

アサマ NEWS

パートナ

2013-7 NO. 155

オゾンによる 食品微生物の制御

食品工業へのオゾンの利用（その1） オゾンとは

1. オゾンとは

オゾンは酸素原子が3つ集まってできており、通常の温度及び圧力条件下では、不安定な気体であり、容易に分解し、酸素分子と著しい酸化力を有する発生期の酸素となる。オゾンが分解した時に生じる発生期の酸素が、非常に高い酸化力を有し、殺菌以外にも脱臭、漂白などに利用することができる。分子量は48で空気1.7倍の重さで、多くの食品工場では夜間のみ天井の配管から散布して殺菌している。オゾンは空気中及び水中に分散、又は溶解した物質や微生物などに対して直接若しくは間接酸化で、オゾン分解で、あるいは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急速に進行するが、これは酸化還元電位が+2.07Vと極めて高いことによる。水にオゾンを溶解したオゾン水（7つの溶解方法がある）は間接酸化反応でオゾンの一部はフリーラジカルを形成し、これが気中又は水中に存在する微生物と反応して殺菌する。オゾンは自然界にも存在し、高山、海岸、森林等の紫外線の強い午後1時から2時ごろには0.05ppmにもなる。最近の工場微生物移動理論によりオゾンの有効性が認められてきている。

2. オゾンは食品添加物

食品衛生法では「食品の製造の過程において又は食品の加工若しくは保存の目的で、食品に添加、混和、湿潤その他の方法によって使用されるもの」と添加物が定義されている。指定添加物の場合、そのほとんどに「規格」が定められており、一部のものには「使用基準」が設定されている。しかし既存添加物は、規格が定められている既存添加物は少なく、使用基準が設定されているものはほとんどない。したがって、法的に使用制限のある指定添加物に比べて、既存添加物はほとんど制限なしに使用できる。オゾンは食品を製造する時に使用される時に用いられる既存添加物であり、用途分類は「製造用剤」である。オゾンは化学合成品以外の添加物で、以前は天然添加物であったが1995年の食品衛生法改正の際に既存添加物とされ、使用には全く規制がない。そのため食品の製造、加工、工場の殺菌に長く利用されてきた歴史がある。用途が製造用剤である既存添加物にはオゾンの他にも多数あり、たとえば金、銅、白金、鉄、コバルト、酸素、窒素、水素、生石灰、活性炭、ゼオライト、パラジウム、精油ナフサ、ヘキサシ、ヘプタン、プロパン、ブタン等が挙げられる。しかし同じ製造用剤である酸（硫酸、塩酸）や塩基（水酸化ナトリウム、水酸化カリウム）は指定添加物であり、いずれも「使用基準」があり、最

終的には食品に残留しない使用方法が定められている。オゾンの安全性評価の前提になるのは、「化学物質には無条件で絶対無害はなく、必ずリスクがある。リスクは摂取量、つまり暴露量に依存する」という化学物質の考え方で、国際的にもこの考え方に基づいて化学物質の安全性評価が実施されている。それゆえオゾンは使用方法（オゾンガス、オゾン水、散布、暴露、浸漬）、使用状態（温度、湿度、有機物の存在、無機物の存在）、使用量（濃度、処理時間）などの条件抜きで「安全か、危険か」あるいは「無害か、有害か」の二者択一的論議は正確ではない。これまでオゾンを長く食品工業に利用してきた上での大前提は、「安全な化学物質はない、安全な使用法のみが存在する」であるという考え方である。オゾンのような既存添加物は、指定添加物のように食品衛生法では定義されておらず、1995年の食品衛生法の改正に伴う附則第2条で、「この法律の公布の際（1995年5月24日）、現に販売、製造、輸入、使用などが行われている添加物」と定義されている。

