

アサマ

NEWS

パートナー

2012-1 No.146

バイキン博士の衛生雑談

食品微生物の化学的制御－1

保存料による食品保存は、古くから行われてきた技術であるが、昨今、保存料は嫌われ、多くの加工食品から姿を消しつつある。しかし、保存料自体は安全性も高く、長く使用されて来た期間中に、大きな事故が起こった例も無い。しかし、昨今の情勢は、保存料への忌避が、食品の化学的微生物制御全体にも影響する状態となってきた。ここでは、この問題を整理し、保存料を含む化学的微生物制御の方向について考察してみたい。更には、具体的に食品の安全性向上の技術の紹介に進める予定である。

食品の抗菌性物質と保存料

1. 保存料の定義：化学的微生物の制御技術は、化学物質により食品の病原性微生物や腐敗微生物を制御することである。そして、代表的なものが「保存料」である。

しかし、この「保存料」は、法律上の定義もあいまいで、「保存料」そのものがはっきりしていない。どの条件を備えていれば保存料で、どの条件が欠けておれば保存料ではないかはっきりしてないのである。例えば、メサバは食塩と酢酸の抗菌活性を利用して、生のサバ肉の保存性と安全性を著しく高めているが、保存料使用とは云わないし、馴れずしは魚肉と米飯を発酵させて、生成した乳酸、酪酸、プロピオン酸などの有機酸¹⁾の抗菌活性によって保存性を高めているが、バクテリアの作った有機酸は保存料使用とは云わない。この他にも、抗真菌活性を持つ化合物が、チーズに使用されても保存料とは云わず、「表面処理剤」²⁾と呼ばれている。

しかし、抗菌活性を持っている化合物が、たまたま「保存料」と指定された場合、その化合物は、現在では、殆ど食品に使用されることはない状態に陥る。「保存料」に対する云われなき忌避と糾弾は、市場にあっても、また、TVの広告を見ても、無添加、無農薬に続き、「保存料無添加」と強調されるのが現状で、その結果「保存料」を使用すると、その食品の売り上げに影響する。従って食品製造業者は、無理をしてでも「保存料」を使用しな

で食品を作ろうとする。この状態は、「保存料」の使用が、国家の法律で認められていても、国家の法律よりさらに強い規制をがあるのと同じである。しかも、あとで示すように、抗菌活性を持った化合物の中では、限られた一部の化合物が「保存料」と指定されているだけで、同じような抗菌活性を持つ多くの化合物が「保存料」には指定されていない状態で存在するので、「保存料」を懸命に忌避しても、化学的保存の本質には殆ど変りはない。

また、保存料不使用によって起こっている問題もある。「保存料」として指定された故に、実質的に食品には殆ど非使用となってしまった化合物の中には、ポリリジンやソルビン酸やペクチン分解物などがあり、これらは、安全性上全く問題はないと考えられる上に、微生物制御には非常に有用な物質である。しかし、「保存料」と指定されたせいで非常に使いにくいことになってしまったので、非使用によって起こった食品の腐敗による廃棄処分増加とそれに伴う価格の上昇や、非使用食品を原因食とする疾病の発生などは、十分な記録や発表は行われていない上に、経済的な損失は、一部の研究³⁾を除いて検討されたことも殆ど無い。

2. 「保存料」の有用性：ところで、「保存料」の有用性とは何であろうか。「保存料」の有用性は、根本的には食品製造上の経済性の向上が第一の効用で、「保存料」使用によって、病原性食中毒菌を制御し、安全性を高めると云ったような活性は求められていない。「保存料」は食品の腐敗微生物を抑制、制御、制菌することが主要な作用で、病原性菌を完全に殺菌ないし除菌してしまうような強力なものではない。保存料使用によって、一定の品質で、一定の規格に従って、一定の保存期間を期待して、安価に食品を製造し、保存性の低い食品と比べて広い範囲の地域や、地方や、国を超えて流通させ、結果として多くの人を貧困や飢餓から守ることである。しかしながら、現在のわが国では飢餓や貧困は殆どなくなり、改めて食品の保存性を高めて、低価格での食品の流通を図る必要が無くなってしまっているのので、「保存料」は必要でないとの主張が出てくるのである。なお、保存性を高めた食品は、保存性の低い食品と比べると通常1/2ないし1/3の費用で提供することが可能である⁴⁾。

