

1 (実習)ヨーグルトをつくらう

【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。

【結果と考察】 この実習では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とともに、原材料である牛乳はできるだけ新鮮なものを用い、乳酸菌の種菌が入りできない場合は、市販のヨーグルトを開封してすぐに使用すること。

乳酸発酵の進行の程度は軽くゆすって固まっているかを確認することでもできるが、一部のサンプルを取って、pHを測定すれば、よりはっきりする。牛乳のpHは8程度であるが、乳酸発酵が始まると、酸性の乳酸が形成されるのでpHは低下を始め、pHが3~4になると完成である。

話題 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、ビフィズス菌やアシドフィルス菌・フェカリス菌など多くの種類がある。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。

2 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。

参考

教科書に関連した参考情報を掲載しています。

細菌の分解され、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。硫黄を含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、糖類を経て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。

次の「やってみよう」で、乳酸発酵を利用した食品の1つであるヨーグルトをつくってみよう。

やってみよう 1 実習 ヨーグルトをつくらう

- 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(図1)。
- 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。
- 40℃に設定した恒温器内に置き、約6時間保温する。保温中の牛乳を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、味やおいしさを確かめてみよう。

④ 実験の前には必ずセッケンで手を洗おう。

④ ④ ヨーグルトの製造

④ ④ 乳酸菌

④ ④ 煮沸消毒したガラス容器

④ ④ 冷ました牛乳

④ ④ 酸性、アルカリ性の度合いを示す数値で、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。

2 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を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を腐敗とよぶ。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、アンモニアや硫化水素などの悪臭をはなつ物質や毒素

話題 授業で使える小ネタや話題を掲載しています。

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。

④ ④ 大麦の種子を発芽させたもの。発芽させることで、種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。

④ ④ アルコ

④ ④ ルコースなどの糖を、酵素を使わずにエ

④ ④ ルコースに必要である。酒の原料がブドウ

④ ④ 果果汁など、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に見られる。

④ ④ 日本酒の製造工程では、温度管理が重要だといわれる。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か

腐敗は、日常的には細菌が食品中に繁殖して、本来の形体・色・香り・味や栄養成分などが損なわれることである。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。

参考 腐敗以外が原因の食中毒 食品中で細菌が繁殖して毒素を放出して、その毒素により中毒症状を起こす毒素型の原因菌は、黄色ブドウ球菌(スタフィロコッカス・アウレウス)やボツリヌス菌(クロストリジウム・ボツリヌム)である。ボツリヌス菌の“botulus”は、ラテン語で「腸詰め」の意味である。ソーセージやハムにより重い食中毒を起こしたことから命名された。本来土の中にすむ偏性嫌気性細菌であり、滅菌が不十分なびん詰めなどに繁殖する。産生するボツリヌス毒素は、少量で筋肉を麻痺させる。嘔吐、下痢から感覚異常、四肢麻痺に至る。重篤な場合は、呼吸筋麻痺で死亡する。最も強力な生物毒素であるが、微量での局所注入により、顔面麻痺、痙攣、斜視の改善、顔のしわとり(日本では承認されていない)など、医療や美容に使われることがある。

らうか。次の実験2で、アルコール発酵について調べてみよう。

実験2 アルコール発酵と温度の関係について調べる

課題 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。

仮説 (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。

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、注射針、ゴム栓、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 ①3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℃になるように温度計をビーカー内に入れて調節する。この後は適宜、湯や水を用いてそれぞれの温度に保つ。
②10% 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。
③②のグルコース水溶液に乾燥酵母1 g を加えてかくはんして混ぜ合わせ、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

結果

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

考察 気体の発生量を比較して仮説(1)、(2)が正しいといえるか判断しよう。

探究の流れ

探究の流れと評価を行う場面を整理して確認できるようにしました。
DVD-ROM 収録の「探究の指導と評価の計画例」と対応しています。

探究の流れ

探究2 アルコール発酵と温度の関係について調べる

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取り上げ、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、自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そって測定し、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

