電解水によるカット野菜の洗浄・殺菌における物理的 補助手段の併用効果[†]

小関成樹*・伊藤和彦*

Effect of acidic electrolyzed water on the microbial counts in shredded
vegetables (Part III)
—Effect of combined physical supplementary means
on the washing and disinfections—

Shigenobu KOSEKI* and Kazuhiko ITOH*

* Graduate School of Agricultural Science, Hokkaido University, Kita-9 Nishi-9, Kita-Ku,
Sapporo 060-8589

It has been shown that acidic electrolyzed water was effective in the surface disinfection of shredded vegetables. In the treatment shredded vegetables were simply soaked in acidic electrolyzed water so far. In this research, in the disinfection of shredded vegetables by acidic electrolyzed water, the effectiveness of physical supplementary means used together was examined. Combined use of the physical supplementary means and acidic electrolyzed water did not contribute to disinfection. However, the physical supplementary means was shown to be considerably effective when vegetables were washed with alkaline electrolyzed water by physical supplementary means and then disinfected in acidic electrolyzed water by the physical supplementary means. This effect was remarkable on cucumbers, but little on lettuces and cabbages. Stirring was most effective among the supplementary means used. It was found out that five minutes each of washing and disinfecting was necessary for high disinfectant effect on cucumbers. Moreover, it was suggested that the effect of stirring was more effective than that of pretreatment of alkaline electrolyzed water on cucumber disinfection.
(Received Apr. 21, 2000 ; Accepted Sep. 24, 2000)

既報¹⁾²⁾によって強酸性電解水によるカット野菜の殺菌が効果的であることは確認されてきた。しかし、これまでの殺菌方法は単純にカット野菜を強酸性電解水中に浸漬するだけであった。そのために微生物と強酸性電解水との接触が不十分であり殺菌効果が十分に発揮されていないことが考えられた。一般に食品加工工場では使用原料の洗浄、殺菌工程において、その効果の向上を意図して攪拌や通風等の物理的補助手段を加えている。強酸性電解水を用いた殺菌の場合、その殺菌力に注目が集まり、殺菌対象物を考慮しての方法論が議論されることは少なかった。そのため、このような物理的補助手段を併

用することが電解水（強アルカリ性電解水および強酸性電解水）による洗浄および殺菌効果に与える影響について検討した例は少ない。そこで、カット野菜を対象として電解水（強アルカリ性電解水および強酸性電解水）を用いて効果的に殺菌する方法を検討した。

本報ではまず、強酸性電解水単独でカット野菜を殺菌する際に、攪拌等の物理的補助手段を加えることが殺菌効果に与える影響を検討した。次に前報²⁾でカット野菜を強アルカリ性電解水により前洗浄した後、強酸性電解水で殺菌することにより、強酸性電解水による単独の殺菌よりも殺菌効果が向上することが示されたので、強ア

[†] 強酸性電解水を用いたカット野菜の殺菌（第3報）

* 北海道大学大学院農学研究科（〒060-8589 札幌市北区北9条西9丁目）

ルカリ性電解水による前洗浄時に物理的補助手段を加えることが殺菌効果に与える影響を検討した。また、前洗浄時に物理的補助手段を併用した場合、前洗浄液と物理的補助手段のいずれの効果が殺菌効果に影響を与えるかについても検討した。

実 験 方 法

1. 電解水の調製

葵エンジニアリング(株)製強酸性水生製装置 JED-020 を用いて、前報²⁾と同様の方法で調製した。

2. 供試野菜

生食用野菜として小売店より購入したレタス、キャベツおよびキュウリを用いた。レタスは3~5 cm 角に、キャベツは2~3 mm 幅の千切りに、キュウリは2~3 mm 厚の輪切りスライスにそれぞれカットしたものを試料として用いた。

3. 物理的補助手段を用いた強酸性電解水による殺菌

試料 20 g を 400 ml の強酸性電解水に室温条件下で浸漬し、各種物理的補助手段を併用した。処理時間は5分間とした。以下に使用した物理的補助手段を示した。