3. オゾン技術普及の背景

オゾン殺菌の利用が、活発になっている。従来の殺菌剤と異なり大腸菌群等のグラム陰性菌に対して殺菌力が優れる特性及び脱臭特性を生かし、食品工場、病院厨房、レストラン厨房など幅広い分野で活用されている。これは従来の殺菌剤では殺菌できない微生物、いわゆる耐性菌が出現してきたため殺菌の仕組みの異なる殺菌剤の導入が必要となり、オゾンが登場してきたのである。また残留しないので食品に使用しても表示の必要はない殺菌剤として注目を浴びている。更に最近、食品工場、病院厨房及びレストラン厨房で増殖して食品を変敗させる乳酸菌の汚染が問題となっている。乳酸菌は従来の殺菌剤や防腐剤に耐性があるが、オゾンでは容易に殺菌できる。オゾン水は濃度及び発生量の調整が容易であること及び使用方法が容易であることから急速に衛生管理に用いられてきた。またオゾンはわが国では古くから食品製造用剤として既存食品添加物リストに挙げられ、世界に先駆けて認められている。オゾンを用いた衛生管理技術は日本で開発され発展してきた。このため利用技術は世界で最も進んでおり、外国からの国内施設見学も多い。オゾン技術利用の背景をまとめると以下のようになる。

- ② 従来の殺菌剤と殺菌機構が異なる。他の従来の殺菌剤と併用ができる。
- ② 残存しない。
- ③ 殺菌作用と同時に脱臭作用がある。
- ④ 既存食品添加物であるが表示の義務がない。

3. オゾン殺菌機構

オゾンはどのようにして微生物を殺菌するのだろうか。オゾンの殺菌の仕組みはオゾンが細菌の細胞壁を直接攻撃して分解してしまう溶菌作用である。細胞壁を攻撃すると細胞壁のより易反応性の官能基と反応して細胞内に侵入、酵素などを破壊していく。繰り返して使用しても

耐性菌ができないのはこのマルチポイント攻撃のためである。一方、従来の殺菌剤である次亜塩素酸ナトリウムやエチルアルコールは、細胞壁を通過し、細胞内の酵素を破壊するワンポイント攻撃である。このため繰り返し使用していくうちに耐性菌が生成する可能性がある。オゾンによる殺菌の仕組みは、抗生物質、抗菌剤、化学療法剤のような細胞内の特定場所を阻害する作用とは異なり、細胞表層成分の酸化分解の結果生成する細胞の損傷、破壊作用のような構造的なものである。オゾン水と一般的な殺菌剤であるエチルアルコール、次亜塩素酸ナトリウムの殺菌機構、殺菌に及ぼす環境因子、温度、有機物、殺菌効果、使用濃度、出現する耐性菌等の比較を表1に示した。

4. 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直接若しくは間接酸化、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・)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、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製パン工場や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工場では耐酸性カビの増殖が問題となっている。平成8年の夏に大腸菌O157による食中毒が多発し、その多くの汚染源が食品工場内にあるとされたこともあり、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。そこでにわかにクロージアアップされてきたのがオゾンである。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たから、多く使用されるようになってきた。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、食品工場等に利用されてきた。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。

オゾンは殆どの微生物に対して殺菌効果を示す。低濃

度で短時間接触によるオゾン殺菌で最も効果がある微生物が乳酸菌と大腸菌群である。他の殺菌剤で耐性のあるこれらの微生物にオゾンが有効であることが特徴である。これらの微生物はオゾン水濃度0.5ppmで30秒から60秒で死滅する。乳酸菌はグラム陽性の桿菌・球菌で、胞子をつくらず、また大部分は運動性を有さない。糖を発酵して乳酸を初めとする種々の酸を生成するので耐酸性を有する。*Leuconostoc mesenteroides* は乳酸菌中最も低温、4℃でも増殖できるので食品工場の側溝や床に多く増殖して粘性物質を生産して粘質変敗、ヘテロ型でありガスを生産するので膨張変敗の原因となる。

