２０２５年7月２３日（水）

易しい科学の話

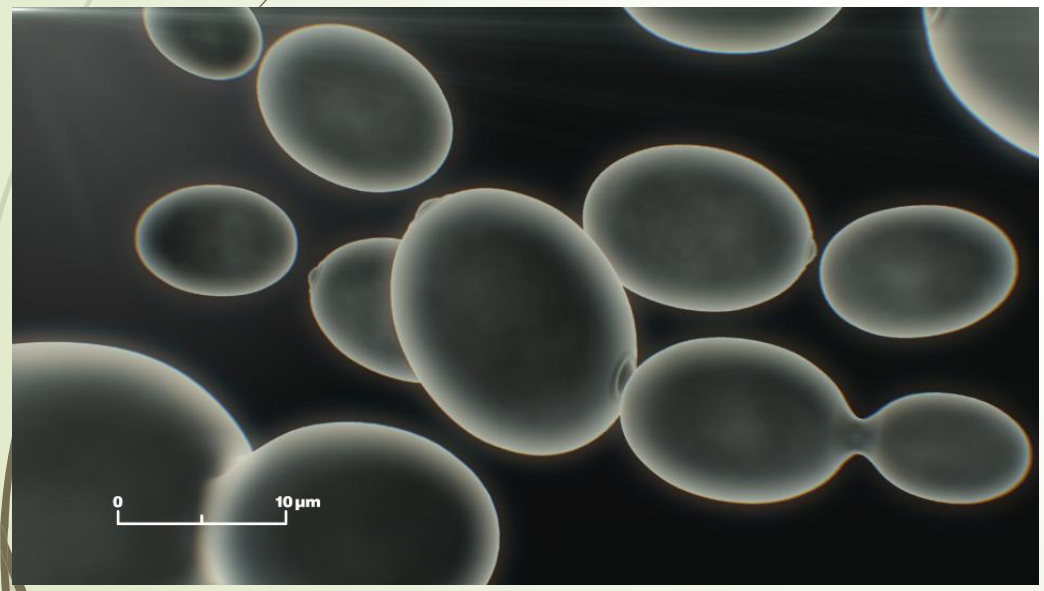
発酵とは、どんなこと？

吉岡　芳夫

発酵とは

- 発酵とは、微生物の働きによって、物質が分解・変化する過程のことです。
- 特に、人にとって有益な変化をもたらす場合に「発酵」と呼ばれる。
- 発酵の仕組み（かんたんに言うと）微生物（例：酵母、乳酸菌、納豆菌など）が、糖やタンパク質などを食べて分解し、アルコールや乳酸、炭酸ガスなどを作り出す。
- この働きが食品の味や香り、栄養を変化させる。

イースト菌


0
10 µm

食パン(全粒粉入り) 【栄養成分表示100g当たり】
熱量:240.5kcal、タンパク質:6.6g、脂質:3.4g、炭水化物:44.1g
食塩相当量:1.8g(推定値)

酵母の働き

パン生地の中で酵母は、小麦粉に含まれるでんぷんが分解された糖（主にグルコース）を発酵させて次のように反応する。

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

CO_2（二酸化炭素）がパン生地の中で気泡となって溜まり、グルテンの膜によって生地がふくらみます（膨化作用）。
同時に、エタノール（アルコール）も生成するが、焼成時にほとんど揮発する。酵母由来の風味成分も生成され、パンの香りや味に影響します。

発酵の例

発酵食品	微生物の種類	成分の変化
パン	酵母菌	糖 → アルコール＋二酸化炭素 （生地がふくらむ）
ヨーグルト	乳酸菌	乳糖 → 乳酸（酸味ととろみ）
味噌・醤油	麹菌・酵母・乳酸菌	大豆や米 → うま味成分に変化
納豆	納豆菌	タンパク質 → アミノ酸やナット ウキナーゼ

発酵食品

発酵と腐敗

比較項目	発酵	腐敗
微生物	有益な微生物	有害な微生物
におい	良い香り・風味	不快なにおい
食品	食べられる	食べられないことが多い

発酵の役割

- 食品を保存しやすくする
- 栄養価や消化吸収を高める
- 独特の風味を生み出す
- 医薬品やアルコールなどの生産にも応用される

酒の発酵

- 糖を酵母が分解して、アルコールと炭酸ガスを作る
- 原料に含まれる糖が必要
  - 酵母がアルコールを作るためには、「糖」が必要。
  - ワインは「ブドウの糖分」をそのまま使う。
  - 日本酒やビールは、「米や麦などのデンプン」を糖に変えてから使う。
- 酵母が糖を分解する
  - 酵母（しゅどうこうぼ）は、糖を食べて次のような変化を起こす。
  - 糖（グルコースなど）→ アルコール（エタノール）＋ 二酸化炭素＋ 熱。

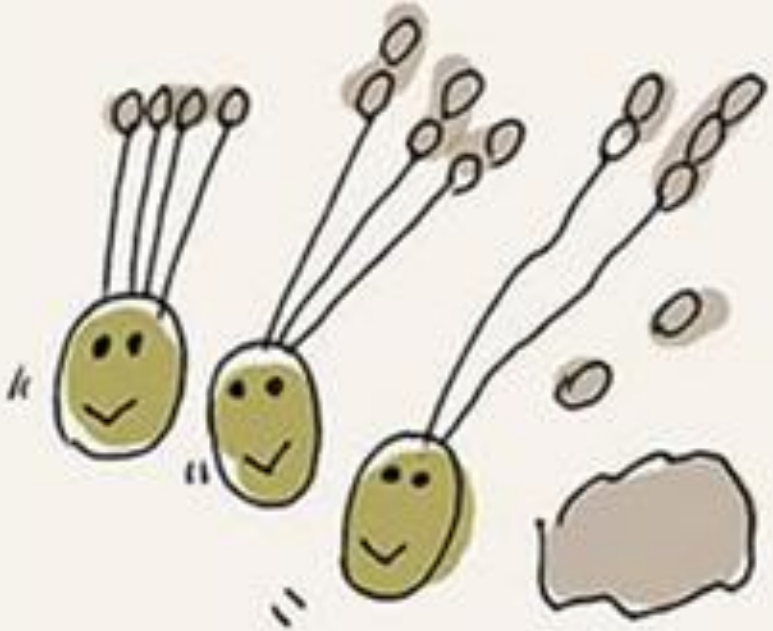
    この反応を「アルコール発酵」と呼ぶ。

微生物のなかまたち

発酵を促す微生物は大きく「カビ」「酵母」「細菌」の3つに分けられます。カビの胞子や酵母、細菌の細胞は、いずれも10μm(マイクロメートル)以下と小さく、目には見えませんが、彼らのはたらきなくしては、発酵食品は生まれません。ここでは私たちの身近な発酵を促す微生物である、麹菌・酵母・乳酸菌・酢酸菌・納豆菌について紹介していきます。

