pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 6, pp. 485~492 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.6.485

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

신선한 딸기의 생산 및 유통 단계에서의 미생물 모니터링 및 미생물 오염 방지 또는 저감화 방법 모색

김솔아 · 이정은 · 김고운[1] · 김수환[1] · 심원보[1,2]*
경상대학교 응용생명과학부, [1]경상대학교 농화학식품공학과, [2]경상대학교 농업생명과학연구원

Microbial Monitoring and Exploring Ways to Prevent or Minimize Microbial Contamination at the Production and Distribution Stages of Fresh Strawberries

Sol-A Kim, Jeong-Eun Lee, Go-Un Kim[1], Soo-Hwan Kim[1], and Won-Bo Shim[1,2]*
Division of Applied Life Science, Graduate School, Gyeongsang National University, Jinju, Korea
[1]Department of Agricultural Chemistry and Food Science & Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Korea
[2]Institute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University, Jinju, Korea
(Received October 10, 2017/Revised October 24, 2017/Accepted November 12, 2017)

ABSTRACT - This study investigated to determine the microbial contamination levels of strawberries at harvest and distribution stages and to suggest a control measure for reducing the microbial contamination of strawberries by replacing worker's gloves used at harvest and distribution stages. According to the monitoring results, the contamination levels of total aerobic bacteria (TAB) were in the order of soil (7.12 ± 0.61 $\log_{10}$ CFU/g), gloves (6.06 ± 1.80 $\log_{10}$ CFU/cm^2), strawberry (3.28 ± 0.98 $\log_{10}$ CFU/g), and water (3.08 ± 0.55 $\log_{10}$ CFU/mL) at harvest stage. TAB of strawberry at was harvest stage reduced from 3.28 ± 0.98 $\log_{10}$ CFU/g to 1.85 ± 0.21 $\log_{10}$ CFU/g and 2.6 ± 0.30 $\log_{10}$ CFU/g at cold and room temperature storage, respectively. By the replacement of worker's gloves and distribution temperature, TAB levels of the strawberries were significantly reduced when compared to those of the strawberries treated without replacement of worker's gloves and distributed at room temperature. For reusing the replaced gloves, washing with a commercial disinfectant, clorox, was effective to reduce microorganisms contaminated on the worker's gloves. These results demonstrated that appropriate replacement of gloves at the harvest and distribution stages is an effective method for reducing microbial contamination of fresh strawberries.

Key words : Strawberry, Glove replacement, Reduction of microorganisms, Food safety

건강에 대한 관심이 높아지고 과일과 채소가 풍부한 식사는 암 및 비만 등의 질병을 감소시키는 것이 널리 보고되고 있어 그 소비가 점점 증가하고 있는 추세이며[1] 이와 관련된 농산물의 위생 및 안전 관리에 대한 중요성도 증가하고 있다. 신선농산물은 재배과정에서의 용수, 토양 및 주변환경과 수확단계에서의 작업자 및 비위생적인 작업환경에 존재하는 미생물에 의해 오염될 가능성이 높다[2]. 미국에서는 cantaloupe, tomato, parsley, alfalfa sprout, scallions, radish sprout, 사과주스, 오렌지 주스 등에서 식중독 균이 검출된 바 있으며, 이러한 신선농산물이 원인이 되어 식중독이 발생한 사례가 있다[3-4].

이처럼 신선농산물에 대한 안전성 문제가 빈번하게 발생하고 딸기, 방울토마토, 오이와 같이 껍질을 벗기지 않고 섭취하는 신선농산물의 경우 위생 및 안전 관리에 대해 더욱 주의할 필요가 있다. 특히, 딸기는 표면에 부착된 미생물을 제거하기 어려우며[5], 외부 환경 · 개인위생과 수확 및 선별 시 사용되는 시설과 도구 등이 미생물의 오염원으로 될 수 있고, 과실의 특성으로 인해 수확 후 세척 등의 과정 없이 출하 · 유통되기 때문에 *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Salmonella* Newport, Hepatitis A와 같은 식중독 균에 대한 오염가능성은 늘 문제점으로 제기되고 있으며 이에 대한 미생물 관리 방안이 필요하다[6]. 실제로 2011년 미국에서는 *E. coli* O157:H7에

*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

오염된 딸기에 의해 10명의 환자가 발생하였고 그 중 한 명이 사망하는 사고가 발생하였다.

신선 농산물의 미생물을 감소시키는 방법으로 세척과 가스를 처리하는 방법이 주로 이용되고 있는데 딸기의 경우 세척 방법은 사용이 불가하므로 이산화염소[7], 염소[8], 그리고 오존[9] 등을 이용하는 화학적 살균 처리 방법이 많이 사용되고 있으나 염소처리는 발암물질을 생성시킬 수 있으며, 이산화염소와 염소 모두 농도가 높을수록 미생물 억제에는 긍정적이지만 품질저하가 동반되어 나타나기 때문에 주의해야 한다[10-12]. 오존가스는 농산물의 종류에 따라 살균효과가 차이를 보이며 딸기에는 그 효과가 미흡한 것으로 보고되었다[13]. 따라서 본 연구에서는 딸기의 수확단계와 유통단계에서의 미생물오염 정도를 파악하고 이 결과를 토대로 딸기의 미생물 오염 저감 및 예방을 위한 관리점(control point)으로 작업자의 장갑 교체와 유통단계의 온도조건에 대한 연구를 수행하였다.

