

アサマ

ニュース

2012-9 No.150

食品微生物の制御

食品微生物の化学的制御－5

ASC（酸性化亜塩素酸ナトリウム殺菌システム）の再考

前報で幾つかのかの可能性のある食品微生物の制御システムを紹介するなかで、ASC 殺菌システムをそのシステムの一つとして紹介している。

しかし、ASC 殺菌システムは、既にわが国では一部が、つまり亜塩素酸ナトリウムが、食品添加物として登録され、実施されている殺菌システムであるが、しかし、アメリカで実施されているものとは、対象食品や、実施方法がかなり異なっている。その違いは著しいというよりは、微生物制御について、添加物による殺菌の機作が異なっていることにも原因があるようなので、米国での幾つかの実施例を含めて紹介し、ここで再考しておくのが必要なのではないかと考え、以下のようなポイントに分けて考えてみることにした。

1. 米国とわが国での許可基準の違い

両国のシステムの許可基準を示すと、表1の様である。注目されることは、(1) ASC の使用対象食品が、両国間で全く異なること、(2) 食品への残留基準が異なること、(3) ASC システムとは、亜塩素酸ナトリウムと適当な GRAS の酸との組み合わせによる殺菌システムを指し、日本の食品添加物の亜塩素酸ナトリウムのみを指すのとは異なっていることの三つである。さらに、多分問題になりそうなのは、食品添加物として同じ化合物が使用される場合、国によって大きな違いがあれば、二つの国の住人（中には、日米両国の市民権を取っている人もいる）にとっては、かなり困ることが起こるかも知れないと云う点と、片方の国で製造された食品はもう一方の国に輸出できないことも起こるかも知れないと云う点であろう。

まず、使用対象食品は、米国では家禽屠体やその肉製品、および、赤肉やその肉製品の殺菌であるのに対し、日本では海産物のかずのこを別とすれば、野菜、果実や果皮などの漂泊と殺菌である。それにしても、これほど2国間で許可範囲が異なっていて大丈夫なのだろうかと思う。

また、日本では使用した場合、最終食品には分解又は除去することになっている。どのような方法によって分解又は除去するのは決められてはいないが、例えば水洗などの方法で、容易に最終食品から残らないようにす

ること可能だとする場合、奇妙な問題が残る。つまり、ASC を使用して食品の殺菌を行ったことをどのようにして検出するのか。また、使用許可対象食品以外の食品に使用した場合、どのようにして検出するのかという問題である。この他にも詳細に突きつめれば、食品原材料の殺菌を ASC で行って、それを食材として2次食品を作れば、どうするのかとかという問題もあるかもしれない。

国別	米国（1）	日本（2）
対象食品	家禽屠体（予冷ないし冷却液に使用） 家禽部分肉、内臓（浸漬ないし噴霧） 赤肉および赤肉の部分と内臓（浸漬ないし噴霧） 海産物および農産物資材（40～50ppm 溶液浸漬） 商用目的の包装、梱包、保管物、食品雑貨（500～1200ppm 浸漬ないし噴霧）	かずのこの加工品 かんきつ類果皮 さくらんぼ 生食用野菜類 卵類（卵殻の部分に限る） ふき、もも、ぶどう
使用基準	500～1200ppm 亜塩素酸ナトリウム水溶液と GRAS 有機酸と組み合わせて pH2.3 から 2.9 を呈する溶液を対象食品に噴霧するか、対象食品を浸漬する。 予冷ないし冷却液では、亜塩素酸ナトリウムの 50～150ppm を GRAS 有機酸と組み合わせて使用。	浸漬液中 0.5g/l 以下
使用制限		最終食品の完成前に、分解又は除去すること

表1 ASC の食品添加物基準比較

2. 米国で研究されている ASC の用途

先の許可基準で示したように、米国での研究開発は、既に紹介した白菜の *E.coli* O157:H7 の制御や、アルファルファ種子上の *Salmonella* 殺菌の例もあるが、主として家畜や家禽類の屠体やそれから部分肉上の危害細菌の殺菌、制御である。これらの用途は、現在わが国では許可されてはいないが、参考にできるかもしれないので、ここに主なものを紹介する。

(1) ビーフ屠体処理

Castillo らは、ビーフ屠体表面の *E.coli* O157:H7 と *Salmonella* Typhimurium の殺菌に ASC を用いた効果を報告している⁽³⁾。実験方法の詳細は省略するが、施設で飼育された牛を屠殺し、各部に分け、2種の被検菌をリファンピシン耐性として分離を容易にしたものを、牛糞と混合練り合わせて、*E.coli* O157:H7 は 5.5logCFU/cm²、*S.Typhimurium* は 5.4logCFU/cm² 接種し、各処理後の組織切片を、ボーラーでくりぬいて菌数検査等の試験に供した。ASC は GRAS の酸としてリン酸と組み合わせたもの（PASC）とクエン酸と組み合わせたもの（CASC）を用

