

松の葉サイダー

2年D組 吉尾 龍馬 佐々木静紅 佐々木勇希
佐藤 未来 高野 有菜 畠山 楓乃

<研究テーマを選んだ動機>

日本は発酵大国といわれるほど多くの発酵食品が普段の食卓に並んでいる。発酵食品とは生物が代謝を行う過程で生成した物質を利用した食品のことであり、代表的な生物には納豆菌や乳酸菌などがある。私たちは生活に身近な存在である発酵食品に興味をもった。

今回の研究テーマを決めるにあたり重要視したのは安全であること、学校の設備を利用してできること、短期間で結果がでることである。そこで私たちは生物の中でも酵母菌が行う発酵食品の研究を行うことにした。酵母菌について詳しく調べていくうちに、松の葉にも酵母菌がいると知り、さらに研究してみたいと思った。そこで私たちはペットボトルや砂糖などの身近にあるものを使って約1週間という短期間で容易に作ることのできる松の葉サイダーに注目し研究を行うことにした。

<研究目的>

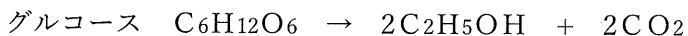
温度や光の有無、モル濃度の違いなど条件を変えることによってより多くの炭酸を発生させる条件を見つけることが目的である。また、実際に松の葉サイダーは美味しい飲むことが出来るのか、という疑問を明らかにする。

<研究の意義>

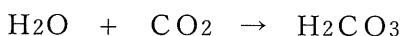
松の葉を使って簡単にサイダーを作ることが可能であること、条件によって炭酸の量を変化させることができることが分かれば、実際に飲むことを目的としてサイダーを作る際に炭酸の量を自分で調節することが可能になる。また、身近な植物である松の葉でサイダーを作ることが出来るのであれば、松の葉以外の身近な植物でもサイダーを作ることが出来るのかと新たな研究に繋げることが出来る。

<松の葉サイダーの原理> (tocolog「松の葉サイダー」等より)

松の葉サイダーとは、松の葉に付いた天然酵母と砂糖水、日光を材料に作る発酵飲料のこと、日本酒の製造方法と同じ原理である。実際に松の葉サイダーの発酵が進むとアルコールの匂いが増した。発酵とは微生物が自己の酵素で種々の有機物を分解あるいは変化させ、それぞれ特有の最終産物を作り出す現象のことである。また、酵母菌とは真菌類に属する単細胞の生きている菌の塊で、パンの製造やビール、ブドウ酒醸造に用いられる。酵母菌はO₂の量が増えると発酵ではなく、呼吸を行う性質をもつ。松の葉による炭酸ガス(以下CO₂)の発生は、松の葉に存在している酵母菌が糖分を吸収して日光を浴びることにより発酵を行い、CO₂を放出する。



炭酸(H_2CO_3)飲料は水と CO_2 に圧力を加えることで製造できる。



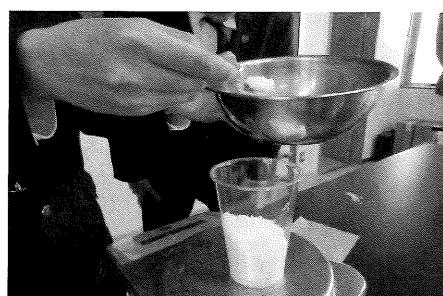
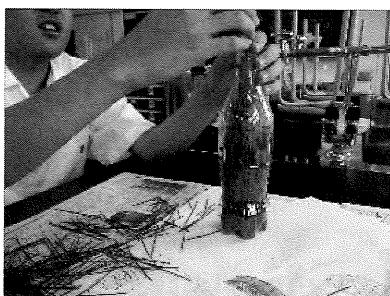
今回の研究は市販の上白糖(スクロース)を使用し、スクロース水溶液を作成した。二糖のスクロース($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)は酵母菌内の酵素によって加水分解され、单糖のグルコース(酵母菌が利用)とフルクトースになる。いずれも分子式は $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ である。



<実験方法>

1. 同じ種類のペットボトル容器 500ml と松の葉を用意する。
2. 葉の付け根の少し上の部分を消毒したハサミで切る。
3. 切った松の葉を洗い、乾かす。
4. よく洗い、乾かしたペットボトルに同じ量の松の葉を入れる。
5. 条件に合わせた mol 濃度のスクロール水溶液を入れる。