表1 食品用抗菌性化合物 (Food Antimicrobials) ⁵⁾

区分	化合物名
1 有機酸及びエステル	安息香酸、ソルビン酸、デヒドロ酢酸、プロピオン酸、酢酸、乳酸、クエン酸、アジピン酸、フマル酸、酒石酸、 <u>p-オキシ安息香酸エステル</u> 、グリセリン脂肪酸エステル、ショ糖脂肪酸エステル
2 タンパク質、ペプチド	<u>プロタミン</u> 、 <u>ポリリジン</u> 、 <u>ナイシン</u> 、その他バクテリオシン様化合物、リゾチーム、ラクトパーオキシダーゼ、ラクトフェリン、ラクトフェリン、オヴोटランスフェリン
3 強アルカリ	第三リン酸ナトリウム、焼成カルシウム
4 キレート	EDTA、クエン酸塩、重合リン酸塩
5 サポニン型化合物	トウカラシ抽出物、ユッカフォーム抽出物
6 植物成分、香辛料、精油	<u>ツヤブリシン</u> 、allyl isothiocyanate、孟宗竹成分、ホップ抽出物、 <u>エゴノギ抽出物</u> 、 <u>カワラヨモギ抽出物</u> 、 <u>酵素分解ハトムギ抽出物</u> 、香辛料及び精油（シナモン、セージ、オレガノなど）
7 糖質型	キトサン、 <u>ヘクチン分解物</u> など
8 過酸化物質	過酸化水素、オゾン、過酢酸、二酸化塩素など
9 その他	エタノール、グリシン、抗菌性無機塩（ <u>亜硫酸（塩）</u> 、亜硝酸（塩）、次亜塩素酸（塩））、チアミンラウリル硫酸塩、ナタマイシン

太字は法定保存料

3. 抗菌活性物質による危害微生物制御：しかし、食品に使える抗菌作用を持つ化合物は、保存料以外にも多く存在し、これらは Antimicrobials in Food ⁵⁾ としてまとめられる（表1）。表1の中では、保存料と指定されているものは、ごく一部にすぎない。これらの化合物が注目されたのは、それらの保存料としての利用だけでなく、抗菌活性を食品由来の人に危害をもたらす危害微生物の制御に利用しようと云う意図のためである。

抗菌活性を持つ物質による食品由来の危害微生物制御は、欧米におけるこの分野の研究開発の主流で、関係する学術誌中の研究発表もこの分野に限られる。例えば、

J. Food Protection

J. Food Safety

J. Food Sci. の Food Microbiology and Safety Section

で、掲載される論文も、食品に汚染して、或は食品由来で、人に危害を齎す微生物、例えば *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* O157:H7 などの食中毒細菌の制御、滅菌、抑制などに関するものである。この目的で抗菌活性を備える化合物を分ける時、保存料とは異なった特徴を持つ化合物（あるいは技術）でも含まれる。この特徴は表2の様で、保存料と危害微生物制御化合物とを対照的に示してあるが、両者の特徴は、かなり異なっている。

特に注目すべき相違点は、危害微生物制御化合物には、食品保存に関係なく、標的とする微生物のみを確実に減少、滅菌し、それによるリスクを低下させる特徴であろう。勿論、抗菌活性の範囲が腐敗細菌をもカバーすることも多いので、その場合は食品保存もついでに達成される。

