

시가 독소 생산성 대장균과 식중독

Shiga Toxin producing *Escherichia coli*

구민선 | 안전유통연구단

Minseon Koo | Safety, Distribution and Marketing Research Group

독일에서 2011년 5월에 발생한 식중독은 시가(Shiga) 독소를 생산하는 대장균(*Escherichia coli*)에 의한 것으로 공식적으로 유행 종료가 선언된 7월 26일까지 941건이 보고되었으며, 이로 인해 3,910명의 환자가 발생하였고, 이 중 46명이 사망하였다. 일반적으로 대장균은 사람, 정은 동물 등의 장관 내에 있는 정상 상재 세균으로, 일반적으로 병원성을 가지지는 않는다. 대장균은 장관 내에서 혈액응고와 관련된 비타민 K를 생산하고 유해성 장내세균에 대해 유용한 probiotic 미생물이기도 하다. 장관 외 감염에 있어 화농성 질환 등의 원인이 될 수는 있지만 식중독의 원인이 되지는 않는다. 하지만 일부 대장균 중에는 전염성 설사증이나 급성 장염을 일으키는 대장균이 있으며, 이러한 대장균을 병원성 대장균(pathogenic *E. coli*)이라고 부른다.

이러한 병원성 대장균은 오염된 식품과 물을 섭취하거나 동물, 환자와의 접촉을 통해서 감염되어 식중독이 발생한다. 병원성 대장균의 형태와 생화학적 특징은 비병원성 대장균(non-pathogenic *E. coli*)과 비슷하지만 병원성 대장균은 somatic(O),

capsular(K), flagella(H) 등의 항원을 가지고 있으며, 현재까지 O항원은 180종, K항원은 100여 종, H항원은 56여 종이 알려져 있다.

이번 독일의 식중독에서 보는 바와 같이 병원성 대장균 중 가장 문제가 되는 것이 독소를 생산하여 장관 출혈을 유발하는 병원성 대장균, 즉 시가 독소 생산성 대장균(Shiga toxin producing *Escherichia coli*, STEC)이다. 이번 독일에서 발생한 식중독 원인균도 독소를 생산하는 STEC로 혈청형은 *E. coli* O104:H4였다. 처음으로 발견된 STEC는 1982년 미국 오레곤과 미시간의 다진 냉동 쇠고기로 인한 식중독에서 발견한 *Escherichia coli* O157:H7이었다.

지금까지 400여 종의 시가 독소를 생산하는 *E. coli* 혈청형이 알려져 있지만 이 중 70%는 질병과 관련된 위험성이 낮다고 알려져 있다. 그러나 최근 독소를 생산하지 않는 non-STEC도 *E. coli* O157:H7에 의해 주로 유발되는 것으로 알려진 용혈성 요독 증후군(Hemolytic uremic syndrome, HUS)과 밀접하게 관련된다고 알려지면서 많은 연구가 진행되고 있다.

본고에서는 독일에서 발생한 시가 독소 대장균에 의한 식중독을 중심으로 병원성 대장균 특히 독소 생산성 대장균의 특성을 정리하여 병원성 대장균에 대한 이해를 돕고자 한다.

시가 독소 생산성 대장균의 특징

대장균(*Escherichia coli*)은 *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia* 등과 같이 Enterobacteriaceae, *Escherichia* 속에 속한다. 대장균은 사람을 포함한 모든 정온 동물 장관의 정상총으로 서식하며, 호기성 배양 환경의 사람 분변에서 발견되는 우점종이다. 이런 특성으로 인해 대장균과 대장균군은 식품, 물, 환경 검사 시에 분변 오염의 지표로 사용되기도 한다. 일반적으로 대장균은 인체 내에서 유해한 세균의 성장을 억제하고 원하는 비타민을 합성하는 등 유용한 기능을 수행한다. 그러나 대장균 중 특정 병원성 균주는 유아의 위염이나 급성 장염의 원인균이다. 대장균의 병원형은 임상학적 증상, 독성 인자 등의 특성에 따라 장관 독소성 대장균(enterotoxigenic *E. coli*, ETEC), 장관 병원성 대장균(entero-pathogenic *E. coli*, EPEC), 장관 출혈성 대장균(entero-hemorrhagic *E. coli*, EHEC), 장관 침입성 대장균(entero-invasive *E. coli*, EIEC), 장관 흡착성 대장균(entero-aggregative *E. coli*, EAaggEC), 장관 분산형 대장균(entero-diffuse *E. coli*, EDEC) 등으로 분류된다. 이 중 가장 문제가 되는 것은 장관 출혈성 대장균(EHEC)으로 사람에게 출혈성 대장염(HC)과 급성 신장장애, 혈소판 감소증 등을 일으키는 용혈성 요독 증후군(HUS) 등을 유발한다.

