レーズン水が自然発酵によりワインになる仕組み

―ワインの原型のひとつか？―

概要

京都大学大学院農学研究科 日尾 守 修士課程学生（研究当時）と橋本 渉 同教授らの研究グループは、レーズンを水に浸漬する（レーズン水）だけでワインができる仕組みの一端を明らかにしました。

19 世紀には、レーズン（干しブドウ）はパン種に用いられており、レーズンに真核生物※1 であるアルコール発酵性パン酵母※2 が存在することが知られていました。また、レーズンを原料とするワインも製造されています。一方、ブドウにはアルコール発酵性酵母がほとんど検出されないことが報告されており、レーズンにおけるアルコール発酵性酵母の由来やレーズン水からワインができるプロセスでの微生物動態には不明な点が多く存在します。

本研究では、ブドウ、レーズン、およびレーズン水における微生物叢※3 の動態を調べるとともに、レーズン水の発酵試験における成分変化を解析しました。その結果、ブドウと比較してレーズンにアルコール発酵性酵母が高頻度に検出されました。市販レーズンを水に浸漬した当初はアルコール発酵性酵母や糸状菌※4 などの真核微生物ならびに原核生物※5 である細菌※6 の存在が認められますが、常温で静置すると発泡※7 が観察されるとともに、ブドウ糖（グルコース）の減少に伴ってアルコール発酵性酵母が優占増殖し、アルコール濃度が 8% 以上に上昇しました。さらに、農園で採取したブドウを乾燥させた自作レーズンでも同様の発酵試験を行ったところ、天日干ししたレーズンと水からはワイン様の酒類が生じることが明らかになりました。

本研究では、ブドウを天日干しする過程でアルコール発酵性酵母が定着し、そのレーズン（干しブドウ）を水に浸漬するとレーズンに含まれるブドウ糖などを栄養源としてアルコール発酵性酵母が優占増殖することにより、ワインができあがることがわかりました。ブドウの足踏みにより古代ワインが誕生した通説がありますが、レーズンが一役担った可能性も示唆されます。なお、本研究は果実酒製造免許を取得して行いました。

本成果は、2025 年 11 月 25 日に英国の国際学術誌「*Scientific Reports*」にオンライン掲載されました。

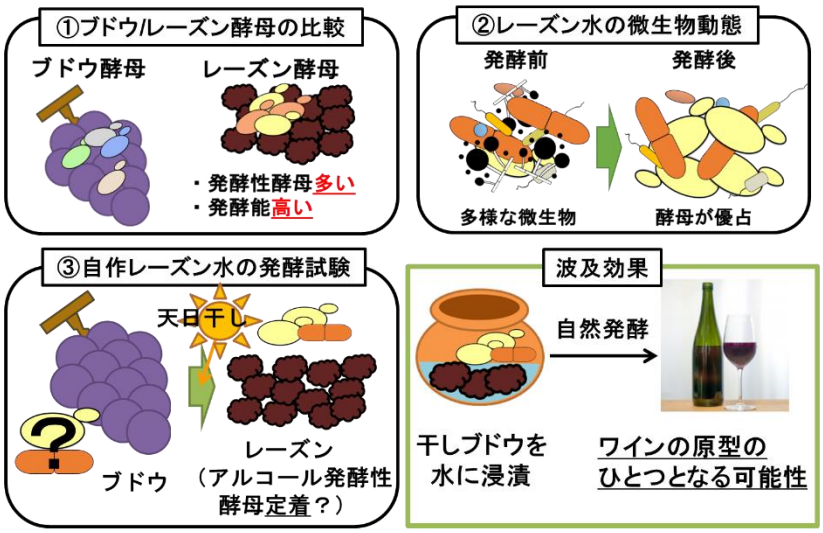

図. アルコール発酵性酵母に富むレーズンとその自然発酵によるワイン醸造

1．背景

現在の一般的なワイン製造法として、ブドウ果汁に *Saccharomyces cerevisiae*[※8] などのアルコール発酵性酵母を添加することによりワインが醸造されています。一方、紀元前の古代においては、原料（例：ブドウ果皮）や道具ならびに大気中の存在する微生物の自然発酵[※9] によりワインが造られていたと考えられていますが、ブドウ果皮には *S. cerevisiae* はほとんど存在しないことが複数の先行研究で報告されています。そのため、ワイン醸造におけるアルコール発酵性酵母の由来がよくわかっていません。

