

マランゴニ効果の発生原理の検証および発生条件の制御

石川県立金沢泉丘高等学校理数科2年

4班 台蔵 真聡 谷口 侑梧 西田 直史 西村 任平 宮村 和磨

1. 研究動機

一般的に「ワインの涙」と呼ばれるこの現象は、赤ワインが注がれたワイングラスの側壁に、ワインの液滴が規則正しく付着する現象がごくまれに観察される。マランゴニ効果と呼ばれる現象で、溶液中のエタノール濃度及び環境下におけるエタノールの蒸気圧に関係することが知られている。視覚的にも美しく、その発生メカニズムを考察し、制御することができれば、デザイン性の高い温度計や湿度計等への活用も考えられる。本研究では、マランゴニ効果の発生メカニズムの考察及び液滴の制御について明らかにしていく。

2. 先行研究

アルコール度数の高いワインでは、マランゴニ効果によりグラス側面をワイン液が上昇し、液滴となり、ワインの涙として落下する。逆に、アルコール度数の低いワインでは、グラス側面を上昇した液体とワインとの濃度差が小さいので、マランゴニ効果の寄与が小さくなり、涙を形成できるほどの上昇流が生じないことが分かっている¹⁾。

グラスを密封してエタノールの蒸発を止めると、ワインの涙が発生しなくなることから、液滴の数はエタノール含有量に依存すると考えられている²⁾。しかし、具体的な数値や、エタノール含有量に比例するかなどは明らかになっていない。

3. 本研究で明らかにしたいこと

マランゴニ効果の発生メカニズムの検証において、アルコール濃度とワイングラスの側面についた液滴の数(涙の数)の関係性を調べる。また、アルコール濃度と液滴の形成時間(ワイングラスに混合液を注いでから、ワイングラスの側面に初めて液滴が形成されるまでの時間)の関係性と具体的な数値を明らかにしたい。

4. 実験計画

(準備する物品や使用施設・場所)

エタノール(150g)、蒸留水(350g)、ピペット、同一形状・同一素材のワイングラス5個、100mlビーカー5個、iPad、三脚、食紅
化学実験室

(実験手順)

①室温を一定に保つ(約20℃が理想的)。

②ビーカーA 蒸留水90gとエタノール10gの混合液(濃度10%)

ビーカーB 蒸留水80gとエタノール20gの混合液(濃度20%)

ビーカーC 蒸留水70gとエタノール30gの混合液(濃度30%)

ビーカーD 蒸留水60gとエタノール40gの混合液(濃度40%)

ビーカーE 蒸留水50gとエタノール50gの混合液(濃度50%)

をそれぞれ用意する。

③各混合液に食紅を少量加える。(ワイングラスの側面についた液滴や対流を見えやすくするため)

④ピペットを使用して、50mlの混合液を、ワイングラスの側面に液体が流れないように注ぐ。

⑤ワイングラスを静置し、iPadと三脚を使用して、各混合液の涙の数、涙の初期形成時間を記録する。

各混合液について5回実験を繰り返し、それぞれの平均を算出する。

5. 仮説

①仮説

エタノール濃度とワイングラス内に形成される液滴数の間には正の相関関係がある。液滴を形成する要因であるマランゴニ効果は、液体の表面張力の不均一性によって引き起こされる液体の移動現象であり、エタノールは水に比べて表面張力が低いため、エタノール濃度が高い部分から低い部分へと液体が移動する。これが液滴の形成を促進する。よってエタノール濃度が高いほど、水とエタノールの表面張力の差が大きくなりマランゴニ効果がより顕著に観察されると考えられる。

また、エタノールが増加するにつれて、液滴の形成速度は速くなると考えている。エタノールは水よりも揮発性が高いため、エタノール濃度が高いほど液膜の蒸発が早く進み、液滴の形成が加速すると考えられるため。

②解析方法

<アルコール濃度と液滴数の関係を調べる実験>

横軸をアルコール濃度(%)、縦軸を液滴数(個)にした散布図及び、場合に応じて回帰直線を描く。

具体的な横軸の値:10%、20%、30%、40%、50%

具体的な縦軸の値:5個、10個、15個、20個、25個、30個

<アルコール濃度と涙の形成速度の関係を調べる実験>

横軸をアルコール濃度(%)、縦軸を液滴の初期形成時間(s)にした散布図と、場合に応じて回帰直線を描く。

具体的な横軸の値:10%、20%、30%、40%、50%

具体的な縦軸の値:30s、60s、90s、120s、150s、180s、210s、240s、270s、300s

③考察予想

・エタノール濃度と液滴数の間に強い正の相関関係があること、またはエタノール濃度と液滴の初期形成時間の間に強い負の相関関係があることが確認できた場合、ワインのアルコール濃度を推定するための簡易的な指標として液滴数、形成速度を利用できる可能性がある。

・アルコール濃度以外の要因(糖度や温度)が液滴数や形成速度に与える影響を更に調査するための基礎データとして利用できる可能性がある。

6. 参考文献

1) "ワインの涙". The Planet of Wine. 2020-08-08. <https://www.wine-planetary.com/science-of-wine/tears-of-wine/> ,

(参照2024-06-14)

2) "ワインの涙". Wikipedia. 2024-3-15.

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AF%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%81%AE%E6%B6%99>, (参照2024-6-19)