表2 使用目的による食品用抗菌性化合物の区別と化合物に求められる条件

1. 保存料	2. 危害微生物制御化合物
1. 1. 目的：食品保存 飢餓と貧困からの脱却 腐敗による食品の損失防止 加熱による食品の劣化、変質、有害物質の形成防止 食品の流通期間と距離の拡大 一定品質の食品の生産規模の拡大と安価な供給 （本質的に経済活動）	2. 1. 目的：食品の安全性確保 食品の危害微生物からの安全性確保 危害微生物の除去、減少 危害微生物の生育抑制、菌数増加の抑制 危害微生物によるリスクの低下（食品の安全性確保）
1. 2. 保存料の条件 出来るだけ多くの種類の微生物を制御できること。 静菌的に作用し微生物の生育を遅延させることでもいい。 食品の品質（色、味、香り、粘弾性）に影響しない。 食品成分の影響を受けない。 安全性が高い。 低コストであること。	2. 2. 危害微生物制御化合物の条件 危害微生物の殺菌、滅菌、除去、生育阻止作用のあること。 特定の危害微生物によるリスクを確実に低下させること 標的とする危害微生物に選択性が高く、それ以外の微生物には無効でもよい。（したがって食品保存には無効の場合もありうる） 海外の研究はこの分野に集中している。
1. 3. コストとの関連 保存性の低い食品は高価である。（金に糸目をつけなくてもよいのなら砂漠でも刺身は食えるのだが・・・） 一定規格の一定品質の食品は、保存性が確保されて造ることが出来る。（高保存性食品のコストは、低保存性食品の大体1/2ないし1/4である。）	2. 3. コストとの関連 各種食中毒による患者一人当たりのコストは、次のようである（清水） ⁶⁾ 。 ぶどう球菌 …… 140～1,570万円 サルモネラ菌 …… 8～364万円 チフス菌 …… 3,890万円 ボツリヌス菌 …… 3,000万円～90億円 リステリア菌 …… 4億6,000万円

このような作用の特徴を顕著に示しているのが、最近アメリカで提案され、政府から安全な微生物制御技術として GRAS と認定されたバクテリオファージを利用して標的とする危害微生物を滅菌する技術であろう⁷⁾。取りあえずは、*Listeria monocytogenes* の滅菌に利用する技術が GRAS に認定されたが、今後は *Listeria* 以外の多くの食中毒細菌の制御に開発が進められていく可能性が示されている。この技術の特徴は、標的とする微生物以外の微生物に対しては、全く無作用であることで、従って、その食品は確かに *Listeria* によるリスクからは守られるが、その食品の腐敗は全く阻止できないし、他の食中毒細菌の汚染や生育も阻止できない。

このような技術は、典型的な例ではあるが、食品の危害微生物を制御する化学的技術の特徴であると言える。しかも、それが世界のトレンドで、「提案する技術は、特定の危害微生物のリスクからあなたを守ることができま

す」と誇示されているのである。

ここで云いたいのは、食品微生物の化学的制御技術の開発に当たっては、特定の危害微生物の制御の可能性を必ず示す、強く言えば、確約することであろう。例えば、*Bacillus* 属の耐熱性芽胞を効率的に制御し、それによる腐敗が効率的に防止できる化合物は、それだけに留まらず、関連する *Bacillus cereus* や *Clostridium perfringens* 等の制御によるリスク低下に効果的であることを示すことによって、食品の安全を守る有効な技術であることを示すことが求められていると云える。

わが国では、この危害微生物制御の物理的ないしは化学的技術について、正面から取り上げる事を何故か避けてきているように見えるので、実際は避け得た食中毒被

害が発生しているともいえる。最近発生したユッケ生肉に汚染した腸管出血性大腸菌による食中毒事件も、例えば米国では、生肉の放射線殺菌が認められている⁸⁾ので、ユッケに使用する生の肉は必ず放射線殺菌することに決めておけば、悲惨な子供の死亡は避けられた可能性があると思われる。

