

1 ヨーグルト チーズやヨーグルトづくりには、糖から乳酸を生成する乳酸菌が使われている。乳酸菌は300種以上あるが、ヨーグルトには、桿菌のラクトバチルス、球菌のストレプトコッカスがふくまれている。乳酸菌飲料には、乳酸菌のシロタ株やビフィズス菌などがふくまれている。

ブルガリア地方に長寿者が多く、ヨーグルトを常食としていることに注目して、ヨーグルトにふくまれている乳酸菌(ラクトバチルス)が腸内で生育して、腸内の腐敗菌を追い出し不老長寿になると考えたのがロシアのメチニコフ(1845~1916年)である。しかし、その説で有益とされた乳酸菌が腸内にすみ着かないことが証明された。近年になって、ヒトの腸内細菌(→図 p.52)として乳酸菌やビフィズス菌が重要であることがわかり、ビフィズス菌でつくったヨーグルトが市販されるようになった。

2 (実習)ヨーグルトをつくろう

【指導目標】 ヨーグルトづくりを行うことで、乳酸発酵について知るとともに、古くから人類が利用してきた微生物の有用性について理解を深める。

【指導上の留意点】 ・雑菌の混入を防ぐために、使用するすべての器具を煮沸殺菌する。

- ・牛乳はできるだけ新鮮なものを用いる。
- ・乳酸菌の種菌が入手できない場合は、市販のヨーグルトを開封してすぐに使用する。

【結果】 軽くゆすると、乳酸発酵の進行によって固まっていくのが確認できる。一部サンプルをとって、pHを測定すると、牛乳のpHは8程度であるが、乳酸発酵がはじまるとpHは低下しはじめ、やがて3~4になる。

【考察】 ヨーグルトが固まるのは、牛乳中のタンパク質(おもにカゼイン)が、乳酸の酸によって変性するためと考えられる。牛乳を試験管にとり、少量の乳酸や希塩酸、酢酸を加えると凝固することが確認される。

参考 **乳酸菌を利用した食品** 乳酸菌は糖から乳酸をつくり出す細菌の総称で、多くの種類がある。乳酸発酵を利用した食品にはヨーグルト以外に、チーズ・みそ・しょう油・漬物や、サラミソーセージ・発酵パン・サワークリームなどがあり、それぞれに使われる菌の種類は決まっている。また、乳酸菌はヒトの腸内にも生息し、整腸作用がある善玉菌の一種である。

3 図 19 日本の清酒はよく精白した米を原料に、黄色のニホンコウジカビ(アスペルギルス・オリザエ)



図 19 発酵中の日本酒

①ブドウ糖ともいう。グルコースなどの糖については、第2部2章 p.85 を参照。

②デンプンなどの多糖類をグルコース(ブドウ糖)やマルトース(麦芽糖)などの小さな分子に分解すること。

③大腸の糖子を発酵させたもの。発酵させることで、糖子にふくまれるデンプンはマルトースにまで分解される。マルトースは酵母に吸収・分解されてグルコースとなり、アルコール発酵に用いられる。

●アルコール発酵

微生物の一種である酵母はグルコースなどの糖を、酸素を使わずにエタノールと二酸化炭素に分解する過程で、自身が生きるためのエネルギーを得ている。この過程を**アルコール発酵**という。

酒は酵母によるアルコール発酵を利用してつくられる(図19)。アルコール発酵には、原料としてグルコースが必要である。酒の原料がブドウ果汁など、容易にグルコースに変えられる糖をふくむものである場合には、原料をそのまま利用できる。一方、デンプンを多く含む米や麦などの穀類を原料とする場合には、糖化という過程が必要である。糖化にはコウジカビや麦芽が用いられる。カビを用いて糖化する伝統的な方法は、中国大陸や朝鮮半島、日本といった高温で多湿な地域で発達した。

発酵食品の製造工程では、温度管理が重要だといわれている。パンづくりの過程で、28℃程度で生地を静置すると、アルコール発酵によりパン生地がふくらむ。酵母の活動は、温度によってどのような影響を受けるだろうか。

