

YUKARIの読むワイン

醸造編

ワインのはじまりはぶどう

ワインづくりの第一歩 破碎・压榨・果汁処理

アルコール発酵

マロラクティック発酵オーク樽

ワインの濾過

ボトリング

赤ワインの特別な醸造法 カルボニックマセレーション、フェノールの抽出

白ワインの特別な醸造法 ハイパーオキシデーション

マイクロオキシゲネーション

ワイン製造上の技術的ミスによる問題臭

微生物による汚染 ゼラニウム臭、Brettanomyces

ワインの自然発酵

コルク由来の問題臭

様々なタイプのワインの栓についてのアセスメント

本アーカイブは、オリジナルデータから
一部の図表を除いたテキスト版です。



ワインのはじまりは葡萄

“良いワインは良いぶどうから”と良くいわれますが、私達ワインメーカーはぶどうについて良く理解しておく必要があります。品種や栽培の環境によって異なりますが、春芽吹き始めてから花が咲くまでに1～2ヶ月、花が咲いてから収穫までに3～6ヶ月。この期間にぶどうは実をつけ、大きく甘く実を育てます。ぶどうの花が受粉して結実してからの果実の成長は以下のような段階を経て進みます。

Step1. 最初の段階では盛んに細胞分裂が起こり、勢い良く果実は成長する。緑色の小さな果実に酸が蓄積され始めるが、糖はまだ果実には送られてこない。

Step2. 徐々に生育の速度は遅くなり、開花から約60日後に訪れる“ベレーズーン”に近付くと果実の肥大は一時ストップする。

Step3. ベレーズーン以降、果実は柔らかくなり始め急速に糖の蓄積が行われる。酸は減少し、果皮に色がつきはじめる。フレーバーやアロマを呈する化合物が生成され始める。

Step4. 最終的に、果実はぶどうの木についたまま水分を失う。糖度は濃縮され濃厚なフレーバーを示す。遅摘みタイプや酒精強化ワインに使用される。

ぶどう果実は成熟に伴って、糖分が増加し、酸が低下します。また、皮の着色が進みます。黒い皮の葡萄はもちろんですが、甲州種でも成熟とともに果皮の色が赤みを増してきます。シャルドネでは黄色味を帯びてきます。これらのような変化とともに、ワインのフレーバー、味、テクスチャーに影響を及ぼすような成分も成熟に伴って変化します。最近の研究では、リースリングやミュラートウルガウの香りの主成分であるテルペン系化合物は、成熟に伴ってそれらの前駆体(無臭)のグリコシド結合がはずれてアロマティックな香りを呈することも知られてきました。

次に、ぶどうの主成分である糖分と酸それにフェノール類についてもっと詳しく見ていきましょう。

ぶどうは果物の中でもずば抜けて高い糖度を示します。ブドウ糖(d-glucose)と果糖(d-fructose)の形で存在し、一般に1:1の比で存在するといわれています。しかしながらその比は1.7～1.4までまちまちで、良く実った果実では果糖の割合が高いことが知られています。また、シャルドネやピノブランでは果糖の比率が高く、反対にシュナンブランやジンファンデルではブドウ糖比率が高いことが知られています。

熟したぶどうの酸のうち、およそ90%(約5～8g)は酒石酸(L-(+)-tartaric acid)とリンゴ酸(L-(-)-malic acid)です。次に多いのはクエン酸ですがこれは少ししか含まれていません。リンゴ酸やクエン酸は多くの果物の中に含まれていますが、酒石酸はぶどう以外の果物にはほとんど含まれていません。味覚的には酒石酸はリンゴ酸より強い酸味を示しますが、滴定酸度ではリンゴ酸の方が酒石酸より高い酸度を示します。

果実が成長するのと共に、ベレーズーン期までは酒石酸とリンゴ酸は共に増加します。ベレーズーン期を過ぎると共に減少していきませんが、リンゴ酸の減少の方が急速に進みます。このため収穫時期を決めるのにリンゴ酸と酒石酸の比率を指標にするワインメーカーもいます。一般的に暖かい気候下ではリンゴ酸の減少のスピードは早く、滴定酸度も減少します。このため同じ品種であれば同じ糖度の際の酸度は暖かい地域の方が寒い地域より低くなります。リースリングは酒石酸の比率が高い品種で、反対にピノワールやシュナンブランはリンゴ酸の比率が高い品種として知られています。

一般にワイン用ぶどうは、生食用に比べて小粒です。このため果実の中の果皮や種の割合が大きくなります。皮と種にはポリフェノール類が多く含まれており、ワインの味や色に大きく影響を及ぼします。

まず、皮は特に赤ワインには重要なファクターです。皮は実の部分の約80%もの糖分を含んでいます。黒い皮のぶどうも白い皮のぶどうもほぼ同程度のタンニンを含んでいますが、黒ぶどうはこのほかにアントシアニンを含んでいるためトータルのフェノールの量は白ぶどうの約2倍も含んでいます。茎や種にはおもにカテキンやロイコアントシアニンなどのフェノール類が含まれており、ワインの渋みに大きく寄与しています。

よく糖度が高いと良いぶどうだと考えられがちですが、糖度が高いということが成熟が進んでいるのもっとも分かりやすい目安になるのでそういわれているだけで、糖度とぶどうの質の間には直接的な相関関係はありません。特に日本のように補糖が許されている国では、“ワインのフレーバー、味、テクスチャーに影響を及ぼすような成分”の成熟度が最も重要になってきます。一時期カリフォルニアやオーストラリアのシャルドネやカベルネソービニオンのワインがあまりにアルコールが高すぎてバランスを崩していた時代がありました(今でもときどきそんなワインにお目にかかることもあります)、これは“糖度が高い=良いぶどう”と信じられていたためにフレーバーを無視した収穫時期の決定がされてしまった例だと思えます。

こうなってくると、ぶどうの収穫時をきめるのは大変重要で難しい問題です。品種や造ろうとするワインのスタイルによって最適な糖と酸のバランスやフレーバーの変化を見定めて収穫時期をきめます。ある研究によるとカベルネソービニオンは最初“乾草や茹で野菜のようなアロマ”を示していますがだんだんそれが薄くなり、より“いちぢくやいちごのような果物由来のアロマ”が強くなっていくと報告されています。理論的にはワインメーカーは自分の望むアロマを持ったぶどうを収穫時期に応じて手に入れることができます。収穫時の糖度は直接ワインのアルコールや残糖に関係してくるので、収穫時の糖度によってワインのボディも限定されてきます。

最近ではぶどうが成熟してくると注意深くぶどうをサンプリングして収穫時期を決定します。具体的な指標としては1.糖度、2.酸度、3.pH(2.9-3.9)4.フレーバー、5.その他の要因が考えられます。1、2、3は機器による分析を行い、4はジュースをテスティングします。最近ではG-GAnalysisのように数値的にフレーバーを評価する方法も検討されています。5のその他の要因とは、例えば収穫に当たる人手の確保やワイナリーでは機械やタンクの都合等が考えられます。いづれにしても、遅かれ早かれこれらの判断を数日~1、2週間のうちにはしてワインを造らなければならないのですから、なかなか神経を使う作業です。一般的なワインのタイプと糖度の指標を表にまとめてみます。なお、補糖や補酸を行う場合は前述の1~3はそれ程重要ではありません。(1999/04)

| ワインのスタイル | 収穫時の糖度の目安 |
|---------------|-----------|
| スパークリングワイン | 16-20 |
| ライトボディの辛口白ワイン | 19-20 |
| フルボディの辛口白ワイン | 21-25 |
| 辛口赤ワイン | 21.5-25 |
| ポートワイン | 22-30 |

ぶどうの収穫は最近では機械化が進んでいますが、今でも多くの国で人手による収穫が行われています。収穫に適した時に大量のぶどうを一気に収穫してしまわなければならない、大変な仕事です。このためその時期だけの労働者を雇って収穫させるというのが一般に行われています。おそらくテレビなどで、歌を歌いながら収穫している老若男女の姿を御覧になった方も多いでしょう。しかしながら収穫作業というのはとにかく重労働なので、人手が足りないのが実情です。たとえ人を確保できても、人件費はワイナリーにとってもばかになりません。収穫の機械化を考えるのは当然の流れといえましょう。

機械による収穫はヨーロッパで開発されました。今では、オーストラリアやアメリカ産のハーベスターも開発されていますが、ブランドものはドイツ製やフランス製です。昔は機械収穫は木や果実を傷めると考えられていましたが、今では技術の向上で高品質のぶどうが収穫できるようになり導入が進んできました。カリフォルニアやオーストラリアだけでなく、イタリア、フランスでも一般的に機械収穫が行われています。まず収穫機械(ハーベスター)は原理によって、1.スラッパー(slapper)、2.インパクト(Impactor)、3.パルセーター(pulsetor)の3つのタイプに分けられます。

1.スラッパーはぶどうの実の周辺を4枚の羽根で直接触れ、実をたたき落とす方式です。最も古い方法で、これなら確実に収穫できますが、実に大きなダメージを与えます。収穫できるのは実だけで、木には果梗が残ります。

2.インパクトは2組の指のような部品で、誘引してあるワイヤーを振動させ実を振り落とします。この方法で収穫するためには、ぶどうの仕立て方に制限があり汎用性はない機械ですが、うまくすれば房ごと収穫することも可能です。

3.パルセーターは最も新しい方法で、2ほんのレールでぶどうの幹の2/3ほどの高さのところを挟んで揺する方法です。効率は悪いのですが、実に触ることなく収穫でき房ごと収穫することも可能です。

いずれの方式でも、様々な技術やパーツの組み合わせで幅広い仕立て方や品種のぶどう園を収穫することが可能になってきました。栽培家(ワイナリー)は様々な要素を考慮した上で、手で収穫するか、機械収穫か、機械ならどの方式を採用するかを決めています。

しかしながら、いまでも手収穫のほうが良いと信じている人は多い様です。ここで冷静に、コスト面、品質面、管理面について、手収穫と機械収穫の利点と欠点をまとめてみましょう。

まずコスト面では、1台の機械にオペレーターが2人ついて1時間に0.5ha収穫が可能です。これは人による収穫の4~5倍の効率に当たります。すなわち収穫にかかる費用は4~5分の1で済みます。しかしながら機械の値段はかなりのものですし、メンテナンスにもかなりの技術、時間とコストが予想されます。

次にジュースの品質では、機械収穫の場合真夜中の収穫が可能で、日中に手で収穫するより10度から20度低い温度のぶどうが収穫できます。特に白品種の場合酸化を防ぐことができ、さらに果汁を冷却するコストも安く済みます。一方、機械収穫ではどうしても果汁が流れ出してしまうため、スキンコンタクトの時間が長くなってしまいます。ピノワールでのスパークリングワインづくりや、ピノグリでの白ワイン造りなど果皮の色を抽出したくない場合は手収穫に軍配が上がります。

管理面では、多くのぶどう栽培地で、労働力不足が問題になっている今、機械収穫はこれを補ってくれています。また、短時間で収穫できますし突然の収穫スケジュールの変更にもフレキシブルに対応できるメリットがあります。一方で、機械収穫には熟練したオペレーターが必須です。上記の効率もジュースの質も、オペレーターの技術に大きく左右されます。また、機械を立ち上げる時間や終わって片付ける時間などもかなり

かかります。この点手収穫では、誰でも体力さえあれば収穫でき、無駄な時間も少なくすみます。また、ぶどう品種やワインのタイプによっては、手でしか収穫できないものもあります。果梗から実の離れにくいような品種は、機械での収穫が不可能なため手収穫しなければなりません。また、トレブリアーノやセミヨン等のように皮の薄い品種では機械収穫時に皮が傷付いてジュースが流れ出してしまうため手収穫の必要があります。ワインのタイプでは、スパークリングワインやマセラシオンカルボニックを行う場合は、ぶどうは除梗せず房のまま仕込まれることがありますので、無傷の房を収穫するために、手収穫でなければなりません。さらに貴腐ぶどうや氷果は手でなければ収穫できません。最後に、ぶどう園の仕立て方によっては機械収穫が不可能な場合もあります。日本の棚栽培はその典型的な例です。この他ドイツなどの株仕立ても機械の収穫は無理です。十分なスペースのないぶどう園や傾斜のきついぶどう園やでも機械を入れることはできません。

現在オーストラリアでは全体の70%が手で収穫されています。広いぶどう園では機械収穫のメリットをフルに生かすことができます。しかしながら日本のような狭いぶどう園ではなかなか現実味がないのが実情です。北海道の広い耕地なら可能性もありそうですが、検討段階でまだ導入されていません。今後広いぶどう園を開発していく上では収穫機械の導入は必ず検討すべき課題だと思います。(1999/06)

ワインづくりの第一歩 破碎・圧搾・果汁処理 1

ぶどうは雨や熱、その他様々な環境から実を守り成熟するために、ワックスでおおわれたしっかりした皮に包まれています。いざワインをつくる際には、この皮の中から果実や果汁を取り出してやらなくてはなりません。この操作を“破碎(pressings)”といいます。破碎操作により、皮、種、果梗は少なからずダメージを受けてしまい、フェノールなどが溶け出してしましますが、これを最小限に食い止めることが最も重要なポイントになります。このダメージを防ぐため、果実を破碎せずに絞ってしまう方法も世界各地で行われています。これは最上級のフリーランジュースを得るためのテクニックで、最も有名なのはフランスのシャンパーニュでピノワールという赤い皮のぶどうから白ワインをつくる際に用いられる方法です。

しかしながら、一般的には赤ワインでも、白ワインでもまず最初に破碎機による破碎が行われます。破碎機はその破碎の方法から、ビータータイプとローラータイプがあり、必要な果汁の品質と処理の効率で選択されています。

ビータータイプは金属の棒で果実をたたいて破碎する方法で、最も古いタイプです。スピードは早く効率的ですが、果実のダメージは相当なものです。この方法では1ステップで除梗も行われます。ローラータイプはゴムのローラーで果実を挟んですりつぶす方式です。除梗してから破碎するAMOS方式と、破碎してから除梗するCOQ方式があります。効率は同じですが、ダメージの度合いについては諸説あって、ワインメーカーの好みの別れるところ です。

大変マニアックな話になりましたが、ワインづくりには“絶対”という方法はありません。つくるワインのスタイルや量に応じてより適した方法や機械を選択する必要があります、これもワインメーカーの重要な技量です。このことを知っていただ上で、今後の醸造過程に進みましょう。(1999/08)

2 ワインづくりの第一歩 破碎・圧搾・果汁処理 2 果汁のAmelioration

目的 ワイン醸造の課程の効率を向上させ、結果としてワインの質に影響を及ぼすことを目的とし発酵に先

立ち、ぶどうの果汁(やマスト)の性質を物理的、化学的に調整することをいう。

方法 冷却・加熱殺菌・酸化防止剤の添加・補酸・pHの補正・除酸・補糖・澱下げ(fining)・清澄化(clarification)

冷却

目的 野生酵母の生育を遅らせる、ポリフェノールオキシダーゼの活性を低下させる、ぶどう由来のフレーバー揮発性化合物の変化を妨げる

加熱殺菌(パスツリゼーション)

目的 腐敗果に採用し、健全な発酵を促す、ジュースやワインのタンパク混濁を防ぐ、ぶどうに存在するペクチン分解酵素やポリフェノールオキシダーゼを失活させる

酸化防止剤の利用

目的 野生酵母の生育を遅らせる、抗酸化活性の保護

方法 二酸化硫黄(抗菌活性も併せ持つ)、アスコルビン酸(二酸化硫黄の共存下でのみ有効)、エリスロビン酸(二酸化硫黄の共存下でのみ有効)

補酸

目的 味覚的なバランス、低 pH の利点を享受する

方法 酒石酸、クエン酸、リンゴ酸

pHの補正

方法 イオン交換

除酸

方法 重炭酸カルシウム、炭酸カルシウム、炭酸カルシウム/クエン酸カルシウム・酒石酸カルシウムの複塩、重炭酸ナトリウム、炭酸ナトリウム、マロラクティックファーメンテーション

補糖

方法 蔗糖/ぶどう糖等、濃縮果汁

ジュースの澱下げ(fining)

方法 PVPP、活性炭、ベントナイト、ゼラチン、その他

ジュースの清澄化(clarification)

利点 目指すワインのスタイルによっては必須、官能的な利点、野生酵母のレベルを下げる、ぶどうに存在するポリフェノールオキシダーゼを除去する

欠点 発酵の停止(スタックファーメンテーション)を引き起こす可能性がある、揮発酸生成の可能性がある

もちろんここにあげた全ての操作を全てのワイナリーで行っているわけではありませんが、発酵前の段階でも多くの種類の操作があることがご理解できたかと思います。消費者の中にはできるだけぶどう以外の物を添加せず、機械的な操作も最小限の方が“本物の”良いワインと信じていられる方もいらっしゃるようです

が、品質面から言えばある程度の操作をした方が安定で高品質のワインができると考えられています。ここから先は、個人の考え方や個々のワイナリーの哲学によってしまうところなのでこのへんで終わりにしますが、個人的には各々の処理の原理を理解し、その欠点や長所も考え合わせた上で適切な処理を選択することがワインメーカーの果たす役割だと考えます。(2000/02)

アルコール発酵 1

自然界、特にぶどう表面には沢山の微生物が存在しています。ワインの起源は、つぶれたぶどうが自然界の酵母によって発酵したということですが、ぶどうにはアルコール発酵を司る“酵母”も多く存在しています。ワインメーカーはこれらの多くの微生物の存在下で自分の望むスタイルのワインに必要な発酵を進めてくれる酵母を選択的に活用していかなければなりません。

健全なぶどうの表層のワックス部には様々な酵母、バクテリア、カビが存在しており、その殆どはワイン醸造の課程、特にアルコールの生成と共に死滅してしまいます。破碎したぶどうには、1000～10,000 cfu/mlの自然界由来の酵母が存在するとの報告があります。ぶどう果に存在する酵母のおよそ50%～70%は *Kloekera apiculata* と *Hanseniaspola uvarium* で、このほかに *Candida*, *Criptomococcus*, *Metschnikowia*, *Hansenia*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rodotorula*, *Dekkera* が存在しています。アルコール発酵で最も重要な *Saccharomyces cerevisiae* はわずかしこ存在せず、ぶどうから単離されることはまずありません。“自然発酵”や“天然酵母”はワイン醸造でも注目され、利用されていますが、微生物的知識の欠如していた昔ならいざ知らず、現代のワイン醸造においては十分に管理された自然発酵が重要であることは言うまでもありません。発酵の初期には *Kloekera*, *Hanseniaspola*, *Criptomococcus*, *Hansenia*, *Rodotorula*, *Torulopsis* 等による発酵が起こり、アルコールが高くなるにつれて *Saccharomyces cerevisiae* が主になってくると考えられています。*Saccharomyces cerevisiae* の由来については諸説あるようですが、ぶどう園からやってくるか(ぶどうの搾りかすを肥料として廃棄している場合は *Saccharomyces cerevisiae* の菌相が濃いとの報告もあります)、工場の器具やタンクに付着していたもの(蔵付き酵母とでも言いましょうか)のいずれかと考えられています。自然発酵では、様々な微生物が関与するため複雑なフレーバーを付加しワインの質を向上させると考えられています。反面、発酵の開始・進行・終結が予測できないこと、望ましくない副産物の生成、発酵終了後酵母の沈殿が遅い、アルコール発酵を遅延させるバクテリアや酵母の増殖などの欠点も指摘されています。

