

原著論文

無隔膜一室型電解水を用いたキュウリ付着細菌の除菌効果

内藤 博敬*, 西山 晃平**

(* 静岡県立農林環境専門職大学 生産環境経営学部, ** 株式会社MTG)

Bactericidal effect of single-chamber membrane-free electrolysis water on cucumber bacteria.

NAITOU Hirotaka *, NISHIYAMA Kouhei **

(* Faculty of Agricultural Production and Management, ** MTG Co., Ltd.)

<要約>

生鮮食品に付着する微生物を減ずることは、食品ロスだけでなく食中毒予防の対策になると考え、水道水を原水とした中性電解水を用いて、キュウリに対する洗浄効果を検討した。中性電解水でキュウリを浸漬洗浄した結果、水道水と比較して付着菌量を減ずることが確認され、洗浄した後の水を培養しても細菌の生育は確認されなかった。このことから、中性電解水で生鮮食品を洗浄することで付着細菌を減じ、保存期間を延長するだけでなくシンク等の調理環境の衛生を保つ可能性が示唆された。さらに、キュウリに付着する細菌および水洗後に生残する細菌を分子遺伝学的に同定したところ、生鮮食品の腐敗に関与し芽胞を形成する *Bacillus* 属菌が含まれていた。

<キーワード>

機能水, 電解水, 除菌, 生鮮食品洗浄, 鮮度保持

I. はじめに

現在、日本国内における年間食品廃棄量は、食料消費全体の3割を超える約2,531万トンにまでおよぶ。中でも「食品ロス」と呼ばれる食べ残し、売れ残りなど、本来食べられていたはずの食品廃棄分は、年間約600万トンと膨大な量になっており^{1,2)}、SDG'sに取り組む我が国にとって大きな問題となっている。食品ロスのうち約半分は家庭内から出される家庭系食品ロスであり、特に際立っているのが、野菜や果物、魚介類などの生鮮食品のロスである。

家庭内における生鮮食品のロスが増加した原因の一つとして、販売形態や保存形態などの生活様式の変化が考えられる。日本の共働き世帯は、1980年には614万世帯であったものが2020年には1,240万世帯と倍増し、逆に男性雇用者と無業の妻から成る世帯は、1,114万世帯から571万世帯に半減している³⁾。一方で1980年における冷蔵庫の普及率は約99%であり⁴⁾、家庭においては既

に冷蔵庫が普及している中で女性の社会進出が進み、食材はスーパーマーケット等で複数日分“まとめ買い”するといった、食品購入習慣の変化が起きた。毎日の必要量を購入していた時代と比べ、まとめ買い習慣では食べきれなかった、使いきれなかった食材が廃棄されることが起こり、食品ロスの増加が加速した要因の一つと考えられる。食材のまとめ買いのデメリットは食品ロスだけでなく、保存することによる食材の変質もあり、この健康被害として食中毒がある。年々減少傾向にある食中毒であるが、原因の90%以上は微生物であり、冬場の感染性胃腸炎や寄生虫症の台頭によって、近年では事件数、患者数ともに季節性が消失している⁵⁾。COVID-19が猛威を振るった2020年の厚生労働省食中毒統計では、病原性大腸菌、カンピロバクター、ウエルシュ菌などの細菌性集団食中毒患者数が前年の2倍近く報告され、事件数、患者数ともにウイルスに起因する食中毒を上回っている⁶⁾。これは家庭内での調理、あるいは

仕出しや小売店で食材の回転率が低下することにより、食材の変質から食中毒を引き起こした可能性も考えられる。そこで本研究では、こうした生鮮食品の鮮度保持および食中毒対策として、機能水の利用を検討する。