意し、試験した。水又は試験液は、両 ASC の亜塩素酸濃度は164mg/ 1 に合わせて、69kPa で10秒間140ml を噴霧。報告されている最も簡単な結果を示すと、表2の様である。クエン酸を使用した ASC とリン酸の ASC では、クエン酸の方が効果的には優れているが、逆の効果の例も報告されているようで、必ずしもこの表の結果にこだわらない。また、実際は、この他屠体を各パーツに分けて、2種の細菌に対する詳細な効果が報告されているが、省略する。

微生物名	処理		
	水処理 n = 20	PASC 処理 n = 10	CASC 処理 n = 10
<i>Escherichia coli</i> O157 : H7	2.3	3.8	4.5
<i>Salmonella</i> Typhimurium	2.3	3.9	4.6

log 減少値 = (処理前の logCFU/cm²) - (処理後の logCFU/cm²)

表2 ビーフ屠体の表面上の各処理を施された *S.Typhimurium* と *E.coli* O157 : H 7 の最小の平均 log の減少値 (文献⁽³⁾より抄録)

(2) 家禽屠体処理

Kemp らは、ブロイラー屠体を使用して、リン酸及びクエン酸活性化 ASC の効果テストを行った⁽⁴⁾。彼らの実験の目的は、従来のブロイラーの衛生化には、次亜塩素酸系の化合物が使用されていたが、数十 ppm 以上のレベルでも十分な効果が見られず、最大でも1.6 log 程度の菌数減少にとどまり、この改善策として常時20ppm の塩素が加工プロセスを通じて流され、タンクをオーバーフローする水中にも塩素が1 - 5 ppm 流される状態で、0.2 - 0.6 log の好気性菌減少、大腸菌群は0.0 - 0.3 log の減少にとどまっている状態で、多くの研究者は塩素は *Salmonella* には効きが悪いと云う印象で一致し、単に塩素はプラントの錆を発生させるだけで、しかも有機物と反応して変異性物質を形成するだけだと云う印象を持つに至っている。

最近開発された ASC は塩素の代わりとして殺菌に利用することが出来、しかも FDA から家禽類、赤肉、海産物及び果実や野菜の農産物の殺菌剤として許可されている。ASC は亜塩素酸ナトリウムを含む化合物で、微生物の耐性も形成されにくいことが確認されている。

屠体の処理方法の詳細は説明できないが、リン酸による活性化 ASC 及びクエン酸活性化 ASC の両者を、ASC 濃度500ppm、850ppm、及び1,200ppm の溶液に浸漬5秒間、及び15オンスの ASC 溶液の15秒間噴霧で実施している。

結果は多くの表に表されているが、浸漬と噴霧処理のデータが揃って示されている結果を表3のように引用するが、ASC の効果は認められる。

微生物種	屠体グループ	ASC 処理方法	
		浸漬 n = 20	噴霧 n = 20
好気性菌	対照	2.80	2.83
	実験処理	2.03	2.31
	log での減少	0.77 (83.0%)	0.52 (69.8%)
<i>E.coli</i>	対照	1.52	1.44
	実験処理	0.29	0.67
	log での減少	1.23 (94.3%)	0.77 (82.9%)
全大腸菌群数	対照	0.97	0.82
	実験処理	0.04	0.30
	log での減少	0.93 (88.2%)	0.52 (69.7%)

ASC : クエン酸 ASC 1,200ppm、使用

表3 処理方法の評価：水処理或いは ASC 処理（浸漬及び噴霧）の細菌数の減少⁽⁴⁾

(3) ブロイラー屠体の *Campyrobacter* と *E.coli* の制御への ASC 殺菌の利用

Oyarzabal らは、最近世界的に下痢の原因となっている *Campyrobacter* 症の原因となっている家禽類屠体の *Campylobacter* 汚染の流行を制御するために、実験を始めた⁽⁵⁾。

各種の鶏体試料をランダムに集め、内部外部食鳥洗浄 (IOBW : inside-outside-bird-washer) 処理前、IOBW 処理後、チラー後 (post chill)、およびチラー後の後、ASC 処理を法定認可の家禽処理場で実施した。チラー後の ASC 処理はホールな屠体で、チラー後直ちに約15秒間実施。ASC の実施方法は法定の方法に従い、500 ~ 1,200ppm の亜塩素酸ナトリウム濃度を、pH2.3 ~ 2.9 に調整。その後菌数検査。結果の一例は表4の通りである。

