

WHYNOTとワインの酸化

2007年9月25日

<これは株式会社フレッシュテック社向けにロナルド・ジャクソン博士によって書かれたレポートです>

1. ワインの酸化についての基礎知識

a) 酸化の要因とワインへの影響

酸化とは、専門的には1つの分子から別の分子へ電子が移動する化学反応のことを指し、大体的な場合において酸素が電子受容体となる。しかし一般のワイン消費者は、酸化とはつまりボトル開栓後に生じる芳香族性の喪失と、それに伴うしばしばシェリー酒に似た特徴的な異臭の発生およびワインが褐色に変色する現象だと認識していることが多い。これら後者の化学反応は、酸素とワインに含まれるタンニン化合物が結合することによって起こる。タンニンが非酵素的に酸化すると、過酸化水素が生成される。その後、過酸化水素はアルコールを酸化させ、ワインの芳香を消し去る酸化異臭の主成分アセトアルデヒドが生成される。

b) コルクなどの栓がボトルから引き抜かれた後、何が起こるか？

コルクを引き抜く際、ボトル口の内部は一時的に真空状態となる。その結果、およそ14mlの空気（含有酸素量は約3ml）がボトル内に流れ込む。これは750mlのワインが吸収し得る酸素量の1/3～半分に値する（実際の量は温度によって左右される）。ボトル内に入った酸素と様々なワイン成分が結合することで、さらに多くの酸素がワインに吸収される。コルクとほぼ同サイズの栓を用いて開栓直後に再び栓をすると、上記のほとんどの空気はボトル外へ押し出される。しかしその結果（乱流が起こって）ボトル内のワイン上部にたまるガスと空気が混ざり合い、空気だけでなくこのガスも多少ボトル外に排出されてしまうので結果的に酸素がボトル内に残ることになる。WHYNOTシステムはこのような状況を防ぐことができるのである。

c) ボトル開栓後の酸化ではどのような化学反応が起こるか？

ワインの品質は空気との接触によって劣化し、開栓から数時間後には感知できるようになる。これまでこの現象は、アセトアルデヒドが急速に合成されるためであると誤って解釈されてきた。アセトアルデヒドは、酸素とワインに含まれる様々なフェノール化合物が反応し、その間接的な結果として生成される。フェノールの酸化は過酸化水素を作り出し、この過酸化水素はワインの有機成分と反応する。主な反応物質は、ワインの有機主成分であるエタノールである。この反応によって、アセトアルデヒドと水が作られる。アセトアルデヒドはワインの褐色化を引き起こし、また濃度がある程度まで上がるとワインのフルーティさも消してしまうため、酸化したシェリー酒のような状態になってしまうのである。一方、アセトアルデヒドはワインに含まれる二酸化硫黄とフェノール化合物とも急速に反応して無臭の合成物を生成する。実験的に数日から数週間だけ酸素に接触させたワインからも、揮発性の低いアセトアルデヒドが検出されるのはこのためであろう。したがって、アセトアルデヒドがボトル開栓による芳香族性の喪失に直接的な影響を与えることはほとんどないと言える。

最近の研究から、芳香族性の急速な喪失は、エチル、酢酸エステルおよびテルピネオールの分解と関係があることが分かってきた。エステルが熟成度の低いワインに新鮮なフルーティさを与えるのに対し、テルピネオールはマスカットや類似の葡萄品種に特有の花のような香りを発生させる。白ワインより顕著さは劣るものの、赤ワインでも同様の芳香族性の喪失がすでに明らかにさ

れており、この喪失は酸化によるものだと推測される。これは、コーヒー酸や N-アセチルシステインなど、ワインを保護する抗酸化物質も存在しているという点から解釈できる。類似もしくは関連する反応は熟成度の高いワインでも起きると考えられるが、熟成度の高いワインからある特定の微量の芳香族性が喪失するには、おそらく別の付加的な要因が関係していると思われる。これらの芳香族性は、ワインを注ぐ際に空気中へと急速に消散し、特徴のないワインが残ることになる。熟成度の低いワインが含有する芳香族性は、より熟成度の高いワインと比べて量が多いだけでなく濃度も濃い。その結果、熟成度の低いワインの方がグラスに注がれた後でも香りをより長く保つことができる。そしてこれらの芳香族性がワインから抜け、また濃度にも変化が現れた時、個々のワインの特性にも変化が起きてくると考えられるのである。

