

## Bacterial contamination levels in strawberry parts according to their cultivation methods

Yong-Man Yu<sup>1</sup>, Jin-Won Kim<sup>2</sup>, In-Wook Choi<sup>3</sup>, Young-Nam Youn<sup>1</sup>, Young-Ha Lee<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

<sup>3</sup>Department of Infection Biology, Chungnam National University, Daejeon 301-131, Korea

### 재배방식에 따른 딸기의 부위별 세균 오염도 분석

유용만<sup>1</sup> · 김진원<sup>2</sup> · 최인욱<sup>3</sup> · 윤영남<sup>1</sup> · 이영하<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 응용생물학과, <sup>2</sup>서울시립대학교 환경원예학과, <sup>3</sup>충남대학교 감염생물학교실

#### Abstract

Strawberries are among the leading ready-to-eat agricultural products that have superior taste and nutrition. Thus, consumer concerns about the safety of eating strawberries are growing. To evaluate the contamination levels of strawberries according to their cultivation methods (nutriculture, pesticide-free culture and organic farming) and parts [fruit (flesh), stalk (peduncle) and leaf (calyx)], 1,020 parts of strawberry samples were collected at 12 farms in Nonsan-si and quantitatively or qualitatively examined for the indicators of food safety and food poisoning bacteria. The total aerobic bacteria count in the whole samples was 2.3~6.8 log<sub>10</sub> CFU/g, and coliform bacteria were detected in 14.2% of the whole samples with a contamination level range of 2.1~4.5 log CFU/g. *E. coli* were detected in 0.9% of the whole samples with a contamination level range of 2.1~2.8 log CFU/g. The analysis of the bacterial levels according to the cultivation methods showed that the total aerobic bacteria and coliform counts were higher in the strawberries that were grown via organic farming than in those that were grown via nutriculture and pesticide-free culture. However, the *E. coli* counts of the strawberries that were grown via organic farming and via pesticide-free culture were similar and differed from that of the strawberries that were grown via nutriculture. The analysis of the contamination levels according to the parts of the strawberries showed that the total aerobic bacteria, coliform and *E. coli* counts of the fruits, stalks and leaves of the strawberries did not significantly differ. *Staphylococcus aureus* was detected in two organically grown strawberries, but *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* and *E. coli* O157:H7 were not detected in the whole samples. These results show that the bacterial contamination levels of the strawberries differed based on their cultivation methods. Thus, a suitable method of reducing the bacterial contamination levels of strawberries according to their farming methods is needed

Key words : strawberry, food safety, bacterial contamination levels, food poisoning bacteria, cultivation methods

#### 서 론

딸기는 비타민, 미네랄, 엽산, 섬유소와 같은 중요한 식이 성분을 가지고 있을 뿐만 아니라 안토시아닌(anthocyanin), 플라보노이드(flavonoid)와 같은 다양한 생체 활성 물질도 풍부한 것으로 알려져 있어 심장 질환 및 노화 예방에 효과가

있는 것으로 알려져 있다(1,2). 또한 딸기는 수용성 섬유가 풍부하여 비만 관련 질환에도 효능을 나타낸다고 한다(1,2). 그렇지만 딸기는 과육이 연하고 수분함량이 높아 취급 및 보관을 소홀히 할 경우 쉽게 변질 혹은 부패가 일어날 수 있어 생산 단계에서부터 세심한 관리가 요구된다.

농산물은 인간에게 세균, 바이러스, 기생충 등을 감염시키는 매개체로서의 역할도 할 수 있다(3). 따라서 딸기, 껌채 소와 같은 비가열 즉석섭취(ready-to-eat) 농산물은 간편하게 직접 먹을 수 있는 장점은 있지만, 생산, 유통, 보관 과정

\*Corresponding author. E-mail : yhaelee@cnu.ac.kr  
Phone : 82-42-580-8273, Fax : 82-42-583-8216

중 주의를 소홀히 할 경우 식중독의 원인이 될 수도 있다. 지금까지 국내 농산물의 생물학적 안전성에 대한 연구로, 유통중인 신선 채소류의 미생물 오염도(4,5), 상추의 생산 환경에 따른 미생물 안전성 평가(6), 대형 유통업체에서 수거한 신선 채소류의 미생물 오염 특성(7) 등이 보고되었다. 또한 딸기의 미생물학적 오염에 관한 조사로, 딸기의 저장방식과 미생물학적 변화(8), 전기분해수 처리한 딸기의 살균효과(9), 유통중인 딸기에 대한 생물학적 위해요소 조사(10) 등이 있으나, 딸기의 생산단계에서 생물학적 위해 요소에 대한 연구는 찾기 어렵다.