※対照実験をするため、水を使った実験を行う。



6. 蓋をして条件に合わせた場所に置く。

7. 数日後に①重量、②pHを測定する。

①重量：発生した CO_2 量を開口前と開口後の重量の差で表すために測定した。時間が経つにつれて発生する CO_2 量に変化があるのか疑問に思ったため、開口直後、30 分後の重量を量った。

②pH：酸性の性質をもつ CO_2 の発生を確認するためである。pH 試験紙が 5～6 を示している場合は CO_2 が発生していると考える。

<研究の仮説>

以下のような仮説を立て、それらに合わせた条件を変えて実験を行う。

①発酵の期間を変えることで発生する CO_2 量に変化がある。

→実験① 日数：最適な日数を調べるために 2 日間、3 日間、5 日間を比較した。

②スクロース水溶液の mol 濃度が高くなるほど発生する CO_2 量が増える。

→実験② 濃度：水と 0.1、0.3、0.5、0.7、1.0mol のスクロース水溶液を比較した。

③光がよく当たる方が発生する CO₂量が増える。

→実験③ 光の有無：光が当たる窓側に置いたものと、光に当たらないように暗幕をかけた段ボールの中に入れたものを比較した。



光あり



光なし

④温度の変化によって発生する CO₂量が変化する。

→実験④ 温度：冷蔵庫の中に入れたものと段ボールの中に入れたもの（実験③の光なし）を比較した。

実験① 日数を変える

<仮説>

同じ条件でも実験の期間を変えることで発生する CO₂の量に変化があるのではないか。

<実験方法>

水と 1.0 mol のスクロース水溶液を入れたペットボトルをそれぞれ 3 本ずつ用意する。全てに松の葉 60 g を入れ、2, 3, 5 日間日光の当たる場所に置き、重量と pH を測定する。なお、容器に松の葉を入れた日を 0 日とする。

<結果>

2 日目

	開口直後	30 分後	差
水	477.45 g	474.65 g	-2.80 g
スクロース水溶液	515.59 g	511.84 g	-3.75 g

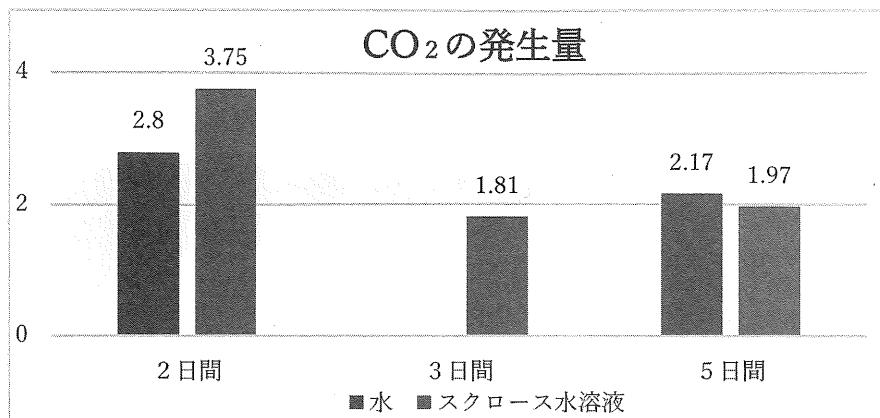
3 日目

水	記録できず		
スクロース水溶液	517.88 g	516.07 g	-1.81 g

5 日目

水	472.45 g	470.28 g	-2.17 g
スクロース水溶液	528.01 g	526.04 g	-1.97 g

※差は開口直後と 30 分後の差を表す。



2日間放置したスクロース水溶液が一番CO₂の発生量が多かった。pH試験紙は全てpH 5~6を示した。

<考察>

2日目はペットボトル内に発酵に使用されるスクロースが多く含まれている状態のため、より多くのCO₂が発生したと考える。3日目、5日目は酵母菌が水溶液中の糖分をほぼ分解しつくしたことによって自然に衰弱し、発酵作用が減少したと考える。また、酵母菌はCO₂発生による圧力が加われば加わるほど、増殖速度は遅くなり、最大増殖量も圧力に比例して減少することが分かっている(中谷)。よって、発酵により発生したCO₂が酵母菌の増殖を減少させたことがCO₂発生量に影響を及ぼしたとも考えられる。