酸素吸収量は、温度と pH 値がともに低ければ低いほど顕著に抑制される（低 pH 値はワイン特有）ため、ワインと空気が接触する時間およびその度合いが、短期間の酸化を抑制する主な要因となる。例えば、その度合いが最小限となるのは開栓した瞬間（750 ml のボトル内部ではおよそ $0.4 \text{ cm}^2 / 100 \text{ ml}$ ）で、その後ワインが注がれると内部に残るワインが空気さらされる表面積が一気に拡大する。ボトル半分のワインが注がれると仮定すると、残り半分のワインの空気との接触表面積 / ワイン量の比率は開栓直後の 20 倍、約 $7.5 \text{ cm}^2 / 100 \text{ ml}$ にもなる。その後コルクで栓をして保存する場合、ボトル内の空気には比較的短期間で著しい酸化を引き起こすのに十分な約 120 mg の酸素が含まれることになる。すると、果実もしくは花の香りを思わせるワインの特性が早い段階で失われるだけでなく、加熱調理された野菜の匂いにも似た刺激臭も時間をかけて発生してくる。これらの刺激臭は、フルフラールやヘキサナールなどの化合物の合成によって発生する。ワインが熱にさらされると、メチオナル、フェニルアセトアルデヒド、4,5-ジメチル-3-ヒドロキシル-2(5H)-フランソ（ソトロソ）およびトリメチル-1,5-2-ジヒドロナフタレン（TDN）などの化合物が検出可能なレベルまで蓄積する。酸素消費量は一次反応比率（最初は急速、その後は緩やか）を示し、完了するまでに標準状態で通常 10 日から 12 日かかる。

d) 酸化はワインの香りと味にどう影響するか？

短時間（2 ~ 3 時間）の酸素接触による主な影響としては、芳香族性の変化が挙げられる。これは、熟成度の低いワインでは果実もしくは花のような香りの喪失、そして熟成度の高いワインでは熟成した香りの劣化という形で表れる。その後の化学変化によって、熟成度の低いワインには、熟成したワインの香りを生み出すのと同じ化合物が作り出される。しかし急速な酸化による影響は、ワイン貯蔵室内の望ましい環境でゆっくり時間をかけて起きる熟成とは全く異なる（つまり望ましくない変化ということ）。

短時間の酸化は、ワインの味の特性には影響を与えることはあまりないと思われる。瓶詰めされたワインの場合、ゆっくり起きる酸化は赤ワインの渋みを減らして口当たりを滑らかにするが、その結果まれに苦味が増してしまうこともある。甘味と酸味に関しては、ボトル内での熟成中には（腐敗しない限り）目立った変化は起きない。

2. コルク抜栓後もワインの状態を保つ最適な方法について

芳香の劣化は、ボトル開栓後 2 時間ですではっきり分かるようになり、熟成度の高いワインでは特に顕著となる。熟成度の高いワインの香りはすでに芳醇で製造時と比べると幾分薄らいであり、また味はボトル内で熟成することで生まれるほのかな芳香によって左右される。

酸化による変化は、6 ~ 8 時間経つとほぼ全ての白ワインと熟成度の低い赤ワインにおいて感知できるようになる。白ワインは、含有するタンニン濃度が赤ワインと比べてかなり低いため、開

栓後に味が急速に変化してしまう。つまりタンニンは、酸化によって生まれるマイナスの側面をほとんど「吸収」する役割を担うのである。

酸化的变化（アセトアルデヒドの生成も含む）の度合いはワインの温度や pH 値など様々な要因によって左右されるが、中でも大きな影響を与えるのは空気に接触する時間と表面積である。つまりボトル開栓後の酸化の度合いを抑えるには、空気とワインとの接触を最小限にすることが極めて重要なのである。