カビについて

カビは、さまざまな形態や機能を持つ糸状細胞の微生物。胞子を飛ばして拡散し、菌糸と呼ばれる糸状の細胞を伸ばして広がります。
味噌や醤油などの発酵調味料づくりに欠かせない「麹菌」も実はカビの一種。ほかにブルーチーズで知られる「青カビ」、かつお節をつくる際に使われる「カツオブシカビ」などがあります。



› 麹菌とは?

カビと有効な菌とはどこが違う？

- カビも酵母も「菌類（真菌）」の仲間ですが、**人にとって有害なカビ**と、**発酵などに使われる有用な菌（酵母や麹菌など）**では、性質や働きに明確な違いがあります。

有用な菌の代表例と働き

菌の種類主な働き酵母（こうぼ）アルコール発酵、パンをふくらませる麹菌（こうじきん）デンプンやタンパク質を分解し、うま味を出す乳酸菌酸味を出し、保存性を高める（ヨーグルトなど）

☠️ **有害なカビの注意点**

- **カビ毒（マイコトキシン）**：食中毒や発がん性あり
- **アレルギーの原因**になることもある
- 湿気の多い場所や古い食品で増

まとめ

✅ **カビも酵母も同じ「菌類」ですが、人体にとって有害か有用かで大きく異なります。**
有用な菌は、発酵によって食品を豊かにし、カビの一部は人に害を与えるので注意が必要です。

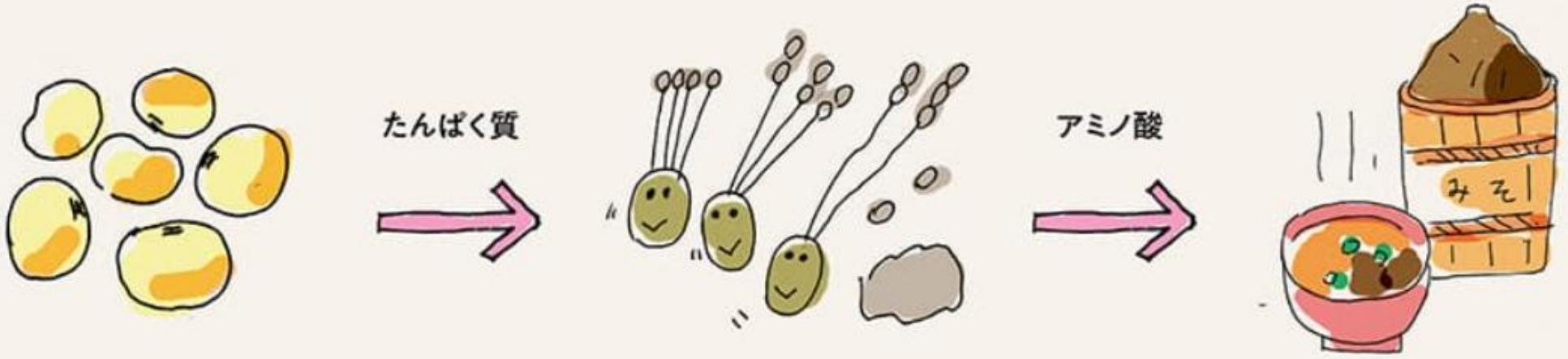
酵母について

酵母は球形や楕円形をした単細胞の微生物。出芽によって増殖します。

酵母はアルコールをつくるときに欠かせない菌で、お酒の種類によって「ビール酵母」「ワイン酵母」「清酒酵母」などがあります。また、パンが膨らむのも酵母（イースト）のはたらきによるものです。

› 酵母とは?