多くのワインメーカー同様、私は安定して高品質のワインを生産するためには、純粋培養されたワイン用の酵母を利用すべきだと考えます。純粋培養された酵母を利用するメリットは、1.発酵の進行の予測がたてやすい 2.オフフレーバーの生成を低減させる 3.特徴的のある菌株を利用することが出来る(香りの高い酵母や色抽出効率のよい酵母など)

ワイン酵母として必要な特徴は大きく分けると1.微生物学的、化学的ポイント 2.官能的ポイントに分けられます。

1.微生物学的、化学的ポイントとしては

遺伝学的な安定性

低窒素成分要求性

高浸透圧耐性

二酸化硫黄耐性

低二酸化硫黄生産性

低バイオマス生産性

アルコール耐性
低泡性
キラー活性
高凝集性、早い沈降性
選択した温度条件下での発酵制御のしやすさ
糖をアルコールに効率よく最後まで資化出来ること
好ましいフレーバーを生成すること
望ましくない副産物の生成が少ないこと

2. 官能的ポイントとしては、

地域特異性
低栄養要求性
赤ワインの色の抽出
樽中での発酵性
品種特性を最大限引き出すこと
品種の特徴香を最大限引き出すこと(グルコンダーゼ活性)
目標とするワインスタイルに必須な特徴を生み出すこと
糖をアルコールに効率よく最後まで資化出来ること
ブーケやアロマを生かすために低温でも旺盛に発酵すること
Lees Contactの特徴が出ること
澱がコンパクトであること
MLFを起こす乳酸菌に与える影響が少ないこと

一般に大手のメーカーでは自社で分離した菌株を実験室で培養して使用しています。それ以外でも、培養した酵母で酒母を作ってもろみに添加している場合もありますが、簡便性と安全性のメリットから最近では乾燥酵母を利用することが一般的です。酒母、培養酵母、乾燥酵母共、もろみに添加する際は、3,000,000-8,000,000 cfu/mlの酵母菌体が必要と考えられています。

世界中には多くの種類のワイン用乾燥酵母(*Saccharomyces cerevisiae*と*Saccharomyces bayanus*)が市販されており、その多くはフランスやドイツ、アメリカなどの優良ワイナリーで単離された菌株です。日本では全体的な販売の数量が少ないこともあって、菌株の種類はあまり多くありませんが、それでも10～20種類ほどの製品が入手可能です。キザンワインでは2000年ヴィンテージには4種類の菌株を使用する予定にしています。ここで、特に有名でよく使用されている酵母を幾つか紹介しておきます。

Lalvin V1116

フランス、Montpellierで単離された。赤ワインの醸造に向いている。キラー活性があり、旺盛に発酵する。アルコール耐性は14%。至適温度は15°C～35°C。栄養分の多い少ないに関わらず旺盛に発酵し、夾雑微生物の存在化では早く主勢を占めることが出来る。

Lalvin L2226

Cotes de Rhoneのぶどう園から単離された。赤ワインの醸造に向いている。キラー活性がある。糖、アルコール耐性に大変優れており、何らかの理由で発酵が一時停止した場合(stuck fermentation)のレスキュー用として効果がある。アルコール17%まで発酵が可能で、20%まで発酵した実績もある。

Lalvin EC1118

Champagneで単離され、CICVからChampagne用酵母として推奨されている。ニュートラルな白・赤ワインの醸造に向いている。キラー活性があり、アルコール耐性は16%。至適温度は8°C～30°C。Champagneのベースワインのように糖が低い条件下では二酸化硫黄や酢酸の生成は少ないが、一般のワイン醸造の条件下ではそれ以上の二酸化硫黄や酢酸を生成する。MLFを阻害するとの報告がある。

Lalvin Wadebswill 27

スイス、Wadebswillで単離された。赤・白ワインの醸造に向いている。キラー感受性。低温発酵性で、4°C～35°Cで使用可。広い温度域で、ゆっくり完全に発酵を行うことが出来る。温度コントロールの困難な条件下での発酵に有用である。MLFを促進する。

Enoferm Bordeaux Red

フランスで単離され、カリフォルニアで利用されてきた。UC DavisでUCD-725として保存されている菌株。高品質の赤ワインの醸造に推奨されている。キラー感受性。至適温度は18°C～30°C。アルコール耐性は16%。低栄養下でも中庸の速度で発酵し、揮発酸、硫化水素ともに生成は少ない。白ワインではアロマやフレーバーを引き出す効果もある。

Enoferm Assmanshausen

ドイツガイゼンハイム研究所で単離された。Pinot noirとZinfandelの醸造に有効。キラー感受性。至適温度は20°C～30°C。アルコール耐性は14%。ラグタイムが長く、発酵はゆっくり始まり中庸の速度で推移する。赤ワインの色を安定化させ、スパイシーでフルーティーなフレーバーを引き出す。全もろみの10%容で8時間前培養してから使用すると良い結果が得られることが報告されている。

以上は、各市販菌株の説明書からの抜粋ですので、選択時の目安程度に考えています。もちろん目的にあった酵母を選ぶのは重要なことなのですが、ワイン醸造での菌株の選択の重要性は、清酒醸造におけるそれに比べると低いものだと考えています。香りの成分の殆どを酵母に頼る清酒醸造に対し、ワインの場合は、酵母由来の成分よりもぶどう由来の成分の方が大きく影響するためです。私達は、ノウハウの蓄積があって、特別に必要な特徴(キラー活性や色の抽出)を兼ね備えた酵母を好んで選択しています。(2000/09)

アルコール発酵 2

1. 発酵とは

発酵の定義は“人間に有用な物質を微生物が生産すること”とされています。“発酵”と“腐敗”の違いははっきりしませんが、要は何が“有用”なのかの認識の違いだと考えればよいと思います。例えば納豆を作ろうとして、豆に納豆菌を植え付けて納豆を作る工程は“発酵”ですが、同じ菌が清酒のもろみなどにはえてしまうと“腐造”とよばれてしまいます。

酵母を嫌気性条件下におくと糖がアルコールに変換されます。一見単純な反応のように見えますが、実際は十数段階の化学反応が順序正しく起こる複雑な過程の結果です。この際 ATP の生成に伴い 1mol のグルコース当たり 24kcal の熱を発生し、これを一般的に発酵熱と呼んでいます。

アルコール発酵では、エタノールと二酸化炭素以外に数多くの副生成物を酵母が生産します。ワインの場合

アルコール類、アセテートの類、C4からC16までの脂肪酸のエチルエステルが高濃度で検出されています。

2. アルコール発酵の反応とモニタリング

上記の反応により、1kgの転化糖(ブドウ糖と果糖)から、約480 gのアルコールが理論上生成することになります。実際は温度や酸素の濃度、酵母の種類などによってアルコールの収量は変化します。例えば20 %の還元糖を含む果汁を発酵させると、96.3 g/Lのアルコールを生成し、これを、アルコールの比重より計算すると12.2% (v/v)のアルコールということになります。実際の発酵中には、もろみの糖分は比重によって計測します。比重の単位としては、ブリックス(Brix)、ボーリング(Balling)、ボーメ(Baume)、エスケレ(Oechsle)などの単位が使用されています。日本では、ブリックスが通常用いられますが、オーストラリアではボーメ、ドイツなどではエスケレが一般的です。それぞれの単位に応じた比重計があり、換算表も用意されています。ちなみに比重1.100 = 23.6 Brix = 13.1 Baume = 100 Oechsle です。雑談になりますが、これらの比重の単位を考案した人は、それぞれBrix氏、Baume氏、Balling氏、Oechsle氏だそうです。

白ワインの場合、一日に0.5-1.0 Baumeの比重の減少を目安に発酵管理を行います。赤ワインの場合は、皮や繊維質などが窒素源となり得るため、発酵のすすみ具合はもう少し早く、一日に3-4Baume、十分に冷却をした場合1-2Baumeが理想とされています。酵母によるアルコール発酵の副産物の中にはワインのオフフレーバーとなりうる物質もありますので、毎日比重の分析と共にテースティングを行う必要があります。

3. ワインメーカーの役割

アルコール発酵を行う上で、ワインメーカーが心がけなくてはならないことは、まず選択した酵母の菌株ができるだけ早くもろみ中で優勢になり、健全な発酵が開始されるようにすることです。また、できるだけ発酵の速度を一定にキープしつつ目的の残糖レベルまでもっていくように、発酵管理をする必要があります。

このために酵母の生育をコントロールするツールとしては、

1. 果汁・もろみの組成: 清澄化の度合い、二酸化硫黄の濃度、糖分及びビタミンの濃度、窒素成分の種類と濃度、不飽和脂肪酸の種類と濃度
2. もろみの処理方法: 果汁の清澄法、ペントナイトなど助剤の利用
3. 酵母の添加量
4. 発酵温度

等が考えられます。個々の要素を詳しくみてみると

1-1 二酸化硫黄の濃度

酵母の種類によって、発酵の副産物として生成するアセトアルデヒドの量が大きく異なります。アセトアルデヒドはもろみ中の二酸化硫黄とすぐさま結合して、フリーの二酸化硫黄のレベルを下げます。このため、同じ量の二酸化硫黄を添加して、同じコンディションで発酵させたもろみでも、酵母の菌株や生育状況によって有効な濃度は大きな差があると考えられます。

さらに、フリーの二酸化硫黄が酵母の増殖を阻害する程度は、もろみのpHによって大きく影響をうけます。低めのpHのもろみ中に約25ppm以上二酸化硫黄が存在する場合、発酵の開始が遅れ、酵母の増殖速度が遅くなり、発酵が完了するまでの時間が長くなります。

1-2 糖分及びビタミン濃度

ぶどう果汁中にはブドウ糖と果糖がほぼ1対1の割合で存在します。通常のもろみ程度の糖濃度(13Baume以下)では通常酵母の発酵には影響はありませんが、これより糖濃度が高くなると酵母の生育を阻害する場合があります。

ぶどう果汁中には一般的に酵母が生育するには充分量のビタミンが存在します。必要があれば、酵母の発酵

を助けるためにビタミンミックスやビオチンなどを添加することができますが、過剰に添加すると、酵母による酢酸の生成が増加する危険性があります。さらに、発酵が完了した後のワイン中にこれらの物質が残存すると微生物的に不安定な状態となり、ワインの保存性に問題が出てきます。

1-3 窒素成分の種類と濃度

もろみ中の窒素成分特にアンモニウム塩やアミノ酸の含量は酵母の生育についてはアルコール発酵全般に大きく影響を及ぼします。ぶどう果汁中の窒素成分の種類や量は大きなばらつきがあり、栽培条件や果汁の処理条件など様々な要因に左右されると考えられています。

果汁を清澄化しすぎると、アルコール発酵を完全に行うために必要な量の窒素成分がもろみ中に存在しないおそれが出てきます。必要な窒素成分の量は、もろみ中の糖濃度が高ければ高いほど多くなります。もろみ中には通常100ppm～300ppm程度の窒素成分が必要とされており、足りないようであれば発酵助剤としてリン酸第二アンモニウム(DAP)を添加することが一般的に行われています。後述しますが、DAPの添加は硫化水素臭の防止にも利用されています。

1-4 不飽和脂肪酸の種類と濃度

脂肪酸類は酵母のミトコンドリアの膜系を構成する重要な物質で、酵母の生育に大きな影響を及ぼします。酵母が不飽和脂肪酸やステロールを生産するためには酸素が必要ですが、アルコール発酵のようにきわめて嫌気的環境下では不飽和脂肪酸は飽和脂肪酸に置き換えられてしまい、生物活性が低下します。このため、酵母が十分に生育するためには、果汁中の成分はもちろんのこと、最初に添加する酵母の細胞が充分量の不飽和脂肪酸とステロールを含んでいる必要があります。ぶどう果実中では、不飽和脂肪酸やステロールは果皮のワックス質に存在し、エルゴステロール、コレステロール、ラノステロール、オレアノリン酸などのステロール類が発見されています。

2-1 果汁の清澄化

果汁の処理の項でも説明しましたが、発酵前に果汁を清澄化する方法としては、低温清澄・遠心分離・濾過・ペクチナーゼの添加等が実施されています。いずれの方法でも、清澄化すればするほど酵母の栄養成分は少なくなってきました。清澄化の足りないもろみでは、酵母によるオフフレーバーの生産が多いことも知られています。一方で、過度の清澄化は、酵母の生育を阻害しスタックファーメンテーションの原因になることが知られています。本来ベントナイトは蛋白質除去のためもろみに添加しますが、ちょっと変わった使い方として、過度に清澄化した果汁にベントナイトを添加すると酵母細胞同士を結びつける働きをするため均一な発酵を促します。発酵助剤として使用するわけですが、この際に効果的なベントナイト添加時期は、発酵が半分まで進んだころ(6-7Baume)とされています。

3 酵母の添加量

酵母添加量は、培養した酵母を利用する場合、白ワインで3-5 X1,000,000 CFU/ml、赤ワインで5-8 X1,000,000 CFU/ml。乾燥酵母を利用する場合は1 X100,000,000 CFU/mlとされていますが、実際の添加量は果実のコンディションと二酸化硫黄の添加量を考慮しなければなりません。また、低温発酵をする際でも酵母がスムーズに立ち上がれるよう、添加する温度は15度以上が望ましいと考えられています。

4 発酵温度

発酵温度は、冷凍機やサーモスタットなどの利用によって最も簡単にコントロールする方法です。アルコール発酵がはじまると、それに伴って発生する発酵熱のためにもろみの温度が上がってきます。高温で発

酵を行った場合、酵母の生育に影響があるのはもちろん、重要な揮発成分を蒸散により失い、望ましくないフレーバーを生産します。スタックファーメンテーション(発酵の停滞)の原因となることも多く、揮発酸の生成量、アルコール生成量とも多くなります。白ワインは比較的低温で行われ、最も一般的な発酵温度は10～15度です。低温発酵といっても、清酒の吟醸酒(10度以下)ほどではありません。赤ワインはそれよりずっと高温で、一般的に15～30度で発酵を行います。果帽部分の温度は液体部分より高くなり、固体であるので冷却効率も悪いため、冷却を伴った十分なキャップマネジメントが必要です。

5 スタックファーメンテーション(発酵の停滞)

アルコール発酵の途中で、酵母の生育がストップしてしまいアルコールが生成されなくなってしまうことをスタックファーメンテーションとよびます。これは、以外と頻繁に起こる現象で、その原因はさまざまです。代表的な原因をあげてみると、果汁の過剰な清澄化、高すぎる発酵温度、急激な温度変化、果汁の栄養不足(窒素成分、ステロール類、不飽和脂肪酸、ビタミンやミネラル)、阻害物質の存在(エタノール、脂肪酸、キラートキシン、残留農薬など)で、いずれも酵母がストレスをうけて生育阻害を起こしたことによる物です。比重の変化をモニターするほかにスタッキングの予知としては、顕微鏡での酵母の観察が有効です。

スタッキング回避の手順としては、

もろみの攪拌－温度の適正化－栄養物質の添加(DAP、ビタミン類)－酵母を添加する－強制的通気をこの順に試みますが、発酵が停止した状況(発酵開始直後か? 終了間近か? 停止時の温度等)を考慮に入れる必要があります。

6 発酵終了

発酵が終わった際には、比重と残糖の測定などを行ってきちんと終了を確認しなければなりません。発酵が終了すれば、酸化と微生物による汚染を防ぐためできるだけ早く、温度を低く(4度以下が望ましい)保ち、適切な量の二酸化硫黄を添加します。

日本の発酵工業は言うまでもなく世界一で、アルコール発酵においても日本酒で培った多くのノウハウがあります。しかし残念ながら、これまでワイン醸造と日本酒の醸造は人的交流も技術的な交流もあまり行われてこなかったのが実状です。海外のワインメーカーと話をしていると、意外に微生物的知識、特に酵母についての知識が無いことに驚きます。様々な分野で蓄積されている酵母やアルコール発酵についての知識をワインにも生かしていければと考えています。(2000/12)

アルコール発酵 3

1. 酵母由来のオフフレーバー

酵母はエタノール発酵の副産物として、様々な物質を生産することは前回説明しました。その中には高濃度になるとワインの品質を低下させるような香りや味(オフフレーバー)を持った物質も含まれています。その代表的な物質が、今回説明する含硫揮発酸類です。その他高級アルコール類も高濃度になればフェーゼル油の香りになります。揮発性のフェノールや、ビニルフェノールなども高濃度になると薬臭い香りを呈します。一方酵母は酢酸も生産しますが大変低濃度で、ワイン中で酢酸が問題になるときはまずアセトバクターの仕業と考えるべきです。

2. 含硫揮発酸の種類

最も問題になる物質は硫化水素(H₂S)です。硫化水素は大変揮発性が高く、その閾値は0.2 ppbで“腐った卵”と表現されるにおいを呈します。その他ワイン中で問題になる含硫物質は、
メチルメルカプタン(CH₃-SH)閾値0.02 ppb“腐ったキャベツ”、
エチルメルカプタン(CH₃CH₂-SH)閾値1.1ppb “タマネギ・ゴム臭”、
ジメチルスルフィド((CH₃)₂S)閾値25ppb“アスパラガス”、
ジエチルスルフィド(CH₃CH₂-S-S-CH₂CH₃)閾値0.92ppb、
ジメチルジスルフィド(CH₃-S-S-CH₃)閾値29ppb “タマネギを想像させるようなにおい”

これらの化合物は、酵母が必ず生産する物質で、ワインには必ず含まれています。低濃度ならワインに複雑味を与えポジティブに働きますが、濃度が上がると“腐った卵・スカンクのにおい(おならのにおい)・ニンニク・タマネギ”などと表現されるオフフレーバーとなってしまいます。

3. 生産の要因

硫化水素は、生合成の過程で硫酸塩が還元される反応の際副次的に細胞外へ産出されるものです。酵母細胞への硫酸塩の取り込みや還元反応は細胞中のメチオニン量によって制御されています。このため、含硫アミノ酸(メチオニンやシステイン)の生合成や代謝が阻害を受けると過剰の還元型の硫化物が細胞中から細胞外へ排出されます。

