

アサマ

パトナ

2022-7 No.209

食品の微生物変敗と 防止技術

(48) あんの微生物変敗と制御

1. あんの起源と種類

あんは元々中国で作られる小麦粉等の生地にも詰める具材のことであり、そこでは主に肉を用いたものであった。あんは飛鳥時代に中国から伝わってきたもので、当初は肉あんが食べられていた。しかし和菓子の原料として用いられるあんは主に豆類を用い、日本独特の手法によって工夫されたものである。それは古く室町時代に起源をもち、室町末期から安土桃山時代における砂糖の普及に伴い製あん技術が進歩し、江戸時代には製あんの原理は現代と同等となった。その後明治初期に至り、需要の増加と種類の多様化に伴って従来の菓子専業者から独立して製あん専業者が発生し、大正末期には製あん機械が開発されて現在に至っている。このようにあんはもともと甘いものではなかったが、現在では甘い味のするものである。素材によるあんの種類は多く、小豆あん、赤あん、白あん、鶯あん、ずんだ、芋あん等があり、製法によるあんの種類は、粒あん、こしあん、つぶしあん、小倉あんがある。つぶしあんは豆をつぶしながらも、皮を取り除かないあんであり、小倉あんはこしあんやつぶしあんに、蜜を煮付けた大納言小豆を混ぜたものである。

一般的に生あんは豆に熱をかけてα化したもので、細胞膜に包まれているものをいい、このために水分が多く、極めて短期間で変敗するために、その保存性を高めるために乾燥が行われる。現在のあんの乾燥には、主に熱風が利用されている。丹羽はあんの乾燥に過熱水蒸気を利用することにより、高速な乾燥が可能となることを明らかにした¹⁾。過熱水蒸気とはいわば高温の水分子ガスであり、熱風と同様の考え方で乾燥に利用できる。また、過熱水蒸気乾燥を行った場合には短時間で100℃まで上昇し、それを維持する温度経過を示すことから、長い時間湿熱状態に置かれるため、過熱水蒸気乾燥あんは熱風乾燥あんに比べて食物繊維が多く含まれる。一般に小豆には *Bacillus* が付着しており、耐熱性の高い芽胞を形成する。芽胞は小豆あん製造の通常の加熱工程を経ても死滅しないため、練りあんやあん製品中に残存し、変敗や離水を引き起こす。そのため原料の殺菌が重要であり、あん製品の変敗防止として、練りあんに *Bacillus* 属に対して強い抗菌性を示す乳酸菌を接種して乳酸発酵を行うことにより、レトリット殺菌を施すことなく、小豆あんの *Bacillus* が殺菌され、保存性が大幅に向上する¹⁾。

あんを用いる菓子には餅が多い。鏡餅、鳥の餅、誕生餅、菱餅、丸餅、四十九日餅などお祝いの餅、大福餅、うぐいす餅、あんころ餅など、あんを包んで蒸したり、餅をあんで包んだだけの菓子、素甘、砂糖餅など餅そのものに砂糖などで味つけしたもの、豆餅、栗餅、よもぎ餅、胡麻餅、海苔餅など混ぜものをしたものなどがある。多くの原材料を

使用するので汚染微生物は多い。

あんを用いた餅はハレの日の食事で腹もちが良いのと保存性が高まることから街道で発展してきた。伊勢参りの餅街道は、桑名の安永餅、四日市のなが餅、神戸の立石餅、関の関の戸、津の鶏卵・いが餅、相可の松坂餅、丹生のおきん餅、明野のへんば餅、二軒茶屋の二軒茶屋餅、二見の御福餅、宇治の赤福餅等がある。菓子は嗜好品でありながら各行事にはつきものであり、エネルギー源ともなり、生活の中に切っても切れない深いものを持っている。社会組織の中で人と人との関係をうまくする潤滑油的な働きをする。

あんの名産地は北海道・丹波・備中が、日本の三大産地であり、どここの産地の小豆も、和菓子ではよく使われている。小豆の粒の大きさが5.8ミリの篩にかかり、大きく色の濃いものを大納言と呼ばれている。丹波大納言小豆、備中大納言小豆が知られているが、その下の粒の大きさを中納言と呼ばれ、中納言で有名なものはえりも、しゅまり、きたのおとめ、さほろなど、北海道が産地のものが主である。

