

令和 6 年度食品衛生基準科学研究費補助金（食品安全科学研究事業）
分担研究報告書

生鮮果実等の非加熱殺菌・消毒法に関する研究

研究分担者 岡田由美子 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部
百瀬愛佳 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部
研究協力者 都丸亜希子 国立医薬品食品衛生研究所食品衛生管理部

研究要旨

日本国内における食品の微生物規格の多くは、昭和 34 年に制定された厚生省告示第 370 号「食品、添加物等の規格基準」に基づき設定されている。そのため、現在でもそれらが科学的に妥当か否かの検証が望まれている。また、令和 3 年の HACCP 完全制度化に伴いそうざい、漬物等の衛生規範が廃止される等、各種食品製造工程における衛生管理は大きな転換期を迎えている。本研究では、現在微生物規格を有しない食品群において、衛生実態を管理するための微生物規格を検討する上での基礎知見の集積を図ることを目的とした。昨年度の分担研究における調査研究の結果、果実類を原因食品とする食中毒事例が国内外で一定数発生していたことから、本年度は加熱せずに喫食されることが多い果実類の非加熱殺菌法についての文献調査を実施した。その結果、果実類の非加熱殺菌法に関する最新の知見を文献調査により収集したところ、40 ppm 以上の過酢酸による処理や、過酢酸と超音波及びコールドプラズマの併用が 2 log CFU/g 以上の高い菌数低減効果を示していた。電解水については、近年新規の研究は少なくなっており、レビューから抽出したところ、単独使用で 2 log CFU/g 以上の菌数低減効果を示した論文は限られていた。また、効果が見られたものはいずれも酸性または微酸性電解水であった。使用菌株等の条件により菌数低減効果が異なることが示されたため、今後、加熱処理との比較、非加熱殺菌法間での同等性を評価する際の検討条件やモデル系を確立する必要が示唆された。

A. 研究目的

我が国を含む世界各国においては食品の安全性を確保する目的で、様々な食品に対し微生物

物規格が定められている。規格項目は主に、過去に食中毒が発生したことがある病原菌が設定されているが、病原菌の食品汚染率は通常低く、最終製品の微生物試験では汚染状況を十分に把握できない場合も多いことから、病原菌と自然界での分布や食品中の挙動が類似している近縁の微生物を広く含む衛生指標菌を用いることもある。これらの微生物規格基準は、食品の衛生確保に重要な役割を果たしてきた。また、乳及び乳製品、食肉製品等、特定の食品群については国が製造基準を定め、安全な食品の製造を担保してきた。一方、国内の食品衛生管理状況は令和3年のHACCP完全制度化により大きく変化した。また、食品の輸出入も増加の一途を辿る等、食を取り巻く環境は変化している。国内規格は現時点においても、一定の安全確保に資する内容であることには違いがないが、近年の食品衛生を取り巻く状況の変化や科学技術の進歩を考慮した妥当性の確認や見直しは必要と思われる。例えば、国内ではアイスクリーム類等の乳製品に加える副原料は68℃30分間の加熱殺菌またはそれと同等以上の殺菌を行うことが製造基準となっている。アイスクリーム等の副原料として果実類を加える製品は数多く存在し、製造事業者から果実の色調、果肉の硬さ等を保持するために次亜塩素酸ナトリウム以外の消毒薬による殺菌手法を用いることへの要望も寄せられている。

以上の背景を踏まえ、過熱せずに喫食されることが多く、食中毒の原因食品ともなりうる果実類に対する非加熱殺菌方法について、最新の知見を文献調査により集積した。

B. 研究方法

1) 生鮮果実類等を対象とした非加熱殺菌・消毒手法に関する文献調査

国内外の医学文献データベースを総括的に検索できる東京大学の文献検索システムTREE (University of Tokyo Resource Explorer) を用いて、2020年1月1日から2024年6月17日までに発行された論文のうち、キーワード「disinfection fresh vegetable」及び「disinfection fresh fruit」で検索し、重複等を除去して得られた論文を抽出した。それらの内容を精査し、果実類から食中毒菌及び生菌数の低減効果を確認した論文を選定して、結果の取りまとめを行った。

2) 諸外国における生鮮野菜類を原因食品とする細菌性食中毒についての調査

国立医薬品食品衛生研究所安全情報部が発出している「食品安全情報」から、令和6年～令和7年3月までに記載された諸外国における生鮮野菜類等を原因とする集団食中毒事例の情報を抽出した。

