

## 신선 고추의 수확, 선별 및 유통 단계에서의 미생물 모니터링 및 미생물 오염 저감화 방법 모색

김솔아<sup>1</sup> · 이정은<sup>1</sup> · 박현진<sup>2</sup> · 이상대<sup>3</sup> · 문효영<sup>4</sup> · 심원보<sup>5,6\*</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 응용생명과학부, <sup>2</sup>경상대학교 식품공학과, <sup>3</sup>(주)아이엠헬스케어,  
<sup>4</sup>압티지엠제이(주), <sup>5</sup>경상대학교 농화학식품공학과, <sup>6</sup>경상대학교 농업생명과학연구원

## Prevention of Microbial Contamination Through Monitoring of the Harvesting, Sorting, and Distribution Stages of Fresh Hot Pepper

Sol-A Kim<sup>1</sup>, Jeong-Eun Lee<sup>1</sup>, Hyun-Jin Park<sup>2</sup>, Sang-Dae Lee<sup>3</sup>, Hyo-Yeong Moon<sup>4</sup>, Won-Bo Shim<sup>5,6\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Science & Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, Korea

<sup>3</sup>Im healthcare inc., Wonju, Gangwon, Korea

<sup>4</sup>Apteasy MJ inc., BI center, Gwangju, Korea

<sup>5</sup>Department of Agricultural Chemistry and Food Science & Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, Korea

<sup>6</sup>Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, Korea

(Received November 18, 2019/Revised December 1, 2019/Accepted December 9, 2019)

**ABSTRACT** - This study determined the microbial contamination levels of hot pepper at harvest, sorting, and distribution stages to suggest a way of reducing the microbial contamination of hot peppers by changing work gloves used throughout these processes. According to the monitoring results, the contamination levels of total aerobic bacteria (TAB) were found in the following order: soil (5.3±0.9 log CFU/g), hot pepper (4.2±0.9 log CFU/g), gloves (4.2±0.6 log CFU/g), baskets (4.1±0.7 log CFU/g), clippers (3.9±0.6 log CFU/g) and water (3.2±1.1 log CFU/g) at harvest stage. The contamination level of coliforms were found in the following order: soil (2.2±0.9 log CFU/g), hot pepper (2.2±0.3 log CFU/g), gloves (2.1±0.6 log CFU/g), clippers (2.0±0.21 log CFU/g) and baskets (1.9±1.1 log CFU/g) at harvest stage. TAB on hot pepper at the harvest stage was reduced from 4.2±0.9 log CFU/g to cold storage 3.8±0.2 log CFU/g and room temperature storage 2.6±0.3 log CFU/g, respectively. By the replacement of work gloves and lower distribution temperature, TAB levels of the peppers were significantly reduced compared to those without replacement and distributed at room temperature. In addition, the utilization of plasma was effective on reducing microbial contamination of hot pepper. These results demonstrated that appropriate replacement of gloves at the harvest stages, using plasma in the distribution stage, and refrigerated distribution conditions, which are simple and easy to practice in the field, are effective to reduce microbial contamination on hot peppers.

**Key words** : Hot pepper, Glove change, Reduction of microorganisms, Food safety

최근 우리나라의 식중독 발생 통계에 따르면, 지구 평균 기온 상승과 외식의 생활화로 인해 2017년(336건, 5649명) 보다 2018년(363건, 11,504명) 식중독 환자 수가 지속적으로 증가하고 있다<sup>1)</sup>. 건강에 대한 관심의 증가로 샐러드 등 여러 종류의 야채를 생식하는 식습관이 늘면서 최근 식중

독 원인 식품으로 신선농산물이 빈번하게 지목되고 있다. 신선농산물은 가열하지 않고 신선한 상태로 섭취하는 경우가 많기 때문에 식중독 원인식품으로 자주 보고되고 있으며, 농산물의 위생 및 안전 관리에 대한 중요성이 제기되면서 재배과정에서의 용수, 토양 및 주변환경과 수확단계에서의 작업자 및 비위생적인 작업환경에 존재하는 미생물에 의한 오염가능성이 제기되고 있다<sup>2,3)</sup>. 특히 풋고추의 경우 다른 작물보다 상대적으로 재배기간이 길고, 초기 생육기에 강우가 잦으며, 재배기간 동안 온도가 높은 계절을 거치게 되므로 다양한 병해충이나 미생물에 감염될 위험성이

\*Correspondence to: Won-Bo Shim, Department of Agriculture and Food Science & Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam 52828, Korea  
Tel: +82-55-772-1902, Fax: +82-55-772-1909  
E-mail: wbshim@gnu.ac.kr

높고<sup>4)</sup>. 과피에 당성분이 있어 유해미생물의 증식 가능성이 높기 때문에 안전성 확보를 위한 관리가 필요하다<sup>5,6)</sup>.