딸기는 항산화 작용, 항염증 작용 등이 있을 뿐만 아니라 (1,2) 매혹적인 색과 향기, 맛을 지니고 있어 많은 사람들이 선호하나, 변질되기 쉽고 곰팡이 발생 등으로 저장유통 기간이 매우 짧은 단점이 있다. 이에 본 연구는 대표적 즉석 과채류인 딸기를 대상으로 생산 단계에서 재배방식에 따른 딸기의 미생물 오염도를 평가하기 위하여, 양액재배, 무농약재배 및 유기농재배 농장에서 딸기를 부위별로 채취하여 위생지표세균(총호기성균, 대장균군, 대장균)과 병원성 미생물(황색포도상구균, *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157:H7) 오염 정도를 조사하여 딸기의 생물학적 위해평가(microbial risk assessment)의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 농산물 시료 채취

딸기의 재배방식 따른 세균 오염도를 조사하기 위하여, 충청남도 논산시에 소재하는 딸기농장 12 곳(양액재배 4 농가, 무농약재배 4 농가, 유기농재배 4 농가)을 직접 방문하여 딸기의 줄기, 잎 및 열매를 각각 340개씩 총 1,020개의 농산물 시료를 채취하였다(Table 1). 재배되고 있는 딸기는 모두 설향 품종이었으며, 이들은 채취 후 즉시 아이스박스에 보관하였고 시료채취 후 6시간 이내에 실험을 시작하였다.

### 총호기성균(Total aerobic bacteria)의 정량 분석

총호기성균의 정량 분석은 Petrifilm Aerobic Count Plate (3M, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 제조사에서 제공한 실험방법에 따라 시행하였다(6). 즉, 딸기 부위별 시료 25 g에 225 mL 멸균 buffered peptone water(BPW)를 가한 후 스토마커(BagMixer, Interscience, France)를 이용하여 230 rpm에서 2 분 동안 균질화시켰다. 균질화된 시료는 BPW로 10배 계열 희석하여 Petrifilm (3M)위에 분주하여 37°C에서 24~48시간 배양하였다. 배양 후 확산 집락(colony)이 없고 Petrifilm 위에 30~300개의 colony가 있는 Petrifilm을 계수하였다. 농산물 1 g당 세균 집락 수(colony forming units (CFU)/g) = petrifilm 위에 형성된 평균 집락 수 × 시료의 희석 배수로 계산하였다.

**Table 1. Numbers of samples of the strawberries according to cultivation methods**

Cultivation methods	No. of farms	Subtotal	Parts of strawberries	No. of samples
Nutriculture	4	360	Fruit	120
			Stalk	120
			Leaf	120
Pesticide-free culture	4	330	Fruit	110
			Stalk	110
			Leaf	110
Organic farming	4	330	Fruit	110
			Stalk	110
			Leaf	110
Total	12	1,020	Fruit	340
			Stalk	340
			Leaf	340

### 대장균/대장균군(*E. coli*/coliform)의 정량 분석

대장균/대장균군의 정량 분석은 Petrifilm *E. coli*/Coliform Count Plate (3M, St. Paul, MN, USA)를 이용하여 제조사에서 제공한 실험방법에 따라 시행하였다(6). 즉, 딸기 부위별 시료 25 g에 225 mL 멸균 생리식염수를 가한 후 스토마커를 이용하여 230 rpm에서 2 분 동안 균질화시켰다. 균질화된 시료는 생리식염수로 10배 계열 희석하여 Petrifilm *E. coli*/Coliform Count Plate에 분주하여 37°C에서 24-48시간 배양하였다. 배양 후 기포를 가진 blue colony를 대장균 양성으로, 기포를 가진 red colony를 대장균군 양성으로 간주하여 계수하였다. 농산물 1 g당 세균 집락 수(CFU/g) = petrifilm 위에 형성된 평균 집락 수 × 시료의 희석 배수로 계산하였다.

### 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)의 정량 분석

황색포도상구균의 정량 분석은 Petrifilm Staph Express Count Plates and Disk (3M, St. Paul, MN, USA)를 사용하였다(11). 즉, 딸기 부위별 시료 25 g에 225 mL BWP를 가한 후 스토마커를 이용하여 230 rpm에서 2 분 동안 균질화시켰다. Petrifilm Staph Express Count Plates의 배지에 균질화한 시료 1 mL를 접종한 후 35°C에서 24시간 배양하였다. Petrifilm에는 저해제가 들어 있어서 황색포도상구균 이외의 대부분의 미생물들은 자라지 않으며, 황색포도상구균은 Petrifilm상에서 적자색(포도즙 색깔)로 나타났다. 배양 후 Petrifilm 위에 적자색 colony가 있을 경우 이를 재확인하기 위하여 Disk를 덮어 다시 35°C에서 3시간 배양하여 핑크색으로 변환을 확인한 후 변환된 colony를 계수하였다. 농산물 1 g당 세균 집락 수(CFU)/g = petrifilm 위에 형성된 평균 집락 수 × 시료의 희석 배수로 계산하였다.