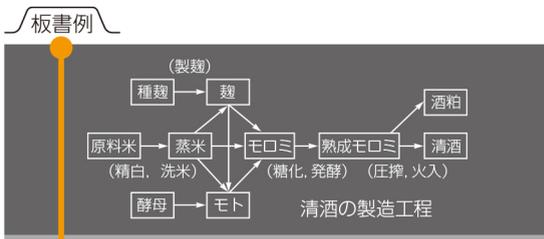
偏性嫌気性細菌なので、酸素がある環境では死滅する。耐熱性の芽胞は摂食しても体内で一般に発芽しないが、乳児や抵抗力の落ちた人では、発芽し毒素をつくる。1歳未満の乳児にハチミツを与えてはいけないのはこのためである。

3 アルコール発酵 (→ p.45「アルコール発酵と低温殺菌法」)

4 図19 東洋では気候が高温・多湿であるために穀類にカビが生えて、このカビのはたらきで糖化が行われ、あとは自然にアルコール発酵を進行させて酒をつくるが行われていた。これがいわゆる麴酒で、東洋独特のものである。この酒の原料となるものは、米、麦、ソバ、コウリヤン、サツマイモなどである。

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)の着生した麴を用いる。清酒をつくるには、微生物の力を利用したデンプンの糖化、アルコール発酵の2つの工程が必要である。その中には、種麴からの麴づくり、酵母からのモト(酏)づくり、さらに蒸し米からのモロミを経

て、熟成モロミから清酒までさまざまな工程がある。清酒の起源は古事記までさかのぼる。また、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

効果的な説明図やまとめ方などの板書例を、黒板イラストで示しています。

② 節課題の展開例

(生徒)肺炎といえば、新型コロナウイルス感染症だよな。原因はウイルスかな。

(先生)肺炎は肺に炎症が起きる病気を指すので、原因は様々です。細菌性の肺炎の場合もあります。細菌やウイルスは微生物でしょうか？

1 コッホ / 図 20 **コッホ** ローベルト・コッホ (1843~1910年)は、幼いときから自然科学に興味をもち、探検家として世界中を旅することも憧れていた。やがて大学で医学を修め、ベルリンやハンブルグなどで開業医をした後、普仏戦争で軍医をし、その後ホルシュタインで官医となった。

彼が28歳のとき、妻からの誕生日プレゼントとして顕微鏡を贈られ、以後顕微鏡による観察にのめりこんだ。1876年に『炭疽の原因』という論文を発表し、翌年、炭疽菌の鮮明な顕微鏡写真を公表した。

その後、病原菌の染色法や培養法を『病原性微生物の研究について』という本にまとめ発表した。固形培地による純粋培養法が確立された。さらに、1882年に結核菌の発見と培養の成功、翌年には、コレラ菌を見つけた。1890年には、ツベルクリンを結核の治療薬として発表したが、後に結核の診断に重要な役割を果たすことになった。

その後、伝染病研究所の初代所長となり、1905年には、結核に関する研究でノーベル賞を受賞した。

2 固形培地 / 図 22 **コレラ菌のコロニー**

コッホは、ガラスのシャーレ内に、肉汁にゼラチンを加えて固めた固形培地による細菌の培養法を考案した。この培地により、炭疽菌、腸チフス菌、結核菌、コレラ菌などの病原菌を培養し分離を行った。液体培地では微生物は混ざり合ってしまう。しかし、固形培地では、菌体の1個1個がコロニーを形成するので、1種類の微生物が取り出せ、さらに別の固形培地に移すと

つまずき対策

生徒が間違いやすい点、誤解する内容などを紹介し、その対策例を取り上げています。

参考 コッホの4原則 ある病原体が特定の病気の原因となることを証明する4条件である。

- a. 病変部位に必ずその病原体が見いだされること。
- b. その病原体が病原部位から分離されて純粋培養できること。

② 節課題の展開例

「節課題からどのように授業の中身を紹介して話をつなげるか」という展開例を、生徒と先生の会話形式で取り上げています。

微生物と医学への利用

肺炎やインフルエンザの原因は微生物だろうか。

1 病原微生物

●病原微生物の発見

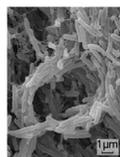
ドイツの**コッホ**は肉汁にゼラチンで固めた固形培地をペトリ^①つくり^②、これを用いてさまざまな細菌を培養し単離することに成功した。コッホはこの培養法により、1876年に炭疽菌が炭疽の病原菌であることを明らかにし、さらに結核菌、コレラ菌などの病原菌を次々に発見した^③。その後、多くの研究者が病原微生物を発見し、感染症の原因究明が進んだ。

