pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 5, pp. 310~316 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.5.310

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

살균 조건이 세척 도구 중 미생물 저감화에 미치는 영향

임지유† · 김채영 · 김은영 · 김민진 · 김중범*
순천대학교 식품공학과

Effect of Sterilization Conditions on Microbial Reduction in Cleaning Tools

Ji-Yu Im†, Chae-Young Kim, Eun-yeong Kim, Min-jin Kim, Jung-Beom Kim*
Department of Food Science and Technology, Sunchon National University, Suncheon, Korea

(Received August 27, 2022/Revised September 22, 2022/Accepted September 26, 2022)

ABSTRACT - In this study, we compared the microbial reduction effects of drying, hot water, and microwave sterilization in scourers and dishcloths to suggest a most suitable sterilization method. Three scourer types (silver, copper, and mesh) were used, and three dishcloth types (silver, bamboo, and cotton) were used. Drying time dependent reduction in *Escherichia coli* was high in silver and copper scourers, but minimal bacterial reduction was obtained against *Bacillus cereus* in all scourers and dishcloths. In scourers, *E. coli* was not detected after ≥30 s of hot water sterilization at 77°C, and *B. cereus* was not detected after ≥60 s of hot water sterilization at 100°C. In dishcloths, *E. coli* was not detected after hot water sterilization at 77°C for ≥30 s, but *B. cereus* was detected after hot water sterilization at 100°C for ≥60 s. In scourers, *E. coli* was not detected after microwave sterilization at 700 W for 3 min, but *B. cereus* was detected. In dishcloths, *E. coli* was not detected after microwave sterilization with 700 W for ≥1 min, but *B. cereus* was detected in the cotton dishcloth even after sterilization for 3 min. In conclusion, the use of antimicrobial scourers (silver and copper) and dishcloths (silver and bamboo) are not sufficient to reduce the microbial contamination. The guideline provided by the Ministry of Food and Drug Safety suggesting dishcloth sterilization via hot water at 100°C for 30 s was also found to be insufficient. Based on our research, we suggest that the most effective methods of microbial management are submerging scourers in hot water at 100°C for ≥1 min, and sterilizing dishcloths for ≥3 min using a 700 W microwave.

Key words: Inhibition effect, Microorganism, Hot water, Microwave, Cleaning tools

경제 수준이 향상됨에 따라 단체급식이 증가하면서 국내 집단식중독 발생 규모가 커지고 발생 원인이 다양해지고 있다[1]. 식품안전나라 식중독 통계에 따르면 학교 외 집단급식의 식중독 발생이 2016년 8.0%에서 2021년 26.2%로 증가한 것으로 보고되고 있다[2]. 집단급식에서 발생하는 식중독의 주요 원인은 교차오염, 부적절한 조리시간과 온도관리, 비위생적인 식재료 사용, 부적절한 식품 위생관리 등으로 보고되고 있다[3]. Bryan은 다른 기구나 식품에 의한 교차오염, 부적합한 개인위생이 집단급식소 식중독 발생의 주요 원인으로 보고하였다[4]. 또한 집단급식소에서 사용하는 조리도구, 수세미, 행주 등에 의한 미생물 교차오염이 집단식중독을 발생시킬 수 있다고 보고되고 있다[5].

다양한 조리도구 중 수세미와 행주는 세균 전파의 잠재적 매개체 역할을 할 수 있어 위생관리는 매우 중요하다[6]. 또한 *Escherichia coli, Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella* spp.를 포함한 다양한 식중독세균이 행주와 수세미에 오염된 후 수일간 생존한다고 보고되었다[7,8]. 따라서 식품과 직접 접촉하는 조리도구를 세척하는 수세미와 행주 등의 철저한 살균, 소독이 매우 중요하다[9]. 수세미와 행주 등 세척도구의 미생물 오염을 감소시키기 위해 집단급식에서는 열탕 살균, 자외선 살균, 화학적 살균 등의 방법을 이용하고 있다[10]. 그러나 이러한 살균 방법은 식중독세균의 종류에 따라 저감화 효과에 차이가 있는 것으로 보고되고 있다[11]. 특히 수세미와 행주의 경우 조리도구에 접촉할 때마다 살균

*Correspondence to: Jung-Beom Kim, Department of Food Science and Technology, sunchon National University, Suncheon 57933, Korea
Tel: +82-61-750-3259, Fax: +82-61-750-3208
E-mail: okjbkim@sunchon.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

할 수 없어 항균 수세미와 항균 행주가 시판되고 있다.