Materials and Methods

미생물 모니터링 및 관리점 확인

본 연구를 위하여 2017년 1월부터 4월까지 딸기를 수확하는 농장 4곳을 선정하여 작물(딸기), 재배환경(농업용수, 토양) 및 작업도구로 작업자의 장갑, 수확용 바구니와 그 바닥의 신문지를 대상으로 총29점의 시료를 수집하였고, 유통되는 딸기 중 미생물 오염 정도를 확인하기 위해서 2017년 3월에 경남 진주에 위치한 3곳의 대형유통매장에서 판매 중인 딸기 시료를 구입하여 미생물 평가에 사용하였다. 수확농가와 유통매장에서 수집된 시료는 총 32점이었으며, ice box를 이용하여 실험실에 운반하였다(Table 1).

수확단계의 농장에서 시료를 수집하는 방법은 다음과 같이 딸기는 수확 후 선별 중인 것을 500 g씩 수집하였으며, 재배환경인 농업용수는 멸균 채수병을 이용하여 각 농가에 사용되는 지표수를 대상으로 약 1 L 채수하였다. 토양은 농가의 땅 3곳을 지정하여 토양의 표토를 혼합한 후 각 시료당 3 kg이 되도록 멸균 팩에 담았다. 수확 및 선별에 사용되는 작업자 장갑과 수확바구니 및 신문지는 10 × 10 cm의 면적대를 사용하여 Swab kit (3M e·swab, 3M China Ltd., Shanghai, China)로 swabbing하였다. 유통 중인 딸기는 대형유통매장에서 판매하는 제품을 구입하여 ice box에 담아 차량으로 2시간 이내에 실험실로 운반하여 분석에 사용하였다.

모든 시료는 일반세균과 위생지표세균(대장균군, 대장균) 그리고 효모 및 곰팡이를 대상으로 분석하였고, 채취된 모든 시료는 clean bench 내에서 실험을 진행하였다. 딸기와 토양은 25 g 취하여 멸균된 0.85% 생리식염수 225 mL를 넣고 균질화 시켜 사용하였으며, 작업도구와 농업용수는 별다른 전처리 과정 없이 강하게 혼탁하여 사용하였다. 전처리 된 시료를 1 mL 취하여 9 mL의 생리식염수에 넣고 단계별로 희석한 후 일반세균(total aerobic bacteria)[14]과 대장균(*E. coli*) 및 대장균군(coliform)[15], 효모와 곰팡이[16] 검출이 가능한 3M Petri film (3M, St Paul, MN, USA)에 접종하여 37°C에서 일반세균은 48시간, 대장균 및 대장균군은 24시간, 효모와 곰팡이는 25°C에서 3~5일 인큐베이터 안에 배양 한 후 계수하였다. 모든 세균 수는 $\log_{10}$ CFU 값으로 환산하여 나타내었다.

이상의 모니터링 방법과 추가로 현장 방문조사를 통해서 수확 후 단계에서 수확도구를 포함한 개인위생, 포장 등 선별환경에 적용 가능한 미생물관리를 통해 딸기의 미생물 저감화를 위한 단계를 선정하고 이에 대한 방안을 모색하였다.

Table 1. Samples collected and tested in this study

Place	Type of sample	Source of sample	Number of sample
Farm	Strawberry	A farm[1)]	2
		B farm[2)]	2
		C farm	2
		D farm	2
	Soil	A farm	2
		B farm	2
		C farm	2
		D farm	2
	Agricultural water	A farm	2
		B farm	-[3)]
		C farm	2
		D farm	2
	Glove	A farm	1
		B farm	-
		C farm	1
		D farm	1
	Basket	A farm	1
		B farm	-
		C farm	-
		D farm	1
	Newspaper	A farm	-
		B farm	1
		C farm	-
		D farm	1
Market	Strawberry	A market (4°C)	1
		B market (20°C)	1
		C market (20°C)	1
Total			32

[1)]Farm A: Nutrient culture
[2)]Farm B-D: Soil culture
[3)]Sample was not collected

수확단계에서 작업장갑의 교체를 통한 미생물 예방 및 저감화

모니터링 한 농가 4곳 중 1곳을 선정하여 수확 후 딸기의 선별 및 포장단계에서 장갑교체를 통한 미생물 오염을 예방 및 저감하기 위한 방법을 모색하였다. 총 3시간동안 장갑을 교체하지 않은 장갑과 작업 종료 시 선별된 딸기를 대조구로, 작업 3시간 중 매 1시간마다 교체한 각 장갑과 그 장갑으로 선별된 딸기를 실험구로 나누어 미생물의 오염 정도를 비교 분석하였으며, 분석 방법으로 아래의 식을 이용하여 실험구와 대조구의 미생물 오염 증가율을 확인하기 위해 작업 전 장갑과 딸기의 일반세균 수를 기준으로 작업 후 장갑과 딸기 균 수를 비교하는 식을 사용하였다.

