

# 유당불내증과 유당분해 효소의 기능



서울우유 협동조합 기술연구소  
이학박사 곽 해 수

## I. 서론

우유는 전통적으로 가장 완전한 자연식품으로 알려져 왔고 갓 낳은 포유동물에게 완벽한 영양분을 공급해왔다. 그렇지만 간혹 유아가 소장에서 분비하는 유당분해효소가 결핍되어 있을 때 우유를 소화시키지 못하고 여러증세를 유발하는 것을 종종 볼 수 있다.

세계 성인 인구의 대부분이 정상적으로 우유를 소화 시키기에 불충분한 양의 유당분해효소를 생산한다는 사실이 최근에 알려졌는데 이 소량의 유당분해효소를 가진 성인들이 많은 양의 우유를 섭취했을 때 복부통증, 경련, 설사등의 증세를 보이지만 분명한 이유가 규명되어 있지 않다. 이 문제의 중요성에 대한 인식이 지난 20여년 동안에 진전되어 이것에 대한 원인과 치료의 이해를 증진시키는 연구가 많이 진척되어 왔다. 이문제를 해결하기 위하여 유가공학자, 내과 의사, 영양학자, 역사가, 유전학자, 생화학자, 사회학자등 여러분야의 학자들이 관심을 가져왔다.

우유가 완전한 식품이기 때문에 실질적이든 잠재적이든 이것을 마실 수 없다는 것은 여러분야에 지대한 관심을 야기시켰다. 유엔 당국이 식량이 부족한 몇몇나라에 우유를 공급할 계획을 했었는데 일

부 관심있는 사람들은 이 계획에 찬성했지만 많은 사람들이 반대했다. 그 이유는 세계인구중에 많은 사람들이 유당을 분해하기에 충분한 유당분해효소를 가지고 있지 않기 때문에 우유를 마시고 여러 증세를 유발하는 것이 두려웠기 때문이었다. 반면에 이 계획에 찬성한 사람들의 생각에는 우유를 마신 뒤 문제가 야기되는 것보다는 영양가치가 더 중요하다는 것을 주장했다. 이런 사실들이 점차 관심거리가 되면서 부터 여러곳에서 많은 연구가 진행되어 왔다. 그 결과 올바른 정보도 많았지만 그렇지 못한 것들도 많아서 일반 소비자들이 이해하는데 혼란을 가져오기도 했다. 예를 들면, 관련용어인 우유불내증, 유당불내증, 유당분해효소결핍, Hypolactasia는 혼돈하여 사용해 왔다.(우유불내증은 가장 일반적인 용어이며, 우유를 마시고 발생하는 모든 증세에 사용되고, 유당불내증은 우유속에 있는 탄수화물인 유당이 분해되지 않아서 증세를 일으키는 현상이다. 유당분해효소결핍이란 소장에서 분비되는 유당분해효소가 극히 제한된 상태이며, Hypolactasia는 유당분해효소의 양이 유당을 분해하는데 충분하지 못하여 약간의 불내증의 증세를 나타내는 것이다.)

우리나라도 이제 우유의 소비가 급증하여 일반식품화 되었지만, 유당분해효소의 수준이 충분하지 못한 많은 사람들이 우유를 식품으로 이용하지 못하

는 형편이다. 그래서 유당불내증에 대한 일반적인 사항들을 검토하고, 나아가서는 이것을 방지하는 연구에도 관심을 갖기 위하여 기본 지식을 검토해 보 고자 한다.

