

ヒトは何を食べてヒトになったか（5）

—発酵 1—

吉田信威

1. 発酵とは

- ・発酵とは、微生物が嫌気条件下でエネルギーを得るために有機化合物を酸化して、アルコール、有機酸、二酸化炭素などを生成する過程のこと。
- ・広義には微生物を利用して、食品を製造したり、有機化合物を工業的に製造することをいう。

2. 発酵と腐敗（共通点と違い）

- ・「腐敗」、「発酵」いずれも微生物の働きにより、食品等の有機質が分解される過程。
- ・いずれの場合もその過程で素材の性質が変化し、また各種の生成物等が生じる。

発酵：食味向上、芳香、栄養価向上等、食品としての価値を向上させる→人にとって「有用」

腐敗：悪臭、不味、有毒・有害物質の生成等、食品としての価値を損ねる

3. 発酵食品とは

食材を微生物等の作用で発酵させることにより加工した食品。

発酵させる目的

- ・食品の保存

増殖した微生物が生成したに酸・アルコール等の抗菌性物質よる抗菌作用

物理的性質、化学的性質の改変・改善

- ・風味の向上（よりおいしいものになる）

4. 発酵食品の種類

① パン

パン（食パン、バゲット、黒パン 等）

ナン（インド） ピタ（アラブ圏）

マントウ（饅頭、中国の蒸しパン）

バオズ（包子、中国・中に具が入っているもの） 等

原料は小麦粉（ライ麦粉を使ったり、副次的に小麦粉以外の穀粉、豆粉等を混ぜる場合もある）
酵母（イースト）の働きで生じた二酸化炭素により膨らませる。

② 野菜漬け物

塩漬け、ぬか漬け（味噌漬け、粕漬け）
キムチ、ザーサイ、ザワークラウト、ピクルス（元来は…）

材料は葉菜類、根菜類、果菜類 等
塩分と乳酸菌が生産する乳酸の働きにより野菜を保存

③ 納豆類

納豆、キネマ（ネパール）、テンペ（インドネシア） 等

煮た（あるいは蒸した）大豆に納豆菌（納豆、キネマ）や クモノスカビ（テンペ）を繁殖させて発酵させたもの。

④ 塩辛

塩辛、アンチョビ

魚介類の身や内臓などを塩漬けにし、素材自体の持つ酵素及び微生物によって発酵させ、高濃度の食塩により保存性を高めたもの。
かつては動物の肉を材料とする塩辛もあった（肉醬）
魚介類の塩辛から魚醬が派生した。

⑤ なれずし

ハタハタずし（秋田）、かぶらずし（ブリ：石川県）、
あゆずし（岐阜）、へしこなれずし（福井）、
鮎ずし（滋賀・琵琶湖周辺）、サバのなれずし（和歌山） 等

主に魚を塩と米飯で乳酸発酵させた食品
東南アジア～東アジア（日本、中国）で発達したが、中国ではその後、廃れた。
日本でも現状では地域の伝統食として残るのみで、広く食される状況にはない。

⑥ その他魚加工品(発酵させたもの)

・ 鯉節

カビ付けにより乾燥促進、旨味成分（アミノ酸）増加、脂肪分解（カツオブシカビ＝コウジカビの近縁種）

- ・くさや
ムロアジ類等の魚を、「くさや液」（くさや汁）と呼ばれる浸け汁に8～20時間ほど浸けた後、天日に1～2日ほど干す。
- ・河豚の卵巣の糠漬け
石川県で作られる
ゴマフグの卵巣を1年～1年半塩蔵した後、水洗いする。そして糠、米麴、唐辛子とともに漬けられる。半年ないし1年ほど糠漬けされた卵巣はテトロドトキシンの含有量を調べた後、出荷される。
類似したものに河豚の卵巣の粕漬け（新潟県佐渡市）、塩や酒かすに漬け込んで毒を抜いた珍味「福のこ」（福井県高浜町）がある。
- ・ホンオフエ
韓国：エイの切り身を発酵させたもの。強烈なアンモニア臭。
- ・シュールストレミング
スウェーデン：塩漬け発酵ニシンの缶詰（加熱滅菌していない）
世界で最も臭いの強い食べ物とされる。開缶は屋外で行うことが推奨されている。

⑦ 酪農製品

ヨーグルト、チーズ、バター（発酵バター）、酸乳、馬乳酒 等

主にヨーロッパで「乳」の保存方法として発展した。
馬乳酒はモンゴルから中央アジア～西アジアの一部で 飲用されている。（乳糖の酵母によるアルコール発酵）

⑧ 肉

- ・一部のハム・ソーセージ（主にヨーロッパ）
（現在では日本で市販されている多くのハム・ソーセージは発酵過程を経ない）
- ・火腿（中国、豚の骨付きもも肉を塩漬け乾燥させた生ハム類似の食肉製品。そのまま食するのではなく、料理の味出しの使い方一般的。炒め物、蒸し物などあらゆる料理に使う他、上湯（シャンタン、中国の高級スープ）の素材として欠かせない。）
- ・かつての日本では鹿等の肉を材料とし、塩辛（肉醬）を作った。

