

# 山田錦はなぜ酒米として優れているか

大西 美優

兵庫県立西脇北高等学校

【要約】本校の所在地である西脇市を含む北播磨地域は、酒米の代表的な品種の一つである山田錦発祥の地である。清酒の製造では、米のデンプンを麹菌がつくる酵素によって分解し、アルコール発酵の基質となるグルコースを得ている。本研究では、この清酒製造における糖化の過程に注目し、酒米とうるち米から生成されたグルコース濃度を測定し、山田錦の酒造好適性を調査した。地域の特産品を用いて研究を行い、地域へ貢献する活動へ繋げたいと考えている。

【キーワード】山田錦 甘酒 清酒 麹菌 糖化 発酵 グルコース アルコール

## 1 はじめに

### (1) 本校生徒の特徴

本校は兵庫県西脇市に位置している多部制の高等学校である。1～3部からなり、生徒は自身の生活に合わせた部に入學し、卒業を目指す。アルバイトと学業の両立に精を出す生徒や、不登校を経験し、基礎からの学び直しを目標とする生徒など、様々な生徒が在籍している。

本校では、生徒の自己有用感を高める活動の1つとして、ボランティア活動を行っている。地域の清掃やイベント補助、東日本大震災現地ボランティアなどの災害支援が主な活動内容である。地域の人との触れ合いや、感謝される経験を通して、生徒は自信を身に付けている。

そこで、理科教育の中でも、生徒と地域が関わり合い、貢献できるような活動を行いたいと考えたのが、本研究のきっかけである。

### (2) 研究の背景

西脇市を含む北播磨地域は、酒米の代表的な品種である山田錦の発祥の地である。現在も山田錦は北播磨地域を中心に栽培されており、生徒にとって身近な作物である。1932年に誕生してから現在まで、醸造家からの圧倒的な支持を得ており、全国新酒鑑評会においても毎年高い評価を受けている。

本研究を始めた当時は、山田錦の酒造好適性を明らかにするために、成分分析（グルコースやアミノ酸の量）の結果と、食味の相関関係を調査していた。生徒が試飲できるよう

に、アルコールが生成しない方法で研究を行いたいと考え、後述するように、山田錦の甘酒を作製した。令和元年度には、西脇市の産業フェスタで、山田錦とうるち米の甘酒の飲み比べを行い、「山田錦の方がおいしい」という投票結果を得た。



図1. 産業フェスタの様子

新型コロナウイルスの流行に伴い、甘酒の試飲が厳しくなったため、今年度は作製した甘酒の成分（グルコース）が時間経過とともに、どのように変化するかを調査した。

実験を行うにあたり、昨年度までは希望者を募り、研究班：理科探究グループを結成していた。今年度には、その班員を中心に、サイエンス部が発足された。おもに放課後に活動し、慣れない器具の操作に苦戦しながらも、研究を進めている。



図2. 探究活動の様子

## 2 調査方法

### (1) 清酒と麹甘酒の関係

清酒の製造では、おもに糖化と発酵という反応を用いて、米からアルコール成分を生成している。まず麴菌を用いて米のデンプンを分解しグルコースを生成する。この過程を糖化と呼ぶ。次に酵母によるアルコール発酵で、グルコースからエタノールを生成する。

第一過程の糖化で生成したものは、「麴甘酒」と呼ばれており、アルコールを含まない甘酒として、昔から親しまれている。

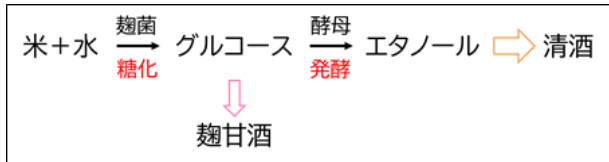


図 3. 清酒と甘酒の関係

## (2) 目的

本研究では、山田錦の酒造好適性をアルコールが生成しない方法で明らかにするため、清酒製造の「糖化」の過程に注目した。糖化の様子を調査するために、酒米とうるち米で麴甘酒を作製し、グルコース濃度の経時変化を比較した。

## (3) 実験

【試料】甘酒作製には以下の材料を用いた。実験には、精米歩合 90% の米を使用した。

- ・酒米：山田錦（兵庫県産）
- ・うるち米：キヌヒカリ（兵庫県産）
- ・甘酒用麴

### 【甘酒作製】

- ①米を 1 時間水に浸漬する。
- ②米 100g に対し、水の全量が 430g になるように、水を追加し炊飯する。
- ③炊飯後、65℃で甘酒用麴 100g を混合する。
- ④密閉容器に入れ、60℃の恒温器で 15 時間静置する。

### 【グルコース濃度測定】

比色分析検出キットを用いて、以下の手順でグルコース濃度を測定した。検量線を作成するため、初めにグルコースの標準液の測定を行った。また甘酒はグルコース濃度が高いため、2000 倍に希釈してから測定を行った。