今のようなあんが誕生したのは室町時代であり、室町末期から安土桃山時代における南蛮菓子の輸入、砂糖の普及と言った側面に伴い、製餡技術が発展してさらに江戸時代に改良が加えられた。

2. あんの微生物

生あんは、品質に大きなバラツキがあり、微生物変敗し易い食品であるため、長期にわたる保存が困難であり、これが製あん業界の大規模化を妨げた原因である。従って長期にわたって保存可能な生あんを製造することは理想ではあるが困難である。生あんとは、小豆などの豆類を煮て、皮を取り除いたままで、砂糖を加えていないものをいう。

市販生あんの品質を調査するために、都内の15工場から試料を集め、品質に影響の多い水分、繊維、生菌数を調べ、その結果、水分は59.6～67.2%、繊維は2.37～8.75%、生菌数は $2.8 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^7/\text{g}$ と相当幅のある製品が出荷されていることが報告されている²⁾。また、繊維はグラインダー式工場の製品がロール式の工場のものより多い傾向にあり、生菌数は井戸水使用の工場の製品が、水道水使用の工場より多かった。各項目の測定範囲を上、中、下にわけて整理してみると、赤あん、白あんの区別よりもむしろ工場別の製品の品質の差が明確に認められた。

最近の生あん製造工場の製造直後の生菌数は $1.0 \times 10^4 \sim 5.7 \times 10^5/\text{g}$ であり、これが $2.7 \times 10^7 \sim 6.2 \times 10^8/\text{g}$ になると酸臭や有機酸臭が生成し変敗が認められる。一般に $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5/\text{g}$ の生あんを $0 \sim 5^\circ\text{C}$ で保存すると、実用的には4～5日が限度であると考えられている³⁾。

この変敗臭の原因菌は *Enterococcus faecalis* を中心とする乳酸菌であり、生あん製造工場からの二次汚染菌であり、低温でも増殖し、ほとんどの防腐剤や殺菌剤に抵抗力がある。

生あん製造工程中の微生物の消長は、蒸煮を終えた直後は *Bacillus* 芽胞を除きほとんど殺菌されており、菌の増殖は温度が下がってから比較的時間のかかる工程で進行し、

この際の増殖微生物は *E. faecalis* が最も多く、本菌の増殖があんの成分が好適であることによる。*E. faecalis* の他に *Micrococcus*, *Bacillus* も検出されるが、その数も少なく、これらの菌の製造工程中の増殖はわずかである。これらの菌の汚染源は *Micrococcus*、カビは工場の空中浮遊菌に由来し、*Bacillus* は原料に由来し、*E. faecalis* は空中浮遊菌のほかあん粒子の残渣、カスが機械、器具、パイプラインに残留してこれに増殖することによる⁴⁾。

生あんは、水分が多く変質しやすい食品であるため、長期にわたる保存が困難で、これが製あん業の大規模化を妨げた原因である。したがって長期にわたって保存が可能な生あんは理想であるが、しかし現状では極めて困難である。

現在、生あんの製造直後の菌数は $1.0 \times 10^4 \sim 1.0 \times 10^5/\text{g}$ であり、これが $1.0 \times 10^7 \sim 1.0 \times 10^8/\text{g}$ にまで増加すると変敗臭がする。

3. 加糖あんの微生物変敗と制御

加糖あんは、多く海外から輸入されており、微生物も多い。練りあんは生あんにスクロースを加えて加熱しながら練ったものであり、単に茹でたものとはみなされないから、原料原産地の表示義務はない⁵⁾。なお、製品で輸入された加糖あんを国内で小分け包装したものについては、現行の規定があるため、製品の原産国名の表示が義務付けられている⁶⁾。

製造工場で生産されたレトルト粒あんが夏季において製造後2週間で液化した。殺菌は 110°C で50分間行い、正常品の pH は6.5であり、液化品の pH は6.4であった。