실험에 사용한 실험구 및 대조구의 장갑과 딸기는 멸균된 시료 채취용 팩에 담아 얼음을 채운 ice box에 담고 실험실로 냉장 운반 후 사용하였다.

{(작업 후 장갑 또는 딸기 중 일반세균 수) – (작업 전 장갑 또는 딸기 중 일반세균 수)} / (작업 전 장갑 또는 딸기 중 일반세균 수) × 100 (%)

작업 장갑교체의 사후관리

시중에 판매되고 있는 면장갑을 구입하여 작업자가 주로 사용하는 오른쪽 엄지, 검지, 중지 3부분에 딸기에서 배양된 일반세균을 임의로 농도로(평균 5.40 ± 0.27 $\log_{10}$ CFU/g) 100 μL씩 각각 분주하여 멸균된 Petri dish 위에 1~2시간 충분히 말린 후 세척제(수돗물, 세제, 락스, 비누)를 이용하여 세척하는 방법과 삶는 방법 등으로 살균력에 대해 비교하였다. 세제를 이용한 세척 액은 일반 마트에서 판매되고 있는 제품을 구입하여 0.5 g을 수돗물 500 mL로 녹여 준비하였다. 락스를 이용한 세척 액은 제조자의 사용방법에 따라 락스 원액을 30배의 수돗물로 희석하여 준비하였다(500 mL). 비누는 수돗물에 적신 장갑에 충분히 문지른 후 추가로 수돗물을 500 mL이 되도록 부어 세척 액으로 사용하였다. 수돗물을 이용한 세척은 다른 세척제를 첨가하지 않고 장갑에 수돗물을 500 mL 첨가하여 세척 액으로 사용하였다. 세척은 세척 액에 담근 후 60초 동안 손을 사용하여 주물러 세척한 후 수돗물로 헹구어 건조시킨 후 미생물 분석에 사용하였다. 삶는 방법은 끓는 수돗물에 장갑을 넣은 후 60초 동안 삶은 후 위의 방법과 동일하게 헹구고 건조 후 미생물 분석에 사용하였다.

유통환경 중 온도에 따른 미생물 저감화 효과

일반적으로 딸기는 수확 후 실온과 냉장 조건에서 유통되고 있다. 실제로 본 연구에서 대형유통매장에서 수집된 딸기를 냉장과 실온에 진열된 것을 구입해 사용하였다. 따라서, 온도를 달리한 유통환경이 딸기의 미생물 오염에 미치는 영향을 확인하기 위해 농가에서 수확된 딸기를 70% 에탄올로 살균한 후 농장의 딸기에서 증균 된 일반세균액을 임의의 농도(평균 5.40 ± 0.27 $\log_{10}$ CFU/g)로 오염시킨 후 4°C와 20°C에 각각 멸균된 시료채취용 팩에 보관하였으며 1일, 3일, 5일 동안 저장한 후 일반세균 수를 분석하였다.