항균 수세미는 은나노 수세미, 구리 수세미가 시판되고 있고, 항균 행주는 은나노 행주, 대나무 행주가 시판되고 있다. 따라서 집단급식소에서 항균 수세미와 항균 행주를 사용하면 식중독세균으로부터 안전성을 확보할 수 있어, 항균 수세미와 항균 행주의 미생물 저감화 효과에 대한 연구가 필요하다 하겠다. 그러나 현재까지 연구를 살펴보면 수세미와 행주 중 병원성 세균 생육 및 소독제 처리 효과[12], 급식기구 표면의 위생상태 및 대장균 소독 효과[13] 등에 국한되어있고 항균 수세미와 항균 행주 등 재질에 따른 식중독세균 저감화 효과와 재질별 살균 방법에 따른 식중독세균 저감화 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 대표적인 그람 음성 세균인 대장균과 그람양성 식중독세균인 *Bacillus cereus*를 대상으로 수세미와 행주 재질별 항균 활성을 비교하고, 기존 식품의약품안전처에서 제시하고 있는 살균 방법과 비교하여 올바른 살균 방법을 제시하고자 하였다.

Materials and Methods

재료

본 실험에 사용된 각각 3종류의 수세미와 행주는 시중에서 유통되는 제품을 구입하여 사용하였다. 항균성 표기된 은나노 수세미, 구리 수세미 2종과 일반 망사 수세미 1종, 항균성 표기된 은나노 행주, 대나무 행주 2종과 일반 면 행주 1종을 실험대상으로 사용하였다. 실험대상인 수세미와 행주는 가로, 세로 10 × 10 cm 크기로 잘라 삼각플라스크에 담고 고압 멸균기를 이용하여 121°C에서 15분간 멸균한 후 실험에 사용하였다.

접종 균주

본 실험에서 사용한 균주는 순천대학교 식품위생안전실험실에 보관되어 있던 *Escherichia coli* (ATCC 25522), *Bacillus cereus* (ATCC 11778) 총 2 균주를 사용하였다. 접종 균주는 Tryptic soy broth (TSB, Mbcell, Seoul, Korea)에 접종하여 35-37°C에서 18-24시간 배양한 후 동일한 방법으로 2회 추가 배양하여 접종 균액으로 사용하였다.

항균 실험

재질이 따른 수세미와 행주의 미생물 저감화 효과를 비교하기 위해 10^6-10^7인 접종 균액에 멸균된 행주와 수세미를 1분간 침지시켰다. 침지 후 수세미는 Clean bench에서 균액이 떨어지지 않을 때까지 방치한 후 10분, 20분, 30분 무균적으로 건조하였다. 행주 또한 침지 후 Clean bench에서 균액이 떨어지지 않을 때까지 방치한 후 1시간, 3시간, 6시간 무균적으로 건조하였다. 건조 후 100 mL 멸균 인산완충희석용액이 담긴 필터백에 넣고 균질기(HAPS, Seoul, Korea)로 1분간 균질화하여 시험원액으로 사용하였다.

열탕 살균

열탕 살균에 따른 미생물 저감화 효과를 비교하기 위해 10^6-10^7인 접종 균액에 멸균된 수세미와 행주를 1분간 침지시켰다. 침지 후 Clean bench에서 균액이 떨어지지 않을 때까지 무균적으로 방치한 후 77°C 30초, 100°C 30초, 100°C 1분 열탕 살균하였다. 열탕 살균 후 100 mL 멸균 인산완충희석용액이 담긴 필터백에 넣고 균질기(HAPS)로 1분간 균질화하여 시험원액으로 사용하였다. 접종 균액에 침지했지만 열탕 살균하지 않은 수세미와 행주를 사용하여 초기 균수를 측정하였다.

마이크로웨이브 살균

마이크로웨이브 살균에 따른 미생물 저감화를 비교하기 위해 10^6-10^7인 접종 균액에 멸균된 수세미와 행주를 1분간 침지시켰다. 침지 후 Clean bench에서 균액이 떨어지지 않을 때까지 무균적으로 방치한 후 멸균된 용기에 수세미와 행주를 넣고 700 W 회전식 마이크로웨이브(MS23F301TAK, Samsung Electronics Inc., Korea)에서 1분, 2분, 3분 살균하였다. 마이크로웨이브 살균 후 100 mL 멸균인산완충희석용액이 담긴 필터백에 수세미와 행주를 넣고 균질기(HAPS)로 1분간 균질화하여 시험원액으로 사용하였다. 균액에 침지했지만 마이크로웨이브로 살균하지 않은 수세미와 행주를 대조군으로 사용하여 초기 균수를 측정하였다.