신선농산물 중 미생물 오염 저감화 방법은 물리적 처리와 화학적 처리방법으로 나뉘며, 물리적 처리방법은 초임계 이산화탄소 가스, gamma irradiation, 초고압처리 (high pressure processing, HPP), 초음파 (ultrasound), 플라즈마 등의 기술이 있다<sup>7)</sup>. 이러한 기술들은 살균소독 처리 중 고압이나 살균 등이 함께 사용되기 때문에 고가의 장비가 요구되며, 부적절한 온도 관리로 인한 품질저하, 가스살균 및 조사를 통한 미생물 저감화는 아직 효과가 미비하고 안전성에 대한 문제가 여전히 대두되고 있다<sup>8)</sup>. 화학적 처리방법 중 염소계 살균소독제 (chlorine, hypochlorite 등)는 살균효과가 높으며, 유기산 (lactic acid, citric acid, acetic acid, tartaric acid 등)은 신선 채소와 과일의 호냉균, 중온균에 강한 살균성이 증명된 바 있다<sup>9)</sup>. 그러나 대부분의 신선농산물은 신선도 유지를 위해 세척하지 않고 출하 유통되고 있기 때문에 적용하기 어려움이 있어 최근 연구되고 있는 물리적·화학적 미생물 저감화 보다 재배 및 생산 현장의 위생적인 관리를 통한 미생물 오염의 예방 및 저감을 Good Agricultural Practices (GAP)제도를 통해 추구하고 있다.

따라서 본 연구에서는 고추의 수확, 선별, 유통단계에서의 미생물 오염 정도를 파악하고 작업 단계 중 신선 고추의 미생물 오염의 저감 및 예방을 위한 관리점 (control point)을 작업자의 장갑과 유통단계의 온도조건으로 선정하여 이를 공정에서의 관리를 통한 미생물 오염 예방효과를 확인하였다. 추가로 시중에 판매되고 있는 소형 플라즈마 발생장치를 보관 또는 유통단계에 적용하여 신선 고추의 수확, 선별 및 유통단계에서 미생물저감화 방안을 제안하고자 하였다.

## Material and Methods

### 미생물 모니터링 및 관리점 확인

본 연구를 수행하기 위해 2018년 1월부터 10월까지 경남 진주 인근에 고추를 수확하는 농장 7곳을 방문하여 작

물(풋고추), 재배 환경(농업용수, 토양) 및 작업도구(작업자장갑, 수확용 가위, 수확용기)를 대상으로 시료를 수집하였고, 유통되는 고추의 미생물 오염 정도를 확인하기 위해 2018년 9월 경남 진주에 위치한 2 곳의 대형마트에서 실온과 냉장에서 판매 중인 고추를 구입하여 미생물평가에 사용하였다. 고추 농가 수확단계의 시료는 다음과 같이 채취하였다. 고추는 수확 후 선별 중인 것을 500 g, 재배 환경인 농업용수는 멸균 채수병을 이용하여 각 농가에서 사용하는 지표수를 대상으로 1 L 수집하였다. 토양은 농가 내의 작물이 자라는 3곳을 지정하여 토양의 표토를 혼합한 후 시료당 3 kg이 되도록 멸균 팩에 담았다. 수확 및 선별에 사용되는 작업자 장갑, 작업용 가위, 수확용 바구니는 10×10 cm<sup>2</sup> 면적대와 swab kit (3M swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)를 사용하여 수확용 바구니 표면을 문질러 채취하였다(각 시료 5개 수집). 수확 농가와 대형마트에서 수집된 시료는 총 41종, 5 반복하여 205 점의 시료 보관용 아이스박스에 담아 4시간 이내에 실험실로 운반한 후 24시간 이내에 실험을 실시하였다 (Table 1).

### 위생지표세균과 효모/곰팡이의 정량적 분석

농장과 마트로부터 수집한 시료는 일반세균을 포함한 위생지표세균(대장균군, 대장균)과 효모 및 곰팡이를 분석하였다. 모든 시료는 무균대에서 실험을 실시하였다. 고추와 토양은 각각 25 g을 취하여 멸균백에 넣고 225 mL 멸균 생리식염수를 넣고 균질화하여 사용하였고, 작업 도구와 농업용수는 별다른 전처리 과정 없이 강하게 혼탁하여 사용하였다. 전처리된 시료 1 mL 취하여 9 mL 멸균생리식염수를 이용하여 10진 희석법으로 희석한 후 분석에 사용하였다. 일반세균 측정용 Petrifilm-AC (3M, St Paul, MN, USA)에 1 mL 접종하고 35°C에서 24-48시간 배양하였다. 동일한 방법 1 mL씩 대장균 및 대장균군 측정용 Petrifilm-EC 와 -CC (3M)에 접종하고 35°C에서 24시간 배양, 효모와 곰팡이 측정용 Petrifilm-YM (3M)에 접종하고 25°C에서 72-120시간 배양한 후 결과를 확인하였다.

**Table 1.** Samples collected and tested in this study

Sampling place	Types of sample	Sampling method	Numbers of sample
Farms	Hot pepper	Sterilized sample bag	35
	Soil	Sterilized sample bag	35
	Agricultural water	Sterilized plastic bottle	35
	Glove	Swabbing	35
	Clippers	Swabbing	35
	Baskets	Swabbing	20
Markets	Hot peppers	A market (stored at 4°C)	5
		B market (stored at 20°C)	5
Total			205

### 신선 고추 유통환경 보관 온도에 따른 미생물 오염 비교

일반적으로 신선 고추는 대형마트에서 실온과 냉장 조건으로 유통되고 있기 때문에 보관 온도를 달리한 유통 환경이 고추의 미생물 오염 정도에 미치는 영향을 확인하고자 실험을 실시하였다. 농가에서 수확한 고추에 70% 에탄올 침지 살균한 후 1시간 건조하여 준비하고 농가에서 수집한 고추로부터 일반세균을 증균-배양하여 시료 25 g에 4.2 log CFU/g 수준으로 오염시켰다. 오염시킨 시료를 멸균된 시료용 팩에 10°C 이하와 실온에서 1-5일 동안 보관하고 3M Petrifilm을 이용하여 1일 3일 5일 총 6종, 5 반복하여 30 점의 시료를 분석하였다. 보관 온도에 따른 보관기간 별 미생물학적 분석 결과에 대해서는 SPSS version24 (Statistics, IBM / SPSS, Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하여 유의성을 검증하였다.