⑨ 加工食品を更に発酵させたもの

豆腐餛 (沖縄)、腐乳・臭豆腐 (中国)

いずれも豆腐に麹菌を接種し、発酵させたり (豆腐餛・腐乳)、ケカビあるいは納豆菌と酪酸菌によって発酵させた漬け汁に漬けて (臭豆腐) 作る。

⑩ 発酵調味料

味噌・醤油、魚醤、中国・韓国の各種醤 (ジャン) 類、醸造酢

大豆と米麴及び塩を材料として (味噌・醤油)、あるいは魚介類と塩を原料とした (魚醤) 調味料
穀類、豆類、香辛料等を原料として発酵させた調味料 (中国・韓国の各種醤 (ジャン) 類)

⑪ 茶 (後発酵茶)

「茶」の世界で言う「発酵」とは茶葉自体に含まれる酵素による茶葉の変化を指し、微生物による発酵ではない。(後発酵茶を除く)

- ・ 日本茶は不発酵茶
- ・ 紅茶、ウーロン茶等は発酵茶とされるが、これは酵素による熟成であり、微生物による発酵ではない。
- ・ 後発酵茶 (中国では「黒茶」という) は微生物による発酵を行って作られた茶

普洱茶 (プーアル茶) のうち熟茶

普洱茶のうち、「生茶」はカビ付けせず、長期熟成させる。

「熟茶」はカビによる発酵により作られる。「熟茶」には脂肪分解作用があるとされる。一般によく知られている「プーアル茶」は熟茶の方である。

磚茶 (だんちゃ: 紅茶または緑茶を蒸して型に入れ、干し固め、麴を植え付けて熟成させる) ~ 遣唐使により日本に伝来
阿波番茶 (徳島県)、碁石茶 (高知県)

⑫ 酒

醸造酒

- a. 糖分を含む果実をアルコール発酵させる。

ワイン

- b. デンプンを麦芽で糖化しアルコール発酵させる。

ビール

c. デンプンをコウジカビ（又はクモノスカビ）で糖化し、アルコール発酵させる。

日本酒、紹興酒

d. その他

馬乳酒

蒸留酒

上記発酵酒のいずれかの方法で醸造したものを蒸留する。

ブランデー (a)、ウイスキー (b)、焼酎・泡盛 (c)、

アルヒ (d)

⑬ 甘味飲料類

・甘酒

米こうじと米より作るもの、及び酒粕を原料とするものがある。酒という名がつくものの、アルコール含有はわずかで、市販されている商品はソフトドリンク（アルコール度数1%未満）に分類される。

a. 米こうじと米より作るもの

かつては主に夏に売られ、俳句において夏の季語となっている。夏バテを防ぐ意味合いもあり、栄養豊富な甘酒は体力回復に効果的な、いわば「夏の栄養ドリンク」として、江戸時代には夏の風物詩だった。

米から粥を炊き、米こうじを混合・攪拌し12時間程度かけてコウジカビ由来の酵素（アミラーゼ）によってデンプンを糖化することで甘酒ができる。

b. 酒粕より作るもの

酒粕に砂糖を加えて煮溶かす。酒粕に含まれるアルコール分も多くは調理加熱中に蒸散する。

⑭ 食品加工の下処理としての発酵

・カカオ

カカオの実（カカオポッド）から果肉と共に種子を取り出し、発酵させる。これを乾燥させ、種子を選別する。この発酵により、種子の発芽能力を失活させるとともに、種子内に香味の前駆体を生成する。

・バニラ

種子を含んだ種子鞘ごと発酵・乾燥を繰り返す「キュアリング」を

行うことによって香料成分（バニリン等）が生成される。

5. 発酵に関わる微生物

- ・酵母
パン、酒（アルコール発酵）
- ・コウジカビ（麹菌）
日本酒・焼酎、醤油・味噌、甘酒等（デンプンの糖化）
鯉節（カツオブシカビ～コウジカビの一種）
- ・クモノスカビ
酒（中国、東南アジア）（デンプンの糖化）、テンペ（インドネシア）
- ・乳酸菌
ヨーグルト、チーズ、漬け物
- ・納豆菌
納豆、一部の臭豆腐
- ・その他（酢酸菌、ケカビ、酪酸菌）
酢（酢酸菌）、一部の臭豆腐（ケカビ、酪酸菌）

① 酵母

広義には生活環の一定期間において栄養体が単細胞性を示す真菌類の総称である。

（真菌類＝一般にキノコ・カビ・酵母と呼ばれる生物の総称）

狭義には、食品などに用いられて馴染みのある出芽酵母の一種

Saccharomyces cerevisiae を差し、一般にはこちらの意味で使われることが多い。

狭義の酵母は、発酵に用いられるなど食品産業上重要であり、遺伝子工学の主要な研究対象の1つでもある。

パン酵母、清酒酵母、ビール酵母、ワイン酵母は、いずれも *S. cerevisiae* の亜種である。

エネルギー源・炭素源として水溶性糖類を必要とする。（デンプンは利用できない）

自然界では果物の表面や樹液などさまざまな場所に生育している。

② コウジカビ（麹菌）

コウジカビはアスペルギルス (*Aspergillus*) 属に分類されるごく普通の不完全菌の一群である。

(不完全菌＝子のう菌・担子菌の仲間で、有性生殖を営むステージが未発見で分類学的な位置がよくわからないもの)