表1 オゾン水と他の消毒・殺菌剤との比較

	エチルアルコール	次亜塩素酸ナトリウム	オゾン水
殺菌機構	菌体内代謝阻害作用 ATPの合成阻害 ※濃度による殺菌機構の差異 40～90%:構造変化、代謝阻害 20～40%:細胞膜損傷、RNA漏出 1～20%:細胞膜損傷、酵素阻害	菌体内酵素破壊 細胞膜損傷	細胞壁等の表層構造破壊 濃度により内部成分破壊(酵素、核酸等) 0.2～0.5ppm:細胞表層酸化 0.5～5.0ppm:酵素阻害 5.0ppm以上:内部成分破壊
耐性菌の出現因子	酸性域(pH 3～5)で効果大 アルカリ性域で効果小	pH 4～6で効果大 アルカリ性域で効果小 酸性域で塩素ガスになり不安定	pH 3～5で安定 アルカリ性域で不安定
温度	高温で効果大 低温で効果小	高温で効果大 低温で効果小	低温で安定、高温で不安定 溶解度:低温で大 高温で効果大
有機物	殺菌力低下:小 高温でタンパク質変性	殺菌力低下:大	殺菌力低下:大
殺菌効果	カビ、細菌に効果大 酵母菌に効果小	細菌、ウイルスに効果大	0.3～4ppmで大腸菌、乳酸菌、サルモネラ菌、ウイルスに効果大
使用濃度	殺菌:45～95%(通常70～80%) 静置:20～40% 誘導期延長:1～20%	0.3～1.0ppm:水消毒 50～100ppm:野菜消毒 100～150ppm:手指消毒 100～300ppm:工場消毒	0.3～4ppm:手指消毒 0.5～3ppm:野菜消毒 5～10ppm:穀類洗浄 0.5～8ppm:工場洗浄
出現する耐性菌	酵母(<i>Pichia anomala</i>) カビ(<i>Moniliella suverolensis</i>) 細菌(<i>Bacillus</i>)	乳酸菌(<i>Leuconostoc</i>) 乳酸菌(<i>Enterococcus</i>) 乳酸菌(<i>Lacobacillus</i>) 大腸菌(<i>E.coli</i>) カビ(<i>Aspergillus</i>)	細菌(<i>Bacillus</i>) カビ(<i>Aspergillus</i>)
その他	揮発性大 刺激性 引火性 タンパク質の変性 臭気生成	酸性下で塩素ガス生成する 皮膚・粘膜を刺激する 次亜塩素酸が残る	散布時にオゾンガスが発生する 有機物による分解が早い 脂質が表面にあると酸化する インシヤルコストが高い

4. オゾンの食品工業への利用

オゾンの効果として、殺菌、脱臭、漂白、鮮度保持が確認されている。現在オゾンの利用方法には、オゾンガスとオゾン水を、つまり気相と液相の二種類の使用方法がある。オゾンを生成する機器には、オゾンガス又はオゾン水のみだけを発生するタイプ、一台でガスとオゾン水の両方を発生させるタイプがある。食品工場、スーパーマーケットのバックヤード、病院の厨房に納入された実績を見るとオゾンガスとオゾン水両用タイプを設置している場合が多い。従業員のいない夜はオゾンガスで殺菌し、従業員が働く昼はオゾン水で殺菌する。オゾンガスは、噴射口を天井部分に設置して夜間噴射する。オゾンの比重は空気の1.7倍であるので作業場の空気や床、側溝に至るまで殺菌することができる。食品の変敗菌や病原菌は床や側溝から夜間の高温により蒸発する水蒸気によって揮散し厨房内を汚染する。これらの場所をオゾンガスで殺菌することにより空中浮遊菌を減少させることができる。オゾン水は野菜や果物の洗浄・殺菌に利用し、厨房機器、床、壁面、側溝の洗浄・殺菌に利用する。オゾン水は酸化力があるので洗浄効果がある。

日本の鮮魚及び水産食品へのオゾンの利用技術は進展している。生鮮魚介類、水産加工食品及び水産加工工場への鮮度保持及び品質向上へのオゾンの寄与は大きい。現在、日本で行われているオゾンを用いた食品変敗防止技術を表2に示した。

