

국내 유통 고춧가루의 병원성 대장균 오염 및 대장균 저감화 방법

- 연구노트 -

송영진¹ · 박세원² · 천세철² · 최미정² · 정구춘³ · 이시경^{2*}

¹국립농산물품질관리원 시험연구소

²건국대학교 분자생명공학과

³건국대학교 화학과

Efficient Treatment Methods for Reducing *Escherichia coli* Populations in Commercially-Available Red Pepper Powder in Korea

Young-Jin Song¹, Se-Won Park², Se-Chul Chun², Mi-Jung Choi²,
Koo-Chun Chung³, and Si-Kyung Lee^{2*}

¹Experiment Research Institute, National Agricultural Products Quality Management Service, Seoul 150-804, Korea

²Dept. of Molecular Biotechnology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

³Dept. of Chemistry, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the level of contamination of pathogenic *Escherichia (E.) coli* in 50 types of red pepper powders collected domestically. Pathogenic *E. coli* was confirmed using real-time PCR to confirm the 4 types of EAEC, EPEC, EHEC and ETEC. One sample out of 50 was contaminated with pathogenic *E. coli*. The type of pathogenic *E. coli* detected in the sample was EAEC. This study was also conducted to determine the effect of alcohol treatment on the reduction of *E. coli* populations in red pepper powder. The amount of *E. coli* in the control was 1.2×10^6 cfu/mL. The amount of *E. coli* in 10 minutes immersion treatment with 10% alcohol was 1.1×10^6 cfu/mL. In samples treated with over 20% alcohol, *E. coli* was not detected. This showed that 10 minutes of immersion in over 20% alcohol might be effective to reduce *E. coli*. This study was also conducted to determine the effect of UV irradiation on *E. coli* reduction. The number of *E. coli* in the control group was 5.0×10^5 cfu/mL. However, the number of *E. coli* in 45 min of the UV irradiated sample decreased to 1.0×10^3 cfu/mL, by 10^2 cfu/mL. In contrast, *E. coli* was not detected in an over 60 min UV irradiated sample in 10^{-2} dilution. This study showed that over 20% alcohol treatment and UV irradiation for 60 min was effective to control *E. coli* in red pepper powder.

Key words: red pepper powder, pathogenic *E. coli*, alcohol treatment, UV irradiation

서 론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과에 속하는 식물로 남미 아마존강 유역이 원산지이며 유럽을 거쳐 우리나라에는 약 400여 년 전에 전래되었다(1). 단일작목으로 농업 총생산의 4.5%, 채소류 생산액의 30%를 차지하고 있는 중요한 작물이다. 국내 고추의 연간 총생산량은 평균 15~18만톤 정도로 세계 제 7위의 주요 생산국(2)이며, 한국 사람의 일반 식단에 김치, 고추장 등 여러 식품의 기본 재료로서 많이 소비되는 중요한 향신료이다(3).

대장균은 *Escherichia* 균속 중의 대표적인 균종으로 보통의 대장균은 건강인의 대장의 상주균총으로 구성된 장내세균과(Family Enterobacteriaceae)에 속하는 균의 일종으로 장의 정상적인 생리기능을 유지하는데 주요한 역할을 하고

있다(4).

그러나 건강한 분변의 대장균과는 달리 유아의 전염성 설사증이나 성인의 급성장염을 일으키는 특정 혈청형의 대장균이 발견되었다. 이와 같이 설사 기인성을 갖는 대장균이 병원성 대장균으로 불리며, 사람에게 병원성을 나타내는 외래성 대장균이나 장관 상주균과 생화학적 성상이 거의 같아 쉽게 구별되지 않는다. 일반 대장균과 병원성 대장균 사이에는 항원성에 차이가 있어, 균체를 구성하는 항원성분(균체항원: O항원, 헤파항원: K항원, 편모항원: H항원)의 면역학적 특이성에 의해 구별되어 180여 종류의 O항원, 100종류의 K항원, 56종류의 H항원으로 분류하고 있다. 대장균은 동물 장관 내에 주로 서식하는 통성혐기성균으로 갓 태어난 신생동물의 위장 관내에 서식하고 숙주의 공생관계를 유지하거나 질병을 유발한다. 대장균은 숙주의 면역 방어기전이 저하

*Corresponding author. E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr
Phone: 82-2-450-3759, Fax: 82-2-450-3726