Results and Discussion

수확단계 및 유통 중인 딸기의 미생물학적 평가와 미생물 오염 저감을 위한 주요 관리점 확인

딸기의 미생물 오염 예방 및 저감을 위한 방안 모색에 앞서 수확단계 딸기농장의 딸기, 용수, 토양, 작업자의 장갑, 바구니, 신문지 그리고 유통단계의 딸기에 대한 미생물 오염 정도를 모니터링 하였다. 수확 중인 딸기농가는 4곳(A, B, C, D)으로 딸기(작물)의 모니터링 결과 일반세균은 평균 3.28 ± 0.98 $\log_{10}$ CFU/g 이었으며, 대장균과 대장균군은 검출되지 않았다. 토양 모니터링 결과 일반세균 평균 7.12 ± 0.61 $\log_{10}$ CFU/g으로 가장 높게 나타났으나, 일반적인 토양의 미생물 수가 평균 6.0-8.0 $\log_{10}$ CFU/g 로 보고되고 있는 점을 감안한다면[17] 비교적 안전한 수준을 나타냈다. 토양의 대장균군은 평균 3.39 ± 0.99 $\log_{10}$ CFU/g 수준이었으며, 대장균은 평균 1.41 ± 0.81 $\log_{10}$ CFU/g 수준이었다. 농업용수는 총 3곳의 시료를 수집하였다. A(양액재배) 농가와 B(토경재배) 농가가 동일한 농장주이기 때문에 B농가와 C농가를 포함한 총 3곳이며, 모든 시료는 5 m 미만의 농업용수를 사용하고 있었다. 용수의 일반세균은 평균 3.08 ± 0.55 $\log_{10}$ CFU/g, 대장균군은 평균 3.13 ± 1.40 $\log_{10}$ CFU/g이었으며 대장균은 검출되지 않았다. 장갑의 일반세균은 평균 6.06 ± 1.80 $\log_{10}$ CFU/g, 대장균군은 평균 2.06 ± 0.87 $\log_{10}$ CFU/g, 대장균은 불검출로 오염수준이 높게 나타났다. 수확용 바구니는 일반세균이 평균 4.23 ± 0.91 $\log_{10}$ CFU/g, 수확용 바구니 바닥의 신문지는 일반세균이 평균 3.49 ± 0.28 $\log_{10}$ CFU/g 이었으며 바구니와 신문지의 대장균 및 대장균군은 검출되지 않았다. 실제로 농장에서 사용하는 바구니는 세척여부를 확인 할 수 없었고 수확부터 선별까지 딸기와 직접 접촉하는 수확바구니 바닥의 신문지는 '14년에 발행된 신문지로 교체하지 않고 계속 사용된 것으로 추정되어 농장에서 사용하고 있는 장갑을 포함한 작업도구를 관리하는 방안도 필요할 것으로 판단되었다(Fig. 1). 유통되는 딸기의 미생물 모니터링 결과, A 유통 마트의 딸기는 4°C의 냉장보관 상태였으며 B, C 딸기는 20°C에서 상온보관 상태였다. B, C 유통 마트의 딸기 일반세균 수는 평균 2.6 $\log_{10}$ CFU/g 이었으며, 대장균과 대장균군에 대해서는 검출되지 않았다. 냉장보관 된 A 유통 마트의 딸기는 1.85 $\log_{10}$ CFU/g으로 상온 보관 딸기에 비해 일반세균 수가 약 1.0 $\log_{10}$ CFU/g 수준 낮게 나타났다. 유통되고 있는 딸기 모두 대장균과 대장균군에 대해서는 검출되지 않았으며, 효모와 곰팡이

Fig. 1. Tools used at the harvest and selection stages (gloves, basket).

는 상온보관에 비해 냉장보관의 경우 약 2.0 $\log_{10}$ CFU/g으로 낮은 경향을 보였다.

수확단계의 딸기 농장에서 장갑의 경우 하루 종일 사용하는 곳이 많았고 장갑을 교체 하더라도 위생의 개념이 아닌 딸기의 진물에 의해 딱딱해져 딸기 과실을 손상시킬 우려가 있을 때 교체하는 경우가 대부분이었다. 모니터링 결과 수확단계에서는 장갑의 오염도가(일반세균 평균 6.06 ± 1.80 $\log_{10}$ CFU/g) 높아 이에 의한 교차오염이 예상되므로 이를 미생물 오염 최소화 및 예방을 위한 관리점으로 선정하였으며, 딸기 농가의 경우, 딸기 중의 미생물 오염은 재배단계의 환경영향보다 수확단계에서 사용되는 작업도구나 작업자의 개인위생관리가 더 중요할 것을 판단되어 수확과 선별, 포장에 사용되는 작업자 장갑의 주기적인 교체를 통해 미생물의 오염을 최소화 및 예방 하고자 하였다.

유통단계에서는 수확단계의 딸기 평균 미생물 수와 비

Table 2. Microbiological monitoring for samples obtained from strawberry farms and distribution markets ($\log_{10}$ CFU/g)

Places	Type of sample	Source of sample	TAB	coliform	*E.coli*
Farms	Strawberry	A farm	2.6 ± 0.65	ND[1)]	ND
		B farm	2.41 ± 0.24	ND	ND
		C farm	3.54 ± 0.89	ND	ND
		D farm	4.54 ± 0.37	ND	ND
		Average	3.28 ± 0.98	ND	ND
	Soil	A farm	6.4 ± 1.02	3.9 ± 0.40	ND
		B farm	7.48 ± 0.61	4.54 ± 0.22	ND
		C farm	6.85 ± 0.23	2.49 ± 0.74	1.29 ± 0.17
		D farm	7.74 ± 0.75	2.62 ± 0.53	1.52 ± 0.62
		Average	7.12 ± 0.61	3.39 ± 0.99	1.41 ± 0.81
	Agricultural water	A farm	2.65 ± 0.24	2.48 ± 0.35	ND
		B farm	-[2)]	-	-
		C farm	2.88 ± 0.67	4.73 ± 0.68	ND
		D farm	3.7 ± 0.54	2.18 ± 0.42	ND
		Average	3.08 ± 0.55	3.13 ± 1.40	ND
	Gloves	A farm	4.40 ± 0.56	1.11 ± 0.81	ND
		B farm	-	-	-
		C farm	7.98 ± 0.86	2.83 ± 0.38	ND
		D farm	5.81 ± 0.92	2.23 ± 0.67	ND
		Average	6.06 ± 1.80	2.06 ± 0.87	ND
	Basket	A farm	3.58 ± 0.32	ND	ND
		B farm	-	-	-
		C farm	-	-	-
		D farm	4.88 ± 0.57	ND	ND
		Average	4.23 ± 0.91	ND	ND
	Newspaper	A farm	-	-	-
		B farm	3.28 ± 0.17	ND	ND
		C farm	-	-	-
		D farm	3.69 ± 1.25	ND	ND
		Average	3.49 ± 0.28	ND	ND
Markets	Strawberry	A market (4°C)	1.85 ± 0.21	ND	ND
		B market (20°C)	2.75 ± 0.14	ND	ND
		C market (20°C)	2.45 ± 0.30	ND	ND
		Average	2.35 ± 0.46	ND	ND