施用時期	<i>Campylobacter</i>		<i>E.coli</i>
	菌数 (logCFU/ml)	Prevalence (%)	菌数 (logCFU/ml)
Pre-IOBW	2.83	100	2.51
Post-IOBW	2.13	100	1.45
チル後 (Postchill)	1.04	100	1.22
ASC 後	0.12	12.5	0.00
標準偏差	0.081		0.06

表4 市販のブロイラー屠体から回収した *Campylobacter* spp. と *E.coli* に対する ASC の効果⁽⁵⁾

以上の他にも、Arritt らによるチキン胸肉の皮上の *Campylobacter jejuni* の制御における ASC を含む数種の殺菌剤の効果比較⁽⁶⁾、Yi-Cheng Su らによる生鮭に汚染している *Listeria monocytogenes* の菌数減少に対する ASC の効果⁽⁷⁾、Luchansky らの cook-in-bag の七面鳥胸肉の熱水によるプロセス後の殺菌における乳酸カリとナトリウムディアセテートと ASC の効果比較⁽⁸⁾ など食肉類の殺菌に関する多くの報告が見られる。

3. 現実に市場で発生している問題の解決と、更に有効な用途への開発の可能性

以上簡単に ASC の効果について紹介したが、その効果は、強い酸化力に基づく殺菌力で、しかも次亜塩素酸のように活性塩素が消費されずに、金属にさびの発生などは少なく利用される。安全性の検討をしておくことにすれば、最近多く問題となっている生肉や内臓肉のなま食による食中毒の防止に、なま食用の食用肉に限って ASC による殺菌を義務付けることにしてはどうだろうか。

また、数年前に食塩濃度を低下させたあまり、食中毒を起こしているイカの塩辛を原因食とする食中毒事件や、特に、最近患者数102名 (8月15日までの報道による) の大規模な大腸菌 O157 による食中毒を起こし、しかも主に高齢者施設用に出荷された製品であったために、100歳代と80歳代の複数の高齢者を含む痛ましい死者を出し、大々的に8月15日付の読売新聞や朝日新聞⁽⁹⁾ によって報道された白菜の浅漬は、原料野菜の殺菌を亜塩素酸ナトリウムによって殺菌することが、既に許可されている⁽²⁾ ことを考えると、食品衛生行政担当者と製造業者の怠慢とも言えるものかもしれない、また浅漬の白采製造に当たっては、原料野菜の殺菌を、ASC によって入念に実施することを、義務付けることが必要であろう、また、殺菌力のある有機酸組成と食塩の比率の再検討が必要なのではないかと思われる。

引用文献

- (1) Acidified sodium chlorite solution. Code of Federal Regulation 21 CFR 173.325.
- (2) 食品・食品添加物等規格基準（抄）、食品添加物 殺菌料及び漂白剤の項 食衛誌52、(1) J145および J151 (2011)
- (3) A.Castllo, L.M.Lucia, G.K. Kemp, and G.R. Acuff: Reduction of *Escherichia coli* O157 : H7 and *Salmonella* Typhimurium on Beef Carcass Surfaces Using Acidified Sodium Chlorite, J. Food Prot. 62, 580-584 (1999)
- (4) Kemp, G.K., Aldrich, M.L. and Walldroup. Acidified Sodium Chlorite Antimicrobial Treatment of Broiler Carcasses, J. Food Prot. 63, 1087-1092 (2000)
- (5) Oyarzabal Omar A., Hawk, C. Bilgill, S. F. Warf, C.C. and Kemp G. K. Effects of Postchill Application of Acidified Sodium Chlorite to Control *Campylobacter* spp. and *Escherichia coli* on Commercial Broiler Carcasses, J. Food Prot. 67, 2288-2291, (2004)
- (6) Arritt, F, M. Eifert, J.D. Pierson, M.D. and Sumner, S.S., Efficacy of Antimicrobials Against *Campylobacter jejuni* on Chicken Breast Skin: Poultry Science Association., Inc. (2002)
- (7) Su, Yi-Cheng, and Morrissey, M.T. Reducing Levels of *Listeria monocytogenes* Contamination on Raw Salmon with Acidified Sodium Chlorite, J. Food Prot. 66, 812-818 (2003)
- (8) Luchansky, J.B. Cocoma, G. and Call, J. Hot Water Postprocess Pasteurization of Cooked-in-Bag Turkey Breast Treated with and without Potassium Lactate and Sodium Diacetate and Acidified Sodium Chlorite for Control of *Listeria monocytogenes*, J. Food Prot. 69, 39-46 (2006)
- (9) 2012年8月15日読売新聞、同2012年8月15日朝日新聞 (オンライン)