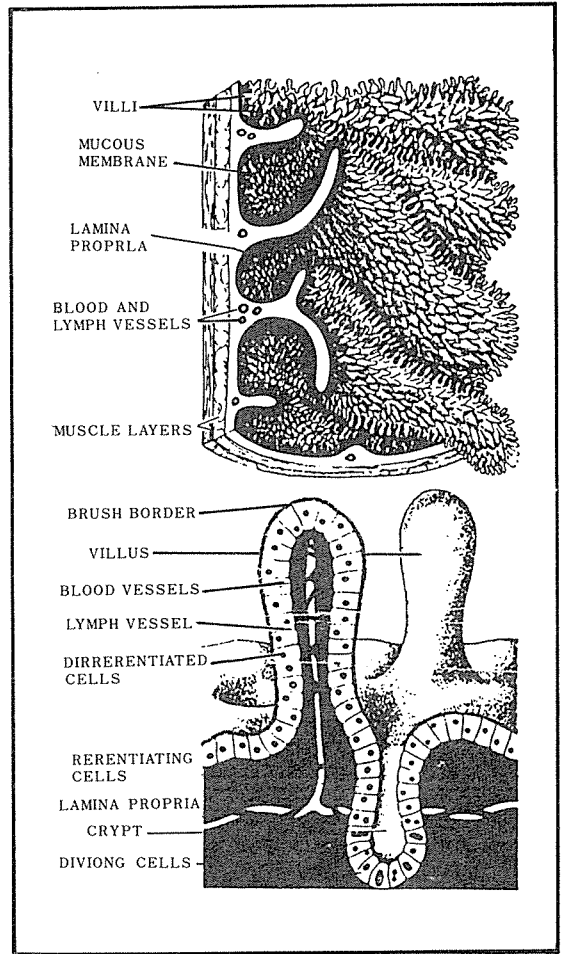
## II. 유당분해효소의 생성과 작용

유당은 우유에만 있는 유일한 탄수화물이며 포도 당과 갈락토오스로 구성된 이당류이다. 이 유당의 생산량은 포유동물의 종류에 따라 다른데 우유는 4.0%, 사람의 모유는 7.0%이다.

### 1. 유당분해효소

사람과 대부분의 포유동물들은 유당을 섭취했을 때 유당분해효소에 의해 분해된다. 이 효소는 소장 에서 분비되는 여러 이당류분해효소중의 하나이다. 이 효소는 소장의 상피세포에 위치하며 효소의 활성도는 공장(空腸)에서 가장 높고 십이지장과 회장 에서 가장 낮다.

소장내부에 있는 점액은 소장의 내용물과 접촉되어 있어, 섭취한 음식을 소화 흡수하는 역할을 한다. 이 점액은 여러겹으로 손가락처럼 생긴 돌기사이 에 축적되어 있다. 돌기는 림프와 혈관의 중앙에, 그리고 상피세포의 외부층으로 구성되어 있다(그림 1). 이 유당분해효소는 성숙한 돌기세포의 brush border에 산적되어 있다. 유당분해효소는  $\beta$ -galactosidase 중의 하나인데, 이것은 미생물에서 부터 포유 동물에 이르기까지 여러곳에서 발견되는 효소이다.



〈그림 1〉

### 2. 유당의 흡수

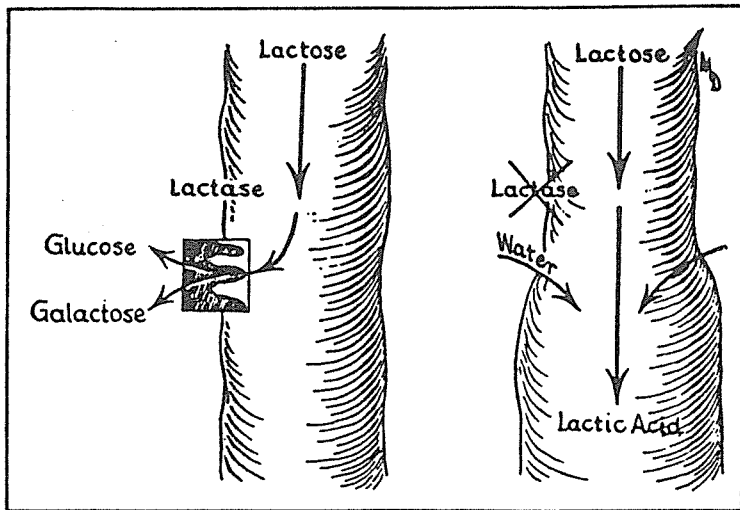
한국인이 먹는 음식중에 탄수화물이 대략 70% 정도인데 이들 탄수화물은 이당류에서 다당류로 범 위가 넓다. 음식이 있는 당은 유당, 자당, 맥아당등 이며 이들은 소장에서 소화되지 않는 이당류로 있 다가 이당류분해효소들에 의해 단당류로 가수분해 되어 소장에서 흡수된다. 유당에서 분해된 포도당과