II. 目的

食品の鮮度、期限を決定している最も大きな要因は、微生物である。食品の品質変化や腐敗などは、もともと食品内に生息する細菌や、空気中から付着した細菌が繁殖することによって起こる。この微生物の繁殖は、食品添加物を利用すれば容易に抑制することが可能であるが、消費者の意識として食品添加物は安全なものとして捉えられていない現状がある。そこで、生産から消費までのプロセスのなかで、微生物汚染を低減させ、鮮度保持および食中毒予防が可能となる画期的な科学的アプローチの確立が求められている。現在、画期的な手法の1つとして期待されているのが「機能水」である。機能水とは、「人為的な処理によって再現性のある有用な機能を獲得した水溶液の中で、処理と機能に関して科学的根拠が明らかにされたもの、及び明らかにされようとしているもの」と定義されている⁷⁾。この機能水には、オゾン水、酸性電解水、電解次亜水、アルカリイオン水などがあり、食品衛生分野においても利活用が進められている。

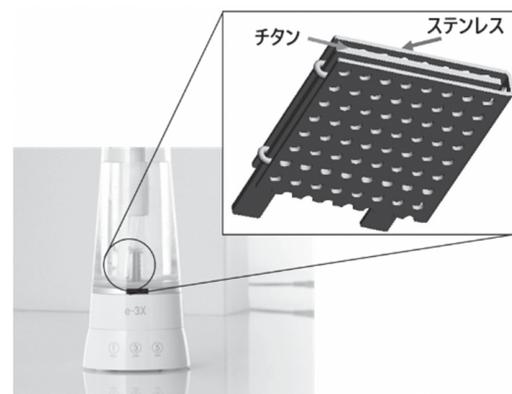
機能水の中でも近年注目されているのは、「水」を電気分解して作成する電解水である。水そのものは分解すれば酸素と水素になる。しかし水分子の電離速度は小さいため、ダイヤモンドや白金といった一部の高価な電極基材を使わなければ純水を酸素と水素に電気分解することはできない。そこで電解水作成においては、NaClやNa₂SO₄などの電解質を添加することで起こる電気的中和反応を利用している。そのため、これらの電解水は酸素・オゾン水や水素水とはならず、塩素や次亜塩素酸イオンを含む電解水となる。また、電解質を添加する手間やコストによって、一般家庭への普及には敷居が高い。そこで本研究では、水道水を電気分解して得られる中性電解水に着目し、無隔膜一室型電解水生成装置（電解装置）を開発し、著者らが2014年に静岡で起きた冷やしキュウリを原因とする集団食中毒事例に対してオゾン水を

用いて対策を示した既存研究⁸⁾を参考に、キュウリ洗浄をモデルとした中性電解水の除菌性能評価を行った。

III. 材料と方法

1. 中性電解水

中性電解水は、陽極として高周期遷移金属による貴金属被覆チタン、陰極にステンレスを用いた電極を配し、隔膜を持たない一室型電解装置（株式会社MTG社製）を用いて（図1）、静岡県立農林環境専門職大学A棟4階印刷室の水道水を原水として生成した。本装置による水道水の電解前後で、pH、電気伝導率、水温に大きな変化は見られず、有効塩素濃度が上昇することを確認している。本研究では、電解前の水道水中有効塩素濃度0.2mg/Lから、電解後には3.5～4.0mg/Lに上昇することを、ヨウ化カリウム法により確認した。



第1図 無隔膜一室型電解装置および電極

2. 培地の調整

細菌の単離および生菌数測定には、一般細菌数測定用のトリプトソーヤ（SCD）液体培地（1.7 g/L casein peptone, 0.3 g/L soy peptone, 5.0 g/L NaCl, 2.5 g/L dextrose, 2.5 g/L K₂HPO₄）およびSCD寒天培地（SCD液体培地, 15g/L agar）を用いた⁹⁾。これらの培地はpH7.3に調製し、オートクレーブで滅菌して用いた。

3. キュウリの洗浄法と洗浄後の菌量測定

キュウリは静岡市内のスーパーで箱売りされていた福島県産キュウリを用いた。キュウリの洗浄はラテックスグローブ装着下、大量調理施設衛生管理マニュアル¹⁰⁾に従い、衛生害虫、異物混入、腐敗・異臭等がないか点検した後に、キュウリを

