

조제분유와 이유식의 미생물학적 안전성

최석호 · 이승배 · 최재원

상지대학교 생명공학과

Microbiological Safety of Infant Formula and Baby Food

S. H. Choi, S.-B. Lee and J. W. Choi

Department of Biotechnology, Sangji University

ABSTRACT

Powered infant formula and baby food contaminated with *Enterobacter sakazakii* were reported to cause infection among infants and to be associated with sporadic cases and outbreaks of sepsis, meningitis, cerebritis, and necrotizing enterocolitis. *Salmonella* contamination of infant formula has also been responsible for multiple outbreaks. Other species of Enterobacteriaceae in powdered infant formula may be causative agents, about which there has been no report. Other pathogenic bacteria have been isolated from powdered infant formula but they were not associated with outbreaks among infants. While *Enterobacter sakazakii* caused disease in all age groups, premature infants under 28 days old and with low birth weight are most sensitive to its infection. Even if low contamination level of the bacteria in powdered infant formula and baby food may not cause infection, the possibility to multiply during preparation and storage of reconstituted formula may increase. The etiological factors and pathogenicity of *S. sakazakii* have not been elucidated. There were wide variability in phenotype and genotype between its strains. *S. sakazakii* has been isolated from factory facility and surroundings more frequently than *Salmonella* and thus factory environment should be the source for post-processing contamination of the formula with *S. sakazakii*. Considering current technology to manufacture powder infant formula and baby food it is impossible to sterilize powdered formula but the frequency of outbreak hazard by *S. sakazakii* can be reduced by pasteurizing the formula base before drying and shortening storage time of the reconstituted formula.

(Key words : Infant formula, *Enterobacter sakazakii*, *Salmonella*, infant)

I. 서 론

유아의 성장과 발육을 위하여 조제분유는 모유를 대체하는 할 수 있는 수단으로서 널리 사용되고 있다. 조제분유는 건조를 포함하는 제조 공정의 특성 상 멸균된 식품이 될 수 없다. 또한 유아에게 급식하기 이전에 가정과 병원에서 물에 환원하여야 한다. 따라서 유아에게 안전한 조제유를 먹이기 위하여서는 생산 공장에서 사용하는 조제분유 원료의 품질, 공장에서의 살균과 위생, 가정과 병원에서 위생 및 환원된 조제유의 관리가 중요하다.

오염된 조제유로 인한 식중독으로는 *Enterobacter sakazakii*와 *Salmonella enterica*가 발생한 예가 보고되고 있다. *S. enterica*는 널리 알려진 식중독균으로서 성인과 유아에 상관없이 질병을 유발시키지만 *E. sakazakii*는 특히 유아에 수막염 및 장염을 일으키는 식중독균으로서 감염된 유아의 20~50%가 사망하고 생존하는 유아는 신경학적 이상 등 심각한 후유증을 일으킨다고 보고되고 있다.

*E. sakazakii*는 모든 연령층에서 질병을 유발할 수 있지만 특히 1살 미만의 유아에서 질병이 발생하는 빈도가 높다. 생후 28일 이하의 유아, 조산 유아, 저체중 유아, 면역결핍유아가 더 민감하다.

WHO는 조제분유의 *Enterobacter sakazakii* 등 기타 미생물의 위해성을 평가하고 이에 대한 대책에 대하여 발표하였다(WHO, 2004). 이 발표에서

Corresponding author : S. H. Choi, Dept. of Biotechnology Sangji University, Woosandong Wonju Kangwondo, 220-702, Republic of Korea.

는 WHO 보고서를 중점적으로 인용하여 조제분유의 안전성에 대한 *E. sakazakii*와 *S. enterioca*의 관련성을 설명하고 미생물학적으로 안전한 조제분유의 생산과 이용에 있어서 제조업체와 소비자의 역할에 대하여 논하고자 한다.