麹菌の発酵の流れ



「麹菌」が大豆に含まれる「たんぱく質」を分解し、「アミノ酸」などをつくると味噌になる。

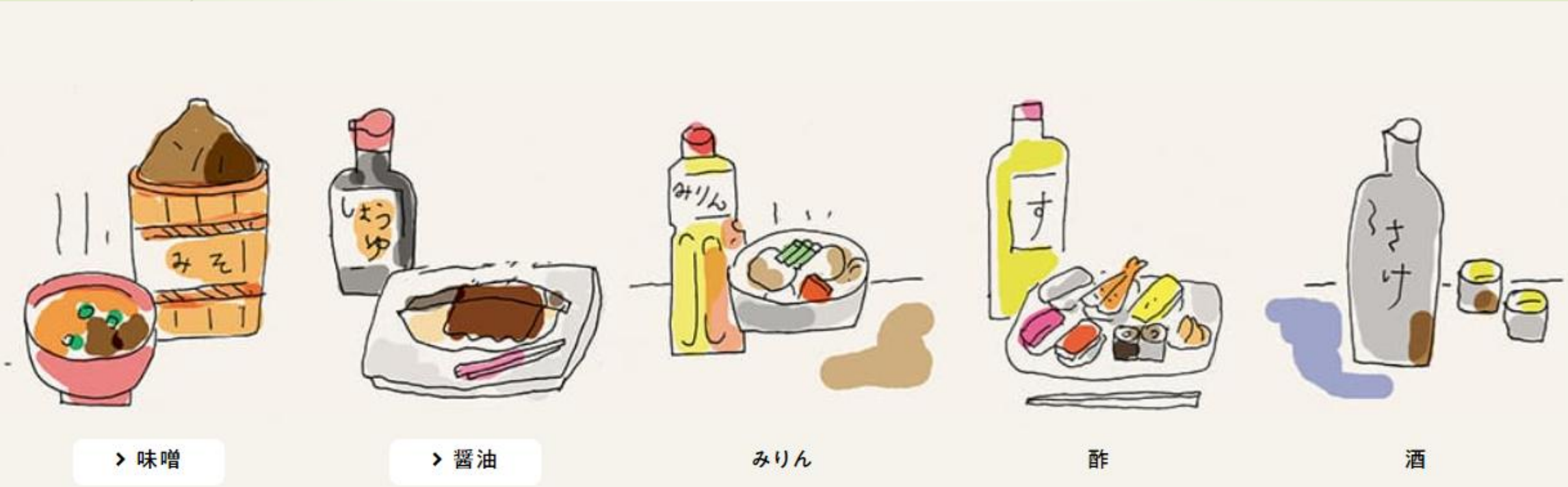
麹菌によってつくられる発酵食品

- 味噌、醤油、みりん、米酢、甘酒、日本酒、焼酎、漬け物など、日本由来の発酵調味料や発酵食品の多くに麹菌が用いられている。麹菌にも種類があり、味噌用・醤油用・清酒用・焼酎用などの用途によって、はたらきの異なる菌（種麹）がある。

- 麹菌はそのまま使うのではなく、お米、麦、大豆などに加えて培養させた「麹」にして使用する。そして、どんな食材（培地）で菌を繁殖させるかによって、「米麹」「麦麹」「大豆麹」と、できあがる麹の種類が変わってくる。

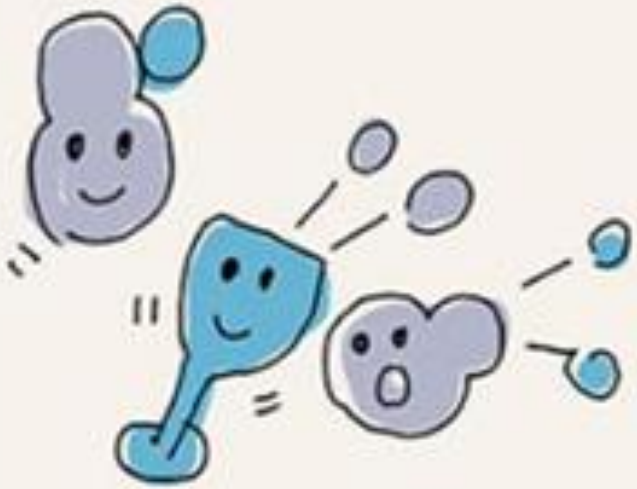
- 例えば、味噌の原料は大豆と麹と塩。煮大豆に米麹と塩を加えると「米味噌」に、米麹の代わりに麦麹を使うと「麦味噌」、大豆麹を使うと「豆味噌」ができる。

麹菌によってつくられる発酵食品



微生物のなかまたち

› 麹菌とは?



› 酵母とは?

› 乳酸菌とは?

発酵のなかまたち

私たちが普段口にしている発酵食品は、食べもの、飲みもの、調味料に分類されます。また、古くから日本でつくられてきた発酵食品もあれば、海外由来のものもあります。

発酵食品

漬け物（ぬか漬け、すぐき漬けなど）、納豆（糸引納豆、塩辛納豆）、鰹節（枯節）、塩辛、豆腐よう、なれずし、くさや、魚の糠漬けなどの保存食、素材のうまみを引き出した食品がある。

› 詳しくはこちら

発酵飲料

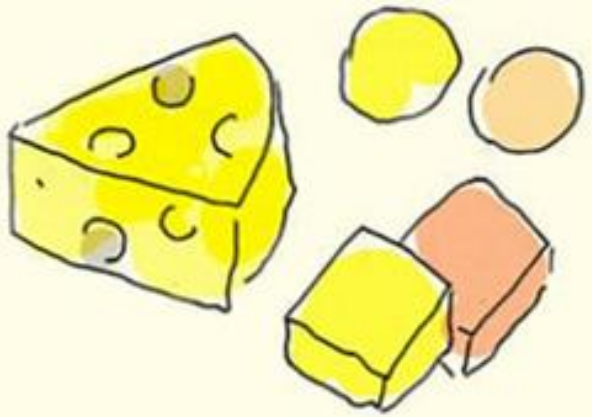
日本酒、ビール、ワイン、焼酎、泡盛、梅酒などのアルコール飲料のほかに、甘酒、お茶（紅茶、烏龍茶、プーアール茶、阿波番茶、碁石茶など）、カルピス®などの乳酸菌飲料がある。

› 詳しくはこちら

発酵調味料

醤油、魚醤（しょっつる、いしる、いかなご醤油など）、味噌、酢、本みりん、麹（塩麹、醤油麹）、酒粕、醤、かんずりなど和食はもちろん、さまざまな料理に使える調味料がある。

› 詳しくはこちら



世界から
日本の食卓に
広がった発酵食品

パン、チーズ、ヨーグルト、発酵バター、チョコレート、キムチ、アンチョビ、生ハム、バルサミコ酢、豆板醤など、現代の日本人の食生活に浸透している海外由来の発酵食品や調味料も多い。