[1)]ND: Not detected (limit of detection < 1.00 $\log_{10}$ CFU/g)
[2)]Sample was not collected

교했을 때 유통 상의 딸기 미생물 오염도는 낮게 확인되었다. 유통되는 딸기의 오염수준 모니터링 결과 냉장보관 상태(4°C)의 딸기가 상온보관(20°C) 딸기보다 신선도가 오래 유지될 뿐만 아니라 냉장온도에 의해 미생물이 상대적으로 열악한 환경조건에 노출되었기에 오염수준이 감소된 것으로 판단되어 유통단계의 온도가 미생물의 오염을 저감화하는데 중요한 관리점으로 확인되었다(Table 2).

수확단계의 작업장갑 교체를 통한 저감화

딸기농장에 대한 미생물 평가를 통해 딸기의 미생물 오염 최소화와 예방을 위해서는 개인위생과 작업장갑의 관리 필요성을 확인할 수 있었다. 특히, 선별과 포장에 사용되는 작업자 장갑의 경우 작업 후 미생물의 오염이 상당히 증가하는 것으로 확인되어 이에 의한 딸기로의 교차오염이 우려되었다. 따라서, 딸기 농장에서 사용되는 작업자의 장갑을 주기적으로 교체하여 딸기의 수확, 선별 및 포장 단계에서 미생물의 오염을 예방 하기 위해 작업 1시간마다 장갑을 교체하도록 하여 교체하지 않은 장갑과 미생물 오염 정도와 각 장갑으로 선별된 딸기의 미생물 오염 정도를 비교 분석하였다. 즉, 총 3시간동안 장갑을 교체하지 않은 장갑과 작업 종료 시 선별된 딸기를 대조구로, 작업 3시간 중 매 1시간마다 교체한 각 장갑과 그 장갑으로 선별된 딸기를 실험구로 나누어 미생물의 오염 정도를 비교하였다. 그 결과, 대조구 장갑의 경우 작업 전의 일반세균 오염수준이 평균 3.09 ± 0.27 $\log_{10}$ CFU/g 수준에서 작업 후 5.39 ± 1.67 평균 $\log_{10}$ CFU/g 수준으로 크게 증가였다. 반면 장갑을 주기적으로 교체한 실험구 장갑은 작업 전 3.58 ± 0.38 평균 $\log_{10}$ CFU/g수준에서 평균 4.13 ± 0.32 $\log_{10}$ CFU/g 수준으로 대조구에 비해 상대적으로 낮은 증가 폭을 확인할 수 있었다. 대조구 장갑으로 마지막에 선별한 딸기의 일반세균 수는 작업 전 평균 0.77 ± 1.09 $\log_{10}$ CFU/g에서 작업 후 평균 2.56 ± 2.20 $\log_{10}$ CFU/g으로 다소 높은 증가를 확인하였으며, 실험구 장갑을 이용하여 마지막으로 선별한 딸기 일반세균 수는 작업 전 평균 1.26 ± 0.91 $\log_{10}$ CFU/g에서 평균 1.63 ± 0.64 $\log_{10}$ CFU/g으로 확인되어 대조구 딸기에 비해 낮은 미생물 오염을 확인하였다(Fig. 2). 추가로 실험구와 대조구의 미생물 오염 증가율을 확인하기 위해 일반세균 수를 기준으로 장갑과 딸기에 대하여 장갑 교체와 미교체 일반세균의 증가율을 수치화한 결과 대조구와 실험구의 장갑에서 미생물 증가율은 각각 74.43%, 15.36% 증가하였으며, 딸기의 경우 대조구와 실험구 장갑에 의해 선별되었을 때 각각 232.47%, 29.37%으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 장갑의 작업 전과 비교 시 작업 후의 오염수준 차이가 클수록 값이 증가하며, 값이 클 수록 미생물의 오염 정도가 증가되었음을 의미한다. 그러므로 장갑의 미교체와 주기적으로 교체하는 방법을 비교했을 때 장갑을 1시간마다 교체한 경우가 3시간 또는 미교체일 때 보다 장갑의 미생물 오염도가 낮았으며 이것은 작업자 장갑에 의한 딸기로의 교차오염을 예방할 수 있는 방법으로 판단된다(Table 3).

따라서 주기적인 장갑교체에 의한 미생물학적 평가 결과 장갑의 주기적 교체가 지속적인 사용이나 미교체가 비해 딸기의 미생물 오염 예방과 최소화에 있어 작업장갑을 최소 1시간 이하의 주기로 교체는 효과적으로 나타났다.