되거나 위장관 계통의 방어벽이 손상을 입었을 경우 장 점막에서 대량 증식하고 감염을 유발하여 요로계 감염, 장상 감염, 폐렴, 뇌막염, 패혈증을 일으킨다. 패혈증 환자에게서 가장 많이 분리되고 요로감염의 80% 정도를 차지할 정도로 위장관 질환의 중요한 원인균이다. 이와 같은 병원기전은 대장균의 병원성과 밀접한 관계가 있다. 병원성 대장균은 O:H 혈청형, 독소와 부착인자의 생산능력, 장세포에 대한 작용 및 임상적 증상이나 증후들을 기초로 구분할 수 있으며 그 발병양식에 의해서 장관 병원성 대장균(enteropathogenic *E. coli*, EPEC), 장관 침습성 대장균(enteroinvasive *E. coli*, EIEC), 장관 독소원성 대장균(enterotoxigenic *E. coli*, ETEC) 및 장관 출혈성 대장균(enteroheamorrhagic *E. coli*, EHEC) 및 장관 부착성 대장균(enteroadherent *E. coli*, EAEC) 5종으로 분류된다(5).

이와 같은 병원성 대장균에 의하여 발생하는 식중독은 2008년도 국내 식중독 발생현황 전체 354건, 7,487명 중 병원성 대장균에 기인한 건은 36건 1,278명으로 건수로는 10.2%, 환자수로는 17.1%를 차지하고 이중 장관 출혈성 대장균 감염증은 56명(4.4%)에 이른다(6). 병원성 대장균에 의하여 발생하는 식중독은 계절에 상관없이 연중 발생되며 원인식품이 한정되어 있지 않고 유유아나 어린이의 경우 접촉감염에 의한 경우도 있으나, 일반적으로 식품 내에 있는 병원성 대장균이 증식하고 그것을 섭취하면서 감염되고 발병한다. 병원성 대장균은 가축, 애완동물, 건강 보조제 및 자연환경에 널리 분포되어 있기 때문에 햄, 치즈, 샐러드, 두부 등 여러 종류의 식품이 원인 식품이 될 수 있으며 항상 청결을 유지하고 음료수 및 식품은 가열한 후 섭취하는 것이 가장 유용한 예방법이다.

농산물의 경우 주변 환경에 의하여 오염균이 유입될 수 있는 가능성이 높고 가열 조리를 하지 않은 상태로 생으로 섭취하는 경우가 많아, 만약 미생물이 오염되어 적당한 환경에서 증균 된다면 섭취자에게 큰 위해가 된다. 농산물 중 고춧가루의 경우 고추를 수확하여 건조기나 태양 빛을 이용하여 재래식으로 건조하는 과정은 살균과정이 없으며, 우리나라 식생활은 고춧가루를 이용한 음식의 종류가 많고 특히 무침 등의 종류는 가열하지 않은 상태로 직접 식용하거나 혼합 향신료로 사용하기 때문에 대장균의 오염과 그로 기인한 식중독발생이 의심되지만 현재 고춧가루에 대한 대장균 오염 현황에 대한 조사 실적은 거의 없다. 다만 고춧가루에서 $2.8 \sim 2.9 \times 10^2$ 의 대장균 균이 검출되었음이 보고된 바 있다(7). 그러나 식중독 발생과 직결된 병원성 대장균의 오염도 조사 자료는 전무하다. 따라서 국내에서 유통 중인 고춧가루에서 병원성 대장균의 오염도와 종류를 정확히 파악하고자 본 연구를 실시하였다. 또한, 본 연구에서는 오염된 고춧가루의 병원성 대장균을 저감화할 수 있는 방법으로 고춧가루 시료에 *E. coli* ATCC 11775를 배양 후 인위적으로 오염시켜 일정 농도로 희석한 알코올을 이용하였으며 또한

세척하는 것과 분쇄까지 공정을 마친 제품에 UV를 조사하여 병원성 대장균이 어느 정도 저감화될 수 있는지 두 가지 방법의 효율성을 파악하여 고춧가루 살균처리 방법이 대장균의 오염감소에 미치는 효과에 관한 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

시료

병원성 대장균의 오염도 조사 및 저감화 실험을 위한 시료로서 2011년도에 생산되어 국내 시장 유통 중인 고춧가루 총 50점을 미생물 분석 채취요령에 따라 멸균 백과 스푼을 사용하여 500 g의 시료를 채취하고 이중 10 g을 미생물 실험에 사용하였다.

시약 및 표준균주

병원성대장균 오염도 조사 시 시료의 전처리는 Power-Prep DNA extraction from food and feed kit(E0002, Kogenebiotech Co. Ltd., Seoul, Korea)를 사용하여 DNA를 추출하였다.