レーズンはブドウを天日干しした保存性に優れた食品です。そのレーズンをパン種に使用することが知られており、パンを造るのに必要なアルコール発酵性酵母（*S. cerevisiae*）をレーズン酵母と呼ばれている記述が 19 世紀の書物にあります。実際、レーズンを水に浸漬したレーズン水からワインが醸造されている例もありますが、その微生物動態については不明な点があります。

本研究では、ブドウ、市販および自作レーズン、およびレーズン水における酵母を含む微生物叢解析[※10] を行い、自然発酵によるレーズン水からワインに変化する仕組みを明らかにすることを目指しました。

2．研究手法・成果

市販のブドウとレーズン（ノンオイルタイプ）を対象に、常在する真核微生物叢を調べました（図 1）。その結果、ブドウとレーズンに常在する真核微生物の多様性が有意に異なり（図 1 右上）、ブドウでは種々の糸状菌が検出されるのに対し、レーズンには *Aspergillus*（麹菌と同属）を含む糸状菌に加えて、アルコール発酵性酵母が常在していました。具体的には、ブドウと比較してレーズンには Saccharomycetaceae 科酵母が豊富に含まれており、その科内でも *Lachancea*、*Saccharomyces*、*Torulaspora*、*Zygosaccharomyces* 属のアルコール発酵性酵母の存在比率が高いことが明らかになりました(図 1 下)。

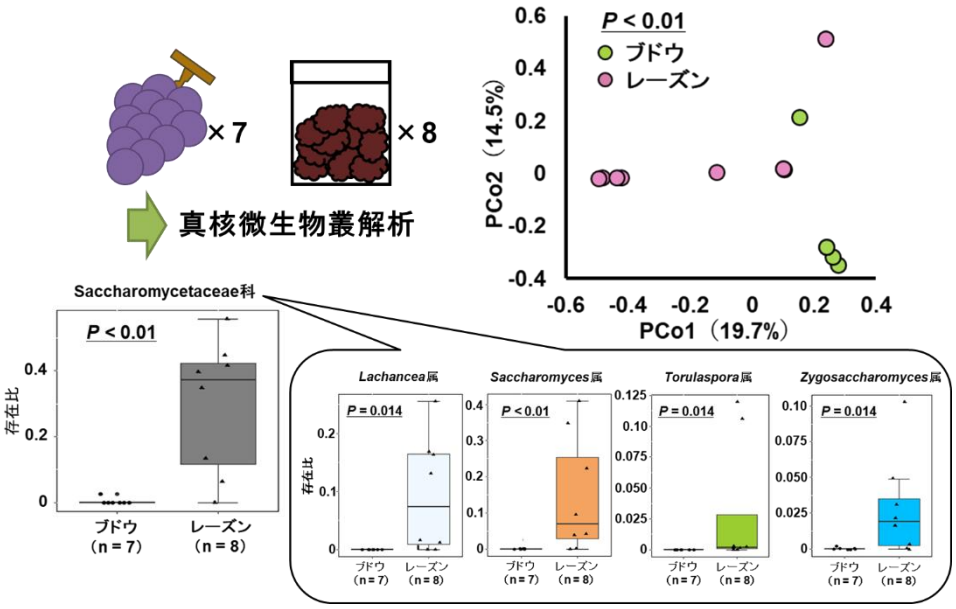

図 1. ブドウとレーズンにおける真核微生物叢

実際に、ブドウとレーズンからそれぞれ酵母を単離し、そのアルコール発酵能を評価したところ、レーズンから単離した酵母群の方がブドウからの単離酵母群よりも高いアルコール発酵能を示しました（図 2）。