갈락토오스는 장내에서 활발한 운반과정을 거쳐 흡수되는데, 유당의 경우는 십이장에서 시작하여 공장 의 중간에서 흡수된다. 유당분해효소를 정상적으로 가진사람은 많은량의 유당(300~400ml 우유)을 공 장의 중간에서 분해 흡수 하지만, 유당분해효소를 적게 가진 사람은 유당을 소장내에서 분해하지 못

한다. 흡수되지 못한 유당은 소장을 경유하여 맹장까지 가며 이때 유당은 장내의 균에 의해 발효되어 유기산으로 변화한다. 분해되지 않은 유당은 소장을 통해 결장에서 계속적인 발효가 일어나는데, 이것은 위장의 증세와 관계되며 설사, 경련, 부어오르는 증세가 보이게 된다. Hypolactasia(유당분해효소를 낮은 수준 소유한 상태)인 사람은 유당을 섭취했을 때 원인이 되는 음식물의 이동이 위, 십이지장, 공장에서 일어나고, 유당섭취는 소장 에 의해서 액체분비를 유도하고, 결장에 의해서 액체흡수가 감소한다(그림 2). 그렇지만 결장에서 물의 흡수 장애에 관한 구조는 아직 밝혀지지 않고 있다.

결과를 기술하므로써 원인 규명이 되었다. 태어난

후 곧 정상적인 성장을 하지 못하던 두 자매는 그 원인이 유당을 부해하지 못한테 있었다. 이 아이들은 포도당과 갈락토오스는 쉽게 흡수했으나, 유당은 흡수하지 못했다. 이 사실을 규명하기 위해서 그들에게 유당을 섭취시킨 후와 같은량의 포도당과 갈락토오스를 섭취시킨 후에 혈당을 측정했다. 유당 섭취 후에는 혈당이 정상적으로 올라갔다. 적당한 열량을 섭취했는데도 복통, 헛배, 설사가 잦아서 정상적인 성장을 못하는 것은 유당을 분해하지 못한테 그 원인이 있었다. 이와 같은 결과는 유당분해효소가 없거나, 생산이 억제 되었기 때문으로 판단되었다. 두 자매는 유당을 규제한 음식을 섭취했을 때 정상적인 성장을 보였다.



<그림 2>

### III. 유당불내증과 유당분해효소의 결핍

여러 종류의 탄수화물을 많이 섭취했을 때 설사, 경련, 헛배, 부어오름과 같은 과잉발효의 증상이 일어나는 것은 자주 보는 현상이었으나 원인 규명이 불명확했다. 그런데 한 연구가가 다음과 같은 연구

#### 1. 성인의 유당분해효소의 결핍

유아의 유당분해효소의 결핍에 관해서 많은 연구가 진척된지 몇년 후에 성인에 대한 연구도 계속되었다. 우유를 섭취한 후 1~12시간 사이에 설사, 경련, 부어오름이 시작한다. 유당을 섭취할때 혈당수준이 정상적으로 오르지 않고 수평 커브를 보이

며, 우유를 마실때와 유사한 증세를 보이지만, 같은 양의 포도당과 갈락토오스를 섭취할때 혈당의 수준이 정상적으로 올라가고 다른 증상이 없다.

우유불내증은 청년기부터 성인기에 나타나는 경향이 있는데 인종과 지역에 따라 변이차이가 크며, 성인들에서 일반화 되어있다. 사실 세계의 성인 인구 대부분이 유당분해효소의 활성이 낮다.

#### IV. 병원학적 개념(Etiologic concepts)

유당분해효소의 결핍이 건강한 성인에게서 발견되므로 이 증세가 어디에서 유래하는지 병원학적 측면에서 논의가 되어왔다. 일부 연구자들은 이 효소결핍은 유전에 기인한다고 주장하지만 또 다른 연구자들은 유당섭취를 오랫동안 하지않는데 기인하며 후천적이라고 주장을 한다.