병원성 대장균 검출을 위한 primer로는 PowerChek pathogen real-time PCR kit(Kogenebiotech Co. Ltd.)인 EAEC-aggR, east(R0121), EPEC-bfpA, eaeA(R0122), *E. coli* 4-plex I -stx1, stx2, LT, ST(R0131)를 사용하였다. Kit는 primer, 2×real-time PCR master mix로 구성되어 있다.

병원성대장균 저감화 효율 실험에는 *Escherichia(E.) coli*의 표준균주 Bioball ATCC 11775(31.9 cfu/vial)(BTF Pty Ltd, Sydney, Australia)를 사용하였으며 대장균의 증균을 위한 배지로는 EC broth(Merck Co., Darmstadt, Germany)를 사용하였고 선택배지로는 Brilliance Chromogenic Media *E. coli*/coliforms(Oxoid Ltd., Cambridge, England)를 사용하였다. 대장균 접종 시료에 알코올 처리 실험에는 ethanol HPLC급(Merck Co.)을 사용하였다.

병원성 대장균의 오염도 조사를 위한 RT-PCR(7500 fast real-time PCR, The Applied Biosystems Inc, Forster City, CA, USA)를 사용하였고 병원성대장균 저감화 효율 실험에는 대장균의 저감화 방안 실험의 UV처리는 크린벤치(LA2-6A3, Esco, Singapore)의 UV lamp(40 W * 1 set)를 사용하였다.

병원성 대장균 검출

10 g의 시료를 채취하여 무균적으로 곱게 분쇄 후 50 mL tube에 2 g을 정량하여 담은 후 PowerPrep DNA extraction from food and feed kit(E0002, Kogenebiotech Co. Ltd.)의 시약 lysis A 4 mL, lysis B 400 μ L, proteinase K 10 μ L, RNase 10 μ L를 첨가하고 vortex한 후, water bath 65°C, 1시간 반응시키고 chloroform을 4 mL 넣고 vortex한 후 20,000×g으로 15분 원심분리한 후 2 mL tube에 시료액 1 mL, chloroform 1 mL을 넣고 vortex한 후 20,000×g으로

10분 원심 분리하였다. 1.5 mL tube에 시료액의 상층액 500 μ L, binding buffer와 iso-propanol을 500 μ L씩 넣고 column에 750 μ L을 넣고, 20,000 $\times g$ 으로 2분간 원심분리 하고 column을 통과한 여과액은 버린 후 동일한 column에 남은 시료액 750 μ L을 이용하여 반복 진행하여 DNA를 추출하였다.

추출한 미생물의 DNA 중 병원성 대장균의 확인을 위하여 RT-PCR 분석용 primer와 시료 중 추출한 template DNA, 2 \times real-time PCR master mix, DW를 혼합 조성 후 PCR을 시행한다. Template DNA의 경우 안정화를 위하여 50°C에서 2분, 초기 denaturation 과정을 위하여 95°C에서 10분간 수행하였고, DNA 증폭을 위하여 denaturation 과정으로 95°C에서 15초, primer annealing과 extension 과정으로 60°C에서 1분간, 35회 반복 실시하였다. 음성 대조군으로는 template DNA를 넣지 않고 DW를 사용하였으며, 양성 대조군은 kit에 구성된 control DNA C를 사용하였다.

고춧가루 중 대장균 저감화 효율 실험

대장균이 검출되지 않은 시료 2 g을 채취하여 멸균된 일회용 패트리디쉬(DM: 900 mm)에 담은 후 표준균주 *E. coli* ATCC 11775(31.9 cfu/vial)(BTF Pty Ltd.)를 EC broth (Merck Co.)에 접종하여 35 \pm 2°C에서 24시간 증균시킨 배양액의 대장균수는 4.0 \times 10⁶ cfu/mL이고 이 배양액 1 mL를 고춧가루 시료에 넣은 후, 대장균이 접종된 고춧가루 시료에 99.9% ethanol(Merck Co.)과 0.85% NaCl 용액을 이용하여 각 농도별로 희석 제조한 용액 10 mL을 처리하고 10분, 30분, 1시간 침지 후 시간별로 처리한 후 침지시간에 따른 대장균 수를 측정하였다. 이 실험의 대조군으로는 표준균주를 접종하고 알코올 용액 대신 멸균 증류수 10 mL를 첨가하여 시료로 사용하였다. 또한 시료 2 g을 멸균된 일회용 패트리디쉬에 담고 표준균주 *E. coli* ATCC 11775(31.9 cfu/vial)(BTF Pty Ltd)를 접종하여 35 \pm 2°C, 24시간 증균시킨 배양액을 1 mL(4.0 \times 10⁶ cfu/mL) 접종시켰으며, UV 조사는 크린벤치(LA2-6A3, Esco)의 UV lamp(40 W)를 이용하였으며 UV lamp와 패트리디쉬와 거리는 715 mm이며 5분, 15분, 30분, 45분, 1시간, 2시간 시간별로 UV를 조사 후 시료의 대장균 수를 확인하였다. 스토마커 백에 대장균을 인위적으로 오염시킨 시료와 각 농도별로 알코올을 넣어 침지하고 시간이 경과에 따른 시료 및 자외선 처리 후의 시료를 1 g 취하여 시험관 일반희석법을 시행하고 각 희석단계별로 배지에 도말하여 균수를 확인하였다. 이때 선택배지인 Brilliance Chromogenic *E. coli*/coliforms Media(Oxoid Ltd.)에 도말하여 35 \pm 2°C에 2일간 배양하여 cfu(colony forming uni)를 결정하여 대장균 수의 감소 정도를 확인하였다.