1本ずつ水道水または中性電解水250mLで、それぞれ3回浸漬洗浄した。

水道水あるいは中性電解水でキュウリを洗浄した後の洗浄後水100μLを、SCD寒天培地へそれぞれ2枚ずつ塗布し、37℃で1晩静置培養した。生育したコロニーを計数し、洗浄後水中の細菌数を算出した。

4. 洗浄後キュウリに残存付着している細菌の増殖加速試験

キュウリ腐敗の一因である付着細菌の増殖能について、水道水あるいは中性電解水で洗浄した後のキュウリを、培地に浸して培養する加速試験によって検証した。試験数は、水道水洗浄および中性電解水洗浄それぞれ3本ずつのキュウリに対して行った。

水道水あるいは中性電解水で洗浄後のキュウリを1本ずつ、チャック付ビニール袋に入れたSCD液体培地100mLに浸し、30℃に設定した孵卵器内に静置した⁸⁾。0～4時間まで1時間ごとにSCD液体培地を0.6mL採取し、100μLをSCD寒天培地へ塗布して37℃で1晩静置培養した。採取した残りのSCD液体培地は4℃保存し、前述の培養結果から計数可能な希釈率を決めてPBSで希釈し、SCD寒天培地3枚に塗布して37℃で1晩静置培養した。各々3枚の平板に生育したコロニーを計数し、3本分の菌数を平均して、洗浄後に付着残存する細菌の増殖菌数を算出した。また、未洗浄のキュウリを用いて、0時間および1時間における付着細菌の増殖を計数し、対象とした。

5. キュウリに付着している細菌の単離と分子遺伝学的同定

未洗浄、水道水洗浄および中性電解水洗浄したキュウリを各々3本準備し、1本ずつチャック付ビニール袋に入れたSCD液体培地100mLに浸し、

この液を白金耳でSCD平板に線描して釣菌を繰り返して、キュウリに付着している細菌を単離した。単離したコロニーをSCD液体培地5mLに接種し、37℃の振盪恒温水槽で24時間振盪培養して培養液を得た。この培養液1mLを2.0mLマイクロチューブに分取し、15,000rpmで10min遠心して菌体を沈殿回収した。上清を捨て、QIAamp DNA mini kitでゲノムDNAを抽出した。DNA濃度をNanoDrop One (Thermo Fisher Scientific 社製)で測定して濃度を算出し、30ngをテンプレートとして、サーマルサイクラー GeneAmp PCR system 9600 (PerkinElmer 社製)でPCR増幅した。プライマーには、16S rRNA領域をターゲットとした519f / 1492rプライマーペアを用いた¹¹⁾。PCR増幅産物は、EtBr / アガロース電気泳動法により増幅バンドを確認した後、NucleoSpin Gel and PCR Clean-up (Takara)を用いて精製した。精製したDNAは、DNAシーケンサーを用いて塩基配列を解読し、DNA解析ソフトMEGA11を用いて解析後、NCBIデータベース上でBLAST検索して細菌属種を同定した¹²⁾。