原因菌として *Bacillus* 属細菌が検出された。変敗現象は原因 *Bacillus* の種類により異なる。しかし一般的に言えば、レトルト粒あんの液化変敗原因菌は *B. subtilis*, *B. licheniformis* である。水分含量及び水分活性により異なるが酸化還元電位の関係でバリアー性のあるフィルムの方がこれらの菌の生育を抑制する。

また、レトルト粒あんの糖含量も *Bacillus* の生育に大きな影響を及ぼす。レトルト粒あんに多量のグルコースが存在すると芽胞の形成は停止する。これはグルコースの存在によりこれを酸化するための Mn^{2+} を必要とする酵素系の活性が高まり、栄養細胞の増殖が高まり Mn^{2+} が多量に消費されるために芽胞の形成は行なわれないことによる。

このため糖含量の多いレトルト粒あんの *Bacillus* 属細菌による変敗は比較的少ない。*Bacillus* 属細菌の芽胞は芽胞形成、発芽、発芽後成育の変化をする。芽胞形成は栄養細胞内で行なわれる現象であり、発芽及び発芽後成育は芽胞内で行なわれる^{5,6)}。

即ち栄養細胞の多い食品中では絶えず芽胞形成が行なわれ、発芽し発芽後成育を行っているのである。レトルト粒あんの液化現象は工場の気温が高くなる1回目の殺菌終了後の製品に多く生成した。

レトルトゆであずきは品温を $30 \sim 40^\circ\text{C}$ にして 80°C のシロップに混合して缶に充填している。その他にスクロース加工でん粉、食塩、フィチン酸を副原料として製造している。これをレトルト釜に入れて $110 \sim 115^\circ\text{C}$ で50～60分間殺菌している。充填から殺菌までの時間が1～2時間要するのでこの間に微生物が増殖する⁶⁾。

一般に、レトルト粒あんが変敗しているかは、内容物が見えないのでその徴候は容器の外観の変化に現れることが多い⁷⁾。

4. あんの微生物変敗防止

あんの微生物変敗は主として酵母と乳酸菌により発生する。乳酸菌の微生物の共生によるあんの変敗の原因は食品工場の空中浮遊微生物であり、その空中浮遊微生物は製あん工場の床や側溝などより分散されているから、床や側溝を殺菌することにより乳酸菌によるあん変敗は著しく減少することが経験的に知られている。

乳酸菌はブドウ糖、ショ糖、乳糖を資化して乳酸や酢酸を生成する乳酸発酵を行う細菌であり、一般的には糖質を発酵して乳酸等を生成してエネルギーを獲得する。また、アミノ酸、ビタミン、ミネラル、ブドウ糖があれば酸素のない状態でも良好に生育する。

また、発酵性のある酵母は生育環境が乳酸菌とはほぼ同じで、ブドウ糖、ショ糖、果糖、麦芽糖等を資化し、でん粉質やタンパク質を他の分解酵素を利用して分解吸収して発酵することでアルコールと炭酸ガスを生成し、嫌気下で生育できる。さらに、酵母は好気下ではグリセロールやアルコール、乳酸、酢酸を分解して、生育する性質を有する。

多くの製あん工場において長年の間、次亜塩素酸ナトリウム等の塩素化合物、エチルアルコール等のアルコール類、ヨードホルム等のハロゲン化合物、酢酸等の有機酸類が殺菌に効果を上げてきた。しかし、次亜塩素酸ナトリウム等の塩素化合物は強力な殺菌剤であるが、長年の $100 \sim 500\text{ppm}$ の使用により乳酸菌 (*Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*) に耐性菌が生じている。

以前は加糖あんの変敗を起こさせる微生物の中心は酵母であり、変敗酵母とは、製造された加糖あんが保存、流通段階において好ましくない現象を発生させる酵母のことである。最近では乳酸菌が酵母による変敗を拡大させている。加糖あんは糖類を多量に含有し、酵母と乳酸菌により変敗が起きやすい。その変敗現象は、加糖あんを用いた菓子では菌体付着による斑点生成、アルコール発酵、ガス発生、エステル生成、酸生成等が多い。また酵母は有機酸類を資化する場合が多く乳酸菌の増殖を促進する。