表2 現在日本で行われているオゾンを用いた食品変敗防止技術³⁾

1. 多量の低濃度オゾン水(0.2~0.6ppm)による食品及び食品原材料の洗浄・殺菌。
2. 低濃度オゾンガスによる食品及び食品原材料の表面殺菌。乳酸菌、大腸菌群を殺菌。
3. 食品製造工場環境の夜間のオゾンガス殺菌。天井より配管してオゾン落下させ、乳酸菌及び大腸菌群を殺菌する。
4. 食品製造工場環境の昼間の床、側溝のオゾン水殺菌。床に傾斜をつけてオゾン水を流下し、乳酸菌及び大腸菌群を殺菌する。
5. 食品工場の業務用冷蔵庫及び冷凍庫のオゾンガス殺菌及び脱臭。青かび発生防止。
6. 冷凍食品の解凍へのオゾン水の利用。夏季解凍時に微生物増殖防止と脱臭効果。
7. 食品の包装時に微量のオゾンガス又はオゾン水を封入。乳酸菌及び大腸菌群生育防止。
8. 水産物や農産物のオゾン水による鮮度保持。異臭及びエチレン分解による鮮度保持。
9. オゾンガス及びオゾン水による食品原材料の脱色及び脱臭。脱塩時のオゾン利用。
10. オゾンガスとオゾン水による農産物や水産物の鮮度保持。生育促進、熟成抑制効果

文献

- 1) Shigezou Naitou : Ozone in Food Processing., 137-162 Wiley-Blackwell (2012)
- 2) 内藤茂三：製菓及び製パン工場のカビ及び酵母制御におけるオゾン利用技術、食品と開発、47、(3)、20-23 (2012)
- 3) 内藤茂三：食品産業へのオゾン殺菌技術の利用、フードリサーチ、2、(2011)
- 4) 内藤茂三：食品工場長、176、(2011)
- 5) 内藤茂三：オゾンで殺菌、どういった原理で、どういった効果が、臨床栄養、117、(5)、510-511 (2010)
- 6) 内藤茂三：食品工場に乳酸菌汚染とオゾン殺菌、日本防菌防黴学会誌、38、729-741 (2010)
- 7) 内藤茂三：オゾン水の食品工業への利用の理論と実際、静電気学会誌、31.21-36 (2008)
- 8) 厚生労働省衛生局食品化学課編：食品衛生法改正に伴う既存添加物名簿関係法令通知集、社会保険出版社 (1996)

(内藤茂三 食品・微生物研究所)

食品加工と微生物

乳酸菌 (ロイコノストック) と食品

乳酸菌は人間生活にとって大変身近な細菌の一つで、酒、味噌、醤油、漬物などが我が国の伝統的な食品の製造においても重要な役割をはたしている。近年に至っては、整腸作用を有することや抗癌、抗腫瘍、免疫賦活作用など、ヒトの健康との関係について注目されており、その方面での研究が活発に行われている。食品の発酵には多くの乳酸菌が関与しているが、ロイコノストック属に属する乳酸菌も様々な食品の発酵に関わっている。ロイコノストック属菌は比較的食塩濃度の低い食品でラクトバチルス属菌に先立って乳酸発酵を行うなどの重要な役割を果しているが、一方で、スライム形成や容器包装食品の膨張などの有害な面もある。

1. ロイコノストック属菌の性状

乳酸菌は、パスツールによって最初に発見された細菌である。消費したグルコースに対し50%以上の乳酸を産生するグラム陽性の桿菌または球菌でカタラーゼが陰性であることを特徴としている。乳酸菌は通性嫌気性細菌の一種で環境中の多くの場所で普遍的に見出される。乳酸菌は栄養条件に恵まれた環境で進化してきた細菌といわれており、その結果として電子伝達系(呼吸鎖)やアミノ酸の生合成経路が失われたとされている。したがって、発酵に依存して生育するとともに様々なアミノ酸を要求する。また、ビタミン類や微量元素の要求も高いことなど、栄養条件に富んだ環境での生育に適する細菌であることも特徴の一つである。