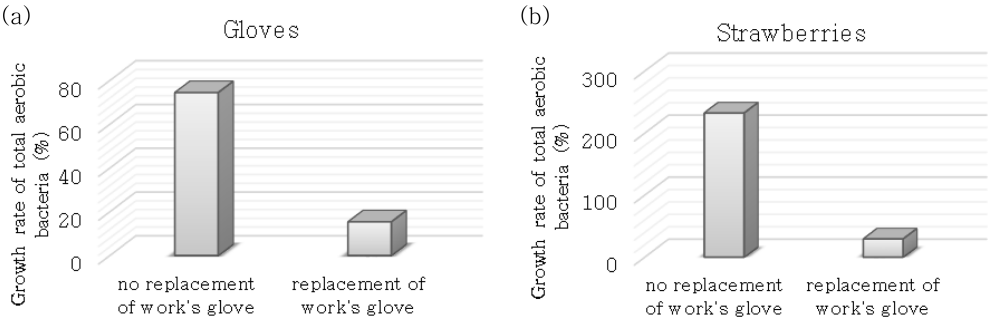

Fig. 2. Determination of the microbial reduction effect through periodic replacement of worker's gloves.

Table 3. Determination of the microbial reduction effect through periodic replacement of worker's gloves

Sample		Before work ($\log_{10}$ CFU/g)	After work ($\log_{10}$ CFU/g)	Growth of Bacteria (%)
Gloves	without replacement	3.09 ± 0.27[1)]	5.39 ± 1.67	74.43
	with replacement	3.58 ± 0.38	4.13 ± 0.32	15.36
Strawberry	without replacement	0.77 ± 1.09	2.56 ± 2.20	232.47
	with replacement	1.26 ± 0.91	1.63 ± 0.64	29.37

[1)]Numbers indicate mean ± SD of total aerobic bacteria

추가로 수확과 선별에 사용되는 작업바구니는 딸기와 바로 접촉이 되는 작업도구임에도 불구하고 세척과정 없이 수개월 및 수년 동안 사용되어 오는 것으로 확인되었다. 이러한 작업도구의 비위생적인 관리에 의해 딸기로의 교차오염이 발생할 수 있기 때문에 수확단계의 농장에서는 장갑 및 작업도구에 대한 위생적인 관리가 필요한 것으로 판단되며 이에 대한 중요성과 인식변화 및 개선 등의 노력이 필요하겠다.

작업 장갑교체의 사후관리

수확단계의 딸기 농장에서는 대부분 선별 및 포장 단계에서 작업자의 장갑을 교체하지 않고 사용 후 비위생적으로 관리된 장갑을 재사용하는 경우가 빈번하게 관찰되었다. 딸기의 미생물 오염 최소화와 예방을 위해서는 장갑의 관리가 매우 중요한 것으로 앞서 모니터링 결과에서도 확인이 되었고, 작업자 장갑을 1시간 단위로 교체하는 것이 미생물의 오염을 최소화하는데 효과가 큰 것으로 확인되었다. 이를 현장에 적용하기 위해 장갑의 주기적인 교체에 의해 발생하는 교체된 작업자 장갑에 대한 관리도 필요하다고 판단되어 재사용이 가능하면서 사용된 장갑의 미생물을 효과적으로 제거할 수 있는 위생적인 세척방법을 비교하였다. 그 결과, 시판되고 있는 락스로 세척한 장갑에서 일반세균뿐 아니라 대장균 및 대장균 군 효모와 곰팡이가 모두 검출되지 않아 높은 세척효과를 확인 할 수 있었으며, 삶은 장갑은 일반세균 1.0 $\log_{10}$ CFU/g 제외한 대장균 및 대장균군과 효모곰팡이 모두 검출되지 않았다. 그 외 세제와 빨래비누, 일반 수돗물에 세척한 결과 4.7-5.8 $\log_{10}$ CFU/g 수준으로 높게 나타나 장갑에 오염된 미생물을 효과적으로 제어하기 위해 가장 효과가 좋은 세척방법은 락스와 삶는 방법으로 판단되었다(Fig. 3). 이상의 결과를 토대로 작업에 사용된 장갑은 재사용할 필요가 있기 때문에 농가에서 장갑을 재활용하기 위해서는 농가현장에서 손쉽고 빠르게 실시할 수 있는 방법이 필요하다. 연구결과에서 확인된 가장 효과적인 방법인 락스와 삶아서 세척하는 것 둘 다 장갑 자체의 초기 균 수를 제어하면서 조작이 간단한 세척 방법이기 때문에 농가에서 쉽게 실천

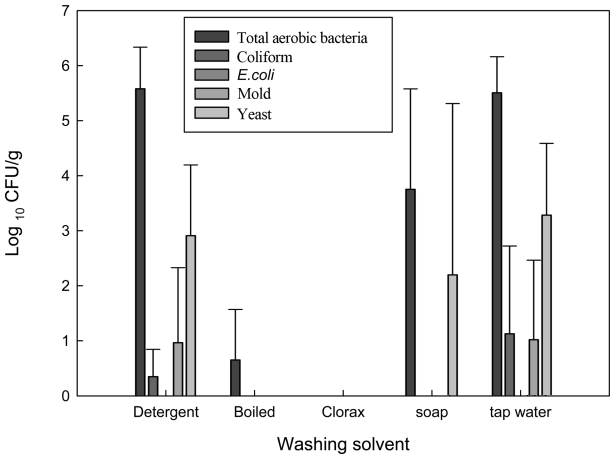

Fig. 3. Comparison of microbial reduction effectiveness after washing worker's gloves with various solvents.