具体的に硫化水素の生産に影響を及ぼすと考えられる要素は

ぶどう果皮に付着している 消毒由来の硫化物の量と種類

果汁及びもろみのpH

発酵温度

酵母の菌株の種類(発酵が早く進み旺盛な酵母は比較的高濃度の硫化水素を生産する傾向がある)

果汁やワインの清澄の度合い

発酵後に酵母が存在するか否か

Fe,Zn,Mn等の金属イオンの存在

発酵後の亜硫酸濃度

硫化水素以外の物質の生成経路は以下の通り

メルカプタン $H_2S + CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CH_2SH$ (エチルメルカプタン)

ジスルフィド $CH_3CH_2SH + O_2 \rightarrow CH_3CH_2-S-S-CH_2CH_3$ (ジエチルジスルフィド)

ジアルキルスルフィド $CH_3CH_2SH + CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3CH_2SCH_2CH_3$ (ジエチルスルフィド)

4. 除去の方法

4-1 硫化水素の除去

亜硫酸の添加 $H_2S + SO_2 \rightarrow$ コロイド状のS (濾過で除去可)

酸化 $H_2S + O_2 \rightarrow$ コロイド状のS (濾過で除去可)

硫化銅の添加(日本では使用不可) $H_2S + CuSO_4 \rightarrow CuS$ (沈殿)

Sulfidexの添加(日本・オーストラリアなどでは不可) 銀イオンをベースにした物質を添加して除去

4-2 メルカプタン類の除去

ジスルフィドまで還元してしまうと除去が困難なため、できるだけ早く酸化的な環境にし(エアレーション、タ

ンクのふたを開ける等)してやり、硫化銅またはSulfidexを添加する。(日本では使用不可)



4-3 ジスルフィド及びジアルキルスルフィドの除去

ジスルフィド及びジアルキルスルフィド 銅イオンと結合しないため、亜硫酸(もしくはアスコルビン酸)を還元剤として利用してメルカプタンに還元し、その後銅イオンを添加する

日本では、硫化銅やSulfidexの添加が認められていないため硫化水素を検出した場合は酸化を促進する方法が一般的です(しかしフルーティーな白ワインの場合はリスクがありますね。)。ちなみに樽のバトナーージュの一つの目的は硫化水素臭を出さないためです。

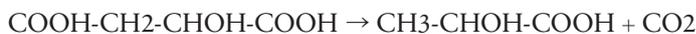
メルカプタンが生成してしまった場合は、酸化しないようにし、閾値の高いジスルフィド及びジアルキルスルフィドの形でワイン中に存在させるしか無いでしょう。

実際国産、輸入ワインともかなり高い頻度で硫化物のオフフレーバーを感じるワインが存在します。日本のワインメーカーは硫化物臭にあまりケアをしないようですが、ガスクロ分析とは言わないまでも、これだけ閾値の低い物質ですから官能検査で検出できるようトレーニングしておきたいものです。(2001/01)

マロラクティック発酵

1. マロラクティック発酵とは

マロラクティック発酵(Malolactic Fermentation 以下MLFと略します)はワイン醸造過程で乳酸菌によって、L-リンゴ酸がL-乳酸に転換される反応のことです。(下記反応式)



リンゴ酸は酒石酸とともにぶどうの主要な酸の一つです。二つの酸の比率は品種や栽培条件で様々ですが、一般に寒い地域で栽培されたぶどうや熟度の低いぶどうではリンゴ酸の比率が高いことが知られています。元来MLFは特に寒い地域で造られた、酸が多くpHが低すぎるようなワインの除酸のために行われてきました。

本来の目的に加えて、MLFを起こしたワインは複雑な香味とフレーバーが付与され高品質なものになると認識され始めました。乳酸菌の生育にともなう副産物によるものと考えられていますが、今ではこの副次的な効果の方が重要視されています。

すなわちMLFは以下の3つの変化をワインにもたらします。

1. 三価の酸であるリンゴ酸が二価の乳酸に変化することでワインの酸度が下がる。
2. ワインのフレーバーの変化。
3. ワインの微生物的安定性の向上。

ブルゴーニュや、シャンパーニュといった寒冷地ではぶどうの酸が多く、MLFなくしては高品質のワインは製造できない状況でした。一方暖かい地域のぶどうは酸が少なくもろみのpHが高くなりがちで、昔は瓶詰め後にバクテリア等がコンタミしてワインを濁らせたりガスを発生させたりする事がありました。瓶詰め前に乳酸菌による発酵を行いバクテリアの栄養分を枯渇させておくことで微生物的な安定性が向上すると考えられていました。スパークリングワインの醸造過程ではMLFによるフレーバーの付加、特にアロマのバランスを高め、ワインにストラクチャを与えることが期待されています。

現在は世界的にワインに複雑味とボディをつける目的でMLFを行うことが多くなってきています。機山

ワインでも赤ワインはすべてMLFを採用しています。特にブラッククイーンは酸の多い品種ですので酸味を和らげる効果も期待しています。

2. MLFの誘導

自然界の乳酸菌によるMLFは破碎後熟成中に至るまで、ワイン醸造のどの過程でも起こり得ます。

MLFを起こす乳酸菌は主に *Oenococcus oeni* (本菌は1995年以前は *Leuconostock oenos* に分類されていました)、 *Pediococcus* 属、 *Lactobacillus* 属です。フランスでは *Pediococcus* は発見されていませんがアメリカやオーストラリア pHの高いもろみ中によく発見されています。 *Lactobacillus* 属は主に発酵後期によく発見されます。MLFが起こる環境は後述するように様々な点から乳酸菌の生育には不向きですが、 *Oenococcus oeni* はこのような環境下で生育がよく、さらにワインのフレーバーへの悪影響が少ないという理由から最も一般的に用いられています。

MLFは謎の多い発酵といわれていた時期がありました。ワインは乳酸菌にとって決して理想的な培地ではないので乾燥菌体(スターター)を添加してもなかなか発酵が進まないことがあります。ましてや自然界の乳酸菌によるMLFは“普通なら起こらない”といっても過言ではないでしょう。チリのコンチャイトロ社のピラルゴンザレス女史が腕のいいワインメーカーとして認められたのは、数年にわたって樽発酵のシャルドネにうまくMLFを起こさせることができたからということです。乳酸菌の増殖に必要な条件を理解し、不必要な雑菌の汚染を防ぎ、将来MLFが必要なワインは、ぶどうを破碎する段階から注意深く取り扱うことが要求されます。

3. 阻害物質

ここでワイン中でのMLFを困難にしているポイントをいくつか挙げてみます

1. 二酸化硫黄

二酸化硫黄にはバクテリアの生育を阻害する働きがあります。pHや温度などにもよりますが、MLFを起こしたいワインへの添加は75ppm以下に押さえておくのが一般的です。もちろん添加量は少なければ少ないほど乳酸菌の生育は促進されます。酵母もアルコール発酵の副産物として二酸化硫黄を生成しますが、菌株によっては相当量生産するものもあるため、酵母の菌株の選択にMLFを考慮に入れる必要があります。

2. 温度

乳酸菌の生育の至適温度は25度から30度ですが、ワインの品質への影響を考慮するとそれほど高い温度で保管するのはリスクがあります。乳酸菌的には18度以上でMLFをおこしたいところですが、より低温(13度前後)での発酵が一般的です。ワインのpHや乳酸菌の栄養分の量などによっては比較的低温でもうまく発酵が進むこともありますし、充分高め温度でもうまくいかないこともあります。スムーズなMLFの進行のため、乳酸菌を添加する際ワインを一時的に加温するワイナリーもあります。

3. エタノール

エタノールはバクテリアの生育を阻害します。これもまた、pHや温度など他の条件との関係がありますが、アルコール濃度は低ければ低いほど乳酸菌の生育は活発になります。

4. pH

一般に乳酸菌は低いpHでも生育が可能と考えられていますが、pH3.0程度かそれ以下では旺盛な増殖は困難です。 *Oenococcus oeni* は比較的低いpHでも旺盛に増殖できます。ワインのpHが3.3を越えるとコンタ

ミによるMLFが起こりやすくなり注意が必要です。

4. MLFワインのフレーバーの特徴

MLFを起こすとワインは本来の目的である酸味の低減だけでなく、様々なフレーバーの変化を起こします。MLFはワインのアロマ、ボディ（口あたり）、後味に影響を及ぼすと考えられています。

MLF由来のフレーバーは、ワインにとって良くも悪くも表現されます。良い表現としてはバター様の、ナッツの様な、フルーティーな、ボディのある等で、MLFを起こしたワインに複雑味を与えると考えられています。悪い表現としては酢酸様の、腐ったような、苦い等で、一般に不適切なバクテリアのコンタミによるMLFの結果生じたものと考えられています。Lactobacillus (L.brevis/L.casei)、Pediococcusや酢酸菌は、アルコール発酵が起こる前や、pHが高い(>3.5)もろみでのMLFに関与していることが多いのですが、これらのケースで特に不快なフレーバーが付加される事が多いと報告されています。

MLFがワインの質に与える影響については長い間議論され、研究されてきています。一概にMLFを起こしたワインの方が起こさないワインより良いとか悪いとかいう議論がナンセンスであることは容易に理解できると思います。品種、ワインのスタイルによってMLFの効果は様々ですし、乳酸菌の菌種によってフレーバーに与える影響は様々です。市販のMLFスターターはその殆どがOenococcus属に属するものですが、個々の菌株でフレーバーに違いがあると考えられています。MLFがワインの成分をどう変化させるのか、従来より行われていた官能検査に加えて近年ではクロマトグラフィー等を用いて化学的な分析も進んでいます。

5. MLFがワインの化学成分に与える影響

最もはっきりと認識されるMLF由来の物質はダイアセチルでしょう。この物質は清酒のつわり香の原因物質で、低濃度ではバターやバタースコッチのような香りを呈し、ワインのボディに寄与すると考えられています。高濃度になると濡れた皮や汗くさいような不快な香りを呈します。乳酸菌による生成量が多いことと特徴的な香りで検出しやすいため、MLFを起こしたワインを見分けるキーともなっています。バクテリアはリンゴ酸を分解したのち、コハク酸を代謝し始めますがこの際にダイアセチルを生成します。ダイアセチルの生成量は、菌種やワインの状態(とくにこの場合は酸化還元電位に大いに影響される)、ワイン中のコハク酸と残糖の量などに大きく影響をうけます。Oenococcus属は比較的生産量は少なく、不適切なバクテリアのコンタミが生じた場合は非常に高濃度(5 mg/L以上)のダイアセチルを生成するケースも報告されています。ちなみに酵母もアルコール発酵時にダイアセチルを生産します。

さて、化学物質がわかったからといって、それがワインのアロマにどう影響を及ぼすか予測する事は困難です。なぜなら特定の化学物質がどんな香りをするのか、感じ方は人それぞれですし、物質の濃度によって感じ方は変わってきます。さらに複数の香り成分が混在すればもうどんな風に感じるかは表現しきれなくなってきてしまいます。

近年、人の嗅覚とガスクロを結びつけたGCO(Gas chromatography olfactometry system)やGC-MS(Gas chromatography-mass spectrometry)などによって、化学的なアプローチに嗅覚を結びつけるような分析が進んでいます。カリフォルニアのグループはGCOでワインの香り成分を、MLFによって増加または発生するもの、MLFによって減少または消滅するものそしてMLFによって変化しないものの3つのグループに分け、それぞれの物質を同定する作業を行ないました。サンプルはシャルドネのワインを実験室株のOenococcus oenos MCWでMLFをおこしたものです。

これによると、フローラル(dimethoxytoliene)、オークを連想させる香り(未知の成分)がMLFによって生成され、酵母様のIsoamyl acetateとオーク様でフローラルな未知の成分が増加したことが明らかになりました。一方減少した成分は、ゼラニウム臭(ethyl decanoate)、青々した野菜様臭(2-methoxy-3-isobutylpyrazine)、おしっこのような(ひどい!1-octanol)、加熱したにんにく(1-octene-3-ol、汚れた靴下などと表現される未知の物

質です。別のグループはGC-MSで甘い溶剤様の(4-methyl-3-pentanoic acid)、ラム酒のようなフルーティーな(ethyl hexanoate, hexyl acetate)、その他いくつかの物質(1,12-tridecadiene, hexadecanoic acid, 1,2-benzene dicarboxylic acid 等)を検出していますが、残念ながらそれらがどのような香りに寄与しているか解っていません。

6. MLFの検出

MLFのモニターはワイン中のリンゴ酸によって行います。すなわちリンゴ酸がすべて乳酸に変換されて消滅したことをMLFの終点と考えます。リンゴ酸の検出は、酵素法、液体クロマトグラフィー、ペーパークロマトグラフィー、薄層クロマトグラフィーなどで行いますが、前の2つの方法は機材が必要なため大手や研究機関で一般的に行われています。機山ワインでは、ペーパークロマトグラフィーと薄層クロマトグラフィーでMLFの終点を決めています。(補足 現在では酵素法を利用している)

昔はMLFは自然におこるものと考えられており、秋樽詰めしたワインが、春になって品温があがってきたらフレーバーが向上した(清酒の秋上がりみたいなもの?)、などという物語を耳にすることもありました。(今でもなかには自然にMLFが起こるのを待っている前時代的な蔵もあるやに聞いておりますが…)今では殆どが純粹培養した乳酸菌を使用しています。機山ワインでは乾燥菌体を使用していますが、大手は拡大培養した固有の菌(たいていは数種類の株のミックス)を使用しているようです。

セラーのサニテーションの向上したこともあり、今後は乳酸菌の株の違いによるMLFの特徴の違いを利用してワインのタイプによる菌株の使い分けも可能になってくることでしょう。実際既に市販の乾燥菌体の中には、青々しい香りやバター様のアロマの強弱や特定の品種香(特にカベルネソーヴィニオン)を強調する菌株、さらに樽に入れた場合樽香を強調する菌株などが知られています。

酵母も同様ですが、純粹培養した菌株では面白味に欠けるといって嫌うワインメーカーも居ることは事実です。しかし、管理がより困難なMLFの場合野生乳酸菌に頼るのはちょっとリスクな気もします。

ワインの瓶詰めの際、普通は酵母を取り除くことを目的にメンブレンフィルターを選択します。あまり目の細かい濾過はワインのフレーバーも取り去ってしまうおそれがあるためです。そのため無菌充填といっても乳酸菌は製品に含まれているのが一般的です。二酸化硫黄を添加してある場合は乳酸菌の増殖は押さえられます。そのため亜硫酸塩無添加のワインは通常MLFを起こしません。

結果がどうになってしまうのか予測がつきにくい未だ謎の多いMLFです。だからこそ多くのワインメーカーが様々な方法、菌株でトライしているのだと思います。(2001/02)

オーク樽

オーク樽を用いたワインの貯蔵(発酵)は赤ワイン、特定のスタイルの白ワインそして酒精強化ワインなどに広く取り入れられています。ワインメーカーによって樽の使い方は様々な違いがあり、十人十色といっても過言ではありません。最近では日本のワイナリーでも樽貯蔵や樽発酵が増えてきました。本来は容器として開発、利用されてきたのですが今や製造工程の一貫として樽を利用しています。

1. 樽の歴史

樽職人のことを英語で"cooper"と呼びますがこれはラテン語で“容器”を表す"cuparius"に由来しているそうです。昔は木製の樽くらいしか大容量で液体を保存する容器が無かったのでしょう。歴史的には紀元前900年に木製の樽が存在し、形も現在のものと大差ないということです。西暦1300年頃にはイギリスにCoopers Guildなる組織が存在したそうです。樽に限らず木製のバケツやその他の容器は家庭用品としても必需のものでした。

ワイン用の樽は190Lから500Lまで様々なサイズのもので造られてきました。各国の度量法の関係で今でも様々な容量の樽が使用されています。輸送用に使われる樽はhoop(金属製もしくは木製のたが)の本数が多く頑丈だったり様々なオプションがありますが、昔は大切な容器として何度も繰り返し洗って使用していたようです。

日本でも日本酒やワインの発酵・保存容器として杉樽が使用されていました。ワイナリーではシェリーの古樽を輸入して熟成用に使っていた事もあったようです。その後、琺瑯、ステンレスとタンクの素材が開発され、木製の樽はメンテナンスの難しさもあってそれほど使用されませんでした。

フランスやドイツなどでは、ワインのスタイルに必須のものとしてけオーク樽が使用されてきました。その後、ワインに特徴的な香りやフレーバーを付加するという事で、カリフォルニアやオーストラリア、その他新大陸のワインにもオーク樽を使用する流れがあり、最近の赤ワインブームで一気に加速してここ数年は樽の供給が需要に追いつかないといった問題も出てきています。

2. 樽の種類

昔は様々な樹木で樽が造られていました。日本酒には今でも杉樽が利用されています。ワインにはオーク樽が使用されてきました。オークは日本では“なら”と訳されていますが、学術名をQuercusといいます。日本ではナラ、カシワ、クヌギ、コナラなどがこの仲間です。ちなみにラテン語でQuercusは“美しい樹”という意味があるそうです。

Quercus属には400以上の種があり、世界各地に生育していますが、樽材として適しているのはその内のwhite oakと呼ばれる約20種類に限られています。オーク樽がワイン用に好まれて使用される理由は、第一に樽材から抽出される物質がワインに好ましいフレーバーを与えること、タイロシス(Tyloses)と呼ばれる特徴的な構造を持ち、液体を漏らしにくいこと、放射構造の幅が広く、液体を保存するのに適していること、タンニンの含量が多く、虫や微生物によるダメージを受けにくいこと、等が考えられます。さらに、ホワイトオークは、乾燥による縮みも少ないため長期間ワインを保存するのにも向いています。また堅く丈夫でありながら曲げたり加工しやすという特性も樽材に向いています。

一方、樽に入れることでバニラやオーク臭、豊かな味わいといった好ましい特徴がワインに付加され、さらにワインに複雑味を与えることは長く経験的に知られてきました。近年様々な研究機関で樽由来の化学物質の同定や特徴付けが行われてきており、樽材のワインに及ぼす影響について化学的な見地からの理解が進んできています。

以上のように、ホワイトオークは化学的にも、構造的にもワインを保存するのに適していることが解ります。構造的な特徴として、放射組織とタイロシスと呼ばれる重要な構造が挙げられます。

2-1 放射状組織(Medullary Rays)