미생물 배양

시험원액을 10단계 계단 희석하여 시험용액을 제조한 후 시험원액과 시험용액을 멸균 Petri dish에 1 mL씩 접종하였다. 대장균은 Desoxycholate lactose agar (DLA, Mbcell, Seoul, Korea)를 무균적으로 분주하여 35°C, 24시간 동안 배양하였다. *B. cereus*는 Mannitol egg yolk polymyxin agar (MYP, Mbcell, Seoul, Korea)를 무균적으로 분주하여 30°C, 18-24시간 동안 배양하였다. 배양 후 집락수가 15-300개인 평판을 계수한 후 희석배수를 곱하여 균수를 산출하였다.

통계처리

SPSS Statistics (ver. 27.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 통계처리 하였다. 일원배치 분산분석으로 집단 간의 평균값을 비교하였으며, $P<0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 비교하였다.

Results and Discussion

건조 시간에 따른 재질별 미생물 저감화 효과

건조 시간에 따른 수세미 중 미생물 저감화 효과를 확

Table 1. Effect of drying time on bacterial reduction in scourer (Log CFU/100 cm^2)

Drying time	*Escherichia coli*[1)]			*Bacillus cereus*[1)]		
	Mesh scourer	Silver nano scourer	Copper scourer	Mesh scourer	Silver nano scourer	Copper scourer
0 min	5.11±0.07^{ab}	5.21±0.01^{c}	3.43±0.11^{d}	4.39±0.04^{ab}	4.23±0.05^{a}	4.44±0.11^{a}
10 min	5.25±0.10^{b}	4.80±0.09^{b}	2.11±0.21^{c}	4.06±0.06^{a}	4.51±0.03^{b}	4.37±0.05^{a}
20 min	5.24±0.06^{b}	1.37±0.18^{a}	1.33±0.16^{b}	4.34±0.03^{b}	4.25±0.05^{a}	4.30±0.09^{a}
30 min	4.96±0.09^{a}	1.28±0.35^{a}	ND[2)a]	4.02±0.06^{a}	4.45±0.03^{b}	4.29±0.05^{a}

[1)] All values are mean±SD.
[2)] ND: Not detected.
[a-d)] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 2. Effect of drying time on bacterial reduction in dishcloth (Log CFU/100 cm^2)

Drying time	*Escherichia coli*[1)]			*Bacillus cereus*[1)]		
	Cotton dishcloth	Silver nano dishcloth	Bamboo dishcloth	Cotton dishcloth	Silver nano dishcloth	Bamboo dishcloth
0 h	7.55±0.01^{d}	7.40±0.04^{c}	7.21±0.05^{c}	5.14±0.06^{b}	5.17±0.06^{b}	5.43±0.08^{b}
1 h	7.27±0.04^{c}	7.14±0.23^{b}	7.12±0.05^{b}	5.18±0.05^{b}	5.31±0.05^{c}	5.29±0.05^{a}
3 h	7.13±0.04^{b}	6.73±0.05^{a}	7.08±0.05^{b}	5.15±0.05^{b}	5.20±0.04^{b}	5.42±0.04^{b}
6 h	7.06±0.05^{a}	6.65±0.09^{a}	6.95±0.05^{a}	5.04±0.02^{a}	5.08±0.04^{a}	5.36±0.04^{ab}

[1)] All values are mean±SD.
[2)] ND: Not detected.
[a-d)] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

인하기 위해 그람음성 식품위생 지표 미생물인 대장균과 그람양성 식중독세균인 *B. cereus*를 접종하였으며, 그 결과는 Table 1에 나타내었다. 망사 수세미의 경우, 대장균 초기 균수는 5.11±0.07 Log CFU/100 cm^2에서 30분 후 4.96±0.09 Log CFU/100 cm^2로 건조 시간에 따른 저감화 효과가 미미하였다. 은나노 수세미의 경우, 대장균의 초기 균수는 5.21±0.01 Log CFU/100 cm^2에서 20분 후 1.37±0.18 Log CFU/100 cm^2로 약 4.0 Log CFU/100 cm^2가 감소하였다. 구리 수세미의 경우, 대장균의 초기 균수는 3.43±0.11 Log CFU/100 cm^2에서 30분 후 대장균이 검출되지 않았다. 그러나 *B. cereus*의 건조 시간별 균수는 망사 수세미, 은나노 수세미, 구리 수세미 모두 약 4.0-4.5 Log CFU/100 cm^2로 건조 시간별 저감화 효과가 미약하였다.