- ① 攪拌 (stirring): 450 rpm, マグネットスターラ HE-16GA (KPI 社製), 攪拌子サイズ ($\phi 15 \times 50$ mm)
 - ② 通風 (aeration): 3.6 l/min, IWAKI AP-055 (イワキ (株) 製)
 - ③ 超音波 (sonication): 28 kHz, 卓上超音波洗浄器 VS-100Ⅲ (井内盛栄堂(株) 製)
 - ④ 振盪 (shaking): 60 spm, amplitude 40 mm, IWAKI KM SHAKER V-DX (イワキ(株) 製)
- 以上の4種類の物理的補助手段併用区および対照区と

して静置条件を設定した。攪拌、振盪の条件設定は試料の損傷を防ぐために試料が攪拌、振盪される最低値とした。また、通風量は機器の性能に従った。超音波は低周波ほど洗浄能力が高いため、供試機器で選択可能な最低周波数を設定した。

4. 強アルカリ性電解水による前洗浄と物理的補助手段の併用

試料 20 g を 400 ml の強アルカリ性電解水に室温条件下で浸漬し、各種物理的補助手段を併用した。洗浄時間は前報²⁾の結果よりキャベツとレタスでは1分間、キュウリでは5分間とした。使用した物理的補助手段は3. に示した4種類を用いた。洗浄後、洗浄時間と同一時間強酸性電解水による殺菌を行った。強酸性電解水による殺菌は3. の方法に従った。

さらに、キュウリについては水道水を前洗浄に用いた区を対照区とし、攪拌を併用して処理時間1, 5分間の2条件で同様の実験を行った。

5. 殺菌効果の測定

前報と同様に食品衛生検査指針³⁾に従って、一般生菌数および大腸菌群数を測定した。各試験区10反復測定し、得られた菌数データは最小有意差法により試験区間の有意差検定を行った。

結果および考察

1. 物理的補助手段が強酸性電解水の殺菌効果に与える影響

殺菌に使用した強酸性電解水は pH が 2.4~2.5, ORP が 1150~1160 mV, 有効塩素濃度は 40~50 ppm であった。殺菌結果を Table 1 に示した。レタスの場合、処理

Table 1 Contribution of physical supplementary means to disinfectant effect by acidic electrolyzed water (AcEW)

	log (CFU/g)					
	Lettuce		Cabbage		Cucumber	
	Aerobes	Coliforms	Aerobes	Coliforms	Aerobes	Coliforms
Control	5.6±0.7 ^a	2.7±0.6 ^a	5.5±0.4 ^a	2.6±0.9 ^a	6.2±0.3 ^a	2.6±0.5 ^a
Stirring	3.5±0.5 ^b	0.3±0.8 ^b	3.7±0.4 ^b	1.1±0.9 ^b	5.0±0.6 ^b	0.6±1.0 ^b
Aeration	3.8±0.6 ^b	0.7±0.7 ^b	3.8±0.3 ^b	1.2±0.8 ^b	5.2±0.5 ^b	0.9±1.3 ^b
Sonication	3.9±0.7 ^b	0.3±0.7 ^b	4.0±0.5 ^b	1.3±0.9 ^b	5.3±0.8 ^b	1.1±1.0 ^b
Shaking	3.6±0.7 ^b	0.2±0.5 ^b	3.7±0.2 ^b	1.1±0.8 ^b	5.1±0.7 ^b	0.8±0.9 ^b
Soaking	3.9±0.6 ^b	0.9±0.5 ^b	4.0±0.4 ^b	1.3±0.8 ^b	5.4±0.2 ^b	0.5±0.9 ^b

Each value is the mean±SD, n=10. Values with different letters within the same column differ significantly at p<0.05.

条件にかかわらず殺菌後の一般生菌数は $10^3 \sim 10^4$ CFU/g であった。また大腸菌群数はいずれの条件においても 10 CFU/g 以下であった。同様の結果がキャベツにおいても見られた。一方、キュウリでは殺菌後においても一般生菌数は処理条件にかかわらず $10^5 \sim 10^6$ CFU/g であった。大腸菌群数はいずれの条件も 10^2 CFU/g 以下であった。前報²⁾でも述べたがキュウリは殺菌効果が現れにくく、物理的補助手段を併用しても殺菌効果に変化はみられなかった。次に、各殺菌条件による一般生菌数の減少の傾向を見ると、3 品目ともに攪拌が最も大きな減少を示し、次いで振盪、通風、超音波、静置の順で小さくなったが、殺菌条件間での差は認められなかった。各種工業分野での洗浄に応用されている超音波処理¹⁾は殺菌効果の向上には補助的效果を示さなかった。上田らも超音波の併用効果が小さいことを報告している⁵⁾。これは野菜という比較的表面が柔らかい材料では、超音波により生じるキャピテーションの反響が十分に得られなかったためと考えられる。