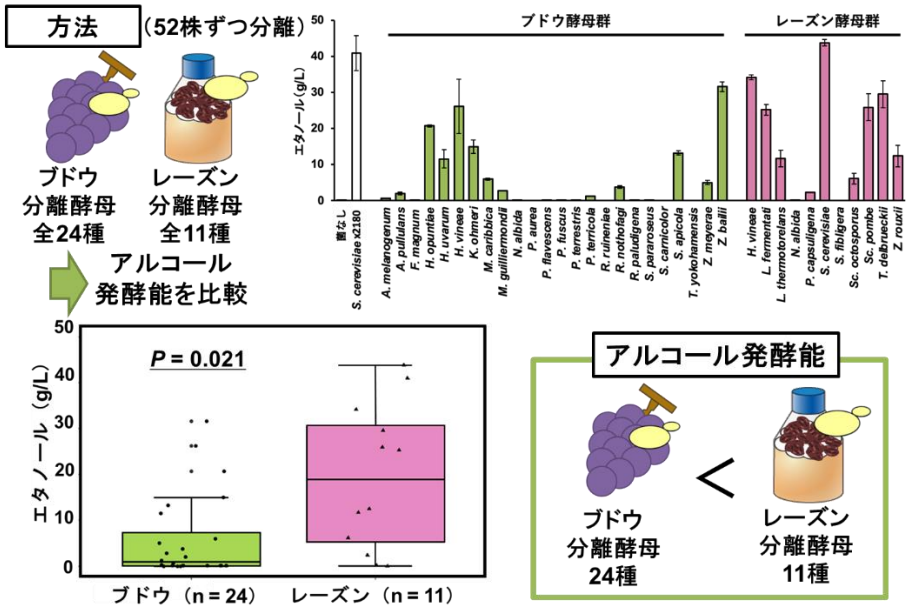

図 2. ブドウとレーズンからの単離酵母の各アルコール発酵能

レーズンにアルコール発酵性酵母が常在することから、レーズン水の微生物叢動態と成分変化を解析しました（図 3）。レーズン 75 g を滅菌水 225 mL に浸漬してレーズン水を作製し、25°Cで静置したところ、3 日当たりから気泡が発生してレーズンが浮き上がりました（図 3 上）。14 日目まで発酵試験を継続し、レーズン水におけるグルコースとエタノールの各濃度を経時的に測定したところ、グルコース濃度の減少に伴ってエタノール濃度が上昇していました。エタノール濃度が上昇する前から、酵母の濃度が約 10^8 cells/mL にまで急上昇する一方、原核微生物である細菌の濃度は終始 10^2 cells/mL 程度で低く抑えられていました（図 3 下）。

