

紙草心以

●細菌について

古跡 幹人
2021年6月

前回、食中毒の中で発生件数が多く被害者の数も多い、微生物（細菌）由来の食中毒について記述した。今回は、細菌について記す。

私が、大学で受けた「食品衛生微生物学」の初回の講義で、恩師が学生に「細菌は動物か？植物か？どちらと思うか？」と質問をした。そして、数名に回答とその理由を答えさせた。

恩師、曰く「正解は“植物”である。その根拠は、菌という漢字を見ればわかる。菌には草冠がつくので、植物である。」一同大笑い。さらに、「動物と植物の細胞の違いは何か？」と、その質問で、賢明な(?) 私たちは気付いた。細胞壁の存在である。黒板には、細菌と動物の細胞の絵が描かれてあり、「菌」と大きな文字が書かれていた。そう、細菌には細胞壁が有り、動物には無い。初回の講義のこの導入部分は、鮮明に記憶された。

そして私は、会社の食品衛生教育の時に、これを細菌学のネタとして使わせてもらっている。

現在の生物学では、細菌は「植物」・「動物」と別の独立したドメインとして扱い、「細菌は細菌」として、細菌類や菌類を植物として扱わないこともあるので注意が必要である。

微生物は、目に見えないくらいに小さな生物のことを言い、細菌、菌類(酵母、カビ、キノコ等)、微細藻類、原生動物(アメーバ、ゾウリムシ等)などを指す。ウイルスは、生物と非生物の中間と

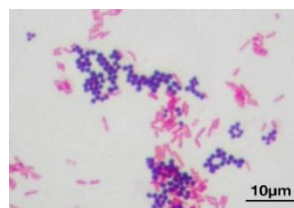
される。細菌は栄養を得て、自分の細胞の中の器官を使って分裂を繰り返して増殖する。ウイルスは更に小さく、細菌の1/10~1/100の大きさ。たんぱく質の外殻、内部に遺伝子を持っただけの単純な構造で、生きた特定の細胞でしか増殖できない。寄生された細胞は死んでしまう。全ての細胞、が死ねばウイルスも死んでしまう。

増殖は、RNA/DNAを送り込んで、自分自身を増殖させていく。ウイルスは、自己増殖が出来ないことが、生物ではないと言われる理由である。

【細菌】

- ・細胞壁の構造の違いによって分類される
(グラム陽性菌、グラム陰性菌)
- ・大きさは1 μ m程度 染色して、1000倍の光学顕微鏡で見ることができる
- ・自己複製能力を持った単細胞生物
- ・水、栄養、適切な環境(温度、酸素)で増殖する(水、栄養、適切な環境が無ければ生息、増殖することができない)

食品は、細菌の栄養源である。原料、製品(半製品)だけでなく、設備・機器に付着した汚れも細菌の栄養源となる。



赤：大腸菌
(グラム陰性菌)
青：黄色ブドウ球菌
(グラム陽性菌)

(Wikipedia より)

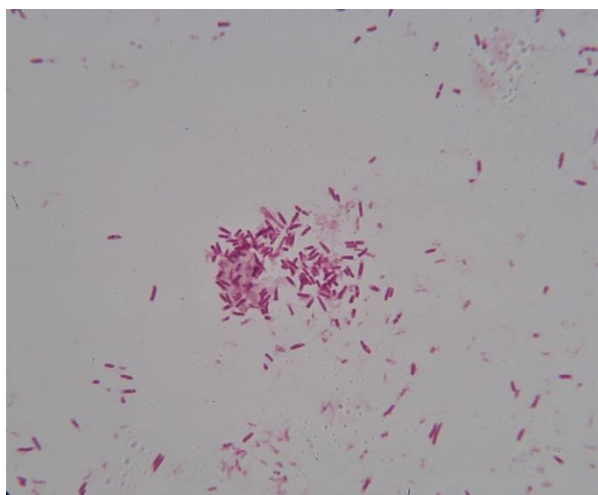
ほとんどの細菌は、10°C~60°Cの範囲で良く増殖する。低温にすることで、増殖速度は遅くなり65°C以上で死滅していく。凍結では死滅せず、冬眠状態となる。

〈至適生育温度による細菌の分類〉

- ・好温菌：至適生育温度が45°C以上、もしくは生育限界温度が55°C以上の細菌。
- ・低温菌：至適生育温度が、低温にある細菌。20°C以下で良く生育する。
- ・中温菌：好温菌と低温菌の中間の温度で生育。
- ・高度好温菌：75°C以上で生育できる細菌。