また、水中でもCO₂が発生したのは松の葉が光合成をして生成した有機物を酵母菌が使用したためだと考えられる。植物にアルコールを与えると枯死することが分かっている。よって3日目、5日目は発酵によって生成されたエタノールが松の葉を衰弱させ、光合成によって得られる有機物を酵母菌に与えることができなくなったとも考えられる。今後は、日数単位ではなく、時間単位で詳細を調べていきたい。

実験② 濃度を変える

<仮説>

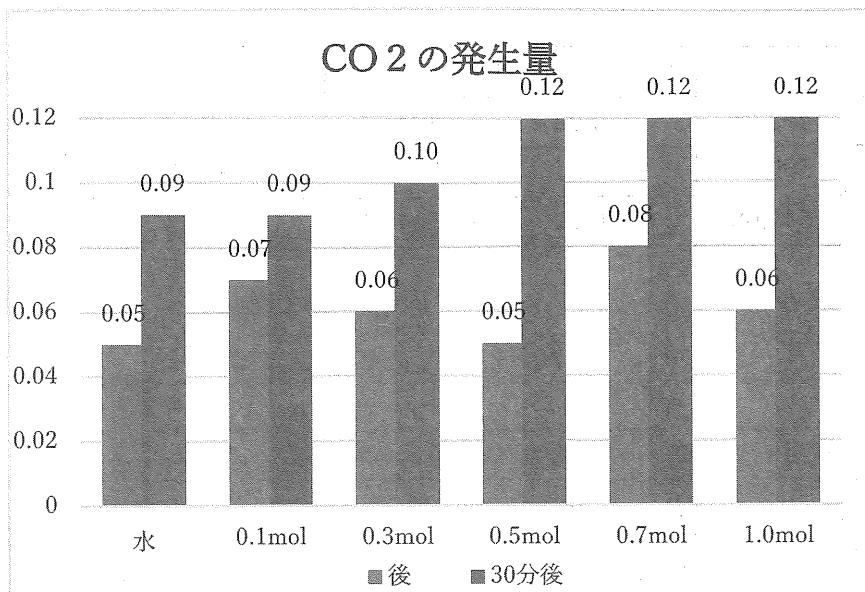
スクロース水溶液のmol濃度が高くなるほど発生するCO₂量が増えるのではないか。

<実験方法>

水と0.1、0.3、0.5、0.7、1.0molのスクロース水溶液を用意する。それぞれの水溶液と松の葉が入ったペットボトルを2日間、日光の当たる場所に置き、重量とpHを測定する。

<結果>

mol	直前	直後	直前と直後の差	30分後	直前と30分後の差
0	501.65	501.60	-0.05	501.56	-0.09
0.1	507.32	507.25	-0.07	507.23	-0.09
0.3	499.67	499.61	-0.06	499.57	-0.10
0.5	521.70	521.65	-0.05	521.58	-0.12
0.7	527.15	527.07	-0.08	527.03	-0.12
1.0	526.82	526.76	-0.06	526.70	-0.12



スクロース水溶液
0mol～0.3mol までは、CO₂発生量は徐々に増えている。
スクロース水溶液
0.5mol 以上濃度を高くしても CO₂の発生量は変わらず一定になる。pH試験紙は全て pH 5～6 を示した。

<考察>

mol 濃度が高いということは溶液内の溶質（スクロース）の量が多いということである。溶質の量が多くなると CO₂発生量もそれに伴って多く発生するのは酵母菌が発酵によってより多くのスクロースを分解するからだと考えられる。しかし、0.5mol 以上になると酵母菌がスクロースを分解しきれず、CO₂発生量は増加していかないのではないか。実験①の考察で述べた加圧による酵母菌の増殖量の減少が影響していると考えたが、そもそも CO₂発生量が少なく、加圧が原因だとは断定できない。今後は 0.3～0.5 mol の間を細かく調べていく必要がある。

実験③ 光の有無

<仮説>

光がよく当たる方が発生する CO₂量が増えるのではないか。

<実験方法>

- ①光あり：松の葉の入った 1.0mol、0.1mol のスクロース水溶液と松の葉が入った水のペットボトルを窓際に 2 日間置いておく。
- ②光あり：松の葉の入った 1.0mol、0.1mol のスクロース水溶液と松の葉が入った水のペットボトルを段ボールの中に入れて暗幕を被せて 2 日間置いておく。