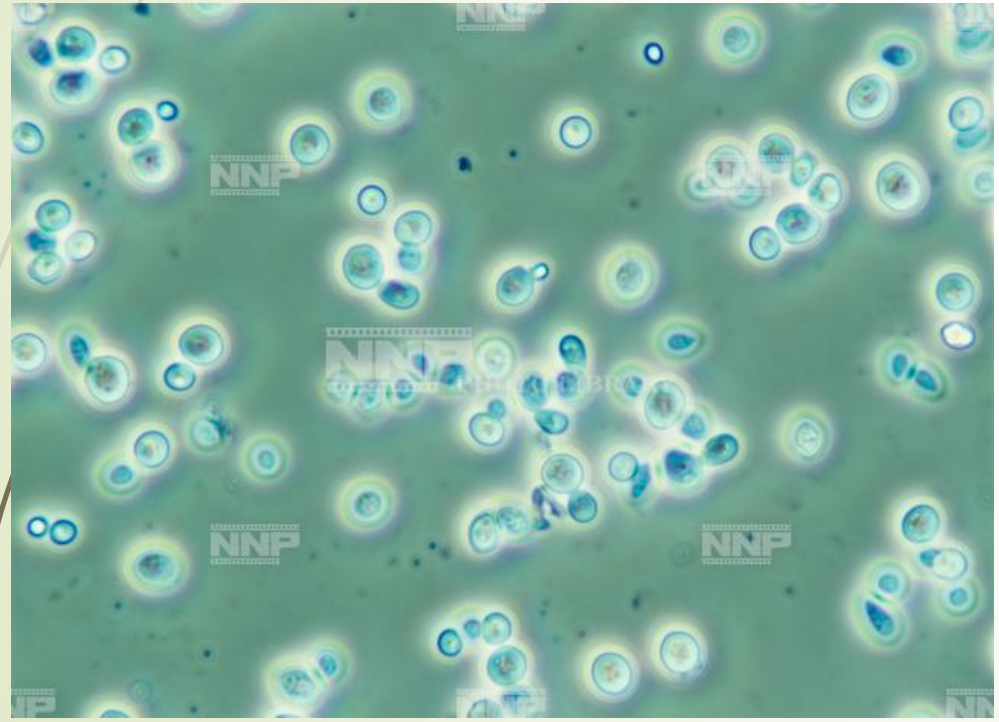
日本各地に
根付く発酵食品

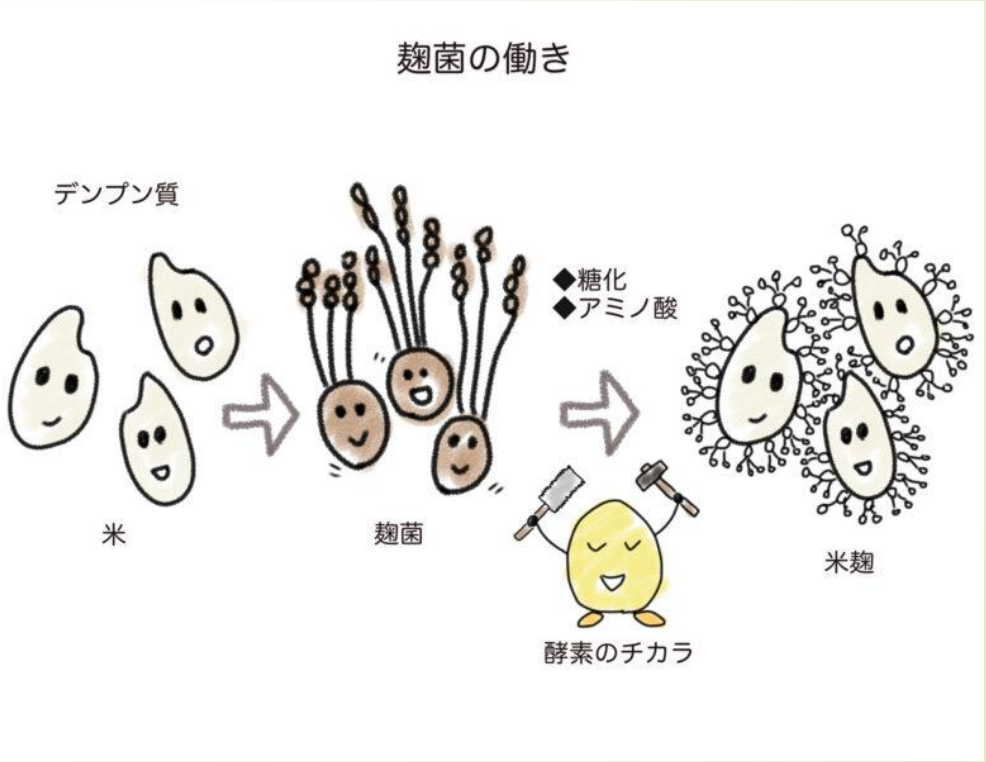
いぶりがっこ（秋田）、くさや（東京・伊豆諸島）、なれずし（滋賀、岐阜、和歌山など）、かぶら寿司（石川）、へしこ（福井）など、発酵食品は地域の伝統食として長く受け継がれている。

