

병원성 대장균(O157:H7)의 축산식품 위생상 의미

본고는 최근 축산물에 대한 안전성 확보의 중요성이 부각됨에 따라
지난 5월 29일 한국수의공중보건학회가 수의과학연구소
대강당에서 개최한 춘계학술대회에서 김종염(수의과학연구소
세균과) 과장이 발표한 “병원성 대장균(O157:H7)의
축산식품 위생상 의미” 내용을 발췌·요약·게재한 것이다.

— 편집자주 —

1. 머리말

지난해 9월 미국 네브라스카산 수입쇠고기에서 대장균 O157:H7이 검출되어 다시 반출되는 사례가 있었지만 또다시 이번 5월 1일 그 회사 제품인 햄버거용 분쇄육에서 O157:H7이 검출되어 50개주 보건당국과 관련 식품점 및 식당 등 소비업체에 전제품을 수거 통보하는 사건이 발생하였다. 이처럼 축산식품과 대장균 O157:H7은 국제적으로도 매우 민감한 사항으로 축산물 위생에서 차지하는 의의가 매우 크다는 사실을 강조하고 싶다.

식품을 통해 감염될 수 있는 병인체는 약 250종 이상이 알려져 있으며 이중에서 동물성 식품 매개성 주요 병원체는 약 25종이다. 특히 축산물에서 기인될 수 있는 흔한 병원체로서는

Salmonella spp., *Campylobacter jejuni*, *E. coli*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* 및 *Bacillus cereus* 등이 있으며 이중 베로톡신(Verotoxin 또는 Shiga-like toxin:SLT)을 생산하는 대장균은 사람에게 병원성을 나타내는 원인체로서 식중독과 관련성이 매우 많아 축산식품위생면에서 최근 많은 연구가 활발히 이루어지고 있다.

한편 식중독은 일반적으로 많은 사람이 이용하는 식당이나 집단 급식소 등에서 산발적으로 발생되지만, 그 발생규모가 매우 크므로 축산식품위생상 또는 공중보건 측면에서 매우 중요시 되고 있다. 특히 1982년 미국 오리건주와 미시건주에서 대장균 O157:H7에 의한 식중독이 처음 보고 되었고, 출혈성 설사와 관련된 병원

균으로 밝혀짐에 따라 주목받기 시작했으며 이 균에 의한 식중독은 북미, 유럽, 남아프리카, 일본, 남미 및 호주의 남해안지역 등 세계 여러 나라에서 문제시 되고 있다. 소의 간, 천엽, 육회 등 날고기를 즐겨 먹는 우리의 식습관 때문에 식중독 발생이 크게 우려되며, 또한 식습관의 서구화 및 유통 음식물의 위생관리 수준 등을 고려할 때 이 균에 의한 여름철 식중독의 발생 가능성이 염려되며 최근 사회적으로 축산식품 위생상 큰 관심사가 되고 있는 병원성 대장균 O157:H7에 대한 특성과 식품유래 병원성 미생물 그리고 이들에 의한 식중독의 예방 및 오염 방지대책을 알아보고자 한다.

2. 미생물과 축산식품 위생

축산식품은 어떠한 다른 식품보다도 철저한 위생관리가 필요하며 또한 미생물의 오염은 원료 생산에서부터 도축, 가공에 이르기까지 어느 한 과정이라도 소홀히 다루어지면 곧 바로 안전축산물 생산에 차질을 가져와 비위생적인 문제가 발생하게 된다. 즉 원료육이나 원유생산이 위생적으로 이루어지지 않았을 경우 전 공정을 통해 오염된 유해미생물의 전파가 필연적이며 소비자의 건강문제와 직결되는 결과를 가져오게 된다.

