

【解説】

食品産業におけるオゾン利用(3)－食品原材料のオゾン殺菌効果－

内藤茂三

日本医療・環境オゾン研究会会報, Vol.7,No.1, 10-12. (2000)

食品産業におけるオゾンの利用（3）

— 食品原材料のオゾン殺菌効果 —

愛知県食品工業技術センター 内藤 茂三

1. はじめに

食品の保存期間を延長するためには、食品を衛生的に製造することが重要で、製造環境の衛生管理を十分に行うと同時に、食品の原材料から微生物汚染を極力抑え、製品及び半製品への二次汚染を防止する等の配慮が必要である。また通常の加熱殺菌では食品原材料の微生物菌数が多いほど、さらに耐熱性芽胞菌の存在により殺菌条件は厳しくなる。そのため、できるだけ微生物、特に耐熱性芽胞菌の少ない食品原材料を用いることは重要である。食品原材料の中でも穀類、穀粉、豆類、香辛料、野菜及び果実は微生物に高度に汚染されている場合が多い。米国では缶詰食品製造用の砂糖、でん粉及び小麦粉に対して付着耐熱性芽胞菌数の規格が設けられている<sup>1)</sup>。わが国においては食品衛生法<sup>2)</sup>により、食肉製品、鯨肉製品及び魚肉練り製品用の砂糖、でん粉及び香辛料に対して付着耐熱性芽胞菌数の規格が定められているが、その他の加工食品の食品原材料についてはこのような規格はない。そのため食品原材料の中には著しく微生物汚染を受けているものがある。食品製造工程での殺菌条件を緩和したり、製品の保存期間を延長する目的で、菌数の少ない原材料の供給が望まれる。そこで食品原材料のオゾン殺菌効果について取りまとめた。

2. 食品原材料のオゾン水殺菌

オゾン水をグラム陰性細菌に作用させたときの殺菌曲線を見ると、生菌数は接触させた瞬間に急激に減少し、それ以降にわずかに残存したオゾンの非常に緩やかな減少曲線を描く (*E. coli*等)。細胞にオゾン水が接触した瞬間にオゾンより生成されたヒドロキシラジカルは強力な酸化作用を発揮し、細胞壁に働いて分解し、その結果生菌数は減少する。以後、残存するオゾンは微量であるため殺菌作用は非常に弱い。このように極めて早く殺菌作用が現れるグラム陰性細菌に対するオゾン殺菌は濃度と時間の積では示しにくく、初発オゾン濃度に大きく依存する。しかし10ppm以上の高濃度オゾン水が必要とされる耐熱性芽胞菌の芽胞においては初発オゾン濃度と処理時間のいずれもが大きく寄与する。芽胞殺菌に及ぼす初発オゾン濃度の影響も大きく、菌種により著しく異なる。これは芽胞と栄養細胞の表層構造の差異に起因する。一般に殺菌消毒の効果は、一定の濃度において、生菌数が1/10 (90%殺菌率) になるために必要とする時間、即ちD値で表す場合が多い。しかし、これは細菌の死滅が対数関数的に減少することを前提としている。オゾン水のように即効的な殺菌性物質は、生残菌数と作用時間の関数として表されるのは初期の一部にすぎない。便宜的にオゾン水の殺菌効果を比較するために直線的になる部分を測定してそのオゾン濃度におけるD値として示す場合がある。野菜や果実の表面に付着する微生物は水洗等によって除去できるが、内部にいる微生物は洗浄等により除去できない。正常なキュウリの内部組織中には腸内細菌群が存在することが知られている。通常の露地栽培キュウリの表面をよく殺菌した後、その中心部の組織を取り出し、細菌が検出されるかどうかを試

表 1 新鮮なトマトの部位別細菌数

部位	細菌の分布割合 (%)				
	<i>Pseudom.</i>	<i>Entero.</i>	<i>Coryn.</i>	その他	全体
下部 (へたのくぼみ)	49	13	10	12.1 *	57.5
果皮	7	1	4	0	7
内部ゼリー部	8	3	4	0	13
中心核	28	7	4	0	34
上部	3	1	3	0	4