4. 要約

食品微生物の化学的制御技術は、目的に従って、二種類の技術に分けられる。一つは保存料で、もう一つは危害微生物の制御化合物である。前者は経済性の向上に関係し、後者は食品の安全性向上に関係している。世界の研究動向は、後者に主体が置かれているが、わが国では、なお保存料の研究から抜け出し得ていない。今後の研究開発は、後者に重点を移して進めることが必要であろう。

引用文献

- 1) 藤井建夫、佐々木達夫、奥積昌世：さば馴れ寿司の化学成分と微生物相、日本誌、58、891-894 (1992)
- 2) 食品・食品添加物等規格基準（抄）、III. 食品添加物、表面処理剤 食品衛生学会誌、52、(1) J152 (2011)
- 3) 高原淳志、有路昌彦、北山雅也、本多純哉、荒井祥：保存料使用減による経済損失と情報提供が消費行動に与える影響、FFI JOURNAL, 215, (4) 434-438 (2010)
- 4) 松田敏生：魚肉練り製品の保存問題について、New Food Ind., 17, (1) 55-58 (1975)
- 5) 松田敏生：化学的微生物制御の方向について、FFI JOURNAL 215(4)417-426(2010)
- 6) 清水潮：食中毒のリスクと人間社会、幸書房 (2008) p11
- 7) Hagens, S. and Offerhaus, M. L.: Bacteriophages—New Weapons For Food Safety, Food Technology 62, (4) 46-54 (2008)
- 8) Olson, D. G.: Irradiation of Foods, Food Technology 52, (1) 56-62 (1998)

(松田敏生 フードスタッフ研究所)

食 品 加 工 と 微 生 物

原料野菜の細菌汚染

農産加工品には様々な加工用原料野菜が使われている。農産缶詰製品やレトルト食品の場合は加熱工程があるので原料野菜に付着している微生物による変敗は基本的にはないが、原料野菜がカットされたまま利用される野菜サラダやそれを用いた調理パンあるいは原料野菜が2%前後の低塩度で漬けられる浅漬などの場合には原料野菜に付着している微生物がそのまま加工品に移行するため製品の品質低下を招くことがあり、最悪の場合は、食中毒を惹き起す。

このような加工品の品質低下を抑制するには低温流通や日持ち向上剤の利用などによって微生物の生育を制御する方法も有効であるが、それに先立って、原料野菜に付着している微生物の除菌を行うことによって製品の初発菌数を減少させ、品質低下を抑制することが行われている。

1. 加工用原料野菜の細菌汚染

野菜は土壌あるいは水耕で栽培されているが、土壌栽

培の場合は土壌、灌漑用水、動物のし尿、浮遊菌など様々なところから微生物の汚染を受けるとともに収穫後の流通段階での汚染が加わり、原料野菜の細菌叢（マイクロフロラ）が形成される。一般的に野菜の汚染細菌数は $10^7/\text{g}$ を超えることはないとされているが、モヤシなどの水耕栽培の場合には $10^7/\text{g}$ を超えることも珍しくない。