●病原微生物との闘い

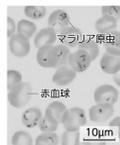
3 病原微生物が引き起こす感染症により、人類は多大な被害を受けてきた。例えば、結核^④、ペスト、梅毒、コレラ、発疹チフス、マラリア^⑤などの感染症である。14世紀にヨーロッパ全土に広がったペストは、死者に見られる黒斑^⑥と、致死率が高いことから、黒死病とよばれておそれられた。第一次世界大戦中には、発疹チフスが流行して約300万人が亡くなった。これらの病気の原因が微生物であることが解明され、現代のわたしたちは殺菌や抗菌、公衆衛生に配慮する生活で感染症から身を守っている。感染症はウイルスが原因であることも多い。

2 細菌が病気の原因となる感染症をあげてみよう。

① 1個の細菌や培養細胞の分裂・増殖によってできた、ひとまとまりの集団のこと。
② 微生物のうち、感染症など病気の原因となるもの。感染症とは、微生物や寄生虫などの感染により引き起こされる病気のこと。



結核菌：電子顕微鏡画像



マラリア原虫
マラリア原虫：特殊な光学顕微鏡像、見やすいように染色している。
③ ④ ⑤ ⑥ 病原微生物
① 細菌を死滅させること。
② 細菌の繁殖を抑制すること。
③ ウイルスによる感染症について (p.52)

- c. その病原体を感受性のある宿主に接種すれば同じ病気を起こすこと。
- d. さらにその病変部位から再びその病原体が回収されること。

3 病原微生物との闘い 広義の病気は、細菌、菌類、ウイルス、寄生虫などによる感染、放射線障害、中毒などの外因性のものと、遺伝あるいは出産時の障害による先天性の異常、物質代謝・内分泌の異常、老化を伴うものなど内因性のものがある。

つまずき対策 ウイルス ウイルスが他の生物に感染して増殖するようすから、ウイルスも生物であると断言する生徒もいるかもしれない。ウイルスは遺伝情報(DNAかRNAのいずれか一方)をもつものの、エネルギーを獲得する代謝系をもたず自身では増殖できないため、生物としてあつかわれないことが多い。

実験・観察時のノウハウなどを詳しく解説しています。

●医薬品
アオカビ

に劇的な効果をもつことが、4年にイギリスのアレキサンダー・フレミングにより発見された。また1944年にはアメリカのワクスマンが、結核の治療に効果のあるストレプトマイシンを、放線菌という細菌の一種がつくり出すことを発見した。微生物によってつくれ、ほかの微生物などの細胞の生育や機能を阻害する物質を**抗生物質**という。ペニシリンもストレプトマイシンも抗生物質である。抗生物質の利用で結核による死亡者数は著しく減り、その後もいろいろな抗生物質が発見されて、多くの感染症から人類を救っている。

次の「やってみよう」で、アオカビのつくる抗生物質の効果を調べてみよう。



224 アオカビ
(左)ミカンに生えたアオカビ
(右)光学顕微鏡像

第2章
微生物その利用

5 (実験)アオカビと細菌の関係を調べよう

【指導目標】 ペニシリンをつくるアオカビのはたらきを実際に観察することで、微生物の医療での有用性について実感する。

【指導上の留意点】 実験に使用する寒天培地は巻末資料の方法で作製するか、市販の一般細菌培養用の培地成分を使用してもよい。

【安全面での注意事項】 アオカビは、身近な食品を湿度の高い状態で保存して繁殖したものを利用する。細菌培養用の培地で培養すると、様々な細菌やカビ類が繁殖するが、その中には病原性のもも含まれている可能性があるため、十分に注意する。実験中も終了後もペトリ皿の蓋は絶対に開けない。ペトリ皿の上下の隙間をビニルテープで封じておくとよい。終了後の培地はオートクレープで滅菌してから廃棄する。操作時や器具の洗浄後には、手をセッケンでよく洗ってから、アルコールで消毒しておく。