은나노와 구리 수세미를 30분간 건조할 경우 대장균은 감소하였다. 이러한 결과는 은나노 입자가 직접 세포막에 접촉하여 세포막과 세포벽을 손상시켜 식중독세균을 불활성화시키고[14], 구리 수세미는 구리 이온이 용출되어 식중독세균의 단백질과 결합해 균세포를 불활성화시킨다[15]는 보고와 일치하는 결과이었다. 은나노와 구리 수세미를 30분간 건조할 경우, 대장균은 감소하였으나 *B. cereus*는 감소하지 않았다. 이러한 결과는 은나노 입자를 처리했을 때 *E. coli* 세포가 그람양성의 세포에 비해 높은 항균 감수성을 나타내고, 전자현미경으로 관찰한 결과 그람 양성균보다 강한 형태적 파괴를 보였다는 보고와 일치하는 결과이었다[16]. 또한 *B. cereus*는 포자를 생성하는 그람양성 세균으로 두꺼운 펩티도글리칸층을 가지기 때문에 그람음성 세균에 비해 저감화 효과가 낮은 것으로 판단된다[17]. 구리(Cu) 또한 은(Ag)과 동일한 2가 금속으로 동일한 기작으로 대장균에서 높은 저감화 효과를 나타낸 것으로 판단된다.

건조 시간에 따른 행주 중 미생물 저감화 효과를 확인하기 위해 대장균과 *B. cereus*를 접종하였으며, 그 결과는 Table 2에 나타내었다. 면 행주의 경우, 대장균 초기 균수는 7.55±0.01 Log CFU/100 cm^2에서 6시간 후 7.06±0.05 Log CFU/100 cm^2로 건조 시간에 따른 미생물 저감화 효과는 나타나지 않았다. 은나노 행주의 경우, 대장균 초기 균수는 7.40±0.04 Log CFU/100 cm^2에서 6시간 후 6.65±0.09 Log CFU/100 cm^2로 건조 시간에 따른 미생물 저감화 효과는 미미하였다. 대나무 행주의 경우, 대장균 초기 균수는 7.21±0.05 Log CFU/100 cm^2에서 6시간 후 6.95±0.05 Log CFU/100 cm^2로 건조 시간에 따른 미생물 저감화 효과는 미미하였다. *B. cereus*의 건조 시간별 균수는 면 행주, 은나노 행주, 대나무 행주 모두 약 5.0-5.5 Log CFU/100 cm^2로 건조 시간별 저감화 효과가 나타나지 않았다.

행주의 경우 6시간 건조 후에도 대장균과 *B. cereus*의 저감화 효과가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 행주의 은나노 함량이 적어 은나노 입자가 이온화되어 미생물의 세

포막과 세포벽을 손상시키는[14] 항균활성이 나타나지 않고, 수분 보유량이 많아 건조까지 장시간이 소요되어 미생물이 증식할 수 있는 조건인 것에 기인하는 것으로 판단된다[18]. 건조시간에 따른 수세미와 행주의 미생물 저감화 효과를 비교한 결과, 은나노와 구리 수세미에서 대장균에 대한 저감화 효과는 나타났으나 행주에서 저감화 효과가 미미하였다. 또한 *B. cereus*의 경우 저감화 효과가 나타나지 않아 식중독 예방을 위해 항균 수세미와 행주에 대한 철저한 살균이 필요한 것으로 판단된다.

열탕 살균에 따른 재질별 미생물 저감화 효과

열탕 살균 온도와 시간에 따른 수세미 중 미생물 저감화 효과는 Table 3에 나타내었다. 망사, 은나노와 구리 수세미에서 대장균의 초기 균수는 4.81±0.07 Log CFU/100 cm^2, 4.61±0.23 Log CFU/100 cm^2, 4.06±0.14 Log CFU/100 cm^2로 나타났으나 77°C, 30초, 100°C 30초, 100°C, 1분 열탕 살균 후 모든 수세미에서 대장균이 검출되지 않았다. 망사 수세미에서 *B. cereus*의 초기 균수는 5.35±0.04 Log CFU/100 cm^2로 100°C, 1분 열탕 살균 후 *B. cereus*가 검출되지 않았다. 은나노 수세미에서 *B. cereus*의 초기 균수는 5.25±0.13 Log CFU/100 cm^2로 100°C, 1분 열탕 살균 후 *B. cereus*가 검출되지 않았다. 구리 수세미에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.65±0.06 Log CFU/100 cm^2로 100°C, 1분 열탕 살균 후 *B. cereus*가 검출되지 않았다.