### 수확단계에서 작업 장갑의 교체를 통한 미생물 예방 및 저감화

현장방문을 통해 수확 단계의 고추 농장 작업자들은 모두 일회용 라텍스 장갑을 사용하고 있었으나 장갑을 교체하지 않고, 선별 이외의 작업 시에도 일회용 장갑을 그대로 사용하는 등의 위생관리가 미흡한 것을 확인하였다. 따라서 현장방문과 미생물 모니터링을 실시한 농가 7곳 중 1곳을 선정하여 수확 후 고추의 선별 및 포장단계에서 일회용 장갑의 주기적인 교체를 통한 미생물학적 오염 예방 및 저감화 방안을 모색하였다. 일회용 장갑 교체 방법은 작업 3시간 중 1시간마다 교체한 장갑과 그 장갑으로 선별된 고추를 실험구로, 총 3시간 동안 장갑을 교체하지 않은 장갑과 작업 종료 시 선별된 고추를 대조구로 나누어 미생물의 오염 정도를 비교 분석하였다. 분석 방법으로 아래의 식을 이용하여 실험구와 대조구의 미생물 오염 증가율을 확인하기 위해 작업전의 장갑과 고추의 위생지표세균수에 대해 작업 후 장갑과 고추의 위생지표세균수의 증감을 비교하였다. 실험에 사용한 장갑은 실험구 및 대조구의 장갑과 고추는 멸균된 시료 채취용 팩에 시료 보관용 아이스박스에 담아 실험실로 운반한 후 분석을 실시하였다.

$$\frac{(\text{작업 후 장갑 또는 고추 중 일반세균 수}) - (\text{작업 전 장갑 또는 고추 중 일반세균 수})}{(\text{작업 전 장갑 또는 고추 중 일반세균 수})} \times 100(\%)$$

### 소형 플라즈마 발생장치를 이용한 수확 및 유통과정의 미생물오염의 저감화

시료 수집을 위한 농장방문에서 대부분의 신선농산물이 세척 단계 없이 유통되는 것으로 확인할 수 있었고, 세척이 불가능한 신선농산물에 대해 비세척 방법을 이용한 미생물 저감화 방안을 조사하였다. 국내기업 (주)아이엠헬스케어에서 판매하고 있는 소형 플라즈마 발생장치가 식품의 표면에 존재하는 바이러스와 일부 식중독균에 대한 살



**Fig. 1.** Photos of the test to determine the effect for the reduction of microorganism on hot pepper by a commercialized plasma device. (a) Hot peppers and plasma device, (b) Hot peppers only.

균효과가 99.8% 이상인 것으로 소개하고 있어 이를 이용한 수확 및 유통과정 중 미생물 저감화 효과를 확인하였다. 농장에서 수집한 고추를 전처리 없이 플라즈마 발생기와 함께 밀폐 플라스틱 용기(22×16 cm<sup>2</sup>)에 시료를 넣고 1-5일 동안 상온조건에서 보관한 것을 실험구로 사용하였으며, 대조구는 플라즈마 발생기 없이 고추만 넣어 보관한 것을 사용하였다 (Fig. 1). 실험구와 대조구를 보관 기관 별로 0일-5일차까지 각각의 시료를 25 g씩 나누어 모니터링과 동일한 방법으로 3M Petrifilm을 이용하여 위생지표세균과 효모/곰팡이에 대한 미생물학적 분석을 실시하였다.

## Results and Discussion

### 신선 고추 수확 농가와 유통중인 고추의 미생물학적 평가를 통한 신선 고추의 위생관리점 확인

신선 고추의 미생물 오염 저감화 방안을 마련하기 앞서 고추 농가 7곳의 생산 단계 (고추, 토양, 용수, 장갑, 작업 도구)와 대형마트에서 판매중인 신선 고추에 대한 미생물학적 오염 수준을 확인하였다 (Table 2). 고추의 일반세균수는 평균 4.2 log CFU/g, 대장균군 2.2 log CFU/g, 효모 및 곰팡이 3.0 log CFU/g 수준으로 나타났고, 일부 농가를 제외한 대부분의 농가에서 대장균군과 효모 및 곰팡이가 검출되었으나 대장균은 검출되지 않았다. 남 등<sup>10)</sup>의 연구에서 고추의 오염 수준이 일반세균 4.5 log CFU/g, 대장균군 3.9 log CFU/g으로 나타나 본 연구에서 확인된 고추의 오염 수준이 비슷한 것으로 확인되었다. 토양은 일반세균 5.3 log CFU/g, 대장균군 2.2 log CFU/g, 효모 및 곰팡이 3.3 log CFU/g, 대장균은 불검출로 나타나 일반적인 토양의 미생물 수가 평균 일반세균 6.0 log CFU/g, 대장균군 4.5 log CFU/g에 비해 안전한 수준을 나타냈으며<sup>11,12)</sup> 농업용수의 일반세균수는 3.2 log CFU/g 수준으로 나타났다. 작업 도구인 장갑과 수확용 가위와 수확용 바구니에 대해 미생물학적 분석을 실시한 결과, 일회용 장갑은 일반세균수 4.2 log CFU/cm<sup>2</sup>, 대장균군 2.1 log CFU/cm<sup>2</sup>, 효모/곰팡이 2.1 log CFU/cm<sup>2</sup> 수준으로 나타났으며, 수확용 가위의 일반 세균수는 3.9 log CFU/cm<sup>2</sup>, 대장균군 2.0 log CFU/