3. 식품유래 미생물

식품에 오염된 미생물이 식품 중에서 발육하는데 미치는 영향과 요인에는 이화학적 및 생물학적 인자가 있다. 이들 미생물은 외부 여러 환경의 영향을 받아 식품에 정착되며 그 환경

에 가장 적합한 균이 먼저 증식, 발육하며 그 식품 특유의 미생물총을 형성한다. 이들 식품 중에 증식하는 미생물 중에는 식품을 여러 형태로 변화시킬 뿐만 아니라 병원성 미생물이 생산하는 독소 등에 의한 식중독을 일으키기도 한다. 한편 식품유래 병원체에 관하여 미국에서 보고된 바(1993년)에 의하면 총 발생건수면에서는 포도상구균, 캄필로박터, 살모넬라 등이 주종을 이루고 있으나 식품유래 발생율면에서는 클로스트리듐, 살모넬라, 리스테리아균이 우위를 차지함을 알 수 있다.

4. 병원성 미생물과 식중독

식품유래 미생물에 의한 식중독의 발생은 선진국은 물론 세계 여러 나라에서 그치지 않고 오래 전부터 지속적으로 발생되고 있다. 1996년에 일본에서는 5월부터 10월까지 걸쳐 병원성 대장균 O157:H7에 의한 12,000여명의 식중독 환자가 집단적 및 폭발적으로 발생하여 12명이 사망하는 등 세계적으로 공중위생상 심각한 문제로 대두된 바 있으며 오래 전에 미국에서도 미생물 즉 세균에 의한 식중독 발생건수는 전체의 66%, 환자의 수는 전체의 92%를 차지함을 보고한 바 있다. 국내에서도 역시 세균에 의한 식중독 사건이 가장 많은 것으로 보고되고 있다.

식중독에서 가장 발생빈도가 높고 공중보건상 문제가 되는 것은 세균성 식중독이다. Tallyer에 의하면 세균성 식중독은 그 증독 발생기전에 따라 감염형과 독소형으로 분류하며 현재에도 이 분류법이 일반적으로 사용되나 감염형은 세균 자체가 체내에 침입하여 증식됨으로

써 발병되거나 또는 이미 식품 중에서 증식하여 존재하고 있던 원인균이 장관점막에 작용하며 식중독을 일으키는 경우도 있다.

표1. 세균성 식중독의 분류

형 별	속(genus)	종(Species)	근 원
감염형	<i>Salmonella</i>	<i>S. enteritidis</i> 외 10종	사람, 개, 고양이, 가금의 난소, 돼지 등 가축, 마우스 등
	<i>Campylobacter</i>	<i>Cjejuni</i>	닭, 조류, 가축등
	<i>Escherchia</i>	특정의 혈청형 <i>E. coli</i>	척추동물의 장관 등
	<i>Listeria</i>	<i>L. monocytogenes</i>	상동
	<i>Vibrio</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	해산어패류
독소형	<i>Clostridium</i>	<i>C. botulinum</i> A, B, 및 E형 <i>C. perfringens</i> A 및 F형	토양, 식품 토양, 하수, 분변
	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i>	화농병소 등

그러나 감염형 식중독도 그 직접적인 원인은 일종의 장관내 세균이 균체내 독소로부터 발병하는 경우가 있어 독소형과 감염형 식중독의 완전한 구별은 곤란하다. 참고로 Dack 등에 의한 분류 방법에 따라 흔히 식중독을 일으키는 원인 세균을 분류해 보면 표1과 같다. 한편 이들 식중독 주요 원인체의 성장에 관련된 특징은 다양한 온도 및 pH 조건하에서도 자랄 수 있어 이들의 성장은 크게 문제가 되지 않고 있다.

미국에서의 식품을 통한 세균성 식중독 주요 순위를 살펴보면 역시 *Campylobacter*, *Salmonella*, *E. coli* O157:H7, *Listeria*균 등이 우위를 차지하고 있다.

5. 병원성 대장균

1) 병원성 대장균의 특성

대장균은 그 항원구조에 따라 구분되며, so-

matic antigen(O) 171종 이상, capsular antigen (K) 80종 이상, flagella antigen(H) 56종 이상이 서로 복잡하게 연관되어 약 9,000여종 이상의 혈청형이 알려져 있어서 혈청학적인 분석이 간단하지는 않다. 한편 *E. coli* O157 중에서도 verotoxin을 산생하지 않는 균도 있으므로 병원인자의 규명이 절대적으로 필요하다.

