのユニットが重合した高分子化合物であり、ブドウには単体のカテキン、エピカテキンなど（カテキン類）も少量含まれる。アントシアニンとカテキン類は類似した構造を持つフラボノイド化合物であり、ブドウのフラボノイドとしてはこの他にフラボノールが含まれる。フラボノールは苦味を呈するとともに、アントシアニンと相互作用（コピグメンテーション）して濃色効果を示す補助色素の役割も果たしている。

ワインの品質には原料ブドウの品質が大きな影響を及ぼすが、わが国では十分な品質を備えた醸造用ブドウを栽培することが困難な場合が多い。アントシアニンは生食用のブドウでも重視されているが、ブドウのカテキン類やプロアントシアニン、フラボノールの生合成については、これまでほとんど研究されていないのが現状であった。そこで、これらの成分がどのように生合成され、またその生合成がどのように制御されているかを明らかにすることを目的として研究を行った。

2. 合成系遺伝子のクローニング

カテキン類は赤ワイン用ブドウだけでなく、他の栽培植物にとっても重要な成分であるが、その生合成系がモデル植物で明らかにされたのは、2003年になってからである（図1）。これによって、アントシアニン、フラボノール、カテキン、及びエピカテキンは、フラボノイド合成系から枝分かれし、それぞれワンステップの酵素反応で生合成されることが明らかになった。当所では、モデル植物の遺伝子情報やブドウのESTデータをもとに、ブドウのカテキン合成酵素遺伝子（leucoanthocyanidin reductase、*LAR*）、エピカテキン合成酵素（anthocyanidin reductase、*ANR*）、フラボノール合成遺伝子（flavonol synthase、*FLS*）等をクローニングした。なお、プロアントシアニジンの合成機構についてはまだ明らかにされておらず、フラボノイド生合成の最後のフランティアと呼ばれている。

3. 各種フラボノイド化合物の蓄積と遺伝子の発現

アントシアニンが成熟期の果皮に特異的に蓄積するのに対し、フラボノールは新葉、花、果皮に蓄積し、果皮では幼果期と成熟期に増加した。プロアントシアニジンやカテキン類のモノマーは、葉、花、果皮及び種子に蓄積し、

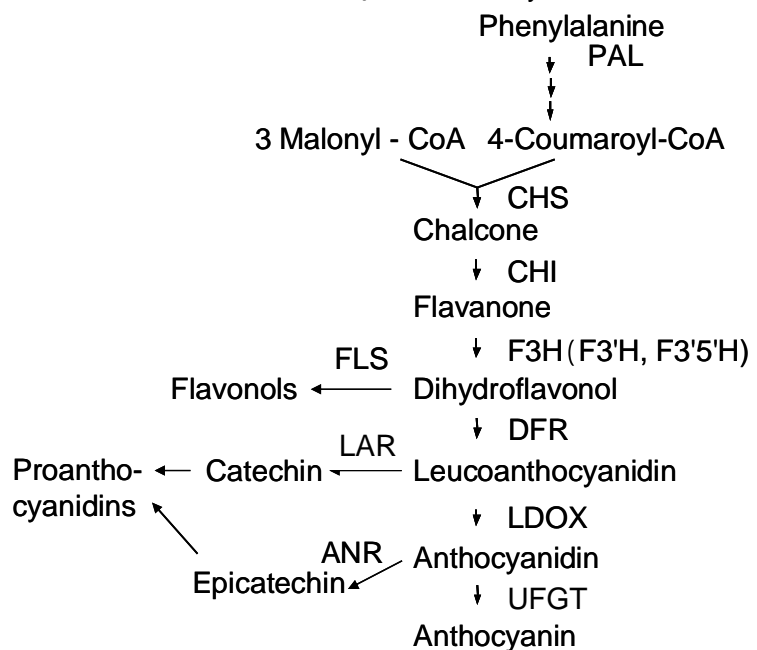


図1 ブドウのフラボノイド合成系

果皮及び種子では果実の生育期に蓄積したが、成熟期には抽出可能なプロアントシアニジン量が減少した。これは、プロアントシアニジンが細胞壁などに結合して、抽出不能な形態になるためではないかと推察されている。

アントシアニンの蓄積は、光や植物ホルモンの影響を受けることが知られている。そこで着色開始期にアブシジン酸 (ABA、着色を促進する植物ホルモン)、ナフタレン酢酸 (NAA、果実の成熟を抑制する植物ホルモン) で処理した区、遮光区、及び対照区を設けて栽培したところ、予想どおりアントシアニンの蓄積は ABA で促進、NAA と遮光で抑制された。一方、フラボノールの蓄積は遮光により強く抑制され、植物ホルモンの影響はアントシアニンよりも少なかった。すなわち、これらのフラボノイド化合物は、その蓄積部位、時期及び植物ホルモンや遮光の影響が異なり、これらの成分が生合成経路の大部分を共有しているにも関わらず、各成分の生合成は異なる制御を受けていることが明らかになった。

各生合成遺伝子の mRNA の蓄積は、成分の蓄積と部位や時期が一致し、遺伝子の転写がこれらの成分蓄積の制御因子の少なくとも一つであることが示された。

4. アントシアニン合成系の発現制御

いくつかのモデル植物で、フラボノイド合成系の発現は Myb 様及び Myc 様等の転写制御因子に制御されることが報告されている。ブドウ (*Vitis vinifera*) では、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構果樹研究所の小林によって、Myb 様転写因子の *VvmybA1* がアントシアニン合成系をコントロールすることが報告された。また、白品種ではこの遺伝子のプロモーター部分にレトロトランスポゾンが挿入されており、*VvmybA1* と *UFGT* の mRNA が検出されず、さらにアントシアニン合成系全体の発現が低下していることが示された。3. で述べた植物ホルモンや遮光の影響を解析したところ、*VvmybA1* と合成系酵素遺伝子の mRNA 量が、アントシアニン蓄積の変化に対応する変化を示した。これらのことから、*VvmybA1* は、アントシアニン合成系のキー酵素、*UFGT* だけでなく、アントシアニン合成系全体を遺伝子の転写レベルで制御している可能性が示唆された。

なお、カベルネ・ソービニオンなどの品種では、春の新葉などにも若干のアントシアニンを蓄積するが、これらの器官では *VvmybA1* の mRNA は検出されず、*VvmybA1* は着色期の果皮特異的に発現することが示された。一方、ベリー・アリカント A のように果肉まで赤くなる品種では、アントシアニンを蓄積する組織全部で *VvmybA1* の発現が認められ、これらの品種では *VvmybA1* の発現の特異性が低下しているものと考えられた。

5. 今後の課題

ABA については、2003 年 12 月に ABA を含む散布肥料が登録され、ブドウ栽培に利用できるようになった。当所圃場のカベルネ・ソービニオンに ABA を散布して小仕込み試験を行ったところ、対照と比較して赤色の濃いワインとなることが確認できた。上述の様に、ABA 散布はフラボノール濃度に対しては大きな影響を及ぼさず、プロアントシアニジンに対しても検討した範囲では影響は認められなかった。今後は、実用化に向けてさらに詳細な検討を行う計画である。

赤ワイン用ブドウでは、アントシアニンだけでなく、フラボノール、プロアントシアニジンの量と組成も重要な品質要件である。夏期に高温多湿となり、醸造用ブドウの栽培には不利な条件となるわが国で、高品質な醸造用ブドウを得るためには、今後、これらの効果的なコントロールを目指した研究が必要と考えられる。