### *Salmonella* spp., *Listeria* spp. 및 *Escherichia coli* O157의 정성 분석

농산물에 부착되어 있는 *Salmonella* spp., *L. monocytogenes* 및 *Escherichia coli* O157:H7 존재유무를 확인하기 위하여 BioSign™ *Salmonella*, *Listeria* spp. 및 *Escherichia coli* O157 키트(Princeton BioMeditech Corporation, Princeton, USA)를 이용하였으며, 각각의 방법은 제조사에서 제공한 실험방법에 따라 시행하였다(12).

#### ① *Salmonella* spp. 신속 검출법

딸기 부위별 시료 25 g과 BPW 225 mL을 섞어 37°C에서 16~24시간 동안 배양(Pre-Enrichment)하였다. 배양액 0.1 mL을 Rappaport-Vassiliadis broth 10 mL에 분주하여 42°C에서 18~20시간 선택배양(Selective Enrichment)한 다음, 배양액 0.1 mL을 BPW broth 10 mL에 분주하여 37°C에서 6~8시간 다시 배양하였다. 배양후 kit에 동봉된 점적기를 이용하여 배양액 2방울(약 80 µL) 점적한 후 5~10분 사이에 결과를 판독하였다. 양성인 경우는 2개의 밴드(대조부위 밴드와 실험부위 밴드)를 볼 수 있으며, 음성시에는 1개의 밴드만 볼 수 있다.

#### ② *E. coli* O157 신속 검출법

딸기 부위별 시료 25 g과 Modified *E. coli* broth with 0.02% Novobiocin을 broth 225 mL과 섞어 37°C에서 16~24시간 배양하였다. 그 후 kit에 동봉된 점적기를 이용하여 배양액 2 방울(약 80 µL)을 점적한 다음 5~10분 사이에

결과를 판독하였다. 결과 판정은 *Salmonella* spp. 신속 검출법과 동일하였다.

#### ③ *Listeria* spp. 신속 검출법

딸기 부위별 시료 25 g을 LEB (*Listeria* Enrichment Broth) 225 mL와 혼합한 후 30°C에서 48시간 동안 배양하였다. 배양액 0.1 mL을 10 mL의 Fraser배지에 첨가하여 35°C에서 24~48시간동안 다시 배양하였다. 배양후 kit에 동봉된 점적기를 이용하여 배양액 2-3 방울(약 100 µL) 점적한 다음 5~10분 사이에 결과를 판독하였다. 결과 판정은 *Salmonella* spp. 신속 검출법과 동일하였다.

#### 통계처리

모든 실험은 2회 이상 중복 실시하였으며, 각 처치군별 차이는 ANOVA t-test로 통계 처리하여 유의성을 검증하였으며,  $p < 0.05$ 를 유의한 것으로 판정하였다.

## 결과 및 고찰

### 딸기의 총호기성균, 대장균군 및 대장균의 정량 분석 성적

논산시내 12개 농장에서 재배되고 있는 딸기를 부위별(열매, 줄기 및 잎)로 수거하여 이들 시료를 대상으로 위생 지표세균인 총호기성균, 대장균군 및 대장균의 수를 정량적으로 조사하였다. 총호기성균은 식품의 안전과 직접적인 관련성은 적지만 식품의 생산, 가공 및 유통상의 위생조건

Table 2. Total aerobic bacteria levels in the parts of strawberries according to cultivation methods