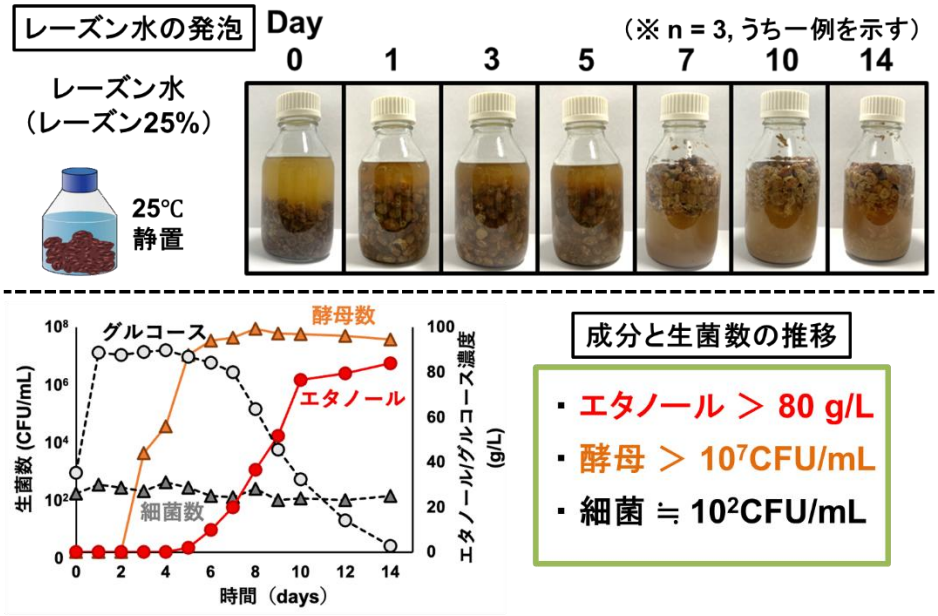

図 3. レーズン水における外観と成分変化(一部、輝度修正)

レーズン水における真核微生物叢の動態を解析した結果、浸漬当初は上記のレーズンに常在する *Aspergillus* 属糸状菌やアルコール発酵性酵母が検出されましたが、14 日目では *Schizosaccharomyces* 属と *Zygosaccharomyces* 属のアルコール発酵性酵母が独占していました（図 4）。その際、レーズン水におけるグルコースは完全に消費され、エタノール濃度は 8%（80 g/L）にまで達し、ワイン様の酒類が生成されました（図 3 下）。

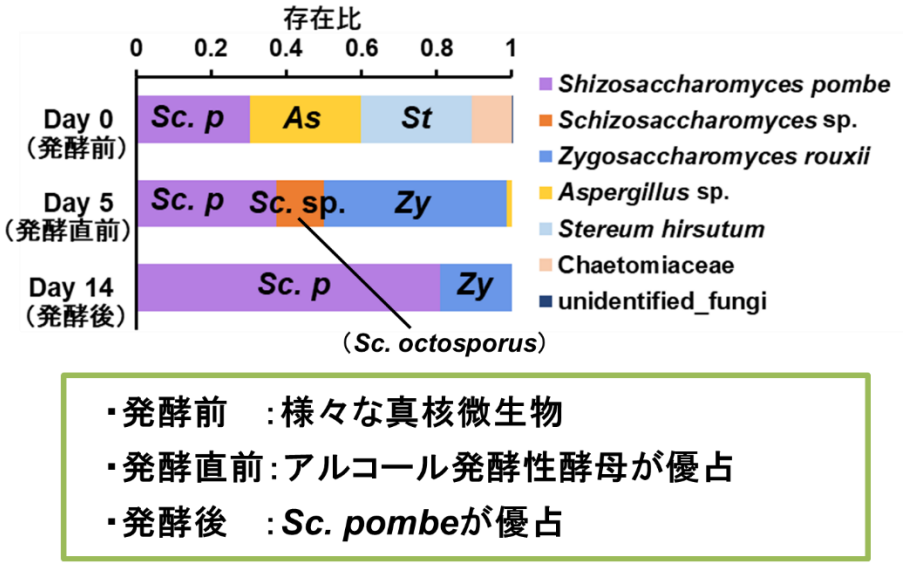

図 4. レーズン水における真核微生物叢の動態

レーズンに常在するアルコール発酵性酵母の由来を明らかにするため、農園でブドウを採取し、三種類の方法（乾燥機、半天日干し、および天日干し）でレーズン（干しブドウ）を作製しました（図 5）。なお、半天日干しでは、晴れた日の日中に天日干しし、夜間と雨天時には乾燥機で乾燥しました。各方法で乾燥させたレーズンを三つに分けて滅菌水に浸漬し、上記と同様に発酵試験を行いました（n=3）。