##### 1. 유전적 학설(Genetic Theory)

성인 유당분해효소의 결핍은 인종간의 차이에 기인한다는 사실은 이 상태가 유전의 조절에 달려 있다는 것을 암시한다. 이 결핍은 가끔 청년 초기까지 나타나지 않기 때문에 유전적 개념을 유전특성의 뒤늦은 표현이라고 묘사한다. 유전적 학설을 뒷받침하는 여러 보고가 있다. 동일한 인종집단은 비록 그들이 전세계에 흩어져 살아도 유당분해효소의 결핍에 있어 아프리카의 흑인은 72%가 유당분해효소의 결핍을 발생하는 것으로 나타났고, 미국에 있는 흑인도 비슷한 수치인 70%로 나타났다. 아시아에 사는 동양인과 미국에 사는 동양인 모두 유당분해결핍이 70%로 나타났다. 또한 이스라엘, 미국, 캐나다의 거주하는 유태인에 대한 보고에서도 흑인의 경우와 유사했다. 동일한 인종사이에서도 아프리카의 어떤 종족은 유당분해효소의 결핍 발생율이 높은 반면 다른 종족은 낮은 사실 또한 유전적 학설을 뒷받침하고 있다. 각 가정에서도 적어도 한세대 이상이 불내증 증상이 나타난다고 한다.

##### 2. 후천적 학설 (Acquired Theory)

후천적 학설을 주장하는 사람들은 말하기를, 성인 Hypolactasia는 기질인 유당이 계속적으로 결핍하기 때문에 발전된 것이라고 한다. Hypolactasia는 우유 소비가 낮은 지역에서 나타나는 경향이고 우유 소비가 높은 지역에서는 흔히 볼 수 있는 것은 아니다. 한 보고서에서 유당내성이 있는 어린이들 사이에서 75%가 우유를 항상 마셨고, 25%가 우유를 마시지 않는 어린이들이었다.

반면에 유당불내증인 어린이들중 61%가 우유를 마시지 않았고, 39%가 우유를 항상 마시는 어린이들이었다고 한다. 그렇지만 기질인 유당의 결핍이 먼저인지 저수준의 효소가 먼저인지 결정하기는 어려운 일이다. 어떤 학설이 정확하다고 단정짓기는 매우 어려우나 유전적 학설과 후천적 학설이 부분적으로 혼합된 결과로 유당분해효소의 결핍에 연유되는 것으로 생각되어 진다.

#### V. 인종별 우유불내증

많은 연구보고에서 입증하듯이 성인의 유당불내증, 유당흡수의 결핍, 그리고 유당분해효소의 결핍에서 흑인과 백인사이에 뚜렷한 차이가 있다. 또한 같은 인종에서도 여러부족들 사이에 이러한 증세에서 뚜렷한 차이가 있다. 이런 차이는 유전적 병원학에 기인한다고 생각된다. 유당불내증의 발생과 유당분해효소의 결핍의 관계가 전 세계의 다른 인종 사이에서 현저한 차이를 보이는 실험 보고에서 살펴보면 흑인, 백인, 황인종 사이에 특별한 분류가 형성되었다. Hypolactasia는 인종간의 교잡에 반영되는 것이라고 하는데 그 실험으로, 덴마크에 있는 백인은 6%의 Hypolactasia인 반면 유태인 백인은 약 70%에 달했다. 아프리카의 우간다에 있는 보히마 부족은 10%가 Hypolactasia로 나타났고 반투족은 90%로 나타났다.

이와같은 사실은 Hypolactasia가 유전적인데 기인

한다는 명백한 입증이다. 세계의 여러 다른 인구군에서 유당불내증과 Hypolactasia가 발생하는데 대한 정보를 제공해 주고 있다. 이것은 전세계 대륙에 있는 군들을 포함한 것이다. 또한 이 데이터가 보여주는 것은 중국인이 세계 여러곳에 흩어져 살때도 Hypolactasia의 발생빈도는 비교적 일정하다는 것이다. 마찬가지로 미국에 사는 흑인에게서 이것은 70%였고 아프리카의 여러 나라에서는 50~100%의 범위를 나타냈다. Hypolactasia를 유전적으로 조절할 수 있다고 하지만, 현재 유전적 조절의 정확한 성격에 대한 윤곽이 뚜렷하지 않다.