결과 및 고찰

국내산 고춧가루의 병원성 대장균 오염도 조사
2011년 국내 다양한 지역에서 유통 중인 50개의 시료를

Table 1. Detection of pathogenic *E. coli* in samples of red pepper powder according to primer

Sample	Pathogen		No. (%) of contaminated samples	
	Target	No. of sample		
Red pepper powder	EAEC- <i>aggR</i>	50	—	—
	EAEC- <i>east</i>	50	1	(2)
	EPEC- <i>bfpA</i>	50	—	—
	EPEC- <i>caeA</i>	50	—	—
	EHEC- <i>stxI</i> (VT1)	50	—	—
	EHEC- <i>stx2</i> (VT2)	50	—	—
	ETEC-LT	50	—	—
	ETEC-ST	50	—	—

수집하여 고춧가루에 오염된 병원성 대장균의 확인과 대장균 종류에 따른 각각의 primer/probe를 이용하여 검사한 결과는 Table 1과 같았다. 본 실험에서 EPEC(장관 병원성 대장균, enteropathogenic *E. coli*)형, EHEC(장관 출혈성 대장균, enterohemorrhagic *E. coli*)형, ETEC(장관 독소원성, enterotoxigenic *E. coli*)형은 검출되지 않았으나, 고춧가루 시료 1점에서 EAEC(장관 부착성 대장균, enteroadherent *E. coli*)형이 양성으로 확인되었다.

Kwon 등(8)은 분말화하여 시판중인 고춧가루의 오염도를 조사한 연구에서 일반세균은 6.7 \times 10⁶ cfu/g, 대장균군 양성, 1.9 \times 10⁴ cfu/g의 곰팡이가 서식하는 것으로 보고하였으며, Lee 등(7)은 고춧가루의 오염미생물에 관한 연구에서는 호기성 전세균이 3.7 \times 10⁶ cfu/g, 효모 및 곰팡이가 1.4 \times 10³ cfu/g, 대장균군도 2.8 \times 10³ cfu/g으로 오염되어 있어 식품가공 시 부 원료로 사용하거나 가정에서 조리 시 식품위생상 많은 문제를 야기할 수 있다고 보고하였다. 또한 Song 등(9)은 고춧가루의 오염된 미생물을 제거 또는 감소시키기 위해 감마선 조사를 실시하기 전에 원재료의 미생물 안전성을 측정한 결과 무생체용 원재료의 총 균수 평가 결과 5.72 log cfu/g, 쪽파와 마늘의 경우 2.40~2.55 log cfu/g 수준으로 나타났으며 대장균의 경우 고춧가루에서만 3.11 log cfu/g 수준으로 나타났다고 보고하였다.

최근 Song(10)은 2009~2010년에 국내 시중 유통 고춧가루 5점을 대상으로 대장균군 수와 대장균을 측정된 결과 대장균군 수는 각각 7.0 \times 10³ cfu/g, 2.0 \times 10¹ cfu/g, 8.0 \times 10¹ cfu/g, 4.9 \times 10⁵ cfu/g, 3.2 \times 10³ cfu/g으로 나타나 고춧가루에 오염된 대장균군은 10¹~10⁵ cfu/g 큰 차이가 있었다. 이 중 1점의 시료에서 검출된 colony를 API kit로 사용하여 동정한 결과는 대장균 양성으로 확인되었으며, 시료 5점 중 1점(20%)이 대장균 양성으로 나타나 고춧가루 중 병원성 대장균에 관한 검출이 필요하다고 하였다.