以上より強酸性電解水によるカット野菜の殺菌においては攪拌をはじめとする物理的補助手段の併用効果は小さいことが示された。強酸性電解水に限らず殺菌を行なう場合には、殺菌対象物に対して殺菌液量を十分に用意することが重要である。本実験では予備実験により得られた結果から、殺菌対象物に対して十分な量 (20 倍量) の殺菌液を用いているため、浸漬するだけでも十分に殺菌が行なわれたものと考えられる。したがって強酸性電解水による単独の殺菌では、物理的補助手段を併用するよりも十分な量の強酸性電解水を用いることのほうが重要であると考えられた。

2. 強アルカリ性電解水による前洗浄と物理的補助手段の併用効果

強酸性電解水による単独殺菌では物理的補助手段を併用しても、殺菌効果に大きな変化は見られなかった。そこで、強アルカリ性電解水による前洗浄に物理的補助手段を併用した時の影響を検討した。

Fig. 1, Fig. 2 にレタスとキャベツの殺菌結果を示した。レタスとキャベツでは、強アルカリ性電解水の前洗浄時に物理的補助手段を併用しても静置試験区と比較して殺菌効果の向上は見られなかった。

一方、Fig. 3 に示したキュウリでは攪拌区および振盪区で静置試験区よりも高い殺菌効果が得られた。特に攪拌による効果が大きく、静置試験区の 1/10、初発菌数の 1/100 にまで一般生菌数が減少した。このようにキュウリでは強アルカリ性電解水洗浄時における物理的補助手

Fig. 1 Effect of physical supplementary means on the surface disinfection of lettuce washed by alkaline electrolyzed water (AIEW) for 1 minute and then disinfected by acidic electrolyzed water (AcEW) for 1 minute. Each value is the mean $\pm$ SD, $n = 10$. Values with different letters differ significantly at $p < 0.05$.

段の併用効果が大きいことが示された。これは強アルカリ性電解水の前洗浄が効果的に作用したためと考えられる。すなわち攪拌等によって強アルカリ性電解水と試料が十分に接触し、付着有機物等を除去することで細菌が殺菌されやすい状態になったものと考えられる。その結果キュウリのような殺菌されにくい野菜においても顕著な殺菌効果が現れたものとする。レタスやキャベツの場合においては特に攪拌等の物理的補助手段を加えなくても、強アルカリ性電解水の洗浄効果ならびに強酸性電解水の殺菌効果が発揮されることを示しているものと考えられた。

以上のことから野菜の種類によって効果的な処理条件は異なり、レタスやキャベツでは強アルカリ性電解水洗浄 1 分間、強酸性電解水殺菌 1 分間の条件が、殺菌されにくいキュウリでは攪拌を併用しての強アルカリ性電解水洗浄 5 分間、強酸性電解水殺菌 5 分間の条件が適当であると考えられる。

3. 攪拌を併用した強アルカリ性電解水による前洗浄がキュウリの殺菌効果に与える影響

Fig. 2 Effect of physical supplementary means on the surface disinfection of cabbage washed by alkaline electrolyzed water (AIEW) for 1 minute and then disinfected by acidic electrolyzed water (AcEW) for 1 minute. Each value is the mean $\pm$ SD, $n = 10$. Values with different letters differ significantly at $p < 0.05$.

Fig. 3 Effect of physical supplementary means on the surface disinfection of cucumber washed by alkaline electrolyzed water (AIEW) for 5 minutes and then disinfected by acidic electrolyzed water (AcEW) for 5 minutes. Each value is the mean $\pm$ SD, $n = 10$. Values with different letters differ significantly at $p < 0.05$.