C. 研究結果

1) 生鮮果実類等を対象とした非加熱殺菌・消毒手法に関する文献調査

TREEを使用してキーワード「disinfection fresh vegetable」及び「disinfection fresh fruit」を用いた文献検索を行い、2020年から2024年6月に発行された論文329論文が抽出された。そこから重複、レビュー、日本語と英語以外の言語で執筆されたもの、モデル系の確立、耐性菌、消毒副産物、市場調査、評価手法の確立等に関する論文を除去し、果物を用いて消毒手法による微生物低減効果を菌数で評価した論文を抽出した結果、75報が選

定された。更に、食中毒菌に対する低減効果が示された論文を選定し、原著論文 19 報について結果を取りまとめた。その調査結果概要を表 1 に示した。対象とした果実ごとに分類したところ、イチゴを対象とした論文は 8 報、ブルーベリー 4 報、リンゴ 3 報、パイナップル、柿、マンゴーの皮、複数の果実が各 1 報であった。非加熱殺菌法としては、過酢酸、過酸化水素、クエン酸、乳酸、オゾン等の化学的殺菌法、紫外線、超音波、プラズマ、マイクロバブル、発光ダイオード等の物理的殺菌法、及びそれらの組み合わせが検討されていた。

低減対象微生物としてはサルモネラ、セレウス菌、大腸菌、リステリア・モノサイトゲネス及びその代替としてのリステリア・イノキア、マウスノロウイルス、生菌数が挙げられていた。

生鮮果実上の食中毒菌に対する低減効果が 2 log CFU/g 以上であった非加熱殺菌法としては、40 ppm 過酢酸（イチゴ上のリステリア・モノサイトゲネスに対し 3.8 log CFU/g 及びサルモネラ属菌に対し 4.1 log CFU/g の低減効果）、1%乳酸（イチゴ上のリステリア・モノサイトゲネスに対し 2.4 log CFU/g 及びサルモネラ属菌に対し 2.3 log CFU/g の低減効果）、1%酢酸（イチゴ上のリステリア・モノサイトゲネスに対し 2.4 log CFU/g 及びサルモネラ属菌に対し 3.1 log CFU/g の低減効果）、1%クエン酸（イチゴ上のリステリア・モノサイトゲネスに対し 3.2 log CFU/g 及びサルモネラ属菌に対し 3.3 log CFU/g の低減効果）が挙げられていた。一方、同濃度の過酢酸のイチゴ上のサルモネラに対する低減効果が 2 log CFU/sample 未満とする論文もあり、初発菌量や使用菌株等で異なる結果が見られる

場合があった。その場合も、40 ppm の過酢酸で 2 分間処理したのち、4℃で 5 日間イチゴを保存すると、2.5 log CFU/sample の低減効果を示し、次亜塩素酸ナトリウムと同程度の殺菌効果があるとしていた（表 1 文献 3）。ブルーベリーに対しては、遊離塩素 10 ppm または過酢酸 80 ppm での洗浄時に 25kHz の低周波超音波を併用し、その後コールドプラズマを用いたパッケージ内消毒を行うことで、腸管出血性大腸菌やサルモネラを 2 log CFU/g 低減できる効果を示していた（表 1 文献 11）。リンゴに対しては、塩素 100~200 ppm と過酢酸 40~80 ppm の抗菌液に CO₂ の超微細気泡を組み合わせた殺菌方法で、腸管出血性大腸菌やリステリア・モノサイトゲネスに対し抗菌液単独よりも有意に高い殺菌効果が得られていた（表 1 文献 15）。パイナップルに対しては、シトラールナノエマルジョン（精油）がサルモネラに対し 2.57 log CFU/g の低減効果を示していた（表 1 文献 16）。

100~280nm の紫外線 C 波（UVC）を用いた非加熱殺菌法を検討した論文ではイチゴ上のサルモネラに対し、水中での UVC 処理と次亜塩素酸ナトリウムの組み合わせで 5 分間の処理により、3.4-4.1 log CFU/g（表 1 文献 2）、過酢酸との組み合わせで 3.04 log CFU/g（表 1 文献 8）或いは 6.5 log CFU/g（表 1 文献 4）の低減効果を示すなど、強い効果が見られていた。リンゴ上のサルモネラに対しても、254nm の UVC 処理で 3.8 log CFU/g 低減の、リステリアに対しては 3.3 log CFU/g 低減の効果が観察された（表 1 文献 13）。

電解水については、上記 19 論文では検討されていなかった。そのため、前述の条件で検索した 2020 年以降に出版された 28 報のレビューにおいて、電解水について記載されて