Kwak과 Lee(11)는 식육으로부터 병원성 대장균의 검출과 그의 혈청형에 관한 연구에서 병원성 대장균의 검출 방법은 EPEC, ETEC, EIEC, EHEC의 각각의 primer를 이용하여 multiplex PCR법을 이용한 결과 ETEC-LT는 320 bp, ETEC-ST는 170 bp, EPEC-ST는 397 bp, EIEC는 422 bp,

EHEC-SLT I는 475 bp, EHEC-SLT II는 863 bp에서 확인되었고 66주의 양성시료 중 LT 생성주가 43주(65.2%)로 가장 많았으며 ST는 9주(13.6%)로 LT, ST 동시생산균주도 5주(7.6%), EPEC 6주(9.1%), EIEC 2주(3.0%)이었다고 보고하여 식육 중 병원성 대장균의 오염이 높은 것으로 나타났다.

Choi 등(12)은 시중에서 판매되는 계육과 돈육 가검물 1,085개를 구입하고 총 217개의 대장균 분리주를 확보하여 현재 알려진 대장균 병원성 인자 11개(astA, elt, est I, est II, cdt, cnf, eae, afa, stx, inve, aggR)의 보유여부를 PCR 기법으로 조사한 결과 돈육 유래 대장균에서 존재하는 병원성 인자는 astA(6.9%), eae와 elt(4.6%), est II(4.0%), est I(2.3%), afa(1.1%), cnf(0.6%)의 순으로 검출되었으며, 계육에서 분리된 대장균 42개중에서 astA와 inve를 보유하고 있는 병원성 대장균이 각각 1개씩 확인되었고, 특히 astA는 돈육과 계육에서 분리된 대장균중 높은 빈도로 존재하고 있음을 확인하였다고 하였다. 일반적으로 장독소형 대장균(ETEC)과 장병원성 대장균(EPEC)이 식중독을 일으키는 것으로 알려져 있으나, 장부착성 대장균(EAEC)에 의한 식중독 발생도 증가되고 있다(13). Bhan 등(14)의 대장균 식중독 관련 연구에 따르면 햄, 소시지, 각종 통조림 식품 등에 오염된 장부착성 대장균(EAEC)이 미열을 동반한 수양성/점액성 설사를 일으키며, 특히 유아에게 만성적인 설사를 일으키는 것으로 보고되고 있다. 또한 Savarino 등(15)도 장부착성 대장균(EAEC)에서 장독소형 대장균(ETEC)의 내열성독소(Heat stable toxin: ST)와 유사한 특성을 가지는 enteroaggregative *E. coli* heat stable enterotoxin 1(east 1)을 확인 보고하였다. Choi 등(16)은 국내의 경우 포유자돈과 이유자돈 설사증을 일으키는 병원성 대장균에서 east 1이 존재함을 보고하였으며, 일본에서는 1996년부터 2004년까지 오사카, 히로시마, 후쿠이 지방 등에서 east 1 대장균에 의한 대량 식중독 발생 사례가 보고되었다(17). 이후 일본의 소매점에서 판매되는 다양한 식재료로부터 분리된 대장균의 east 1 보유에 대한 연구에서 식육, 야채, 해산물 유래의 대장균이 각각 29.6%, 4.4%, 6.3%의 양성률을 나타낸 것으로 보고된 바 있다(18). 그러나 국내에서 고추가루 등의 농산물에서 분리된 대장균에 대한 병원성 구분에 관한 연구는 이루어지지 않았다.

오염시료의 알코올 처리 시 대장균 저감 효과

알코올의 대장균 저감 효과를 확인하기 위하여 알코올(99.9%)을 처리하지 않은 대조군과 알코올 처리 농도에 따른 대장균 수의 감소 정도를 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 대조군은 시료의 초기 시간(0시간)의 대장균 수를 측정 한 결과는 1.2×10^6 cfu/mL이었다. 10% 농도의 알코올 처리 시 침지 시간이 10분 경과하였을 때 시료의 대장균 수는 1.1×10^6 cfu/mL이었고, 20% 이상 농도의 알코올에 10분간 침지한 시료는 백배 희석 시에 대장균이 검출되지 않았다. 또한 알코올 처리 후 30분이 경과하였을 때, 알코올을 처리하지

Table 2. Detection of *E. coli* from red pepper powder contaminated by *E. coli* (ATCC 11775) after alcohol treatments

Sample	Ethanol treatments		No. of <i>E. coli</i> in contaminated samples
	Concentration (%)	Time (min)	cfu/mL
Contaminated red pepper powder ¹⁾	None	0	1.2×10^6
		10	1.7×10^6
		30	1.7×10^6
		60	1.7×10^6
	10 ²⁾	10	1.1×10^6
		30	1.0×10^6
		60	1.0×10^6
	20-100 ³⁾	10	— ⁴⁾
		30	—
		60	—

¹⁾Contaminated red pepper powder = red pepper powder 2 g + EC broth cultured by *E. coli* 1 mL.