乳酸菌は1900年頃には主に細胞形態と糖類の発酵形式の相違に基づき、ロイコノストック、ペディオコッカス、ストレプトコッカス、ラクトバチルス属の4属に分類されていたが、その後、ストレプトコッカス属が、エンテロコッカスとラクトコッカス属に再編されたり、テトラゲノコッカス属がペディオコッカス属から独立するなどの変遷がみられた。特に1980年以降、遺伝子の塩基配列の系統解析などによる分類が進展した結果、ワイセラ、カルノバクテリウム属など加わり、現在では約30属に分

類されるようになってきている。

乳酸菌は乳酸発酵の様式によってホモ型乳酸発酵とヘテロ型乳酸発酵に分けられる。ホモ型乳酸発酵は糖類の90%以上を乳酸に変換する発酵様式で、ラクトコッカス、ペディオコッカス、ストレプトコッカス、エンテロコッカス、ラクトバチルス属の一部の乳酸菌が行う。一方、ヘテロ型乳酸発酵は、乳酸以外に酢酸、エタノール、二酸化炭素などを生成する発酵様式で、ロイコノストック、ペディオコッカス、ストレプトコッカス、ラクトバチルス属の一部の乳酸菌が行う。

ロイコノストック属は現在25種類ほどの種に分類されているが、食品になじみのあるものとしては *Leuconostoc mesenteroides* が知られている。細胞の配列は乳酸球菌を分類するのに重要なファクターで、ロイコノストック属の場合は、短い連鎖を示す。

2. ロイコノストック属菌の選択および分離

乳酸菌の選択培地としては、一般的にMRS寒天培地やGYP白亜寒天培地などが利用されている。BCP加寒天培地が使用される場合もあるが、コロニー周辺の黄変域が広がる傾向があり、他のコロニーとの分別が困難なことが少なくない。ロイコノストック属菌の分離選択分離培地としては、 α -ブロムプロピオン酸¹⁾、アジ化ナトリウム²⁾、テトラサイクリン³⁾などを添加し、他の細菌の増殖抑制を利用したものがある。また、*Leuconostoc mesenteroides*のように食品になじみのある一部のロイコノストック属菌はショ糖からの多量のデキストラン生成を利用したPES(Phenyl Ethyl alcohol Sucrose)培地⁴⁾が提案されている。PES培地組成は表1に示したとおりで、デキストランの生成を促すために糖源としてショ糖を多量に添加するとともに混在するグラム陰性菌の増殖を抑制する目的でフェニルエチルアルコールを加えたものである。培養は嫌気下で20℃、5日間行うものである。20℃という低温で培養を行なうのは、ロイコノストック属菌が他の乳酸菌と異なり、比較的低温下でも生育しやすいことに基づいている。コロニーは半透明で粘性のある比較的大きなコロニーを形成するので容易に分別することが可能である。なお、表2に各細菌のPES培地における生育状況を示した。

表1 PES培地の組成⁴⁾

Tripticase peptone	5.0g
Yeast extract	0.5g
Sucrose	20.0g
(NH ₄) ₂ SO ₄	2.0g
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.244g
KH ₂ PO ₄	1.0g
Agar	15.0g
Phenylethyl alcohol	2.5g
dis. water	1000ml

表2 PES培地における細菌の生育 (20℃培養)

