

過酢酸製剤の特徴と有効性

小津産業株式会社

大 越 俊 行
お ご し と し ゆ き

はじめに

厚生労働省による過酢酸製剤の認可検討が2013年4月から始まり、2016年内に認可されることが期待されている。日本国内における過酢酸製剤の運用事例は、食品工場の施設や機器類の消毒を目的としたものや、医療機器の消毒が主体であり、食品添加物認可前であるため、食品に対する除菌テスト事例は少ないのが現実である。

認可が間近に迫る中、実際の食品に対する評価テストを行うための一助として、過酢酸製剤の基本的な特徴とテスト時の留意点を紹介する。

1 過酢酸製剤の特徴

1-1 過酢酸製剤とは？

(1) 基本特性

過酢酸製剤は、過酢酸、過酸化水素、酢酸、オクタン酸、1-ヒドロキシエチリデン-1,1ジホスホン酸（以下、HEDPと省略）を含有する混合物である。場合により、反応物である過オクタン酸を含む。

*オクタン酸、過オクタン酸の配合は任意

過酢酸製剤希釈液は、図1の平衡反応

を保っている。

過酢酸製剤の特徴として有機物接触時に失活が起きづらいことが挙げられるが、その理由は、この平衡状態にある。過酢酸製剤の除菌主成分である過酢酸が、菌に対して酸化作用を起こす際に、酸素ラジカルを放出して酢酸に変化する。この酸素ラジカルは酸化力が強く、これが各種菌に対して殺菌効果を示す。

一方、反応をした過酢酸は酢酸になり、図1上部の酢酸として過酸化水素と再度反応し過酢酸を生成する。平衡状態を維持するためのこの反応が継続的に希釈液内で起こっているため、過酢酸濃度を測定した場合、濃度が安定している。

酸化作用を持つ除菌剤の効果を表す時に使用される指標として酸化還元電位がよく用いられる。

図2（酸化還元電位表）に示したように、過酢酸

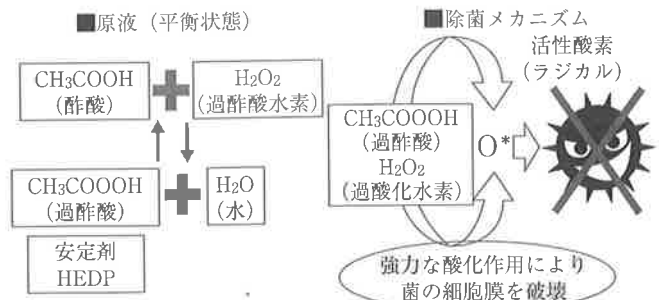
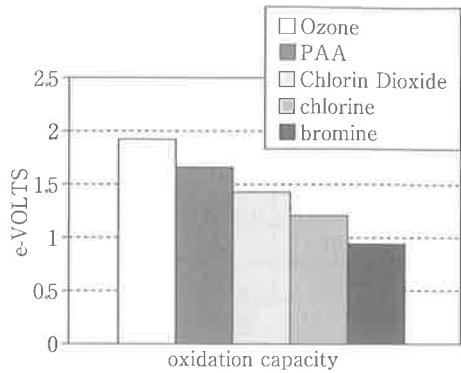


図1 過酢酸製剤反応メカニズム



米国：エンピロテック社データ

図2 除菌剤酸化還元剤比較

表1 食中毒菌に対するPAA (10, 30, 80ppm) の効力
(対照サンプル：5.04 log₁₀ CFU/mL)

詳細	残存数 (log ₁₀ CFU/mL)	減少数 (log ₁₀ 減少)	減少率 (%)
対照	5.04	N/A	N/A
10 ppm PAA・30秒	2.70	2.34	2 D
10 ppm PAA・60秒	1.78	3.26	3 D
30 ppm PAA・30秒	1.76	3.28	3 D
30 ppm PAA・60秒	0.85	4.19	4 D
80 ppm PAA・30秒	<0.10	>5.04	> 5 D
80 ppm PAA・60秒	<0.10	>5.04	> 5 D