열탕 살균 온도와 시간에 따른 행주 중 미생물 저감화 효과는 Table 4에 나타내었다. 면, 은나노 및 대나무 행주에서 대장균의 초기 균수는 6.57±0.04 Log CFU/100 cm^2, 6.61±0.06 Log CFU/100 cm^2, 6.54±0.08 Log CFU/100 cm^2로 나타났으나 77°C, 30초, 100°C 30초, 100°C, 1분 열탕 살균 후 모든 행주에서 대장균이 검출되지 않았다. 면 행주에서 *B. cereus*의 초기 균수는 5.09±0.06 Log CFU/100 cm^2로 100°C, 1분 열탕 살균 후 0.79±0.44 Log CFU/100 cm^2로 감소하였다. 은나노 행주에서 *B. cereus*의 초기 균수는 5.70±0.07 Log CFU/100 cm^2로 100°C, 1분 열탕 살균 후 0.93±0.08 Log CFU/100 cm^2로 감소하였다. 대나무 행주에서 *B. cereus*의 초기 균수는 5.36±0.08 Log CFU/100 cm^2로 100°C, 1분 열탕 살균 후 0.72±0.22 Log CFU/100 cm^2로 감소하였다.

Table 3. Effect of hot water sterilization on bacterial reduction in scourer (Log CFU/100 cm^2)

Hot water sterilization	*Escherichia coli*[1)]			*Bacillus cereus*[1)]		
	Mesh scourer	Silver nano scourer	Copper scourer	Mesh scourer	Silver nano scourer	Copper scourer
Non sterilization	4.81±0.07^{b}	4.61±0.23^{b}	4.06±0.14^{b}	5.35±0.04^{d}	5.25±0.13^{d}	4.65±0.06^{d}
77°C, 30 s	ND[2)a]	ND^{a}	ND^{a}	4.00±0.05^{c}	3.62±0.05^{c}	3.64±0.08^{c}
100°C, 30 s	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	2.14±0.05^{b}	2.21±0.04^{b}	1.11±0.16^{b}
100°C, 1 min	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}

[1)] All values are mean±SD.
[2)] ND: Not detected.
[a-c)] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.05).

Table 4. Effect of hot water sterilization on bacterial reduction in dishcloth (Log CFU/100 cm^2)

Hot water sterilization	*Escherichia coli*[1)]			*Bacillus cereus*[1)]		
	Cotton dishcloth	Silver nano dishcloth	Bamboo dishcloth	Cotton dishcloth	Silver nano dishcloth	Bamboo dishcloth
Non sterilization	6.57±0.04^{b}	6.61±0.06^{b}	6.54±0.08^{b}	5.09±0.06^{d}	5.70±0.07^{d}	5.36±0.08^{d}
77°C, 30 s	ND[2)a]	ND^{a}	ND^{a}	3.75±0.04^{c}	4.43±0.10^{c}	4.88±0.03^{c}
100°C, 30 s	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	1.83±0.05^{b}	1.57±0.05^{b}	3.82±0.04^{b}
100°C, 1 min	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	0.79±0.44^{a}	0.93±0.08^{a}	0.72±0.22^{a}

[1)] All values are mean±SD.
[2)] ND: Not detected.
[a-d)] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.05).

수세미와 행주를 100°C에서 30초 열탕 살균할 경우 대장균은 검출되지 않았으나 *B. cereus*는 검출되었다. 이러한 결과는 대장균은 70°C 이상의 온도에서 사멸하나[19] 그람양성 세균인 *B. cereus*는 그람음성 세균에 비해 열저항성이 높아 다양한 환경과 온도에서 생존한다는 보고와 일치하는 결과이었다[20]. 열탕 살균은 물리적인 소독방법으로 식기나 식수에 존재하는 세균을 소독하는데 효과적인 방법으로 사용되고 있다[21]. 2020년 식품의약품안전처에서 제공한 '어린이집, 유치원 식중독 예방 관리 매뉴얼'에는 행주에 대한 열탕 살균을 끓는 물에서 30초 이상 실시하도록 규정하고 있다. 그러나 본 실험 결과 행주를 100℃에서 1분간 열탕 살균하여도 식중독세균인 *B. cereus*가 검출되었다. 따라서 어린이집 등 집단급식소의 식중독예방을 위해 행주는 100°C에서 1분 이상 충분히 열탕 살균하여야 할 것으로 판단되었다.