또한 병원성 대장균은 독신, 부착인자의 생산능력, 임상증상 등을 기초로 하여 장관병원성 대장균(EPEC), 장관독소원성 대장균(ET-EC), 장관침입성대장균(EIEC), 장관출혈성 대장균(EHEC) 등 4가지 주요균으로 분류한다.

대장균의 약 94%는 beta-glucuronidase(GUD) 효소를 산생하며, 식육에 존재하는 약 2%의 EHEC 균주가 GUD를 산생하지 않는다. 또한 *Shigella*(44%), *Salmonella*(29%)가 일부 GUD 효소를 산생하지만 다른 enterobacteriae는 산생빈도가 극히 낮다.

LST-MUG assay는 24시간 이내 대장균의 확인을 추정할 수 있는 방법으로서 *E. coli*가 산생하는 GUD 효소 존재하에서는 MUG substrate가 분해되어 4-methylumbelliferon(MU)을 방출하므로 장과장의 UV(365nm)조사하에 MU는 푸른 형광을 나타냄으로 쉽게 대장균 양성임을 확인할 수 있다. LST배지 내에 MUG를 첨가함으로써 coliform은 lactose로부터 gas를 산생하며, *E. coli*는 UV조사에서 형광을 확인함으로써 대장균을 추정할 수 있다.

2) 역 학

(1) 보균동물

사람에서의 첫 발생보고는(1982년 : 미국) 분쇄육(ground beef)에서 비롯되었고 이후 원유

로부터의 몇몇 감염 예가 보고되었으나 소가 *E. coli* O157:H7의 중요한 보균동물로 알려져 오고 있다. 이 균은 주로 송아지, 치녀소, 또는 젖소, 특히 어린 동물이나 육우에서 분리된다. 일단 감염된 대부분의 경우에 임상증상이 없이 보균하고 있으며, 최근 균의 주요 서식처는 물 등 환경적 인자인 것으로 조사 보고되고 있으나, 소도 일시적인 숙주동물일 뿐이라는 보고가 대두되고 있다. 또한 *E. coli* O157:H7은 가금류에 정착할 수 있으며 칠면조고기 등에서도 균이 확인되지만 식품을 통한 감염은 대부분이 소에서 유래된 것으로만 보고되고 있다.

(2) 발생양상

증상이 용혈성 빈혈과 용혈성 요독증후군으로 진전되는 환자의 감수성은 다양하다. 5세 이하의 어린이, 면역이 저하된 사람이나 또는 노인의 경우가 감수성이 높은 반면, 동물에 대한 감수성은 매우 낮은 편이다.

아르헨티나와 스페인에서 임상적으로 중요한 감염원이 송아지로부터 보고된 바 있으나 미국과 영국에서는 설사하는 송아지를 조사한 결과 *E. coli* O157:H7을 확인하지는 못하였다.

미국과 캐나다에서 대부분의 식중독 발생 예는 더운 여름기간에 발생하였으며, 또한 1991년 영국에서는 7월에서 9월 사이에 가장 많았고, 1996년 일본에서도 5월부터 10월 사이에 폭발적인 발생 예가 보고된 바 있다.

(3) 균의 저항성

일반적으로 *E. coli* O157:H7은 -20°C에서 9개월 이상 보존시에도 균수에는 변화가 거의 없었으며, 좋은 조건하에서는 6.5°C~7.2°C에서도 성장이 가능하다. 따라서 균의 성장을 억제하기 위해서는 5°C 이하에 보존되어야 한다.

한편 균의 열에 대한 저항성은 60°C에서 45분, 65°C에서 10분, 75°C에서 30초간에 완전히 사멸하는 것으로 알려져 고열에 대해서는 저항성이 극히 낮음을 알 수 있다.

염농도에 대한 반응은 sodium chloride 6.5%에서까지 성장이 가능하며, 성장을 억제하기 위해서는 8% 이상의 염농도를 요구한다. 또한 본 균의 성장을 위한 최소 pH는 4.5이며, sorbate, benzoate 등이 균을 억제할 수 있는 유효한 화학소독제로 알려져 있다.