米国：エンピロテック社データ

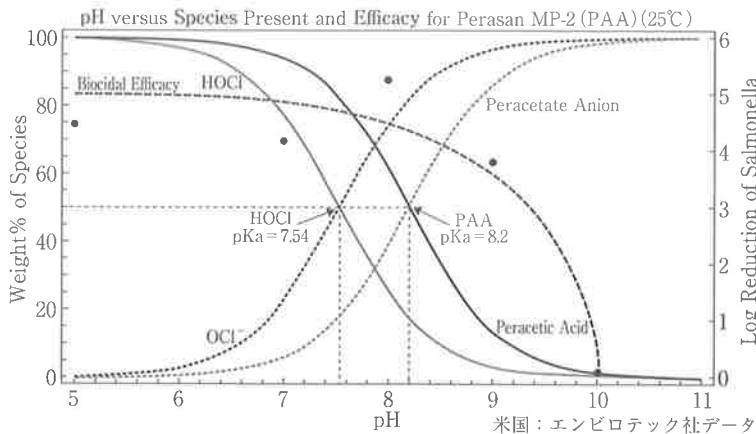


図3 過酢酸除菌効力のpH依存性

からでる酸素ラジカルはオゾンに続く酸化還元電位を持っており強力な酸化剤であることが確認できる。

1-2 過酢酸製剤のpH依存度について

除菌剤を運用するうえで重要なのがpHの管理である。pHの偏りは食品に対してダメージを与えてしまう原因になるが、除菌剤の効果に対しても大きな影響を与える。とくに、塩素系の除菌剤はアルカリ性であるが、効果を最大限に引き出すためには、弱酸性域で運用することが必要である。図3に示すように、過酢酸製剤のメリットはpH依存度が低く、弱アルカリ性域でも除菌効果を発揮することである。海外では、過酢酸製剤は、広範囲

のpH域で除菌効果を発揮することが可能であり、細かいpHの調整が必要ないという点が高く評価されている。

1-3 殺菌効果について (アメリカ事例)

表1に、過酢酸製剤の食中毒菌の殺菌効果の測定結果を示す。

過酢酸濃度を変化させ、また時間を変えて測定した結果である。80ppmの濃度では、30秒の短時間で5D以上の菌の減少があり、10ppm程度の低濃度でも1分間で3桁以上の減少が認められる。このことより過酢酸製剤希釈液は低濃度でもしっかりと菌に接触することで効果が期待できることが分かる。

表2 芽胞形成菌に対する過酢酸の効果

対象菌：枯草菌

米国：エンビロテック社データ

ppm濃度 (v/v%)	曝露時間	試験温度	平均生存数 (cfu/mL)	微生物 初期存在数 (cfu/mL)	微生物 初期存在数 (log10)	log ₁₀ 減少	%減少
391ppm	15秒	46℃	TNTC	8.1×10 ⁷	7.91	0	0%
		60℃	1.2×10 ⁴	8.1×10 ⁷	7.91	3.83	> 3 D
977ppm	15秒	46℃	0	8.1×10 ⁷	7.91	7.91	> 7 D
		60℃	0	8.1×10 ⁷	7.91	7.91	> 7 D

※今回は目的が短時間での効果であったため、高濃度の過酢酸を使用している。接触時間がより長く取れる場合は、時間反比例して濃度を下げることができる。

1-4 芽胞形成菌に対する効果

芽胞を形成する特徴を持つ菌に対する過酢酸製剤の効果について、表2に示す。芽胞は熱に強く、通常の煮沸消毒では除去できない。

芽胞形成は、生育環境が悪化した場合に菌がいわば冬眠状態になることである。強固な殻を形成するため、加熱や殺菌剤で死滅することが難しいとされている。

表2の結果（アメリカ事例）は過酢酸製剤が芽胞形成菌に対しても有効であることを示す。短時間での効果を見るために高濃度での試験を実施したが、977ppmでは温度に拘らず15秒の接触で7D以上の殺菌効果が得られる。

このように、過酢酸製剤は短時間で芽胞菌が形成する外郭構造をも破壊できることが分かる。

1-5 塩素系除菌剤、アルコールとの接触時の反応

過酢酸製剤希釈液と塩素系除菌剤希釈液接触時には、下記の反応が起こる。



* 過酢酸希釈液は、次亜塩素酸ナトリウム希釈液と混ぜると酸素と酢酸と塩になる。

また、過酢酸希釈液とアルコールの接触時は下記の反応が起こる。



* エタノールは酸化されてアセトアルデヒドになる。

上記のように、過酢酸製剤希釈液は、現在、現場で使用されている殺菌剤（希釈液含む）と接触した場合にガス等を発生させることはない、しかしながら、併用してしまうと個々の殺菌剤の有効濃度を下げてしまうので避けた方がよい。