II. 조제분유의 안전성과 역학 조사

1. 관련 식중독균

(1) *Enterobacter sakazakii*

*Enterobacter sakazakii*는 Enterobacteriaceae과에 속하며, 그람음성이고 포자를 형성하지 않는 세균이다. 이 세균은 산발적으로 발생하는 환자 질환과 소규모 집단의 질병 발생에 관련되고 있으며 패혈증, 수막염, 뇌염, 괴사성 장염을 일으킨다. 이 질병은 모든 연령층에서 일어날 수 있으나 주로 28일령 이하의 유아에서 일어나고 이 유아 환자들중의 과반수가 2kg 이하의 체중이며 약 67%가 임신 37주 미만의 조산아이다. 면역능력이 결핍된 유아가 *E. sakazakii*에 대해 더 민감할 수 있다. 임신 만기에 출산한 28일령 이하의 감염된 유아 중에서 일부 선천성 질병을 가진 경우도 있었으나 정상 유아도 패혈증 및 수막염을 유발시켰다. 집에서 거주하는 생후 28일 이후의 유아에게도 *E. sakazakii*에 의해 오염된 혈액이 검출되었다. 질병 증상이 없는 유아의 분변에서 *E. sakazakii*가 검출되었다.

과거에는 환자들에게서 분리된 *E. sakazakii*의 감염원이 밝혀지지 않았으나 많은 경우 조제분유가 감염원인 것으로 보고가 되고 있다(Simmons 등, 1989; Van Acker 등 2001; CDC, 2002). 중환자실에 수용된 유아에게서 일어나는 *E. sakazakii* 감염 사고에 대한 조사 보고서들에 의하면 특정 조제분유의 섭취가 감염과 관련성이 높으며 유아간의 전염 또는 환경오염은 상관이 없다고 보고되고 있다. *E. sakazakii*에 의한 식중독 발생에 관련된 모든 유아 환자가 특정 조제분유를 섭취하였다. 또한 감염된 유아가 섭취한 조제분유에서 *E. sakazakii*가 분리되고 같은 배치의 미개봉 조제분유에서도 *E. sakazakii*가 분리되었다. DNA typing 및 항생제 내성 특성 등의 연구에 의하여 동일한 *E. sakazakii*로 판정되었다.

Muytjens 등(1988)에 의하면 조제분유 141개의 제품 중에서 20 제품이 *E. sakazakii*가 검출되었으

나 모든 제품이 대장균군은 음성(<3 cfu/g) 이어서 법적 규격에 문제가 없을 정도로 오염도가 낮았다. *E. sakazakii*에 의한 질병 발생에 관련된 조제분유의 경우에 있어서 조제유를 준비하는 과정상에 결함을 발견하지 못하였다(Van Acker 등, 2001). 따라서 조제분유의 오염도가 높거나 조제유 준비 상의 위생적 결함에 의해 질병이 유발됐다고 할 수 없다. 조제유 조제 중의 위생과 조제유 저장 온도가 섭취하는 시점에서의 조제유 내 *E. sakazakii* 세균 수에 영향을 준다고 할 수 있지만, 질병 유발에 미치는 영향을 정확하게 결정할 수 없다. 따라서 조제분유에 *E. sakazakii*가 적게(<1 cfu/100g) 오염되어 있더라도 질병을 유발시킬 수 있다고 생각하여야 한다.

조제분유 외에 *E. sakazakii*가 분리된 장소는 조제유 조제 기자재, 분유 생산시설, 식품제조 기계 및 가정주방 기기 등에서 분리되었다. *E. sakazakii*에 의해 감염된 모든 유아가 조제분유를 섭취한 것은 아니며 성인에서도 질병이 유발된다. 하지만 유아에서 일어나는 *E. sakazakii* 감염의 원인으로서 조제분유 외에 다른 원인이 확실하게 밝혀지지는 않았다.

*E. sakazakii*의 병독성 인자와 발병원인에 대하여 알려진 바 없다. 일부 장독소 유사화합물을 생산하는 것으로 보고되었으며 세포배양에서 세포에 대해 독성 효과가 있다고 한다. 따라서 *E. sakazakii* 균주에 따라 독성이 다른 것처럼 보인다.

(2) 기타 세균

공장에서 생산되는 액상 조제유는 상업적으로 멸균 상태이지만 조제분유는 그렇지 않다. 1988년에 수행한 연구(Muytjens 등, 1988)에 의하면 35개 국가에서 생산하는 141개의 조제분유의 52%에서 Enterobacteriaceae가 분리되었다. Enterobacteriaceae는 또한 흔히 신생아의 전신 감염의 원인이며 그 이후의 유아에서 빈도 수는 낮지만 원인이 될 수 있다. 이 중에서 *E. sakazakii*가 가장 많이 질병을 일으키나 *Citrobacter freundii*으로 오염된 조제분유에 의해 신생아 중환자실에서 질병이 발생한 보고가 있다.