Cultivation methods	Parts of strawberries	No. of samples (%)	Samples in the indicated interval (%) <sup>1)</sup>				Range <sup>1)</sup>	Mean <sup>1)</sup>	p value
			< 3	3~4	4~5	>5			
Nutriculture	Fruit	120 (100.0)	25 (20.8)	66 (55.0)	29 (24.2)	0 (0.0)	2.3~4.8	3.4	p>0.05 <sup>2)</sup>
	Stalk	120 (100.0)	16 (13.3)	78 (65.0)	26 (21.7)	0 (0.0)	2.4~4.9	3.3	
	Leaf	120 (100.0)	8 (6.6)	56 (46.7)	54 (45.0)	2 (1.6)	2.6~5.3	3.6	
	Subtotal	360 (100.0)	49 (13.6)	200 (55.6)	109 (30.0)	2 (0.6)	2.3~5.3	3.5	
Pesticide-free culture	Fruit	110 (100.0)	25 (22.8)	42 (38.2)	42 (38.2)	1 (0.9)	2.6~5.2	3.8	p>0.05 <sup>3)</sup>
	Stalk	110 (100.0)	19 (17.3)	54 (49.1)	31 (28.2)	6 (5.5)	2.6~5.5	3.7	
	Leaf	110 (100.0)	13 (11.8)	67 (60.9)	25 (22.7)	5 (4.5)	2.9~5.9	3.7	
	Subtotal	330 (100.0)	57 (17.3)	163 (49.4)	98 (29.7)	12 (3.6)	2.6~5.9	3.7	
Organic farming	Fruit	110 (100.0)	8 (7.3)	43 (39.1)	51 (46.3)	8 (7.3)	2.8~6.3	4.6	p<0.05 <sup>2)</sup> , p<0.05 <sup>3)</sup>
	Stalk	110 (100.0)	6 (5.5)	40 (36.4)	53 (48.2)	11 (10.0)	2.7~6.5	4.5	
	Leaf	110 (100.0)	3 (2.7)	31 (28.2)	53 (48.2)	23 (20.9)	3.4~6.8	4.8	
	Subtotal	330 (100.0)	17 (5.1)	114 (34.5)	157 (47.6)	42 (12.7)	2.7~6.8	4.6	
Total	Total	1,020 (100.0)	123 (12.1)	477 (46.8)	364 (35.7)	56 (5.5)	2.3~6.8	4.1	

<sup>1)</sup>Counts are expressed as log<sub>10</sub> CFU/g of parts of strawberries. <sup>2)</sup>Statistical significance as compared with pesticide-free culture.

<sup>3)</sup>Statistical significance as compared with nutriculture.

및 잠재적 식품 부패 등을 판정할 수 있는 유용한 지표로 사용되고 있다(13).

본 조사에서 딸기 표본의 총호기성균 수는 2.3~6.8 log<sub>10</sub> CFU/g 범위이었으며 평균 총호기성균 수는 4.1 log<sub>10</sub> CFU/g 이었다(Table 2). 일반적으로 채소류의 총호기성균 수는 10<sup>3</sup>-10<sup>9</sup> CFU/g 범위로 알려져 있으며(4-10), 우리나라에서 유통중인 상추, 깻잎 및 오이의 총호기성균의 오염도 분석 결과 3.31~8.01 log<sub>10</sub> CFU/g(평균은 5.27~7.10 log<sub>10</sub> CFU/g) 범위이었고(4), 유통중인 치커리, 미나리, 부추, 배추, 상추, 깻잎, 참나물을 대상으로 한 조사에서 총호기성균은 평균 2.2×10<sup>6</sup>~6.0×10<sup>7</sup> CFU/g이었다고 보고하였다(5). 이와같이 유통중인 채소류의 총호기성균 수는 본 실험성적보다 다소 높은 것으로 보고되었다. 그렇지만 딸기를 대상으로 총세균수 조사 성적은 2.3 log<sub>10</sub> CFU/g(8), 3.05×10<sup>4</sup> CFU/g(9) 이라고 보고하여 본 조사 성적과 유사하였다. 본 실험에서 딸기의 총 세균 수가 유통중인 채소류에 비하여 현저히 낮은 세균 오염정도를 보였는데, 이러한 차이의 원인으로 이번 실험에 사용된 딸기는 농장에서 직접 채취한 것으로 유통 및 접촉에 의한 오염이 거의 없을 뿐만 아니라 재배시 딸기는 비닐하우스나 특수한 온실에서 외부와 차단된 환경에서 재배하고 있으며 때에 따라서는 지표로부터 떨어져 재배하거나(고설재배) 흙의 표면을 비닐로 덮어서 재배하기 때문으로 판단된다. 딸기의 재배방식에 따라 총호기성균 수를 분석시, 유기농재배 딸기에서 가장 많은 세균이 검출되었고(2.7~6.8 log<sub>10</sub> CFU/g, 평균 4.6 log<sub>10</sub>

CFU/g), 다음으로 무농약재배 딸기(2.6~5.9 log<sub>10</sub> CFU/g, 평균 3.7 log<sub>10</sub> CFU/g), 양액재배 딸기(2.3~5.3 log<sub>10</sub> CFU/g, 평균 3.5 log<sub>10</sub> CFU/g) 순으로 적었다(Table 2). 또한 딸기를 부위별(열매, 줄기, 잎)로 총호기성균 수를 분석시, 열매, 줄기 및 잎에 붙어 있는 세균 수는 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05).