加糖あんの pH 調整に用いられている酢酸、乳酸、クエン酸が資化されて pH が高くなり、乳酸菌の増殖が促進される場合もある。さらに酵母は保存料に対しても抵抗力のあるものが多く、*Rhodotorula* に属する数種の酵母は0.25%の安息香酸を炭素源として pH4.5 でよく増殖し、*Saccharomyces rosei* は0.25%のプロピオン酸 (pH4.5)、*Brettanomyces intermedius* は0.1%のソルビン酸存在下で良好に増殖するするとともに乳酸菌の増殖を促進する。このように乳酸菌が存在すれば酸性保存料等で酵母の増殖を阻止することは極めて困難である。

最近の加糖あんは脱酸素剤、粉末エタノール剤等の使用が多くなってきたため、変敗微生物 (乳酸菌、酵母等) と常在微生物 (細菌等) との関係が複雑になってきた。また、酸素透過度の低い包装材料で包装し、脱酸素剤を封入した包装食品に乳酸菌や酵母が原因である異臭、白斑点生成現象がしばしば見受けられるようになってきた。酵母の酸素呼吸によってグルコースの一部が炭酸ガスと水になることをパスツール効果と呼び、グルコースの存在によって酸素呼吸が抑制され、アルコール発酵が起きる現象をクラブツリー効果と呼ぶ。またクラブツリー効果は絶対好気条件下でのアルコール発酵の出現と定義される。酵母は一般的にアルコール発酵を行い1モルのグルコースを2モルずつのエタノールと炭酸ガスに変換する。

加糖あんの場合、脱酸素剤の使用により異臭生成及び斑点生成の原因となる *Wickerhamomyces anomalus*, *Kluyveromyces marxianus* の増殖が抑制され、特に炭酸ガス発生タイプの脱酸素剤において著しい。しかし嫌気条件下では乳酸菌や酵母の生育に及ぼす影響は少ない。従来、包装袋が膨張し、エタノール臭が生成して変敗したら酵母であると言われてきたが、現在では酵母と乳酸菌の共生による影響である。酵母細胞の周囲に乳酸菌が付着している。このため酵母が $1.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3/\text{g}$ で膨張し、エタノール臭が出ている例はほとんど乳酸菌共生による。カビや酵母の真菌は乳酸菌と共生して加糖あんを使用した和菓子変敗を増強する (SN 効果)。表に加糖あんを用いた和菓子類の乳酸菌及び酵母の共生による変敗を示した

原料豆や製造工程でオゾンガスがオゾン水を用いることにより、乳酸菌や酵母の菌数が減少する傾向が認められている^{8,9)}。

表 あんを用いた菓子の乳酸菌及び酵母による変敗現象

加糖あん	和菓子	変敗現象	乳酸菌	酵母
練りあん	練り羊羹	白斑点	<i>Lacto. fructivorans</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>
こしあん	菰餅	エタノール臭	<i>Leuco. mesenteroides</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
粒あん	大福餅	エタノール臭	<i>Leuco. mesenteroides</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
粒あん	どら焼	エタノール臭	<i>Leuco. mesenteroides</i>	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>
白あん	栗饅頭	黒斑点	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Saccharomycopsis capsularis</i>
粒あん	きんつば	白斑点	<i>E. faecalis</i>	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>

Lacto. : *Lactobacillus*, *Leuco.* : *Leuconostoc*, :

文献

- 1) 丹羽昭夫：小豆あんの機能性と保存性の効果、食品工業技術センターニュース、平成17年度11月号、P.2 (2005)
- 2) 渡辺至子、小沢百合子、鈴木繁男：各種工場の生アンの品質と生菌数、日食工誌、13、242-245 (1966)
- 3) 内藤茂三：あんの製造に関する微生物管理について、食品加工技術、16、(3)、15-26 (1996)
- 4) 好井久雄：製あん工場の菌学的管理、New Food Industry、11、(11)、46-49 (1969)
- 5) 内藤茂三：『食品変敗の科学、微生物的原因とその制御』、幸書房 (2020)
- 6) 内藤茂三：『菓子変敗の科学、微生物的原因とその制御』、幸書房 (2022)
- 7) 内藤茂三：食品の微生物変敗と防止技術、レトルト食品の微生物変敗と制御 (13)、アサマパートナーニュース、No174、1-3 (2016)
- 8) 内藤茂三、塚本忠：製あん工程の微生物菌数に及ぼすオゾン処理の影響、愛知食品工試年報、30、68-83 (1989)
- 9) 内藤茂三：『増補食品とオゾンの科学、微生物的原因とその制御』建邦社 (2018)