마이크로웨이브 살균에 따른 재질별 미생물 저감화 효과

마이크로웨이브 살균에 따른 수세미 중 미생물 저감화 효과는 Table 5에 나타내었다. 망사 수세미에서 대장균의 초기 균수는 4.42±0.11 Log CFU/100 cm^{2}로 3분 살균 후 대장균이 검출되지 않았다. 은나노와 구리 수세미에서 대장균의 초기 균수는 4.25±0.13 Log CFU/100 cm^2, 4.11±0.06 Log CFU/100 cm^{2}로 나타났으며 1분 이상 살균 후 대장균이 검출되지 않았다. 망사 수세미에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.09±0.05 Log CFU/100 cm^{2}로 3분 살균 후 2.78±0.07 Log CFU/100 cm^{2}로 감소하였다. 은나노 수세미에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.19±0.02 Log CFU/100 cm^{2}로 3분 살균 후 3.32±0.08 Log CFU/100 cm^{2}로 감소하였다. 구리 수세미에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.04±0.04 Log CFU/100 cm^{2}로 3분 살균 후 3.55±0.06 Log CFU/100 cm^{2}로 감소하였다.

마이크로웨이브 살균에 따른 행주 중 미생물 저감화 효과는 Table 6에 나타내었다. 면, 은나노 및 대나무 행주에서 대장균의 초기 균수는 5.38±0.06 Log CFU/100 cm^2, 5.33±0.19 Log CFU/100 cm^2, 5.38±0.11 Log CFU/100 cm^{2}로 나타났으나 1분 이상 살균 후 대장균이 검출되지 않았다. 면 행주에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.60±0.07 Log CFU/100 cm^{2}로 3분 살균 후 0.10±0.17 Log CFU/100 cm^{2}로 감소하였다. 은나노 행주에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.70±0.06 Log CFU/100 cm^{2}로 3분 살균 후 검출되지 않았다. 대나무 행주에서 *B. cereus*의 초기 균수는 4.64±0.05 Log CFU/100 cm^{2}로 2분 이상 살균 후 검출되지 않았다.

마이크로웨이브를 이용한 미생물 살균은 사용이 편리하고 살균시간과 강도를 조절할 수 있어 다양한 연구가 보고되고 있다. 마이크로웨이브 살균은 60°C에서 15초간 처리할 경우 10^{7-8}cell/mL 저온성 세균을 사멸시킨다고 보고되고 있다[22]. 또한 *E. coli*와 *Staphylococcus aureus* 등 다양한 식중독세균에 살균효과가 보고되고 있다[23,24]. 마이크

Table 5. Effect of microwave sterilization on bacterial reduction in scourer (Log CFU/100 cm^2)

Microwave sterilization	*Escherichia coli*[1]			*Bacillus cereus*[1]		
	Mesh scourer	Silver nano scourer	Copper scourer	Mesh scourer	Silver nano scourer	Copper scourer
Non sterilization	4.42±0.11^{d}	4.25±0.13^{b}	4.11±0.06^{b}	4.09±0.05^{c}	4.19±0.02^{c}	4.04±0.04^{c}
1 min	4.05±0.06^{c}	ND[2]^{a}	ND^{a}	3.79±0.03^{b}	3.89±0.04^{b}	3.92±0.04^{b}
2 min	2.65±0.04^{b}	ND^{a}	ND^{a}	3.80±0.03^{b}	3.83±0.22^{b}	3.62±0.09^{a}
3 min	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	2.78±0.07^{a}	3.32±0.08^{a}	3.55±0.06^{a}

[1] All values are mean±SD.
[2] ND: Not detected.
[a-d] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.05).

Table 6. Effect of microwave sterilization on bacterial reduction in dishcloth (Log CFU/100 cm^2)

Microwave sterilization	*Escherichia coli*[1]			*Bacillus cereus*[1]		
	Cotton dishcloth	Silver nano dishcloth	Bamboo dishcloth	Cotton dishcloth	Silver nano dishcloth	Bamboo dishcloth
Non sterilization	5.38±0.06^{b}	5.33±0.19^{b}	5.38±0.11^{b}	4.60±0.07^{d}	4.70±0.06^{c}	4.64±0.05^{c}
1 min	ND[2]^{a}	ND^{a}	ND^{a}	3.54±0.08^{c}	2.60±0.15^{b}	2.76±0.02^{b}
2 min	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	1.45±0.11^{b}	2.46±0.03^{b}	ND^{a}
3 min	ND^{a}	ND^{a}	ND^{a}	0.30±0.17^{a}	ND^{a}	ND^{a}

[1] All values are mean±SD.
[2] ND: Not detected.
[a-d] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.05).

로웨이브 원리는 유전가열방식으로 식품에 전계를 가하면 식품에 함유된 물 분자들이 진동하면서 마찰열이 발생시키고 이 열로 식품이 가열된다[25]. 행주를 마이크로웨이브로 살균할 경우 행주 중 물 분자가 높은 열을 발생시켜 대장균과 *B. cereus*를 사멸시키지만, 수세미의 경우 함유된 물 분자가 행주보다 적고 포자를 형성할 수 있는 *B. cereus*의 특징에 따라 저감화가 미약한 것으로 판단된다.