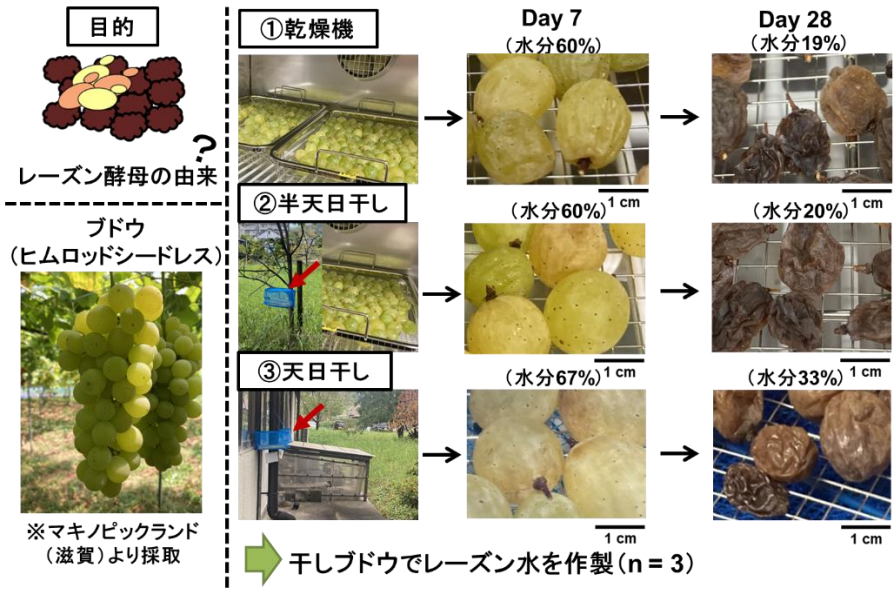

図 5. ブドウ乾燥による自作レーズン

乾燥機で調製したレーズンでは 3 本中 1 本が発泡し、乾燥前ブドウからも検出された *Meyerozyma caribbica* が発酵後のレーズン水から単離されました。半天日干しレーズンでは 3 本中 2 本が発泡し、発酵後のレーズン水からは *M. caribbica* に加えて、乾燥前には検出されなかった *Lachancea fermentati* が単離されました。天日干しレーズンでは 3 本全てが発泡し、同じく乾燥前には検出されなかった *Hanseniaspora vineae* と *Starmerella bacillaris* が単離されました（図 6 左）。これらのアルコール発酵性酵母は、天日干し過程で外部から定着したと考えられました。また、エタノール生産量は、天日干しで有意に高い結果となりました（図 6 右）。以上の結果から、天日干し過程で定着したアルコール発酵性酵母が自然発酵を進行させる可能性が示されました。