(松田敏生 フードスタッフ研究所)

食品加工と微生物

電解水を利用した野菜の洗浄殺菌

農産加工品の中でも、カット野菜が利用される野菜サラダや調理済パンあるいは1～3%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最終製品に移行するため、製品の品質低下を招きやすい。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り微生物の生育を制御する方法が有効であるが、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重要である。野菜に付着している微生物の減少を図るには、一般的に次亜塩素酸ナトリウムが利用されているが、2002年、食品に電解水を使用することが認められて以来、電解水を洗浄殺菌に用いるケースが増えている。そこで、今回は電解水を用いた野菜の洗浄殺菌について述べる。

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ることから、土壌、灌漑用水、動物のし尿などの汚染を受けるとともに収穫後の流通段階でも汚染される。一般的に生野菜の細菌数は107/gを超えることはないと言われていたが、モヤシやカイワレ大根などの水耕栽培の場合には107/gを超えることも珍しくない。また、生野菜を摂食することによって生じた食中毒に関しても多くの報告がある。

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多いことが知られているが、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

ことにより細胞液など栄養に富む野菜汁が漏出することで細菌の増殖が促進されることに起因する。千切り、スライスなどの操作により菌数は10～100倍に増加するが、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。

2. 電解水

電解水は食塩水や希塩酸を電気分解することによって得られる水溶液で、電気分解装置や分解条件によって表1に示すような数種類の電解水が得られる。衛生管理目的には、強酸性電解水、微酸性電解水（以前は弱酸性電解水と呼ばれていたが、pHが5～6.5であることから厚生労働省の呼称により変更された）、電解次亜水が利用され、洗浄目的には強アルカリ電解水、飲用にはアルカリイオン水が利用されている。

電解水のうち、酸性側のもは以前、食品には使用できなかったが、平成14年6月に食品衛生調査会の審議を経て、「次亜塩素酸水」として食品添加物に指定された。したがって、電解水は器具や設備だけでなく、食品にも利用できるようになった。

強電解水は、陽極と陰極が隔膜で分けられた電解槽により0.2%以下の食塩水を分解することによって製造される。陽極側には水が分解されて酸素と水素イオンが発生し、同時に食塩水に由来する塩素イオンからは塩素を生じる。発生した塩素は水と反応して次亜塩素酸と塩酸になる。その結果、陽極側のpHは2.7以下にまで低下し有効塩素濃度が20～60mg/kgの次亜塩素酸水が得られる。生成された次亜塩素酸水の有効塩素量はこのように低濃度であるが、図1で示すように非解離の次亜塩素酸の割合が通常の次亜塩素酸ナトリウム水溶液（アルカリ性）よりもはるかに高いので殺菌洗浄能力は高い。同時に、陰極側では水素ガスと水酸イオンが生成され、食塩水由来のナトリウムイオンと反応して水酸化ナトリウムを生成する。副生物として生成される強アルカリ水は洗浄効果が高いことが知られている。

電解水	pH	有効塩素	電解槽	被電解物質	金属への影響	生成能力	効果
強酸性電解水	2.2～2.7	20～60 ppm	有隔膜	食塩水<0.1%	やや影響あり	生成量は少ない	殺菌
微酸性電解水	5～6.5	10～30 ppm	無隔膜	塩酸水6～8%	影響は少ない	大量に生成	殺菌
電解次亜水	8～9	80～100 ppm	無隔膜	食塩水<0.1%	やや影響あり	大量に生成	殺菌
アルカリイオン水	8～10	—	有隔膜	水道水+乳酸Ca	—	—	飲用

表1 各電解水の特性

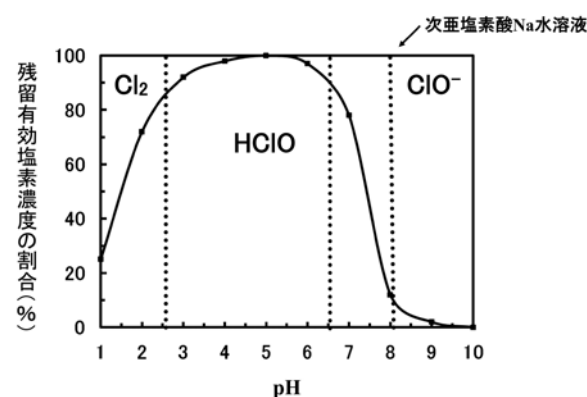


図1 有効塩素の存在状態

電解次亜水は、両極間で隔膜のない装置を用い、0.1%以下の食塩水を電気分解することによって得られる。この際、電解生成物のバランスにより、弱アルカリ性（pH 8～9）となることから次亜塩素酸ナトリウム水溶液とほぼ同様のものが得られることになるので、この電解水のことを「電解次亜水」と呼んでいる。