또 다른 오염 지표로 대장균군/대장균(Coliform bacteria/*E. coli*) 수를 정량적으로 조사하였다. 이번 조사에서 대장균군은 전체 표본의 14.2%에서 검출되었으며, 검출된 표본의 평균 대장균군 수는 2.1~4.5 log<sub>10</sub> CFU/g 범위(전체 평균 2.8 log<sub>10</sub> CFU/g)이었다(Table 3). 딸기의 재배방식에 따라 분석시, 유기농재배 딸기에서 가장 높은 대장균군 검출율(22.7%)을 보였으며, 다음으로 무농약재배(12.2%) 딸기, 양액재배 딸기(8.3%) 순으로 낮았다(p<0.05)(Table 3). 이번 조사에서 딸기의 대장균군 오염 정도는 유통중인 채소류의 평균 대장균군 오염 수준 3.65~6.44 log<sub>10</sub> CFU/g(4) 혹은 4.1×10<sup>5</sup>~9.8×10<sup>6</sup> CFU/g(5)에 비하여 낮게 나타났는데, 이는 접촉에 의한 오염을 최소화하였으며 재배 환경 또한 외부 오염을 차단하도록 설비되어 있기 때문으로 판단된다. 또한 딸기 부위별로 대장균군 수를 분석시, 열매, 줄기 및 잎에 붙어 있는 세균 수간에는 통계적 유의성은 없었다(p>0.05)(Table 3). 본 조사에서 대장균군은 전체 1,020개 표본 중 10개(1.0%)에서 검출되었고, 검출된 표본의 평균 대장균 수는 2.1-2.8 log<sub>10</sub> CFU/g 범위(전체 평균 2.4 log<sub>10</sub> CFU/g)이었다(Table 4). 대장균군은 유기농재배 딸기에서 주로 검출되

**Table 3. Total coliform levels in the parts of strawberries according to cultivation methods**

Cultivation methods	Parts of strawberries	Total No. (%)	No. of positive (%)	Samples in the indicated interval (%) <sup>1)</sup>				Range <sup>3)</sup>	Mean <sup>3)</sup>	p value
				ND <sup>2)</sup>	2~3	3~4	>4			
Nutriculture	Fruit	120 (100.0)	9 (7.5)	111 (92.5)	7 (5.8)	2 (1.7)	0 (0.0)	2.1~3.6	2.5	p>0.05 <sup>4)</sup>
	Stalk	120 (100.0)	10 (8.3)	110 (91.7)	9 (7.5)	1 (0.8)	0 (0.0)	2.1~3.3	2.6	
	Leaf	120 (100.0)	11 (9.2)	109 (90.8)	8 (6.7)	3 (2.5)	0 (0.0)	2.1~3.5	2.7	
	Subtotal	360 (100.0)	30 (8.3)	330 (91.7)	24 (6.7)	6 (1.7)	0 (0.0)	2.1~3.6	2.6	
Pesticide-free culture	Fruit	110 (100.0)	12 (10.9)	98 (89.1)	8 (7.2)	4 (3.6)	0 (0.0)	2.1~3.5	2.9	p<0.05 <sup>5)</sup>
	Stalk	110 (100.0)	13 (11.8)	97 (88.2)	9 (8.2)	4 (3.6)	0 (0.0)	2.1~3.6	2.7	
	Leaf	110 (100.0)	15 (13.6)	95 (86.4)	10 (9.1)	4 (3.6)	1 (0.9)	2.1~4.2	2.9	
	Subtotal	330 (100.0)	40 (12.2)	290 (87.9)	27 (8.2)	12 (3.6)	1 (0.3)	2.1~4.2	2.8	
Organic farming	Fruit	110 (100.0)	23 (20.9)	87 (79.1)	16 (14.5)	6 (5.5)	1 (0.9)	2.2~4.2	3.2	p<0.05 <sup>4)</sup> , p<0.05 <sup>5)</sup>
	Stalk	110 (100.0)	24 (21.8)	86 (78.2)	16 (14.5)	8 (7.3)	0 (0.0)	2.1~3.9	3.1	
	Leaf	110 (100.0)	28 (25.5)	82 (74.5)	17 (15.5)	9 (8.2)	2 (1.8)	2.2~4.5	3.3	
	Subtotal	330 (100.0)	75 (22.7)	255 (77.3)	49 (14.8)	23 (7.0)	3 (0.9)	2.1~4.5	3.2	
Total	Total	1,020 (100.0)	145 (14.2)	875 (85.8)	100 (9.8)	41 (4.0)	4 (0.4)	2.1~4.5	2.8	

<sup>1)</sup>Counts are expressed as log<sub>10</sub> CFU/g of parts of strawberries. <sup>2)</sup>ND : Not detected, >10<sup>2</sup> <sup>3)</sup>Range or mean (log<sub>10</sub> CFU/g vegetables) of positive samples.