(内藤茂三 食品・微生物研究所)

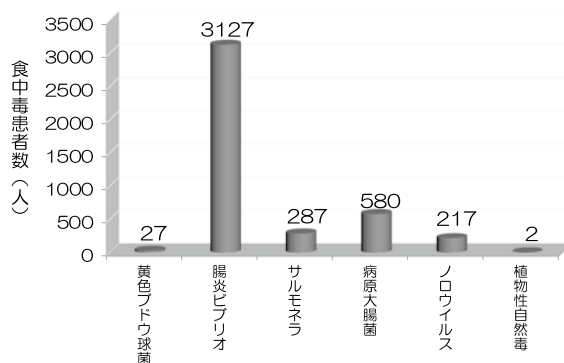


図2 漬物が原因となった食中毒の原因菌と患者数 (1978~2021年)

浅漬製造における食中毒菌対策

2012年の札幌市における白菜浅漬けを原因とする腸管出血性大腸菌による8名の死亡者を含む集団食中毒事件が発生した。これを契機に「漬物の衛生規範」が改正され、洗浄殺菌方法として「次亜塩素酸ナトリウム水溶液(100ppm・10分間または200ppm・5分間)またはこれと同等の効果を有する次亜塩素酸水等で殺菌すること」などが示された。その後、HACCPの義務化にともない2021年6月1日付の改正食品衛生法による「HACCPに沿った衛生管理、営業許可制度の見直しと営業届出制度の創設」等を踏まえ、漬物を含む全ての「衛生規範」は廃止され、漬物製造業は営業許可制に移行することになった。その結果、漬物製造業を営むには猶予期間を経て2024年5月31日までに営業許可を取得しなければならなくなった。営業許可に際しては、漬物の製造環境において、一定の施設基準を満たすことが条件となっている。このようなことから、零細・小規模漬物製造業者には動揺が広がっており^{1,2)}、製造の継続を断念するところが出てくるのが危惧されている。営業許可制に至った背景には、非加熱の漬物である浅漬が原因となった食中毒事件の発生がある。

1. 漬物と食中毒

漬物を原因食とする1978年から2021年までの食中毒患者数の推移をまとめたものが図1である。年によって患者数の増減がみられるが、集団食中毒事件を引き起こした漬物のほとんどは浅漬か和風キムチのような非加熱で低塩の漬物である。図2は漬物による食中毒原因菌についてまとめたものであるが、腸炎ビブリオが最も多く、次に病原大腸菌、サルモネラ、ノロウイルス、黄色ブドウ球菌、植物性自然毒の順になっている。腸炎ビブリオによる食中毒の多くは、居酒屋や家庭などで食した浅漬が原因の場合がほとんどで、腸炎ビブリオが大規模な漬物の食中毒事件になることは少ない。これは、腸炎ビブリオが魚介類を調理した器具類からの二次汚染が原因であることが多く、漬物工場で起きることは稀である。したがって、漬物製造業における食中毒原因菌としては、病原大腸菌、サルモネラ、ノロウイルスが主たるものとなっている。実際、2012年以降、食中毒統計で漬物による食中毒の原因菌は、病原大腸菌、ノロウイルス、サルモネラ菌となっており、その他の食中毒原因菌は統計上は出ていない。