3) 인체감염

(1) 전 파

햄버거나 불완전하게 조리된 고기, 날고기 또는 멸균되지 않은 우유 등 소 유래의 축산식품이 가장 흔한 전파원으로 알려져 있으나 근원은 더욱 다양하여, 음수, 수영장의 물 등 환경적인 요인과 애플사이다, 과일주스, 양상치, 무순 및 다른 샐러드 등도 가능한 것으로 알려져 있다.

또한 면양과 사슴유래 *E. coli* O157:H7이 분리된 바 있다. 그러나 때때로 건강한 소 유래 *E. coli* O157:H7과 식품 중의 *E. coli* O157:H7이 서로 연관되어 있다는 보고도 있다. 목장을 방문한 어린이가 원유를 마신 후 용혈성 요독증후군이 유발하였고, 균분리 결과, 농장의 소와 어린이에서 유사한 *E. coli* O157:H7이 분리된 바 있다.

E. coli O157:H7의 전염은 오염된 축산물 섭취, 사람에서 사람으로 또는 물 등의 환경으로부터 기인된다. 주된 전파 경로는 요리되지 않은 분쇄육의 섭취이나 멸균되지 않은 우유를 먹은 유아에서 출혈성 대장염을 일으켰다는 보

고도 있다. 미국에서 출혈성 대장염 발생의 몇몇 예는 *E. coli* O157:H7에 오염된 물에 의해서였으며, 다른 *E. coli* 균주의 경우와 마찬가지로 *E. coli* O157:H7도 분변에 오염된 물(소 농장, 도축장, 하수에서 유래한 물)에서 발견되었다.

(2) 임상형

사람에서의 병원성은 다음과 같이 주요 3가지 병형으로 분류된다.

① 출혈성 대장염(Hemorrhagic Colitis : HC)

E. coli O157:H7에 의해 발생하는 출혈성 대장염은 복벽의 경련, 혈변, 장점막의 부종 등으로 특징지어지며 toxin에 의한 감염의 경우 열은 없거나 미열이 있을 수 있다. 증상은 24시간 이내에 수양성 설사로 시작하여 혈변성 설사가 2~4일 동안 지속되고, 보통 2~9일 후에 임상 증상은 사라진다. 심한 경우 입원이 필요하며, 치명적인 감염은 유아나 면역이 저하된 사람에서 일어날 수 있고, 중등도 감염의 경우에는 혈변성 설사를 일으키지 않을 수도 있다.

② 용혈성 요독 증후군(Hemolytic Uremic Syndrome : HUS)

주로 유아나 면역이 저하된 사람, 또는 종종 여자에게서 일어나는 중증의 합병증으로 출혈성 장염 후에 신장계에 toxin이 침투하여 급성의 신장장애를 일으킨다. 이는 미세혈관의 출혈로 인한 빈혈과 합병작용으로 혈소판 감소증이 일어나며, 일반적으로 환자는 심한 상태가 되고, 투석이 필요하다. 신장내피세포는 Shiga-like toxin의 활성에 의해 상처를 받아 신장과 다른 장기에서 미세혈소판의 응집이 나타난다.

③ 혈전성 혈소판 감소성 자반병(Thrombotic

Thrombocytopenic Purpura : TTP)

성인 환자에서의 합병증은 중추신경계통을 포함하는 TTP이다. 증상은 미세혈관 출혈성 빈혈, 혈소판 감소증, 열, 신경 이상 등이다. 뇌에서 혈액응고가 나타나고, 종종 죽음에 이른다.

④ 기타 감염

그밖에 급성 유아 사망 증후군(Sudden Infant Death Syndrome : SIDS)이 있으며 이로 인하여 죽은 46명의 유아에 대한 연구에 Shiga-like toxin(SLT)을 생산하는 대장균은 모든 임상에서 존재하였으나, 건강한 24명의 유아는 SLT를 생산하는 대장균이 존재하지 않았다. 이 결과는 SLT생산 *E. coli*는 SIDS의 원인중 하나임을 시사해 준다. 또한 흔하진 않지만 *E. coli* O157:H7 감염 후에 일어날 수 있는 복합증으로는 출혈성 방광염, 귀두염, 경련증 등이 있을 수 있다.

