

著者は自然環境から有用な発酵微生物（酵母や乳酸菌など）を分離し、ワインや飲料をはじめとした新たな発酵食品開発を行っています。花や果実などから採取する酵母なども話題になりますが、私は県内各地の湖や川や水、雪など、酵母の採取場所としてはあまり注目されていない自然環境から採取を行っています。

本稿では、ワイン酵母の基礎的な話のあと、自然環境から採取した酵母による 3 つの発酵食品の開発事例 — 海洋環境から分離した酵母で醸造した世界初の「海洋酵母ワイン」、幻の湖一富士六湖（赤池）から酵母を分離して醸造した「赤池幻酵母ワイン」、山梨県甲府市の武田神社のお堀から酵母を分離して醸造した「オール甲府スパークリングワイン」を紹介します。いずれも地域活性化に繋がる発酵食品となっています。

●▲■ ワイン酵母

ワイン酵母は、ブドウに含まれるグルコースおよびフラクトースなどの糖分をエタノールおよび炭酸ガスに変換させます。この変換は $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$ という簡単な反応式で示すことができ、この反応過程をアルコール発酵といいます。ブドウ果汁がワインに変わる最も重要な過程です。

(1) 自然発酵と純粋培養酵母による発酵

ブドウを圧搾して得られるブドウ果汁には、ブドウ果に付着していた各種の野生微生物が多数存在しています（野生酵母）。伝統的なワイン産地ではこのブドウに由来する野生酵母による自然発酵によりワイン醸造を行う場合があります。自然発酵の場合、地域特有の香味のある高品質のワインが醸造される場合もあります。しかし、果もろみの腐敗、発酵停止やオフ・フレーバーを生産する有害な微生物の影響を受ける場合もあります。

従って、ブドウ栽培やワイン醸造環境の恵まれない地域とか大量に仕込を行う場合や日本では健全な発酵を行うために、純粋培養酵母による発酵を行っています。その時使用する酵母はワイン醸造に適した優良なワイン酵母で、種類は *Saccharomyces cerevisiae*（サッカロマイセス・セレビシエ）が使われます。仕込みに際して、ワイン酵母を大量に純粋培養した酒母をブドウ果汁に加えることにより、野生酵母を抑制し、ワイン酵母が速やかに増殖してアルコール発酵を行うことで安定した高品質のワインができます。

(2) ワイン酵母（顆粒状酵母）

ワインの自然発酵では人為的に制御することが難しく、最近では優良ワイン酵母を添加することが一般化しています。添加するワイ

ン酵母も、これまでは醸造場で培養することが多かったですが、最近では、顆粒状乾燥酵母を使用する事が多くなってきています。この顆粒状乾燥酵母は、国内では製造されていません。一方、欧米では、市場規模が大きく、需要があるため、現在、数百種類以上の顆粒状乾燥酵母が販売されています。取扱は、低温で保存する必要があります。使用方法は、水分を与えて元の状態に戻す必要があります。これは、ワイン酵母に負担をかけない条件下で復元させた後、果汁に添加することが効果的と考えられるからです。

(3) ワイン酵母の特性について

ワイン酵母は、発酵力に優れかつ良い風味のワインを造る能力を有する酵母を選抜したものです。ワイン酵母という呼び名は、清酒酵母、ビール酵母、パン酵母などと同様に、産業上の呼称であって酵母の分類学上の名称ではありません。現在まで知られているワイン酵母は、分類学上、*Saccharomyces cerevisiae* に属します。そのうちの多くの菌株は、非仮性産膜性の“*cerevisiae*”タイプです。

ワイン酵母は醸造学的特性として、官能的に良好なワインが得られることを前提として、野生酵母との共存下、低 pH (3.0-3.5)、高糖度 (18-24%)、50-100ppm の亜硫酸が添加された果もろみ中で速やかに増殖し、確実に発酵するなどの性質から選択されてきました。また、次のような醸造学的性質をもつ菌株が望まれています。主に発酵にかかわる性質として、増殖・発酵速度の早いもの、低温発酵性のあるもの、亜硫酸耐性のあるもの、キラー活性のあるもの、低泡性のも、凝集性のあるものなどです。また、主に酒の質にかかわる性質として、芳香成分の生産性の高いもの、揮発酸が低生産性のも、オフ・フレーバーを生産しないもの、リンゴ酸代謝分解性のあるもの、生酸性のあるものがあげられます。