なお、塩素系除菌剤原液と過酢酸製剤原液が接触した場合は、塩素ガスが発生する恐れがあるので、薬剤保管場所や取り扱いには注意が必要である。

2 過酢酸製剤の有効性

2-1 過酢酸製剤の評価方法

ターゲットとする食品に使用する除菌効果を評価する上で重要視しなくてはならないのが、実際の現場をイメージすることである。

過酢酸製剤の評価を行う場合には是非下記の点を考慮して評価を行っていただきたい。

①有機物存在下での対象表面の除菌効果

サンプルは、実ラインでの運用を想定して、該当箇所から抜き取ることが重要である。このようなサンプルを用いて表面除菌の試験を行うことにより、過酢酸製剤は有機物が存在している中で対象食品の表面を除菌できるという点が確認できる。

試験管の中に希釈液を作成し、菌液を混ぜて効果を確認する方法では実際の使用条件を反映できない。

②処理後の過酢酸希釈液内の菌数確認

水槽に除菌剤を溜めて除菌する方法では、処理

後の希釈液内に菌が残存している場合、その希釈液により処理対象物の二次汚染が生じてしまう。失活が早い除菌剤を用いて除菌作業を行う場合、このような二次汚染が発生するため、常に濃度監視をしなければならない。

逆に、使用後の希釈液内に菌が残存せず、薬剤濃度が維持されていれば、二次汚染は発生せず、再利用することが可能である。

処理後の希釈液内の菌数を確認することで、対象表面の菌を洗い流しただけなのか、それとも洗い流された菌が確実に除菌できたのか、を評価することができる。

正しく除菌効果を評価するためには、処理後の希釈液の菌数を測定することは必須である。

③処理後の希釈液の濃度

上記②に記載したように、使用後の希釈液濃度が保持できていれば除菌効果は継続すると考えられる。つまり、除菌剤の濃度低下がないことは希釈液内に菌が残存する可能性がなく、再利用が可能か否かの判断指標となる。

実際の運用方法を決定するうえで、対象表面の菌数、希釈液内菌数、希釈液濃度の低下度合を確認することは非常に重要である。

このような試験結果をもとに、対象毎の効果的な運用方法を確立することで、保存性の向上をはかり、自社の商品の優位性を発揮していただきたい。

④官能評価時の留意点

現在過酢酸製剤を用いて食品表面の除菌効果に関して様々なテストが行われている。除菌評価を行った際に同時に行われるのが官能検査であるが、よくご質問をいただく内容に関して少しだけ述べさせていただきます。

対象表面に存在している過酢酸希釈液は野菜、肉等が持つ酵素と反応し速やかに分解され、酢酸となる。酢酸は揮発性の成分なので最終的には一切の残留がない。

しかしながら、過酢酸処理後の対象と過酢酸希釈液と一緒に保管袋にいれ保存した場合は、酢酸

表3 厚労省発表の過酢酸製剤の運用ガイドライン(案)

アメリカ基準	日本運用基準(案)
野菜：80ppm 果物：80ppm	野菜：80ppm 果物：80ppm
牛肉、豚肉：1,800ppm 鶏肉：2,000ppm *内臓含む 魚：190ppm	牛肉、豚肉：1,800ppm 鶏肉：2,000ppm *内臓含む

サニテーションに関する使用上限は設定なし

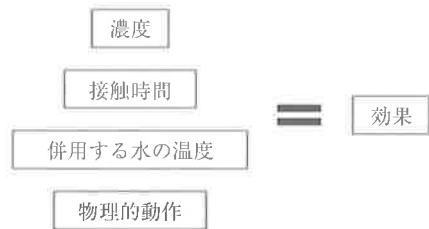


図4 過酢酸製剤運用時のポイント

が揮発しないため、臭いが残る可能性がある。過酢酸製剤を使用した場合、リンス作業は必要ないことを確認するための官能評価を行う場合は、カット野菜であれば脱水後、食肉であれば枝庫保管同等の時間が経過した後に行うことを前提として試験を行う必要がある。もし、過酢酸処理直後に包装工程を考えている場合は、過酢酸処理工程後に軽度なリンスを加えれば臭いの問題は解決できる。