木の中心から周辺への水分や養分の通り道が放射組織と呼び、木の他の組織より堅く緻密な構造をしています。他の樹木ではこの組織は1細胞分の幅しかなく肉眼では見えにくいものですが、オークでは2細胞かそれ以上が横に連なっており木材の切り口を見ると明らかに年輪とクロスする放射状組織の構造が確認できます。後述するアメリカンオークでは、木の全重量のうち約28%がこの堅い組織で、その他のオークでも19-32%を占めています。その他の樹木では放射組織の重量は8-15%であることと比べると、いかにこの組織がオークの特性に影響を及ぼしているか理解いただけるでしょう。樽材では柾目に製材するためこの放射組織が樽の内外に通じておらず液体のもれや蒸散が最小限に止められます。

2-2 タイロシス(Tyloses)

広葉樹の特徴として道管と呼ばれる根から茎や葉に水分や養分を送る管組織があります。前述の放射組織と垂直に交わる上下方向の組織です。通常の樹木では道管の中は空っぽのものが多のですが、ホワイトオークではタイロシスと呼ばれる泡状の物質で充たされています。この物質はキシロースとグルコースなど糖を主成分としており、道管の周囲の柔らかい組織が膨潤したものと考えられています。材にしたときもタイロシスが液体を漏れにくくしており、更に湿気を通しにくいため、湿潤による材の狂いが少なく、腐朽菌の進入も防いでくれます。

3. ホワイトオークの産地

樽材の産地によってワインに与えるフレーバーが違っていることはみなさんご存じのことと思います。アメリカンオークとフレンチオークはワイン用語一般的に使用されています。そもそもこれらのオークは、属が異なっており、化学的な特徴が大きく違います。ただし、見かけは大して違いがないので、木材を見て“これはアメリカン”これは“フレンチ”などと識別するのは不可能です。

3-1 アメリカンオーク

アメリカンオークは主に *Quercus alba* ですが、その他にも少なくとも7種類のオークが使用されています。主な産地はミシシッピー川の東側の地域、アパラチアン山脈にそって南はアラバマから北は五大湖に至る地域です。近年ではオレゴン等の新しい産地も出てきました。しかしながら、歴史の浅い事もあり、一般的にはオークの森といっても様々な樹木がミックスして植えられているため、地域格差というより“森格差”ひいては樽メーカー間の格差の方が大きいのが実状でした。ここ数年はより緻密な選別を行うことで地域による材の違いも検討されています。アメリカ国内でのオークの栽培面積は10年ほど前のデータでは45,000,000haです。

3-2 フレンチオーク

フレンチオークは主に *Q.sessilis* と *Q.pendunculata* でその他に少なくとも9種類のオークが知られています。フランスでは様々なオークが混ざって植えられることが多かったため、自然に掛け合わせがおこって少なくとも400種類のハイブリッドが存在することが明らかになっています。少し古いデータですがフランス国内でのオークの栽培面積は4,500,000haで今も増え続けています。

3-2-1 リムーザン(Limousin)オーク

フランスの中央部やや南西よりの地域で主に *Q.pendunculata* を産出します。大変養分の少ない痩せ地で、非常に堅く緻密で特徴のある木材です。主にコニャックの熟成に使用されますが、白ワインの熟成に好んで使用するワインメーカーもいます。

3-2-2 ネヴァース(Nevers)オーク

フランスの中央部高地に広がる比較的豊かな土地で主に *Q.sessilis* を産出します。マイルドなフレーバーがボルドーやブルゴーニュで好まれて使用されています。

3-2-3 アリエ(Allier)オーク

ネヴァースのすぐ南側の地域で特徴もよく似ています。時に二つの地域のオークは“フランス中央部”と一括して扱われることもあります。

3-2-4 トロンセ(Tronçais)オーク

アリエの北に隣接する大変狭い地域。主にQ.sessilis。17世紀から樽材を産出し続け、その希少さも手伝っていまなおプレミアムオークとして世界中から人気が高い。

フランスの樽もその特徴は樽メーカーによるところが大きく、地域の分け方や呼び名もメーカーによって様々です。歴史があるだけに樽メーカーも有名なものが多く、日本でもよく知られているメーカーとしては、ボルドーのDemptos, Nadalie, コニャックのTaransaud, Vicard, Seguin Moreau, ブルゴーニュのFrancois Freres, Billon, Damyなどがあります。

3-3 その他の地域

赤ワインブームにもなって樽の需要が世界的に増え、樽材の不足が言われてきました。オークの産地も、ハンガリーを中心とした東欧諸国や旧ソ連邦などに広がってきています。従来これらの地域でもオークは栽培されていましたが、製樽やシーズニングについての技術不足で満足いくクオリティーの樽は作られていませんでした。近年フランスやアメリカの有名な樽メーカーがこれらの地域の樽材で高品質の樽を生産しており、今後さらにその範囲は広がっていくと考えられます。

4. 化学的組成

アメリカンオークとフレンチオークが異なったフレーバーをワインに与えることはよく知られています。化学的な組成の違いも研究で明らかになってきました。

トータルのフェノール含量はフレンチオークの方がアメリカンオークより2.5倍多いのですが、香りやフレーバーはアメリカンオークの方が強く感じられます。揮発性の化合物、グアイヤコールやメチルグアイヤコール、さらにcisのオークラクトンは明らかにアメリカンの方が多いことが明らかになっています。一方ヴァニリンの含量はフレンチの方が多いことも知られています。

樽は自然界の影響を多く受けるので、一つの樽メーカーの作った数本で実験してそれがその地域の樽の特徴と決めてかかるわけにはいかないのが現状です。我々のような年に数本しか樽を購入できないワイナリーにとっては、樽の“当たりはずれ”が大きく影響してきます。一本10万円近くする高い買い物ですから、信頼できる樽メーカーの製品を高くても買ってしまいます。アメリカンオークはフレンチの約1/3～半分の値段です。オーストラリアのワインメーカーはよく、“フレンチで熟成させたワインがアメリカンの3倍良いってわけじゃないから”と言いながらアメリカンオークを使っていたが、もちろんフレンチじゃなきゃというワインメーカーもたくさんいらっしゃいますが、ワインのスタイルによってはアメリカンでいいじゃないのというケースが多いと(個人的には)考えています。(2001/03)

5. 樽の構造

オーク樽は、胴になる側板(staves)、蓋になる鏡板(head boards)、そしてこれらの板を締めているフープ(hoop)の3つの部品で構成されています。

フープを緩めると、樽はバラバラになってしまいます。当然接着剤などは使用されておらず、板と板が接する部分は精密に削られて、フープの力だけで中の液体が漏れないようにピッタリ組合わさっています。まさに職人技です。

Staves 樽の胴を構成する板で、枚数や形はメーカーや容量によって異なります。はじめはまっすぐですが、蒸気や直火であぶられて徐々に曲げられていきます。一本一本異なった幅の板をうまく組み合わせて、一定容量の樽に組み上げていくのも職人技です。

Head boards 樽の蓋になる平らな面のこと。側板同様、数枚の板を並べて円形の板に組み合わせます。樽のトーストはheadを入れる前に行われるので、headのトーストは別にされます。

Hoop 金属や木製の留め輪。最近では殆どが鉄製で、リベットで留められています。フランスでは樽の傷防止と装飾の為に上からクリの木のフープを重ねることもあるそうです。一般に6本のが多く、太い方から胴輪(Bilge hoop)、三番輪(Quarter hoop)、留め輪(Chime hoop)と呼ばれています。大きい樽や、輸送用の樽などでは8本フープの樽もあります。ちなみにhoopとはフランス語で“輪”の意味だそうです(そういえばフラフープも輪っかですよ)

Bung 液体を出し入れする樽の口。一般に中央の最も胴径の太い所(Bilge)に開けられています。樽の形状やニーズによってはhead boardに開けられていることもあります。普通は木、シリコン又はガラスの栓をします。

Chime 樽の木口の最も胴径の細い所。溝によってheadとstaveが組み合わせられています。

6. 樽のサイズ フランスで最も一般的に使用されている樽は、ブルゴーニュのピエス(228 L)とボルドーのバリク(225 L)です。しかし同じピエスでも輸出用(225 L)など容量の違うものもあり、バリクも長さや太さが異なるものが造られています。ものの本には300以上の種類があると書いてあるそうですが、実際は“無数”にあると断言はいいほどです。現在世界中で最も一般的に使用されている樽の種類とサイズを以下にまとめておきます。正確には一本一本容量は異なりますので、あくまでも“約”の容量です。

| | |
|------------------------|--------|
| Barrel (US) | 190 L |
| Barrique (Cognac) | 205 L |
| Barrique (Bordeaux) | 225 L |
| Barrique (Bourgogne) | 228 L |
| Botte (Italy) | 400 L |
| Butt (Sherry) | 490 L |
| Fuder (Germany) | 1000 L |
| Halbstuck (Germany) | 600 L |
| Hogshead | 300 L |
| Leaguer (Sth. Africa) | 577 L |
| Pipe (Portugal) | 522 L |
| Punchon | 475 L |
| Quartercask | 160 L |
| Stuck (Germany) | 1200 L |
| Viertelstuck (Germany) | 300 L |

もともと樽単位でワインを売買していた関係上、各国の度量法の影響を受けています。日本でも一斗樽や四斗樽が今でも使われていますね。実際我々が樽を購入する際に、こんなに多くの選択肢があるというわけではなく、樽メーカーの得意なサイズを選ぶのが一般的ですしそれで何の不便も感じていません。(2001/04)

7. 樽から溶出する物質

オーク材は、化学的にはセルロース、ヘミセルロース、タンニン及びリグニンで構成されています。特にヘミセルロース以下の成分が、様々に分解、修飾されてワインのフレーバーに大きく影響を及ぼすことが知られています。

ヘミセルロースはそれ自身は香りのない物質ですが、製樽工程で加熱されることによって、香りのある成分へと分解されます。樽材から溶出するタンニンは“可溶性タンニン”と呼ばれ、ellagic acidと gallic acidの重合体で成り立っています。リグニンは一部芳香族アルデヒドに分解され、酸化されてフェノール化合物になります。新樽ではオーク材の成分中の揮発性のフェノール化合物が直接、ワインの質に大きく影響を及ぼしています

オークから抽出される物質については、液体クロマトグラフィーやその他の進んだ分析機器を利用して解析が進んでいますが、比較的大きい分子量の物質が多い上に様々な程度に重合しているため、その全体像をつかむのは容易ではありません。これまでに200種類以上の化学物質がオークから抽出されることが知られており、その内のいくつかについてはアロマやフレーバーの特徴も解析されています。

ワインのフレーバーに影響を及ぼす物質は、“揮発性のフェノール類”と“非フラボノイドの可溶性物質”の二種類に分けられます。

揮発性フェノールの殆どはリグニンが分解されて出来た物質です。樽材に含まれているリグニンはconiferyl alcoholと syringyl alcoholが複雑に重合したポリマーで、乾燥重量で25～35%を占めています。もっとも重要な物質であるヴァニリン(ヴァニラ)オイゲノール(スパイシー、クローブ)、グアイヤコール(スモーキー)は、ワインの全フェノールからみれば微量成分ですが、フレーバーへの影響は大変大きく重要な物質です。

非フラボノイドの可溶性物質では、オークラクトンが最もフレーバーに影響を及ぼし重要な物質です。二種類のオークラクトン(cis and trans- β -methyl-octalactone)が知られており、“ウイスキーラクトン”とも呼ばれ、ココナッツ様のアロマを持っています。このほかに30種類以上のノリイソプレノイド類も見つかっています。

この他、オークのポリサッカライド由来のフルフラール、maltol、cyclotene等のフラン関連物質は生木には存在しませんが、製樽工程特にトーストの過程で生成され、ワインに甘くトースティーなフレーバーを与えます。

8. 樽がワインに与える影響

樽発酵や樽貯蔵がワインの成分に与える影響として、以下の3点が挙げられます。

- ・適度な酸化 穏やかな酸化反応によってタンニンの苦みや渋みを和らげ、色やワインの成分を安定化させる。酸化反応によって様々なアロマ物質も生成する。
- ・樽貯蔵 樽から溶出するフレーバーはワインに複雑味を与え、新たな特徴を与える。
- ・樽発酵 樽内での発酵は非常に還元的な環境となり、樽貯蔵とは異なった樽からのフレーバーの抽出が可能になる。

後で述べますが、ただワインに樽香を付与するならば、オークチップやオークエキスなど(日本では使用できない物質もありますが)を添加すればよいことで、樽を利用する最も重要な目的は穏やかな酸化反応だと

考えられます。フレッシュアンドフルーティーなワインが造りたければ樽を利用してはいけません。ワインの酸化は全てが“悪”なのではなく、きちんとコントロールさえ出来ればボディーや複雑味、柔らかさを与える上で非常に重要な反応なのです。

樽発酵に比べ樽貯蔵では、フラン、ラクトン、フェノール類、ヴァニリンがより多く抽出されることが知られています。オークのタンニンとブドウのタンニンとは性質が異なり、ワインのような低いpH下ではより容易に分解されることも分かっています。樽貯蔵をしたワインに含まれる可溶性タンニンの量は100mg/Lにも及びますが、Barrique樽に1年間貯蔵したシャルドネにはおよそ20 mg/lのオーク由来のフェノールが含まれており、その殆どが可溶性であるという報告があります。

9. 樽から溶出する物質の違い

様々な物質が樽から抽出される量は、樽の種類や状態によって全く異なってきます。重要な因子としては

- ・オークのタイプ(アメリカンオークvsフレンチオーク)
- ・樽材の乾燥方法(自然乾燥vs乾燥機)
- ・サイズ(樽のサイズが大きくなればなるほど単位体積あたりの表面積は小さくなる)
- ・トーストのレベル(low, medium or heavy)
- ・樽の年齢(新樽vs2年目、3年目)
- ・ワインの貯蔵期間

トーストのレベルは抽出可能な成分の量を左右します。トーストしたとき、guaiacol(スモーキー、薬臭い)、4-methyl guaiacol(スモーキー、クローブ)、ヴァニリン(ヴァニラ)、syringaldehyde、coniferaldehyde、sinapaldehydeは増加します。アメリカンオークはフレンチオークに比べてオークラクトンやノリイソプレノイドを多く含むことが知られています。これについては“読むワイン3月号”を参照して下さい。

新樽と二年目の樽を比べたとき、物質によってはめっきり溶出量が減るものがあります。グアイヤコールやフルフラールなどがその例です。オイゲノールや4-methylguaiacolは二年目の樽では検出出来なかったという報告もあります。その一方でオークラクトン、特に cis- β -methyl-octalactoneは二年目の方が新樽より多く抽出されることも知られています。トータルの濃度や減少、増加の程度はその他のコンディションに大きく影響を受けます。

10. 樽の代替品

樽はかなり高価であるために、ただオークフレーバーをつけるためだけには様々な代替品が考案されています。

- ・オークチップ 製樽過程ででた切りくずを再利用したもの。様々なサイズ、トーストレベルの商品が売られている。布製の袋に入れて、タンクや樽の中に投入する“Tea Bag方式”が一般的。欲しいオークフレーバーがついたところでTea Bagを取り出すことができる
- ・オークインサート オーク材の切れ端や薄い板状のものを、タンクや樽の中に固定する。様々な方式が考案され、販売されている。
- ・オークエキス及びエッセンス いろいろな地域やトーストレベルを模した商品が、液体や粉状で販売されているが、ワインメーカーが使いたいたぐいのものではない。あくまでも実験室でのトライアルに使用する程度。

以上のいずれも、酒税法や食品衛生法などにより日本では使用が認められていませんが、世界の様々な国では安ワインのブレンド用としてこのような製品も使用されています。

どの程度のオークフレーバーがワインに適しているかは、もちろんワインのスタイルや品質によりますが、調和のとれたレベルという意味では“分かる程度で最低限”というのが一般的なのではないでしょうか。世界的に見ても(特にカリフォルニアやオーストラリア)一時あまりにも樽香が強すぎるワインがはやりましたが、今では上品でバランスの良いフレーバーに落ち着いてきているような気がします。果実味やその他のワインの特徴に応じて適切な樽の使い方をするということは、なかなか難しいことです。ワインメーカーの腕の見せ所です。(2001/05)

ワインの濾過

濾過の目的はワイン中の固形物や酵母などの微生物を除去し、ワインの透明度や安定性を高めることです。そのために様々なサイズのポア(液体の通り道)を持った濾過素材や濾過機を用います。濾過したい液体が濁っているのにいきなり目の細かいフィルターで濾過してもすぐ目詰まりしてしまいます。濾過すべき液体と除去したい物質の性質やサイズに応じた濾過方法を選ぶ必要があります。

ワインの濾過の場合一般的には荒濾過(coarse filtration)、仕上げ濾過(polish up filtration)、無菌濾過(sterile filtration)の3段階で行われます。

1. ケイ藻土濾過

ケイ藻土は藻類の化石を細かい粉末にしたもので、セライトやデカライトといった商品名の方がワインメーカーにとっては一般的です。白い色をしたアルカリグレードは比較的目的が粗く、焼焙処理をしたピンク色の物は目が細かいグレードです。一般的に濾過機は金属で出来た目の粗い格子状のスクリーンをケイ藻土でコートし、層を作って濾過を行います。濾過の途中に連続的にケイ藻土を供給するため(body feed)、常に新しい表面で濾過することが出来ます。澱の処理に使用されるロータリーバキュームフィルター[※]もケイ藻土濾過機の一つです。

ケイ藻土濾過の利点は比較的に濁った液体をスピーディーに濾過出来ることと、表面がマイナスにチャージしているため(ゼーター電位)、プラスチャージのアンモニアやアミノ酸、蛋白質をトラップすることも出来ることです。しかしながら一般的な目の細かさは14.0～36.2ミクロンと比較的に荒いため、仕上げ濾過に使用するのは不可能です。さらに使用後のケイ藻土は廃棄物となるため、環境への影響も懸念されます。実際EUではケイ藻土の使用が制限される動きもあるようです。

※ロータリーバキュームフィルター(Rotary Vacuum Drum Filter, RVDと略)

直径2～5mの円筒のスクリーンの表面にケイ藻土をコートし、内部を真空にすることで外から中にワインを吸い込みながら濾過する方法。非常に濁った物の処理に向いているが、操作上酸化が免れず品質の低下が顕著であるため、澱からのワインの回収に限定して使用されている。

2 パッド(濾紙)濾過

セルロース繊維やケイ藻土でできたシート状のフィルターを用いた濾過。ポアサイズ、素材とも多様で、果汁の処理から仕上げまでワイン醸造の様々な段階で使用されています。スポンジのような厚みのある繊維層

内部で粒子を捕獲するため depth filter と呼ばれることもあります。

目詰まりせず処理量も多くとれる反面、流量や圧力によって濾過効率が変わったり、メンブレンフィルターと違って絶対的なポアサイズではないため無菌濾過には適しません。

ワインの pH ではプラスにチャージしている(ゼータ電位)ためマイナスの電位を持つアミノ酸やタンパク質を除去する能力がありますが、前処理に熱湯などで洗浄して中性になった場合はこの能力は失われてしまいます。