いる 12 報を抽出し、その結果を取りまとめた (表 2)。単独使用で病原微生物に 2 log CFU/g 以上の低減効果を示している論文は限られ、多くは 2 log CFU/g に満たない効果であった。酸性電解水 (pH2.63) での 1~5 分の処理で、ブルーベリー上の腸管出血性大腸菌が 3.9~4.4 log CFU/g の低減を示した論文 (表 2 文献 3) と微酸性電解水 (pH5.42) での 3 分間の処理でリンゴ上の腸管出血性大腸菌が 2.28 log CFU/g、リステリア・モノサイトゲネスが 2.3 log CFU/g の低減効果を示した論文 (表 2 文献 5)、マンゴー上の大腸菌に対して中性電解水が 2.19 log CFU/g の低減効果を示した論文 (表 2 文献 8) があったものの、中性電解水 (pH6.9) で 2 分間~30 分間の処理は、リンゴ上のリステリア・モノサイトゲネス及びリステリア・イノキュアに対して 1.5 log CFU/g 以下の低減のみ示していた (表 2 文献 3 及び 4)。酸性電解水 (pH2.82) で 5 分間の処理でも、リンゴ上のクロノバクター属菌に対して 1.3~1.8 log CFU/g の低減であり (表 2 文献 6)、メロン上においても酸性電解水 (pH2.82) や中性電解水 (pH8.18) は同様の結果を示していた (表 2 文献 6)。一方、微酸性電解水 (pH5.42) とフマル酸及び酸化カルシウムの組み合わせによる洗浄では、リンゴ上の腸管出血性大腸菌とリステリア・モノサイトゲネスに対して 3 log CFU/g 以上の菌数低減効果を示していた (表 2 文献 5 及び 7)。

2) 諸外国における生鮮野菜類を原因食品とする細菌性食中毒についての調査

令和 6 年及び 7 年 3 月までの「国立医薬品食品衛生研究所安全情報部食品安全情報」で報告された、諸外国における生鮮野菜類を原因とする集団食中毒事例は 9 例見られた (表

3)。原因菌は、サルモネラ属菌が 6 例、腸管出血性大腸菌が 3 例であった。原因食品は、きゅうりが 2 例、葉物野菜が 3 例、トマト、玉ねぎ、人参、クルミ及び発芽種子が各 1 例であった。特に感染者数が多い事例の原因食品は、きゅうりの 551 名と、発芽種子の 509 名であり、いずれも原因菌はサルモネラ属菌であった。死者は 2 事例で各 1 名が報告されており、いずれも原因菌は腸管出血性大腸菌であった。

D. 考察

本研究での調査により、2020 年以降に出版された学術論文において検討された生鮮果実上の食中毒菌に対する非加熱殺菌法では、40 ppm 以上の過酢酸による処理や、過酢酸と超音波及びコールドプラズマの併用が 2 log CFU/g 以上の菌数低減効果を示していた。電解水については、単独使用で 2 log CFU/g 以上の菌数低減効果を示した論文は限られており、効果が見られたものはいずれも酸性または微酸性電解水であった。一方、微酸性電解水とフマル酸及び酸化カルシウムの組み合わせによる洗浄では強い菌数低減効果が観察されており、非加熱殺菌法の組み合わせで高い効果が得られる場合があることが示されていた。同一条件の検討でも果実の種類によって菌数効果が異なる論文や、同種の果実を用いた類似した条件での結果が異なる論文が見られたことから、食品マトリクスや使用菌株の耐性による影響が結果に反映していると思われる。そのため、今後新規の非加熱殺菌法について加熱処理や次亜塩素酸ナトリウムとの同等性を評価するには、対象菌における使用菌株や初発菌量等の検討条件及び検討モデル等について定める必要が

あると思われた。

E. 結論

今年度の本研究で、果実類の非加熱殺菌法に関する最新の知見を文献調査により収集したところ、40 ppm 以上の過酢酸による処理や、過酢酸と超音波及びコールドプラズマの併用が 2 log CFU/g 以上の高い菌数低減効果を示していた。電解水については、近年新規の研究は少なくなっており、レビューから抽出したところ、単独使用で 2 log CFU/g 以上の菌数低減効果を示した論文は限られていた。また、効果が見られたものはいずれも酸性または微酸性電解水であった。使用菌株等の条件により菌数低減効果が異なることが示されたため、今後、加熱処理との比較検討や、非加熱殺菌法間での同等性を評価する際の検討条件やモデル系を確立する必要があると思われた。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

学会発表

百瀬愛佳、岡田由美子、窪田邦宏。果実類を原因とする細菌およびウイルス性食中毒の国内外発生状況（2000～2023 年）。第 45 回日本食品微生物学会（2024 年 9 月青森市）