STEC 균주는 전형적인 대장균 형태이며 그람 음

성균의 포자를 만들지 않는 간균으로 직경은 0.5 micron, 길이는 2~3 micron이다. STEC는 성장 가능 온도가 7~45℃이고, 성장 최적 온도는 37℃인 중온균(mesophile)이다. 또한, 유당이나 과당을 분해하여 산과 가스(CO₂와 H₂)를 생산하고 nitrate를 nitrite로 전환시키는 호기성 또는 통성 혐기성균으로, catalase positive이며 oxidase negative인 특성을 지니며 보통배지에서 잘 발육한다. 주모성 편모가 있어서 운동성이 있으나 편모가 없어서 비운동성인 것도 있다. 생화학적 특성은 일반적인 대장균과 거의 유사하다. 하지만 보통의 대장균과 달리 EHEC O157은 탄소원 중 sorbitol을 24시간 이내에는 발효시키지 못하며, β-glucuronidase를 생산하지 못한다.

오염원과 경로

STEC에 대한 연구는 주로 EHEC O157에 치중되어 연구·발표되었으며, non-O157 STEC에 대한 연구 결과는 많지 않았다. 지금까지의 연구 결과에 따르면 STEC인 EHEC O157의 주요 보균 숙주는 소와 양이지만 돼지, 개, 고양이, 말 등과 같은 가축이나 조류 등과 같은 야생동물에서도 발견되며, 주로 이들이 배출하는 분변이 환경 오염의 주요 원인으로 알려져 있다.

또한 오염된 축산물의 식품 가공 또는 제조 과정에서 교차오염을 일으킬 수 있다. 일반적으로 STEC는 건강한 가축의 장에서 서식할 수 있으므로 식육의 도살 동안 파열된 장이나 분쇄 과정에서 오염되어 전파가 되기도 한다. STEC에 감염된 고기는 육안이나 냄새로는 정상적인 고기와 구별할 수 없기 때문에 오염된 고기의 선별은 불가능하다.

STEC 감염 및 전파는 오염된 식품과 물, 동물과의 접촉을 통해 발생한다. 사람 대 사람의 밀접한 접촉(가족, 보육 시설, 요양 시설 등)을 통하여 발생할 수 있다. 감염원이 될 수 있는 식품으로는 raw (unpasteurised) milk, 치즈, 덜 조리된 소고기, 다양한 신선 채소류(새싹채소, 시금치, 양상추 등), 살균하지 않은 과일 주스 등이다. 다양한 동물, 특히 소 등과 다른 반추 동물 등의 분변이 사람에게 감염되는 STEC의 건강한 병원균 매개체이다.

사람을 감염시키는 STEC의 주요 경로는 오염된 음식의 섭취, 사람과의 접촉, 오염된 물, 가축(특히 소)과의 접촉 등이다. 미국에서 STEC 식중독의 오염경로를 분석한 결과 육가공품, 특히 소고기(돼지와 사슴 제품을 제외) 유래가 66%, non-pasteurized 우유와 낙농제품이 20%, 신선 채소류(양상추, 시금치, 무 등)가 12%, 청량음료와 비살균 사과 주스 (non-pasteurized apple juice)가 2%를 차지하였다. 식수, 지하수, 처리되지 않은 물과 오염된 물에서 수영하는 동안 우연히 마신 물이 때때로 감염과 EHEC O157 감염원으로 보고된 바도 있다. 사람과의 가까운 접촉을 통한 사람 대 사람 전파는 가족 간이나 어린이 보육시설, 간호학교나 요양원 같은 곳에서도 관찰된다. 특히 위생상태나 손을 씻는 습관이 부적절할 때, 감염된 환자의 변으로부터 다른 사람에게 전달될 수 있다. 그러므로 특히 어린이들 사이에서 쉽게 전염될 수 있으며 가족 구성원과

놀이 친구들에게 감염될 가능성이 아주 높다.