3 メンブレンフィルター

均一な穴のあいたポリプロピレンやポリスルホン素材とする薄い(100~200ミクロン)膜。一般的にポアサイズが0.8~0.2ミクロンのものを無菌濾過に使用します。流量やコンディションにかかわらず同じ精度の濾過が可能で、構造上上記や熱湯での殺菌も容易で、瓶詰め時の無菌濾過に使用されることが一般的です。しかし目詰まりを起こしやすく最悪の場合フィルターが破損する可能性もあります。最近では濾過性能を向上させて仕上げ濾過から無菌濾過までを一気に行えるような製品も開発されてきました。

4 クロスフロー濾過

ポリプロピレンやポリスルホンなどのポリマー、セラミック、金属を素材とする0.2ミクロン程度の膜に対し、平行方向に液流、垂直方向に圧力をかけることで連続的に濾過を行います。濾過しきれなかった液体は繰り返し濾過されて、相当濁った液体の処理も可能です。具体的には破碎後の果汁を遠心分離や静置することなく清澄化を行ったり、荒濾過から無菌濾過まで全自動で連続的に行う事が可能であるため、ケイ藻土濾過や濾紙濾過に変わる物として注目されています。しかしながら品質への悪影響も示唆されており、現状では安いワインのラインナップに採用されています。

クロスフロー濾過には大きく分けて、microfiltration, ultrafiltration, reverse osmosis があります。

microfiltration は0.2~0.8ミクロンのポアサイズで、酵母やバクテリア、酵素を除去回収し、果汁やワインの除菌に用いられています。

ultrafiltration, は特定の分子量(MW)の物質だけを除去する事が可能で、MW10,000~100,000のタンパク質の除去や、MW500~2000のタンニンや色素の除去に効果的です。

reverse osmosis は海水の淡水化で有名な技術で分子量10~100の物質を除去することができます。ワインの場合は、エタノールを除去してノンアルコールワインの製造や水分を除去することによる果汁の濃縮、酢酸の除去などに利用されます。

5 濾過がワインの品質に与える影響

濾過はワインの透明度や安定性を高めるために必要な手段ですが、方法を誤るとワインの品質に大きなダメージを与える可能性があります。ワインメーカーの中には濾過をするとワインが“薄くなる”とあって濾過を全くしないで瓶詰めするケースさえあるほどです。

濾過方法によってワインの成分と香味がどう変わるか検討した報告があります。ワインの化学的な成分のうちポリサッカライド、フェノール類、エステル類は濾過によって減少することが明らかになりました。目の粗いケイ藻土濾過ではワインの化学的な組成に変化はありませんでしたが、目の細かいケイ藻土ではポリサッカライドとタンニンが10%以上減少しました。パッド濾過の場合は多少エステル量が減少したものの、

ケイ藻土ほど化学的成分への影響はありませんでした。0.65ミクロンのメンブレンフィルターで濾過した場合、ポリサッカライド、フェノール類、エステル類が大きく減少しました。化学的な変化が認められた一方、官能的な変化はいずれの方法でも認められませんでした。ただ、濾過を繰り返すと回数と目の細かさに応じて品質への悪影響が認められました。

ワインを濾過するためにはポンプでワインを動かす必要があります。この際ワインと空気(酸素)との接触は避けにくく、この酸化が品質に大きく影響を及ぼすと考えられます。さらに過度な濾過によって色やフレーバーに関与する物質が失われてしまう危険性も考えられます。

現在では、1ステップで荒濾過から無菌濾過までこなせるメンブレンフィルターやクロスフロー濾過も開発されてきており、タンクスペースや時間の効率化に加えてケイ藻土やシートなどの廃棄物の問題の解決に期待がかかっています。

ワインの濾過には一つの正解があるわけではありませんが、澱との接触時間や樽の使用の有無、澄清化の方法や程度も考慮して方法を選ばなければなりません。さらにワインのタイプや醸造方法、消費されるまでの時間などによって必要な濾過の程度も左右されます。様々な要因を考慮した上で、多様な選択肢の中から必要最低限の濾過方法を選択するには高い技術とセンスが要求されます。実際、私たちも何度かのトライアンドエラーをへて今に至っていますがまだまだ課題が残っています。なかなか…難しい問題です。

“無濾過ワイン”もたまに目にしますが、微生物や酵素も取り除かれないため将来にわたって品質劣化のリスクがあります。(2002/04)

ボトリング

瓶詰め飲料の異物混入の問題が続発した時期がありました。微生物的な問題やまったくの“異物”は困りますが、ワインの場合澱や酒石も問題にされてしまうことがあります。フランスワインなら熟成の証として貴重がられるのに、国産ワインではクレーム、どうしてでしょうね。

瓶詰めはワインの将来を左右する非常に重要な工程です。同時にワインメーカーにとっては頭の痛い工程でもあります。今回は広く深い瓶詰めについて、非常に簡単にまとめてみました。

1 瓶詰め方法の選択

ワインに限らず他の飲料も微生物適に安定な状態で瓶詰めするためにいくつかの殺菌方法を採用しています。以下にワインで考えられる瓶詰めの方法とその長短所をまとめてみます。

常温充填・無菌濾過

ワインでは最も一般的で品質への影響も少ない方法で世界中で採用されている。濾過や瓶詰め機のコストがかかるのが欠点。

常温充填・フラッシュパステライズ

瞬間的に高温に熱し、冷却したワインを常温で充填する方法。装置にコストがかかるため、あまり一般的ではない。

常温充填・ソルビン酸を添加

非常に簡易な方法だが、微生物の活動を抑えるためには、相当量の添加物が必須。日本を含め多くの国では

ソルビン酸の添加が認められていない。

常温充填・瓶殺菌

いわゆる“瓶潤”小さな清酒蔵では時々見かけるが、ワインではほとんどない。比較的成本がかかり、品質の劣化も懸念される。

熱酒充填

品質への影響は避けられないが、簡易で確実な殺菌方法。世界の他の国ではあまり見られないが日本ではかなり行われている。

2 瓶詰め工程

ワインの瓶詰めは他の飲料の瓶詰めと同じくいくつかの工程より成り立っています。一般的には1.ビン内の汚れを取り除きリンスするリンサー、2.充填機、3.コルクを挿入するコルカー、さらに4.ラベラーと5.キャップシーラーまでがラインに入っているのが一般的です。キザンワインではラベルやキャップシールは無しでビン熟成にはいるので、1～3までの工程がラインに入っています。

瓶詰め工程は、全てを手作業で行うラインから、すべて自動で高速で流れるラインまで様々です。効率の良いラインでは1,2人のオペレーターで1分間に数百本の瓶詰めが可能です。ワイナリーの規模や製造するワインのスタイル、量によって適切なボトリングラインを選択することは非常に重要で、困難な事なのです。特に小さなワイナリーにとってはラインを維持管理することはコストのかかることです。カリフォルニアやオーストラリア、ヨーロッパの国々でも、委託瓶詰めが一般的です。タンクローリーでボトリング工場までワインを運んで瓶詰めしてもらう方法に加えて、無菌濾過とリンサー以降のラインをトラックに積んでワイナリーをまわる移動瓶詰ラインもあります。

3 瓶詰め機

様々なメーカーで様々な方法の瓶詰め機が作られています。特徴やメカニズムも10台10様なので一般論が書きにくいのですが、非常に大雑把に、グラビティー(重力)フィルター、カウンタープレッシャー(加圧)フィルター、バキューム(減圧)フィルターの3種類に分類できます。

3-1 まず 定量か定レベルか

ワインの瓶詰めはほとんどレベルフィルターです。“口から何センチのところまで”という設定で瓶詰めされます。その理由は、ガラス瓶の重さと形状が決して均一ではないためで、実際720mlワインに相当する重さの液体を詰めてみると数ミリからひどいときは1センチ以上のレベルの違いが生じています。見かけの問題以上に、後で述べるヘッドスペースの圧力上昇の問題があるので、コルクから液面までの距離は一定である必要があります。一般的には規格の容量より少し多めに詰めることにはなりますが、多すぎるとコスト面で問題にもなるので、重要な問題です。レベルフィルターでも、ビン毎の微妙なレベルの違いを補正するのはなかなか困難で、大がかりなレベルメーターのついた機械もあります。

3-2 グラビティー(重力)フィルター

フィリングボール(待ちタンク)から重力で瓶詰めノズルにワインを送る方法。ビンの口をノズルで密閉すると、送液穴からワインが入ると同時に空気穴から空気が待ちタンクへ押し出される。最終的にワインはノズルの空気穴の位置で止まる。簡易で安価な方法だが、ワインを送り込む時に常に空気と接するため酸化は免れない。さらにレベルを一定に保つのは困難。

3-3 カウンタープレッシャー(加圧)フィルター

待ちタンク内を不活性ガス(一般的には窒素ガスか二酸化炭素ガス)で決められた圧力で加圧しておき、常に一定の圧力でワインが供給されるフィルター。ビンの口をノズルで密閉し不活性ガスで加圧し、待ちタンクの圧力と同じになるとバルブが開いて重力でワインが瓶内に入ってくる。ワインはノズルの排気穴の位置で止まる。さらにガス圧を利用してレベルを補正し、最後にビン内のガスを排出し常圧に戻す。

この方法では常に不活性ガスとワインが接しているため酸化は免れ、ビン詰めに先立って瓶内をガスで置換しておくことも可能である。一般的にレベル補正の機能が付いており、レベルも一定に保ちやすい。さらにスパークリングワインなどのガス入り飲料にも使用できるという利点がある。一方で不活性ガスを大量に使用する、ポンプなどの機械類は耐圧のものを使用しなければならない、製品内に必ずガスが混入するという欠点がある。さらに機械が高額で、メンテナンスもコストがかかるという欠点もある。

3-4 バキューム(減圧)フィルター

ビン内を減圧し、フィリングボール内の圧力と釣り合うまでワインを供給する方法。ビンの口を密閉し、決められた圧力まで減圧する。送液穴が開くとワインが待ちタンクから吸い込まれ、ボール内の圧力(常圧)とビン内の圧力が等しくなるとワインが止まる。ワインと入れ替わりに排気穴から空気が排出される。ワインのレベルは最初に設定したビンの減圧のレベルで決まる。

この方法では、非常に速いスピードで瓶詰めが可能であり製品内には不活性ガスが混入しない。さらに通常の機械類が使用可能であり、メンテナンスも簡単で、機械のコスト、ランニングコストとも安価であるという利点がある。一方でスパークリングワインには使用不可能であり、フィリングボール内での酸化は免れない。さらにレベル補正のためには大がかりな装置が必要になるという問題点もある。

簡単なまとめになってしまいましたが、それぞれの方法には特徴があることがお分かり頂けたかと思います。新しい機械では、各々欠点を補う工夫がされており決定的な問題のある瓶詰め機など見あたりません。しかし、高性能になればなるほど機械自身の費用や維持管理にかかる費用と労力もかさみます。キザンワインのような小さなワイナリーでは瓶詰め機の稼働しているのは一年間にせいぜい100時間といったところなので、とても効率の悪い機械ということになっています。前回述べた無菌濾過も頭の痛い操作ですので、日本にも信頼できる委託瓶詰め業者が出来ればいいと考えているワインメーカーもきっと多いはずです。(2002/05)

ボトリング 2

ボトリング後に起こる最大の問題はワインの“漏れ”です。温度の変化などでコルクが押し上げられて漏れる場合とコルクは動かないでそのしわや穴から液が伝わって漏れる場合があります。コルクの形状(円柱形)や素材の特徴、瓶詰め後の物理的な変化を理解して、漏れのリスクを小さくする必要があります。

1 コルクの圧縮

コルクはビンに挿入される事でオリジナルの直径のおよそ35%程度に圧縮されます。これより小さい(強く圧縮すると)細胞が破壊され漏れの原因につながりますし、

反対に圧縮が弱いと抜け落ちやすくなります。一般的には直径24mmのコルクを15.5mmまでコルカーで圧縮して、直径18.5mmのワインビンの口に挿入します。コルクがビンの内径のサイズに戻るまでに約24時間

かかるといわれているため、理想的にはコルク打栓後一日は横にせず立てておくべきです。

2 ビンの形状

2-1 外観

ワインビンの形は国、ビンメーカーによって様々です。日本でも数社がワインビン製造しています。大きく分けてボルドータイプとブルゴーニュタイプがあり、それぞれに透明、緑、黄緑、茶などの色があります。大手メーカーでは、自社独自の形状のビンを使用しているところもありますし、日本のメーカーでも輸入ビンを使用している商品もあります。一般的な720ml(フルボトル)・360ml(ハーフボトル)の容量に加えて、輸入ビンでは750ml・375mlのビンが使用されていますし、最近では500mlや300mlなどの商品も開発されています。ビンの色合いも深い緑から薄緑まで、黄緑の色目も様々なものが使用されています。

キザンワインには例年ボルドータイプの黄緑色のビンを使用していますが、2000年ヴィンテージからビンの形がかなり変わったことにお気づきの方もいらっしゃるかと思います。これはビンメーカーの規格が変わったことによるものですが、以前よりいかり肩になったことで細く背が高くなった印象です。

またキザンセレクションシリーズには口の上部がフラットで厚みのあるビンを使用しています。これはバートップと呼ばれる形状で、カリフォルニアで始まったB-Capシステム(環境に配慮して金属製のキャップシールを使用せず、紙のディスクをコルクの上に張り付けて仕上げにする方法)対応のフランジ型のビンの形状から広まってきた形です。

これらのビンは見かけは異なりますが、機械の設定や包装用資材は共通のものが使用できるように設計されています。具体的にはビンの胴径、高さ、口径、入り味線(後述しますが、摂氏20度で720ml入れたときの口からの距離)などは同じです。

2-2 口の形状

ワインビンの口の部分はコルクが抜け落ちたり漏れの無いよう緩やかにテーパがつけられています。一般的に口の部分は細くなり、奥にいくにしたがって広がっています。例えばヨーロッパの規格ビンでは入り口は18.5mmで口から45mm下で21mmになって

います。日本のビンは複雑な形状をしており、入り口から一度細くなりそれから広がっています。お手持ちの空ビンの口のあたりを触ってみてください、口からおよそ20mmくらいのところにこぶがあるように感じませんか? 抜きやすく漏れにくいようにこのような形状になっているのです。

2-3 入り身線

どのようなビンでも、どの位置まで液体を入れると規定の容量になるのかという高さが決まっています。これを“入り味線”と呼んでいますが、国産のビンでは通常70mmです。これは20度(以下断りのない限り温度単位は摂氏)の場合口から70mm下まで液を入れたとき720mlになるということを表しています。しかし前回述べたように、ビンの形状も微妙に異なるため定量で瓶詰めすると液面が不揃いになってしまいます。このためメーカーでは規定の量より少し多めに入れて液面の高さを一定にするのが通常です。

日本では熱殺菌したワインを高温で充填するのが常識だったのでいまでも入り味線が低く設定されています。すなわち約52度～55度で35mmのコルクぎりぎりまで充填して、温度が20度下がったときちょうど720ml入る設計です。

常温充填の場合は、もっと高く設定できるため、現在世界中で63mmと55mmのビンが一般的に使用されています。どちらを採用するかは使用するコルクの長さが必要なヘッドスペースボリュームで決まっています。入り味の高さは容量ともどもビンに記入されています。ワインビンの下部か底に75cl(又はdl)と55mm等の文字が確認できるでしょう市販のワインのビンを見たところ、55mm-ボルドー赤・ブルゴーニュ赤・白、

63mm-スペイン赤・ドイツ赤・イタリア赤、70mm-イタリア白、76.7mm-ドイツ白、と様々な高さがありました。なお、日本のビンは70mmのものには書いてありません。同様にオーストラリアではビンメーカーが1社しかなく、全て63mmなので書いてありません。

3 ヘッドスペース

コルクと液面の間出来る空間をヘッドスペースと呼びます。例えば入り身線70mmのビンに長さ42mmのコルクを打って0.5mm長さが伸びたと仮定すると、ヘッドスペースは直径18.5mmで高さ27.5mm (70-42.5)になるので 約7.3mlということになります。液体は温度が上昇すると体積が増えるため、ワインのボトルリングの際には適切な量のヘッドスペースが必要です。必要なヘッドスペースの量は、ワインの質(アルコール含量、残糖量、炭酸ガス濃度)、瓶詰め時の温度とヘッドスペースの圧力によって決まってきます。

3-1 温度

720mlのワインは、気温が30度上昇すると体積が約7ml増えます。体積の増え方はアルコール度が高いほど大きく、残糖分が多いほど大きくなります。仮に瓶詰め時の温度が10度でヘッドスペースの圧力が0 kPa (真空)の場合、ヘッドスペースが5mlでは温度が27度になると漏れの危険性の指標となる内圧200 kpa (約2気圧)に達します。同様にヘッドスペースが10mlの場合は39度、15mlの場合は47度で200kpaに達します。ワインは一般に低温(10度以下)で貯蔵されていますが、流通時の温度上昇を考慮して瓶詰めは 10度から25度程度で行われるのが一般的です。

3-2 ヘッドスペースへの真空/二酸化炭素ガスの利用

ヘッドスペースに空気が存在するとワインの酸化を引き起こすのと同時に内圧上昇の原因となります。ヘッドスペースから空気を除く方法として、その部分の空気をポンプで引き抜いて真空状態にする方法とその部分に二酸化炭素ガスを吹き付けて空気と入れ換える方法が考えられます。いずれもコルカーのアタッチメントとして取り付けるのが一般的です。

先述したとおり10度で10mlのヘッドスペースが出来るよう充填した場合、常圧では27度で内圧200 kpaに達しますが、ヘッドスペースを真空にしてやると39度までリスクは回避されます。

二酸化炭素をコルク挿入時に吹き付けると、二酸化炭素はワインに溶けやすいのでヘッドスペースの圧力はほぼ真空に保たれます。装置的には二酸化炭素を利用する方が安価ですが、刺激を感じるといった味覚への影響も懸念されます。

ワインをビンに詰めてコルクを打つという簡単な工程も様々な要素が関わっていることがお分かり頂けたかと思います。何度も書きましたが、どんなに苦勞して作った優れたワインでも瓶詰めでミスがあると“飲めないしろもの”になってしまうのです。機械を買い換えるのはなかなか難しいとしても、メンテナンスをきちんとして常にベストの状態に瓶詰め出来るよう心がけなければなりません。(2002/06)

赤ワインの特別な醸造法 1 カルボニックマセレーション

カルボニックマセレーション (Carbonic Maceration 以下CMと略す。フランス語ではmaceration carboniqueと書くため、マセラシオンカルボニックと表現することもある)とはアルコール発酵に先立ってぶどうを房ごと嫌気条件下で保存することで特徴的なフレーバーを付加する手法です。

