



## 特別レポート

The Beneficial Usage of Ozone to Prevent Food Spoilage by Microorganisms

# 食品変敗微生物制御における オゾンの有効利用

食品・微生物研究所 内藤 茂三

## はじめに

現在オゾンは食品及び食品原材料の殺菌・脱臭と食品製造環境の殺菌・脱臭に関して多くの食品製造企業において採用され、大きな効果をあげている。食品の変敗防止に関してオゾンは古くから研究され、1930年代において食品の変敗防止にオゾンの利用が始まった。食肉の殺菌、バナナの追熟、オゾン氷による鮮魚の変敗防止、オゾン雰囲気での卵の貯蔵等である。しかし実際的な応用が可能となってくるのは、1940年以降であり、卵、野菜、肉類等の変敗防止、またリンゴあるいはりんご保存室のカビ抑制のためである。1960年代になると鮮魚、トウモロコシと大豆、鶏肉の変敗防止のためにオゾンが用いられた。1990年代になると農産加工食品や水産加工食品にオゾン処理が行われ、また加工食品工場の殺菌や脱臭に利用されるようになってきた。2000年から2010年代になると多くの食品にオゾン処理が行われ、また、加工食品工場の殺菌や脱臭に多用されるようになってきた。現在では果実、野菜、惣菜、和洋生菓子、生鮮魚介類、水産加工食品、畜肉加工食品、農産加工食品の変敗防止のために原材料、半製品、製造工場の器具・環境にオゾン処理が行われ、効果をあげて来ている。

## 1. オゾンの殺菌特性

オゾンは、気中及び水中に分散又は溶解した物質や微生物に対して①直接もしくは間接酸化、②オゾン分解、③触媒作用で反応する。活性酸素原子によるオゾンの直接酸化反応は一般に急速に進行するが、その理由は酸化還元電位が+2.07Vと極めて高いことによる。オゾンの間接酸化反応は、水に溶解したオゾンの一部がフリーラジカル(OH<sup>-</sup>)と

いう原子の集まりを形成し、これが気中又は水中に存在する有機及び無機化合物と急激に反応して酸化することによって起こる。オゾンの分解はフリーラジカル形成に都合のよい高pHで促進される。またオゾンは重金属触媒により酸化反応を促進する。従来多くの食品工場において次亜塩素酸ナトリウム、エチルアルコール、ヨードホール、酢酸等の有機酸類が殺菌に用いられて効果をあげてきた。しかし、これらの薬剤殺菌にはさまざまな問題が生じている。次亜塩素酸ナトリウムは強力な殺菌剤であるが、長年にわたる100~300ppm濃度の使用により、調味料工場、惣菜工場に大腸菌等のグラム陰性細菌や乳酸菌に耐性菌が生じてきている。またエチルアルコールを工場殺菌剤として多量に使用すると和洋生菓子工場、製パン工場、乾麺工場、生パン粉工場ではエチルアルコールを資化する真菌(酵母、カビ)が出現している。さらにヨードホールを食品工場のビニールパイプ内面の洗浄・殺菌に用いるスープ工場、液体調味料工場では、製造したスープに乳酸菌による膨張現象が生成し、酢酸等の有機酸類を工場殺菌剤として使用する飲料工場や和洋菓子工場では耐酸性カビの増殖が問題となっている。古くから食品工場で使用されてきた次亜塩素酸ナトリウム、エチルアルコール、ヨードホール、有機酸類とは全く殺菌機構の異なる殺菌剤の開発の重要性が指摘されてきた。

オゾンは上記殺菌剤とは全く殺菌機構が異なり、残留しないために耐性菌も出現しない。わが国では古くから既存食品添加物として認められ、残留しないので表示の義務もない。その特徴は以下の通りである。①グラム陰性細菌特に大腸菌や大腸菌群殺菌の即効性、②食品工場の最大の汚染菌であ

る乳酸菌殺菌の即効性、③他の薬剤との併用殺菌効果、④脱臭及び漂白作用、⑤工場殺菌に有効であり、作業中はオゾン水で、作業後はオゾンガスで処理することができる。現在、開発あるいは上市されているオゾン殺菌装置は大きく分けてオゾン水殺菌装置とオゾンガス殺菌装置の2種類がある。大腸菌に加えてノロウイルス、セレウス菌、黄色ブドウ球菌に効果があることも判明し、その汚染源が工場の床、側溝及びホテル等のカーペット等と明確になってきてから、多く使用されるようになってきた。最近、食品工場における植物及び人感染性カビによる食品の変敗が話題になっている<sup>1)</sup>。このため近年、オゾン殺菌装置を製造する会社は著しく増加し、一大ブームとなっている。このため多くの企業が新製品を開発し、食品工場等に利用してきた。比較的最近米国FDA(食品医薬品局)においてもオゾンの食品の貯蔵及び製造工程への使用が認可された。

## 2. 食品変敗微生物のオゾンとエタノールの併用殺菌効果

近年、エタノールを用いても殺菌効果のない微生物が食品工場に出現している。その多くはカビと酵母であり、エタノールを多用する工場に多く生育している。食品工場の殺菌や食品保存としてエタノール系殺菌剤が使用され食品の保存性向上に大きく寄与している。エタノールは70% (重量) で最も強い殺菌力を示す。殺菌機構は、第1には微生物の膜の変化を起こす前に内部に浸透して酵素のたんぱく質及び核酸を損傷させることであり、第2には細胞膜の脂質及び脂肪酸組成を変化させることであり、第3にはその結果細胞内から細胞内容物を漏出させることである。オゾンの殺菌機構は第1に微