次の実験2で、アルコール発酵について調べてみよう。

●腐敗

有機物を微生物が分解した結果、人間にとって有益なものに変わることが発酵とよぶのに対して、人間にとって不都合なものに変わることが**腐敗**とよぶ。タンパク質のように窒素や硫黄をふくむ有機物は腐敗により、アンモニアやインドール、硫化水素などの悪臭をはなつ物質や毒素を生じる。

やってみよう

- ① 新鮮な牛乳を鍋に入れて煮沸する。沸騰したらすぐに火を止めて冷まし、煮沸消毒した後に冷ましたガラス容器に移す。
- ② 牛乳 500 mL に対して乳酸菌 1 g、または、開封後すぐの新鮮なヨーグルト 10 g を加えて、ラップフィルムで密封する。
- ③ 40℃ に設定した恒温箱内に置き、約 6 時間保温する。恒温箱中の牛乳を 1 時間ごとにきれいなスプーンで採取し pH を測定する。pH が 3 ~ 4 を示すようになったらヨーグルトの完成である。軽くゆすって固まった状態になったことが確認できたら、なおいを確かめてみよう。

ヨーグルトをつくろう

※ 実験の過程に必ずセッパンや手袋を使う。菌類は微生物が培養される可能性もあるので捨ててはいけません。

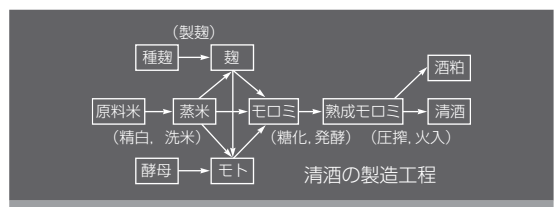
つながる学び

・酸性、アルコール性の環境を示す数値を pH といい、7 が中性、7 より小さいと酸性、7 より大きいとアルカリ性である。【p.83】

の着生した麴を用いるが、中国の酒では灰色のクモノスカビの麴を用いる。

清酒の起源は古事記までさかのぼり、平安時代には麴づくりを専門とする職人がいた。清酒の醸造は、長い伝統に支えられてきたが、近年になって各工程が自動化・大型化して、近代的発酵工業に変容してきている。

板書例



4 腐敗 腐敗とは、「ヒトに有用な食品成分が微生物のはたらきで分解されることによって、その食品としての価値がなくなること」ということもできる。

わたしたちが腐敗を感知するのは、食品の鮮度の低下から生じる異臭や、色・光沢・質感・味などの変化からである。

実験2

アルコール発酵と温度の関係について調べる

目標 酵母によるアルコール発酵と温度の関係を実験して調べる。

準備 (1) 酵母の発酵は温度によって影響を受ける。
(2) 温度が高いほうが発酵の速度は大きい。

材料 温度を変えて、酵母を発酵させたときに発生する二酸化炭素の量から、アルコール発酵と温度の関係調べる。

準備 乾燥酵母、10% グルコース水溶液、0.2% 水酸化カルシウム水溶液 (石灰水)、20 mL注射器、ゴム管、500 mLビーカー、50 mLビーカー、小ビーカー、温度計、電子てんびん、熱湯、冷水

方法 ① 3つの500 mLビーカーを用意し、熱湯と冷水を用いて、ビーカー内の水がそれぞれ20℃、30℃、80℃になるように調節する。この後は適量、湯や水を用いてそれぞれの温度に保つ。
② 10% グルコース水溶液20 mLを入れた50 mLのビーカー3つを、①のビーカー内に入れて静置し、水溶液がそれぞれの温度になるようにする。
③ ②のグルコース水溶液に乾燥酵母1 gを加えてかき混ぜて混ぜ合わせ、発酵液とする。
④ 速やかに注射器に発酵液を5 mLとり、ゴム栓の穴にはめて直立させたものを、それぞれの500 mLビーカーの水中に立てて (図a)。
⑤ 2分ごとに注射器の目盛りを読み、発生した気体の量を記録する (図b)。
⑥ 気体の発生した注射器を下向きにして、残った発酵液を小ビーカーに出し、においをかいでアルコールがでていることを確認する。
⑦ さらに、注射器にゴム管をつけ、残っている気体を小ビーカーにつけた0.2% 水酸化カルシウム水溶液中に射出し、発生した気体が二酸化炭素であることを確認する。