²⁾Alcohol concentration 10% (10 mL): EtOH 1 mL and 0.85% NaCl solution 9 mL.

³⁾20~100 means alcohol concentration 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100%.

⁴⁾—: Negative in Brilliance Chromogenic Agar plate at 10^{-2} dilution.

않은 대조구의 대장균 수는 1.7×10^6 cfu/mL이며, 10% 알코올로 처리 시 대장균 수는 1.0×10^6 cfu/mL였으며, 20% 농도 이상의 알코올에 침지한 시료는 10분 침지의 경우와 마찬가지로 대장균이 검출되지 않았다. 60분이 경과되었을 경우에는 알코올을 처리하지 않은 대조구의 대장균 수는 1.7×10^6 cfu/mL이었으며, 10% 알코올로 처리한 시료의 대장균 수는 1.0×10^6 cfu/mL였고, 20% 이상의 알코올에 침지한 시료는 10분, 30분과 동일하게 대장균이 검출되지 않았다.

식품업계에서도 우동, 냉면 등의 제품에서 알코올을 적용하여 살균을 하고 있으며 이를 주정살균제품으로 구분한다(19). 또한 식품위생법의 식품 등의 기준 및 규격 고시에서 제1총칙 중 '주정처리'라 함은 식품의 제조공정상 주정을 사용하여 제품을 침지하거나 분사하는 등의 방법을 말한다'라고 명시되어 있으며, '규격 적용품목으로는 빵 또는 떡류와 면류이고 제조 및 가공 기준 시 주정처리(주정 1% 이상 사용) 제품은 잔류 주정에 의한 품질변화가 없도록 하여야 한다'라고 명시되어 있으며, 면류의 규격의 세균 수는 1 g당 1,000,000 이하(주정처리제품에 한한다)와 1 g당 100,000 이하(살균제품에 한한다)로 구분하여 정의되고 또한 대장균은 음성(주정처리제품에 한한다)으로 대장균군은 음성(살균제품에 한한다)으로 주정살균에 관하여 법적 규정들이 제시되어 있다(19).

본 실험에서는 알코올 살균을 농산물에 적용하여 실시하였고 고춧가루를 20% 이상의 농도의 알코올 액에 10분 이상 침지 시 백배 희석 시료에서 음성으로 나타나 대장균으로 인한 식중독의 예방에 효과가 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Detection of *E. coli* from red pepper powder depending on UV dose times

Sample	UV irradiation	No. of <i>E. coli</i> in contaminated samples
	Time (min)	cfu/mL
Contaminated red pepper powder ¹⁾	0	5.0×10^5
	5	3.0×10^3
	15	2.0×10^3
	30	1.0×10^3
	45	1.0×10^3
	60	- ²⁾
	120	-

¹⁾Contaminated red pepper powder=red pepper powder 2 g + EC broth cultured by *E. coli* 1 mL.

²⁾-: Negative in Brilliance Chromogenic Agar plate at 10^{-2} dilution.

오염시료의 UV 조사 시 대장균 저감 효과

대장균이 검출되지 않은 고춧가루 시료 2 g에 표준균주 *E. coli*, ATCC 11775(31.9 cfu/vial)를 EC broth에서 $35 \pm 2^\circ\text{C}$, 24시간 증균시킨 배양액 1 mL를 접종시킨 후, UV조사 시간에 따른 대장균 수의 감소 정도를 확인한 결과는 Table 3과 같았다.

표준균주를 접종한 고춧가루에 UV를 조사하지 않은 대조군의 대장균 선택배지를 이용하여 대장균 수를 확인한 결과 $5.0 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ 이었고, 5분간 UV를 조사 후 확인한 대장균 수는 $3.0 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$, 15분간 UV를 조사하여 확인한 대장균 수는 $2.0 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$, 30분간 UV를 조사한 후 확인한 대장균 수는 $1.0 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$, 45분간 UV를 조사하여 확인한 대장균 수는 $1.0 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$ 이었다. 그러나 60분간 이상 UV를 조사하였을 때 백배 희석시료에서 대장균은 검출되지 않았다.