保温機能のあるランチボックスは、65°C以上を保持できる機能を持っていなければ、飲食するまでに細菌を増殖させてしまうので要注意。

最近の冷蔵技術の発達で、細菌の生育可能温度の低下が見られ、冷蔵保存において細菌の増殖に起因する問題が発生している。従来は、保存温度を10°C以下としていたが、生鮮食品の保存温度については、4°C以下を指定する食品がある。



(大腸菌群：原料より分離)

〈酸素の要求度による細菌の分類〉

・好気性菌：酸素が存在する環境で生育する細菌。酸素要求度に応じて、偏性好気性菌、好気性菌、微好気性菌に分類される。

(例) 腸炎ビブリオ、コレラ菌、セレウス菌 等

・嫌気性菌：酸素が無い環境で生育する細菌。酸素が全く無い環境のみで生育する細菌を、偏性嫌気性菌という。

(例) ボツリヌス菌、ウエルシュ菌 等

・通性嫌気性菌：酸素がある環境(好気状態)でも、酸素が無い環境(嫌気状態)どちらでも生育できる細菌を通性嫌気性菌という。

(例) サルモネラ菌、病原性大腸菌、赤痢菌、エルシニア菌、黄色ブドウ球菌 等

好気状態では、好気呼吸で生育に必要なエネルギーを得て、嫌気状態では発酵又は嫌気呼吸という代謝系で生育に必要なエネルギーを得る。

【細菌の増殖】

細菌は、一つの細胞が二つに分裂して増殖を繰り返す。生育至適条件下では約20~30分で分裂増殖を繰り返す。(世代交代時間: generation time)

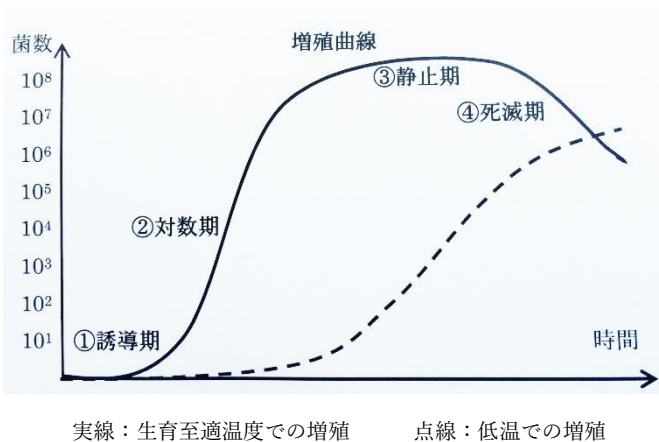
2^{n-1} の数式で表される(最初の0分は $n=1$)
例として、世代交代時間20分の細菌一つの2時間後の菌数を計算してみる。

0分から120分まで、 $n=7$ 答えは 64

もの凄いスピードで増殖していく事が分かる。

更に注意すべき点は、20~30分で突然変異する可能性があるという事である。前述したように、低温に耐性を持つ、又は医薬品に耐性を細菌がいつ現れても不思議ではない。突然変異は遺伝していくので、耐性を持った細菌が増殖しはびこる恐れがある。

細菌の「増殖曲線」を参照しながら、細菌の増殖について説明をする。



- ① 誘導期 (lag phase)：環境に慣れるための期間。
- ② 対数期 (log phase)：細菌が盛んに分裂を開始し増殖を始める期間。最初は緩やかであるが、しだいに速度を増し、対数的に増殖する期間。
- ③ 静止期 (stationary phase)：分裂の速度がしだいに遅くなり静止期へ移行する。細菌の分裂率と死滅率が平衡に達し生菌数が一定となる。
- ④ 死滅期 (death phase)：静止期が一定経過後生菌数は減少する。完全に分裂を停止し、死滅することで細菌数が減少する。

低温（冷蔵保管）でも細菌の増殖は進み、いずれ腐敗する。誘導期を長くすることで、対数期に入るのを遅らせている。図を見ながら、低温保管の有効性を具体的な数値をもって説明する。