結果 20℃、30℃、80℃のそれぞれの温度条件について、機軸に時間、縦軸に気体の発生量をとってグラフをかき、発酵反応速度を比較する。

結果例 気体が発生したものは、その時点から2分おきに記録すると比較しやすい。

時間(分)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
20℃で発生した気体の量 (mL)	0	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	1.0	1.4	1.8	2.4	3.2	3.8
30℃で発生した気体の量 (mL)	0	0.1	0.2	0.4	1.2	2.0	3.0	3.9	5.0	6.0	7.1	8.5	9.4	10.9
80℃で発生した気体の量 (mL)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

写真 図a 注射器内に気体が発生している様子

実験動画

① 水 90 g にグルコース 10 g をとく。
② 注射器の先端部分が入り、栓となるような小さな穴をあけておく。

図a 注射器内に気体が発生している様子

第1章 | 2章 微生物とその利用 49

細菌のはたらきにより、タンパク質はアミノ酸に分解され、さらに各種の有機酸、アミン(インドール、ケトンなど)、アンモニア、アルコール、炭化水素などを生じる。硫黄をふくむアミノ酸からは腐敗臭を発するメルカプタンや硫化水素が生成される。

デンプンやセルロースなどの炭水化物は、細菌のはたらきで有機酸やアルデヒドになり、やがて二酸化炭素になる。有機酸は酸味の原因となる。

腐敗が起こると、細菌などが食品中に繁殖して、本来の形態・色・香り・味や栄養成分などが損なわれる。また、繁殖した微生物に病原性があり有毒物質が生じる場合、食中毒の原因となる。

5 (実験2)アルコール発酵と温度の関係について調べる

(所要時間 40 分)(→ p.77)

【指導目標】 酵母による発酵を温度条件を変えて実施し、発酵と温度の関係について考察する。

【指導上の留意点】 酵母が反応するときの温度を、実験の間中、設定したそれぞれの温度に一定に保つことが重要である(あらかじめ10%グルコース水溶液の小ビーカーを、それぞれの温度にした水の入った大ビー

探究の流れ

実験2 アルコール発酵と温度の関係について調べる

探究

A 見通し

◆日本酒やパンの製造工程では温度管理が重要であることをとり上げ、酵母の活動は温度によってどのような影響を受けるのかに興味をもたせ、みずからの仮説を立てさせる。

✓ 評価の場面 主体

✓ 評価の場面 思・判・表

B 活動

◆酵母の発酵を、複数の温度で行わせ、それぞれの気体発生量について時間経過に沿って測定し、発酵反応速度を比較するグラフを作成させる。

✓ 評価の場面 知・技

C 整理・考察

◆反応温度による気体発生量のグラフの傾きの違いから、反応における最適な温度を求めさせる。また、温度が高いほど反応が進むわけではないことについて、高温の反応結果から見いださせる。

✓ 評価の場面 思・判・表

D 振り返り

◆見通し～整理・考察を振り返り、自己評価を行わせる。

→ 指導書付録ワークシートに自己評価欄あり

✓ 評価の場面 主体

E 学習内容の理解

◆アルコール発酵と温度の関係について説明する。

✓ 評価の場面 知・技

カー内に入れておくのはそのためである)。酵母を小ビーカー内のグルコース水溶液にとかすときも、可能なら小ビーカーを大ビーカーのそれぞれの温度にした水の中に入れたまま行くとよい。

【結果例】 下記のグラフのようになる。

