

缶詰と極限環境微生物

松永 藤彦

Pasteurは自然発生説を否定した。彼はフラスコの首を引き延ばしS字に湾曲させ(白鳥の首フラスコ)、次に中の培地を煮沸した。すると空気の入りはあるのに培地が変敗しないことを示した。彼は1861年の報告でこれを「言わば、上出来のアペールの瓶詰めである」と表現している¹⁾。それに先立つ1810年、同じフランス人であるAppertは、瓶詰めに密封して加熱し食品を長期保存する方法を載せた料理本を出版した。缶詰製造原理の発明である²⁾。ナポレオンは早速この発明を戦場携行食に適用した。缶詰製造の原理を発明したAppertがPasteurの報告に登場するのは、容器中の有機物を無菌状態に保つ方法を確認したからだ。ところが、この偉大な2人の業績を脅かしていたかもしれない微生物がいる。極限環境微生物だ。

極限環境微生物は高温、極端なpH、低い水分活性などの極限条件に耐性がある、あるいは、むしろそのような環境を好んで生きている。極限環境微生物の研究発表会に行けば、深海の熱泉や火山地域、塩湖、南極などから分離された微生物の話題が目白押しだ。火星にいる微生物を見つけようという話もある。

人間の日常からはかけ離れた存在に思える極限環境微生物だが、実は我々の身近な食生活に問題を起こすことがある。缶詰、レトルト食品、瓶詰め、ペットボトル入り飲料などの包装食品は日持ちし、微生物による変敗がおこりにくい。その特質から普段の食事だけでなく、災害時の備蓄食料や戦場携行食、宇宙食としても用いられる。ところが、実際には包装食品にも変敗事故はおこっており、その原因はしばしば極限環境微生物なのだ。食品製造における微生物制御要因としては加熱殺菌、pH、水分活性があげられる。極限環境微生物による包装食品の変敗例を順にあげてみよう。

ミルクコーヒー、しるこ、スープなどの製品では、ボツリヌス菌の芽胞(栄養細胞から形態変化したもの)の耐熱性を基準として120℃で4分相当以上の加熱殺菌をすることが食品衛生法で定められている。しかしながら、実際にこれら製品の変敗原因菌として知られている*Geobacillus stearothermophilus*や*Moorella thermoacetica*などの好熱性細菌の芽胞は、特に耐熱性が高く、殺菌のためには121℃で25～250分の加熱処理が必要となる³⁾。不十分な加熱殺菌が原因で芽胞が生き残ると製品中で発芽し栄養細胞となる。これら製品を加温販売すると好熱菌にとって好ましい環境であるから、発芽後の栄養細胞は増殖し変敗事故をおこす。

果汁ジュースなどの製品は酸性環境であり、通常の耐

熱性細菌はpH 3.7未満の酸性環境で生育できないため、一般に果汁製品は100℃未満で加熱殺菌を行うことが多い。しかしながら、好熱性好酸性細菌*Alicyclobacillus acidoterrestris*の芽胞に汚染されると芽胞が加熱殺菌を生き延びてしまい、酸性の果汁中で発芽することのできた栄養細胞が成育し、変敗を引き起こす⁴⁾。

真核生物であるカビも極限環境に対する耐性が強い。水分活性とは食品中で微生物が利用可能な水がどの程度あるかを示す指標であり、純水の飽和蒸気圧に対する食品の飽和蒸気圧の比で示される(純水に近づくほど値が1に近くなる)。糖度が高く水分活性の低い(0.75から0.80程度)ジャムのような食品で普通の細菌は生育することができないが、カビが生育することがある。このように、包装食品はさまざまな性質を持った極限環境微生物に脅かされている。

ところで、そもそも極限環境微生物がなぜ食品中に存在するのか疑問に思われるかもしれない。芽胞形成菌の場合は外的環境に対する安定性をもつ芽胞が塵埃と同様に空气中を移動すると考えられる。実際に、好熱菌にとって生育に適さない環境からも多数の好熱菌が見つかつている⁵⁾。そして、環境に散在する芽胞が食品の原材料や製造環境を通して食品を汚染すると考えられる。事実、好熱性の*G. stearothermophilus*が初めて分離されたのは温泉ではなく変敗コーン缶詰からなのだ。Pasteurの培地やAppertの瓶詰めに極限環境微生物が汚染していたなら自然発生説の寿命が少し延び、また戦場携行食を欠いたナポレオンの敗退が早まっていたかもしれない。

普段われわれの意識に上ることは少ないが、包装食品の製造現場では極限環境微生物と科学技術との勝負が繰り返されている。現代の食品製造現場ではHACCP(hazard analysis and critical control point)などを導入して厳しい衛生管理を行っている。しかし、微生物が持つ遅しさは時に、人間が用意したハードルを楽々と超えてくる。極限環境微生物の多様性や性質を研究し、その遅しさに対抗しうる殺菌方法などを開発していくことが、さらに安全な食品製造技術の確立へとつながるのだ。

- 1) パストゥール：自然発生説の検討、岩波文庫(1970)。
- 2) <http://www.jca-can.or.jp/200anniv/200anniv.htm>
- 3) 松田典彦、藤原 忠：容器詰食品の加熱殺菌(理論および応用)第3版、日本缶詰協会(1993)。
- 4) 宮本敬久ら：清涼飲料水における芽胞菌の危害とその制御、特定非営利活動法人国際生命科学研究機構発行(2011)。
- 5) Zeigler, D. R. et al.: *Microbiology*, **160**, 1 (2014)。