이번 독일에서 발생한 식중독은 독일의 RKI, BfR, BVL의 합동 조사에서 따르면 유기농 채소를 생산하는 Lower Saxony의 농장에서 생산된 새싹 채소인 fenugreek sprout가 거의 확실한 오염원으로 추정되고 있다.

식중독 발생 현황

국내 식중독 발생 현황을 보면 2010년에 271건의 식중독이 발생하여 7,218명의 환자가 발생하였다. 이 중 세균성 식중독이 126건으로 전체의 47%를 차지하였으며, 병원성 대장균에 의한 식중독은 총 28건으로 전체 세균성 식중독의 22%를 차지하여 노로바이러스 다음으로 가장 높은 비율을 차지하였다. 연도별 병원성 대장균 식중독 발생 건수와 환자수는 Table 1과 같다.

미국 질병 통제 예방 센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)에서 발표한 식중독 발생 현황을 보면, 2005년도에는 전체 식중독 발생 환자의 22%가 세균성 식중독이었으며, 세균성 식중독 환자 4,348명의 8.5%인 370명이 병원성 대장균에 의한 것이었다. 환자들의 가검물을 확인한 결과 331명이 EHEC로 혈청형은 O157(279명), O45(52명)이었으며, 39명은 ETEC로 확인되었고, 원인

Table 1. Outbreaks caused by pathogenic *E. coli* in Korea, 2006–2011

Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011.07.20
Outbreak	38	62	36	37	28	11
Patients	2,832	1,945	1,278	1,671	1,926	489

(KFDA, <http://e-stat.kfda.go.kr/>, 2011)

식품은 대부분 가정에서 섭취한 상치, 분쇄육 등이었다. 2007년에는 42건의 병원성 대장균으로 인한 식중독이 발생하였으며, 원인식품으로는 소고기가 15건으로 가장 높았고 채소, 과일 및 견과류 등도 원인식품이었다. 2010년에는 치즈, 육류 등의 오염으로 병원성 대장균 식중독이 발생하였으며, 2011년에는 8월 현재 해즐넛과 소시지의 오염과 독일을 여행한 후 발생한 병원성 대장균 식중독이 보고되었다(Table 2). 미국 CDC 발표에 따르면 병원성 대장균의 원인 식품을 보면 쇠고기에서 가장 많았고 그 다음으로 채소, 과일 및 견과류 순이었다.

2011년 5월 독일에서 발생한 병원성 대장균은 시가 독소를 생산하는 대장균에 의한 것으로, 유행종료가 공식적으로 선언된 7월 26일까지 941건이 보고되었으며, 이로 인해 3,910명의 환자가 발생하였고, 이중 46명이 사망하였다. 유럽의 질병통제에

방센터(European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC)는 2011년 6월 2일은 독일 등에서 다수의 사상자를 발생시킨 치명적인 박테리아가 병원성 대장균의 변종인 시가 독소 생성 대장균인 STEC O104:H4라고 발표하였다. 2008년 이후 유럽에서 STEC O104로 인한 식중독은 단지 8건만이 EU에서 보고되었다(2010년 Austria 1건, 스웨덴 1건; 2009년 노르웨이 3건; 2008년 덴마크 1건, 벨기에 2건). Table 3은 이번 독일에서 발생한 STEC O104로 인한 나라별 환자수와 사망자수를 정리한 것이다.

독성 정보

STEC 감염은 이들 균이 생산하는 시가 독소로

Table 2. *E. coli* Outbreak Investigations (CDC)