発酵に関わる微生物（菌）の大きさ

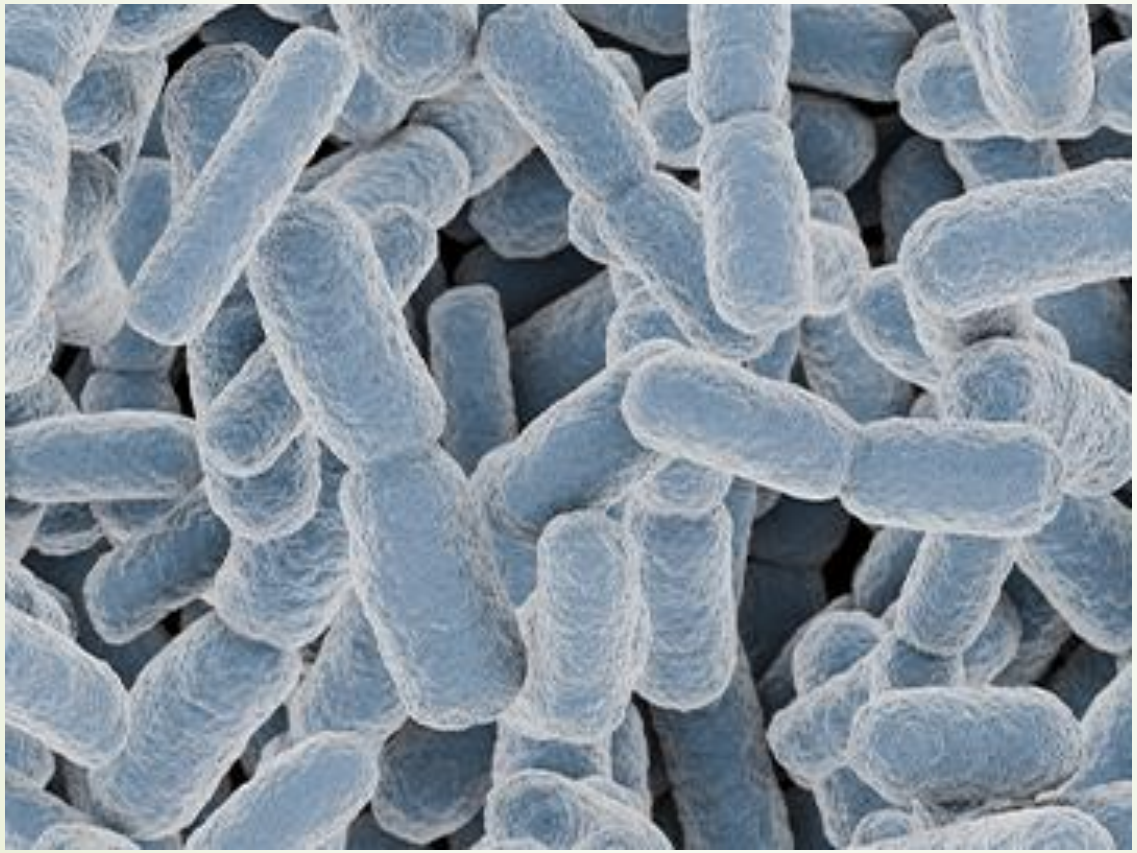
- 酵母菌（例：清酒酵母、パン酵母）
  - 大きさ：およそ 5～10マイクロメートル（μm）
- 特徴：
  - 真核生物で、比較的大きい
  - 単細胞で、発酵中に糖をアルコールと二酸化炭素に分解
- 乳酸菌（例：ラクトバチルス属、ストレプトコッカス属）
  - 大きさ：およそ 0.5～2マイクロメートル（μm）
  - 特徴：細菌（原核生物）で、糖を乳酸に変えるヨーグルトや味噌、漬物などに関与