(3) 감시체계

장내감염에 대한 감시체계는 대부분의 나라에서 이루어지고 있다. *E. coli* O157:H7에 대한 특별한 감시는 미국과 캐나다에서 시작되었다. 영국에서는 Central Public Health Laboratory에서 분리되는 균주로 근거를 두어 보고되고 있고, 이태리에서의 감시체계는 모든 소아 신장학과 투석 클리닉을 포함해서 1988년에 이루어졌으며, 발병을 평가하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다.

진정한 식중독의 관리를 위해 WHO 감시 프로그램에 의해 식품유래 *E. coli*에 의한 발병이 보고되었다. 따라서 *E. coli* O157:H7에 오염된 식품을 통해 동물에 감염된 것인지 또는 다른 원인에 의해서 인지를 바로 조사해야 한다.

4) 동물감염과 축산물 오염원

(1) 동물감염

① 임상증상

동물들이 *E. coli* O157:H7의 보균동물로 알려지고 있으나 중요한 임상증상은 다른 *E. coli* serotype의 경우와는 다르게 거의 보고되지 않고 있으며 *E. coli* O157:H7은 지금까지 동물들 중에서 단지 송아지에서만 발병하는 것으로 알려져 있다. 포유 중인 토끼, 2주령 기니피, 3주령 쥐, 어린 원숭이에 이 균을 인공접종했을 경우 비혈액성 설사(nonbloody diarrhea)를 유발할 수 있었고, 신생자돈에 구강으로 1011 CFU를 접종하면 식욕결핍, 기면(lethargy), 수양성 설사를 유발한다. 토끼, 어린돼지, 다른 실험동물에서는 사람에서와는 달리 용혈성 요독증후군 및 출혈성 결장염의 전형적 증상으로 발전하지는 않는다.

② 병변

토끼의 위 내로 SLT를 주입했을 경우 관찰되는 병변은 *E. coli* O157:H7에 의한 병변과 유사하며 실험적으로 감염시킨 새끼돼지는 맹장과 결장의 microvilli의 소멸과 상피세포의 비틀림으로부터 회장상피세포의 미란을 동반한 완전괴사나 상피세포변성까지 다양한 병변을 보인다. Gnotobiotic piglets는 SLT-II-dependent 뇌병변이 부종병 돼지에서 처럼 유사하게 나타난다. *E. coli* O157:H7을 mice에 주사하면 결장과 신장에 병변을 나타내고, 신장의 병변은 박피된 신세뇨관의 축적과 근위곡세뇨관 세포의 비정상 공포형성으로 나타난다.

(2) 축산물 오염

E. coli O157:H7에 의한 식중독 발생은 대부분 같은 고기나 햄버거를 먹은 후 발생되었고,

생유가 감염원인인 경우도 있었으며, 또한 칠면조 고기에 의해 발생된 예도 있다.

축산식품은 일반적으로 도살 전에 *E. coli* O157:H7에 감염된 동물로부터 기인되나 드물게 가공과정에 오염되는 것으로 알려지고 있다. 또한 도살전 농장에서의 송아지로부터 유래될 수 있으며, 도살장에도 오염되어 분포할 수 있다. 우유는 젖소와 착유과정이나 물을 통해 오염될 수 있으며, 또한 송아지 분변으로부터 우유가 오염될 수도 있다.

식품의 오염은 환경으로부터 근원될 수 있으며, 주로 음식을 제조하거나 세척할 때 사용되는 물이 분변에 의해 오염되어 있을 경우 가능하다. *E. coli*는 도살장의 시궁창 쥐와 같은 동물로부터의 오염 보고도 알려져 있으며, 이 시궁창쥐의 변이나 사체가 도살장을 오염시킬 수 있다. 또한 사람 보균자가 가공 과정중 식품 오염원이 될 수도 있다.

5) 예방대책

우리나라에서는 대장균 O157:H7에 의한 식중독은 문제되지 않고 있으나 소의 간, 천엽, 육회 등 날고기를 즐겨 먹는 식습관 때문에 식중독 발생이 우려되며, 식습관의 서구화 및 유통 음식물의 위생관리 수준 등을 고려할 때 *E. coli* O157:H7에 의한 집단발생 가능성이 있어 설사환자 관리에 특별한 주의를 요한다.