(4) ワイン酵母のその他の働き

ワイン酵母は、糖質を利用したアルコール発酵以外にも多くの副産物を生成します。乳酸、コハク酸、リンゴ酸、酢酸などの有機酸やグリセロールやアセトインなどです。また、糖質以外にも果汁中のアミノ酸も、ワイン酵母は栄養源として利用します。発酵終了後にワイン酵母は死滅しますが、それらの菌体は、自己消化によって、ワイン酵母菌体を構成していたアミノ酸がワイン中に放出されます。このアミノ酸の一部はワイン酵母によって脱アミノされたり脱炭酸されたりして、ケト酸やアルコールなどの様々な生成物が出来ます。

そのなかには、イソブチルアルコールやイソアミルアルコールなどのワインの芳香成分に関与する高級アルコールも含まれています。糖やアミノ酸から生成された様々なアルコール類と酸は、二次的の反応として、エステルを形成します。これらのエステルもワインの香気成分で、発酵中に生成されるエステルはブーケとも呼ばれていま

す。このようにワイン酵母は、アルコールの生成の他にワイン中の香気成分に対しても重要な役割をしています。

●▲■ 海洋酵母のワイン

(1) ワイン醸造に適した海洋酵母

医薬品の三共株式会社（現、第一三共）は医薬品の開発を目的として、生命の源である海洋環境（日本各地の磯から採取した海水、海藻、海産小動物など）から、ショ糖を糖源とし嫌気条件で酵母を分離する方法を考案し、1987年から1988年にかけて海洋由来の海洋酵母（*Saccharomyces cerevisiae* サッカロマイセス・セレビシエ）の分離を行い、陸上環境から分離された *S. cerevisiae* と性質の異なる海洋酵母 13 株を得ていました。

海洋酵母は、陸上由来の酵母に比べて麦芽糖発酵力が強く、耐塩性（陸上由来酵母4%、海洋酵母8%で生育可能）に優れています。小玉は、これらの中から各種試験を行い、新しいパン酵母と清酒の製造に適した2株を見だし、製品化に成功していました¹⁾。著者は、新しいワインの開発および山梨県の特産ブドウである甲州種の活性化を目的として、未知の可能性を秘めた海洋酵母を利用し、甲州種ブドウによるワイン醸造を考え、優良株のスクリーニングを行いました。

(2) スクリーニングの方法と結果

海洋酵母 13 株と優良ワイン酵母 W-3 株（対照株）について、10ml 培地（合成培地、甲州ブドウ果汁培地、ネオマスカット果汁培地）を用いて、発酵試験（25℃）、亜硫酸耐性試験（0, 50, 75, 100ppm）、銅耐性（50, 100, 200, 500, 700, 1000ppm）、硫化水素生産性試験を行いました。さらに 200ml の甲州ブドウ果汁

培地を用いての発酵試験を行い、一般分析（比重、アルコール、総酸など）、芳香成分分析および官能検査試験を行いました。以上の結果から優良酵母菌株 4 菌株を選抜し、温度別発酵試験（15, 18, 20, 25℃）を実施、さらに、当研究センターで収穫された 1999 年度甲州ブドウを用いて小規模試験醸造（7Lスケール）を行いました。

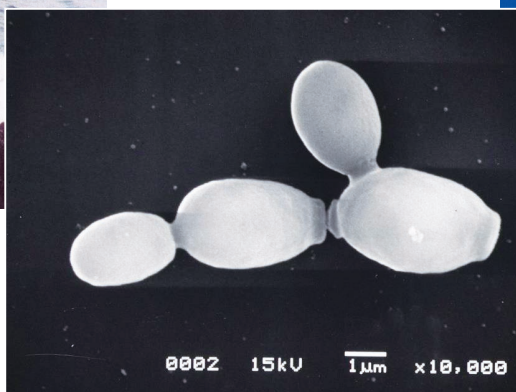
10ml スケールの発酵試験の結果、すべての供試株が合成培地、甲州ブドウ果汁培地、ネオマスカット果汁培地で発酵しました。亜硫酸耐性試験の結果、50ppm の濃度においてすべての供試株が耐性を示しました。銅耐性試験においては、すべての株が 200 ~ 500ppm に耐性がありました。硫化水素生産性試験においては、4株が硫化水素低生産性でありました。