Jung 등(20)은 적외선을 이용하여 살균된 고춧가루의 초기 진균수와 대장균수를 측정된 결과 각각 약 2 log cycle, 3 log cycle이 감소하였다고 하였다. Kwon 등(8)도 고춧가루에 γ -선 살균효과에 있어서 3 kGy 조사는 2 log cycle만큼, 6 kGy 조사는 약 절반 정도의 미생물 수인 3 log cycle가 격감되었고, 9 kGy 조사구에서는 미생물이 전혀 검출되지 않았으며 대장균은 일반세균보다 방사선 감수성이 높아 3 kGy 조사에서도 검출되지 않았다고 하였다.

Mok과 Lee(21)는 *E. coli*를 대상으로 스테인리스 스틸 컵을 사용하여 램프출력 10 W에서 자외선 조사시간에 따른 살균효과를 측정하였을 때 *E. coli*의 경우 3 log 이상의 살균을 위해서는 20분 정도의 자외선 처리가 필요했고 4 log 이상의 살균을 위해서는 40분 정도의 처리가 필요하다고 보고하였다.

본 실험에서도 UV 살균시간을 5분간 실시하였을 시 10^2 cfu/mL 정도가 감소하였고 이후 살균시간을 늘려 45분 실시한 경우는 대장균 수는 10^3 cfu/mL 까지 감소하였으며, UV 살균시간을 60분 이상 실시하였을 경우 백배 희석시료에서 대장균은 검출되지 않았다. 그러므로 UV 살균시간을 5분

정도 실시하면 대장균 수는 10^2 cfu/mL 정도 감소시킬 수 있었고, 60분 이상 UV 조사 시는 대장균을 10^2 cfu/mL 이하로 살균할 수 있었다. 이상의 실험에서 한국 음식의 주요 향신료인 고춧가루에 오염된 대장균의 종류를 확인하였으며, 인위적인 오염으로 알코올 처리 및 UV 조사 등의 다양한 요인에 의하여 미생물의 감수성이 다르기에 본 실험 결과는 알코올이나 UV를 이용하여 고춧가루를 살균하는 공정에 기준이 될 수 있는 유용한 정보가 될 것이다.

요 약

국내에서 생산 유통 중인 50개의 시료 고춧가루에서 병원성 대장균 오염도 조사를 실시하였다. 병원성 대장균의 확인은 분자생물학적 방법인 PCR(polymerase chain reaction)법을 사용하였으며 4종류의 병원성 대장균(EAEC, EPEC, EHEC, ETEC)의 검출은 각각 target gene을 검출할 수 있는 primer와 반응시켜 시료 중 병원성 대장균의 종류를 확인하였다. 실험 결과 시료 50점 중 1점에서 병원성 대장균이 검출되었으며 오염도는 2%이며, 병원성 대장균의 종류는 EAEC(장관 부착성 대장균, enteroadherent *E. coli*)형으로 확인되었다. 고춧가루 시료에 대장균 표준균주를 인위적으로 접종 후 시료에 알코올을 농도별로 희석하여 처리하고 선택배지를 사용하여 대장균수를 확인한 결과, 대조군은 대장균 수가 $1.2 \times 10^6 \text{ cfu/mL}$ 로 검출되었고, 알코올 10% 처리하여 10분 경과하였을 경우 대장균 수는 $1.1 \times 10^6 \text{ cfu/mL}$ 이었으나, 시료에 알코올 20% 이상의 농도로 처리한 실험군은 백배희석 시료에서 대장균이 검출되지 않았다. 이에 고춧가루에 20% 이상 농도로 10분 이상 알코올 침지 처리는 대장균 살균에 효과가 있었다. 또한, 대장균 표준균주를 접종한 시료에 UV를 시간별로 구분하여 조사 후 선택배지를 사용하여 대장균 수를 확인한 결과 대조군의 대장균 수는 $5.0 \times 10^5 \text{ cfu/mL}$ 이었으나 45분간 UV를 조사 후 확인한 대장균 수는 $1.0 \times 10^3 \text{ cfu/mL}$ 이었고, 60분과 120분의 UV 조사 시 백배 희석한 시료에서 대장균은 검출되지 않았다. UV 조사 시 45분 경과 시에 대장균 수는 10^2 cfu/mL 감소되었고, 60분 이상 UV 조사 시 백배희석 시료에서 대장균이 검출되지 않아 고춧가루 시료의 오염 감소에 효과가 있었다.