*Salmonella*에 오염된 조제분유에 의해 다수의 질병이 발생하였다(Picket과 Agate, 1967; Rowe 등, 1987; CDC, 1993; Olsen 등, 2001). *E. sakazakii*와 같이 *Salmonella*도 조제분유의 오염도는 낮지만, 역학적 및 미생물학적으로 유아의 질병 발생에 대해 조제분유가 관련이 있음이 밝혀졌다. 다른

연령층에 비해 Salmonellosis 질병이 일어나는 비율이 유아에게 높다(Olsen 등, 2001). 유아에게 감염 위험이 높은 이유는 위장 내 위산이 적게 분비되고 우유가 pH 완충능력이 높고, 조제분유가 철분을 함유하고 있고 기저귀를 자주 바꾸어 주는 필요 때문이라고 하였다(Miiler와 Pegues, 2000). *Enterobacter sakazakii*와 Enterobacteriaceae와는 달리 *Salmonella*는 조제분유에서 거의 검출되지 않는다. 집단적인 질병 발생에서는 *Salmonella*가 조제분유가 감염의 원인으로 확실히 밝혀지지만 산발적으로 발생하는 환자의 경우 확인할 수 없다.

III. 위해 요인

조제분유 내에 존재하는 미생물을 유아에서 질병을 유발하는 능력에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다(WHO, 2004).

1. 분류 A - 질병 유발 원인으로 증거가 있는 미생물

앞에서 기술한 바와 같이 *Enterobacter sakazakii*와 *Salmonella enterica*가 분류 A에 속한다. 이 두 미생물은 조제분유에서 검출되었으며 검출된 조제분유가 유아에게 질병을 일으키는 사실이 확인되었다.

2. 분류 B - 질병 유발 원인의 가능성은 있으나 유발한 증거가 없는 미생물

기타 다른 Enterobacteriaceae가 분류 B에 포함된다. 이 세균들은 유아에게 질병을 유발하는 원인이고 조제분유에서 검출되었다. 그러나 오염된 조제분유가 유아의 감염을 유발한 확실한 증거가 없다. 예를 들면 *Enterobacter agglomerans*, *Escherichia vulneris*, *Hafnia alvei*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter koseri*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytosa*, *Enterobacter cloacae*가 있다.

3. 분류 C - 질병 유발 원인이 될 가능성이 적거나 유발한 증거가 없는 미생물

다른 미생물이 분류 C에 속한다. 유아에 질병을 일으키나 조제분유에서 검출이 되지 않았던가 또

는 조제분유에서 검출되나 유아에게 질병을 일으키지 않은 미생물들이다. 이러한 미생물의 예로서 *Bacillus cereus*, *Clostridium difficile*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*, *Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*가 있다.

IV. 조제분유의 생산과 이용

조제분유는 여러 공정에 의해 제조된다. 조제분유의 생산과 이용을 위한 공정도에 미생물이 오염될 단계를 표시하였다(Fig. 1).

1. 조제분유의 생산 방법

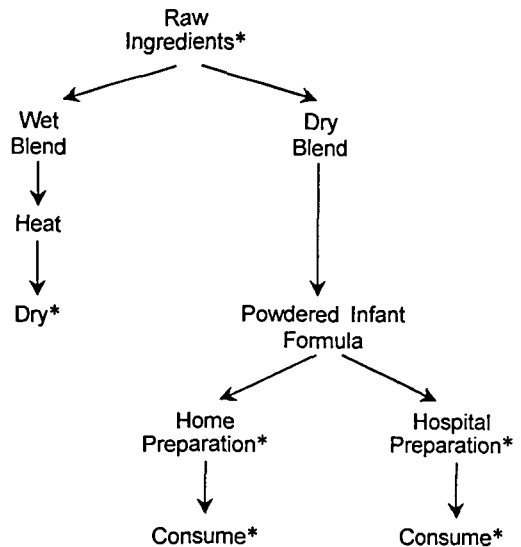


Fig. 1. 조제분유의 생산과 이용 공정도. 액상배합 공정(Wet blend) 중 가열 단계가 Enterobacteriaceae를 효율적으로 제거할 수 있는 단계이다. *는 환경으로부터의 오염이 일어날 수 있는 단계이다.