H. 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 1. 2020 年以降に発行された果物類上の食中毒菌に対する非加熱殺菌法に関する文献調査結果

イチゴ							
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果（減少数）	出版年 文献
1	単独使用	過酢酸、過酸化水素、クエン酸、乳酸、酢酸	さまざまな化学消毒剤（過酢酸（PA）、過酸化水素（H2O2）、クエン酸（CA）、乳酸（LA）、酢酸（AA））	S. enterica, L. monocytogenes and マウスノロウイルス	PA 40, 80, 120ppm H2O2 1, 2.5, 5% HLA 1, 2.5, 5% AA 1, 2.5, 5% CA 1, 2.5, 5% 次亜塩素酸 Na 100ppm	L. monocytogene, S. enterica	2020 International journal of food microbiology, 334, 108810
						3.8, 4.1 log CFU/g	
						2.4-5.4, 2.7-4.9 log CFU/g	
						2.7-3.0, 2.7 - 2.9 log CFU/g	
						2.4, 3.1 log CFU/g	
						3.2 -4.2, 3.3-3.8 log CFU/g	
						1.3-2.7, 1.2 - 2.9 log CFU/g	
2	単独使用	UV	水補助紫外線 C 光（WUVC）；従来法空気透過乾燥 UV-C（DUVC）処理	Salmonella enterica, Listeria monocytogenes and murine norovirus (MNV-1)	1min 3 処理 同結果 2min 水補助紫外線 C 光（WUVC）処理, 次亜塩素酸 N 200 mg/L 5min 水補助紫外線 C 光（WUVC）処理, 次亜塩素酸 Na 200 mg/L	S. enterica	2021 Postharvest biology and technology, 174, 111447
						≥1.4 log CFU/strawberry	
						2.6-2.7 log CFU/strawberry	
						3.4-4.1 log CFU/strawberry	

				2, 5min 空気透過乾燥 UV-C	1.8 log		
				(DUVC) 処理(従来法)	CFU/strawberry		
				Salmonella enterica, Listeria monocytogenes はほ			
				ぼ同じ結果；水補助紫外線 C 光 (WUVC) 処理,			
				次亜塩素酸 Na 200 mg L ⁻¹ は長い方が減少する			
					1.4 and 2.5 log		
				3 処理時間にかかわらず 同	TCID 50 mL-		
				結果	1(norovirus		
					surrogate (MNV-1)		
	組合せ	次亜塩素酸、過酢酸、	さまざまな消毒手順	Salmonella enterica	Salmonella		International
3	UV	UV	(NaClO (200	(CECT-4300)	2 分間の洗浄処理後	enterica (CECT-	2022
			ppm)、過酢酸			4300)	journal of food
			(PAA; 40 ppm)、			1.2 log	microbiology,
			水補助 UV-C	WUV-C		CFU/sample	364, 109536
			(WUV-C)、およ			1.5 log	
			び WUV-C と 40	PAA		CFU/sample	
			ppm の PAA の組み			1.7 log	
			合わせ (WUV-C +	WUV-C +PAA		CFU/sample	
			PAA)) および 5 日			ca. 1.7 log	
			間の冷蔵保管 (4°	NaClO		CFU/sample	
			C)	WUV-C +PAA と NaClO の洗		未検出	
				浄水			
				4°C5 日間保存後			
						1.8 log	
				未処理		CFU/sample	
						ca. 2 log	
				WUV-C		CFU/sample	

					PAA	ca. 2.5 log CFU/sample		
					WUV-C +PAA	ca. 1.5 log CFU/sample		
					NaClO	ca. 2.5 log CFU/sample		
4	組合せ	UV、過酢酸	水を利用した UV-C 光 (WUV-C) Water- assisted UV-C light (WUV-C) ;さら に、4 つのランプを 点灯し、40 または 80 ppm の過酢酸を 含む洗浄液を使用し た試験も実施	L. innocua と S. Typhimurium	2L-5min UV-C 4L-5min UV-C NaClO 未処理水 処理水中	好気性中温菌 1.8 log CFU / g 1.5 log CFU / g ca. 1.8 log CFU / g 3.6 log CFU / mL 0.2 - 0.4 log CFU / mL	2020	International journal of food microbiology, 335, 108887
						L. innocua, S. Typhimurium		
					WUV-C light	4.5, 3.7 log CFU / strawberry		
					NaClO	3.0, 4.9 log CFU / strawberry		
					NaOCl 処理水	(未検出)		
					WUV-C light 処理水	4.2, 4.1 log CFU / strawberry		
					コントロール (水のみ)	2.4, 2.4 log CFU / strawberry		
					NaOCl	4.3, 4.7 log CFU / strawberry		
					WUV	ca 4, ca. 5 log CFU / strawberry		