200ml の甲州ブドウ果汁培地における発酵試験の結果から発酵速度が早かった Y-1095、風味や香りが良かった Y-995, Y-997, Y-1164 の計4株の海洋酵母を選抜しました。これら4株の温度別発酵試験においては、Y-1095 は、低温および中温においても優良ワイン酵母 W-3 と同等の発酵速度を示し、20℃または 25℃においては W-3 よりもやや高い発酵速度を示しました。また、1999 年度甲州ブドウを用いての小規模試験醸造（7Lスケール）を行いました。

海洋酵母で造ったワインは、優良酵母 W-3 に比べ揮発酸低生産性でした。また、ワイン中の有機酸分析の結果、海洋酵母はコハク酸およびリンゴ酸の生産性が高く、エステル類の分析の結果、2-フェネチルアルコールの生産性が高いという結果が出ました²⁾。

(3) 海の酵母のワインの商品化

Y-1095 株は優良ワイン酵母である W-3 に比べると発酵力はやや劣るものの、W-3 よりも揮発酸低生産性であり、酸（特に L-リンゴ酸とコハク酸）生産性が高いというワイン醸造において優れた



海からの試料採取

海洋酵母 Y-1095 の電子顕微鏡写真

製品となった「海の酵母のワイン」

性質を持っていました。また、官能試験においても良い評価が得られ、2-フェネチルアルコールおよび酢酸イソアミルの生成量から W-3 のワインとは異なった芳香であるため、新しいワイン醸造における酵母として有望であり、新たなワイン醸造に適した株と考えられました³⁾。

この株を用いて、2000年12月にサッポロワインより、世界初の海洋酵母を用いたオリジナルワイン、甲州ブドウ100%の「海の酵母のワイン」が発売され、好評を得ました。また、2007年から山梨大学ワインとしても発売され、好評を得ました。

●▲■ 赤池幻酵母（富士北麓 赤池）

(1) 赤池幻酵母ワイン

「赤池」は、富士北麓にある湖で、6～9年に一度、降雨量の多い時に現れる「幻の湖」で富士六湖とも呼ばれ、2011年9月に7年ぶりに出現しました。赤池の湖水から発酵性の *Saccharomyces* 属酵母の分離を試みました。

赤池より採取した湖水18リットルをメンブランフィルターでろ過し、25℃で3週間嫌氣的に発酵性酵母の分離を行いました。その結果、酵母11株を分離し、これらの株を用いてワインの試験醸造を行った結果、YAK-1104, YAK-1107, YAK-1110株は、いずれも *S. cerevisiae* と同定されました。また、甲州種ブドウを用いた小規模試験醸造において、市販優良ワイン酵母 (EC1118) 株と同等の旺盛な発酵を示し官能検査においても良好な酒質であることが認められました。

これらの結果から、2014年に白百合醸造（甲州市）において、甲州ブドウを用いた「赤池幻酵母ワイン2013」白ワインを限定1,000本発売し、瞬く間に売り切れとなりました。2015年は、白ワイン3000本、マスカット・ベリーAを用いた赤ワインを2,000本発売し、完売しました。2016年は、白ワイン1,000本、樽熟成赤ワイン1,000本を発売しました。また、マツムラ酒販より、2015年にアルプスワイン（笛吹市）で醸造された「富士山 赤池

幻酵母ブラン2014」と「富士山 赤池幻酵母ルージュ2014」をそれぞれ3,000本発売し、2016年も発売しました。

(2) 赤池幻酵母を利用した化粧品、乳酸菌飲料

ミヤコ化学との共同研究で、甲州ブドウ果汁を赤池幻酵母で発酵させた発酵液に美容効果があったため特許出願もしました。本発明は、ブドウ果実の酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) 発酵物を有効成分とする皮膚外用剤であって、本発明によれば、有効成分である酵母発酵物が、紫外線によりダメージを受けた表皮細胞の回復効果を有し、これにより肌荒れ改善用、保湿用、抗老化用、又は美白用として有用な皮膚外用剤を提供することができます。本発明の酵母発酵物は、一般的な発酵物よりすぐれた表皮細胞UVダメージ回復効果を有することが確認されました。現在は、数社から酵母発酵物を使った化粧品が発売されています。さらに大手化粧品会社等に酵母発酵産物を提供し、安全性試験や効果などの検証を行っています。