*Pseudom* : *Pseudomonadaceae*, *Entero* : *Enterobacteriaceae*

*Coryn* : *Corynebacteriaceae*

\* : *Micrococcus*4, *Bacillus*6, カビ 2, 酵母 0.1

験した結果、*Enterobacteriaceae*、*Pseudomonadaceae*、*Micrococcaceae* 等の細菌が存在していることが認められ、正常組織中には腸内細菌群が生残することが確認された<sup>3)</sup>。またトマトにおいても内部組織中に微生物が存在することが報告され、250のトマトの内部の部位別細菌分布を表1に示した<sup>4)</sup>。果実においては成熟に伴う菌叢の増加が知られているが、これは熟すると表皮が柔らかくなり、微生物の増殖が容易になること、昆虫や鳥類により汚染が増大するためである。野菜及び果実の微生物を測定した結果、野菜には $10^4 \sim 10^5$ /g、果実には $10^6 \sim 10^8$ /gと非常に多いことを認めた<sup>5)</sup>。従来、健全な植物組織中には一般に微生物は少ないと考えられてきたが、本試料の組織中には $10^2 \sim 10^5$ /gの微生物が検出された。これは収穫後、貯蔵期間が長くなるにつれて内部に侵入して増殖するものと考えられる。このため、表皮付着菌の菌叢と組織内部の菌叢が極めてよく似ており、いずれも*Micrococcus*が多く検出された。これらの微生物は健全な組織であっても貯蔵期間が長くなるに従って組織中で徐々に増殖しており、組織が傷つけられたようなときには、急速に増殖が進むと考えられる。一般的に収穫、貯蔵後に野菜、果実に最も多い微生物は*Micrococcus*であり、 $10^4 \sim 10^7$ /g検出され、大腸菌群は $10 \sim 10^3$ /g検出された。これらの微生物はオゾンに対して抵抗力がないため、オゾン処理は効果的であると思われる<sup>6)</sup>。しかし内部の微生物には全くオゾンと接触しないので殺菌されず、野菜・果実の菌数が $10^2 \sim 10^3$ /g以下になることはない。野菜・果実の洗浄方法は、従来主に水洗又は洗剤使用による洗浄と次亜塩素酸ナトリウム処理が一般的であったが、適用如何によっては除菌効果は十分とはいえない。野菜・果実の微生物の多くは表皮に付着しており、水洗は有効な手段であると考えられてきたが、その効果は低いものであった。これは多くの野菜・果実の表皮には蠟状物質があり水をはじくためであり、したがって強力な洗剤により表皮から微生物を除去する手段が必要とされる。しかし、洗浄により野菜・果実の表皮の有機物が除去されるので表皮細胞が傷ついてしまうと思われる。そこで表皮細胞を傷つけることなく表皮から微生物を分離させ、除菌するためにオゾン水処理を行った。野菜・果実を洗浄しないでオゾン水濃度0.9、2.0、5.0 ppm、水温5℃で10分間処理を行った結果、0.9 ppmオゾン水処理区においては、キュウリ、ニラ、カブ、タマネギ、白菜、キャベツ、ジャガイモ、ダイコン、ネギ、アスパラガス、ニンジン、パセリ、ナス、レタス、サトイモ、イチゴ、ブドウの生菌数は約1/10となり、2.0 ppm処理ではさらにこれらの菌数は減少し、5.0 ppm処理で約1/100となった。また大腸菌群も大部分の試料において0.9 ppm処理で1/10となり、5.0 ppm処理で約1/100となった<sup>5)</sup>。オゾン処理により生菌数が比較的減少しにくい試料は、レモン、メロン、グレープフルーツであった。これらは表皮に凹凸があり、表面積が大きいことと、表皮に水をはじく物質があるためと考えられる。またオゾン水処理による大腸菌群の殺菌は即効的であり、0.5 ppmで約 $10^6$ /gの菌が10～30秒で死滅するが、キャベツ、レタス、パセリでは表面積が大きいことと内部に菌が侵入していること等により殺菌効率が悪い。また未洗浄でオゾン水処理を行ったのでオゾンが有機物に消費されて効力が減少したため菌数の低下が少なかったと考えられる。このため野菜・果実を水洗後、オゾン水処理を行った。水洗後、上記と同一の条件でオゾン水処理を行った結果、水洗後のオゾン水処理によりニラ、キャベツ、カブ、大根等の生菌数及び大腸菌群数はオゾン水単独処理よりも若干除菌効果が高まる程度であった。これは水洗処理では表皮に付着した微生物や有機物は除去できないことを示している。そこで、洗剤を用いて洗浄後、上記と同じ条件でオゾン水処理を行った。水洗後のオゾン水処理に比較して、洗剤で洗浄後のオゾン水処理区は全体的に菌数はさらに減少する傾向を示した。生菌数についてはキュウリ、ニラ、