Year	Pathogens	Sources
2011	<i>E. coli</i> O104:H4	Travel to Germany
	<i>E. coli</i> O157:H7	Lebanon Bologna
	<i>E. coli</i> O157:H7	In-shell Hazelnuts
2010	<i>E. coli</i> O157:H7	Bravo Farms Cheeses
	<i>E. coli</i> O145	Shredded Romaine Lettuce from a Single Processing Facility
	<i>E. coli</i> O157:H7	Beef and Poultry from National Steak and Poultry
2009	<i>E. coli</i> O157:H7	Beef from Fairbank Farms
	<i>E. coli</i> O157:H7	Beef from JBS Swift Beef Company
	<i>E. coli</i> O157:H7	Prepackaged Cookie Dough
2008	<i>E. coli</i> O157:H7	Beef from Kroger/Nebraska Ltd
2007	<i>E. coli</i> O157:H7	Totino's/Jeno's Pizza
	<i>E. coli</i> O157:H7	Topp's Ground Beef Patties
2006	<i>E. coli</i> O157:H7	Fresh Spinach

(Centers for Disease Control and Prevention, <http://www.cdc.gov/ecoli/outbreaks.html>, 2011)

인해 증상이 발현되며, 발현 증상은 주로 복합적이고 감염 균주 및 감염자의 특성에 따라 달라진다. 연구결과에 따르면 음식으로 섭취된 EHEC O157는 위 속의 강한 산성 조건에서도 살아남아 소화관에서 집락을 만들고 이 과정에서 시가 독소를 생산하며 생성된 시가 독소가 장의 상피(epithelium)를 통과하여 순환계로 들어가 내피세포(endothelial cell) 특히, 장과 신장의 표면에서 특정 세포의 단백질 합성을 막아서 세포의 죽음을 유발하여 식중독 증상을 일으킨다고 알려져 있다.

시가 독소(Shiga toxin)

시가 독소는 Stx 1과 Stx 2의 두 가지 형태가 있다. 두 독소의 생화학적 특성과 작용 기작은 유사하지만 면역학적 특성은 확연하게 차이를 보여 Stx2가 Stx1보다 더 위험한 것으로 알려져 있다. Stx2 독소는 Stx2a, Stx2c, Stx2d, Stx2e, Stx2f, Stx2g 등 6개의 변형체(variants)가 있으며, 생물학적, 혈청학적 활성과 수용체에 대한 결합특이성에서 차이를 보인다. 숙주 특이성으로 인해 Stx2e는 대부

Table 3. Number of probable and confirmed HUS STEC and non-HUS STEC cases, as per the EU case definition, and associated deaths per EU/EEA Member State, 26 July 11:00

Member States	Number of HUS STEC cases (deaths)	Number of non-HUS STEC cases (deaths)
Austria	1 (0)	4 (0)
Czech Republic	0 (0)	1 (0)
Denmark	10 (0)	16 (0)
France	9 (0)*	2 (0)* 2 (0)**
Germany	733 (28)	3,052 (17)
Greece	0 (0)	1 (0)
Luxembourg	1 (0)	1 (0)
Netherlands	4 (0)	7 (0)
Norway	0 (0)	1 (0)
Poland	2 (0)	1 (0)
Spain	1 (0)	1 (0)
Sweden	18 (1)	35 (0)
The United Kingdom	3 (0)	4 (0)
TOTAL	782 (29)	3,128 (17)

Note: the numbers in this table represent the total number of cases reported at the European level (ECDC) so far. Although daily numbers of reported cases have steadily decreased in the last weeks, these cumulative numbers continue to rise due to reporting delays at the various levels.

Suspected cases (Germany: 119 HUS STEC (4 deaths), France: 4 non-HUS STEC) are not included.

* Cases reported from the outbreak in Bordeaux

** Cases reported earlier, linked to travel to Germany

(European Centre for Disease Prevention and Control, http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/escherichia_coli/prevention_measures/Pages/prevention_measures.aspx, 2011)

분 돼지에서 분리된 균주에서만 발견되며, 사람의 STEC 균주에서는 거의 발견되지 않는다. Stx2d는 양에서 분리된 균주에서 발견된다.

임상적 특성과 치료

STEC의 감염은 매우 다양한 증상을 유발하지만 가장 공통적인 증상은 출혈성 대장염(hemorrhagic colitis, HC) 또는 혈변(bloody diarrhea)이다. 그러나 어린이와 노인의 경우 용혈성 요독 증후군(hemolytic uremic syndrome, HUS)과 성인의 경우는 혈전성 혈소판 감소성장반증(thrombotic thrombocytopenic purpura, TTP)으로 진전되면 사망률도 증가한다. 치료는 주로 수액 보충으로 대부분의 사람들은 항생제나 특별한 치료 없이 5~10일 내에 회복된다.