ワインの官能的特性が急激に変化するのを防ぐには、コルクを引き抜く際できるだけ限り空気（酸素）に接触しないようにするのが最適な手段であろう。また、その後ワインを注ぐ際に起こりうる酸素との接触もできるだけ限り防ぐことが重要である。したがって、ワインサーバーシステムの全ての段階で無酸素状態（酸化と、ワインおよびワインサーバーシステムを汚染する微生物が入り込むのを防止）が保たれる必要がある。これこそ、WHYNOT システムの持つユニークな特徴のひとつである。

3. ワイン保存方法の種類

a) **真空タイプ**

真空装置は、低価格で使いやすい。しかし、残念ながら空気（このうち 21% が酸素）をボトル外に完全に排出することはできない。特にボトルに残るワインの量が減るにつれて（つまりボトル上部内部のガス量が増えるにつれて）完全排出は難しくなる。また、コルクの代わりに付けるストッパーを外さなければワインを注ぐことができず、注ぐ際には新たな酸素との接触機会が増えることになる。ワインを適温に保つ機能も無い。

b) **不活性ガススプレーボトルタイプ**

上記 a) と同じく低価格の製品で、使用者がエアロゾルタイプのスプレー缶を用いて、飲みかけのワインボトルの口から内部に向かって手動で不活性ガスの混合剤を噴霧する。正しく使用できれば不活性ガスがワインの表面を覆って酸化の度合いを軽減することができるが、完全に覆うことができなければこのような製品は効果がない。栓が抜かれたら、ボトル口の内部で空気と混ざらないようガスを途切らせず正確かつ速やかに噴霧する必要がある。また、ボトル内に空気が再び入り込まないように、コルクで即座に栓をしなくてはならない。

c) **従来の窒素ガス注入タイプ**

窒素ガス注入装置は、大抵うまく機能するよう見受けられる。指示通りに使用されれば、コルクを引き抜く際ボトルに入り込む酸素を素早く排出することができる。しかし空気が十分に排出されないと、多少の酸化は避けられない。

窒素ガス注入装置の利点として、ワインのサンプルを必要に応じて注ぐことが可能という点が挙げられる。通常このタイプの装置（赤ワイン用と白ワイン用で内部は仕切られている）は冷蔵するので、ワインを適温で保存することができるのである。ただ栓と装置を指示通り定期的に掃除・消毒しなければ、腐敗を引き起こす微生物による汚染が、特に栓の内部に残るワインで発生する可能性はある。この部分に残るワインは空気にさらされるため、酢酸菌や汚染酵母が発生しやすい。例えば、常在酢酸菌はワインのアルコール分を素早く代謝して酢酸へと変化させる。これによって、最初に注がれるワインは酢のような酸味の強い香りがする。この部分のワインを取り除いたとしても、芳香族化合物はボトル内のワイン上部にたまるガスへと放出されていくので、結果的に残りのワインからも元の特性は消えてしまうことになる。

d) **WHYNOT のワイン保存方法**

特許を取得した WHYNOT のコルクチェンジャーとシューターディスペンシング方式を取り入れると、ボトルからのコルク抜栓およびワイン注入が全て窒素ガスの中で行われ、その結果、以下の状況でもワインと酸素との接触を完璧に防ぐことが可能となる：

1. コルク抜栓時
2. シューターディスペンサーへのワイン移し替え時
3. ワイン注入後

ワインは全く酸化しない

つまりこの装置の中で保存しても、ワインの官能特性には影響がないということを示している。揮発性成分がボトル内のワイン上部にたまるガスへと自然に揮発・蓄積していく以外、WHYNOT で保存されるワインは、クライアントのグラスに注がれるその時まで製造時のままの状態を保つことができるのである。