				WUV+PA40	ca 6, ca. 5.5 log CFU / strawberry		
				WUV+PA80	ca 6.5, ca. 5 log CFU / strawberry		
				PA40	ca. 3.5, ca 4.5 log CFU / strawberry		
				PA80	ca 4, ca. 4.5 log CFU / strawberry		
				コントロール（水のみ）処理 水中	4.4, 4.4 log CFU / strawberry		
				NaOCl 処理水中	未検出		
				WUV 処理水中	0.6, 0.4 log CFU / strawberry		
				WUV+PA40, WUV+PA80, PA80 処理水中	未検出, 0.4 log CFU / strawberry		
				PA40 処理水中	0.4, 0.4 log CFU / strawberry		
5	組合せ	超音波、温度処理	熱超音波処理；35 ま たは 130kHz の超音 波処理と 3 つの温度 処理の組み合わせ： 20°C、50°C、55°C	Listeria innocua	55 °C で 10 分および 15 分の処理と 50 °C で 15 分の処理は、品質（調理後の外観になるため） の低下により却下 生存個体数の違いは基本的に温度に起因 2 log CFU fruit-1 以上は全ての処理で減少 超音波 なし，あ り 20°C, 15 min 50°C, 2 min	2022	European food research and technology, 248(3), 671 - 683
					1.8, 3 log CFU/fruit ca.2, ca.3 log CFU/fruit		

					50°C, 5, 10 min	ca.3.5, ca.3 log CFU/fruit		
					50°C, 15 min	ca.4, ca.5 log CFU/fruit		
					55°C, 2 min	ca.2.5, ca.3.5 log CFU/fruit		
					55°C, 5 min	ca.3.3, ca.4.8 log CFU/fruit		
					55°C, 10 min	ca.4.5, ca.6.8 log CFU/fruit		
					55°C, 15 min	ca.7.5, ca.6 log CFU/fruit		
6	組合せ	オゾン、超音波	水性オゾンと超音波の併用	生菌数	オゾンまたは超音波で3分間処理は、6分または9分間処理と同等の効果 オゾンは44倍減少に対して、超音波は17倍減少		2021	Journal of food measurement & characterization, 15(2), 1437 - 1451
7	組合せ	有機酸、超音波	有機酸（酢酸および過酢酸）と超音波	生菌数、カビ酵母、大腸菌、大腸菌 E. coli ATCC 11229	9 days at 6°C保存後 Sodiumhypochlorite1mL/L Aceticacid10mL/L Peraceticacid2mL/L Ultrasound40kHz	生菌数、カビ酵母、大腸菌群 1.09, 0.87, 1.03 log CFU/g 1.22, 1.10, 1.27 log CFU/g 1.54, 1.18, 1.31 log CFU/g 1.06, 0.760, 0.89 log CFU/g	2020	Molecules (Basel, Switzerland), 26(1), 16

					Ultrasound 40 kHz + Acetic acid 10 mL/L	2.04, 1.73, 1.32 log CFU/g		
					Ultrasound 40 kHz + Peracetic acid 2 mL/L	2.48, 1.99, 1.45 log CFU/g		
						接種した		
						Escherichia coli		
					Sodium hypochlorite 1 mL/L	0.99 log CFU/g		
					Acetic acid 10 mL/L	1.26 log CFU/g		
					Peracetic acid 2 mL/L	1.08 log CFU/g		
					Ultrasound 40 kHz	1.04 log CFU/g		
					Ultrasound 40 kHz + Acetic acid 10 mL/L	1.46 log CFU/g		
					Ultrasound 40 kHz + Peracetic acid 2 mL/L	2.21 log CFU/g		
8	組合せ	UV、過酢酸	水補助(WUV)紫外線 C (UV-C)に 40 mg L -1 の過酢酸 (PA) を添加 (WUV + PA)	Salmonella enterica, Listeria monocytogenes, murine norovirus	2 分間洗浄後 H2O NaClO WUV WUV +PA 7 日間保存後 Whole, H2O, 10°C	L. monocytogenes, S. enterica 2.72, 2.11 log CFU/g 3.47, 2.65 log CFU/g 2.79, 2.22 log CFU/g 4.64, 3.04 log CFU/g 1.12, 1.01 log CFU/g	2022	Journal of the science of food and agriculture, 102(13), 5660 - 5669

Whole, NaClO 10°C	1.54, 1.26 log CFU/g
Whole, WUV 10°C	0.57, 0.55 log CFU/g
Whole, WUV+PA 10°C	0.55, 1.84 log CFU/g
Freshcut, H2O 10°C	2.90, 0.68 log CFU/g
Freshcut, NaClO 10°C	1.71, 1.04 log CFU/g
Freshcut, WUV 10°C	3.23, 1.59 log CFU/g
Freshcut, WUV+PA 10°C	0.26, 1.91 log CFU/g
Whole, H2O, 4°C	1.46, 1.91 log CFU/g
Whole, NaClO 4°C	1.53, 1.33 log CFU/g
Whole, WUV 4°C	0.98, 0.75 log CFU/g
Whole, WUV+PA 4°C	0.61, 1.20 log CFU/g
H2O 4°C	2.51, 1.16 log CFU/g
NaClO 4°C	1.35, 1.38 log CFU/g
WUV 4°C	3.19, 1.41 log CFU/g