**Table 2.** Microbiological monitoring for samples collected from hot pepper farms and distribution markets (log CFU/g or log CFU/cm<sup>2</sup>)

Places	Types of sample	Sources of sample	TAB	<i>Coliform</i>	<i>E.coli</i>	Mold/Yeast
Farms	Hot peppers	A farm	4.8±0.3	2.3±0.4	ND <sup>1)</sup>	4.2±0.1
		B farm	3.1±0.8	ND	ND	4.0±0.4
		C farm	2.5±0.7	1.7±0.4	ND	2.8±0.1
		D farm	4.8±0.3	2.3±0.4	ND	2.2±0.8
		E farm	5.0±0.2	2.6±0.5	ND	2.8±0.1
		F farm	4.6±0.4	2.0±0.2	ND	1.6±0.3
		G farm	4.6±0.3	ND	ND	3.6±0.8
		Average	4.2±0.9	2.2±0.3	ND	3.0±0.1
	Soil	A farm	5.2±0.4	2.5±0.4	ND <sup>1)</sup>	3.8±0.3
		B farm	6.0±0.8	ND	ND	5.0±0.1
		C farm	4.3±0.4	1.2±0.3	ND	2.5±0.1
		D farm	4.9±0.8	3.6±0.1	ND	3.0±0.2
		E farm	4.4±0.1	ND	ND	2.3±0.1
		F farm	6.7±0.1	2.0±0.2	ND	3.1±0.1
		G farm	5.5±0.2	1.7±0.4	ND	3.7±0.6
		Average	5.3±0.9	2.2±0.9	ND	3.3±0.8
	Agricultural water	A farm	4.5±0.2	ND	ND <sup>1)</sup>	2.9±0.3
		B farm	3.0±0.2	ND	ND	2.5±0.5
		C farm	3.2±0.1	ND	ND	3.3±0.1
		D farm	4.5±0.2	ND	ND	1.6±0.4
		E farm	2.4±0.3	ND	ND	2.2±0.4
		F farm	1.8±0.5	ND	ND	2.4±0.1
		G farm	2.5±1.9	ND	ND	1.9±0.6
		Average	3.2±1.1	ND	ND	2.3±0.6
	Gloves	A farm	3.9±0.7	1.6±1.2	ND <sup>1)</sup>	2.9±1.0
		B farm	4.6±1.3	ND	ND	2.4±0.7
		C farm	4.6±0.4	2.6±2.0	ND	1.7±0.7
		D farm	3.2±1.9	ND	ND	1.5±0.7
E farm		4.2±0.6	2.1±0.1	ND	3.2±1.2	
F farm		4.0±1.5	2.8±1.6	ND	2.3±1.0	
G farm		4.9±0.1	1.5±0.7	ND	1.0±0.5	
Average		4.2±0.6	2.1±0.6	ND	2.1±0.8	
Clippers	A farm	3.6±0.9	ND	ND	2.2±1.6	
	B farm	4.2±1.2	ND	ND	2.7±1.2	
	C farm	3.0±0.7	1.8±0.3	ND	2.3±0.8	
	D farm	3.5±1.3	ND	ND	2.5±1.0	
	E farm	4.2±0.6	2.1±0.1	ND	3.2±1.2	
	F farm	4.6±0.4	ND	ND	2.1±0.3	
	G farm	4.2±0.1	ND	ND	3.2±0.2	
	Average	3.9±0.6	2.0±0.21	ND	2.6±0.5	
Baskets	A farm	3.8±0.4	ND	ND	3.2±1.2	
	B farm	4.3±1.0	1.6±0.3	ND	1.8±0.6	
	C farm	3.2±0.5	2.2±0.6	ND	2.4±0.6	
	E farm	4.9±0.8	ND	ND	1.9±0.3	
	Average	4.1±0.7	1.9±1.1	ND	2.3±0.6	
Markets	Hot peppers	A market (4°C)	3.8±0.2	2.0±0.1	ND	3.6±0.2
		B market (20°C)	4.6±0.1	2.2±0.1	ND	3.1±0.3
		Average	4.2±0.6	2.1±0.1	ND	3.4±0.5

<sup>1)</sup>ND: Not detected (limit of detection < 1.0 log CFU/g or log CFU/cm<sup>2</sup>).

cm<sup>2</sup>, 효모 및 곰팡이 2.6 log CFU/cm<sup>2</sup>, 수확용 바구니는 일반세균수는 3.9 log CFU/cm<sup>2</sup>, 대장균군 2.0 log CFU/cm<sup>2</sup>, 효모 및 곰팡이 2.6 log CFU/cm<sup>2</sup> 수준으로 확인되었다. 작업 도구 3종(장갑과 집게 가위, 바구니)의 오염 수준은 고추의 오염 수준과 거의 유사한 것으로 나타났으며, 특히 장갑의 경우 일회용 라텍스 장갑을 사용하고 있으나 주기적인 교체 또는 알코올 소독 등을 실시하지 않아 상당한 미생물의 오염이 예상되었다.