そもそもカルボニックマセレーションは1934年にフランスの科学者たちによって、新たな醸造法として開発されたものを、INRAのDr Andreらが確立し、広めた方法です。当初はフランスのローヌ地方だけで行われていましたが、今では世界各地で採用されています。実はCMの原理は、1872年にパスツールが発見しワイン醸造に利用できるだろうと予想していたのですが、結局彼がフォローしなかったために60年上も忘れ去られていたのです。

CMは軽いスタイルの早飲みタイプの赤ワインの醸造法として用いられ、比較的ニュートラルな品種にキルシュやチェリー、ラズベリーなどの特徴的なフレーバーを付加したり、酸やタンニンが多い品種から柔らかなワインを造る方法として主に用いられています。

以下に、主にCMを採用している地域と主品種をまとめてみました。

| 産地 | 品種 | 目的 |
|---------|-----------------------|------------------------|
| ボルドー | Cabernet Saivignon | 酸・タンニンをやわらげる |
| ボージョレー | Gamay | 酸をやわらげる |
| 南フランス | Carignan | " タンニンをやわらげるフレーバーの付加 " |
| ローヌ | Grenache | フレーバーの付加 |
| リオハ | Grenache, Tempranillo | フレーバーの付加 |
| ピエモンテ | Nebbiolo | 酸・タンニンをやわらげる |
| オーストラリア | Shiraz | " タンニンをやわらげるフレーバーの付加 " |
| 各地 | Pinot Noir | フレーバーの付加 |

CMのプロセスを順に追って紹介すると

1. 除梗しないぶどうの房を密閉容器に二酸化炭素と共に入れる。

二酸化炭素は、本来ぶどう自身の重みで潰されたタンク下部のジュースがアルコール発酵した際に発生したものを利用していたが、現在では炭酸ガスボンベ等を利用して吹き込んでやるのが一般的になっている。ここでは容器内の空気を残さず二酸化炭素と置き換えてやることが重要で、もし酸素が残っていればAcetobacter等の微生物によって不快な香りや味わいを引き起こしてしまう。(教科書的には、残存酸素濃度は0.5%以下が望ましいとされている)

2. 嫌気条件下のもと、ぶどう内部で起こる代謝活動。

この反応は、好気条件下での酵母によるアルコール発酵とは異なり、極めて化学的に複雑な反応である。収穫したばかりのぶどうはまだ生きているので、数日間は細胞内の酸素を消費する。この反応は一種の酵素反応で細胞内発酵又は嫌氣的代謝と呼ばれ、細胞が死滅するまで続く。ぶどう(細胞)の死滅は細胞内発酵により発生したアルコールが蓄積したこと(果実中で2%以上)もしくは上に積み重ねられたぶどうの重みで皮が破れてしまったことで引き起こされる。ぶどうの死滅によって、CMの重要な香気発生のプロセスが終了するが、ここまで最低5日～8日はかかるといわれている(低温下ではさらに時間を要する。)

嫌氣的代謝の間、ぶどうは外界の二酸化炭素を吸収するが、その量は35°Cで果実体積の約10%、25°Cでは30%、15°Cでは50%にもものぼる。これは、リンゴ酸がエタノールやその他の糖類に分解される際に放出する二酸化炭素の量に依存する。35°Cではおよそ50%のリンゴ酸が消費され、その割合は温度が下がるにつれ減少する。酒石酸の含量はCMによる影響を受けない。

嫌氣的代謝が終了した後、ぶどうは圧搾されアルコール発酵が開始するが、もろみ中には通常よりアミノ酸が多く含まれており、糖も蓄積しているため、発酵の立ち上がりは早い。CMの特徴を生かすためにも、比較的低温で発酵することが望ましい。

3. 破碎せず圧搾する 一般的にプレス画分の方が、フリーランより高品質である。

4. 酵母によるアルコール発酵

通常酵母を添加し、速やかにアルコール発酵を終わらせる。完全に辛口にしてしまうのが一般的である。マロラクティック発酵は普通アルコール発酵中に行うか、アルコール発酵終了後速やかに行う。

こうしてCMで造られたワインの特徴は以下の3つの要因によるものです。

嫌氣的細胞内発酵により生成された香気成分

酵母によるアルコール発酵で生成された香気成分 および

アルコールによりぶどうから抽出されるべき成分の減少

CMの過程でぶどう中には1～2%のアルコールが生成されますが、その濃度や生成速度は温度によって異なります。グリセロール(約2g/L)、メタノール(約50mg/L)、アセトアルデヒド(約20mg/L)等が生成する一方で、シキミ酸、コハク酸、キニン酸などの有機酸含量は減少します。

ボルドーのマルベックのワインを比較した結果を以下に示すと、

| | Classic Vinification* | Maceration Carbonique |
|------------------|-----------------------|-----------------------|
| Reduced extract | 24.8 | 18.5 |
| Total Acidity | 4.31 | 3.43 |
| Volatile acidity | 0.30 | 0.42 |
| Malic acid(g) | 1.34 | 0.07 |
| Colour Intensity | 1.380 | 1.023 |
| Anthocyanis (mg) | 800 | 503 |
| Tanninns(g) | 3.64 | 2.40 |
| Polyphenol index | 60 | 46 |

(Data by Sudraud)

収穫後4ヶ月後の分析値。

*Spontaneous MLFは始まっているが完全に終わってはいない状態。

温度はCMの過程で最も重要な因子であり、最適温度は30℃～35℃であるとされています。温度が高くなれば、CMの反応は早くなりますが、最適温度はぶどうの品種や二酸化炭素下での貯蔵条件、目指しているワインのスタイルなどによってまちまちです。

伝統的なCMの方法(外部からガスの吹き込みをせず、タンク内発酵で得られた二酸化炭素のみを利用する方法)ではより長い時間がかかる上に、密閉タンク内に房ごとぶどうを投入するため大きなスペースが必要となります。南フランスなどではCM専用の水平タンクを供えたワイナリーが多く見られます。CMはappellation controleで定められている方法ではありませんが、ボージョレーでは決まり事のように採用されています。

一方オーストラリアやカリフォルニアでは様々な方法、様々な程度でCMを行っています。機械収穫したぶどう(房状ではなく粒状)をコンテナのまま巨大なビニール袋に入れて二酸化炭素ガスを吹き込んで密閉し、そのまま畑に放置して嫌気代謝を行う方法や、破砕機のローラーの幅を大きくしておき、破砕されない房を混ぜたもろみに酵母を添加し発酵を開始して数日間密閉する方法などが一般的のようです。後者の方法では数日後にフリーランを抜き、全てのぶどうを圧搾してそれに加えさらに発酵を継続しますので、伝統的な方法より簡単にCMフレーバーを付加できる効果的な方法です。

CMの短所は、揮発酸が高くなること、乳酸菌による汚染が起こりやすいこと、梗由来の渋味が強くなること、濾過性の低下、品種の特徴香が失われてしまうこと、そして決定的なのはエイジングポテンシャルが限られてしまうことです。このため、多くのワイナリーでは、CMにマロラクティック発酵を採用したり、通常の方法で作ったワインにCMのワインを一部ブレンドしたりして、早飲みもでき、かつある程度の熟成が可能なワインを作っています。

わたしたちも知らない内にずいぶん多くのCMワインを飲んでいました。同じ醸造法でもワインのスタイルは様々で、ワインメーカーのセンスが問われる所でもあります。山梨でもマスカットベリーAでCMの試みがありますが、ぶどう自身が渋味や酸味に欠けた早飲みスタイルなので必然性は無いような気がします。CMのワインは人によって好みが分かれると思います。(2000/03)

赤ワインの特別な醸造法 2 ポリフェノールの抽出

赤ワインと一言にいっても、品種や産地、醸造法でワインのスタイルは大きく変わってきますが、多かれ少なかれ赤い色素を含み、白ワインよりは多くのフェノール化合物を含んでいます。既にご承知の通り、ぶどうの実自身にはフラボノイド化合物やフェノール化合物はそれほど含まれておらず、そのほとんどは、種、果皮から抽出されるものです。種と果皮部分に含まれるフェノール化合物の約50%が抽出可能と考えられており、赤い色をしたアントシアニンはそのうちの20～30%を占めています。

赤ワイン醸造のキーポイントは、いかに効率良く、これらの色素類やフェノール化合物をワインに抽出するかです。そのため醸造中は果皮を果汁に接触させること(醸し)が重要なポイントになってきます。

醸しの方法としては、1. アルコール発酵前の醸し、2. アルコール発酵中の醸し、3. アルコール発酵後の醸しがあります。

1. アルコール発酵前の醸し

Cold Soakingとか Cold Macerationと呼ばれ、ぶどうを破砕後15度から20度程度の比較的低温下で1～2日醸しを行います。時にはぶどう由来の酵母による自然発酵が始まることもありますが、フェノール類の抽

出はアルコールの影響なしに行われます。醸しの後マストには通常通り酵母を添加し、アルコール発酵を行います。

2. アルコール発酵中の醸し

破碎後のマストに酵母を添加し、25度～30度で発酵をおこないます。アルコール発酵が始まると果皮はタンクの上部に浮き上がってきて、ワインと分離し、分厚い果皮の層(果帽、Capとも呼ばれます)。このままでは果皮からの抽出効率が低いため、何らかの方法で果帽とワインを接触させること(キャップマネジメント)が必要になってきます。

最も一般的な方法はジュースをポンプで汲み上げて果帽の上からシャワーのようにかけてやる方法で、日本酒醸造でも汲み掛けとよばれる方法です。タンク内のジュースと等しい体積を一日1～2回循環してやるのが一般的ですが、タンクの様式やワインメーカーの裁量で様々な方法が行われています。タンクの内部に浮き蓋を沈めておき果帽が上昇するのを防ぐ方式や、タンク中に筒を沈めて下部のジュースが常に果帽の上にしみでるようにしてあるサブマージタンクも多く採用されています。最も効率よく果帽とジュースをコンタクトできるのはヴィニマティックの名で知られる横型の回転式タンクです。

ここで色素を抽出するだけなら、とにかく頻繁に激しくジュースと果帽を接触させれば良いようなものですが、そこがフェノール化合物の複雑さで、あまり激しすぎるコンタクトではかえって色を失いかねないのです。その原因としては、1.ぶどう由来の組織(タンパク質や繊維質等)が増えてしまい、これらの物質と色素が結合して沈殿してしまう。2.酸素の取り込みが多くなるため酵母の増殖が盛んになり、酵母の細胞質などと色素が結合し沈殿を促す。3.種や果皮に多く含まれているカリウムイオンを多く溶出するため、ワインのPHが上がり、アントシアニン等の色素のイオン化傾向を減少させる。4.種や果皮に多く含まれている無色のフェノール化合物を多く溶出させるため、色素との結合が促進されアントシアニン自身の色は薄くなる、一方色素の安定性は高まる。

3. アルコール発酵後の醸し 発酵後の醸し

Extention Macarationとも呼ばれ、アルコール発酵後にタンクを密閉し1～3週間そのまま放置しておく方法で、昔からヨーロッパでは多く用いられました。発行終了後数週間後には果帽もタンクの下部に沈んでしまいます。

この方法では、色素よりも種からの無色のフェノール化合物が多く抽出されるため口当たり大きく影響を与えると考えられています。色については、若いワインの色素の安定性は高まるものの、アントシアニンとフェノール化合物との比率がアンバランスなため熟成の早い段階で色あせてしまう傾向も報告されています。

4. 熱抽出(Thermovinification)

ジュースの処理の項でも紹介しましたが、収穫後のぶどうを破碎し45度から55度程度の熱を掛けながらシャワーリングを行いできるだけ早く色素を抽出してしまう方法です。色素の抽出後は即座に圧搾されます。日本に輸入されている濃縮果汁もこの方法を応用したものです。古い方法ではフルーティーさを失ったり、タンニンやカテキンなどが過多で味覚的な問題も指摘されていましたが、近年の技術の発達で温度や圧力、抽出時間をコントロールすることにより、問題点も解決されてきているそうです。

5. 果汁のランオフ(Run Off)

フランス語ではセニエと呼ばれます。通常通り破碎した後、ジュースを一部他に移し(多くの場合はロゼワインに利用されているようですが)果皮の歩合を増やした状態のマストを通常通り仕込む方法で、世界各国で行われています。

以上のように様々な方法で、より色の濃い赤ワインの醸造が試みられていますが、それぞれに特徴はあるもののこれといった決定打はありません。熟成型か早飲みか、フルボディーかライトボディーか、フルーティーさはどれほど欲しいか、渋さはどの程度必要か、など様々なスタイルに応じて適切な方法を採用しているようです。各々の方法がワインの成分や味わいに与える影響についても研究が進んでいますが、品種や実験方法によって結果もまちまちなため、今の段階ではワインメーカーが自分の信じる方法を採用するしかないようです。すべては有色/無色を問わずフェノール化合物の反応性の高さや反応の複雑さに尽きるということです。(2000/06)

白ワインの特別な醸造法 Hyper oxidation

ワインの酸化は空気中の酸素とワイン中の様々な物質が結びつくことで起こる非常に重要な反応です。酸素と反応するワイン中の物質としてはフェノール類、アルデヒド類、糖類、二酸化硫黄などが主なものです。ぶどうの破碎から瓶詰めまで、さらに熟成過程から抜栓、デカンテーション、グラスに注がれた後に至るまで、ワインを取り扱うすべての課程でワインは空気と接触します。

私たちは、ワインの酸化というと、ついネガティブなイメージを持ちがちですが、ブーケや味を引き出す重要な役割を果たしています。一般に赤ワインではタンニンが酸化されることで、酒質が柔らかくなり、色も安定して品質が向上するといわれます。一方白ワインは酸化するとフルーティーさを失い、シェリーのような、煮詰めたような香りが増え、劣化すると言われます。しかしながら、これもワインのタイプや酸素との接触の程度によって、良くも悪くもなるものなのです。

今回ここで取り上げるハイパーオキシデーションは、醸造中に強制的に酸化反応を起こすことで酒質を向上させる方法です。一部のワイナリーではかなり前から採用されている方法ですが、先に述べたように、酸化の“両刃の剣”的性質からワインメーカーの間でも賛否両論ある方法です。

●赤ワインのハイパーオキシデーション

目的は、色素を安定化させ、苦みを抑さえ、渋みを和らげてソフトなワインを作るために行われます。主にアルコール発酵中に圧縮空気を送り込むことで酸化を促進します。

●白ワインのハイパーオキシデーション

主な目的は、1. 将来酸化して酒質を低下させるおそれのある物質(主にフェノール類)を取り除いてしまう。2. ワインの苦みや渋みを和らげる。3. ワインのブーケを増強する。の3点です。それぞれについてもう少し詳しく説明しましょう。

1. 少し前に大ブレイクした亜硫酸無添加ワインはこの方法を利用したもので、ぶどうを破碎後直ちに強制的な酸化を行い、将来褐変を起こす可能性のある化合物や、酸化しやすいフレーバーに変化しやすい化合物を変性させ、直ちにファイニングを行ってそれらを除去してから、発酵を行う方法です。一般的にはその後は低温発酵を行い、酸化は極力さけるよう通常の白ワインの取り扱いをします。無添加以外の場合は酸化防止剤を添加しますが、使用量を減らせるメリットがあります。

2. ぶどうの中に多く含まれるカフェイン酸やクマル酸といった非フラボノイド化合物は一般的に苦味を呈します。これらの化合物は酸化酵素(Polyphenol oxidase)の最初のターゲットとなることから、酸化により苦みを除去することができると考えられています。

3. リースリングなどの香りの主成分であるモノテルペン類や、シャルドネに多く含まれるノリイソプレノイドなどの香り成分は、その大部分が配糖体として存在しそのままでは香りがしません。配糖体から糖類を切り離す反応も一種の酸化反応であるため、酸化によって香りが引き出されると考えられています。

白の場合は一般的にハイパーオキシデーションは压榨直後の果汁に対して行われ、スキンコンタクトと同時にすることもあります。これは、将来発酵中に生成されるブーケを損なうことなく酸化の効果を得る為です。亜硫酸は使用しないか、少量(50ppm程度が一般的)添加してから行います。ハイパーオキシデーションは、タンクに圧縮空気を定量的に数時間送る方法が一般的ですが、ただマストをばしゃばしゃかき混ぜるだけといった荒っぽいものもあります。

理論上は、メリットの多い方法ですが、ご存じの通りワイン醸造は複雑なもので思い通りの結果は得られていないのが現実です。古くから多くのハイパーオキシデーションに関する報文がありますが、その多くがコントロールと有為差なし、あるいはコントロールより品質が劣っているなどの結果に終わっています。

個人的には甲州のように渋みのあるぶどうではハイパーオキシデーションの効果に期待できそうな気もしていますが、フルーティーさが重要なぶどうだけに…メリットデメリットを天秤に掛けて、設備的にもきちんとコントロールしたハイパーオキシデーションができればトライしてもいいかなと思っています。(2000/07)

補足:最近の話題から 2003年10月

マイクロオキシゲネーション(microbullage)

赤ワインを樽に入れると、樽由来のフレーバーがワインに付加されるのと同時に、タンニンが柔らかくなり、好ましい味わいになることは良く知られています。これは、樽材がわずかながら空気を通すためワインが穏やかに酸化されるためと考えられています。近年この効果を密閉性の高いタンクの中で起こさせるために、微量の酸素を継続的に供給する装置が使用されています。

酸素はワインにとって敬遠されるべきものというイメージが強いのですが、全く酸素がない状態ではタンニンやアントシアニンの重合が進まず、アロマを呈する物質の変化もおこらないため、熟成感のないワインになってしまいます。マイクロオキシゲネーションを採用すると、滑らかでやわらかさのある口当たりとなり、アロマをより強く感じられるようになります。さらに刺激的な青々しさが減少し、品種によっては好ましくない還元的な味わいを減らす効果もあると考えられています。

通常の醸造方法でも漉引き作業によって十分量の酸素が供給されますが、急激な酸化はワインの質を低下させる危険性がより高いと考えられています。漉引き作業での酸素の取り込みの効果はマイクロオキシゲネーションとは全く異なるというのが一般的な考え方です。

マイクロオキシゲネーションを採用する場合は、漉引きを行わないか最低限にとどめる必要があります。さらに醸造過程での過剰な酸化やタンクの密閉性の不備などがあると、その後のマイクロオキシゲネーションが意味のないものになる可能性もあります。最大限の効果を得るには非常に高度なテクニックが要求される方法です。

一ヶ月に3～5mL/Lワイン という信じられないくらい微量の酸素を貯蔵中継続的に供給するための装置が色々と開発されており、フランス、カリフォルニア、オーストラリア、ニュージーランドなどで採用され始めています。マイクロオキシゲネーションは早飲みタイプのワインを造るテクニックではなく、熟成のポテンシャルを高める方法としてプレミアムワインへの採用が高くなりそうです。(2003/10)