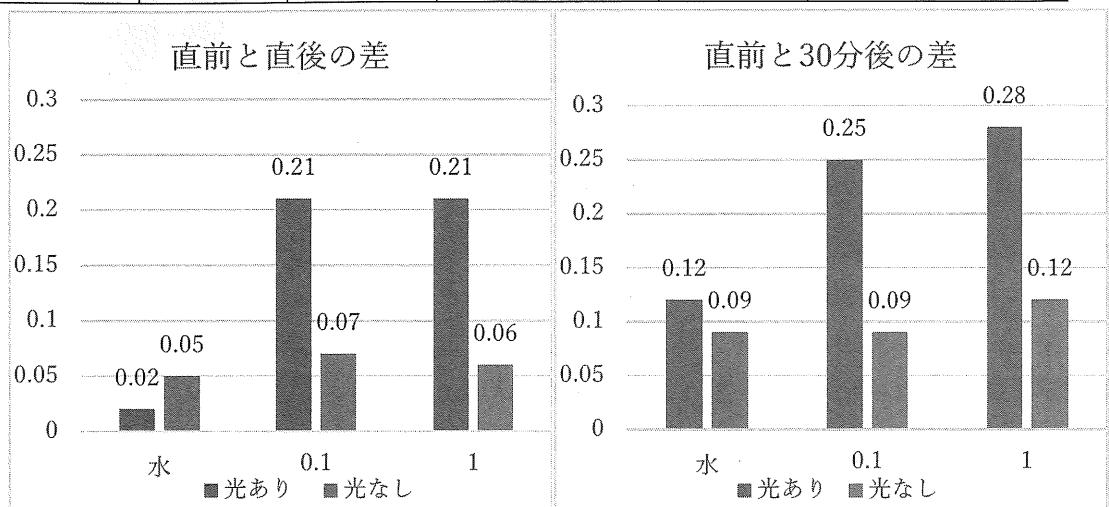
<結果>

①光あり

	前	直後	直前と直後の差	30分後	直前と30分後の差
水	501.65	501.60	-0.05	501.56	-0.09
0.1	507.32	507.25	-0.07	507.23	-0.09
1.0	526.82	526.76	-0.06	526.70	-0.12

②光なし

	直前	直後	直前と直後の差	30分後	直前と30分後の差
水	492.27	492.25	-0.02	492.15	-0.12
0.1	510.11	509.90	-0.21	509.86	-0.25
1.0	544.29	544.08	-0.21	544.01	-0.28



<考察>

光ありは酵母菌の発酵によって発生した CO_2 を松の葉が光合成によって使用したため、ペットボトル内の CO_2 の発生量が少なくなったと考える。 O_2 が存在する環境下で酵母菌は呼吸を行うため、光合成によって発生した O_2 によって呼吸を行っている可能性が考えられる。しかし、結果から呼吸によって発生する CO_2 と光合成によって使用される CO_2 は光合成による CO_2 使用量の方が多いことが分かる。

光なしは松の葉により呼吸が行われ CO_2 が発生し、酵母菌の発酵による CO_2 発生も加えて炭酸の発生量が多くなったと考える。今回の実験で参考にした基本的な松の葉サイダーの作り方は「光を当てる」とあるので、光を当てる時間えるなど、詳細に調べていく必要がある。

実験④ 溫度を変える

<仮説>

温度の変化によって CO_2 発生量も変化するのではないか。

<実験方法>

温度の表は以下の通りである。なお、温度は終了時のみを測定した。

	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	湿度 (%)
冷蔵庫	-5	13
段ボール(光なし)	29	36
室内	26	43