조제분유의 생산방법에 다음 3 종류가 있다.

- 액상배합공정 : 모든 원료가 액상 상태에서 취급되며 살균 처리되며 건조된다.
- 분말배합공정 : 원료가 각각 제조되어 살균 처리되어 건조된 후 혼합된다.
- 통합공정 : 기초배합을 제조하기 위하여 일부 원료는 액상배합공정에 따라 제조되고 제조된 기초배합에 다른 원료가 분말배합공정에 따라 혼합된다.

2. 원료의 품질관리

조제분유의 미생물 오염의 원인은 오염된 원료의 사용 또는 제조 공정 중에 환경으로부터의 오염이다. 분말 배합공정과 통합공정에 있어서 분말 배합을 제조한 후 살균 처리 단계가 없기 때문에 원료의 오염 여부가 중요하다. 조제분유 또는 원료 성분의 제조 공정 중 살균처리 후에 시행되는 건조 단계와 포장 단계에서 환경으로부터의 오염이 중요하다.

분말 배합공정에서 사용하는 원료들은 최종제품에 요구되는 살균 처리와 같은 정도의 살균처리를 받아야 한다. 조제분유에 존재하는 *Enterobacteriaceae*는 2차 오염에 기인한다. 원료의 품질 관리를 위하여 원료의 2차 오염 가능성을 평가하고, 품질과 위생 관리능력에 따라 원료 공급 회사를 선발하고 및 구입하는 원료에 대해 검사가 실시되어야 한다.

3. 조제분유의 제조와 이용

조제분유는 우유, 우유유도체, 분리대두단백, 탄수화물, 지질, 광물질, 비타민, 식품첨가물을 원료로 하여 제조된다. 액상 배합공정에서 액상 또는 분말 상태의 원료들은 물에 분산되어 액체배합을 만들게 되며 대형 분무건조기에서 분말로 건조된다. 건조하기 전에, 액상 배합은 71.6 °C에서 15초 또는 전분 또는 점도증가제가 첨가된 제품의 경우에는 74.4 °C에서 25초 또는 105~125 °C에서 5초 이상 열처리되어 살균된 후 균질된다. 경우에 따라서는 분무 건조 전에 농축되기도 하고 탱크에 냉장 저장된다. 비타민은 건조되기 직전에 첨가된다. 건조 단계에서 액상 배합은 약 82 °C로 가열되며 열풍이 공급되고 있는 건조기 내부에 설치된 노즐분무기나 아토마이저에 공급되어 건조기 내부로 분무된다. 건조기에 유입되는 열풍의 온도는 135~204 °C에 이르며 분유를 건조시킨 후 건조기 밖으로 분유와 함께 방출되는 공기의 온도는 45~80 °C가 된다. 분유는 사이클론에서 공기로부터 분리되어 유동층으로 옮겨져 38 °C 이하로 냉각된다. 분유는 사별되어 압축공기에 의해 저장탱크로 옮겨지거나 포장된다.

통합공정을 이용하는 일부 제조회사의 경우, 주 성분 원료들(단백질, 지방, 탄수화물)을 액상 배합으로 제조하여 건조시켜 기초배합을 제조한 후에

분말 상태의 소량 원료들(비타민, 광물질, 탄수화물 첨가물)을 혼입한다. 이러한 공정의 장점은 건조 공정을 장시간 지속할 수 있고 여러 종류의 조제분유들을 생산하기 위하여 공정을 중단하고 전환시킬 필요가 없다.

분말 배합공정은 분말 상태의 원료를 혼합하여 조제분유 최종제품을 생산하는 방법이다. 이 공정은 생산에 요구되는 에너지가 적게 들고 조제분의 배합을 변경하기가 용이한 장점이 있다. 그러나 제조공정 중에 살균공정이 없기 때문에 사용하는 원료의 미생물학적 품질이 최종제품에게 요구하는 품질과 동일하여야 한다. 원료의 미생물학적 품질을 검사할 뿐만 아니라 공급회사와 긴밀한 관계를 유지하고 HACCP와 GMP를 실시할 것을 요구하여야 한다.