농가의 미생물학적 평가 및 모니터링 결과를 통해 고추의 미생물오염을 최소화하기 위한 관리 점으로 개인위생 및 작업 도구에 의한 오염관리의 필요성을 확인하였으며, 일회용 장갑을 사용하고 횟수와 작업시간에 관계없이 지속적으로 사용되고 수확 단계와 선별 단계 구분없이 하나의 장갑으로 작업하는 것을 확인하였다. 이러한 경우 장갑에 의한 교차오염이 지속적으로 발생할 가능성이 높기 때문에 고추의 미생물학적 오염이 증가하는 것으로 판단되었다<sup>13,14</sup>). 따라서 작업자의 주기적인 장갑 교체, 작업 도구의 세척 및 소독을 실시하고 선별장이나 유통 보관 중 저온 보관은 고추의 신선도 유지와 미생물학적 오염 수준을 낮추는데 도움이 될 것으로 판단하여 개인위생 및 작업 도구 관리와 온도 관리를 위생관리점으로 선정하였다. 유통되는 고추의 미생물 모니터링 결과, A 마트에서 구입한 고추 (A 고추)는 4°C 냉장 보관되어 판매되고 있었으며, B 마트에서 구입한 고추는 20°C 상온 보관되어 판매되고 있었다. A 고추의 경우 일반세균 3.8 log CFU/g, 대장균군 2.0 log CFU/g, 효모 및 곰팡이 3.6 log CFU/g 수준으로 나타났으며, B 고추의 경우 일반세균 4.6 log CFU/g, 대장균군 2.2 log CFU/g, 효모/곰팡이 3.1 log CFU/g 수준으로 나타났다. 수확 후 단계 뿐만아니라 유통단계의 고추도 오염이 있는 것으로 확인되었다.

#### 유통환경의 보관 온도에 따른 미생물 저감화 효과 확인

신선 고추에 대한 모니터링 결과, 농장에서 수집한 고추와 유통중인 고추의 오염 차이가 확인되어 유통환경 중 보관 온도에 따른 미생물 저감화 효과를 확인하기 위해

실험을 실시하였다(Table 3). 농장에서 직접 채취한 고추를 사용하여 모든 조건이 동일한 상태에서 상온과 냉장온도에서 1-5일 동안 보관하면서 미생물학적 오염 변화를 확인하였다. 그 결과 10°C 이하에 보관한 고추는 일반세균수가 1일차에 4.8 log CFU/g 수준에서 5일차에 2.7 log CFU/g 수준으로 약 2.1 log CFU/g 감소, 대장균군 1일차 1.4 log CFU/g 수준에서 5일차에 불검출, 효모 및 곰팡이도 5일차에 1.5 log CFU/g 수준으로 감소한 것으로 나타났다. 상온에 보관한 고추는 일반세균수가 1일차에 5.3 log CFU/g 수준에서 5일차에 4.4 log CFU/g 수준으로 약 0.9 log CFU/g 감소, 대장균군 5일차에 1.2 log CFU/g 감소, 효모 및 곰팡이는 3일차에서 5일차 사이에 0.9 log CFU/g 수준으로 증가하였다( $P<0.05$ ). 이전 연구에서 냉장 보관 중인 신선농산물의 경우, 저온인 4°C에서 보다 낮은 효소 활성도를 나타내어 온도 관리를 통해 품질을 더 오래 유지시킬 수 있는 것으로 확인되어<sup>15,16</sup>) 저장 온도에 따른 미생물오염에 대해 상온 보관 보다는 냉장 보관을 이용하여 유통 및 보관하는 것이 미생물 저감화와 신선도를 오랫동안 유지시켜 줄 수 있는 방법으로 판단되었다.

#### 수확 단계에 사용하는 작업자의 장갑의 교체를 통한 미생물 오염 예방 및 저감화

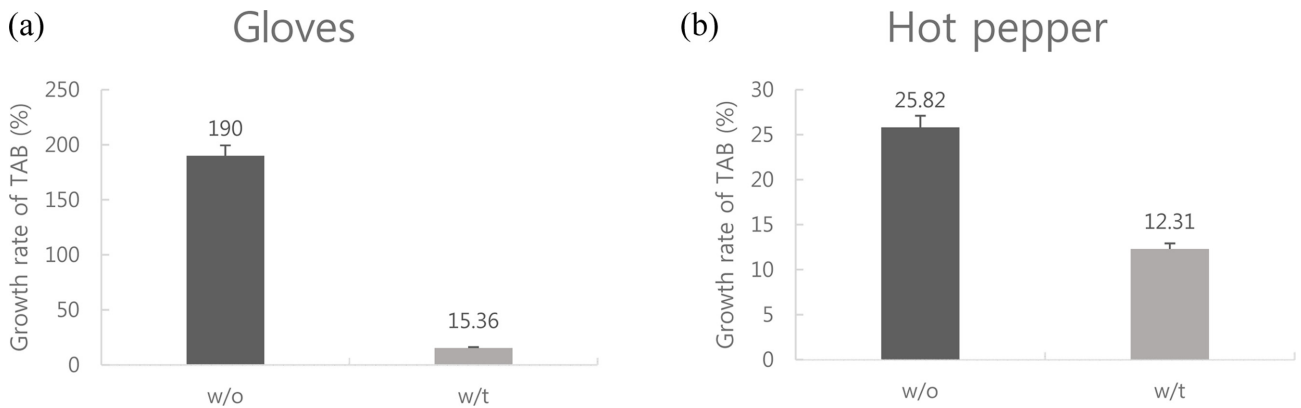
미생물 모니터링 결과에서 신선 고추 농가의 선별, 포장 단계에 사용하는 작업자의 장갑이 관리되지 않아 교차오염 및 미생물 오염 수준을 증가시키는 것으로 판단하였고 이를 확인하기 위해 총 3시간 작업 중 장갑을 교체하지 않는 그룹 (대조구)과 3시간 작업 중 1시간마다 장갑을 교체한 그룹 (실험구)으로 나누어 실험을 진행하였다. 그 결과, 교체하지 않은 대조구 장갑에서 작업 전과 후 각각 1.2 log CFU/cm<sup>2</sup> 수준에서 3.5 log CFU/cm<sup>2</sup> 수준으로 크게 증가한 것으로 나타났으며, 1시간 단위로 교체한 장갑의 일반세균수는 작업 전과 후 각각 1.4 log CFU/cm<sup>2</sup>에서 1.8 log CFU/cm<sup>2</sup> 수준으로 증가 폭이 낮게 나타났다. 대조구 장갑과 실험구 장갑을 이용하여 선별한 고추의 일반세균수를 확인한 결과, 실험구 고추에서 3.3 log CFU/g에서 3.7 log CFU/