菌 株	生育状況				
	1日	2日	3日	4日	5日
<i>Leuc. mesenteroides</i>	L-11	*	+	+	+
<i>Str. Faecalis</i>	ML-8	*	*	*	*
<i>Str. Faecium</i>	ML-12	—	*	*	*
<i>Str. Lactis</i>	ML-20	—	*	*	*
<i>Ped. acidilactici</i>	ML-4	—	*	*	*
<i>Ped. Pentosaceus</i>	ML-5	—	—	*	*
<i>Ped. halophilus</i>	ML-16	—	—	—	—
<i>Ped. cerevisiae</i>	ML-18	—	*	*	*
<i>Lact. plantarum</i>	L-4	—	*	*	*
<i>Lact. brevis</i>	L-13	—	—	*	*
<i>Propionibacterium sp.</i>	M-11	—	—	—	—
<i>Bacillus subtilis</i>	B-7	*	+	+	+
<i>Micrococcus luteus</i>	M-3	—	—	—	—
<i>Escherichia coli</i>	E-1	—	—	—	—
<i>Enterobacter aerogenes</i>	E-6	—	—	—	—
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	E-8	—	—	—	—
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	P-24	—	—	—	—
<i>Arthrobacter sp.</i>	M-19	—	*	*	*
<i>Flavobacterium sp.</i>	F-4	—	—	—	—
<i>Erwinia carotovora</i>	E-7	—	—	—	—

* : ピンポイントコロニー形成、— : 生育せず

3. 有用菌としてのロイコノストック属菌

1) マロラクチック発酵

マロラクチック発酵は果汁中のリンゴ酸が乳酸に変換される反応で、ロイコノストック属の乳酸菌が行っている場合が多い。ぶどう酒の酸味は主として遊離の形で存在するリンゴ酸によるものである。このリンゴ酸はマロラクチック発酵により乳酸と二酸化炭素に分解される。この結果、ぶどう酒の酸味は減少し、まろやかな香味を生じるようになる。このようなマロラクチック発酵は酸味の強いブドウ果汁の減酸に積極的に利用されている。特に、高級酒の醸造においては、このマロラクチック発酵は重要な工程となっている。

2) デキストランの生成

デキストランはショ糖を基質としてデキストランスクラーゼの働きによって生成される多糖類で、人工血漿などの代用として利用されたことがある。ロイコノストック属菌は、デキストランスクラーゼを有していることから、デキストランを製造するための細菌として利用されている。

3) 発酵食品

チーズの製造には多くの微生物が関与しているが、ロイコノストック属菌も主にフレーバーを付与する目的から利用されている。発酵乳の製造においてもチーズ同様、ロイコノストック属菌が関与している。北欧の発酵乳には、様々なものがある。フィンランド原産のヴィリー(Vili)は粘性のある発酵乳で、スターター菌の一つとしてラクトコッカスとともにロイコノストックが使用されている。デンマークのイメール(Ymer)は固形分含量の高い発酵乳でスターター菌としてやはりロイコノストック菌(*Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*)などの乳酸球菌が使用される。

日本酒の製造において「生酛」あるいは「山麩酛」という伝統的な酒造りの手法がある。生酛は、乳酸発酵による酸性化を利用して酵母を集積し、アルコール発酵を行わせるものである。

生酛で生育してくる乳酸菌はロイコノストック属菌(*Leuconostoc mesenteroides* var. *sake*)とラクトバチルス属菌(*Lactobacillus sake*)の2種類である。これらの乳酸菌は10℃以下でも良く生育する低温性乳酸菌である。生酛の中では生育速度の速いロイコノストック菌が始めに出現し、生酛が酸性になると麴の消化によってラクトバチルスサケが要求するペプチドやアスパラギンが生産されるようになる。したがって、ロイコノストック属菌は日本酒造りに関して先導的な役割を果たしているといえる。

乳酸菌が関与する漬物には、国内ではすぐき漬、すんき漬、高菜漬、赤カブ漬などが知られており、国外では、サワークラウト、キムチ、泡菜などが著名である。発酵漬物に出現する乳酸菌は、ロイコノストックの他に、エンテロコッカス、ストレプトコッカス、ペディオコッカス、ラクトバチルス属菌が関与する。一般的に、発酵初期には、ロイコノストックのような乳酸球菌が出現し、発酵の進行に従い乳酸桿菌であるラクトバチルスが主流となるのが一般的である。乳酸球菌の活動が重要な漬物にはキムチがある。