IV. 結果と考察

1. キュウリ洗浄後水の培養結果

キュウリを水道水または中性電解水で1～3回

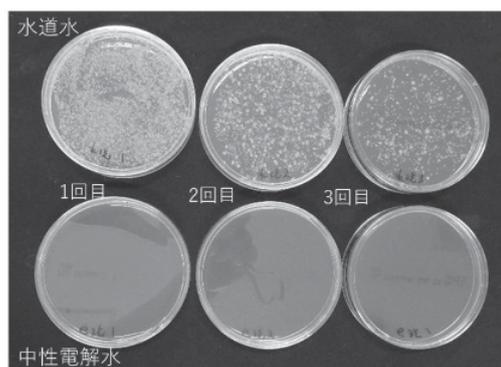


写真1 キュウリ洗浄後水中の生菌数

第1表 キュウリ洗浄後水中の生菌数

単位：CFU/mL

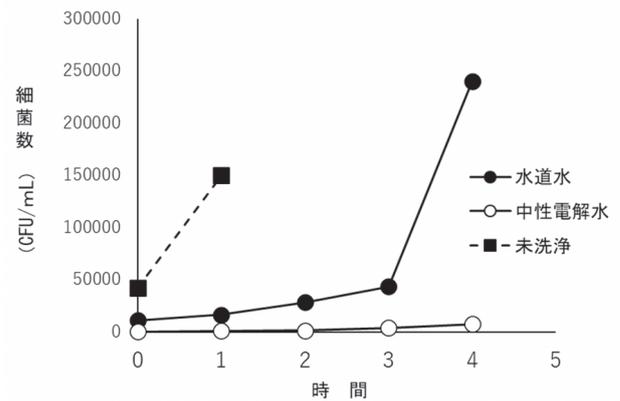
	1回目	2回目	3回目
水道水洗浄	$1.1 \times 10^4 \pm 400$	$3.9 \times 10^3 \pm 100$	$1.5 \times 10^2 \pm 50$
中性電解水洗浄	N.D.*	N.D.	N.D.

* N.D.：未検出

浸漬洗浄し、これらの中に残存する細菌を培養した結果写真を写真1に、計数結果を第1表に示す。水道水でキュウリを浸漬洗浄した場合、1回目では洗浄後水1mLあたり 10^4 個、2回目では 10^3 個、3回目では 10^2 個オーダーの細菌が生残していた。しかし、中性電解水でキュウリを浸漬洗浄した場合には、1～3回目のいずれの洗浄後水からも細菌は検出されなかった。キュウリの浸漬洗浄では、キュウリ表面に付着した細菌が水中に洗い出されるため、洗浄回数が増えるごとに洗い出される菌量は減少することが想定される。本研究における水道水を用いたキュウリの浸漬洗浄結果においても、洗浄回数に応じて洗浄後水中の細菌数減少が確認された。この洗浄水中へのキュウリ付着細菌の流出は水道水に特異的な効果では無く、中性電解水においても同様の流出が起きていると推察される。しかしながら中性電解水でキュウリを浸漬洗浄した後の水中に細菌は確認されなかった。中性電解水は水道水と比べて有効塩素濃度が高く、塩素はその酸化力によって強い殺菌作用を有している。本研究においても水道水と中性電解水では約20倍の有効塩素濃度の差を確認しており、塩素によって洗浄水中に流れ出した細菌が殺菌された可能性が推察される。しかし、土壌環境中には熱や消毒薬に抵抗性を示す芽胞を形成する *Bacillus* 属など、塩素消毒が困難な細菌が存在し、野菜に付着していることもこれまでに報告している¹⁰⁾。これらのことから、本研究では、中性電解水によるキュウリの浸漬洗浄によって洗い流された付着細菌が塩素に対して感受性を有していたため、洗浄後水中から細菌が検出されなかった可能性が示唆された。

2. 洗浄後キュウリに残存付着している細菌の増殖加速試験

水道水あるいは中性電解水で3回浸漬洗浄した



第2図 洗浄後キュウリに残存付着する細菌の増殖加速試験結果グラフ

キュウリをSCD液体培地に浸漬し、キュウリ表面に残存付着する細菌の検出を試みた。細菌培養用の液体培地は陽性荷電しているため、陰性荷電している生体表面を引き付けやすく、簡便な微生物回収法として用いられる¹³⁾。しかし、全ての付着細菌を回収できるわけではないため、キュウリを直接培地中に浸して培養することで、残存付着する細菌の増殖動向を検討した⁸⁾。結果を表2に示す。未洗浄のキュウリと比べて、水道水洗浄直後では約4分の1、中性電解水洗浄直後では100分の1に付着菌量を減じている。この0時間の付着菌量は、培養増殖の初期菌量を反映しているため、多いほど付着対象の腐敗も早く進むと考えられる。しかしながら、増殖の誘導期から対数増殖期への移行は、付着する菌の種類や割合にも影響を受けるため、キュウリの腐敗を想定するためには、SCD液体培地を用いて付着細菌の増殖加速試験を行う必要がある。結果、水道水あるいは中性電解水で洗浄したキュウリのいずれにおいても、残存付着細菌は3時間まで誘導期による漸増のみが確認され、4時間目で水道水洗浄した場合のみ残存付着細菌の対数増殖期への移行が確認された(第2図)。これにより中性電解水を用いた野菜洗