2-2 過酢酸製剤運用ガイドラインと運用時のポイント

現在検討されている過酢酸製剤の運用ガイドラインを表3に示す。ここに記載されている運用濃度は上限である。この上限値を踏まえてどのような濃度を設定するかが、今後、日本で運用する際の課題である。

過酢酸製剤の効果は濃度に比例することは間違いないが、効率よく運用するためには図4のポイントを押さえる必要がある。これらのポイントの相関関係で除菌効果が決まってくるので、濃度を下げするためには、濃度以外の指標を調整する必要がある。その中でも、特に重要なのは対象への接触である。過酢酸製剤は低濃度でも強い除菌効果

目的：野菜の鮮度保持

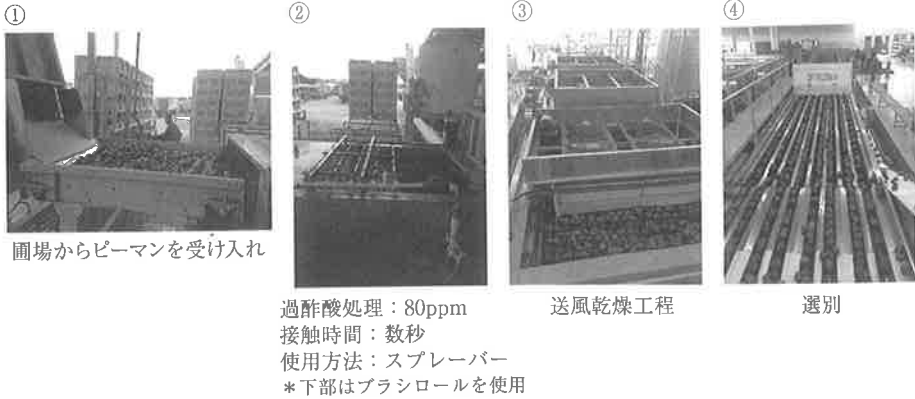


図5 海外丸野菜処理事例（ピーマン）

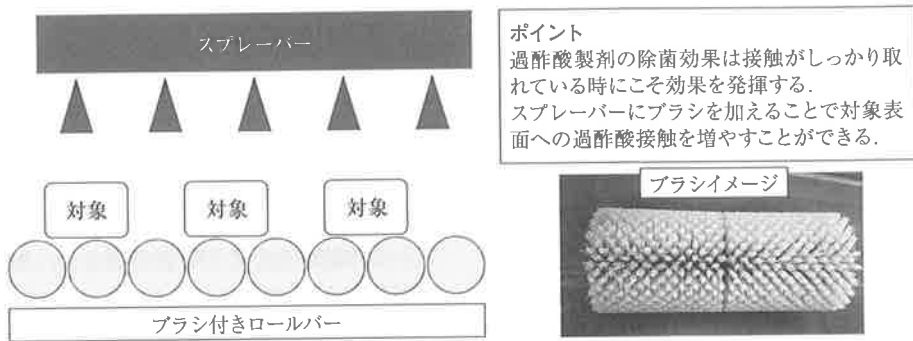


図6 丸野菜を除菌する際の共通工程

を有しているので、対象表面に存在する菌にしっかりと接触させることができれば確実に菌数は減らせる。アメリカではスプレー水圧、ブラシ、パブリッシング等を用いて接触機会を増やす工夫がされている。

2-3 海外での運用事例

すでに過酢酸運用を行っている海外の事例を図5で紹介する。これはメキシコにおける過酢酸製剤の運用事例である。海外では収穫後の野菜を除菌処理することは一般的であり、多くの工場がこのような処理を行っている。ポイントは、収穫した状態（丸野菜）での処理である。

丸野菜での除菌処理を行うことで、その後のカット工程などによる二次汚染を低減でき、結果として鮮度保持が可能となる。

また、図6のように物理的な処理を加えることも重要なポイントである。過酢酸噴霧の工程が数秒と短い場合でも、ブラッシングとの併用により、高い除菌効果を発揮することができる。

2-4 過酢酸製剤を用いた鮮度保持テスト（海外事例）

上記で過酢酸製剤を用いた除菌方法を紹介したが、この処理を行う目的をイメージ化したものを図7に示す。収穫後に適切な除菌を行うことで野菜表面の菌数を下げ、それを同一温度で管理すれば、初発菌数を減らしたことが鮮度保持につながるという考え方である。