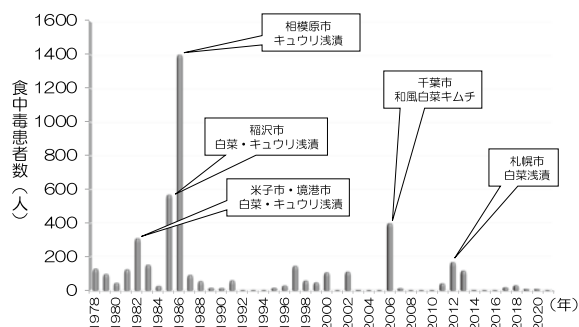


図1 漬物が原因食となった食中毒患者数 (1978~2021)

2. 浅漬における食中毒菌対策

浅漬の食中毒菌対策を実施するにあたっては、全日本漬物協同組合連合会がまとめた「漬物製造におけるHACCPの考え方を取り入れた安全・安心なものづくり」³⁾があり、基本的にはそれにしたがった製造・衛生管理を行うことが望まれる。HACCP方式に基づく衛生管理システムを支えているものは、いわゆる一般的な衛生管理事項とよばれるもので、表1に示す項目について日常的な管理を実行していくことが前提となる。また、製造後は浅漬類を消費者が口にするまで一貫した低温流通管理(コールドチェーン)を行うなど、資材の受入から、保管、選別、洗浄、下漬け、充填、金属検出、冷却、出荷までを含めた総合的な製造、衛生管理が必要なことはいうまでもない。

表1 一般的衛生管理事項

施設設備・付帯設備の衛生・保守管理
施設設備・機械器具の衛生・保守管理
そ族・昆虫の駆除
使用水の衛生管理
排水及び廃棄物の衛生管理
従業員の衛生管理
従業員の衛生教育
食品等の衛生的取り扱い
製品の回収プログラム
試験検査に用いる設備等の保守管理
原材料、半製品、製品等の検査

3. 浅漬原料野菜の洗浄殺菌

漬物類における食中毒の発生や微生物による品質劣化を防止するためには、原料野菜を汚染している食中毒菌はもちろんであるが、品質に悪影響を及ぼす有害菌を除去し、初発菌数を極力低減させることが基本である。さらには、その後の製造工程・流通過程において低温保持、pH調整、日持ち向上剤の利用など、微生物の増殖を抑制することが求められる。

現在行われている浅漬原料野菜の洗浄方法を表2にまとめた。次亜塩素酸ナトリウム水溶液を用いる方法が一般的であるが、それ以外には次亜塩素酸水(電解、混合)、炭酸次亜水や亜塩素酸水、過酢酸製剤などがあり、酢酸などの有機酸を用いる方法や焼成カルシウムやオゾン水を利用する場合もある。このように原料野菜の洗浄殺菌に関しては多くの手法があり、それに関する報告も多数存在するが、ここでは、一般的な次亜塩素酸を利用したものと同様に関心が高まっている過酢酸製剤による洗浄殺菌について述べる。

表2 原料野菜の洗浄殺菌方法

原料野菜の洗浄殺菌	物理的除菌	— 手洗浄 — 曝気(流水)洗浄 — 超音波 — 加熱
	化学的除菌	— 指定添加物 — 次亜塩素酸ナトリウム — 次亜塩素酸水(電解、混合) — 炭酸次亜水 — 亜塩素酸ナトリウム — 亜塩素酸水 — 過酢酸製剤 — 既存添加物 — 有機酸 — 焼成カルシウム(水溶液) — オゾン(水)

4. 次亜塩素酸

洗浄殺菌に最も多く利用されている次亜塩素酸 (HOCl) の抗菌スペクトルは広く、グラム陽性菌、陰性菌に対して強い殺菌力を示し、一部の真菌類やノロウイルスにも有効であることが知られている。なかでも、次亜塩素酸ナトリウム水溶液を用いる方法は経済的で取り扱いが比較的容易であることから漬物業界やカット野菜業界では最も多く利用されている。