WUV+PA 4°C					0.74, 1.33 log CFU/g			
ブルーベリー								
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果（減少数）	year	文献
9	単独使用	プラズマ・気体	グライディングアー	細菌数と酵母+カビ 数	PAA 処理 30 日後	bacteria, yeast + mold	2024	ACS food science & technology, 4(3), 737 - 746
			クプラズマ活性化空		5 min	ca. 1, 0 log CFU/g		
			気（PAA）		10 min	ca. 0.5, 0.5 log CFU/g		
					15 min	ca. 1.8, 0.8 log CFU/g		
					20 min	2.42, 1.30 log CFU/g		
10	組合せ	洗浄、UV	洗浄と紫外線（UV）	Salmonella	Chlorine wash	2.2 log CFU/g	2020	Food control, 109, 106926
			処理を組み合わせた		Overhead WUV	1.8 log CFU/g		
			水支援紫外線（UV）		Submersible WUV	1.9 log CFU/g		
			除染システム		Dual WUV	2.0 log CFU/g		
			（WUV）を開発		Chlorine wash 処理水	< 0.3 log CFU/g		
			Overhead WUV 処理水		2.0 log CFU/g			
			Submersible WUV 処理水		2.4 log CFU/g			
			Dual WUV 処理水		2.2 log CFU/g			
11	組合せ	塩素、過酢酸、プラズ	2 種類の消毒剤（遊 離塩素[FC]10ppm と過酢酸 [PAA]80ppm）を洗 浄時に低周波超音波	Escherichia coli	US-FC, day 0	E. coli O157:H7, S.	2022	Ultrasonics sonochemistry, 84, 105960
		マ、超音波		O157:H7,		Typhimurium,		
				Salmonella		AMC, and M&Y		
				Typhimurium		ca. 1.2, 1.3, 0.6, 0.5 log CFU/g		

			US（25kHz）と併用し、その後、誘電体バリア放電コールドプラズマ（CP）を用いてパッケージ内消毒	US-PAA, day 0	ca. 1.3, 1.3, 0.7, 0.6 log CFU/g			
				US-FC + CP, day 0	ca. 2.0, 2.0, 1.0, 0.8 log CFU/g			
				US-PAA + CP, day 0	ca. 2.0, 2.0, 1.0, 0.8 log CFU/g			
				US-FC, day 3	ca. 1.1, 1.3, 0.6, 0.7 log CFU/g			
				US-PAA, day 3	ca. 1.2, 1.3, 0.6, 0.5 log CFU/g			
				US-FC + CP, day 3	ca. 1.8, 1.8, 1.0, 0.9 log CFU/g			
				US-PAA + CP, day 3	ca. 1.6, 1.8, 1.0, 0.9 log CFU/g			
12	組合せ	空気マイクロバブル、次亜塩素酸ナトリウム	空気マイクロバブル（MB）、次亜塩素酸ナトリウム（FC）	E. coli O157:H7		2022	Postharvest biology and technology, 181, 111687	
				Water, MB	ca. 0, 0.5 log CFU/g			
				Water+10 mg FC, MB+10 mg FC	ca. 0.2, 0.1 log CFU/g			
				Water+100 mg FC, MB+100 mg FC	ca. 0.5, 0.7 log CFU/g			
リンゴ								
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果（減少数）	year	文献
13	単独使用	UV	紫外線 C 光処理（UVC254nm）	Escherichia coli, Salmonella enterica, Listeria monocytogenes	0,665.9 ±28.1 mJ/cm2 の照射が行われるまで	E. coli, S. enterica, L. monocytogenes 3.6, 3.8, 3.3 log/unit	2022	International journal of food microbiology, 364, 109535

					7504.4 ±1.0 mJ/cm2 の照射 が行われるまで	3.5, 3.4, 3.9 log/unit		
14	組合せ	過酢酸、UV	過酢酸 (PAA) と 280 nm 紫外線 C (UVC) - 発光ダイオ ード (LED) の併用 処理	Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes	Sonication + Circulation PAA (50 ppm) + Sonication + Circulation UVC-LED 4 mJ/cm2+ Sonication + Circulation PAA +UVC-LED 3 mJ/cm2+ Sonication + Circulation Sonication + Circulation 処 理水 PAA (50 ppm) + Sonication + Circulation 処理水 UVC-LED 4 mJ/cm2+ Sonication + Circulation 処 理水 PAA +UVC-LED 3 mJ/cm2+ Sonication + Circulation 処 理水	E. coli 3.24 log CFU/sample 未検出 6.04 log CFU/sample 未検出 ほぼ変わらない 未検出 未検出 未検出 未検出 L. monocytogenes 2.23 log CFU/sample 未検出 4.42 log CFU/sample	2024	International journal of food microbiology, 411, 110519