ワイン製造上の技術的ミスによる問題臭 1 揮発酸

たまにワインを飲むときに、ツンとした異臭を感じる場合があります。“ネイルリムーバー(除光液)のような”と表される香りは酢酸エチルの香りに関連物質の酢酸ともども“揮発酸(volatile acid、VAと略されること

が多い)”と呼ばれています。吟醸酒などにも含まれる香りで、低濃度ではフルーティーさを呈しワインのフレーバーに厚みを与える役割をしていますが、微生物による汚染で異常に多く生成した場合は不快な香りとなります。

1 揮発酸

ワインに含まれる揮発酸には酢酸、葉酸、プロピオン酸、ブチル酸等が知られています。酢酸以外の物質はほんの少量しか含まれておらず、一般的にワイン中の揮発酸といえば、酢酸の事を指します。揮発酸はワインを水蒸気蒸留し、アルカリで滴定する事で容易に定量する事が出来ます。酸の形で存在するフリー型とエステルなどの形で存在する結合型の両方を測定し、その合計で評価することが一般的です。

日本では定められていませんが、国際的には法律上の上限が決められていることが多く、オーストラリアでは1.5 g/L、ニュージーランドでは1.2 g/L、アメリカでは白ワインで1.5 g/L、赤ワインでは1.7 g/Lと決まっています。一般的にVAが高めかな？と認識するレベルは、ワインのタイプにもよりますが600-700 mgと言われています。

2 酢酸

酢酸(CH₃-COOH)は酵母によるアルコール発酵の過程で、アセトアルデヒドの酸化によって生成します。正常に発酵が進んだ場合、最終的に酵母によって生成する酢酸の量は200-400 mg/Lです。あるSaccharimices属の酵母はきわめて多く酢酸を生成することが知られていますが、問題となるレベルの酢酸を生成するのは酢酸菌(acetobacter sp.)による好気性下でのエタノールの酸化によるものです。ひどい場合はアルコール総てを酢酸に変えてしまい、ワインビネガーとなってしまいます。また、嫌気性条件下で乳酸菌がコハク酸を分解して酢酸を生成することも知られています。

酢酸の検出閾値は赤ワインで1.2 g/L、白ワインで0.8 g/Lと比較的高濃度であるため、常識的に瓶詰めされるワインのVAのレベルで酢酸自身が問題となることはまず考えられず、後述する酢酸エチルが主な問題物質と考えられています。

3 酢酸エチル

ワイン中には300種類以上のエステル類が存在することが知られています。その中で揮発性のエステルとしては、酢酸イソアミル、カプリル酸エチルやカプロン酸エチルなどが良く知られています。いずれも微量(1mg/L以下)ですが、若いワインのフレッシュさやフルーティーさに大きく寄与しています。他方で酢酸エチルは健全なワインでも50-120 mg/L程度含まれており最も重要なエステルです。酢酸エチルは、“ツンツンする香り”“除光液臭”“ビネガーのような香り”と表され、ワインにとっては欠陥となる香りです。

酵母はアルコール発酵の副産物として微量の酢酸エチルを生成しますが、問題となるほど高濃度で存在する場合は、殆どが好気性の酢酸菌によって生成されたものです。特に樽貯蔵中に空隙が存在したような場合は高い頻度で酢酸菌の汚染が見受けられます。MLFの乳酸菌は酢酸を生成しますが、酢酸エチルは生成できない事が知られています。酢酸エチルの濃度が高いワインでは、酢酸の濃度も高くなりがちです。このため酢酸とエタノールからエステルが出来るという間違った知識を持っている方も多いのですが、酢酸エチルはエタノールとacyl-CoAの反応で生成することが知られています。

酢酸エチルの識別閾値は150 mg/Lと酢酸に比べて非常に低いため、VAとして問題になる場合は酢酸エチルの濃度によるものが殆どです。問題となる酢酸エチルの濃度はワインのタイプによって様々ですが、閾値ぎりぎりの濃度でも後味がざらついたり、苦い印象を受けたりするという報告があります。

VAという指標ではワイン中に多く存在する酢酸の濃度を反映するため、官能的な評価と分析値が一致しない場合もまれにあります。研究者の中には、酢酸エチルの濃度をワインの欠陥の指標とすべきだという指摘もあります。(2001/06)

ワイン製造上の技術的ミスによる問題臭 2 含硫化合物

揮発性の含硫化合物は、ほんのわずかな量でもワインにとって望ましくない香りを呈するため、ワインメーカーにとっては恐ろしい物質です。中には、ソーヴィニオンブランの品種香である"4-methyl-4-mercaptopentanone"のようにワインに対してポジティブな香りを呈するものも知られていますが、その多くは“腐った卵、スカンクのおならのような臭い、ニンニクやタマネギ”と表現されるような恐ろしい香りを呈します。さらに、閾値が1ppm程度と非常に低くわずかな量でもワインの質に影響を及ぼすと考えられています。

最も問題となる頻度が高くメカニズムもある程度解明しているのは酵母によってアルコール発酵中に生産される含硫化合物、特に硫化水素です。

2-1 硫化水素

硫化水素は“腐った卵”のおいを呈し、最も問題となる物質です。沸点が-50°Cと非常に低く揮発性が高い上に、検出閾値は0.2 ppb (ppbは 1/1000 ppm)、認識閾値は0.7 ppbと非常に小さいため、非常に微量でワインの質に影響を及ぼします。硫化水素以外でよく問題になる化合物として、“ゴム様”の香りを呈するメルカプトエタノールの閾値が130 ppm、“アスパラガスのような”香りを呈するジメチルダイサフアイドの閾値が2.5 ppm、同様の香りを呈するジメチルサルファイドの閾値が5 ppmであることと比較して、いかに低い濃度で官能的に影響を及ぼすか理解できると思います。

酵母はアルコール発酵の副産物として必ず硫化水素を生産するので、ワイン中には必ず含まれているものです。低い濃度ではワインに複雑味を与えるとの報告もあります。

酵母による硫黄の代謝経路は多様で、その元となる硫黄や含硫化合物のソースも様々に考えられるため、理解が困難で硫化水素の生成を予知したりモニターすることを困難にしています。

2-2 硫化水素の生成経路

先に述べたように、生成経路は様々に知られていますが、“S”のソースは大きく分けて、

- ・ 農薬や樽中に存在する硫黄粉末や、ワインに添加した二酸化硫黄など、果汁やワイン中に硫黄化合物として存在するもの
- ・ メチオニンやシステインといった含硫アミノ酸に由来するものに分けられます。

農薬として使用した硫黄が固体でブドウ果皮に残留した場合、また樽の保存用に硫黄を燃やしていたため硫黄粉末がワイン中に存在した場合、その硫黄イオンが酵母によるアルコール発酵中に、還元され硫化水素に

なります。硫化物の生成量は、酵母の菌株によって異なります。また、硫黄の固まりが小さいほど容易に反応に持っていけるためより多くの硫化水素を生産します。

果汁中の酵母が利用するアミノ態の窒素成分(free a-amino nitrogen 略してFAN)の量が少ないと、酵母は生育するためにブドウ中のタンパク質を分解して、FANとして利用します。メチオニンやシステインといった含硫アミノ酸が酵母によって分解されると、副産物として硫化水素を生成します。白ワインの場合、果汁を清澄化してから発酵を行います。清澄の度合いが高いほど、FANの量は少なくなるため、硫化水素を生成する可能性が出てきます。これを防ぐために、一般的には発酵前にリン酸アンモニウムなどの窒素成分を添加することが一般的に行われます。

発酵温度が高すぎたり、低すぎたりした場合や、温度変化が急に起こった場合。発酵初期に酵母が増殖するのに十分な酸素が存在しなかった場合など、酵母がスタックファーメンテーションを起こした場合にも含硫アミノ酸の分解がおり、硫化水素が生成することが知られています。シュールリーの過程で発酵終了後菌体がまだ生育している状態で酸素が非常に少なくなった場合などに硫化水素の発生する事があります。樽の澱の攪拌(バトナージュ)を行うことで硫化水素の発生は防ぐことができます。

銅などの金属は直接化学的な反応によってワイン中に硫化水素を生産します。金属がワイン中の酸と反応して、二酸化硫黄を硫化水素に変換するのです。醸造工程中で銅がワインに触れることはまずないのですが、何らかの事故でマンガンや銅がワインと触れた際に硫化水素含量が増えたという報告があります。

2-3 硫化水素の除去

ワイン中の硫化水素を除去する最も簡単で迅速な方法は、硫酸銅を添加することです。硫化水素は銅イオンと反応して不溶性の硫化銅になり、ワイン中から除去できます。ワインに銅イオンが残留しないように、実験室レベルで慎重に添加量を検討し、必要最低限の量を使用します。非常に効果的な方法ですが、日本を初めいくつかの国では硫酸銅のワインへの添加は認められていません。

このため、決定的な方法ではありませんが、我々は出来るだけ低いレベルで硫化水素を押さえる努力をします。発酵過程で軽い硫化水素臭を感じた際は、アンモニウム塩等を添加して、さらなる生成を防ぎます。硫化水素は酸化されるとコロイド状の硫黄になり不溶性となるため、低いレベルで保っておけば、後に亜硫酸と反応したり酸素と接触したりすることで硫化水素臭は消滅します。このほか硫化水素の生成量は酵母の菌株によって大きな差があるため、硫化水素生成量の少ない酵母を選択することも重要です。(2001/07)

微生物による汚染 1 ゼラニウム臭

いろいろな参考書で良く目にする言葉で、実際お目にかかった事のないオフフレーバーがこの“ゼラニウム臭”です。発見されたのは1975年と古く、ある種の乳酸菌やバクテリアがソルビン酸を分解して生成する香りということが知られています。

ソルビン酸は酵母やカビの活動を抑える働きがあり、多くの国でワインに使用されています。日本では食品への使用は認められていますがワインに添加することはできません。

殆どの酵母に有効であり、比較的安価なので広く使用されている一方で、酵母を殺すのではなく活動を抑えるだけであること、ワインのpHが高い場合やアルコール濃度が低いと有効性が低いこと、さらに有効濃度と考えられる200mg/L程度でワインの味に影響を及ぼす可能性があるという欠点があります。

さらにある種の乳酸菌やバクテリアはソルビン酸を分解し2-ethoxyhexa-3,5-dieneを生成し、これが腐ったような、嫌な香り、ゼラニウムの葉の様な香りを呈します。いったん汚染されるとこの香りは取り除くことが殆ど不可能で、ワインは商品価値が無くなってしまいます。

ワインの場合、一般的に無菌充填のターゲットは酵母であり、瓶詰め後の赤ワインには乳酸菌やその他のバクテリアが存在する可能性があります。このためソルビン酸は白ワインに限定して使用するべきです。さらにバクテリアの生育を抑えるために最低20ppm以上の二酸化硫黄の存在下でソルビン酸を添加する必要があります。現在ではソルビン酸の使用は甘口白ワインに限られているようです。

セラーのサニテーションの向上などでバクテリアによる汚染も少なくなってきたおり、ソルビン酸の使用も減ってきています。私が幸いにもゼラニウム臭のするワインに出会ったことのないのはこのためだと思います。でもゼラニウムの葉ってそんなに嫌な香りがするのでしょうか？嗅いでみたいようなみたくないような…

微生物による汚染2 Brettanomyces

酵母 Brettanomyces は Dekkera の nonsexualform で、Dekkera とともに世界中のワインやワイン醸造の環境下で発見されています。ビールでは非常にポピュラーな汚染菌で、“ブレット”などと呼ばれて敬遠されています。

Brettanomyces に汚染されたワインはその程度によって“生臭い、焼き畑、馬ごや、濡れた犬、タール、タバコ、クレオソート、革製品、葉臭い”等様々に表現されるオフフレーバーを呈します。昔から指摘されていた“ねずみ臭い-Mousy taint”オフフレーバーも Brettanomyces が原因とされています。汚染されたワインは一般的に揮発酸が高くなるとの報告もあります。

Brettanomyces が産出するオフフレーバーの原因物質としては、4-ethyl phenol と 4-ethyl guaiacol が知られています。これは果汁由来や樽由来の hydroxycinnamic acid が酵素的(cinnamate decarboxylase, vinyl-phenol reductase)に分解されて生成すると考えられています。山梨大学ではこれらの二つの原因物質を Phenolic off flavour (POF)と呼んで研究しています。ワイン醸造用の Saccharomyces も POF 生産性であり株による差が大きいことも解っています。

Brettanomyces はぶどう果皮でも見つっていますが、増殖して問題になる場合は工場内の器具や機械が汚染されている場合がほとんどです。特に古い樽では高い頻度で検出されています。他の微生物汚染と同様、衛生管理に留意して汚染を広げないことが重要です。

発酵過程や貯蔵中のワインの微生物汚染を調べるには、濾過してプレート上で培養する方法が一般的ですが、酵母のコロニーが認識できるには最低2日間の培養が必要な上に顕微鏡で識別する必要があり、たいへんな技術と労力を要します。現在 Brettanomyces を早期に検出するために、4-ethyl phenol と 4-ethyl guaiacol をインディケーターとして HPLC (高速液体クロマトグラフィー) で分析する方法がとられています。ひとたび汚染が確認されると、酒質の改善はまず不可能なので濾過等によってさらなる汚染を防ぎ、他の健

全なワインにブレンドするしか方法はありません。

実は *Brettanomyces* は特にブルゴーニュの赤ワインでは頻りに検出されており、様々な議論を巻き起こしている汚染菌なのです。POFのような *Brettanomyces* によるフレーバーは低レベルでは特徴的な複雑さを与える物質であり、醸造用の酵母も生産している物質なので、“オフ”ではなく必要なフレーバーだという説もあります。さらに純粋培養した酵母を使うからワインに地域性や個性が無くなった云々の議論が展開されます。自然発酵、蔵付き酵母、古いオーク樽の利用などを重要視する“フランス的”なワイン造りと純粋培養、ステンレススチールタンクに代表される“UCD的”なワイン造りが対立しているのも事実です。

香りの成分として善か悪かという議論は、閾値や嗜好の問題も絡んでくるので慎重に行うべきでしょうが、*Brettanomyces* が本来あるべきでない“汚染”菌である以上ワイン中に存在するのは問題であると考えます。発酵中の微生物相は出来る限りコントロールすべきだと考えますが・・・UCDナイズされていますかね。

ワインの自然発酵

1 自然発酵とは

wild fermentation や spontaneous fermentation と表現されるワインの発酵は、純粋培養した酵母を“意として”もろみに添加せずにアルコール発酵を行うことで、日本語では自然発酵と訳される事が多いようです。古くは酵母を単離したり保管する技術が無かったのですから全てのワインは自然発酵によるものだったと考えられます。そのうち発酵しているもろみを他の仕込みに添加したり、前の年の仕込みの澱を次の年の仕込みに添加したりという段階に発展したのだと考えられます。

自然発酵と一口に言ってもそのスキームは様々です。発酵管理の方法については一般論がないため、今回は自然発酵にかかわる微生物に焦点を絞りたいと思います。

自然発酵をつかさどる微生物は以下の3つの起源が考えられます。すなわち1.ブドウ果に存在したもの、2.ブドウを収穫する際に使用する器具(かご、パケツ、ハーベスターやはさみなど)に付着していたもの、3.ワイナリーの中、特に機械類やタンクに存在するもの)です。いずれについても微生物の単離同定が行われていますが、このうち最も菌相が複雑で菌数が多いのはブドウ由来の微生物だと考えられています。

2 ぶどう由来の微生物

ブドウの微生物相は様々な要因で決定されます。例えば地理的条件、気候、施肥、防除の方法や種類などに加えて、ワイナリーの廃棄物特に澱を肥料として蒔いたかどうかも重要な因子です。一般的にカビが最も多く存在し、*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Botrytis* などが単離されています。ブドウの病気もカビに由来するものが多く、防除によって影響がでると考えられます。このほか不健全な果実では酢酸菌や乳酸菌などのバクテリアが多いことも知られています。

アルコール発酵で最も重要な酵母 *Saccharomyces cerevisiae* はブドウから単離されることはまれです。ただワインの澱をまいたブドウ園ではわずかながら単離された報告があります。ブドウから単離された酵母の99%は *Hanseniaspola uvarum*, *Kloeckera apiculata* と *Rhodotorula* 属で、特に寒い地域では *H.uvarum* が、

暖かい地域では*K.apiculata*が優勢であるとの報告があります。

3 アルコール発酵中の微生物相

滅菌した容器中で自然発酵を行った場合、発酵終了時には*S.cerevisiae*しか単離されなかったというボルドー大学の実験結果があります。しかし同じ実験をLoire Valleyのブドウで行った場合*S.bayanus*が優勢だったそうです。どちらのブドウでも*Saccharomyces*を単離する事は出来なかったのですが、きちんと適切な酵母が選択されたということです。

ブドウ由来の微生物のうちカビやバクテリアは好気性なのでアルコール発酵が始まって二酸化炭素が発生するとほとんど死滅してしまいます。酵母は嫌気性下でも生育しますが、ほとんどはアルコール耐性がないためアルコール発酵が進むと死滅して、最後にはアルコール耐性の強い*Saccharomyces*属が残るとというのが筋書きです。

実際の赤ワインの仕込みでも発酵中期で*H.uvarum*や*K.apiculata*が消滅していることが証明されています。では、*Saccharomyces*はどこから来たのでしょうか？先の実験室系の結果ではブドウから由来する可能性も示唆されましたが、ワイナリーに存在するという考え方の方が一般的です。フランス人のワインメーカーは新しい樽やタンクでは自然発酵は起こりにくいと信じているそうです。Bordeauxの上級シャトーでも新しいヴィンテージの直前にワイナリーの壁や機械類から*Saccharomyces*が単離された報告があります。まさに清酒で言うところの“蔵付き酵母”です。

4 自然発酵の欠点と利点

古くから当然のように行われてきた自然発酵ですが、これに真っ向から対抗したのがカリフォルニア大学の研究者たちです。彼らはヨーロッパの銘醸地から優良な酵母を単離し世界中で同じ酵母が使えるようになりました。これによって発酵管理が楽になり、品質の予測も立ちやすくなりました。彼らの記した多くの書物には自然発酵の問題点が列挙され、純粋培養したスターターを添加することの利点が並べられています。主な問題点としては1.アロマやフレーバーへの影響が予測出来ず、オフフレーバーなどの問題を生じる可能性がある、2.発酵開始と終了のタイミングが予測出来ない、3.貯蔵中に変色したり、沈殿物を生じる危険性がある。