パンの酵母



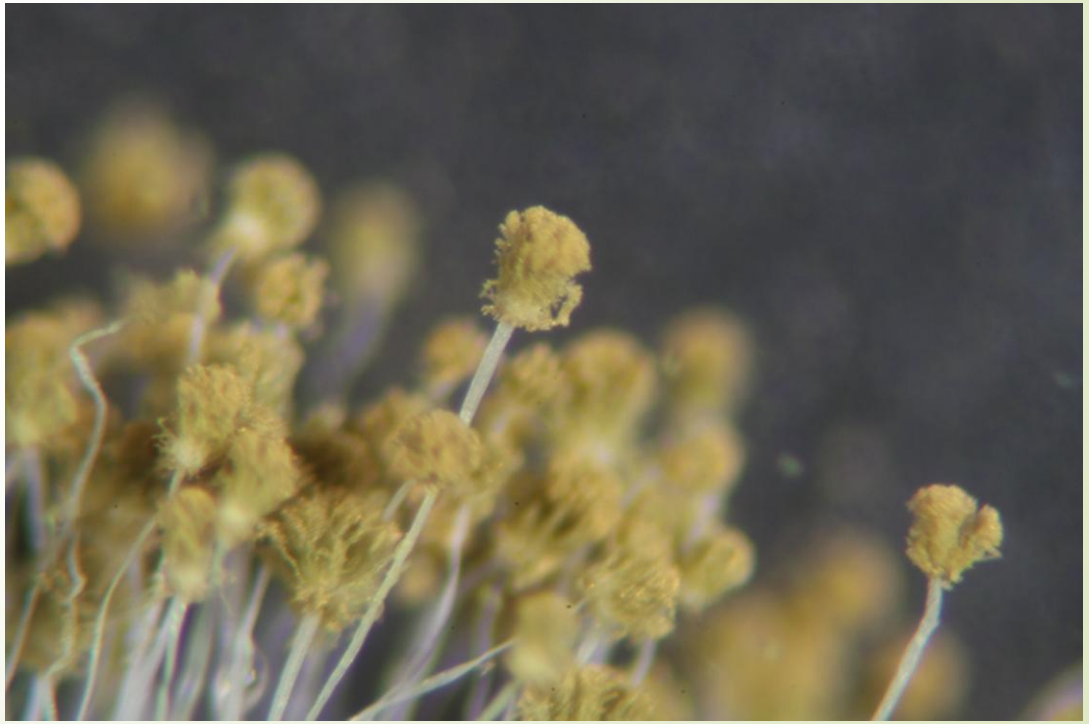


乳酸菌



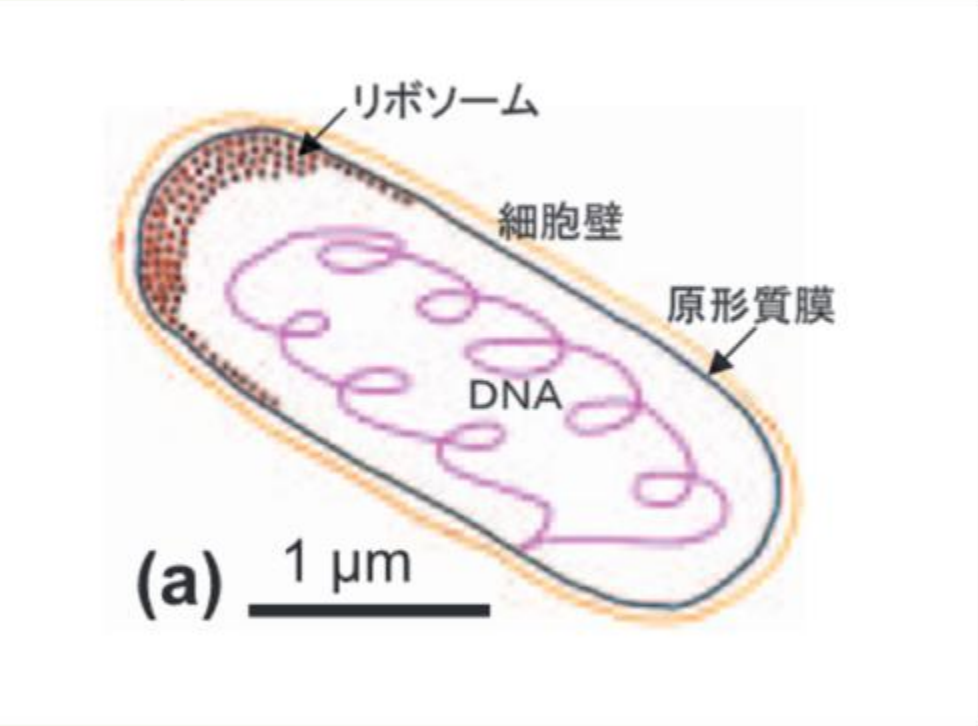
麹菌

顕微鏡写真



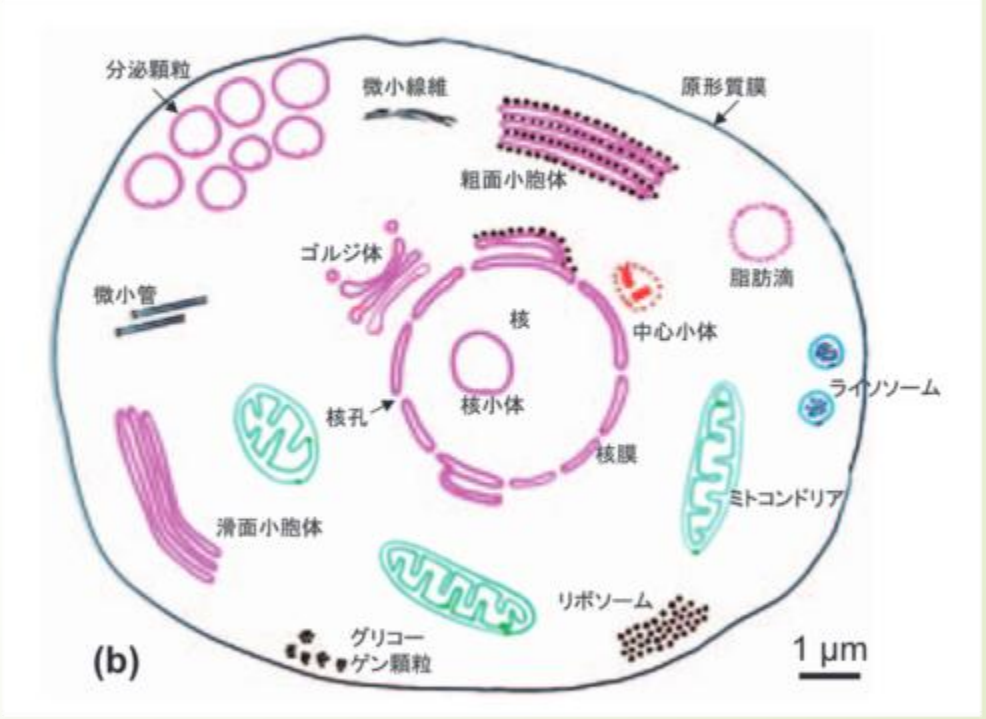
原核細胞と真核細胞

原核細胞(大腸菌)



細胞の構造が膜に包まれた器官が無く非常に簡素

真核細胞(ラットの膵臓)



細胞の構造が膜に包まれた細胞小器官で構成されており非常に複雑

引用：日本顕微鏡学会・最新の研究と技術・原核生物と真核生物の中間の細胞構造をもつ生物の発見・千葉大学・真菌医学研究センター・山口正視著

発酵用菌の例と売られ方

菌の種類	主な製品	形状	生きてる？	保存方法
酵母菌	パン用ドライイースト	粉末	休眠中	常温または冷蔵
乳酸菌	ヨーグルト種菌	フリーズドライ	休眠中	常温または冷蔵
麹菌	米麹（乾燥or生）	固体	生きている	冷蔵または冷凍
納豆菌	市販納豆の大豆	生きている	冷蔵	使用可能

発酵用の菌（酵母菌・乳酸菌・麹菌など）は、きちんと管理された状態で「生きたまま」販売されている

- なぜ菌は「生きたまま」売られているのか？✅
- 【発酵に必要だから】発酵は「生きた菌の活動」によって進む。糖を分解してアルコールや乳酸を作るなど、代謝活動が必要なので、菌が生きていることが条件になる。

菌が生きていられる理由（販売や保管中も）

① 休眠状態にされている

- 多くの菌は、**乾燥・低温・凍結**などにより「代謝を止めた状態（休眠）」にされます。
- たとえば：
  - **ドライイースト**（パン用酵母）→ 乾燥して保存、使用時に水で目覚める
  - **フリーズドライの乳酸菌** → 水分がない状態で休眠、体内や発酵中に復活

低温で保管されている

- 冷蔵や冷凍で菌の活動を極限まで遅くします。
- 麹菌や納豆菌などは、冷蔵庫でしばらく生存可能。

培養されたまま売られる（液体やペースト）

- 一部の製品（日本酒酵母・ヨーグルト用乳酸菌）は、**生きたまま液体やペースト状で**提供されます。
- 使用直前まで冷蔵保存し、発酵の場に投入されます。

死んだ菌はどうなるの？

- 菌が死んでも、酵素や栄養源としての効果は一部残ります
  （整腸効果など）。
- しかし発酵を起こすことはできません。

ビオフェルミン

- **ビオフェルミン＝生きた善玉菌製剤（プロバイオティクス）**
- 腸内で乳酸・酢酸を作り、整腸効果を発揮
- 日常用・抗生物質用・ガス対策用と種類あり、目的に応じて使い分けOK
- 比較的安全で、小児～高齢者まで幅広く使われます

ビオフェルミンの正体は「乳酸菌」

菌の名前	種類	特徴
ビフィズス菌（Bifidobacterium）	腸内善玉菌の代表	大腸で乳酸と酢酸をつくる
ラクトバチルス属菌（Lactobacillus）	乳酸菌	小腸で乳酸をつくる
エンテロコッカス属菌（Enterococcus faecalisなど）	乳酸球菌	腸内の環境改善に寄与