菌数の増え方は温度依存性が高いため、保管＋流通中の温度を更に下げることができれば、鮮度は更に伸びると考えられるが、その場合において

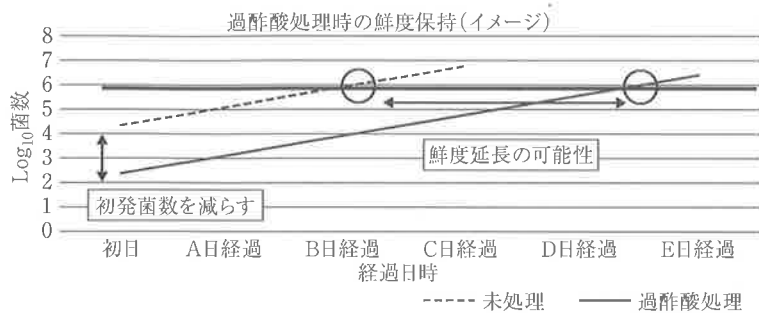


図7 丸野菜除菌による鮮度保持の可能性

20日目	対照	塩素系 270ppm	過酢酸 80ppm
優良	24%	35%	50%
良好	71%	41%	44%
標準	6%	24%	6%
計	100%	100%	100%

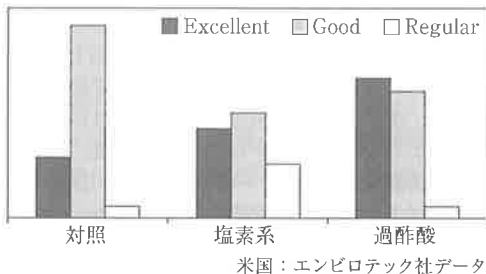


図8 過酢酸を用いた鮮度保持テスト①
(米国事例：ピーマン，保存温度：5～7℃)

33日目	対照	塩素系 270ppm	過酢酸 80ppm
優良	6%	6%	19%
良好	41%	35%	52%
標準	53%	59%	29%
計	100%	100%	100%

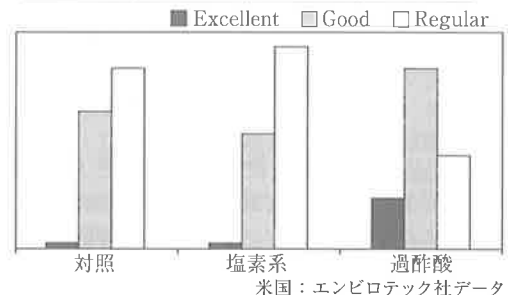


図9 過酢酸を用いた鮮度保持テスト②
(米国事例：ピーマン，保存温度：5～7℃)

も初発菌数を減らしておくことは非常に重要である。

実際に過酢酸処理された野菜の鮮度保持テストの結果を図8、図9に示す。過酢酸処理されたピーマンを同一温度で保管した場合、商品の品質がどのように変わるか、という点を目視確認で評価している。

保管開始から20日目、33日目共に過酢酸処理を行ったピーマンの状態の方が、コントロール、塩素処理に比べ良いという結果になっている。

丸野菜の初発菌数を減らすということは、野菜そのものの鮮度保持以外にも大きなメリットがある。カット野菜の菌数管理を考えた時、使用される野菜の菌数は少ない方がカット後の除菌処理工

程にかかる負担は少ない。野菜表面の菌数が多い場合、カット処理時に菌を野菜のカット面内部に入り込ませるリスクが高くなる。このような状態で除菌剤を効果的に菌に接触させることが難しいことから、処理対象の野菜表面菌数を低減させることは非常に重要である。海外では、菌数の少ない野菜を処理すれば菌数の少ない加工商品ができ上がるという考え方で菌数管理を行っている。

おわりに

過酢酸製剤は、まだ日本国内では食品添加物として認可されておらず、食品表面への使用は認められていない。またテストに使用した食品は販売

することができない等、積極的にテストを行う体制は整っていない。しかしながら、アメリカを初めとする多くの国ではすでに数十年の運用実績があり、効果が認められている。

すでに使用している国の事例は重要なヒントとなるが、日本での運用は日本流のやり方があり、

それを確立することが、日本の食品業界の本当の強みになっていくと考える。日本産の素晴らしい食品を日本独自の除菌ノウハウによって日本国内のみならず、世界に発信していくことで日本の農産物、畜産物がますます発展していくことを期待している。