할 수 있는 방법으로 판단된다. 따라서 소비자에게 도달까지 세척단계 없이 수확 및 유통되는 딸기의 미생물학적 오염을 예방 및 최소화하기 위해서는 수확 시 사용되는 작업자 장갑의 주기적인 교체와 세척을 실시하여 장갑을 깨끗한 상태로 작업하고 실제 사용하는 장갑 이외의 작업도구(수확바구니 등)도 주기적인 세척을 통해 관리할 필요성이 있다.

유통환경 중 온도에 따른 미생물 저감화 효과

대형유통 마트에서 판매되는 딸기의 미생물 오염도 모니터링 결과 상온과 냉장 보관된 딸기의 미생물 오염 수준이 차이가 났고, 유통되고 있는 딸기는 선별 및 포장 단계에서의 딸기 평균 미생물 수준보다 낮은 미생물 오염수준을 확인할 수 있었다. 따라서 유통환경 중 온도에 따른 딸기에 오염된 미생물의 생육변화를 확인하기 위해 임의로 오염시킨 딸기를 실온과 냉장조건으로 5일간 보관하면서 미생물의 차이를 비교하였다. 그 결과 4°C의 유통과정에서 일반세균의 균 수가 1일차 3.75 ± 0.44 $\log_{10}$ CFU/g에서 5일차에는 1.54 ± 0.62 $\log_{10}$ CFU/g으로 상당히 감소하는 경향을 나타났다. 대장균과 대장균군은 검출되지 않

Table 4. Investigation of the microbial contamination levels of strawberries distributed at 20°C and 4°C

Temperature	Stored Period (Day)	($\log_{10}$ CFU/g)				
		Total aerobic bacteria	Coliform	*E. coli*	Mold	Yeast
20°C	1	6.34 ± 0.37	ND[1)]	ND	1.70 ± 0.22	4.72 ± 0.24
	3	4.85 ± 0.61	ND	ND	2.40 ± 0.64	4.88 ± 0.25
	5	3.48 ± 0.15	ND	ND	2.04 ± 0.13	6.94 ± 0.50
4°C	1	3.75 ± 0.44	ND	ND	1.00 ± 0.23	1.54 ± 0.31
	3	1.74 ± 0.26	ND	ND	ND	1.36 ± 0.29
	5	1.54 ± 0.62	ND	ND	ND	1.00 ± 0.12

[1)]ND: Not detected (limit of detection < 1.00 $\log_{10}$ CFU/g)

았으며 효모와 곰팡이 또한 1.0 $\log_{10}$ CFU/g 수준 이하로 다소 감소했다. 실온보관 한 딸기는 5일차에 가장 낮은 일반세균 3.48 ± 0.15 $\log_{10}$ CFU/g으로 냉장유통 조건보다는 다소 천천히 감소하였으며, 대장균과 대장균군은 불검출 되었고 효모는 6.94 ± 0.50 $\log_{10}$ CFU/g 수준으로 크게 증가하였다(Table 4). 딸기를 일반적인 유통온도인 실온과 냉장 조건에서 1일~5일 동안 보관한 결과, 냉장보관 한 딸기가 상온보관의 딸기보다 총 균 수가 감소했으며 효모와 곰팡이의 수도 감소하는 경향을 보였다. 따라서 유통단계에서 cold chain 시스템을 도입한다면 최종적으로 소비자에게 도달 시 딸기자체의 균 수 감소에 긍정적인 영향을 나타낼 것으로 판단 된다. 이러한 방법은 딸기 농장뿐만 아니라 수확 시 장갑을 이용하거나 수확 후 세척 없이 유통되는 신선농산물의 미생물 오염 예방 및 저감화에 적용이 가능할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 논문은 농림축산식품부 첨단생산기술개발사업(과제번호: 316021-3)의 지원에 의해 이루어진 것임.