酵母と乳酸菌の違い

ビオフェルミンは酵母ではありません。

比較項目	酵母	乳酸菌（ビオフェルミン）
分類	真核生物（菌類）	原核生物（細菌）
主な働き	アルコール発酵（パン、酒）	乳酸発酵（整腸）
大きさ	約5～10μm（大きい）	約0.5～2μm（小さい）
生息場所	空気中・土壌・果物など	人の腸内・ヨーグルトなど

どう作用する？

1. **生きた菌**が腸に届く
2. **菌が増殖して乳酸や酢酸を産生**
3. 腸内を弱酸性に保ち、悪玉菌の増殖を抑制
4. **腸内フローラのバランスを改善** → 便通異常やお腹の張りを軽減

抗生物質使用時には、耐性乳酸菌が腸内でしっかり働き続け、薬剤による副作用も防ぎやすくなります

使用される場面

1. 軟便、下痢、便秘、お腹の張りの緩和
2. 抗生物質服用による腸内環境の乱れの予防
3. 過敏性腸症候群（IBS）改善にも効果が期待され、実際に臨床使用されています

ガスが発生する理由

- 腸内では、以下のような微生物の活動によりガスが生じます：
  - ▶ 発酵食物繊維や糖質（オリゴ糖など）を腸内細菌が分解水素、CO_2、メタンが発生
  - ▶ 腐敗タンパク質やアミノ酸を分解硫化水素、アンモニア、インドール、スカトールなどが出て臭いの原因になる 💡
- おならの臭いが強くなる理由
  - 肉類を多く摂取 → タンパク質が腐敗しやすくなり、硫化物が増加（悪臭の原因）
  - 食物繊維を多く摂取 → 発酵によるガス量は増えるが、臭いは比較的少ない
  - 腸内フローラの乱れ → 有害菌が増えるとガスや臭いも強くなる

おなら（腸内ガス）の主な成分

成分名	割合（目安）	特徴
窒素（N_2）	約20～90%	飲み込んだ空気に由来
水素（H_2）	約0～50%	腸内細菌による発酵で発生
二酸化炭素（CO_2）	約10～30%	発酵や呼吸により発生
メタン（CH_4）	約0～10%	一部の人のみ（メタン生成菌）
酸素（O_2）	少量	空気に由来
硫化水素（H_2S）など	ごく微量	臭いの元（腐敗臭・卵の腐ったにお

酵母菌などは、植物ですか、それとも動物ですか？

- 母菌（こうぼきん）は、**植物でも動物でもなく「真菌（しんきん）」**という別の分類に属します。つまり、「菌類（きんるい）」の仲間です。
- 詳しく説明すると：分類上の位置づけ：酵母菌は「真核生物」に属し、その中で「菌界（Fungi）」に分類されます。
- これはカビやキノコと同じグループです。
  動物と違う点：酵母菌は細胞壁を持っていて、自分で動くことはありません。また光や音などへの反応も限られています。
- 植物と違う点：植物のように葉緑体を持っておらず、光合成もしません。栄養は他の有機物を分解して吸収する「従属栄養生物」です。
- まとめると：
- ✅ 酵母菌は「菌類」＝植物でも動物でもない、独立した生き物のグループです。
  たとえば、パンや酒、味噌の発酵に使われる酵母菌は「微生物の真菌」の一種として重要な役割を担っています。

酵母の働くメカニズム（アルコール発酵の場合）

① 糖を取り込む

酵母は周囲にある**ブドウ糖や果糖などの糖分**を細胞内に取り込みます。

② 解糖系（かいとうけい）で糖を分解

糖を分解して**ピルビン酸**を作り、その過程で少しのエネルギー（ATP）を得ます。

③ 酸素がない（嫌気的）条件での発酵

酵母は酸素が少ない環境では、ピルビン酸から次のような反応を起こします：

酵母が働く場面の例

用途発酵の働きパン作り酵母が糖を食べてCO_2を出し、生地をふくらませる日本酒やワイン酵母が糖をアルコールに変える味噌や醤油酵母がうま味成分や香りを作る

◆ **酵母が働くには？**

- **温度**：25～35℃が最適（種類により異なる）
- **糖分**：発酵のエネルギー源

酸素の有無：酸素があると呼吸、少ないと発酵

まとめ：

酵母は糖を分解して、**エネルギー・アルコール・二酸化炭素**を生み出す微生物です。この「発酵」の働きによって、パン・酒・味噌などが作られます。

① 酵母はどうやって増えるのか（酵母の増殖）
酵母は真核生物の単細胞生物で、主に「出芽（しゅつが）」という方法で増殖する。

出芽とは？母細胞の一部がふくらんで「芽」を出し、それがだんだん大きくなって娘細胞になる。
母細胞と娘細胞は、最初はくっついているが、成長すると分離する。

麹菌の生産

純粋培養（もとになる麹菌を育てる）

- 雑菌が入らないようにクリーンな環境で行う。
- 培養には米ぬか、小麦ふすまなどの栄養源を使用。

胞子の採取

- 増殖した麹菌から「胞子（ほうし）」を収穫する。
- これを「**種麹（たねこうじ）**」として販売または使用。

③ 種麹を使った麹づくり

- 蒸した米などに種麹をまぶし、**温度・湿度を管理した室（麹室）で2日～3日育てる。**
- この工程で「米麹」「麦麹」「豆麹」などができます。

麹菌（種麹）の保管

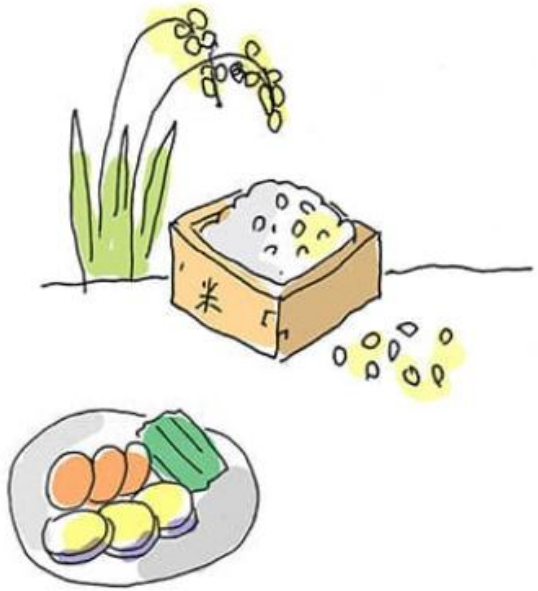
条件	説明
温度	5℃以下の冷蔵が理想（冷凍も可）
湿度	湿気を避けて乾燥状態を保つ（カビや劣化防止）
容器	密閉容器（ガラス瓶・チャック付き袋）などで遮光・防湿
保存期間	通常は6か月～1年以内に使用推奨（品質が劣化する）

HAKKO! STUDY.