殺菌効果の現れにくいキュウリを対象にした場合、強アルカリ性電解水により攪拌を併用して洗浄することによって、その後の強酸性電解水による殺菌効果が向上することが明らかになった。しかし、強アルカリ性電解水による効果なのか、攪拌による効果なのかは不明であった。

Fig. 4 に処理時間と前洗浄液を変えた場合のキュウリの殺菌効果を示した。洗浄および殺菌時間が1分間ずつと短時間の場合、前洗浄に強アルカリ性電解水あるいは水道水のいずれを用いても十分な効果が得られなかった。これはキュウリという殺菌効果の現れにくい野菜においては1分間の前洗浄では不十分であり、その後の1分間の強酸性電解水による殺菌では効果が小さかったものと考えられる。しかしながら、5分間ずつに洗浄および殺菌時間を延長すると、前洗浄に強アルカリ性電解水あるいは水道水のいずれを用いても、前節の結果と同様に初発菌数の1/100以下にまで一般生菌数が減少するという顕著な殺菌効果を示した。

前洗浄液の種類による殺菌効果の違いが見られないこ

とから、前洗浄においては強アルカリ性電解水による効果よりも攪拌を加えることの影響が大きいたことが示唆された。COSTILOWらはキュウリ表面の微生物は表面に強固に付着しており、殺菌剤に対して抵抗性を持つと推測している⁶⁾。大田らも同様の考察をしている⁷⁾。本研究結果は前洗浄においてキュウリ表面の微生物の付着を除去あるいは弱めるのに攪拌が効果的に作用し、その後の強酸性電解水による殺菌を容易にしたものと考えられる。

前報でも述べたが、隔膜を有する電解水生成装置においては強酸性電解水と同時に強アルカリ性電解水が生成する。そのため、強アルカリ性電解水の有効利用という観点から強アルカリ性電解水により前洗浄を行ない、強酸性電解水により殺菌するといった方法が有用であると考えられる。この方法によって電解水（強アルカリ性電解水および強酸性電解水）による洗浄・殺菌が可能となる。その際、攪拌を加えることによりキュウリのような殺菌しにくい野菜でも殺菌効果が確実に高められるものと考えられる。

Fig. 4 Effect of stirring on the surface disinfection of cucumber washed by alkaline electrolyzed water (AIEW) or tap water with stirring for 1 or 5 minutes and then disinfected by acidic electrolyzed water (AcEW) with stirring for the same time of washing. Each value is the mean $\pm$ SD, $n=10$. Values with different letters differ significantly at $p<0.05$.

要 約

各種の物理的補助手段を用いて強酸性電解水による殺菌効果, および強アルカリ性電解水による前洗浄の効果を検討した結果, 以下の知見が得られた。

1) カット野菜を強酸性電解水により単独で殺菌した場合には攪拌等の物理的補助手段を併用しても殺菌効果の向上は認められなかった。

2) カット野菜を物理的補助手段を併用して強アルカリ性電解水により前洗浄した後, 強酸性電解水で物理的補助手段を併用して殺菌した場合, 攪拌を加えることによってキュウリのような殺菌しにくい野菜でも各5分間の処理で初発菌数の1/100まで殺菌することが確認された。しかし, レタスとキャベツでは静置試験区と他の物理的補助手段併用区とで殺菌効果に差が見られなかった。

3) 強酸性電解水を用いたキュウリの殺菌における前洗浄の効果は, 強アルカリ性電解水の影響よりも攪拌を併用することの影響の方が大きかった。しかし, 電解水(強酸性電解水, 強アルカリ性電解水)による洗浄・殺菌を行うことを考慮すると強アルカリ性電解水を前洗浄に用いることが有用であると考えられた。

文 献

- 1) 小関成樹・伊藤和彦: 食科工, **47**, 722 (2000).
- 2) 小関成樹・伊藤和彦: 食科工, **47**, 907 (2000).
- 3) 厚生省生活衛生局監修: 食品衛生検査指針 (微生物編), (日本食品衛生協会, 東京), p. 67 (1990).
- 4) 辻 薦: 食品工場における洗浄と殺菌, (建帛社, 東京), p. 126 (1984).
- 5) 上田成子・桑原祥浩: 日本防菌防黴学会誌, **27**, 301 (1999).
- 6) COSTILOW, R.N., UEBERSAX, M. A. and WARD, P.J.: *J. Food. Sci.*, **49**, 396 (1984).
- 7) 大田義雄・高谷健一・中川禎人: 食科工, **42**, 661 (1995).

(平成12年4月21日受付, 平成12年9月24日受理)