이러한 결과를 종합해 볼 때, 집단급식소에서 사용되는 수세미와 행주의 교차오염에 의한 집단식중독을 예방하기 위해 항균 수세미와 항균 행주 사용을 지양하고 식품의약품안전처에서 제시하는 행주에 대한 끓는 물에서 30초 이상 살균에 대한 재검토가 필요한 것으로 판단된다. 또한 교차오염을 예방하기 위해 수세미는 100°C에서 1분 이상 열탕 살균하고, 행주는 700 W 마이크로웨이브로 3분 이상 살균하여야 할 것으로 판단되었다.

Acknowledgments

This work was supported by a research promotion program of SCNU.

국문요약

본 연구에서는 수세미와 행주 재질별 항균 활성을 비교하고, 적합한 살균 방법을 제시하고자 건조, 열탕, 마이크로웨이브 살균을 실시하였다. 본 실험에 사용된 수세미는 은나노, 구리, 망사 수세미 3종을 사용하였으며 행주는 은나노, 대나무, 면 행주 3종을 실험대상으로 사용하였다. 건조 시간에 따른 수세미 중 대장균 저감화 효과는 은나노와 구리 수세미에서 높게 나타났으나 *B. cereus*에 대한 저감화 효과는 모두 미미하였다. 건조 시간에 따른 행주 중 대장균과 *B. cereus*에 대한 저감화 효과는 모두 미미하였다. 77°C에서 30초 이상 열탕 살균 후 수세미 중 대장균은 검출되지 않았고 100°C에서 1분 이상 열탕 살균 후 수세미 중 *B. cereus*는 검출되지 않았다. 77°C에서 30초 이상 열탕 살균 후 행주 중 대장균은 검출되지 않았으나 100°C에서 1분 이상 열탕 살균 후 행주 중 *B. cereus*가 검출되어 살균효과가 미약하였다. 700 W 마이크로웨이브로 3분간 살균 후 수세미 중 대장균은 검출되지 않았으나 *B. cereus*는 검출되었다. 700 W 마이크로웨이브로 1분 이상 살균 후 행주 중 대장균은 검출되지 않았으나 3분간 살균 후에도 면 행주에서 *B. cereus*는 검출되었다. 이러한 결과를 종합해 볼 때, 집단급식소에서 사용되는 수세미와 행주에 의한 집단식중독을 예방하기 위해 항균 수세미와 항균 행주 사용을 지양하고, 식품의약품안전처에서 제시하는 끓는 물에서 30초 이상 살균에 대한 재검토가 필요한 것으로 판단된다. 수세미와 행주의 위생관리를 위해 수세미는 100°C에서 1분 이상 열탕 살균, 행주는 700 W 마이크로웨이브로 3분 이상 살균을 제안한다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Ji-Yu Im https://orcid.org/0000-0002-0190-0604
Chae-young Kim https://orcid.org/0000-0002-7905-9798
Eun-yeong kim https://orcid.org/0000-0002-8839-2509
Minjin Kim https://orcid.org/0000-0001-6984-1754
Jung-Beom Kim https://orcid.org/0000-0002-0290-2687

References

1. Lee, S.H., Yun, J.W., Lee, J.H., Jung, Y.H., Lee, D.H., Trends in recent waterborne and foodborne disease outbreaks in South Korea, 2015-2019. *Osong Public Health Res. Perspect*, **12**, 73-79 (2021).
2. Ministry of Food and Drug Safety(2022, Jun 7). Food Poisoning Statistics. Retrieved from http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/healthyfoodlife/foodPoisoningStat.do?menu_no=519&menu_grp=MENU_GRP02
3. Lynch, R.A., Elledge, B.L., Griffith, C.C., Boatright, D.T., A comparison of food safety knowledge among restaurant managers, by source of training and experience, in Oklahoma County, Oklahoma. *J. Environ. Health,* **66**, 9-26 (2003).
4. Bryan, F.L., Risks of practices, procedures and processes that lead to outbreaks of foodborne diseases. *J. Food Protect.*, **51**, 663-673 (1998).
5. Kim, J.B., Park, Y.B., Kim, K.C., Kim, D.H., Kang, S.H., Lim, Y.S., Park, P.H., Yoon, M.H., Lee, J.B., Evaluation and reduction of microbiological hazard of spoon and spoon case carried by nursery school children. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **40**, 116-122 (2011).
6. Lee, Y.W., Na, S.S., Cho, S.B., Cheung, C.Y., Park, S.G., Inhibition effect of germ-resistant sponge on microbial growth in kitchen hygiene. *J. Environ. Health Sci.*, **22**, 109 - 121 (1996).
7. Kusumaningrum, H.D., Van Putten, M.M., Rombouts, F.M., Beumer, R.R., Effects of antibacterial dishwashing liquid on foodborne pathogens and competitive microorganisms in kitchen sponges. *J. Food Protect.*, **65**, 61-65 (2002).
8. Jiang, X., Doyle, M.P., Fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella Enteritidis* on currency. *J. Food Protect.*, **62**, 805-807 (1999).
9. Park, H.K., Park, B.K., Shin, H.W., Park, D.W., Kim, Y.S., Cho, Y.H., Lee, K.H., Kang, K.J., Jeon, D.H., Park, K.H., Ha, S.D., Evaluation of effectiveness of sanitizers and disinfectants used in domestic food processing plants. *Korean J.*