**Table 3.** The change of microbial contamination levels on hot peppers stored at room temperature and under 10°C for up to 5 days (n=30)<sup>2)</sup> (log CFU/g)

Temperature	Stored period (Days)	TAB	Coliform	<i>E. coli</i>	Mold/Yeast
4°C	1	4.8±0.1	1.4±0.1	ND	2.7±0.1
	3	3.4±0.2	ND	ND	1.5±0.1
	5	2.7±0.6	ND	ND	1.2±0.3
RT	1	5.3±0.2	2.2±0.1	ND	3.6±0.1
	3	4.8±1.0	1.5±0.2	ND	2.3±0.3
	5	4.4±0.7	1.0±0.2	ND	3.2±0.1

<sup>1)</sup> ND: Not detected (limit of detection<1.0 log CFU/g).

<sup>2)</sup> Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.



**Fig. 2.** Determination of the microbial reduction effect on workers' gloves and hot pepper through periodic replacement of workers' gloves (w/o: Without replacement, w/t: With replacement). Numbers indicate mean±SD of TAB (Total aerobic bacteria).

g 수준으로 약 0.4 log CFU/g 수준 증가하였으나 대조구는 3.4 log CFU/g에서 4.2 log CFU/g 수준으로 약 0.8 log CFU/g 증가한 것으로 확인되었다. 이 결과를 토대로 작업 후 실험구 장갑의 미생물 오염증가율은 15.36%, 대조구의 오염증가율은 190%로 6배 이상 차이가 나타났으며, 실험구 장갑을 이용하여 고추를 선별하였을 때 12.31%, 대조구 장갑을 이용하여 고추를 선별하였을 때 25.82%로 약 2배이상 증가한 것을 확인하였다(Fig. 2).

이와 유사한 연구로 작업자 장갑에 대한 미생물 오염과 저감화방안에 대하여 굴 탈각 공정에서 장갑을 지속적으로 사용할 경우 장갑을 통해 원료에 교차오염을 일으킬 수 있어 이를 관리하기 위한 방안으로 작업자의 장갑교체를 제시하고 있으며<sup>17)</sup>, 단체급식소에서 식중독 발생 예방을 위한 저감화 방법으로 작업자의 장갑과 손 세척을 이용한 관리방법을 제시하고 있다<sup>18)</sup>. 따라서 주기적인 장갑교체가 고추에 대한 미생물학적 오염 수준을 낮추는데 도움이 되는 것으로 확인하였으며, 장갑의 교체는 최소 1시간 이하의 주기로 교체 또는 주기적으로 소독하는 것이 효과적으로 나타났다. 장갑 이외에도 작업 도구 등이 수확 단계와 선별 단계 구분없이 사용되고 세척 및 소독을 실시하지 않은 상태로 사용되는 것으로 확인되었다. 이러한 작업 도구의 비위생적인 관리로 인해 우리가 섭취하는 농산물에 대한 교차오염이 발생할 수 있기 때문에 수확 및 선별 단계에서 작업자의 장갑 및 작업 도구에 대한 관리와 인식개선 및 관리 교육이 필요한 것으로 판단되었다.

#### 소형 플라즈마 발생장치를 이용한 수확 및 유통과정의 저감화

국내 기업 (주)아이엠헬스케어에서 판매하고 있는 소형 플라즈마 발생장치가 공기 중 또는 식품 표면에 오염되어 있는 식중독 세균을 포함한 미생물저감 효과가 있는 것으로 설명하고 있어 이를 수확 및 유통과정 중 농산물과 포장하였을 때 미생물의 저감효과를 확인하고자 하였다. 실

험구로 플라즈마를 5일 동안 포장한 고추와 플라즈마와 함께 포장하지 않은 것을 대조구로 하여 미생물학적 평가를 실시하였다. 고추의 초기 균 수(일반세균: 5.2 log CFU/g, 대장균군: 3.5 log CFU/g, 효모 및 곰팡이 1.8 log CFU/g, 대장균: 불검출)와 비교하였을 때 플라즈마 발생 장치와 함께 보관한 고추는 보관 후 1일 만에 일반세균 0.7 log CFU/g 감소하였으며, 5일차에서 대장균군과 효모 및 곰팡이가 점차 감소하면서 불검출로 나타났다. 플라즈마 발생 장치가 없는 대조구는 일반세균 수가 3일 차 이후에 0.8 log CFU/g 감소하였고, 대장균군은 5일차에 2.1 log CFU/g, 효모 및 곰팡이는 1일차에 증가하다가 3일차 이후 감소한 것으로 나타났다 (Fig. 3).