低温（点線）の菌数 10^5 に相当する実線（至適生育温度）の菌数を 10^8 とする。

$$10^5 = 100,000 \text{ (10万) 個}$$

$$10^8 = 100,000,000 \text{ (一億) 個 となる。}$$

ここで、単位“個”を“円”に変えてみると、いかがであろうか？

その差は歴然としていることが分かると思う。そして、温度管理の重要性について理解ができる。

前述したように細菌は一つの細胞が分裂を繰り返して増殖していく。これを利用して、平板培地による細菌数の計測をおこなう。細菌は、一つの細胞が一つのコロニー（集落）をつくる（One Cell One Colony）ことで、培地に生育したコロニーを数えれば、細菌数となる。細菌は、目には見えないが、分裂・増殖を繰り返すことでコロニーをつくり、目に見える大きさになる。約14億程度で目に見えるようになる。細菌によっては、独特な形状・色調をもつコロニーを形成するものもある。One Cell One Colonyが基本であるが、菌塊の状態で存在する細菌を培養した場合は、菌塊一つで一つのコロニーを形成する。注意が必要である。工程で細菌数の増加がみられる時の原因として、二次汚染や細菌増殖の他、製造過程で菌塊が分離され、分離された菌が一つの菌としてコロニーを形成する事も視野に入れた方が良い。

【細菌の同定】

分類の第一歩である「グラム染色」と、「形状」による分類を記す。最近では、遺伝子解析で細菌の同定が実施されるが、以前は、グラム染色をして顕微鏡で陰性（赤）・陽性（青）・形状（球、桿）を調べ、次に、糖の分解・酵素・耐酸性・溶血性・運動性などを検査して同定した（次ページ参照）。

・グラム染色による分類

グラム染色後、検鏡して陰性・陽性を判定。

「グラム陰性菌」と「グラム陽性菌」では、細胞壁に大きな違いがあり、この細胞壁の違いは両者が生物的に大きく異なることを表す。

・形状による分類 検鏡して形状を調べる。

- ① 球状：球菌（単一状、連鎖状、ブドウ状）
- ② 桿状：桿菌（長桿状、短桿状、正方形、コマ状、らせん状）

【参考：細菌の同定方法】

〈グラム染色〉（専用の染色液）

青色に染まる：グラム陽性菌

赤色に染まる：グラム陰性菌

形状：球状 桿状

芽胞有：芽胞*形成菌

芽胞無：非芽胞形成菌

※グラム染色の時点で芽胞の形成があれば

この染色で芽胞は着色されないので細胞内の芽胞の存在が分かる

〈運動性〉（柔寒天又はゼラチン培地に穿刺）

濁り有：運動性有 鞭毛又は繊毛を有する

濁り無：運動性無 鞭毛、繊毛を持たない

鞭毛又は繊毛は、染色することで判定可能。

〈酸素要求度〉 好気性菌

通性嫌気性菌

嫌気性菌 など

〈その他の試験〉

糖類の発酵

溶血性

酵素類 カタラーゼ オキシダーゼ 他

耐薬品 酸 アルカリ 薬品 他



（グラム陽性桿菌、芽胞形成有：原料より分離）

食品製造工程の細菌トラブルへの対応において、グラム染色を行い検鏡することで、原因菌の見当をつけることができる。グラム染色と検鏡の結果で分かる食品に関係する細菌の例を下記に記す。

〈グラム陽性桿菌〉

ウエルシュ菌（芽胞形成）：偏性嫌気性

セレウス菌（芽胞形成）：通性嫌気性

バチルス属（芽胞形成）：好気性、通性嫌気性

ボツリヌス菌（芽胞形成）：偏性嫌気性

乳酸桿菌（ラクトバチルス）無芽胞

〈グラム陽性球菌〉

黄色ブドウ球菌

乳酸球菌

〈グラム陰性桿菌〉

腸炎ビブリオ、サルモネラ属、大腸菌群

大腸菌、病原性大腸菌、腸管出血性大腸菌

カンピロバクター

〈グラム陰性球菌〉

食品衛生に関係する細菌はない。病原菌としてグラム陰性球菌の細菌は、淋菌、髄膜炎菌がある。

注) 芽胞の形成は、グラム陽性桿菌に限られる。検鏡時、反する結果を得た場合は再検査を実施する。グラム陽性菌は、新鮮ではないコロニーを使用して染色した場合、赤く染まり判定を誤ることがあるので、染色は新鮮なコロニーを使用する。

【参考：劉の方法】

グラム陽性、陰性だけの調査であれば、3%水酸化カリウム（KOH）を用いた「劉の方法」も有効である。スライドグラスに滴下した3%KOHに1白金耳の細菌を混和する。グラム陽性菌は無反応。グラム陰性菌は糸を引く。