放射線抵抗性菌と食品照射

伊 藤 均*

(1975年 12月 5 日 受 理)

Radioresistant Microorganisms and Food Irradiation

By Hitoshi ITO

I. 放射線抵抗性菌とは

一般に微生物の放射線抵抗性は、細胞が休眠状態にある孢子で強く、細胞が活発に活動している栄養細胞の状態では弱いことが知られている。しかし、栄養細胞の状態でも著しい放射線抵抗性を有するものが例外的に見出されており、これらを放射線抵抗性菌と呼んでいる。微生物は普通10~30万radの照射でほとんど死滅するが、放射線抵抗性菌といわれる微生物は通常100万から200万rad照射してもなお生き残ることができる。放射線抵抗性菌は自然界にはまれにしか存在しないため、近年まであまり調べられていなかった。しかし、食品や医療器具の放射線殺菌に関する研究・開発が進むにつれて関心が高まっており、現在、放射線抵抗性菌に関する研究は微生物学的にも、また放射線利用産業の見地からも重要な課題となっている。

II. 放射線抵抗性菌の分離と分布

これまでに放射線抵抗性菌として分離、発見されたものの中で最も有名なものはマイクロコッカス・ラジオジュランスと呼ばれる細菌で、1956年アメリカの Anderson らによって照射牛肉から分離された。この菌は、一般のマイクロコッカス属の細菌類に比べて10～30倍、休眠状態の細菌に比べて2倍近い放射線抵抗性を有している。同じような抵抗性を有するマイクロコッカスが1963年アメリカの Davis らによってタラの切身から分離されている。また、1971年にはインドの Lewis によりそれ以上に抵抗性の強いマイクロコッカスがボンベードックという魚から分離されている。わが国では1972年国立衛試の小島らがラマのふんよりマイクロコッカス・ラジオプロテオリチカスという放射線抵抗性菌を分離している。また、1971年理研の松山らもラジウム温泉より放射線抵抗性の強いマイ

クロコッカスを分離している。このように、これまでに報告されている放射線抵抗性細菌の大部分はマイクロコッカスのグループに属するものである。放射線抵抗性の強いマイクロコッカスは上記のほかにも自然界に分布しており、筆者らも1969年に無菌動物用飼料から分離した。また、最近1974年にはキノコを人工栽培するためのオガクズ培養基の放射線殺菌を研究している際、200万rad照射された培養基中に増殖してきたマイクロコッカス・ラジオジュランスを分離した。

マイクロコッカス以外の細菌で放射線抵抗性が強いものには、1970年東大農学部¹⁾の矢野らがラジウム温泉から発見したアルスロバクター・ラジオトレランスがある。この菌はこれまでに報告されている細菌の中では最も放射線抵抗性が強く、500万 rad 以上照射しても生き残ることができる。そしてマイクロコッカス属と同じグラム陽性細菌である。また、筆者らは1965年玄米から細菌胞子と同程度に放射線抵抗性の強いシュードモナス・ラジオラという細菌を分離した。一般のシュードモナス類は10万 rad 程度の照射で死滅するが、この菌はその10~20倍ほど抵抗性が強い。そして増殖に必要な栄養源のない飢餓状態でも長期間生存できるという特徴がある。なお、これまでに放射線抵抗性菌として分離されたものはほとんどがグラム陽性菌であるがこの菌はグラム陰性菌であるのが面白い。

このほか黒酵母菌と呼ばれるカビ類の一種ブルリア・ブルランスおよび1972年筆者らが玄米から分離した酵母菌トリコスポロン・オリゼなども放射線抵抗性菌として知られている。これらはいずれもマイクロコッカス・ラジオジュランスと同程度の放射線抵抗性を有している。

* 日本原子力研究所高崎研究所 (Takasaki Radiat. Chem. Res. Establishment, Japan At. Energy Res. Inst.)