(1) 가열 처리

*E. sakazakii*가 내열성이 균주에 따라 다양하고 또한 내삼투압성이어서 조제분유와 환원된 조제유에서 많이 발견될 것이라고 추측되었다. 특히 내삼투압성 때문에 *E. sakazakii*가 주위 환경에서 생존 능력이 강하여 공장환경으로부터 조제분유가 2차 오염될 가능성이 높아질 수 있다. 그러나 표준 살균 처리에 의해 *E. sakazakii*가 불활성화된다. 온도가 70 °C 이상인 물에 조제분유를 환원시키면 *E. sakazakii*가 1/10,000로 감소한다고 보고되었다. 따라서 70 °C 이상의 물에 환원된 조제유의 경우 일회 섭취량 내에 *E. sakazakii*가 검출되지 않을 수 있다. *E. sakazakii* 균주에 따라 내열성의 차이가 20배가 될 정도로 다양하다.

(2) 가열 처리 후 공정과 충전

병원균의 세포가 조제분유 내에서 내열성이기 때문에 조제분유 내 병원균을 불활성화 할 수 있는 수단을 선택하는 것은 어렵다. 방사선 조사만이 용기에 충전된 건조식품을 멸균시킬 수 있다. 건조 상태의 *E. sakazakii*를 불활성화 하기 위한 방사선 조사량은 조제분유의 관능적 품질을 떨어뜨리기 때문에 사용할 수 없다. 초고압력과 자장을 이용한 기술이 잠재적으로 응용 가능성이 있으나 아직 이런 기술이 개발초기단계이다.

(3) HACCP

수 년간 미국과 유럽에서는 조제분유 회사들은 HACCP와 GMP가 미생물학적, 화학적 및 물리적

적 위해 요인들과 알레르기 유발인자들의 관리와 통제를 위해 중요한 역할을 한다는 것을 인정하고 있고 HACCP와 GMP를 조제분유의 제조 공정에서 실시하고 있다. 원료의 품질, 여과기, চে망, 금속제거자석, 살균과 저장 온도 등은 중요한 관리점들이며 정확하게 명시되어야 한다.

가열 처리는 중요관리점인데 *Salmonella*와 *E. sakazakii*를 포함한 Enterobacteriaceae를 $1/10^8$ 이하로 감소시키기에 이론적으로 충분하다. *B. cereus*와 *C. botulinum*와 같은 포자형성균은 가열 처리 조건에 따라 부분적으로 불활성화 된다.

액상 배합공정에 있어서 원료의 살균, 건조분무 직전의 가열 처리, 실질적 분무건조와 같은 가열 처리는 중요 관리점이라고 할 수 없다. 이러한 가열 단계가 살균 효과가 있지만 기술적인 이유에 의해서 사용되므로 중요 관리점이라고 할 수 없다.

(4) 세균의 검출 및 분류

*Salmonella*와 *E. sakazakii*는 예비증균배양, 증균배양, 분리배양과 확인배양에 의해 분리된다. *Salmonella*는 25 g의 시료를 60 회 반복하여 검사하며 *E. sakazakii*는 100 g, 10 g, 1 g의 시료를 3~5 회 반복하여 검사하는 MPN 방법이 이용되고 있다. 분리된 균주는 생화학검사 또는 유전자검사를 통해 동정된다. *Salmonella*의 경우는 국제단체에 의해 인정된 검출방법이 있으나 *E. sakazakii*는 없다. *E. sakazakii*의 특성에는 25 °C에서 배양하면 황색 집락을 형성하는 성질과 α-glucosidase 활성이 있다.

*Salmonella*는 혈청형, 파아지 감수성, 항생제 내성에 따라 분류된다. *E. sakazakii*를 분류하는 방법으로서 플라스미드, ribotyping, PFGE, RAPD가 알려져 있다. 이러한 방법들은 조제분유 생산에 있어서 특정 균주의 추적을 가능하게 하며 역학 조사에서 이용성이 높다.