STEC의 감염의 주요 임상 증상인 HC는 수양성 설사 후에 하부 위 장관 출혈과 유사한 혈변이 발생하는 질환으로 발열이 거의 없고 대변 내의 백혈구 수 증가가 없어 다른 염증성 장염과 구별된다. 혈변은 진단된 발병의 90%에서 보고되고 있으며, 잠복기는 2~10일로 다른 설사성 감염에서 관찰되는 것보다도 길다. 설사 후 대부분 일주일 뒤에 HUS가 발생한다. HUS는 급성신부전, 혈소판 감소증, 미세혈관병성 용혈성 빈혈이 특징인 증후군으로써 혈변 설사 후 1주경에 특징적인 증상이 발현하고 소아 급성 신부전의 흔한 원인으로 사망률이 매우 높다. EHEC O157 감염이 있는 환자의 2~7%는 HUS로 발전하는데, 발병률은 노약자의 경우 더 높으며 10세 이하 어린이의 10%, 노인의 10~20%정도에서 발생하지만 급성으로 발전

할 치사율은 5%에 달하는 것으로 알려져 있다. 어린이들은 감염에서 회복된 후 1주일이나 2주일 동안 변에서 균이 검출될 수 있으므로 세심한 주의가 필요하다.

독일에서 발생한 STEC *E. coli* O104:H4 특성

독일에서 발생한 STEC *E. coli* O104:H4는 시가독소 중 stx2a만을 생산하고, shigatoxin 1, intimin, enterohaemolysin은 생산하지 않는다. MLST type은 ST678이었으며, ampicillin 등 다양한 항생제에 내성을 가지는 것으로 나타났다. 원인균의 특성과 항생제 내성 결과는 Table 4와 같으며, 전자현미경 사진은 Fig. 1과 같다.

위해평가

STEC 식중독에서 가장 많이 알려진 것이 EHEC O157이다. 하지만 다른 non-O157 STECs(O26, O103, O111, O121, O145, O45 등)도 장내 감염과 HUS와 관련되지만 사람에서 이들 serotype별로 검출 방법이 적절하지 않아 정확하게 예측하기는 어렵다. 대부분 환자의 분변 시료에서 미생물학적 검사는 전 세계 대부분의 실험실에서 EHEC O157 여부만을 검사하기 때문이다. 하지만 학자들은 HUS를 일으키는 EHEC O157과 non-O157 STEC도 연속적으로 감염될 수 있다고 보고하였다. 이번에 독일에서 발견된 STEC는 EHEC O104:H4형으로 알려졌다.

Table 4. Characterization of EHEC bacteria, O104:H4 outbreak strain in Germany

Virulence	
Shiga toxin 1	negative
Shiga toxin 2 (<i>stx2a</i>)	positive
Intimin (<i>eae</i> gene)	negative
Enterohemolysin	negative
EAEC (enteroaggregative <i>E. coli</i>) virulence plasmid	
<i>aata</i>	positive (ABC-transporter protein gene)
<i>aggR</i> -PCR	positive (master regulator gene of Vir-plasmid genes)
<i>aap</i> -PCR	positive (secreted protein dispersin gene)
<i>aggA</i> -PCR	positive (AAF/I-fimbral subunit-gene)
<i>aggC</i> -PCR	positive (AAF/I-fimbral operon-gene)
MLST Sequence Type	ST678 (<i>adk</i> 6, <i>fumC6</i> , <i>gyrB</i> 5, <i>icd</i> 136, <i>mdh</i> 9, <i>purA</i> 7, <i>recA</i> 7)
Antimicrobial resistance profile;	
Resistant to Ampicillin, Amoxicillin/Clavulanic acid, Piperacillin/Sulbactam, Piperacillin/Tazobactam, Cefuroxim, Cefuroxim-Axetil, Cefoxitin, Cefotaxim, Cefprozidim, Cefpodoxim, Streptomycin, Nalidixinsäure, Tetracyclin, Trimethoprim/Sulfamethoxazol	
Sensitive to Imipenem, Meropenem, Amikacin, Gentamicin, Kanamycin, Tobramycin, Ciprofloxacin, Norfloxacin, Nitrofurantoin, Chloramphenicol, Fosfomycin	