<sup>4)</sup>Statistical significance as compared with pesticide-free culture <sup>5)</sup>Statistical significance as compared with nutriculture.

Table 4. *Escherichia coli* levels in the parts of strawberries according to cultivation methods

Cultivation conditions	Parts of strawberries	Total No. (%)	No. of positive (%)	Samples in the indicated interval (%) <sup>1)</sup>				Range <sup>3)</sup>	Mean <sup>3)</sup>
				ND <sup>2)</sup>	2-3	3-4	>4		
Nutriculture	Fruit	120 (100.0)	0 (0.0)	120 (10.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	ND	ND
	Stalk	120 (100.0)	0 (0.0)	120 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	ND	ND
	Leaf	120 (100.0)	0 (0.0)	120 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	ND	ND
	Subtotal	360 (100.0)	0 (0.0)	360 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	ND	ND
Pesticide-free culture	Fruit	110 (100.0)	0 (0.0)	110 (100.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	ND	ND
	Stalk	110 (100.0)	1 (0.9)	109 (90.1)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.3	2.3
	Leaf	110 (100.0)	2 (1.8)	108 (92.8)	2 (1.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.3~2.6	2.5
	Subtotal	330 (100.0)	3 (0.9)	327 (99.1)	3 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.3~2.6	2.4
Organic farming	Fruit	110 (100.0)	1 (0.9)	109 (99.1)	1 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.2	2.2
	Stalk	110 (100.0)	2 (1.8)	108 (98.2)	2 (1.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.1~2.8	2.5
	Leaf	110 (100.0)	4 (3.6)	106 (96.4)	4 (3.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.1~2.7	2.4
	Subtotal	330 (100.0)	7 (2.1)	323 (97.9)	7 (2.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.1~2.8	2.4
Total	Total	1,020 (100.0)	10 (1.0)	1,010 (99.0)	10 (1.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	2.1~2.8	2.4

<sup>1)</sup>Range in log<sub>10</sub> CFU/g of parts of strawberries. <sup>2)</sup>ND : Not detected, >10<sup>2</sup> <sup>3)</sup>Counts are expressed as log<sub>10</sub> CFU/g of parts of strawberries.

였으며, 양액재배 딸기에서는 검출되지 않았다. 또한 딸기 부위별로 분석시 대장균은 대부분 딸기의 잎에서 검출되었다. 그렇지만, 유통중인 농산물의 대장균 검출율은 18.5%로 본 조사에 비하여 현저히 높았는데(5), 이는 대장균 오염은 대부분 유통 과정중 일어나기 때문에 재배 현장에서 채취시 이에 대한 오염이 현저히 낮기 때문으로 판단된다.

#### 식중독 유발 세균인 황색포도상구균, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. 및 *E. coli* O157:H7의 정량 혹은 정성 분석 성적

미국에서 환자 수를 기준으로 원인 식품별로 식중독 발생 현황을 분석시 농산물에 의한 식중독 사례가 가장 많았다고 보고하였으며(14), 우리나라에서도 농산물에 의한 식중독이 1988년 119건에서 2010년 271건으로 증가되었다고 보고하였다(15). 이는 농산물 재료 자체에 문제가 있는 경우도 있지만, 농산물의 유통, 손질 및 조리시 취급자 혹은 주변의 다른 재료와의 접촉으로 교차오염이 원인인 것으로 사료된다. 식중독균 중 황색포도상구균은 건강한 사람이라도 비강을 통해 옮겨질 수 있으므로 손으로 얼굴이나 신체 부위를 만진 후 전파될 수 있으며, *Salmonella* spp.는 식중독의 가장 흔한 원인균으로 여러 식품에서 검출되었고, *Listeria*는 토양이나 물에서도 발견되는 미생물로 농산물에 쉽게 전파될 수 있다(14,15). 본 연구에서 딸기에 부착되어 있는 식중독 유발 세균들을 정량 혹은 정성적 방법으로 분석 결과, 1,020개의 표본중에서 2개의 유기농재배 딸기 잎 표본에서 황색포도상구균이 검출되었다. 그렇지만 *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *E. coli* O157:H7은 모든 표본에

서 검출되지 않았다(Table 5).