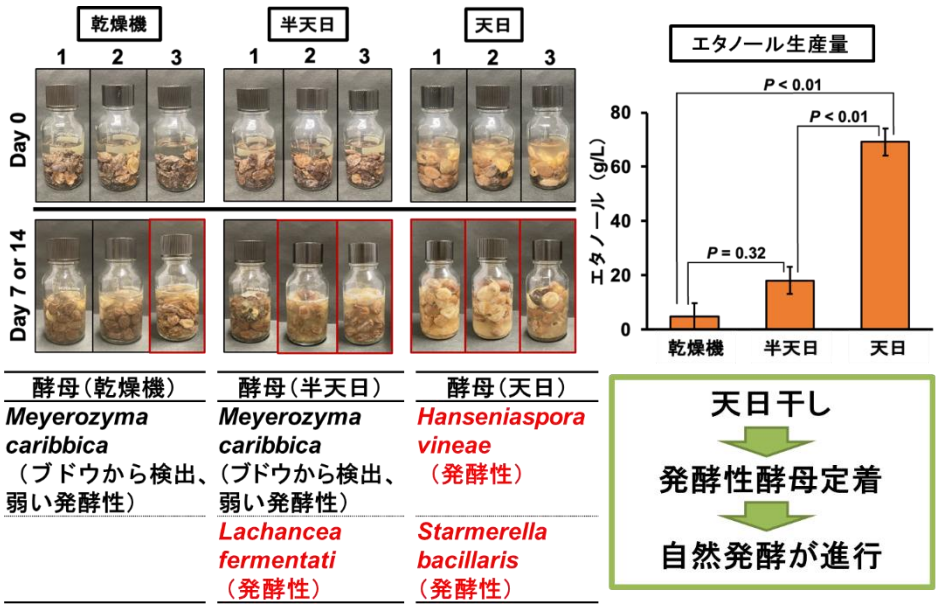

図 6. 自作レーズンによる自然発酵

3．波及効果、今後の予定

本研究により、生のブドウとは異なり、レーズンにはアルコール発酵性酵母に富む微生物叢が常在することを明らかにしました。常在するアルコール発酵性酵母が優占増殖することに起因して、レーズン水の自然発酵によりワイン様酒類ができあがることがわかりました。レーズンにおけるアルコール発酵性酵母に富む微生物叢の形成には天日干しが一つの要因と考えられ、ワイン酵母の由来を考える上で重要な視座を与える可能性があります。以上のことから、古代において保存用食料として天日干ししたブドウを水に漬けることで、乾燥過程で外部から定着したアルコール発酵性酵母による自然発酵が起き、これがワインの原型のひとつとなった可能性も考えられます。今後、アルコール発酵性酵母がレーズンに定着する要因とそのメカニズムを明らかにすることにより、複雑な微生物叢を制御し、果実の品質管理や特徴的な発酵食品の創製に応用することが期待されます。

4．研究プロジェクトについて

本研究の一部は、公益財団法人東洋食品研究所 2023 年度法人設定テーマ研究助成の支援を受けて実施されました。

＜研究者のコメント＞

「さまざまな微生物が活躍する自然発酵のメカニズムを分子レベルで明らかにしていくことで、個性豊かな酒類の創出につなげたい。」（日尾 守）

「ブドウやレーズンをはじめ、種々の果実に常在する微生物叢と果実－微生物の相互作用に関わる分子メカニズムを明らかにし、自然発酵による新たな食品の創製やフードロス対策を目指したい。」（橋本 渉）

<用語解説>

※1 真核生物：ヒトをはじめとして、核膜で覆われた核や細胞小器官が存在する細胞からなる高等生物です。

※2 アルコール発酵性パン酵母：糖をアルコールと二酸化炭素（炭酸ガス）に変換する発酵性真核微生物です。パンの気泡はアルコール発酵により生じた二酸化炭素に由来します。

※3 微生物叢：原料に常在する多種多様な微生物の群集です。

※4 糸状菌：真核微生物の一種で、カビとも呼ばれます。

※5 原核生物：核膜や細胞小器官をもたない細胞からなる生物です。アーキアと細菌から構成されます。

※6 細菌：典型的な原核生物であり、大腸菌、納豆菌、乳酸菌などが含まれます。

※7 発泡：アルコール発酵に伴って生じるガス状の二酸化炭素によるものです。

※8 *Saccharomyces cerevisiae*：典型的なアルコール発酵性酵母であり、パン、ワイン、日本酒などの製造に用いられています。

※9 自然発酵：人為的に添加された微生物ではなく、素材などに由来する微生物が発酵する現象です。

※10 微生物叢解析：遺伝子の塩基配列に基づいて微生物群集の組成と割合を解析する手法です。

＜論文タイトルと著者＞

タイトル：Spontaneous fermentation of raisin water to form wine
（レーズン水の自然発酵によるワインの生成）

著　　者：Mamoru Hio, Kensuke Murata, Ryuichi Takase, Kohei Ogura & Wataru Hashimoto

掲 載 誌：*Scientific Reports*　DOI：10.1038/s41598-025-23715-3