2. 加工用原料野菜における細菌の汚染実態

生野菜の付着菌数は表1で示すように、 $10 \sim 10^7/\text{g}$ と幅広い範囲に散らばっているが、多くは $10^4 \sim 10^6/\text{g}$ の範囲で細菌に汚染されている。一般的に外葉部の方が内葉部よりも多数の細菌で汚染されており、季節的には夏期の方が冬期よりも多く汚染されている。Seddik ら¹⁾は原料野菜や野菜サラダの汚染菌について調査を行い、調査試料（約250試料）の80%が $10^6/\text{g}$ 以上の細菌によって汚染されていたことを報告しており、Geeson ら²⁾はキャベツの汚染細菌について調べ、キャベツの外葉表面1cmあたりに $10^4 \sim 10^6$ の細菌が付着しており、付着細菌の多くは *Pseudomonas* 属菌であったことを報告している。宮尾ら³⁾は大豆モヤシの付着細菌について調べ、大豆種子には約 $10^4/\text{g}$ の細菌が付着しているが、製造の進行にしたがい、増殖し、7～10日後の完了時には $10^6 \sim 10^7/\text{g}$ に達すること、また、原料大豆種子の汚染菌の多くが *Bacillus* 属菌であるのに対し、モヤシの状態ではグラム陰性菌が多く、中でも *Pseudomonas* 属菌や *Flavobacterium* 属菌、Enterobacteriaceae に属する細菌が優勢菌であることを報告している。このように野菜汚染菌の多くは *Pseudomonas* 属菌、*Enterobacter* 属菌などのグラム陰性菌であることが多い傾向がみられる。

表1 原料野菜の細菌汚染報告事例

野菜	生菌数 (log. CFU/g)	報告例
アスパラガス	4～5	Berrang (1960)
大 葉	5<	頭本 (1989)
カイワレ大根	6<	頭本 (1989)
カリフラワー	5<	Berrang (1960)
キャベツ (中心部)	1～2	島川 (1982)
キャベツ (外葉部)	3～7	島川 (1982)
キュウリ	5<	Houang (1991)
キュウリ	5～7	島川 (1982)
セロリ	4	Garg (1990)
セロリ	2～6	島川 (1982)
タマネギ	1～6	島川 (1982)
ニンジン	5	Garg (1990)
ピーマン	5～6	島川 (1982)
ブロッコリー	4	Berrang (1960)
ホウレン草	5	Garg (1990)
もやし	8	Andrew (1992)
もやし	6～7	宮尾 (1988)
レタス	5	Jockel (1990)
レタス	5<	Houang (1991)

一般細菌の他に食中毒菌の汚染に関しても表2で示すように多数の報告がある。ニンジン、リンゴジュース、レタスからは病原大腸菌による食中毒、もやしからはサルモネラ食中毒の発生例が報告されている。また、畜産製品で発生例が多いリステリア症に関してもキャベツが原因となって起こった事例が報告されている。表3は我

が国での野菜食品を原因食として発生した食中毒の過去の事例から、発生件数、患者数、喫食者数などをまとめてみたものであるが、サルモネラ食中毒のほか、様々な食中毒が野菜食品を原因として生じていることがわかる。

表2 野菜および果実を原因食品とする食中毒事件の報告事例

食中毒菌	原料野菜・果実	報告者
<i>Bacillus cereus</i>	もやし	Portnoy (1976)
<i>Clostridium botulinum</i>	刻みニンニク	St Louis (1988)
病原大腸菌	ニンジン	CDC (1993)
病原大腸菌 (O157:H7)	リンゴジュース	Besser (1993)
病原大腸菌 (O157:H7)	レタス	Mermin (1996)
<i>Listeria monocytogenes</i>	キャベツ	Shlech (1983)
<i>Salmonella sp.</i>	もやし	O' Mahony (1990)
<i>Salmonella sp.</i>	もやし	Van Beneden (1996)
<i>Shigella sp.</i>	レタス	Davis (1988)
<i>Vibrio cholerae</i>	ココナッツミルク	Taylor (1993)

表3 日本における野菜食品を原因とする食中毒発生件数 (1978～1995)

原因菌	発生件数	患者数	喫食者数	発症率 (%)
<i>Salmonella sp.</i>	70	6059	25190	24
<i>E.coli</i>	9	967	7764	12
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	8	8693	25800	34
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	84	8971	25800	35
<i>Staphylococcus aureus</i>	48	1338	5327	25
<i>Bacillus cereus</i>	2	890	1816	49
<i>Clostridium perfringens</i>	25	4602	16969	27