私個人の見解では、以下の4つが WHYNOT のユニークな利点として挙げられる：

- a) コルク抜栓、ワインの保存およびディスペンシングカップへの移し替え時にワインと酸素との接触を完璧に防止（よってワインの酸化、微生物による腐敗、芳香族性の喪失を防ぐ）
- b) 独自の窒素生成システムを保有（窒素シリンダー内の不純物によるワインへの汚染を防ぎ、圧縮ガスの交換および移し替えの必要が無くなる）
- c) ワインボトルを同時に何本でも注ぎ口にセットできる；様々な場所への設置可能（壁、天井、カウンター上など）；ワインの種類によってそれぞれに適した温度で保存可能
- d) 見た目が魅力的で、どんなインテリアにも適合

4. WHYNOT Q & A

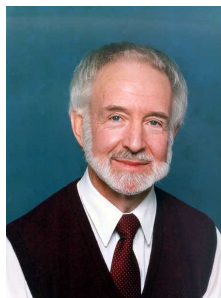
- a) **ワインの保存に際して、（開栓後）再び素早くコルクで栓をするだけでは不十分でしょうか？**
A：おそらく不十分でしょう。残念ながら科学的な確証が不足しており、明確なお答えはできません。しかしながら、コルクを急いで再挿入したとしても、ワイン上部にたまっているガスと酸素を全く混ざり合わないようにすることは不可能だと思います。ここで多少なりとも酸素が混ざってしまえば酸化は起こり得ます。ただそれが感知できる程度の酸化となるかは分かりません。
- b) **従来のワイン保存方法では、開栓後に栓をし直しても酸化は止められないのでしょうか？**
A：できません。一度空気に接触すれば、多少なりとも酸素を吸収してワインは酸化します。
- c) **WHYNOT を用いてボトルに栓をして長期間そのまま保存した場合でも、ワインは熟成する/できるのでしょうか？**
A：WHYNOT でのワインの保存は、ワインの熟成に影響を与えるものではありません。しかし、通常熟成は極めてゆっくり（数ヶ月もしくは数年単位で）進行します。したがって WHYNOT での保存中に熟成が大幅に進行することはないと思われます。

d) 窒素ガスがワインの香りや味に影響を与えることはありませんか？

@A：経験上、窒素ガスがワインの香りや味に影響を与えることはありません。窒素ガスは、ワインを発酵させたり保存したりする間にワインを守るものとしてすでに商業的に使用されています。窒素は不活性かつ低水溶性です。

ロナルド・ジャクソン博士について

ジャクソン博士は、クイーンズ大学で学士と修士、トロント大学で博士号を取得。オンタリオ州



バイナランドでの生活と後のコーネル大学での特別研究休暇を経て、植物病害からブドウ栽培およびワイン科学へと興味分野を移行。ブランドン大学在職中、カナダで初めてとなるワイン技術のコースを新設した。マニトバ州酒類管理委員会の技術アドバイザーを長年務め、委員会内部の専門家パネルの候補者選定に使用する官能テストを構築。外部のテストング専門家パネルのメンバーも務めた。ワインに関する2つの科学書 “Wine Science: Principles, Practice, Perception” “Wine Tasting: A Professional Handbook”だけでなく、一般向けの著書 “Conserve Water Drink Wine”、その他多くのテクニカルレビューを執筆し、イギリスのワイン評論家トム・スティーブソン氏の “Wine Report” にも毎年寄稿している。現

在は大学での教職は引退し、カナダ・ケベック州のベイフィールドコテージ (Bayfield Cottage, 300 Chemin de la Pointe, Bic, QC, G0L 1B0, CANADA r.s.jackson@globetrotter.net) で執筆活動を続けている。

その他の著書：

Wine Science: Principles, Practices, Perception, 2e 645 pp. Academic Press, San Diego, 2000

Wine Tasting: A Professional Handbook, 295 pp. Academic Press, London (Jan. 2002)

Conserve Water Drink Wine 248 pp. Haworth Press, Binghamton, NY, 1997

Modern biotechnology of winemaking. *In Wine: A Scientific Exploration* eds M. Sandler & R.Pinder, Taylor & Francis, London, 2003

Wine Science *In Wine Report 2004, 2005, 2006, 2007, 2008*, ed. Tom Stevenson, DK