국내 농산물의 식중독 원인균 조사 보고에 의하면, 유통 중인 치커리, 미나리, 부추, 배추, 상추, 깻잎, 참나물을 대상으로 한 조사에서 황색포도상구균 8.1%, *Bacillus cereus* 14.5%, *Clostridium perfringens* 5.6%에서 검출되었으나, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Vibrio parahaemolyticus*, *L. monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*는 검출되지 않았다고 하였다(5). 또한 홍 등(7)은 유통 중인 상추, 깻잎, 시금치, 치커리, 미나리 그리고 과일류(사과, 토마토, 포도, 귤) 대상 조사에서, *C. perfringens*는 10.7%, 황색포도상구균은 8.0%, *Salmonella* spp.는 2.7%, *L. monocytogenes*는 0.5% 검출되었으나 *E. coli* O157:H7은 검출되지 않았다고 보고하였다. 이러한 조사 결과는 시장에서 판매되는 농산물을 조사 대상으로 하였으므로 유통과정중 추가적인 오염이 계속적으로 발생하였기 때문에, 식중독 세균의 오염도가 높았다고 판단된다. 그러나, 본 조사 표본은 농장에서 직접 채취하여 검사한 표본으로 농산물 처리 과정중의 추가 오염이 거의 없었기 때문에 매우 낮은 식중독 오염도를 나타낸 것으로 판단된다. 이와같이 농산물을 대상으로 한 미생물 오염조사는 조사표본의 채취 장소, 채취 시기, 채취 방법, 표본의 상태, 검사 방법 등 다양한 원인에 의해 차이가 발생할 수 있다.

딸기는 당도가 높고 여러 종류의 생체 활성 물질을 가지고 있어 미생물 발육에 좋은 영양원이 될 수 있다. 따라서 수확 단계에서 미생물 오염이 많은 경우, 대다수의 세균은 식품 성분 중 유기물을 이용하여 증식하고 그 대사 과정에서 부패 생산물을 생산하기 때문에 부패세균으로 작용할

수 있다(17). 따라서 농산물의 세균 오염은 건강에 해를 줄 수 있을 뿐만 아니라 농산물의 품질에도 영향을 미치므로 농산물의 생산, 유통 및 보관 단계에서 세균의 오염 및 성장을 방지하고 하는 노력이 필요하겠다. 본 연구에서 논산지역에서 재배되는 딸기를 대상으로 딸기의 재배방식 및 부위별로 세균학적 오염도를 조사한 결과, 무농약재배나 양액재배 딸기에 비하여, 유기물, 미생물 등 천연자원을 사용하여 농산물을 생산하는 유기농재배의 딸기에서 가장 많은 위생지표 미생물이 검출되었다. 이는 농산물의 재배 방식에 따라 세균의 오염도에 차이가 있을 수 있으므로, 재배방식에 적합한 세균 오염 저감화 대책이 요구됨을 시사하겠다.

이였으며, 대장균군은 전체 표본의 14.2%에서 검출되었고 양성 표본의 대장균군 수는 2.1-4.5 log<sub>10</sub> CFU/g 범위이었다. 대장균은 전체 표본중 1.0%에서 검출되었고, 양성 표본의 대장균 수는 2.1-2.8 log<sub>10</sub> CFU/g 범위이었다. 딸기의 재배방식별로 분석시, 총호기성균 및 대장균군의 수는 양액재배 혹은 무농약재배에 비하여 유기농재배에서 더 많이 검출되었으나(p<0.05), 대장균은 무농약재배와 유기농재배에서 유사하게 검출되었고 영양재배에서는 검출되지 않았다. 딸기를 3개 부위(열매, 줄기 및 잎)로 나누어 호기성균 및 대장균군/대장균 수를 분석시, 이들간 통계적 유의성은 없었다. 또한 딸기에 부착되어 있는 식중독 유발 세균을 조사한 결과, 1,020개의 표본중에서 유기농재배 농가 표본 2개

**Table 5. Incidence of foodborne pathogens in the parts of strawberries according to cultivation methods**

Cultivation methods	Parts of strawberries	Total No. (%)	Number of isolates (%)			
			<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>E. coli</i> O157:H7
Nutriculture	Fruit	120 (100.0)	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND
	Stalk	120 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Leaf	120 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Subtotal	360 (100.0)	0.0	0.0	0.0	0.0
Pesticide-free culture	Fruit	110 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Stalk	110 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Leaf	110 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Subtotal	330 (100.0)	0.0	0.0	0.0	0.0
Organic farming	Fruit	110 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Stalk	110 (100.0)	ND	ND	ND	ND
	Leaf	110 (100.0)	2 (1.8) <sup>2)</sup>	ND	ND	ND
	Subtotal	330 (100.0)	2 (0.6)	0.0	0.0	0.0
Total	Total	1,020 (100.0)	2 (0.2)	0.0	0.0	0.0

<sup>1)</sup>ND : Not detected, <sup>2)</sup>Counts are expressed as log<sub>10</sub> CFU/g of parts of strawberries.