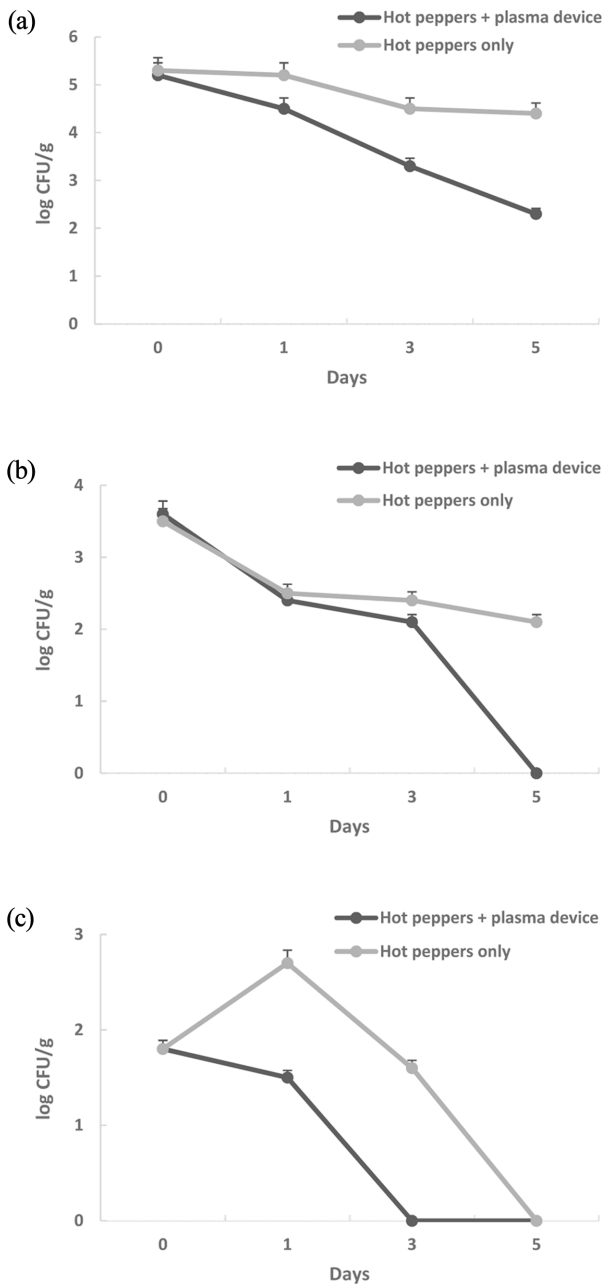
고추의 신선도에 있어 유통과정 중 플라즈마 발생장치를 이용할 경우 신선농산물 살균과 같이 농식품 보존 기간 연장을 위한 도구로 활용이 가능하기 때문에 다양한 농산물의 유통과정에 이용이 가능할 것으로 판단된다<sup>19)</sup>. 또 온도 측정용 타코메타와 같은 형태의 소형화 기술을 보유하고 있기 때문에 플라즈마 발생장치를 소형화 형태로 보급한다면 수확 및 유통과정 중의 저감화에 효과적일 것으로 판단된다.

#### Acknowledgement

본 연구는 2018년도 식품의약품안전처 용역연구개발과제 (18162축산선524)과 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업 (과제 번호: 316021-3) 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

#### 국문요약

본 연구에서는 고추의 수확 및 유통 단계에서 미생물 오염 수준과 그 발생원인을 확인하였고, 이를 바탕으로 수



**Fig. 3.** Investigation of the microbial reduction effect on hot peppers by the commercial plasma producing device. (a): Total aerobic bacteria, (b): *Coliform*, (c): Mold/Yeast. *E. coli*: not detected.

확 단계에 사용된 작업자 장갑의 교체와 온도 관리 및 소형 플라즈마 발생장치를 사용하여 신선 고추에 대한 미생물 오염에 저감화 방안을 모색하고자 하였다. 작업자 장갑 미교체 시 3시간 기준으로 작업 전과 후의 일반세균 미생물 오염증가율이 약 190% 증가하는 것으로 확인되었고, 이에 반해 교체한 작업자의 장갑의 미생물 오염증가율은 15% 증가하는 것으로 나타났다. 유통과정 중 보관

온도는 냉장 보관 보다 상온 보관일 때 미생물 오염 수준이 더 높은 것으로 나타나 냉장 보관이 미생물 오염 예방에 더 효과적인 것으로 나타났다. 추가로 소형 플라즈마를 이용하였을 때 초기 균 수 대비 5일차에서 일반세균 3.0 log CFU/g 감소, 대장균군, 효모/곰팡이는 불검출로 나타났다고 플라즈마 발생장치 없는 경우 5일차에 대장균군이 2.1 log CFU/g 수준으로 검출되어 소형 플라즈마 발생장치가 보관 및 유통과정 중의 미생물의 저감에 효과적일 것으로 판단되었다. 이상의 결과로 볼 때 수확단계에서 미생물학적 위해요소 발생원인 중 하나인 작업자의 장갑을 주기적으로 교체하고 현장에서 쉽게 수행 가능한 냉장 유통 방법과 신선 고추의 수확 후 보관 및 유통 중에 소형 플라즈마 장치를 이용한다면 고추의 미생물 오염을 감소시키는데 효과적인 것을 확인할 수 있었다. 또한 고추 이외에도 다른 신선농산물의 수확, 선별 단계나 유통단계에 미생물의 오염을 예방 또는 저감화 하는데 이용이 가능할 것으로 생각된다.