Food Sci. Technol., **37**, 1042-1047 (2005).
10. Lee, Y.S., Lee, S.H., Ryu, K., Kim, Y.S., Kim, H.I., Choi, H.C., Jeon, D.H., Lee, Y.J., Ha, S.D., Survey on practical use of sanitizers and disinfectants on food utensils in institutional foodservice. *J. Food Hyg. Saf.*, **22**, 338-345 (2007).
11. Kim, J.Y., Lee, H.J., Cho, J.Y., Lim, H.C., Choi, G.C., Kim, D.W., Park, K.H., Moon, J.H., Antimicrobial effect of various chopping boards against food-borne bacteria. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 114-120 (2012).
12. Lee, S.H., Survival and growth of foodborne pathogens on commercial dish sponge/clothes and inhibitory effect of sanitizers. MS Thesis, ChungAng University, Korea (2010).
13. Kim, Y.S., Jeon, Y.S., Han, J.S., Inhibition effect of sanitizers against *E. coli* and a hygienic condition on the surface of utensils and equipments used to food service. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **31**, 965-970 (2002).
14. Hwang, I.S., Cho, J.Y., Hwang, J.H., Hwang, B.M., Choi, H.M., Lee, J.Y., Lee, D.G., Antimicrobial effects and mechanism(s) of silver nanoparticle. *Microbiol. Biotechnol. Lett.*, **39**, 1-8 (2011).
15. Je, D.H., A Study on the made in 80%Cu-20%Zn alloy antibacterial of filter. MS Thesis, Pukyong National University, Korea (2018).
16. Kim, S.H., Lee, H.S., Ryu, D.S., Choi, S.J., Lee, D.S., Antibacterial activity of silver-nanoparticles against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J. Microbiol. Biotechnol.*, **39**, 77-85 (2011).
17. Park, S.H., Gwon, W.G., Lee, I.S., Kim, E.J., Hwang, S.J., Koo, H.S., Na, Y.R., Kim, B.J., Park, E.H., Lee, M.O., Distribution and toxin gene characteristic of *Bacillus cereus* isolated from foods in Busan. *J. Food Hyg. Saf.*, **35**, 219-224 (2020).
18. Park, S.J., Assessment of food sanitation knowledge and practices of food handle's and microbiological evaluation of open-kitchen environment. MS Thesis, Duksung Women's University, Korea (2016).
19. Park, S.G., Development of HACCP system through thermal and UV sterilization process management and SSOP : for rice-cake dried products. PhD Thesis, Hanyang University, Korea (2018).
20. Kotiranta, A., Lounatmaa, K., Haapasalo, M., Epidemiology and pathogenesis of *Bacillus cereus* infections. *Microbes Infect.*, **2**, 189-198 (2000).
21. Lee, H.R., Standardization of disinfection methods according to fabric materials and identification of contaminated microorganism. MS Thesis, Catholic University of Pusan, Korea (2021).
22. Cunningham, F.E., Influence of microwave radiation on psychrotrophic bacteria. *J. Food Protect.*, **43**, 651-655 (1980).
23. Fujikawa, H., Ushioda, H., Kudo, Y., Kinetics of *Escherichia coli* destruction by microwave irradiation. *Appl. Environ. Microbiol.*, **58**, 920-924 (1992).
24. Khalil, H., Villota, R., Comparative study on injury and recovery of *Staphylococcus aureus* using microwaves and conventional heating. *J. Food Protect.*, **5**, 181-186 (1988).
25. Ha, W., Kil, M.S., Cho, P.Y., Research on the igniting potential for a microwave oven. *Fire Investigation Socity of Korea*, **3**, 51-63 (2012).