第2表 洗浄後キュウリに残存付着している細菌の増殖加速試験

単位：×10⁴ CFU/mL

	0 時間	1 時間	2 時間	3 時間	4 時間
水道水	1.14 ± 0.30	1.68 ± 0.41	2.87 ± 0.70	4.36 ± 0.98	24.00 ± 7.39
中性電解水	0.04 ± 0.01	0.12 ± 0.03	0.18 ± 0.05	0.43 ± 0.06	0.77 ± 0.21
未洗浄	4.22 ± 0.62	15.00 ± 5.28			

浄では、水道水洗浄と比べて付着細菌を減ずる可能性が示唆された。しかしながら、2020年6月26日に経済産業省が（独）製品評価技術基盤機構（NITE）による新型コロナウイルスに対する消毒方法の有効性評価の最終報告として、次亜塩素酸水の有効塩素濃度は35ppm（本来水中の溶存ガスはmg/Lと記すべきであるが、ガス濃度表記のppmで公示された）以上と報じており、本研究で用いた中性電解水の有効塩素濃度3.5～4.0mg/Lではこれに匹敵する消毒効果は認められない。ただし、次亜塩素酸水等の機能水の抗微生物効果は、水中有効成分の初期濃度で評価するのではなく、使用する水量および曝露時間を考慮し、有効成分濃度（C）×曝露時間（T）で示すものであり、時間経過とともに減少する有効成分を補正して効果検証を行う必要がある¹⁴⁾。日本における生鮮食品の洗浄は流水で行うことが一般的であり、安全性を考慮して、より低い有効塩素濃度の水を多量に使うことで、高濃度の次亜塩素酸水と同等の消毒効果が得られるものと考えられる。今後、中性電解水の有効性を示すためには、生鮮食品の流水洗浄効果検証が必要であると考えられる。

3. キュウリに付着している細菌の単離と分子遺伝学的同定

水道水あるいは中性電解水で洗浄したキュウリに生残する細菌属種を同定するため、未洗浄、水道水洗浄および中性電解水洗浄したキュウリから、それぞれ付着細菌を単離した。コロニーの形状、大きさおよび色の異なる細菌を、未洗浄から12個、水道水洗浄後キュウリから8個、中性電解水洗浄後キュウリから8個をそれぞれ単離した。また、3.(1)で前述した通り水道水洗浄後の水中からも細菌が検出されており、これからも16個の細菌を単離した。44個の単離細菌からDNAを抽出し、分子遺伝学的に同定を行い、重複した菌を除いた結果を第3表に示す。未洗浄キュウリから9種、水道水洗浄後キュウリおよび中性電解水洗浄後キュウリからそれぞれ7種、水道水洗浄後の水中から8種の細菌を同定した。これら31種の細菌は、全て土壌、動物、ヒトなどの環境由来細菌であった。