第1図 好気的条件下での各種細菌の生存曲線(リン酸緩衝液中)

Ⅲ. 微生物細胞の放射線抵抗性

細胞のもつ機能の中で、放射線によって最も阻害されやすいのは分裂能である。分裂能ひいては殺菌の程度は放射線化学的变化によって観察される結果から予想されるよりはるかに大きいことがわかっている。

放射線の細胞に対する影響が予想外に大きいのは、遺伝形質である DNA や関連物質である RNA が放射線の作用に敏感であり細胞増殖に関連する蛋白質の合成が影響を受けるためである。したがって、ある微生物の細胞が放射線照射の結果死ねとすれば、照射直後すなわち即死ではなく照射直後の細胞分裂またはそれに続く増殖が行われなくなるためであろう。

放射線の殺菌作用が即死的なものでないひとつの証拠に、細胞の修復作用が挙げられる。細胞の中で放射線に最も弱いのは DNA である。DNA の巨大分子の一部分が放射線損傷を受けても、それがただちに細胞死につながるわけではないことが最近判明してきた。細胞内には DNA が放射線損傷を受けても、これを修復する酵素系が存在している。DNA 破壊の修復には、何種類かの酵素が1組となって働くと考えられているが、どんな酵素がどのように修復に関与しているかはまだ明らかにされていない。放射線抵抗性菌では破壊された DNA を修復する能力が強く、これが放射線抵抗

抗性の原因のひとつになっているようである。

また、これまで調べられた放射線抵抗性菌では細胞分裂に要する時間が長いものが多い。一般のシュードモナスに比べシュードモナス・ラジオラでは8倍、マイクロコッカス・ラジオジュランスでは4倍、アルスロバクター・ラジオトレランスでは10倍以上の時間を必要とする。細胞分裂に要する時間が長いということは、放射線で損傷を受けた細胞内の DNA が修復する機会を多く与えられることを意味するものではないかという考え方もある。

放射線抵抗性については、このほか DNA 破壊だけでは説明しきれない他の機構も複雑に関与しているようで、今後の研究が待たれるところである。

いずれにしても、放射線抵抗性の機構が解明されれば、その成果は放射線殺菌の効率化、例えば食品照射における殺菌線量低減化技術の開発のためにも貴重な新知見を提供することとなる。

Ⅳ. 食品照射と放射線抵抗性菌

これまで発見されている放射線抵抗性菌は一般の細菌より増殖速度が遅く、栄養要求性も複雑で、普通の培地では増殖してこないことが多い。しかし食品照射の本命は殺菌による食品の貯蔵性の延長である。とすると食品に存在する微生物の放射線抵抗性ということが殺菌線量を定める要因となる。そこで放射線抵抗性菌は食品照射にとって注目すべき課題である。

また一方では、アメリカの Parisi らが1971年バチルス・プミルスという細菌を用いて行なった実験例にも見られるように、将来は、放射線照射を繰り返すことによって放射線抵抗性の増大した微生物が現われてくる可能性も考えられる。そこで今後は食品の腐敗や悪変の原因となるような菌についても照射によって放射線抵抗性が変化するかどうか、変化するとすればどんな条件の場合かなどの研究も食品照射研究の一環として重要なこととなる。

—参考文献—

- (1) ANDERSON, A. W., NORDON, H. C., CAIN, R. F., et al.: *Food Technol.*, **10**, 575 (1956).
- (2) DEAN, C. J., FEDSCHREIBER, P., LETT, J. T.: *Nature*, **209**, 49 (1966).
- (3) 伊藤 均, 飯塚 廣, 岡沢 精茂, 他: 農化誌, **46**, 127 (1972).
- (4) PARISI, A., ANTOINE, A. D.: *Appl. Microbiol.*, **28**, 41 (1974).
- (5) 矢野 圭司: *RADIOISOTOPES*, **24**, 647 (1975).
- (6) 近藤宗平: “分子放射線生物学”, (1972), 東大出版会.
- (7) 日本食品照射研究協議会訳: 食品照射に関するイギリス医学・栄養学委員会報告, (1965).