- ①PCR チューブに希釈した甘酒又はグルコースの標準液を 20  $\mu$ L とる。
- ②ホースラディッシュペルオキシダーゼ (HRP) を 25  $\mu$ L ずつ加える。
- ③色素基質を 25  $\mu$ L ずつ加える。
- ④グルコース酸化酵素 (GOD) を 25  $\mu$ L ずつ加え、よくピペッティングし、反応を開始する。
- ⑤室温で 30 分間静置する。
- ⑥吸光光度計 (吸光光度計ピコスコープ PAS-110) のグリーンの波長域 (最大感度波長 530nm) で、吸光度を測定する。

## 3 結果

### (1) 検量線

図 4 にグルコース標準液の測定から作成した、グルコース濃度の検量線を示す。図 4 より、この濃度範囲において、測定が良好に行われていることを確認した。

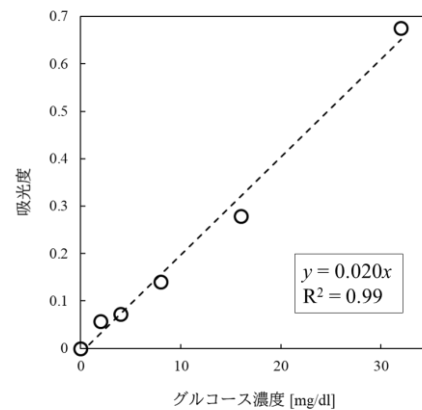


図 4. グルコース濃度の検量線

### (2) グルコース濃度の経時変化 (週間)

図 5 に 1 週間ごとに測定したグルコース濃度の経時変化を示す。甘酒を恒温器で 15 時間静置し、完成した日に測定した値を 1 点目としている。図 5 より、完成した直後では、山田錦の方がキヌヒカリよりグルコース濃度が高いことが分かる。このことから、山田錦が糖化しやすいことが示唆された。

次に、山田錦の方は、2 回目の測定時に、グルコース濃度が減少し、それ以降の測定では、グルコース濃度がほぼ一定となった。これには麴菌の生育が関係していると考えられる。麴菌はデンプンを分解しグルコースを生

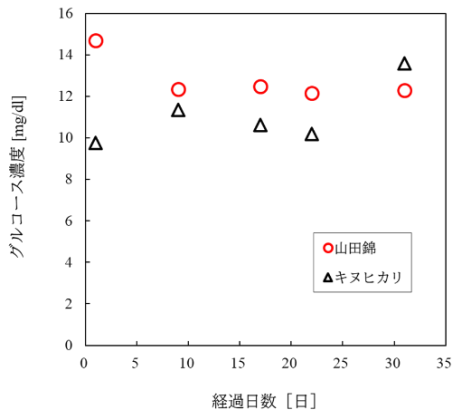


図 5. グルコース濃度の継時変化（週間）

成するが、それと同時に、分解されたグルコースなどを栄養源として吸収し生育・増殖する。

2 回目の測定時点では、糖化により生成されたグルコースの一部が、麹菌の生育・増殖に消費されたため、濃度が低下したと考えられる。また麹菌の生育が最高に達し、生育が止まると、自己消化を行う<sup>1)</sup>。そのため、2 回目の測定以降は、糖化および吸収が起こりにくくなり、グルコース濃度がほぼ一定になったと考えられる。

また、完成から約 1 カ月後となる 5 回目の測定時に、キヌヒカリのグルコース濃度が急増し、山田錦よりも高くなった。このことから、山田錦の糖化がキヌヒカリより速やかであることが示唆された。

一方、5 回目の測定時、キヌヒカリの密閉容器にカビの発生が確認された（図 6）。カビの酵素による糖化の促進や、カビによる水分吸収から濃度が急増した可能性がある。そのため、どの



図 6. 完成約 1 カ月後のキヌヒカリの甘酒

期間で濃度が上回るのか、今回の実験では確認することができなかった。無菌操作や、麹菌以外の菌の生育を抑制する方法を試行し、長期間測定できる条件を探ることが今後の課題である。

### (3) グルコース濃度の継時変化（日）

図 7 に 1 日ごとに測定したグルコース濃度の継時変化を示す。図 7 より、3 回目の測定以降、山田錦のグルコース濃度が減少している。このことから、山田錦の糖化が短時間で速やかに行われていることが示唆された。今後は、サンプル数を増やし、データのばらつきを抑制することで、正確な測定値を算出していく予定である。

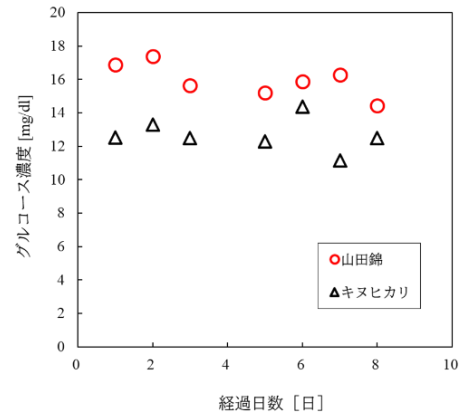


図 7. グルコース濃度の継時変化（日）

### (4) 考察

山田錦は一般的なうるち米とは異なり、中心に心白と呼ばれる構造を持っている。心白にはデンプンが多く含まれており、隙間が多いという特徴がある<sup>2)</sup>。隙間があることにより、麹菌が米内部まで菌糸を伸ばしやすいため、速やかな糖化が可能であると考えられる。