따라서 사람에서의 예방은 쇠고기(간, 천엽, 꿀 등)의 생식을 금지토록 홍보를 강화하고, 2차 감염 예방을 위한 환경 위생관리를 철저히 해야 한다. 식품에서 *E. coli* O157:H7의 방제가 가장 중요한 조치는 식품의 섭취 전에 가열과 가공과정의 위생적인 처리이다.

E. coli O157:H7에 의한 감염을 막기 위해서는 유아나 면역능이 약화된 사람은 절대로 원유나 날고기, 불완전하게 조리된 고기를 먹어서는 안된다. 가축에서는 도축시 식육의 분변 오염에 대한 철저한 도축장 위생관리 및 지도를 실시하고, 목장에서의 질병관리 및 착유위생 관리를 완벽하게 해야 하며, 물 등의 환경위생에 대해서도 세심한 관심을 가져야 할 것이다.

소와 다른 동물에 대한 *E. coli* O157:H7 감염의 가장 중요한 예방법은 음수관리를 위생적으로 하는 것이다. 대장균 분변으로부터 오염된 물에 의해 전파되는 것으로 알려져 있고, 농장, 도축장, 도시 하수에도 *E. coli*가 많이 오염될 수 있으므로 오염된 음수의 사용을 막아야 한다. 농장동물용 물은 대장균이 검출되어서는 안되며, *E. coli*오염을 제거하기 위한 처리 방법은 사료를 가열하거나 pelleting하며 물을 염소처리한다.

아울러 국가검사기관에서는 수입 및 국내산 축산식품에 대한 대장균 O157:H7검사를 철저히 실시하여 소비자에게 안전한 축산물을 공급할 수 있도록 해야 한다. 또한 국내 유통식육 및 동물에서의 분포상황을 파악하고, 식육중 식중독 주요 원인 세균에 위생기준 및 식육 생산단계별 미생물 오염 지도기준을 강화하여 사람의 오염에 대한 사전방지 대책을 마련해야 할 것이다.

세계 각국은 식품매개에 의한 식중독 발생 위험을 줄이고 안전한 식육 생산 공급을 위해 농장에서부터 소비자에 이르기까지 모든 단계를 모니터링하는 위해분석 및 주요관리점(HACCP) 제도를 도입하고 있다. 따라서 우리나라에서도 식중독 발생의 근원적 예방을 위해

서는 축산물의 생산단계에서부터 소비자에 이르기까지 전 과정의 위해분석 및 주요관리점 제도를 조기 도입 및 적용이 시급히 요청된다고 하겠다.

6. 맺는 말

축산식품의 안전성 확보를 위한 근본적인 문제는 목장이나 농장에서의 동물을 생산하는 첫 단계에서부터 철저한 질병관리 및 건강 가축사육을 위한 주의와 노력이 필요함은 더 말할 나위없이 중요한 사실이다. 또한 도축과정 또는 해체, 가공과정에 이르는 모든 공정마다 병원성 미생물 특히 대장균 O157:H7의 축산식품을 통해 오염을 철저히 방지함으로써 안전축산식품 생산을 기대할 수 있으며, 소비자가 신뢰성을 갖고 안전하게 축산식품을 구입할 수 있으며 외국 상품과의 경쟁력에서도 우위를 차지할 수 있을 것으로 생각된다.

국내 소비자들의 축산식품 선택기준도 상당한 수준에 도달하여 값이나 양보다는 질적인 면에서의 추구하고 선택의 폭을 넓히고 있다는 점을 축산식품 생산자는 잠시라도 잊어서는 아니된다. 보다 위생적이고 안전한 축산식품을 선호하며 자기 건강유지를 위한 노력 또한 최근에 이르러 적극적임이 현실적인 추세이다.

따라서 축산식품의 질을 좌우할 수 있으며 식중독의 원인체가 되는 병원성 대장균 O157:H7 등 병원성 미생물이 갖는 축산식품 위생상의 의의는 대단히 중요하다고 생각되며 축산식품 생산자는 물론 소비자가 다 함께 향상 그 중요성과 의의를 잊지 말고 식중독예방에 지표로 삼아가 할 것이다. **양계**