これに対し、同じ無隔膜の装置を用いるが、被電解液として6～8%の希塩酸を電気分解することによって得られるものが微酸性電解水である。pH 5～6.5のものが得られるので、非解離の次亜塩素酸の割合が高くなる。その結果、殺菌洗浄効果の高い電解水を得ることが出来る。

3. 次亜塩素酸水の特性

次亜塩素酸水の殺菌作用の本態は次亜塩素酸によるものであることが知られているが、通常の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。また、心配されるトリハロメタンの生成に関しても通常の水道水とあまり変わらないとの報告があり、安全性は高いとされている。電解水の殺菌作用は微生物の核酸、タンパク質、脂質などに影響を及ぼすことによって殺菌作用を示すことから耐性菌の出現は少ないことも電解水の特性である。通常の次亜塩素酸ナトリウム水溶液では、金属に対する腐食性が問題となることがあるが、それに対して電解水は腐食性がより少ないとされている。

4. 食品製造における電解水の利用

野菜の洗浄殺菌を始め、製造器具類の殺菌においても次亜塩素酸ナトリウム水溶液が広く利用されている。厚生省通達による殺菌洗浄マニュアルでは、100～200ppmの次亜塩素酸ナトリウム水溶液に5～10分間浸漬することが推奨されている。しかし、先述したように製品への塩素臭の移行、製造環境における作業員に対する塩素臭の問題、有機物との反応における塩素化合物の生成などの問題点を有している。一方、電解水は80ppm以下の低濃度でも200ppmの次亜塩素酸ナトリウム水溶液と同等の効果を有することから以上の問題点を軽減することが可能となる。図2は、強酸性電解水のカット野菜に対する殺菌洗浄効果を調べた結果である。処理後、10分経過した時点で、1～2オーダーの減少がみられており、特に、ニンジンに対しては、3オーダーの減少効果が得られている。また、図3は、キュウリに対する微酸性電解水の殺菌洗浄効果をみたもので、流水、浸漬、パブリングのいずれの洗浄方法においてもほぼ同様の効果がみられている。しかし、原料野菜の洗浄における電解水の利用にあたっては、泥土や野菜腐敗部などの余分な有機物を取り除き、前洗浄を十分に行った上で電解水を利用することが望ましい。また、食材に対するだけでなく、調理器具、ベルトコンベア、タンク、床などの衛生管理においてもその有効性が報告されていることから、電解水が次亜塩

素酸水として食品添加物に指定されたことを契機に食品工場における衛生管理の有力な手法の一つとして活用されることが期待される。

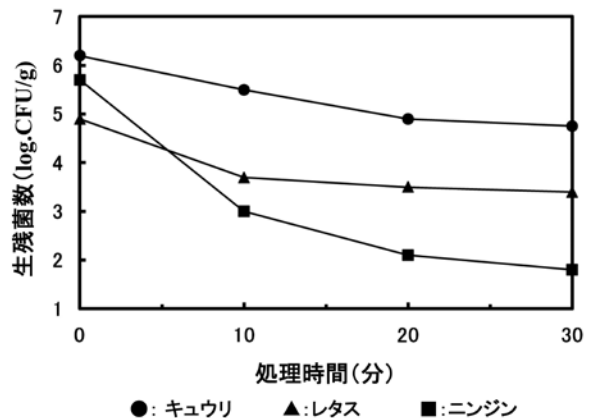


図2 強酸性電解水を用いたカット野菜に対する殺菌洗浄効果

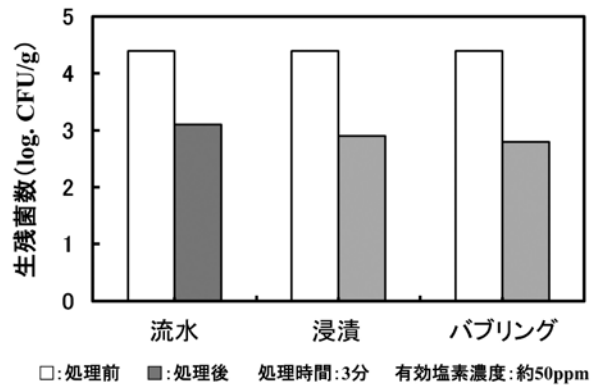


図3 電解中性水処理による菌数変化（キュウリ）

（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 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