국문요약

이 연구는 수확 및 유통 단계에서 딸기의 미생물 오염 수준을 확인하고 수확 단계에서 사용 된 작업자 장갑을 교체하고 유통 온도를 제어함으로써 딸기에 대한 미생물 오염을 줄일 수 있는 방법을 확인하고자 하였다. 모니터링 결과 수확 단계에서 일반세균의 오염 수준은 토양 평균 7.12 ± 0.61 $\log_{10}$ CFU/g, 장갑 평균 6.06 ± 1.80 $\log_{10}$ CFU/g, 딸기 평균 3.28 ± 0.98 $\log_{10}$ CFU/g, 용수 평균 3.08 ± 0.55 $\log_{10}$ CFU/g 순으로 높았다. 수확 단계의 딸기에서 평균적으로 3.3 $\log_{10}$ CFU/g의 일반세균이 검출되었으며, 저온 및 상온에서 각각 분포 된 딸기에서 1.85 ± 0.21 $\log_{10}$ CFU/g 및 2.6 ± 0.21 $\log_{10}$ CFU/g수준의 일반세균 수가 확인되어 수확단계보다는 감소된 결과를 확인할 수 있었다. 작업자의 장갑 교체 및 냉장 유통 조건에 따라 딸기의 일반세균은 작업자의 장갑을 교체하지 않고 처리 한 딸기와 실온에서 유통 한 딸기의 일반세균 수준보다 유의적으로 낮게 확인되었다. 교체 된 장갑을 재활용하기 위해 시판 소독제 clorox로 세척하는 것과 삶아서 세척하는 것은 사용 후 작업자의 장갑에서 오염 된 미생물을 제어하기 위한 효과적인 세척 방법임이 확인되었다. 이 결과는 수확 단계에서 장갑을 주기적으로 교체하고 현장에서 쉽게 수행 할 수 있는 냉장 유통 조건이 딸기의 미생물 오염을 감소시키는데 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

References

1. Kim, J.S., Shim, W.B., Kim, J.H., Kim, S.R., and Chung D.H.: Sanitary microbial distribution at the tomato farms in western Gyeongnam. *Korean J. Environ. Health*, **32**, 77-88 (2006).
2. Kim, J.W., and Kim, S.H.: Establishment of washing conditions for salad to reduce the microbial hazard. *Korean J. Food and Cook. Sci.*, **21**, 703-708 (2005).
3. Yu, K.M., Newman, C., Archbold, D.D. and Hamilton-Kemp, T.R.: Survival of Escherichia coli O157: H7 on strawberry fruit and reduction of the pathogen population by chemical agents, *J. Food Prot*., **64**, 1334-1340 (2001).
4. Food and Drug Administration: Hazard analysis and critical control point (HACCP); procedures for the safe and sanitary processing and importing of juice. *Fed. Regist.*, **63**, 20450-20486 (2001).
5. Won, J.S., Kim, M.H., Han, G.J., Noh, B.S. and Min. S.C.: Preservation of strawberry juice by dynamic high-pressure processing. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **47**, 480-485 (2015).
6. Shim, W.B., Kim, K.Y., Yoon, Y.H., Kim, J.E., Shim, S.I, Kim, Y.S. and Chung D.H.: Microbiological hazard analysis for strawberry farms at the harvest stage to establish Good Agricultural Practices (GAP) model based on principle of HACCP, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**,104-110 (2013).
7. Park, S.S., Sung, J.M., Jeong, J.W., Park, K.J. and Lim, J.H.: Efficacy of electrolyzed water and aqueous chlorine dioxide for reducing pathogenic microorganism on chinese cabbage, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **44**, 240-246 (2012).
8. Choi, J.K., Shin, I.S., Kim, D.U., and Kim, H.Y.: Control of microorganisms in school refectories and kitchens using ozone water and ozone gas, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **47**, 586-592 (2015).
9. Lee, J.S., Kim, J.G. and Park, S.h.: Effects of chlorine wash on the quality and microbial population of tah Tsai Chinese Cabbage (Brassica campestris var. narinosa) microgreen. *Korean J. Hort. Sci. Technol.,* **27**, 625-630 (2009).
10. Kim, K.M.: Color changes in fresh-cut fruit and vegetables and its pretreatment processing. *J. Korea Soc. Packag. Sci. Technol*., **14**, 23-29 (2008).
11. Kim, D.M.: Extension of freshness of minimally processed fruits and vegetables. *Korea J. Hort. Sci. Technol.,* **17**, 790-795 (1999).
12. Sun, S.H., Kim, S.J., Kim, G.C., Kim, H.R and Yoon, K.S.: Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **43**, 495-503 (2011).
13. Kim, J.E., Kim, I.H., and Min, S.C.: Microbial decontamination of vegetables and spices using cold plasma treatments, *Korean J. Food Sci. Technol.*, **45**, 735-741 (2013)
14. Byrene, R.D. JR., and Bishop, J.R.: Evaluation of a dry medium culture plate (3M Petri film AC) for laboratory pasteurized counts. *J. Food Prot.*, **54**, 308-309 (1991).
15. Schraft H. and Watterworth L.A.: Enumeration of heterotrophs, fecal coliforms and *Escherichia coli* in water: compari-

son of 3M™ Petrifilm™ plates with standard plating procedures, *J. Micro. Methods,* **60**, 335-342 (2005).
16. Beuchat, L. R., Nail, B. V., Brackett, R.E., and Fox, T. L.: Comparison of the Petrifilm Yeast and Mold culture film method to conventional methods for enumerating Yeasts and Molds in foods. *J. Food Prot.*, **54**, 443-447 (1991).
17. Kim, S.R.: Assessment of microbiological hazard for the construction of HACCP in non-pasteurized strawberry juice. MS thesis, Gyeongsang National University, Jinju, Korea (2005).