水道水洗浄後のキュウリから同定された細菌属は、*Bacillus*属を除いて、未洗浄キュウリおよび

水道水洗浄後の水中から同定された細菌属と一致していた。中性電解水洗浄後のキュウリから同定された細菌属では、*Pantoea*属菌、*Exiguobacterium*属菌、*Bacillus*属菌が、未洗浄および水道水洗浄後の水中からは同定されていない細菌属であった。*Pantoea*属菌は、オゾン水を用いた先行研究でも多数同定されており¹⁵⁾、産地あるいは時期の違いによって今回は付着量が少なかったのではないかと考えられる。*Exiguobacterium*属菌は、筆頭著者がワサビ田より単離して特許取得した細菌属であり、カタラーゼを大量に産生し、また塩素に抵抗性を有していることがわかっている¹⁶⁾。中性電解水の除菌成分も塩素であり、塩素に感受性を有する細菌属が影響を受ける中で、僅かに付着していた*Exiguobacterium*属菌が単離されたものと考えられる。水道水および中性電解水洗浄後のキュウリから、*Bacillus*属菌が同定されたが、未洗浄キュウリおよび水道水で洗浄した後の水からは同定されていない。*Bacillus*属菌もこれまでの研究で生鮮野菜から多数同定されており、*Pantoea*属菌同様、産地あるいは時期の違いによって付着量が少なかったことが考えられる。Ⅲ-1で記したように、*Bacillus*属菌は塩素に抵抗性を有する芽胞を形成するため、他の細菌が洗浄によって除去処理されたことで、検出されたものと考えられる。*Bacillus*属菌は植物を分解する代表的な菌属であり、中性電解水はもとより、電解次亜水あるいはオゾン水などの機能水を活用し、野菜の腐敗防止および保存期間延長について、今後検討を進める必要がある。

V. 結論

食中毒を引き起こす菌量は菌種によって異なるが、予防の観点からすると、食材に付着する菌量をできるだけ減らし、食材中で増殖させないことが大切である。野菜に付着している細菌数は1g当たり平均して 10^6 個程度（ $10^2 \sim 10^9$ 個）であり、食中毒を予防するためには適切な洗浄によって付着菌量を減らすことが重要だと考えられる。大量調理施設衛生管理マニュアルでは、野菜の洗浄法として洗剤で洗った後に水洗いし、必要に応じて次亜塩素酸ナトリウム溶液処理（200mg/Lで5分または100mg/Lで10分）するよう記載されて

第3表 キュウリ付着細菌の分子遺伝学的同定結果

	同定菌		相同性	由来（分離例）
	属	種		
未洗浄	<i>Acinetobacter</i>	<i>solii</i>	99.88%	環境（土壌）
	<i>Acinetobacter</i>	<i>lwoffii</i>	99.75%	環境（土壌）
	<i>Buttiauxella</i>	<i>izardii</i>	99.63%	環境（カタツムリ）
	<i>Chryseobacterium</i>	<i>indologenes</i>	99.75%	環境（カエル）
	<i>Citrobacter</i>	<i>gillenbergii</i>	99.75%	環境、動物、ヒト
	<i>Kosakonia</i>	<i>cowanii</i>	99.51%	環境、動物、ヒト
	<i>Leclercia</i>	<i>adecarboxylata</i>	99.51%	環境、動物、ヒト
	<i>Pseudomonas</i>	<i>fulva</i>	99.63%	環境（土壌）
	<i>Stenotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>	99.63%	環境（水、土壌、植物）
中性電解水洗浄	<i>Bacillus</i>	<i>subtilis</i>	100.00%	環境（土壌）
	<i>Enterobacter</i>	<i>aerogenes</i>	99.76%	環境、動物、ヒト
	<i>Exiguobacterium</i>	<i>acetylicum</i>	99.63%	環境（水）
	<i>Pantoea</i>	<i>sp.</i>	99.14%	環境、植物、ヒト
	<i>Pseudomonas</i>	<i>fulva</i>	99.63%	環境（土壌）
	<i>Sphingobacterium</i>	<i>multivorum</i>	99.26%	環境（水、土壌）
	<i>Stenotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>	88.51%	環境（水、土壌、植物）
水道水洗浄	<i>Bacillus</i>	<i>taiwanensis</i>	99.51%	環境（土壌）
	<i>Chryseobacterium</i>	<i>hagamense</i>	99.02%	環境（植物根圏）
	<i>Enterobacter</i>	<i>asburiae</i>	99.88%	環境、動物、ヒト
	<i>Pseudomonas</i>	<i>putida</i>	99.88%	環境（土壌）
	<i>Pseudomonas</i>	<i>oryzihabitans</i>	99.88%	環境、動物、ヒト
	<i>Pseudomonas</i>	<i>indoloxydans</i>	98.02%	環境（土壌）
	<i>Stenotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>	99.88%	環境（水、土壌、植物）
水道水洗浄後の水	<i>Acinetobacter</i>	<i>baumannii</i>	81.93%	環境（土壌）
	<i>Chryseobacterium</i>	<i>indologenes</i>	99.63%	環境（カエル）
	<i>Enterobacter</i>	<i>cancerogenus</i>	99.51%	環境、動物、ヒト
	<i>Microbacterium</i>	<i>arborescens</i>	99.51%	環境（土壌）
	<i>Pseudomonas</i>	<i>monteilii</i>	91.54%	環境（土壌）
	<i>Pseudomonas</i>	<i>putida</i>	99.88%	環境（土壌）
	<i>Pseudomonas</i>	<i>mosselii</i>	99.63%	環境（土壌）
	<i>Stenotrophomonas</i>	<i>maltophilia</i>	99.63%	環境（水、土壌、植物）