(UFOST Scientific Information Bulletin, 2011)

Infectious Dose

STEC는 인체 내에서 독소를 생성하여 병을 일으키며, 10~1,000개의 적은 균량으로도 발병할 수 있

다고 보고되고 있다. STEC 식중독은 감염형으로 혈청형 중 O26, O103, O104, O111, O113, O146, O157 등이 관련되어 있다. 1993년 미국 대규모 식품관련 식중독 사건에서 이 사건의 원인으로 생각

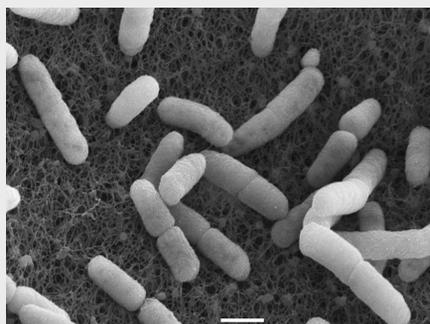


Fig. 1. EHEC bacteria, O104:H4 outbreak strain. Scanning electron microscopy. Bar: 1 μ m (Holland, Laue, Robert Koch Institute).

되는 오염된 햄버거에 햄버거 패티당 EHEC O157 은 g당 13~675 CFU 정도만이 오염된 것으로 평가 되었다. 흙, 수확물, 물, 침전물을 통한 STEC의 전파는 사람과 동물에 심각한 감염의 위험을 나타낸다. 이 위험을 평가하는데 있어서는 환경에서 STEC의 행동양식을 고려해야 할 필요가 있다.

STEC의 성장 제어 및 비활성화

STEC 균주의 성장 제어를 위한 대부분의 실험은 EHEC O157 균주를 이용하여 수행한 결과이다. EHEC O157의 성장 가능 온도는 일반적인 대장균과 유사한 7~45℃이며, 열처리에 특별히 내성을 보인다는 증거는 없다. 따라서 햄버거에서 EHEC O157의 비활성화를 위해 미국에서 권장하는 온도는 패티 내부 중심의 온도를 71.1℃로 하고 있으며, 영국에서는 중심 온도를 70℃에서 2분간 유지하도록 권장하고 있다.

STEC는 산 환경에 쉽게 적응한다고 알려져 있다. 가공 토마토 소스 저장 시 8일까지는 EHEC O157의 수가 급격히 감소하지만, 8일 이후에는 산 환경에 적응하여 그 수가 증가하였다. 따라서 STEC는 발효소세지, 마요네즈, 애플사이다 등에서 수 주간 생존할 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 고기 도체에 1.5% 초산, citric acid, 젖산 등 유기산 spray 처리를 하여도 EHEC O157의 수가 의미있게 감소하지는 않으나 오염 제거를 위한 처리, 살균제 등에 대한 저항성은 아직 보고되지 않았다.

분석법

장관출혈성 대장균의 가장 대표적인 STEC는 *E.*

coli O157:H7로서, STEC O157:H7에 대한 분석법은 잘 규정되어 있다. 최근 non-O157 STEC도 HUS도 점차 발견이 많아지면서 시험법도 점차 정립되고 있다. 우리나라 농림수산물검역본부의 ‘축산물의 가공기준 및 성분규격’에서 EHEC O157:H7 검출법과 STEC 시험법을 분리하여 설정하고 있다. STEC와 non-O157 STEC를 분리, 동정한 후에는 독소 확인 시험 및 혈청형 확인시험을 거쳐서 장출혈성 대장균임을 확인하도록 하고 있다. 시가독소 유전자의 검출은 분리된 집락이나 증균 시료에서 PCR 등을 이용하여 확인하며 시가독소 검출은 시판되고 있는 ELISA assay를 사용하여 확인한다.

예방 및 주의사항

유럽 CDC에서 발표한 시가 독소 대장균을 예방하기 위해 발표한 개인 위생 및 식품 취급 시 주의사항은 다음과 같다.

개인 위생

아래와 같은 경우에는 비누를 사용하여 손을 충분히 씻고 깨끗하게 행군다. 일회용 타월이나 형질 수건(60℃에서 규칙적으로 세척된 것)을 사용하여 충분히 건조한다.