문 헌

- Kang IH. 1983. *Hankook Shiksenghwalsa*. Samyong Co., Seoul, Korea. p 190.
- Shin HH, Lee SR. 1991. Attempts to estimate the use level of red pepper in kimchi and kochujang. *Korea J Food Sci Technol* 23: 301-305.
- Govindarajan VS, Rajalakshmi D, Chand N. 1987. Capsicum-production, technology, chemistry and quality. Part IV. Evaluation of quality. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 25: 185-282.
- Moon HW. 1974. Pathogenesis of enteric disease caused by

- Escherichia coli*. *Adv Vet Sci Comp Med* 18: 179-211.
5. Nataro JP, Kaper JB. 1998. Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clin Microbiol Rev* 11: 142-201.
 6. KCDC, Korea Center for Disease Control & Prevention. 2008. Legally notifiable communicable disease. from <http://dis.mohw.go.kr/kcdchome.potal>.
 7. Lee SH, Lee HJ, Byun MW. 1997. Effects of ozone treatment and gamma irradiation on the microbial decontamination and physicochemical properties of red pepper powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 462-467.
 8. Kwon JH, Byun MW, Cho HO. 1984. Effect of irradiation on the sterilization of red pepper powder. *J Korean Soc Food Nutr* 13: 188-192.
 9. Song BS, Bark JN, Joe WJ, Hwan IJ, Kim JH, Choi JI, Byun MW, Lee JW. 2008. Gamma rays irradiated red pepper added sensory and microbiological quality attributes of stored musaengchae. International Symposium & Annual Meeting, The Korean Society of Food Science and Nutrition. p 4-5.
 10. Song YJ. 2012. Enumeration of pathogenic *Escherichia coli* in red pepper powder and reduction efficiency by alcohol treatment and UV irradiation. *MS Thesis*. Konkuk University, Seoul, Korea
 11. Kwak HS, Lee JS. 1997. Research on the detection of pathogenic *E. coli* and serotypes from meat. Proceedings of Korean Health Education and Promotion Conference on Comprehensive Health (twenty second). p 162.
 12. Choi SK, Lee MH, Lee BH, Jung JY, Choi CS. 2010. Virulence factor profiles of *Escherichia coli* isolated from pork and chicken meats obtained from retail markets. *J Kor Sci Ani Res* 30: 148-153.
 13. Bhan MK, Raj P, Levine MM, Kaper JB, Bhandari N, Srivastava R, Sazawal S. 1989. Enteroreggregative *Escherichia coli* associated with persistent diarrhea in a cohort of rural children in India. *J Infect Dis* 159: 1061-1064.
 14. Bhan MK, Khoshoo V, Sommerfelt H, Raj P, Sazawal S, Srivastava R. 1989. Enteroreggregative *Escherichia coli* and *Salmonella* associated with nondysenteric persistent diarrhea. *Pediatr Infect Dis J* 8: 499-502.
 15. Savarino SJ, Fasano A, Wartin BM, Levine MM, Guandalini S, Guerry P. 1993. Enteroreggregative *Escherichia coli* heat-stable enterotoxin 1 represents another subfamily of *E. coli* heat-stable toxin. *Proc Natl Acad Sci* 90: 3093-3097.
 16. Choi C, Kwon D, Chae C. 2001. Prevalence of the enteroreggregative *Escherichia coli* heat-stable enterotoxin 1 and its relationship with fimbrial and enterotoxin genes in *E. coli* isolated from diarrheic piglets. *J Vet Diagn Invest* 13: 26-29.
 17. Ishiguro F, Kyota Y, Mochizuki M, Horikawa T. 2005. An outbreak of diarrhea caused by *Escherichia coli* serogroup O139:HNM harboring a coding gene for enteroreggregative *Escherichia coli* heat-stable enterotoxin 1 (astA) in fukui prefecture. *Jpn J Infect Dis* 58: 119-120.
 18. Toshima H, Uenaka E, Bi Y, Nakamura H, Ogasawara J, Hase A, Kamate Y, Nishikawa Y. 2004. Detection and isolation of *Escherichia coli* with a coding gene for enteroreggregative *Escherichia coli* heat stable enterotoxin 1 from food and comparison with fecal isolates. *J Food Prot* 67: 2117-2122.
 19. KFDA. 2011. *Food code*. Korea Food and Drug Administration. 5-15-1.
 20. Jung JJ, Lee JH, Choi EJ, Kang ST. 2011. Effects of infrared pasteurization on quality of red pepper powder. *Korean J Food Sci Technol* 43: 156-160.
 21. Mok CK, Lee NH. 2009. Ultraviolet inactivation of *Escherichia coli* in stainless steel cups. *Food Eng Prog* 13: 122-129.

(2012년 2월 22일 접수; 2012년 5월 23일 채택)