【結果と考察】 アオカビを移植した培地では、中央部のアオカビの近くが透明になり、納豆菌が繁殖しなかったことがわかる。周辺部は納豆菌が繁殖している。また、アオカビを移植しなかった培地(対照実験)は、培地全面に納豆菌が繁殖している。

この結果から、アオカビが分泌した物質が納豆菌の繁殖を阻止したことがわかる。この物質はアオカビの学名のペニシリウムから「ペニシリン」とよばれるようになった。

参考資料

やってみよう(実験)アオカビと細菌の関係を調べよう
実験解説補足

【準備上の留意点】 アオカビは、パンやミカンなどを高湿度の状態に置き繁殖したものをを用いるとよい。

【方法上の留意点】 恒温器(40℃)で1~2日培養するかわりに、室温で数日放置してもよい。

【発展実験】 細菌の種類や実験に用いるカビの種類を変えて実験してみると、アオカビの場合が最も生育が阻止され、他のカビでははっきりしなかった。また、納豆菌には効果があるが、乳酸菌にはあまり効果がないことがわかった。大学の研究室などに依頼して、大

他にも

- 授業導入例
- 指導の要点・指導上の留意点
- (考えてみようの解答例)

などのコーナーを設けた、充実の解説書となっています。

やってみよう! 実験 アオカビと細菌の関係を調べよう

- コンゴスズメープに寒天を加えて加熱したものを、滅菌したペトリ皿に流して固め、培地をつくる(「p.209資料8」)。
- 納豆2~3粒を試験管中の滅菌水4mlに入れ、軽く振って納豆菌の浮遊液を用意する。これを2枚のペトリ皿の培地表面全体に流す。
- 納豆菌の寒天培地の中心に、滅菌したコルクボーラーで穴をあけ、2枚の寒天培地のうちの1枚だけにアオカビを穴の中に移植する。アオカビは、みかんやもち、パンなどに繁殖したものをえぐるようにとって用いる。
- ペトリ皿にふたをして恒温器に入れ、1~2日間培養する。観察するときはふたを開けずに、2つの培地の様子を比較する(224)。



224 阻止円のできた納豆菌の培地培地。中央部のアオカビの周りに、納豆菌が繁殖していない領域が阻止円として観察できる。

実験後はセッケンで手を洗い、培地は滅菌してから処分する。

トピック 寄生虫を駆除する薬でノーベル賞

静岡県伊東市の土壌から発見された放線菌がつくる化学物質アベルメクチンには、動物に寄生する寄生虫を駆除するはたらきがあることがわかった。これをもとに開発された抗寄生虫薬はアフリカ諸国などで用いられ、線虫による寄生で失明することもあるオンコセルシ症の感染から多くの人を救った。この放線菌と化学物質を発見した大村智らには、2015年にノーベル生理学・医学賞が贈られた。

4 ペニシリンとフレミング アレクサンダー・フレミング(1881~1955年)は、スコットランドに生まれ、1897年にロンドンの工芸学校を出て船会社で4年ほど働いた後、医者を目指し医学校に入った。その後1928年にロンドン大学の教授になったが、生涯を通して聖メアリー病院の質素な研究室で細菌学の研究を行った。

ペニシリンの発見は、偶然であったといわれる。1928年のある日、彼はブドウ球菌の培養後、偶然1つのシャーレにカビが生えて、カビの周りのブドウ球菌が死んで溶解していることに気づいた。

このカビがアオカビであることを確かめた後、アオカビの培養液をブドウ球菌に加えると、菌の発育が抑えられた。こうして、アオカビの出す細菌の発育を阻止する物質を発見した。その物質を、アオカビの属名(ペニシリウム)から、ペニシリンと名づけ、スケッチをそえた論文を発表した。

ペニシリンの実用化は、1939年にオックスフォード大学のフローリー教授とチェーン教授の2人によりなされた。フレミングは1945年にノーベル生理学・医学賞を受賞した。