- 음식을 제조, 제공, 먹기 전
- 화장실 사용 후와 기저귀 교환 후
- 익히지 않은 채소, 근채류, 고기 취급 후
- 농장 동물과 접촉하거나 농장 방문 후
- 애완동물의 변 처리나 접촉 후

식품 취급

- 설사나 구토하는 사람은 식품의 취급을 제한한다.
- 다짐육을 포함한 고기는 충분히 조리한다.
- 껍질이 있는 모든 과일은 껍질을 벗겨서, 흐르는 식수로 충분히 씻는다.
- 모든 채소, 특히 섭취 전 조리하지 않는 채소는 흐르는 식수로 충분히 세척하여야 한다.
- 모든 근채류는 껍질을 벗기고, 흐르는 식수로 세척한다.
- 채소와 고기의 충분한 조리를 통하여 원인이 되는 세균과 바이러스를 붕괴시킬 수 있다.
- 교차오염을 조심한다. 생고기와 조리된 고기, 신선한 채소에 대해 각각 칼과 도마는 분리하여 사용하고, 다른 식품을 처리하기 전에 비누로 도마를 세척한다.

● 참고문헌 ●

1. 농림수산검역검사본부, 축산물의 가공기준 및 성분규격, 2011
2. 식품의약품안전청, 식품공전, 2011
3. 식품의약품안전청, 식품 위해물질 총서 - 식품 중 병원성 대장균이란?, 2007
4. 식품의약품안전청. 식중독 통계시스템. <http://e-stat.kfda.go.kr/>, 2011.08.08
5. Blaser MJ. Bacteria and disease of unknown cause: hemolytic-uremic syndrome. *J Infect Dis*, 189, 552-555, 2004
6. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). *E. coli* Outbreak Investigations, <http://www.cdc.gov/ecoli/outbreaks.html>, 2011.08.08
7. Christine V-R. Current food-borne pathogens, Shiga toxin-producing *Escherichia coli*, In: *Food Safety Handbook*, bioMérieux S.A. Marcy l'Etoile, France, 2007
8. European Centre for Disease Prevention and Control(ECDC). Public health advice on prevention of diarrhoeal illness with special focus on Shiga toxin - producing *Escherichia coli* (STEC), also called verotoxin - producing *E. coli* (VTEC) or enterohaemorrhagic *E. coli*(EHEC), http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/escherichia_coli/prevention_measures/Pages/prevention_measures.aspx, 2011.08.08
9. International Standards Organization(ISO) method(2001) BS EN ISO 16654: Geneva, Switzerland, 2001
10. International Union of Food Science & Technology. Shiga toxin producing *Escherichia coli*: Germany 2011 *Escherichia coli* O104:H4 Outbreak Linked to sprouted seeds. IUFoST Scientific Information Bulletin(SIB) August, 2011, http://iufost.org/sites/default/files/docs/IUF_SIB_E_coli.pdf
11. James PN, Kaper JB, Diarrheagenic *Escherichia coli*, *Clin Microbiol Reviews*, **11**, 142-201, 1998
12. Kaper JB, Natro JP, Mobleys HL, Pathogenic *Escherichia coli*, *Nat Rev Microbiol*, **2**, 123-140, 2004
13. Lawley R, Curtis L, and Davis J. The food safety hazard guidebook, RSC Publishing,

- Cambridge, UK, 2008
14. Pak CH, Gordon E, Sims HV, et al. Sporadic causes of hemorrhagic colitis associated with *Escherichia coli* O157:H7, *Ann Int Med*, **101**, 738-742, 1987
 15. Schmidt H, Bitzan M and Karch H. Pathogenic aspects of STEC infections in humans, Chap. 13, pp 241-262, In: Duffy G, Garvey P and McDowell DA(ed), *Verocytotoxigenic E. coli*, Food and Nutrition Press, 2001
 16. WHO, Zoonotic Non-O157 Shiga Toxin-Pro-

ducing *Echerichia coli*(STEC), World Health Organization, Department of Communicable Disease Surveillance and Response, WHO/CSR/APH/98.8, 1998

구 민 선 이학박사

소 속 : 한국식품연구원 안전유통연구단

전문분야 : 미생물(위해미생물, 항균물질)

E-mail : minsk@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9161