					PAA +UVC-LED 3 mJ/cm2+ Sonication + Circulation Sonication + Circulation 処 理水	未検出 ほぼ変わらない	
					PAA (50 ppm) + Sonication + Circulation 処理水	未検出	
					UVC-LED 4 mJ/cm2+ Sonication + Circulation 処 理水	未検出	
					PAA +UVC-LED 3 mJ/cm2+ Sonication + Circulation 処 理水	未検出	
15	組合せ	塩素、過酢酸、UFB (Ultrafine bubble 超 微細気泡)	塩素 (Cl 2 ; 100 ppm および 200 ppm) と過酢酸 (PAA ; 40 ppm お よび 80 ppm) 抗菌 液の効力に及ぼすガ ス (空気および CO 2) UFB (超微細気 泡) の組み合わせ	Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes AM solutions (100 and 200 ppm free Cl2, and 40 and 80 ppm PAA) AM + UFB(Air) AM + UFB (CO2)	Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes 1.4, 1.9 CFU/apple 1.9, 2.2 CFU/apple 2.1, 2.4 CFU/apple	2022	Journal of food safety, 42(6), e13007
パイナ ップル							
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果 (減少数)	year 文献
16	単独使用	精油	シトラールナノエマ ルジョン	Salmonella enterica Typhimurium	5min 浸す、4°C、24 時間	Salmonella enterica Typhimurium	2020 Journal of cluster science,

				T1: 滅菌蒸留水	0.33 log CFU/g	31(5), 1123 -
				T2: 次亜塩素酸 Na (100 ppm)	1.38 log CFU/g	1135
				T3: シトラール (MIC)	2.11 log CFU/g	
				T4: シトラールナノエマルジョン (MIC)	2.57 log CFU/g	

柿								
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果（減少数）	year	文献
17	単独使用	オゾン	2 種類のオゾン（ガスとミスト）	Escherichia coli strain ATCC 25922	オゾン（ $\mu\text{L L}^{-1}$ ） ガス、霧	Escherichia coli strain ATCC 25922	2024	Brazilian journal of microbiology, 55, 1715-1722
					0 $\mu\text{L/L}$	0, 0 log CFU/g		
					10 $\mu\text{L/L}$	0.29, 0.91 log CFU/g		
					15 $\mu\text{L/L}$	0.35, 1.46 log CFU/g		
					20 $\mu\text{L/L}$	0.3, 1.20 log CFU/g		
					30 $\mu\text{L/L}$	0.55, 1.49 log CFU/g		
					40 $\mu\text{L/L}$	0.43, 1.57 log CFU/g		
					50 $\mu\text{L/L}$	0.44, 1.57 log CFU/g		

マンゴ								
ー								
(皮)								
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果（減少数）	year	文献

18	単独使用	過酢酸、塩素	次亜塩素酸ナトリウム (SH) または過酢酸 (PAA)	Enterobacteriaceae, Bacillus cereus and total protein	SH (最適 200 mg/L, 90 sec) PAA (最適 27 mg/L, 19 min)	Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), 0.55–1.31 log CFU/g 0.61 - 1.83 log CFU/g	2022	Food control, 139, 109080
複数								
文献	処理		方法	微生物	処理詳細	結果 (減少数)	year	文献
19	組合せ	クルクミン、レーザー	クルクミンを介した光線力学療法 (PDT)	総菌数、大腸菌群	PDT (0.5mM, 7.2J/ cm2) イチゴ、ブドウ、チェリー	総細菌数と大腸菌群数ともに、80%を超えて減少	2020	Food science and technology international, 26(8), 696 - 705

