

乾燥による細菌の静菌とガラス転移に関する研究～殺菌の効率化を目指して～

広島大学 大学院統合生命科学研究科, 川井 清司

1. Introduction

食品は水分活性(a_w)を0.85程度まで低下させると、食中毒の原因となる細菌が増殖できなくなる。この状態の細菌は静菌状態にあり、生命活動は停止しているが死滅はしていない。細菌の細胞内部を、様々な成分から構成される混合溶液として物理化学的に捉えると、水分含量の低下によって細胞内部の粘性は上昇し、ガラス状態(巨視的な分子運動性が凍結した状態)になっていると考えられる。細胞がガラス状態に陥ることで、細胞内は活動時と同じ物理状態(溶液状態)のまま、固化する。即ち、細胞は生きた状態のまま、時間だけが停止した状態となる。これが静菌状態の本質と解釈される。この仮説にしたがうと、乾燥食品における食中毒細菌の静菌および殺菌効率の予測・制御には、細菌のガラス転移挙動の解明が重要であると考えられる。こうした示唆を言及する論文は過去にあったが、実験的に証明した事例は無かった。

*Cronobacter Sakazakii*は乾燥状態に強く、乳児用粉ミルクを汚染することで知られている。病原性は低いが、乳児がリスク対象になるため、世界的に問題視されている。本研究では様々な a_w に調節した *Cronobacter Sakazakii* を試料として弾性散乱強度測定を行い、平均2乗変位の a_w 依存性を明らかにすることを目的とした。

2. Experiment

凍結乾燥した *Cronobacter Sakazakii* 粉末を重水中に溶かし、再度凍結乾燥した。これを、重水素置換した飽和塩を共存させたデシケーター内で保持し、試料の a_w を調節した。エネルギー分解能 $3\mu\text{eV}$ にて $100\sim 350\text{K}$ の温度範囲で弾性散乱強度を求め、フィッティング解析により平均2乗変位 $\langle u^2 \rangle$ を求めた。

3. Results

結果の一例として、 $a_w = 0.32, 0.84, 0.92$ に調節した試料の平均2乗変位の温度依存性を図1に示す。いずれの試料も温度の増加と共に平均2乗変位は増加したが、その温度依存性は $200\sim 230\text{K}$ あたりから高くなりはじめた。これは、水和タンパク質などで認められる dynamical transition と同様の傾向といえる。水和タンパク質の dynamical transition は、熱分析などで認められるガラス転移と関連する物理現象である。また、タンパク質の機能発現とも密接に関わっている。以上の結果より、タンパク質などの生体高分子と同様に、微生物もまた乾燥状態並びに低温状態においてガラス状態に陥ることが示された。先述の通り、細菌の a_w をおおよそ0.85程度まで低下させると、常温(298K)で静菌する。静菌は、ここで認められた dynamical transition ($200\sim 230\text{K}$)とは必ずしも一致しなかった。しかし、 298K での平均2乗変位に注目すると、その値はある a_w 以上において急激に高くなることが分かった。このことは、微生物の分子運動性は単一ではなく幅広い分布があり、最も低かった分子運動性が回復したことで代謝が戻り、静菌が解けると考えられる。

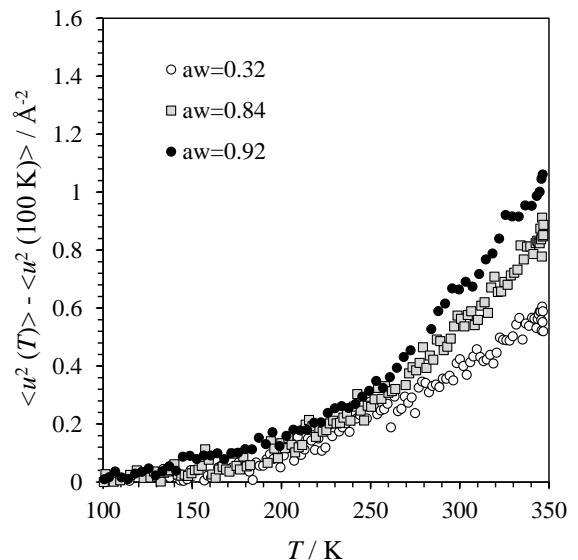


図1 細菌の平均2乗変位の温度依存性

4. Conclusion

本研究結果より、微生物の静菌メカニズムをガラス転移（或いは dynamical transition）という従来の微生物学分野には無かった新たな視点から説明できることが示唆された。これにより、ガラス転移温度を指標とした新たな微生物制御が提案される。今後、この研究課題を継続するにあたっては、分子運動性の分布を考慮したガラス転移温度の解析が求められる。高分子科学分野などで培われた知見を利用して取り組む必要がある。