### References

1. Foodsafetykorea, (2019, October 25). Food Poisoning Stat., 2018 food poisoning statistics, Retrieved from <https://www.foodsafetykorea.go.kr>
2. Kim, S.A., Lee, J.E., Kim, G.U., Kim, S.H., Shim, W.B., Microbial Monitoring and Exploring Ways to Prevent or Minimize Microbial Contamination at the Production and Distribution Stages of Fresh Strawberries. *J. Food Hyg Saf.*, **32**, 485-492 (2017).
3. Kim, J.W., Kim, S.H., Establishment of washing conditions for salad to reduce the microbial hazard. *Korean J. Food and Cook. Sci.*, **21**, 703-708 (2005).
4. Vos, J. G. M., & Duriat, A. S., Hot pepper (*Capsicum* spp.) production on Java, Indonesia: toward integrated crop management. *Crop protection*, **14**, 205-213 (1995).
5. Woo, H.I., Kim, J.B., Choi, J.H., Kim, E.H., Kim, D.S., Park, K.S., Evaluation of the level of microbial contamination in the manufacturing and processing company of red pepper powder. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 427-431 (2012).
6. Han, J.H., Lee, Y.S., Song, K.H., An Analysis on Consumers' Perceptions about Consumption of Premium Chili Powder. *J. Agric. Economy Associ.*, **60**, 67-83 (2019).
7. Kim, J. Y., Han, S. J., Whang, L., Lee, J. H., Choi, I. L., & Kang, H. M., Effects of Chlorine Water and Plasma Gas Treatments on the Quality and Microbial Control of *Latuca indica* L. Baby Leaf Vegetable during MA Storage. *Protected Hort. Plant Fac.*, **28**, 197-203 (2019).
8. Kim, H. C., Kim, M. R., Consumers' recognition and information need about food safety-Focused on pesticide residues, foodborne illness, and food additives, *Korean J. Food Culture*, **16**, 296-309 (2001).
9. Ministry of Education, 2016, School Hygiene Management

- Guidelines 4<sup>th</sup>, Korea.
10. Mj, N., Heo, R. W., Lee, W. G., Kim, K. Y., Chung, D. Y., Kim, J. S., ... & Chung, D. H., Microbiological hazard analysis of hot pepper farms for the application of good agricultural practices (GAP) system. *J. Agri. Life Sci.*, **45**, 163-173 (2011).
  11. Kim, S. R., Assessment of microbiological hazard for the construction of HACCP in non-pasteurized strawberry juice. Master course, Gyeongsang National University, Jinju Korea, (2005).
  12. Jung, K. S., Roh, E. J., Ryu, K. Y., Kim, W. I., Park, K. H., Lee, D. H., Heu, S. G., Monitoring of pathogenic bacteria in organic vegetables from Korean market. *Korean J. Soil Sci. Fertilizer*, **45**, 560-564 (2012).
  13. Kim, S. R., Kim, J. B., Lee, H. S., Lee, E. S., Kim, W. I., Ryu, S. H., Ryu, J. G. Effects of Small-scale Post-Harvest Facility and Hygiene Education on the Level of Microbial Safety in Korean Leeks Production. *J. Food Hyg. Saf.*, **30**, 249-257 (2015).
  14. Kim, K. Y., Song, J. E., Heo, R. W., Lee, W. G., Nam, M. J., Kim, J. S., Chung, D. H. Investigation and analysis of hazards for cultivation environment to establish the good agricultural practices (GAP) of soybean. *J. Agri. Life Sci.*, **44**, 121-132 (2010).
  15. Sun, S. H., Kim, S. J., Kim, G. C., Kim, H. R., Yoon, K. S., Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 495-503 (2011).
  16. Yun, H., Park, K., Ryu, K. Y., Kim, B. S., Analyses of microbiological contamination in cultivation and distribution stage of tomato and evaluation of microbial growth in tomato extract. *J. Food Hyg. Saf.*, **28**, 174-180 (2013).
  17. Kim, Y. M., Park, S., K., Shin, I., S., Kang, M., G, Lee, J., W., Lee, D., H., Lee, J., H., Jo, D., M., Kang, D., M., Analysis of Microbiological Hazards From Working Gloves Used in the Processing of Shucked Pacific Oyster *Crassostrea gigas*. *Korean J Fish. Aquat. Sci.*, **52**, 344-348 (2019).
  18. Jeong B., H., Reduction effect of bacterial populations by education of employee's in restaurant for hygiene and washing method, master degree thesis, Gyeongsang National University, Jinju, Korea, (2008).
  19. Kim, J. E., Kim I.H., Sea, C.M., Microbial decontamination of vegetables and spices using cold plasma treatments. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**, 735-741 (2013).