表 2. 2020 年以降に発行されたレビュー誌に掲載された、電解水を用いた果実上の細菌に対する非加熱殺菌法に関する文献

イチゴ									
文献	処理	方法		条件	微生物	結果（減少数）	出版年	文献	
1	単独使用	電解水	微酸性	pH: 6.49, ACC 34.33 mg/L, ORP 853.7 mV		総菌数、カビ酵母	2.32, 3.01 log CFU/g	2015	LWT- Food Science and Technology, 60, 1195– 1199.
		電解水	微酸性	pH 6.49, ACC 4 mg/L, ORP 853.7 mV		生菌数、カビ酵母を含む細菌叢	1.07 and 1.04 log CFU/g		
	組合せ	電解水	微酸性	10 min, ACC 34.33 ppm, pH 6.49, OPR 853.7 mV	Ultrasound	生菌数、カビ酵母	1.29, 1.29 log CFU/g		
ブルーベリー									
2	単独使用	電解水	酸性	pH 2.63, ACC 31.1 mg/ L, ORP 1163 mV for 1–5 min		Escherichia coli O157:H7	3.9–4.4 log CFU/g	2013	Food Control, 32, 621–625.
リンゴ									
3	単独使用	電解水	中性	pH 6.9, ACC 110 mg/L, ORP 883.7 m V for 2 min		Listria monocytogenes, Listria innocua, Pediococcus acidilactici, Enterococcus faecium	1.0–1.3 log CFU/g	2020	Food Control, 110, 106977.
4	単独使用	電解水	中性	30 min ACC 49		Listria innocua, Escherichia coli	1.5 log CFU/g	2011	Postharvest Biology and Technology, 61(2–3), 172–177.
		電解水	酸性	30 min ACC98		Listria innocua, Escherichia coli	1.9, 2.1 log CFU/g		
5	単独使用	電解水	微酸性	pH 5.42, ACC 30 mg/L, ORP 818–854 mV for 3 min		Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes, 生菌数	2.28, 2.30, 1.89/fruit	2017	Food Microbiology, 67, 97–105.

	組合せ	電解水	微酸性・フマル酸・酸化カルシウム	3 min, ACC 30 ppm, pH 5.42, OPR 854 mV	Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes	3.12, 3.00 log CFU/fruit	.	
6	単独使用	電解水	酸性	pH 2.82, ACC 103 mg/ L, ORP 1121 mV for 5 min	Cronobacter sakazakii	1.3–1.8 log CFU /g	2016	International Journal of Food Microbiology, 231, 10–15.
7	組合せ	電解水	微酸性・フマル酸・酸化カルシウム	3 min, ACC 30 ppm, pH 5.42, OPR 818 mV	Escherichia coli O157:H7, Listeria monocytogenes	ca. 3, 4.06 log CFU/fruit	2019	Foods, 8(10), 497.
みかん								
7	組合せ	電解水	微酸性・フマル酸・酸化カルシウム	3 min, ACC 30 ppm, pH 5.42, OPR 818 mV	E coli O157:H7, Listeria monocytogenes	4.85, 5.35 log CFU/fruit	2019	Foods, 8(10), 497.
メロン								
6	単独使用	電解水	中性	pH 8.18, ORP 762 mV, ACC 94 mg/L	Cronobacter sakazakii	1 –1.2 logCFU/g	2016	International Journal of Food Microbiology, 231,10–15.
		電解水	酸性	pH 2.82, ACC 103 mg/ L, ORP 1121 mV for 5 min	Cronobacter sakazakii	1.3–1.8 log CFU /g		
マンゴー								
8	単独使用	電解水	中性	101mgACC/L, pH7.95,5min	Escherichia coli, Cronobacter sakazakii	2.19, 1.70logCFU/g	2018	Food Microbiology, 70, 49–54.
桃								
9	単独使用	電解水	中性	pH 6.7, ACC 165 mg/L, ORP 775 m V for 5 min	生菌数、カビ酵母を含む細菌叢	ca 2 log 以上	2019	Postharvest Biology and Technology, 148, 22–31.
洋ナシ								
6	単独使用	電解水	中性	pH 8.18, ORP 762 mV, ACC 94 mg/L	Cronobacter sakazakii	1 –1.2 log CFU/g	2016	International Journal of Food Microbiology, 231,10–15.

			酸性	pH 2.82, ACC 103 mg/ L, ORP 1121 mV for 5 min	Cronobacter sakazakii	1.3–1.8 log CFU /g		
カット果物								
6	単独使用	電解水	酸性	5 min, pH 2.82, ORP1121 mV, ACC 103 mg/L	Cronobacter sakazakii	1.3–1.8logCFU/g	2016	International Journal of Food Microbiology, 231,10–15.
10	単独使用	電解水	酸性	3 min, ACC 99/102 ppm, pH 2.9/8.2, OPR 1121/ 754 mV	Escherichia coli, S. enterica, and Listeria spp	1 log cfu/g	2017	Food Control, 77, 41–49.
デーツ								
11	単独使用	電解水	中性	pH 7.2, ACC 300 mg/ L, ORP 814 mV	生菌数、大腸菌群、カビ酵母を含む細菌叢	1.0–2.5 log CFU/g	2014	Postharvest Biology and Technology, 87, 33–41.