発酵にまつわる基本的な情報。

発酵食品の分類と微生物について解説。

ゆたかな 食文化を支える さまざまな 発酵・発酵食品



発酵とは、微生物（乳酸菌、麹菌、酵母など）のはたらきによって食物が変化し、人間にとって有益に作用すること。反対に、有害な場合は腐敗となります。発酵は食物のおいしさや栄養価、保存性を高めるだけでなく、腸内環境の改善や抗酸化作用など、健康効果をもたらします。

› 発酵のなかまたち

› 微生物のなかまたち

› 発酵のぎもん

酒の発酵

- 糖を酵母が分解して、アルコールと炭酸ガスを作る
- 原料に含まれる糖が必要
  - 酵母がアルコールを作るためには、「糖」が必要。
  - ワインは「ブドウの糖分」をそのまま使う。
  - 日本酒やビールは、「米や麦などのデンプン」を糖に変えてから使う。
- 酵母が糖を分解する
  - 酵母（しゅどうこうぼ）は、糖を食べて次のような変化を起こす。
  - 糖（グルコースなど） → アルコール（エタノール） + 二酸化炭素 + 熱。
    この反応を「アルコール発酵」と呼ぶ。

酒の種類ごとの発酵の違い

- ワイン：単発酵（糖だけを発酵）
  - 原料：ブドウ（果実）
  - ブドウには糖がすでにあるので、そのまま酵母を入れて発酵
  - 酵母：ワイン酵母
  - 糖 → アルコール（10～15%）

- ビール：単行複発酵（糖化と発酵を別々に）
  - 原料：麦芽（ばくが、麦の芽）、ホップ
  - 麦のデンプンを糖にする「糖化」→ その後、酵母で発酵
  - 酵母：エール酵母やラガー酵母
  - デンプン → 糖（糖化）→ アルコール（発酵）

酒の種類ごとの発酵の違い

- 日本酒：並行複発酵（糖化と発酵が同時進行）
  - 原料：米、水、麹菌、
  - 酵母麹菌が米のデンプンを糖に変え、同時に酵母がアルコールにする
  - この複雑な工程により、高アルコール（15～17%）を実現
  - 麹菌：デンプン → 糖
  - 酵母：糖 → アルコール

発酵にかかわる主な微生物

微生物	はたらき
酵母菌	糖からアルコールを作る
麹菌（こうじきん）	米や麦のデンプンを糖に分解
乳酸菌（副次的に）	雑菌の繁殖を防ぎ、うま味を加えることもある

ワイン：単発酵

- ブドウ（糖分を含む果汁）→（酵母で発酵）→

  → アルコール + 二酸化炭素

- 糖がもともと含まれているので、すぐにアルコール発酵ができる

日本酒：並行複発酵

- 米（でんぷん）→（麹菌で糖化）→
  → 糖（グルコースなど）→
  → アルコール + 二酸化炭素

- 糖化と発酵が同時に起こるのが特徴
  （高度な技術）

まとめ

ポイント	日本酒	ワイン
発酵の種類	並行複発酵（糖化と発酵が同時）	単発酵（糖から発酵）
難しさ	高度な技術が必要	比較的単純
味の特徴	うま味とコクが深い	フルーティで酸味がある

ヨーグルトの作り方

材料	牛乳…500ml
	ヨーグルト…大さじ2
準備物	フタ付き保存容器
	スプーン
	炊飯器

保存容器に牛乳とヨーグルトを入れスプーンでよく混ぜ、フタをする

ヨーグルトはプレーンのものを使用すること

低脂肪ヨーグルトでも大丈夫

加糖や味付きは不向き

混ぜる時は清潔なスプーンを使おう

40°Cのお湯を炊飯器の7分目まで注ぎ、炊飯器のふたを開けたまま保存容器ごと入れ、保存ボタンを押し、6～7時間置おく。

炊飯器に入れている間は固まりづらくなるのであまり動かさないようする。また炊飯器内の温度が45度以上になると乳酸菌が生育しないため45度を保つようにする。

やさしく揺らしてみて固まっていれば完成。

できたては通常のヨーグルトより柔らかい。
冷蔵庫で冷やすと硬くなる

- ヨーグルトは乳酸菌による発酵で作られる。
- 乳酸菌は腸内環境を整える働きのある微生物で、牛乳の中で生育する時に乳酸を作る。
- 乳酸は牛乳のpHを下げ、このため牛乳タンパク質が酸性に変化し、牛乳が凝固する。
- この時に乳酸菌は、牛乳の中に多くの乳糖を餌として取り込んで分解する。
- そのためヨーグルトに含まれる乳糖は、牛乳に比べて少なくなる。
- 牛乳を飲むとお腹がゴロゴロしたり、お腹がゆるくなったりする人も、ヨーグルトではその現象が軽減する。

楽しみ方

フルーツやジャム蜂蜜などと合わせて食べても美味しいヨーグルト。
今回はスムージーにして楽しむ。

ヨーグルト50g、甘酒150g、凍らせたブルーベリー（適量）、生姜（適量）、レモンスライス（１枚）をミキサーにかければ、「ブルーベリーヨーグルトトムスムージー」の出来上がり。
ヨーグルトの酸味に甘酒のほんのりとした甘さ、ブルーベリーと生姜、レモンがさわやかさをプラスしている。
ヨーグルトはどんなフルーツとも相性が良いので、お好みのフルーツで試してみて？

発酵とは、どんなこと？

おわり

吉岡　芳夫