増殖するために菌糸の先端からデンプンやタンパク質などを分解する様々な酵素を生産・放出し、培地である蒸米等のデンプンやタンパク質を分解し、生成するグルコースやアミノ酸を栄養源として増殖する。発酵食品の製造に利用される一方で、コウジカビの仲間にはヒトに感染して病気を起こすものや、食品に生えたときにマイコトキシン（カビ毒）を産生するものがある。

醤油・味噌・日本酒等の醸造において蒸し米等のデンプンを糖化させるのに用いられる。

日本の「**国菌**」に指定されている。

③ クモノスカビ

湿った有機物表面に出現する、ごく普通のカビである。腐生菌であり、空中雑菌として出現することも多い。後述するケカビと近縁である。日本以外のアジア全域において、紹興酒などの酒の醸造で麴に用いられたり、インドネシアでは茹でた大豆に生やしてテンペという食品にする例がある。

④ 乳酸菌

乳酸菌とは代謝により乳酸を産生する細菌類の総称。

ラクトバシラス目に属するものが多いが、他に放線菌門に属するものもある。

・ラクトバシラス目に属するもの

ラクトバシラス属 (**Lactobacillus**)

ヨーグルト製造、乳飲料「ヤクルト」

日本酒製造の際の「火落ち菌」

ヒトや動物の消化管にも多く生息

エンテロコッカス属 (**Enterococcus**)

人間の腸管内に生息、整腸薬

ラクトコッカス属 (**Lactococcus**)

発酵乳、カスピ海ヨーグルト

グラム陽性菌の成長を抑え、食品の寿命を延ばすためにプロセスチーズや肉、飲料等の製造に用いられる。

ペディオコッカス属 (**Pediococcus**)

ピクルスなどの植物性発酵食品から分離されることが多い。

リユーコノストック属 (*Leuconostoc*)

ザワークラウトなどの植物性発酵食品に見られる。

ストレプトコッカス属 (レンサ球菌属) (*Streptococcus*)

ヨーグルト (例えばブルガリアヨーグルト) の製造に利用されている。

・放線菌門に属するもの

ビフィドバクテリウム属 (*Bifidobacterium*)

俗にビフィズス菌とも呼ばれる。乳児のうち特に母乳栄養児の消化管内において最も数が多い消化管常在菌。

耐塩性乳酸菌 (好塩性乳酸菌) の一部 (*Pediococcus halophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Tetracoccus* sp., *Pediococcus acidilactici* など) は、醤油、味噌、魚醤などの良好な発酵に関わり重要な働きをしているが、一部の耐塩性乳酸菌 (*Lactobacillus fructivorans*) は変敗 (食品等が変質し食用に適さない状態となる事) させる事もある。

⑤ 納豆菌

枯草菌の一種である。土壌や植物に普遍的に存在する。日本産の稲の藁 1 本に、ほぼ 1000 万個の納豆菌が芽胞の状態が付着している。納豆菌の芽胞は高い耐熱性を持つため、納豆菌が付着した稲わらを煮沸しても生き残る。

高いタンパク質分解能力を持つ。代表的な産生物質は、ナットウキナーゼ、ビタミン K2、アミノ酸類等である。

業務用あるいは家庭用に納豆菌を増殖し、芽胞を販売する業者も存在する。

宮城野納豆製造所

成瀬醗酵化学研究所

高橋祐蔵研究所

⑥ その他

酢酸菌

エチルアルコールを酸化発酵して酢酸を生産する好気性細菌の総称。

アセトバクター属 *Acetobacter* と グルコノバクター属

Gluconobacter に大別される。

アセトバクター属の酢酸菌のみを使用する場合と、両者を併用する場合がある。

ケカビ

湿気が多い有機物上に出現する、普遍的に見られるカビ。中国では「臭豆腐」を作るのに用いられる。

酪酸菌

酪酸菌は、酪酸を産生する細菌をいう。

代表的な細菌として *Clostridium butyricum* Prazmowski 1880 が掲げられる。動物の腸内にはもともと存在する菌である。芽胞を製剤化して整腸剤として用いられているものもある。中国ではケカビと共に「臭豆腐」を作るのに用いられる。

6. 発酵食品再考

味の点ではパン等の一部を除き、強くかつ個性的な味のものが多い。加えて臭いも個性的で強烈なものも多い。

このため、民族や地域によりそれぞれ独特な発酵食品が発達、定着した。ある発酵食品は特定の民族・地域でした食されないものも多い。(広まっていけない)

中には同じ地域・民族でも人により好き嫌いが分かれるものもある。(若い人の発酵食品離れ)

また、近年は食の多様化の中で埋没してしまいそうな発酵食品もある。これら発酵食品をどう支えるのか、また広めていくべきなのか地域独特のものとして維持すべきなのか考えていく必要もある。