次亜塩素酸ナトリウムは水中では次亜塩素酸イオンとして解離しているが、殺菌性を有するのは未解離の次亜塩素酸である。したがって、pHによる影響を強く受ける。次亜塩素酸ナトリウムの水溶液はpH 8～9であり90%以上は次亜塩素酸イオンとなって解離しているのでそのままでは殺菌力は低い。そこで、未解離の次亜塩素酸の割合が多くなる低pH領域で利用する方法として様々な次亜塩素酸水(電解型)が使用されるようになった。表3は、次亜塩素酸水の特性をまとめたもので次亜塩素酸ナトリウム水溶液の使用濃度(100～200ppm)よりも低濃度(10～100ppm)で使用されており、浅漬製品や製造環境の塩素臭の低減に効果のあることが知られている。

表3 次亜塩素酸水(電解水)の特性

	強酸性 次亜塩素酸水	弱酸性 次亜塩素酸水	微酸性 次亜塩素酸水	次亜塩素酸 ナトリウム水
pH	<2.7	2.7～5.0	5.0～6.5	8.0<
使用濃度 (ppm)	20～60	10～60	10～30 (～80)	100～200
主殺菌物質	遊離次亜塩素酸	遊離次亜塩素酸	遊離次亜塩素酸	遊離次亜塩素酸
生成法	有隔膜電解槽の陽極	有隔膜電解槽の陽極または陽極+陰極	無隔膜電解槽の全量	製造装置は不要
原料	0.2%以下の塩化ナトリウム水溶液	適切濃度の塩化ナトリウム水溶液	適切濃度の塩酸または適切濃度の塩酸+塩化ナトリウム水溶液	次亜塩素酸ナトリウム

名塚らは、次亜塩素酸ナトリウムの濃度と処理時間についてレタス、キャベツ、キュウリに接種した大腸菌に対する洗浄殺菌効果について検討し、次亜塩素酸ナトリウムを使用することにより殺菌洗浄効果は認められるが、有効塩素濃度を100、200、400ppmと変化させて処理した場合の洗浄殺菌効果は、野菜の種類にかかわらず顕著な差はなく、時間的には5分以上処理しても菌数の減少がそれほどみられないことを報告している⁴⁾。したがって、有効塩素濃度を200ppm以上の高濃度にしても効果が期待できないことや野菜に対しては悪影響がでること、また、従業員に対する作業環境からも100～200ppmで洗浄殺菌時間は5～10分間程度で行うのが有用と考えられる。次亜塩素酸ナトリウム水溶液がアルカリ性を示すのに対し、次亜塩素酸水は酸性を呈するので手荒れが少ないなどの利点があるが、設置費用が高いことや分解用電極には高価な金属が使われることから取り替えのためのメンテナンス費用がかかることや貯め置きが困難であることが短所となっている。そこで、近年、電気分解によらず次亜塩素酸ナトリウム水溶液に塩酸などを加えることによってpH5.0～6.5に調整した50～100ppmの次亜塩素酸を用いる混合型のものや二酸化炭素(炭酸ガス)を添加することによって、pH5.0～6.5に調整し、洗浄殺菌を行う炭酸次亜水が利用されることが多くなっている。

表4は、キャベツやレタスを対象に、従来の次亜塩素酸ナトリウム水溶液(200ppm)と微酸性次亜塩素酸水(70～79ppm)による洗浄殺菌の効果を比較したものであるが、微酸性次亜塩素酸水は低濃度にも関わらず次亜塩素酸ナトリウム水溶液と遜色のない殺菌効果を有することがわかる⁵⁾。

表4 次亜塩素酸水の洗浄殺菌効果

	キャベツ	レタス	カイワレダイコン	鶏肉ささみ
一回目				
未処理	1.0×10^5	2.9×10^6	1.3×10^7	1.5×10^5
微酸性次亜塩素酸水*1	5.2×10^3	1.0×10^5	3.4×10^6	2.6×10^4
次亜塩素酸ナトリウム(200mg/kg)	5.5×10^3	3.1×10^4	1.5×10^6	2.3×10^4
二回目				
未処理	3.4×10^4	2.6×10^5	8.3×10^7	5.0×10^4
微酸性次亜塩素酸水*2	7.5×10^3	5.1×10^3	8.4×10^5	1.1×10^4
次亜塩素酸ナトリウム(200mg/kg)	3.8×10^3	1.1×10^4	9.0×10^6	5.1×10^3