4. 有害菌としてのロイコノストック属菌

ロイコノストック属菌はデキストランの生産、ぶどう酒における減酸や発酵漬物製造などにみられるように有用な乳酸菌の一つである。しかし、製糖におけるスライムの生成、畜産物・水産練り製品におけるネトの生成、包装食品におけるガス膨張などの有害な一面も有している。

表3はロイコノストック属菌が原因となった食品の変敗、腐敗の事例⁷⁾をまとめたもので原因菌のほとんどが*Leuconostoc mesenteroides*である。豆腐を始め、シュークリーム、ソーセージ、ハム、畜肉、加工乳、チーズ、茹で麺、液卵など様々な種類の食品にロイコノストック属菌の影響が認められる。変敗の特徴としては酸臭・酸敗の発生および粘質化・ネト生成によるものが多いが、これ以外にも液化、黄色斑点生成、異臭、亀裂、ガス発生などの現象が現れている。酸臭はロイコノストック属菌の乳酸発酵の結果生ずるものであり、粘質化やネトの生成はロイコノストック属菌の特徴であるデキストラン生成に基づくものである。デキストランの基質となるショ糖を多く含有する食品に多く見られる。ソーセージやカマボコの表面が半透明の粘質物で覆われることがある。これは一般的にネトと呼ばれているもので、これもデキストランの生成によるものである。非加熱あるいは加熱殺菌の不足した包装食品が膨張することがあるが、これらの原因菌はガス生成を行う酵母である場合が多い。しかし、乳酸菌が原因であることも多く、これはヘテロ型乳酸発酵を行うロイコノストック属菌や*Lactobacillus brevis*などの乳酸桿菌が主な原因菌である。

表3 ロイコノストック属菌による食品の腐敗、変敗事例⁵⁾

食 品	腐敗・変敗現象
木綿豆腐	液化
充填豆腐	黄色斑点生成
生クリーム	異臭、粘質化
シュークリーム	酸臭、粘質化
チーズケーキ	酸臭、粘質化
カマボコ	ネト、酸臭
魚肉ソーセージ	粘液化、粘質化
畜肉	粘質化
ハム	ネト、酸臭
加工乳	変色(黄色化)
バター	異臭
チーズ	亀裂、ガス発生
加糖あん	異臭
キウイ	粘敗
ナタデココ	スライム
ゆでめん	酸臭、酸敗
液卵	酸敗
液糖	異臭

注：内藤⁵⁾の表をもとに抜粋編集

文 献

- 1) Prouty, C.C. and Grenn, W.E. : Proc. 35th Ann. Meeting West. Div. Amer. Dairy Sci. Assoc. (1954)
- 2) Mayeux, J.V. Sandine, W.E. and Elliker, P.R. : *J. Dairy Sci.*, 45,655 (1962)
- 3) McDonough, F.E., Hargrove, R.E. and Tittler, R.P. : *J. Dairy Sci.*, 45,656 (1962)
- 4) 宮尾茂雄・小川敏男：日食誌、35, 610 (1988)
- 5) 乳酸菌集談会：「乳酸菌の科学と技術」学会出版センター (1996)
- 6) 小崎道雄編著：「乳酸発酵の文化譜」中央法規出版 (1996)
- 7) 内藤茂三：食品と科学 (5) ,94 (1997)

(宮尾茂雄 東京家政大学教授)

アサマ化成株式会社

E-mail : asm@asama-chemical.co.jp

http : //www.asama-chemical.co.jp

●本社 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-3 TEL (03)3661-6282 FAX (03)3661-6285
 ●大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル TEL (06)6305-2854 FAX (06)6305-2889
 ●東京アサマ化成 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町16-5 TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854
 ●中部アサマ化成 / 〒453-0063 名古屋市千川区東宿町2-28-1 TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830
 ●九州アサマ化成 / 〒811-1311 福岡市南区横手2-32-11 TEL (092)582-5295 FAX (092)582-5304
 ●桜陽化成 / 〒006-1815 札幌市手稲区前田五条9-8-18 TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061