(5) 조제분유의 환원과 이용

조제분유 제조회사는 집에서 조제유를 유아에게 먹이기 직전에 준비하기를 권하고 있다. 조제분유를 탈 물은 끓여야 하고 50 °C로 냉각시킨 후 첨가하도록 권장하고 있다. 조제분유를 첨가하기 전에 물을 냉각할 것을 제시하는 이유에는 3가지가 있다. 첫째로 비타민 C와 같은 영양소의 손실

이다. 둘째로 일부 조제분유의 경우 뜨거운 물에서 응집할 수 있다. 셋째로 뜨거운 물을 사용할 경우에 유아와 조제유 준비하는 사람이 화상을 입을 수 있기 때문이다.

병을 흔들어 분유와 물을 녹이고 식힌 후에 즉시 유아에게 먹여야 한다. 먹이는 중에 병을 다시 가열하는 것은 피하여야 한다. 편의를 위해서 부모가 하루 분량을 미리 만들 수 있다. 이런 경우에 준비된 조제유를 신속하게 냉각하여 냉장온도에서 저장하는 것이 안전하다.

병원에서는 여건에 따라 조제유의 준비 방법이 다를 수 있다. 조제유의 준비를 위하여 멸균된 물이 공급되어야 하며 무균 상태에서 조제유가 준비되어야 한다. 준비된 조제유는 급식될 때까지 냉장고 내에서 보관 및 운송되어야 한다. 급식되기 직전에 신속하게 따뜻하게 가온하여야 하며 급식 중에 다시 가열되어서는 안 되며 잔류 우유는 폐기한다.

V. 조제분유의 위해 감소 방안

1. 조제분유에서 *E. sakazakii*의 오염 방지

조제분유 원료를 공급하는 회사로 하여금 품질 관리를 실시하게 한다. 특히 분말 배합공정과 통합공정과 같은 조제분유 제조 공정에서 추가로 살균처리 하지 않는 원료를 공급하는 경우에 더욱 품질관리가 필요하다.

공장 환경 내 Enterobacteriaceae의 오염을 감소시킨다. 조제분유의 중요 오염원이 공장 환경이므로 공장 환경의 오염도를 감소시킴으로서 최종제품의 오염을 감소시킬 수 있다. 분말 배합공정과 액상 배합공정 영역을 분리한다. HACCP에서 환경모니터링을 포함한 공장 위생관리프로그램을 시행한다.

산업계는 최종 조제분유 제품들이 Enterobacteriaceae에 의해 오염된 정도를 검사하고 모니터링 하여야 한다.

조제분유의 미생물학적 기준을 강화한다.

2. 조제유의 급여 직전에 가열처리를 통한 오염수준 감소

가능하면 멸균된 액상조제유 제품을 조제분유

대신에 사용한다. 특히 조산아, 저체중유아, 면역 결핍유아 등의 유아에게는 액상 조제유를 권장한다.

조제분유를 환원하여 만든 조제유를 효율적으로 살균하는 방법을 이용한다.

70~90 °C 정도의 뜨거운 물을 사용하여 조제분유를 환원시킨다. 이럴 경우에 문제점은 일부 조제분유가 응고할 수 있고, 화상 위험이 있으며, 또한 포자가 활성화될 가능성이 있다.

3. 조제유 준비 과정에서의 오염 방지

조제유 준비 규칙의 설정, 조제유 제품 라벨에 규칙 표기 및 조제유 준비자의 교육 프로그램 등을 통하여 조제유의 제조실 환경과 제조과정을 위생적으로 유지하고 관리하도록 한다. 조제유 제조에 사용하는 교반기와 환경으로 부터의 교차오염을 방지한다.

4. 섭취 전 조제유 내 *E. sakazakii*의 성장 최소화

장기간의 저장은 *E. sakazakii*에 의한 위험을 증가시킨다. 즉시 섭취하지 않으면 10 °C 이하로 신속히 냉각시킨다. 환원과 섭취간의 저장시간을 최소화한다.

VI. 결 론

*E. sakazakii*와 *Salmonella*에 의해 오염된 조제분유에 의해 유아에 감염과 질병을 유발하며 성장에 후유증을 일으키고 사망에 도달할 수 있다. *E. sakazakii*에 의한 유아의 질병에 대한 다른 원인이 있을 수 있지만 확실히 보고된 바 없다. 유아의 salmonellosis는 조제분유 외 다른 원인에 의해 일으킨 바 있다.