*1: pH6.3 有効塩素濃度 70mg/kg *2: pH6.1 有効塩素濃度 79mg/kg

5. 過酢酸製剤

過酢酸製剤は、1986年にFDAで認可され、2016年には日本で食品添加物として指定された洗浄殺菌剤である。使用基準は過酢酸として、牛肉・豚肉は1800ppm以下、鶏肉は2000ppm以下となっており、野菜・果物の場合は80ppm以下となっている。なお、設備、施設等のサニテーションに使用する場合の基準はない。過酢酸製剤は、図3で示すように、主に過酢酸、過酸化水素、酢酸から成る洗浄殺菌剤で、強い酸化作用を有する酸素ラジカルを放出することにより殺菌作用を発揮する。次亜塩素酸と異なり有機物の存在下においても効果が減衰しにくいことが知られており、医療機器やペットボトルなどの消毒でも使用されている。最終分解物が、水、酸素、酢酸であることも特性の一つとなっている。ただ、強酸化剤のため、金属や樹脂を傷める場合や濃度によっては、刺激臭や排水の際に活性汚泥にダメージを与えることがある。

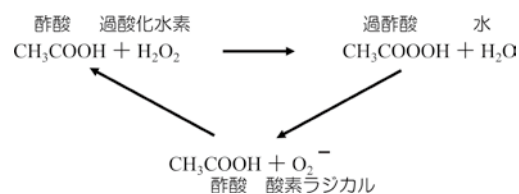


図3 過酢酸製剤

E.coli O157:H7を付着させたルッコラを80ppmの過酢酸製剤で5分間洗浄殺菌した後、25℃で保存した場合の生菌数変化を調べたものが表5で、200ppmの次亜塩素酸で5分間洗浄殺菌したものよりも殺菌・保存効果が優れていることが報告されている⁶⁾。

表5 過酢酸製剤で洗浄殺菌したルッコラの生菌数 (*E.coli*) 変化

保存日数 (日)	生菌数 (log.cfu/leaf)			
	対 照	水	次亜塩素酸	過酢酸
0	5.72±0.51	5.58±0.51	4.95±0.75	4.52±0.54
0.5	5.74±0.26	5.60±0.37	5.31±0.43	4.55±0.44
1.0	5.81±0.18	5.68±0.16	5.31±0.26	4.93±0.15
3.0	6.12±0.23	5.97±0.12	5.58±0.48	4.90±0.28
7.0	6.34±0.51	6.19±0.71	5.74±0.88	5.24±0.89

参考文献

- 1) 「自宅に漬物が作れない…」, 河北新報 (2021.9.6)
- 2) 「社説:改正食品衛生法 漬物作りの支援策必要」, 秋田魁新聞 (2022.5.9)
- 3) 「漬物製造におけるHACCPの考え方を取り入れた安全・安心なもののづくり」, 全日本漬物協同組合連合会編 (2018)
- 4) 名塚英一ら: 日本食品微生物学会雑誌, 22 (3), 89 (2005)
- 5) 厚労省: 「次亜塩素酸水の成分規格改正に関する添加物部会報告書」(2007)
- 6) Al-Nabulsi, A. A. et al.: *J.Food Protection*, 77, 32-39 (2014)

(東京家政大学大学院 宮尾茂雄)

アサマ化成株式会社

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

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

- 本社 / 〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町20-6
- 大阪営業所 / 〒532-0011 大阪市淀川区西中島5-6-13 御幸ビル
- 東京アサマ化成販売 / 〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町2-1
- 中部アサマ化成販売 / 〒453-0063 大伝馬町吉番地ビル5階
- 九州アサマ化成販売 / 〒815-0031 名古屋市市中村区東宿町2-28-1
- 桜陽化成 / 〒006-0815 福岡県福岡市南区清水1-16-11

- TEL (03)3661-6282 FAX (03)3661-6285
- TEL (06)6305-2854 FAX (06)6305-2889
- TEL (03)3666-5841 FAX (03)3667-6854
- TEL (052)413-4020 FAX (052)419-2830
- TEL (092)408-4114 FAX (092)408-4350
- TEL (011)683-5052 FAX (011)694-3061