一方ボルドー大学を中心とする研究者は先に述べたように発酵にかかわる様々な環境の微生物相を研究し、最終的に自然発酵であっても発酵をつかさどるのは*Saccharomyces*であることを証明しました。その上で自然発酵の利点を1.官能的な複雑味が加わる、2.地域や、ワイナリーの個性が強調される、3.時として予測もつかないくらい高品質のワインになる、等としています。

個人的には管理しやすい微生物相の方が望ましいと思いますし、そう心がけてワイン造りを行っています。確かに“予測もつかないくらい高品質のワイン”のためにはリスクをおってでも自然発酵をする人がいることも理解できます。しかし“酵母を足さないで発酵させる”だけを捕らえるのは非常に危険だと考えます。健全なブドウ、しかも望ましい微生物相をつくるには何年もかかるでしょう。防除を重ねれば微生物相も変わってくることは容易に予測できます。ワイナリーの中も野生酵母を排除しなければなりません、完全なサニタリーを施してしまっただけでは自然発酵を妨げるかも知れません。発酵温度は？亜硫酸濃度は？全てが複雑に絡み合っただけで、正解は見つかりそうにありません。“自然発酵してみました”だけではワインメーカーとしては無責任だと思います。

実際自然発酵をうたっているワインの中には、不適切な微生物由来のオフフレーバーを持つワインもかなりの確立であり、それが珍重がられていたり高い評価を獲ているのをみると複雑な気がします。(全てがそうであると言うわけではありませんので、誤解のありませんように。)

コルク由来の問題臭

1 コルク

コルクはコルク樅の表皮を乾燥させて板状に伸ばしたものを栓の形状に打ち抜いたもので、ポルトガルやスペインが主生産国です。17世紀にワインがガラスの瓶に詰められるようになって以来、ワインとコルクは切っても切れない関係できています。年間に世界中で120億本以上のワインを瓶詰めしコルクを打栓しているそうです。日本やアメリカを中心に、早飲みタイプのワインにはスクリーキャップが使用されていますが、全体から見れば微々たるものです。

コルクの利点は

- * 高速の機械を使用しても打栓しやすい
- * 長い期間の熟成に耐える高いシール性がある
- * 消費者は簡単に抜くことができる
- * そしてなにより歴史的な経緯から 高品質のワインをイメージさせる点が挙げられます。

一方で、天然素材ならではの欠点も指摘されており、

- * きちんと打栓されなかった場合は漏れる場合がある
- * 比較的高価
- * 品質が不均一
- * コルク由来の物質によるワインの汚染(コルク臭)などが挙げられます。

特に最後のコルク臭は、どんなに良いブドウから作った良いワインでも、“飲めないしろもの”になってしまう危険性があるため非常に神経を払うべき問題とされています。

2 コルクの製造過程

コルクはコルク樅(Quercus suber)から作られます。コルクの森の木材からワイナリーに届くまでの過程を表1にまとめました。機山ワインで使用しているコルクの場合ステップ13まではポルトガルで行われており、それ以降は日本に輸入された後コルク業者で行われています。

1. コルク樅の表皮をはぐ(同じ木から約10年ごとに採取する事ができる)
2. 平らに押し工場約1年間形成と乾燥する

3. コルク板を選別し等級分けする
4. 約1時間水で煮沸消毒する
5. 積み重ねて乾燥させる
6. コルクの長さの板状にカットする
7. コルクの形に打ち抜く
8. 漂白・水洗
9. 酸処理・水洗
10. 乾燥
11. 選別・ほこり取り
12. 梱包
13. 輸出
14. 水分量調整
15. ほこり取り
16. コーティング(シリコン・ワックス)
17. 殺菌・梱包
18. ワイナリーへ

3 コルク臭

コルク臭(cork taint-英/ bouchonne-仏)が初めて指摘されたのは20世紀初めころで、“かび臭い異臭”と表現されました。おそらくそれ以前にも問題は存在したのですが、ワイン自身の質の向上で、それまでマスクされていた異常が表面化したと考えられます。

コルク臭の頻度については様々な報告がされており、2%(1983)、5-6% (1988 California)、3-4% (2000 France)等の数値が挙がっています。コルク臭の検出が人間による官能検査に頼っているため、数値でふるい分けられないことが現状の把握を困難にしています。さらに、コルク臭と“ワインそのものがかび臭い”ケースとの識別は訓練された専門家でもかなり難しいでしょう。近年の研究や生産過程の改善、さらには品質管理の徹底で頻度は下がってきている様ですが、コルクが天然物質である以上完全に問題がなくなることはないと考えられます。

コルク臭は、コルクを生産する過程の様々なステップで、ある種のカビ(Penicillium, Aspergillus等)に汚染されるために引き起こされると考えられています。コルク生産国のポルトガル、消費国のフランス、オーストラリア、アメリカで精力的に研究が進められ、原因物質やその生成過程がかなり詳しく解明されてきました。

4 コルク臭の原因物質

GC-MS(gas chromatography mass spectrometry)とGC-sniffによる解析の結果、コルク臭のするワインから6種類の問題物質が検出され、同定されました。それぞれの物質とその香りの特徴を表及び図にまとめました。これらの物質のほとんどは問題のないとされるワイン中にも存在します。コルク臭と判断されるかどうかは、フレーバーの検出閾値を越えるかどうかにかかわってきます。報告のある閾値についても同表に挙げました。

| 物質 | 閾値 | 香りの表現 |
|------------------------------|------------|---|
| Guaiacol | 20 ppm | smoky, phenolic, medical |
| 1-octen-3-one | 20 ppm | mushroom, metallic |
| 1-octen-3-ol | 20 ppm | mushroom, metallic |
| 2-methyl-isoborneol | 30 ppb | earthy, musty, muddy, camphor |
| Geosmin | 25 ppb | earthy, musty, muddy, garden soil, beetroot |
| 2,4,6-trichloroanisole (TCA) | 1.4-10 ppt | musty, mouldy, wet newspaper, dank cellar |

この中で注目すべきは表の最後のTCAの閾値の小ささです。他の物質の1/3～1/1000というわずかな量でも問題として認識されるため、コルク臭=TCAと言っても過言ではないほどTCAによるコルクの汚染は問題となっています。TCAによる汚染は、コルク臭の原因の60%を占めるそうです。(0108)

5 TCA taintの原因

2,4,6-trichloroanisole(TCA)は、2,4,6-trichlorophenol (2,4,6-TCP)が微生物によってメチル化されて出来た物質です。TCPは以前は木材の保存のためによく利用されていました。コルク樫の森でも散布や塗布が盛んに行われそれが残存してコルク中にTCPとして存在するというのが最も大きな原因です。またコルク中に含まれるリグニンが分解されてフェノールとなり、次亜塩素酸で漂白をする際にクロロ化されてTCPが生成することも知られています。

TCPはコルク製造、貯蔵、輸送の過程で汚染された微生物によってメチル化されてTCAとなると考えられています。コルクから単離された様々な微生物のうちある種のカビ(Penicillium sp.)がTCPをメチル化してTCAを生成することが明らかになりました。さらに塩化物イオンを含んだ合成培地上で、Penicillium frequentansがグルコースからTCAを生成することも明らかになっています。この他輸送に用いられる船倉内で、壁や床に塗料として利用したTCPやTCAがコルクに移行したという報告もあります。TCAは非常に少量で問題になる物質だけに、様々な汚染源が考えられます。

6 その他のコルク臭の原因

Guaiacol コルク樫に含まれているVanillin(ヴァニリン)がある種のバクテリア(Streptomyces sp.)によって分解されて生成することが分かっています。ワイン製造中にオーク樽から抽出されることも知られており、閾値(20 ppm)以下の濃度で健全なワインに存在することも知られています。

1-octen-3-one/1-octen-3-ol 前者は健全なワイン中にもわずかながら含まれていますが、後者は通常のワインには含まれません。これらC8化合物(炭素分子が8個連なった化合物)はコルク中の脂質がカビ(Aspergillus, Penicillium)によって代謝されて生成することが明らかになっています。1-octen-3-olが酸化されて1-octen-3-oneが生成します。

2-methyl-isoborneol/Geosmin これらの物質は水道水などの“かび臭”の原因物質としての方がよく認識されており、土壌細菌(Actinomycetes)や藻類(Cyanobacteria)によって生成されます。コルク材は製造の最初の過程で乾燥のため1年近く野積みになされてされます。この際に土壌にいる微生物が関与して2-methyl-isoborneolやGeosminを生成すると考えられています。さらに、2-methyl-isoborneolとGeosminはコルクから単離された数種類のカビによって生成することも分かっています。

7 コルク臭の防止策

7-1 原因物質の除去

製造工程で、コルク臭の原因となる物質を除去する方法が実施されています。まずコルクの森ではクロロフェノールを含んだ薬剤を使用しないこと、塩素による漂白をやめること、コルクを処理する際に使用する水には塩素、2-methyl-isoborneolやGeosminが含まれないこと。

さらに製造、輸送の過程で微生物に汚染されないような方法も採用されています。まずコルクの乾燥の際、土壌との接触を避け管理された場所で積み上げること。その後の製造過程でも微生物汚染がないようなクリーンな環境下で行うこと。エチレンオキサイド、紫外線、二酸化硫黄、ガンマー線などによるコルクの滅菌。製品を貯蔵、輸送する際は水分を除去しサニテーションに注意すること。

7-2 品質管理

製品の品質管理についての検討も盛んに行われています。品質のチェックは主に官能検査で行います。コルクの汚染物質はどれも非常に閾値が小さいため、パネラーはトレーニングが必要です。コルクメーカーやワイナリーではコルク臭を検出するエキスパートを養成しています。

検査方法も、サンプリングの頻度や抽出方法(水/ワイン、1個を1バッチにするか/複数個か、浸漬時間等)もノウハウが蓄積されています。検出閾値の小ささから機器分析が難しいとされていましたが、最近ではガスクロマトグラフィーを用いてコルク臭の物質を検出するのも可能になりました。コルクメーカーでは競い合って品質管理の質を向上させ、顧客の信頼を得ようと必死です。

7-3 コルクに変わるワイン栓

どんなに製造過程で改善をしても、コルクが天然物質である以上異臭をゼロにするのは不可能です。このためコルクに変わる樹脂で出来たコルク型の栓(合成コルク)が様々なメーカーによって開発されています。今ではフランス、アメリカを初めとする様々な国のワインで採用されているので開けられた方も多いかと思えます。コルク臭は皆無、さらに色が自由に付けられるので装飾としての役割も果たしてくれシール性に優れています。この他日本ではおなじみだったスクリュウキャップが世界各国でも採用され始めています。これは価格が安く開けやすいのが何よりの利点です。

しかしながら合成コルクもスクリュウキャップも、天然コルクの持つ“高級感”がないため、現在では主に安ワインのラインナップに使用されています。(2001/09)

様々なタイプのワインの栓についてのアセスメント

これまでに述べたように、天然のコルク栓にはコルク臭の問題がつきまとっています。天然コルクの代替品として現在では合成コルクや圧着コルク、さらにはスクリュウキャップなど新しい素材が開発されています。

合成コルクは、石油製品を原料としたいわゆる“プラスチック栓”です。日本ではあまり多くの種類は使用されていませんが、世界中では後述するように数多くの製品が市販されています。圧着コルクは、コルクを粉末にしてからノリを混ぜて圧着したタイプのもので、均質なのが特徴です。全体が圧着素材のものや、シャンパン栓のようにワインと触れる部分には天然コルクのディスクを使用したものなど数種類が市販され

ています。

様々な商品が開発され販売されているにもかかわらず、それぞれの製品についての情報はあまり公開されていません。今回、AWRIが世界中で利用されているワイン栓のうち代表的なものについてそのシール性や保存中のワインの組成の変化を調べた結果が報告されました。

1 新規のワイン栓

多くの化学メーカーがワイン用の合成コルクを開発してきました。商品名としては、Aegis,Auscork, Betacorque, ECORC,Integra, Nomacork, NuKorc, Supremecorq, Tageなどが有名です。中にはオーストラリア及びニュージーランドでのみ使用されている商品もありますが、殆どはカリフォルニアやヨーロッパでも共通で使用されている商品です。圧着タイプとしてはAlteck とOne plus one コルクが世界的に使用されています。この他日本ではおなじみのスクリュューキャップ(この報告書ではROTEという商品)と天然コルクを加えて、全部で14種類のワイン栓についてニュートラルなセミヨンのワインを瓶詰めしてから20ヶ月後までの変化を追跡しています。

栓の太さはワイン瓶の径に合うよう21.1mm(NuKorc)から23.9mm(天然コルク)まで、長さはそれぞれの製品の一般的なものということで、37mm前後のもの(Aegis, ECORC, Integra, Nomacork, NuKorc,Supremecorq及び天然コルク2)と44mm前後のもの(Alteck, One plus one, Tage,Betacorque及び天然コルク3)の二種類の長さに分かれました。天然コルクは2種類の長さのものを使用していますが、以下の実験項目について、特にコルクの長さが影響する項目は認められませんでした。

なおBetacorqueは非常に密度の低い合成コルクで直径は26.2mmもあります。後述しますがこのコルクは他の製品と際だって異なる特徴を示しました。

2 物理的变化

2-1 瓶詰めによる長さの変化

コルクを瓶に打つとコルクの直径は小さくなり長さは多少長くなりますが、栓の種類によってその伸び方は違いがあります。栓が長くなると、液面から栓までの間の空隙が少なくなり貯蔵中の温度変化などによる瓶内の圧力の変化を大きく受けることになりかねません。

天然コルクの場合、37mm(長さ)のもので0.5mmの伸びが観察されました。Alteck(43mmで0.5mmの伸び)とOne plus one(45mmで1.4mmの伸び)の二つの圧着コルクとともに伸びは少ないと考えられます。一方合成コルクは1.7mm(ECORCとSupremecorq)から3.1mm(Aegis)まで伸びに幅がありました。またBetacorqueは-1.9mmと挿入することで栓が縮んでしまいました。

2-2 貯蔵中のワインの漏れ

様々な条件で貯蔵実験をした結果、常温18ヶ月の貯蔵ではNomacorcの多くの瓶で漏れがありました。この他のコルクでは漏れは認められませんでした。

2-3 栓の抜き易さ

栓の抜き易さの指標として抜栓時の最大トルクを測定したところ、BetacorqueとNuKorcは明らかに大きいトルクを示しました。AWRIでも特にBetacorqueでは実際消費者には抜きにくい程度のトルクと評価しています。天然コルク2と圧着コルク2種類及び合成コルクのTageは栓を打ってすぐよりも6ヶ月後の方がトルクが減少しし抜きやすくなることを示しています。これらの製品ではその後は徐々にトルクが上昇します。一方その他の合成コルクは打栓時以降徐々にトルクが上昇する事が示されています。

2-4 再シールのしやすさ

一度開栓したワインを保存するのに、コルクを再度差し込むことが通常行われています。天然コルク、Betacorque, Supremecorq は、栓をしてから48時間後でも簡単に再シールできます。6ヶ月経てば One plus one でも容易にシールする事ができますが、ECORC と Tage は12ヶ月後でも再シールは不可能でした。

3 貯蔵中のワインの成分の変化

3-1 亜硫酸含量

ワイン中の亜硫酸含量、とりわけフリーの亜硫酸の変化はワインの酸化の状態の指標となります。いずれの栓の場合も貯蔵が長くなればフリーの亜硫酸の量は減少しました。スクリュューキャップの Rote、天然コルク、One plus One 及び Auscork は12ヶ月までは徐々に減少するもののその後18ヶ月後までは変化しませんでした。Betacorque が最も亜硫酸の減少が大きく、瓶詰め時に30ppm あったフリーの亜硫酸が6ヶ月後には6ppm、12ヶ月後には2ppm になってしまいました。

3-2 OD420

ワインの茶色っぽさの420 nm の吸光度を使用します。OD420 が大きいほど、ワインは茶色味を帯びていると考えられます。Tage と Betacorque は瓶詰め後3ヶ月でOD420が減少しました。これらのコルクには茶色味を除くような効果があると考えられます。しかしながらその後の貯蔵でこの2種類の合成コルクのOD420は急上昇し、20ヶ月後には他の栓より高い数値になっています。この2種類とECORCは18ヶ月の貯蔵後外見上も明らかに茶色っぽく変化していました。

4 その他

各製品について、貯蔵期間ごとに12本づつ以上の項目のアセスメントを行いました。各実験区でのばらつきは天然コルクでは顕著に認められました。一方圧着コルクと合成コルクでは個体差はあまりなかったと報告されています。

この報告は現在存在する全ての商品について行ったものではなく、一種類のワインについてのみの検討であり、瓶詰め時の状況についても触れられていません。このアセスメントの結果がそれぞれの製品の特徴を完全に表しているとは考えにくいですが、天然コルク以外の製品にも様々な特徴があることが分かりました。現在日本でも数種類の圧着コルクと2,3種類の合成コルクが入手可能ですが、より多くの情報が得られるようになり、更に選択肢が広がることで、ワインのタイプ、価格やシェルフライフに応じた栓の使い分けが出来ればと考えます。(2001/10)

補足:最近の業界ニュースから(2003年3月)

TCAによるコルク臭の問題

2,4,6-trichloroanisole(TCA)によるコルク臭は、業界でも大きな問題の一つです。最近のDavisの発表では、アメリカ国内で販売されているワインのうち約5%がコルク臭に汚染しているとの報告があります。

コンポジットコルクの一種ALTECが原因と考えられるTCAの汚染でカリフォルニアでは数万ケースのワインが被害を受けたとの報告がありました。ワインスペクテーター誌によるとカリフォルニアの4つのワイナリーが2001年後半から2002年前半にALTECを用いて瓶詰めしたワインにひどいTCAの汚染があり合計で数百万ドル(数億円!)の被害を受けたと提訴していたのが、ALTECを製造しているSabate社との間で和解

が成立したとのこと。

ALTECはコルク粉末を樹脂などで固めたコンポジットコルクで、TCAフリーというのが売り文句でしたが、従来よりTCA及び樹脂臭の問題が指摘されていました。訴訟に伴う研究機関での分析の結果73本に1本の割合でコルク臭が認められたということですが、先ほどの5%よりはるかに低い確立だと言えそうですが…。Sabate社によるとその後の品質管理の徹底により、現在ではTCAの問題はないとのコメントが添えられていました。

そのSabate社が最近コルクからTCAを除く新技術を報告しました。高圧条件下で液体の二酸化炭素でコルクを洗うことによりTCAが完全に取り除けるということです。全てのコルクにこの方法を用いれば、コルク臭の問題は撲滅されそうですが、コストがかかるため現状では生産現場での利用は難しいとのこと。最近では世界中でスクリーキャップの利用が増えてきていますが、長期熟成には向かないと考えられているようです。コルク臭の問題はそう簡単には解決しそうにありません。(2003/03)