다른 Enterobacteriaceae에 의한 감염 가능성은 현재 검색 기술으로서는 발견할 수 없었다. 다른 병원성 세균이 조제분유에서 분리되었지만 유아에게 질병을 유발한 적이 없다.

*E. sakazakii*는 모든 연령에서 질병을 유발하지만 1살 이하의 유아가 더 위험하다. 가장 위험도가 높은 연령은 생후 28일 이하로서 조산아 저체중유아 및 면역 결핍유아와 같은 신생아이다. HIV 양성 산모의 유아도 또한 위험하다.

한회 섭취량 내에 있는 적은 수의 *E. sakazakii*가 질병을 유발할 가능성이 비록 적지만 충분히 있을 수 있다. 조제분유가 오염이 적게 되었다 하더라도 조제분유를 환원하고 저장하는 중에 세균이 증식할 가능성이 크다.

*E. sakazakii*의 병독성 인자와 병원성에 대하여 알려진 것이 적다. 표현형과 유전형에 있어 종내에 다양한 차이가 있다. *E. sakazakii*와 Enterobacteriaceae는 *Salmonella*에 비해 공장 환경에서 흔하게 발견된다. 공장 환경은 2차오염의 원인이다. 조제분유에서 *Salmonella*의 검출은 드물다.

현재의 제조 기술 상 완전하게 멸균처리된 조제분유를 제조하는 것은 가능하지 않다. 조제분유를 환원하여 조제유를 제조하는 단계에서 살균 처리를 하거나 조제유를 저장하는 시간을 단축함으로써 위험을 감소시킬 수 있다.

VII. 인 용 문 헌

1. CDC. 2002. *Enterobacter sakazakii* infections associated with the use of powdered infant formula - Tennessee, 2001. Morbidity and Mortality Weekly Report, 51:297-300.
2. CDC. 1993. *Salmonella* serotype Tennessee in powdered milk products and infant formula - Canada and the United States. Morbidity and Mortality Weekly Report, 42:516-517.
3. Miller, I. M. and Pegues, D. A. 2000. *Salmonella* species, including *Salmonella typhi*. p. 2348, In Mandell, G. L., Bennet J. E. and Dolin, R.(eds.). Mandell, Douglas, and Bennett's principles and practice on infectious disease. 5th ed. Philadelphia PA: Churchill Livingstone.
4. Muytjens, H. L., van der Roelofs-Willems, H. and Jasper, G. H. L. 1988. Quality of powdered substitutes for breast milk with regard to members of the family Enterobacteriaceae. Journal of Clinical Microbiology, 26:743-746.
5. Olsen, S. J., Bishop, R., Brenner, F. W., Roel, T. H., Bean, N., Tauxe, R. V. and Slutsker, L. 2001. The changing epidemiology of *Salmonella*: Trends in serotypes isolated from humans in the United States, 1987-1997. Journal of Infectious Diseases, 183:753-761.
6. Picket, G. and Agate, G. H. 1967. Outbreak of salmonellosis due to a lactose-fermenting variant of *Salmonella* Newington. Morbidity and Mortality,

- 16:18.
7. Rowe, B., Begg, N. T., Hutchinson, D. N., Dawkin, H. C., Gilbert, R. J., Jacob, M., Hales, B. H., Rae, F. A. and Jepson, M. 1987. *Salmonella* Ealing infections associated with consumption of infant dried milk. *Lancet*, 2:900-903.
 8. Simmons, B. P., Gelfand, M. S., Haas, M., Metts, L. and Ferguson, J. 1989. *Enterobacter sakazakii* infections in neonates associated with intrinsic contamination of a powdered infant formula. *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 10:398-401.
 9. Van Acker, J., de Smet, F., Muylldemans, G., Anne Naessens, A. and Lauwers, S. 2001. Outbreak of necrotizing enterocolitis associated with *Enterobacter sakazakii* in powdered milk formula. *Journal of Clinical Microbiology*, 39:293-297.
 10. WHO. 2004. *Enterobacter sakazakii* and other microorganisms in powdered infant formula: meeting report, MRA series 6. <http://www.who.int/foodsafety/publications/micro/mra6/en/>.