## 요 약

딸기는 다양한 효능을 보일 뿐만아니라 맛과 영양까지 뛰어나 많은 사람들이 선호하는 대표적인 즉석섭취 농산물 중의 하나이다. 따라서 딸기의 안전성에 대한 관심이 매우 높다. 본 연구는 딸기의 생물학적 안전성을 평가하기 위하여 논산시내 12개 딸기 농장에서 채취한 1,020개의 표본(열매, 줄기, 잎 각각 340개씩)을 대상으로, 재배방식(양액재배, 무농약재배, 유기농재배) 및 딸기의 부위에 따른 총호기성균, 대장균군/대장균을 정량적 분석하였다. 또한 식중독 유발 세균인 황색포도상구균, *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 오염 여부를 정량 혹은 정성 분석하였다. 딸기 표본의 총호기성균 수는 2.3~6.8 log<sub>10</sub> CFU/g 범위

에서 황색포도상구균이 검출되었으며 그 외의 *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *E. coli* O157:H7은 모든 표본에서 검출되지 않았다. 이상의 결과로 보아, 딸기의 재배 방식에 따라 위생지표 미생물의 오염에 차이가 있을 수 있으므로, 재배 방식에 적합한 세균 오염 저감화 대책이 요구됨을 시사하겠다.

## 감사의 글

본 연구는 농림기술관리센터(ARPC, 과제 관리번호 608010-5) 및 농촌진흥청(과제관리번호 PJ9071142012)의 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

## References

1. Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M (2012) The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28, 9-19
2. Goulas V, Manganaris GA (2011) The effect of postharvest ripening on strawberry bioactive composition and antioxidant potential. *J Sci Food Agric*, 91, 1907-1914
3. Berger CN, Sodha SV, Shaw RK, Griffin PM, Pink D, Hand P, Frankel G (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environ Microbiol*, 12, 2385-2397
4. Choi JW, Park SY, Yeon JH, Lee MJ, Chung DH, Lee KH, Kim MG, Lee DH, Kim KS, Ha SD (2005) Microbial contamination levels of fresh vegetables distributed in markets. *J Food Hyg Safety* 20, 43-47
5. Jung SH, Hur MJ, Ju JH, Kim KA, Oh SS, Go JM, Kim YH, Im JS (2006) Microbiological evaluation of raw vegetables. *J Food Hyg Safety* 21, 250-257
6. Kim SR, Lee JY, Lee SH, Kim WI, Park KH, Yun HJ, Kim BS, Chung DH, Yun JC, Ryu KY (2011) Evaluation of microbiological safety of lettuce and cultivation area. *J Food Hyg Safety*, 26, 289-295
7. Hong CK, Seo YH, Choi Cm, Kwang IS, Kim MS (2012) Microbial quality of fresh vegetables and fruits in Seoul, Korea. *J Food Hyg Safety*, 27, 24-29
8. Lee SH, Lee MS, Sun NK, Song KB (2004) Effects of storage condition on the quality and microbiological change of strawberry: Minyubong during storage, Korean *J Food Preserv*, 11, 7-11
9. Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ (2006) Disinfection effects of electrolyzed water on strawberry and quality changes during storage. *Korean J Food Preserv*, 13, 316-321
10. Yu YM, Youn YN, Hua QJ, Cha GH, Lee YH (2009) Biological hazard analysis of paprikas, strawberries and tomatoes in the markets. *J Food Hyg Safety*, 24, 174-181
11. Ingham SC, Becker KL, Fanslau MA (2003) Comparison of the Baird-Parker agar and 3M Petrifilm Staph Express Count plate methods for enumeration of *Staphylococcus aureus* in naturally and artificially contaminated foods. *J Food Prot*, 66, 2151-2155
12. Jay JM (1992) Foodborne gastroenteritis caused by *Salmonella*, *Shigella* and *Escherichia*. in *Modern food Microbiology AVI Book*, New York, USA, p 553-582
13. Pianetti A, Sabatini L, Citterio B, Pierfelici L, Ninfali P, Bruscolini F (2008) Changes in microbial populations in ready-to-eat vegetable salads during shelf-life. *Italian J Food Sci*, 20, 245-254
14. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) (2011) Surveillance for foodborne disease outbreaks-United States, 2008. *Morbidity Mortality Weekly Report*, 60, 1197-1202
15. Bahk GJ, Ha SD, Oh DH (2013) Ranking determination of foods and foodborne pathogens for impact of climate change on microbiological food safety. *J Food Hyg Safety* 28, 36-40
16. Oliveira M, Usall J, Viñas I, Anguera M, Gatiús F, Abadias M (2010) Microbiological quality of fresh lettuce from organic and conventional production. *Food Microbiol*, 27, 679-684
17. Song MR, Park IH, Lee JK (2011) Microbial hazard reduction policies of US to control fresh produce. *Safe Food*, 6, 42-58.