3. 加工用原料野菜における細菌の挙動

加工用原料野菜に付着している細菌は長期間生存し、保存状態によっては増殖することが知られている。Geldreich⁴⁾は食中毒菌の農産物における生存について調べ、*Salmonella* 菌は葉菜で1～40日、根菜では10～53日、大腸菌は葉菜で35日間生存していたことを報告している。また、関ら⁵⁾はカット野菜における食中毒菌の消長を調べ、8℃以下の保存条件下では増殖するものは少ないが、20℃以上になると大腸菌群、*Bacillus cereus*、*Staphylococcus aureus*、*Campylobacter jejuni*、*Salmonella Typhimurium* などほとんどの食中毒菌が増殖することを明らかにしている。

4. 非加熱農産加工品における細菌の挙動

1) カット野菜における細菌の挙動

一般的に汚染細菌数は未処理の野菜よりもカット野菜の方が少ないことが知られているが（洗浄殺菌が適切に行われている場合は減少する）、これはカット、スライスなどの操作による細菌汚染や野菜組織が切断されるために細胞液など栄養に富む野菜汁が漏出することになる。その結果、細菌の増殖が促進されることによるものである。Gargら⁶⁾は各種の野菜をカットやスライスなどの操作をした時のその前後における菌数を調べ、表4の結果を得

ている。この結果からも明らかなように千切り、スライスなどの操作により菌数は10～100倍に増加している。一方、皮むき、水浸漬などの操作では菌数の減少がみられる。カット野菜サラダの細菌汚染を調べた結果によると生菌数の平均は約10⁷/gで、汚染菌は*Pseudomonas* 属菌が最も多く、次に乳酸菌、大腸菌群、酵母が多かったことが報告されている。

表4 野菜汚染菌数におよぼす処理内容の影響⁶⁾

処理内容	野菜	生菌数 (log.CFU/g)		
		処理前	増減	処理後
千切り	キャベツ	4.2	増加	5.1
千切り	レタス	4.5	増加	5.8
スライス	タマネギ	3.2	増加	4.8
皮むき	ニンジン	5.2	不変	5.1
水浸漬	ホウレンソウ	5.8	減少	5.5
塩素水処理	ニンジン	6.2	減少	4.9
塩素水処理	レタス	5.7	減少	4.7

2) 浅漬における細菌の挙動

浅漬は漬物の中では微生物の影響を最も受けやすいものの一つである。市販浅漬の生菌数をみると少ないものでは10³/mlのものもあるが、大部分のものは10⁴/mlから10⁶/mlで、10⁸/mlに達しているものも時にみられる。宮尾ら⁷⁾は浅漬の保存中における細菌の挙動について報告している。生菌数が10⁷/ml以上になると調味液は白濁し、浅漬としての商品性は急速に低下する。この白濁は多くは微生物の増殖によって生ずるものであるが、白濁し始める頃は、*Pseudomonas* 属菌、*Flavobacterium* 属菌、*Enterobacter* 属菌などのグラム陰性菌が主要な原因菌であることが多い。白濁が進行すると*Leuconostoc* 属菌、*Enterococcus* 属菌や*Lactobacillus* 属菌などの乳酸菌が主要な原因菌となる。このような微生物の増殖は乳酸を主とする有機酸の蓄積を起こすために、結果的には酸味の上昇、野菜の色調変化、風味の低下を招き、浅漬の品質を低下させることになる。

引用文献

1) Saddik, M.F., et al.: J. Food Protect., 48,883 (1985)
2) Geeson, J.D.: J. Appl. Bact., 46,189 (1979)
3) 宮尾ら: New Food Ind., 30, (1), 27 (1988)
4) Geldreich, E.E., et al.: J. Milk Food Technol., 34,184 (1971)
5) 関ら: 香川県衛生研究所報告, 17, 71 (1990)
6) Garg, N., et al.: J. Food Protect., 53,701 (1990)
7) 宮尾茂雄ら: 日食工誌, 25,327 (1978)

(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 名古屋市市中村区東宿町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