2020年7月に9年ぶりに「幻の湖」赤池が出現しました。今回は、新たな乳酸菌の探索のためにサンプリングを行い、数十株の乳酸菌を分離することが出来ました。今後は、新たな乳酸菌飲料を開発したいと思っています。

●▲■ 甲府 開府500年スパークリングワイン

(1) 武田神社のお堀から

2019年は、武田信玄の父信虎が1519年に甲府に住んでから500年の記念の年でした。開府500年のイベントも数多く企画されているため、甲府市とタイアップして、甲府市内の自然環境から優良ワイン酵母を分離し、さらに甲府市内で栽培された醸造用ブドウを使用し、甲府市内のワイナリーで醸造された、「オール甲府ブランド」のスパークリングワインを開発することを目指して商品開発を行いました。

まず、武田信玄が住んでいた、武田神社のお堀の水や千代田湖の



富士北麓の幻の湖「赤池」



製品となった「赤池幻酵母ワイン2014」

水などから発酵性酵母を403株分離しました。次に発酵試験による選抜を行いました。40ml規模の20%スクロースYM液体培地で25℃発酵試験を行い、発酵力の高かった77株を選抜しました。さらに、40ml規模の2016年甲府市産甲州ブドウ果汁培地で25℃で発酵試験を行い、発酵力の高かった54株を選抜しました。次に低温果汁発酵試験として、40ml規模の甲州ブドウ果汁培地で18℃で低温発酵試験を行い、エタノール生成量、高級アルコール生成量、官能評価などで10株、6株と選抜し、最終的に3株を選抜しました。

(2) スパークリングワインの商品化

2L規模の甲州ブドウ果汁の低温発酵試験(18℃)を行い、このワインをベースワインとして、残糖濃度が15.30g/Lとなるように上白糖による甘味調整を行いました。その後280mL容ペットボトルに分注し、恒温水槽で冷却しながらCO₂GVが4.0前後になるようにカーボネーションを行いました。それを7名のパネラーで官能評価を行い、ワインの香り、味などのトータルバランスから甘味調整15g/Lで優良な発酵性酵母(AU14-22株)を選抜しました。この株を用いて、甲州ブドウを使用した白の「甲府スパークリングワイン2019」を開発しサドヤ(甲府市)から発売しました。また、甲府ワインポート(甲府市)では、武田神社のお堀の水から分離した発酵性酵母(16TJAU-29-42株)を用いて、「甲府スパークリングワイン マスカット・ベリーA、ベリーアlicant 2018」を発売しました。

2018年にこのスパークリングワインを5,000本発売し、瞬く間に完売しました。2021年は、武田信玄生誕500年です。エチケツラベルを一新して2月1日に発売しました。

また、甲府ワインポートでは、世界的にブームであるロゼスパークリングワインを甲府市産の甲州ブドウと甲府市産マスカット・ベリーAブドウを用いて開発しました。このタイプのスパークリングワインは、きめ細やかでなめらかな泡が形成されるのが特徴であり、たいへん飲みやすいロゼスパークリングワインに仕上がりました。このロゼスパークリングワインは、甲府ブランド「甲府之証」認定品にも承認され、ふるさと納税返礼品としても取り扱われました。

以上のように、県内の自然環境から有用な発酵微生物を分離し、これらの分離菌を用いた新たな発酵食品の開発を行っています。今後も、高品質かつ独自性のある新たな地域ブランド食品の開発を行うことで、地域活性化に寄与したいと思います。

(Text: F.Yanagida)

参考文献

- 1) 小玉健太郎, 醸造協会誌, 94, 879 (1999).
- 2) 柳田ら, 日本農芸化学会誌, 74, 臨時増刊号, 330(2000).
- 3) 柳田, 小玉, 篠原, 醸造協会誌, 97, 150 (2002)

柳田藤寿(やなぎだ ふじとし)

山梨大学ワイン科学研究センター 教授

1961年 東京都世田谷区生まれ

1983年3月 東京農業大学 農学部 農芸化学科卒業

1988年3月 東京農業大学 農学博士

1990年3月 山梨大学工学部助手

1997年3月 山梨大学工学部助教授

2008年2月 山梨大学ワイン科学研究センター教授(現在に至る)



製品となった「甲府スパークリングワイン」



武田神社のお堀の水の採取

QA? 本稿に関するご質問・ご意見等は、
きた産業 (info@kitasangyo.com)
にご連絡ください。
筆者に転送いたします。