いるが、家庭や小売店では食の安全の観点からこれらの薬剤の利用は控えたい。今回の結果から、中性電解水でキュウリを洗浄することで、表面に付着している細菌の量を減少させることが明らかとなり、これにより生残細菌の増殖は水道水洗浄より遅くなることを示した。キュウリなどの生野菜は調理前の洗浄が重要であることがあらためて示唆され、中性電解水の野菜洗浄への応用が期待される。また、中性電解水で食材を洗浄した場合には洗浄後の水中に残存する細菌に対しても殺菌

効果が示されたことから、水回りの衛生向上に極めて有効であることが示唆された。

今回キュウリから単離された13属の細菌は、主に環境由来と考えられる細菌であった。同定数が少ないため、水道水あるいは中性電解水で洗浄後の菌叢に差はみられなかった。また、いずれの洗浄後においても、腐敗に関与する *Bacillus* 属菌および *Pseudomonas* 属菌の残存が確認された。*Bacillus* 属菌は洗浄前および洗浄後水中からは検出されていない。*Bacillus* 属菌の形成する芽胞は

塩素に抵抗性を有することから、中性電解水を含む機能水を利用した対策について、今後更なる検討が必要である。

参考文献

- 1) 消費者庁消費者政策課, 食品ロス削減関係資料 (令和3年8月26日版), p3-15
- 2) 農林水産省, 食品ロスとは (<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/>)
- 3) 内閣府男女共同参画局, 令和3年版男女共同参画白書, 第3章 仕事と生活の調和, p108-111 (2021)
- 4) 経済産業省総合資源エネルギー調査会, 電気冷蔵庫等判断基準ワーキンググループ取りまとめ, 2016年2月25日
- 5) 内藤博敬, 「変化する食中毒事情」, 月刊ドクターズブラザ, vol.89, (2011, Aug)
- 6) 厚生労働省, 食中毒統計資料 (<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/>)
- 7) 堀田国元, 日本機能水学会の設立と展望, 機能水研究, Vol.1 (1), 3-6 (2002).
- 8) Naitou H. et al., 医療・環境オゾン研究, Vol.22 No. 4, 97-104 (2015).
- 9) Hanahan D., *J. Mol. Biol.*, 166 (4), 557-580, (1983).
- 10) 厚生労働省, 食品等事業者の衛生管理情報, 大量調理施設衛生管理マニュアル
- 11) Shinoda Y. et al., *Shimadzu hyouron*, 57, 121-131 (2000).
- 12) Naitou H. et al., *Microbiol. Immunol.*, 50, 45-51 (2006).
- 13) Naitou H., Morita T., *J. Gen. Appl. Microbiol.*, 47(5), 241-246 (2001).
- 14) Nakamuro K., Naitou H., et al., *Ozone: Science & Engineering*, (accepted).
- 15) 内藤博敬, 野菜情報, Vol.174, 36-42, (2018).
- 16) カタラーゼを産生する菌及びその利用方法, 特許5525445号 (再公表特許), 2014年4月18日