実際の清酒の製造では、糖化と発酵は同時に行われる。この方法は並行複発酵と呼ばれ、アルコール発酵はグルコース生成によって支配されていることが知られている<sup>3)</sup>。そのため、高いアルコール濃度を維持した清酒を製造するためには、糖化が速やかに起こる必要がある。高濃度アルコールの清酒を製造するという点において、短時間で速やかに糖化する山田錦は、酒米として優れていると言える。



図 8. 心白の様子と麹菌の構造

#### (5) まとめ

本研究では、山田錦の酒造好適性をアルコールが生成しない方法で明らかにするために、清酒製造の「糖化」の過程に注目し、麴甘酒を作製した。酒米である山田錦と、うるち米であるキヌヒカリの麴甘酒を作製し、グルコース濃度の継時変化を比較した。その結果、山田錦の方がキヌヒカリよりグルコース濃度が高いことが分かった。また山田錦はキヌヒカリよりも糖化が速やかに起こることも分かった。これは、山田錦が菌糸を伸ばしやすい構造である心白を持っているという事実と一致する。清酒製造における大きな特徴は、高濃度のアルコール成分を生成することであり、それにはグルコース供給の速度が大きいことが必要である。そのため、糖化が速やかに行われる山田錦は、酒米として優れている。

## 4 今後の課題

### (1) 条件の調整

米や麴菌などの生物を使用した実験であるため、ある程度の傾向は出ているが、ばらつきが大きい。このため、データ数の確保と、実験条件の調整が肝要である。

例えば、測定は室温で行ったが、実験を行う時期により室温を一定にすることが困難である。そのため、同じ時期に測定した値のみの比較に限定される。試料作製や測定の際にも、温度条件を調整することが当面の課題である。

また、麴菌以外の菌の発生を抑制するために、清酒製造では乳酸が用いられている。乳酸を用いて pH の調整を行い、麴菌のはたらきのみを測定できる条件を探りたい。

### (2) 実験の発展

甘酒の試飲を行い、食味を調査していた際、山田錦の甘酒は作製して時間が経つと、甘味が減少していることが発見された。そこで、今回のように作製直後からのグルコース濃度の継時変化を調査した。実験の発展として、甘酒作製中のグルコース濃度を測定したいと考え、2-(3)と同様の方法で試料を作製し、恒温槽に入れてから 1 時間ごとのグルコース濃度を測定した。

図 9 に甘酒作製中のグルコースの継時変化を示す。図 9 より、糖化を始めて 2 時間後からグルコース濃度が増加している。その後の増加は緩やかであるが、時間の都合上これ以降の点を測定することが困難である。

現在、酒造と連携して、実験条件を改善するための助言を受けている。今後は、地元の酒造等と協力し、実験内容を発展させる予定である。

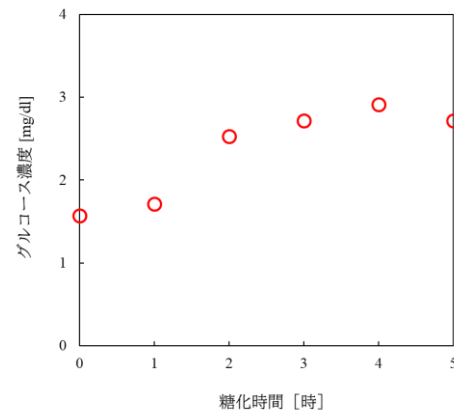


図 9. 作製中のグルコース濃度の継時変化

### (3) 地域への貢献

新型コロナウイルスの影響により、令和 2 年度以降は、地域との関わりが少なくなっている。今年度は、西脇市の産業フェスタが 2 年ぶりに開催されるため、そこで甘酒を振る舞う予定である。また、市と協力し、産業フェスタ以外にも、参加できるイベントを増やすことを計画している。

さらに、市が推進している健康づくりに協力すべく、甘酒の健康面への利点や魅力の情報発信と、家庭で利用できるレシピの配布等を考えている。生徒には、地域の人々と関わり、地域へ貢献する喜びを経験して、成長や自信につなげてほしい。

## 5 文献

- 1) 魚住 武司, 麴菌の自己消化, 日本醸造協会雑誌 61(7), 563-567, 1966
- 2) 柳内 敏靖, 酒米特性に及ぼす酒造好適米の心白の影響, 生物工学会誌, 74(2), 97-103, 1996
- 3) 布川 彌太郎, 清酒もろみの並行複発酵, 日本醸造協会雑誌 72(7), 479-483, 1977