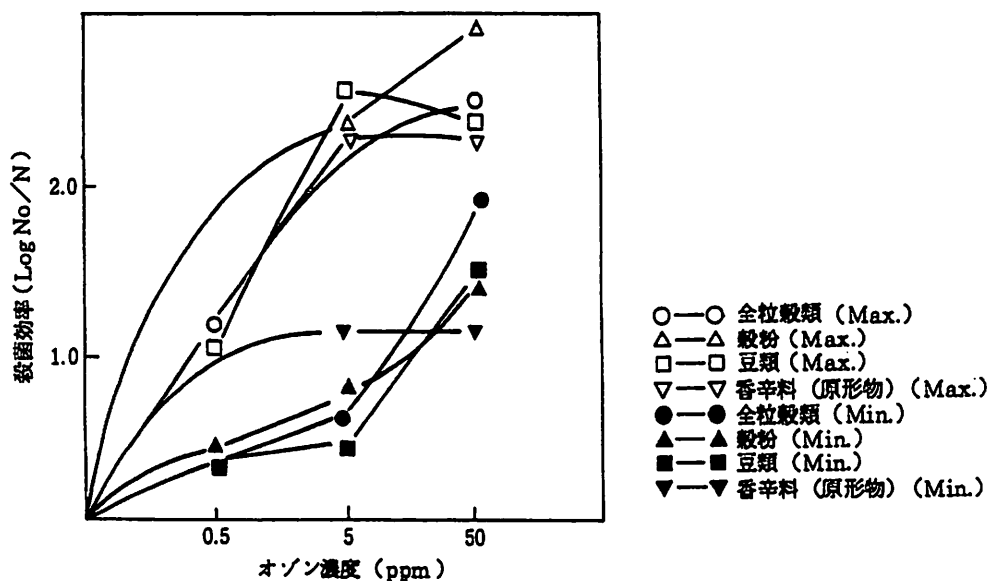
表 2 野菜のオゾン水殺菌

野菜	オゾン水濃度 (ppm)	効果
レタス	0.3～0.8	鮮度保持、着色良好
パセリ	0.3～0.8	鮮度保持、着色良好
キャベツ	0.5～1.0	大腸菌群減少
モヤシ	1.0～3.0	大腸菌群減少
キュウリ	0.5～0.8	鮮度保持、着色良好
ジャガイモ	1.0～3.0	芽胞菌、大腸菌群減少
レンコン	1.0～3.0	芽胞菌、大腸菌群減少
サトイモ	1.0～3.0	芽胞菌、大腸菌群減少
ニンジン	1.0～3.0	芽胞菌、大腸菌群減少
ダイコン	0.5～0.8	芽胞菌、大腸菌群減少
白菜	0.3～0.5	鮮度保持
ショウガ	1.0～3.0	芽胞菌、大腸菌群減少

キャベツ、大根、レタス、サトイモ、イチゴ、ブドウ、メロン、グレープフルーツが 2.0 ppm以上のオゾン水処理でさらに減少した。また大腸菌群はキュウリ、ニラ、カブ、イチゴ、ブドウ、レモンにおいて著しい減少が見られ、特にイチゴ、ブドウ、レモンの 2.0 ppm以上の処理では全く認められなかった。またオゾン水処理を行うと貯蔵後に大腸菌群等が減少する傾向を示した。主な食品のオゾン水による洗浄・殺菌効果を表2に示した。

### 3. 食品原材料のオゾンガス殺菌<sup>7)</sup>

穀類、穀粉、豆類及び香辛料をオゾン濃度 0.5、5.0、50 ppmで温度20℃、風量100L/分、1時間のオゾンガス処理を行い、その殺菌効率 (logNo/N、No：初発菌数、N：殺菌処理後の菌数) を測定した結果を図1に示した。なお殺菌効率は上記4グループに分けて表示し、各グループで用いた試料の最大と最小の殺菌効率を示したものについて図示した。穀粉の場合はオゾン濃度の増加と共に殺菌効率が高まったが、穀類、豆類及び香辛料で最大の殺菌効率を示した玄そば (国内産)、ブラックマッペ、ブラックペパーはオゾン濃度 5.0ppmの処理でほぼ一定となった。しかし穀類と豆類で最小の殺菌効率を示した精白米 (粳)、そらまめはオゾン濃度の増加と共に殺菌効率は高まった。精白米とそらまめは初発菌数が比較的少ないため、微生物とオゾンガスの接触率が低いためであると考えられる。また穀粉の場合は初発菌数は比較的多いが表面積が大きいので微生物とオゾンの接触率が低くなるのでオゾン濃度の増加と共に殺菌効率が高まったと考えられる。比較的微生物汚染の多いそばのオゾンガス殺菌を形態別に行った。玄そばから粗挽きそば粉、精白そば粉と形態が変化するにつれて菌数は若干変化するが、オゾンガス殺菌を行った結果、形態変化に伴う殺菌効率の変化が認められた。殺菌効率は精白そば粉、粗挽きそば粉、玄そばの順に大きくなった。この原因は表面積が増大するに伴い微生物とオゾンの接触率が低くなったものと考えられる。



No及びNは初発菌数とオゾン処理後の菌数  
MaxとMin.は各食品原材料別の最大と最小の殺菌効率を示す。  
オゾン処理時間：1時間、オゾン処理温度：20℃

図1 食品原材料の殺菌に及ぼすオゾン濃度の影響

### 文献

- 1) National Canners Association, Research Laboratories: Laboratory Manual for Food Canners and Processors, 3rd ed., vol. 1, Avi Pub. Co. (1986) pp.101~108
- 2) 厚生省環境衛生局食品衛生課、食肉衛生課、食品化学課監修、食品衛生小六法、新日本法規出版
- 3) Meneley, J.C., Stanghellini: J.Food Sci., 39, 1267 (1974)
- 4) Samish, Z. et al.: J.Food Sci., 28, 259 (1963)
- 5) 内藤茂三: 愛知食品工技年報、32、138 (1991)
- 6) 内藤茂三: 愛知食品工試年報、26、104 (1985)
- 7) 内藤茂三、岡田安司、酒井達也: 日食工誌、34、788 (1987)