温度の変化のみについて調べるために暗幕を覆わせ、光を遮断したもの（常温）と冷蔵庫の中に置いたもの（低温）とで比較した。

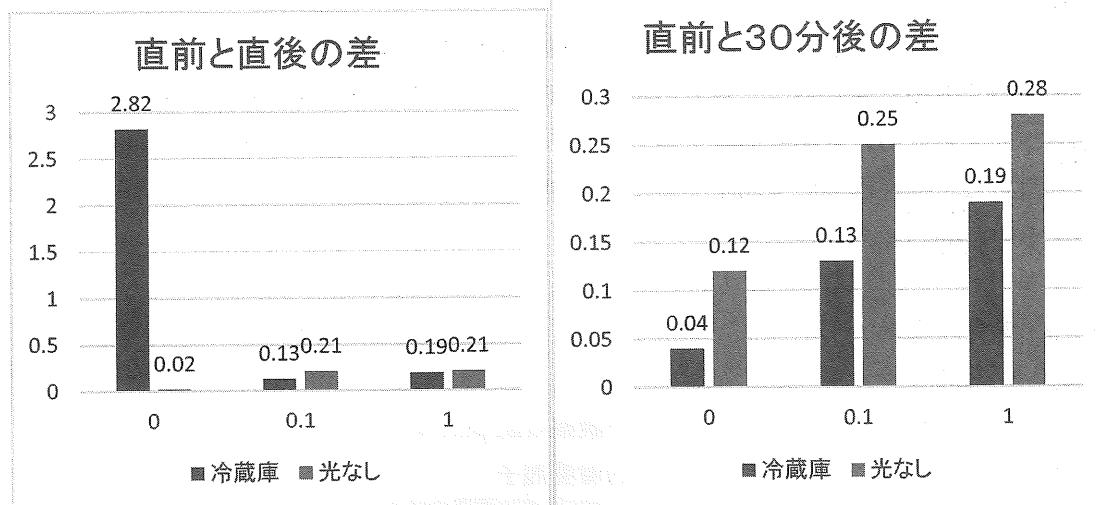
<仮説結果>

◎冷蔵庫

mol	直前	直後	直前と直後の差	30分後	直前と30分後の差
0 (水)	481.09	478.27	-2.82	481.05	-0.04
0.1	502.96	502.83	-0.13	502.83	-0.13
1.0	548.20	548.06	-0.14	548.01	-0.19

◎段ボール(光なし)

mol	直前	直後	直前と直後の差	30分後	直前と30分後の差
0 (水)	492.27	492.25	-0.02	492.15	-0.12
0.1	510.11	509.90	-0.21	509.86	-0.25
1.0	544.29	544.08	-0.21	544.01	-0.28



低温よりも常温のほうが、炭酸が多く発生している。低温の水での場合がほかのデータよりも大きくなっていた。

<考察>

これらのグラフを見ると低温より常温の方がより多くのCO₂が発生しているため、酵母菌が効率よくはたらくためには、温度が常温の方が良いことがわかる。酵母菌が効率よくはたらく最適温度があるので、冷蔵庫内では反応が行われにくくなつたと考える。

この実験では、酵母菌内の酵素（タンパク質）の最適温度を知るために行った。しかし、実験回数が少ないと加え温度差が常温と低温の2つのデータしかない。5℃ずつ温度を変えるなどしていく必要がある。

実験データに1つ、おかしな点があった。冷蔵庫の0molでペットボトルを開けた直後と30分後の結果が明らかに異常だった。これは開けた直後よりも30分後の質量が大きい、つまり時間をかけてペットボトル内の一定体積内での質量が増えたということになってしまった。

う。これは質量保存の法則すら無視しているといえる。再度実験を行い、検証する必要がある。

<全体のまとめ>

今回の実験から、より多くの炭酸を発生させる条件は以下の通りである。

- ・発酵期間は2日目が1番CO₂の発生量が多かった
- ・スクロース水溶液の濃度0～0.3molのCO₂発生量は濃度に比例し、0.5mol以上はCO₂が一定量発生した
- ・光が当たらない方がCO₂の発生量が多い
- ・温度は冷蔵庫内(低温)より常温の方がCO₂の発生量が多い

また、松の葉サイダーを試飲した際、独特の味がした。松の葉サイダーを美味しく飲むためには、甘味料などの他の材料を追加して調整していく必要がある。

<今後の展望>

今回の実験回数の少なさでは何が要因（実験の方法を失敗したなど）となっているかを明確に判断するのは難しい。これらの不確定要素や意味不明なデータをはっきりさせ、今後明らかにするためにも実験回数を増やしていく必要がある。また、今回の実験の詳細に加え、設定した条件以外でも加圧や減圧、磁場、音波などが松の葉サイダーの生成にどう影響するのか調べてみたい。

<引用・参考文献>

- ・tocolog「松の葉サイダー」
- ・杉山夏来著：吃驚！松の葉パワー 松の観察日記 part 4
- ・中谷和夫著：酵母の増殖・代謝と物理的環境因子