## VI. 어린이의 유당불내증

유년기에 있는 어린이들에게 우유는 그들의 성장 발달에 있어서 불가결한 음식이다. 따라서 우유가 음식에서 감소되거나 제거되어 저야만 될 경우, 영양, 성장 발달의 견지에서 Hypolactasia가 의미하는 것에 대해서 많은 관심을 가지게 되었다. 이 나이의 그룹에서 이들의 음식으로부터 우유를 제거하므로서 생기는 단점에 대응하는 장점을 고려해야 한다.

### 1. 유아의 불내증

간혹 유아가 모유나 우유를 먹고 성장을 정상적으로 하지 못하는 경우가 있는데 이유는 유당을 분해하지 못하는데 원인이 있다. 많은 경우가 Hypolactasia로 간주된다. 유당이 아닌 다른 이당류를 먹었을 때는 유아의 성장이 정상이었다는 보고가 있다. 위장염을 앓는 2년된 유아의 유당분해시험에서 유당 섭취시 위장염 재발이 더 자주 있었고 설사가 더 오래 계속되었고 대변을 더 자주 보았다고 한다.

### 2. 불내증 시작 나이

불내증 시작나이를 결정하기 위하여 실시한 한 연구 보고서에서 다음과 같이 흑인과 백인의 경우를 구별했다. 흑인의 유당불내증 발생은 나이에 따라 증가 추세를 보였는데 0~6세군에서는 증가가

없었고 6~10세군에서는 45%증가 18~24세 이상에서는 75%증가 현상을 보였고, 24세 이상에서는 100%의 현상을 보였다. 반면에 6세 이상의 백인 경우는 오직 10~20%의 유당불내증을 보였다.

### 3. 불내증의 치료

대부분의 경우 유당분해효소결핍, 유당불내증 또는 우유불내증의 치료는 간단하다. 즉 유당의 섭취를 제한하는 것이다. 이것이 성인에게는 큰 문제가 아니지만, 유아와 어린이에게는 문제가 복잡하다. 우유는 거의 완전한 식품이기 때문에 어린이들이 정상적으로 성장 발육하는데 필요하기 때문이다. 특히 영양분이 부족한 어린이들에게 우유는 절대적으로 필요한 것이지만, 심한 불내증 증상을 일으키는 어린이에게는 먹일 수 없으므로 다른 방법이 필요하다. 현재 인간에게서 유당분해효소의 수준을 높이기 위한 시도에는 성공을 거두지 못한 실정이다. 여러 연구자들이 박테리아와 효모에서 추출한 유당분해효소로 유당분해 전처리를 하므로써 유당함량이 적거나 유당이 없는 우유를 개발하도록 시도해 왔고 현재 "락토우유"라는 이름으로 유당을 분해한 우유제품이 나오고 있다. 이 제품에 대한 문제점은 정상적인 우유보다 당도가 높기 때문에 소비자가 기피하는 현상이 있고 생산자측에서는 소량의 생산으로 원가가 상승한다. 이와같은 문제를 해결하기 위하여 현재제품을 보완하는 연구가 필요한데 당도를 일반시유와 동일하게 하여 소비자의 기피현상을 방지하고 제품의 소비를 증가하고 원가도 절감되는 방안일 것이다.

### 4. 영양과 Hypolactasia

유엔 당국에서 취학전의 어린이에게 적절한 우유 급식량에 대해서 제의했다. 어린이의 나이와 이용되는 우유에 따라 다르긴 하겠지만 매일 170~285ml의 우유를 마시도록 권장하고 있다. 이 양은 체중 kg당 유당이 1g을 넘지 않는 양이며 유당분해시험에서 체중 kg당 유당이 2g이상이 되어야 불내증을 보이는 양보다는 훨씬 적다. 최근의 연구보고에 의

하면 생후 22개월부터 6세된 어린이들 중에서 유당 불내증이 있는 어린이들은 정상적인 어린이보다 대면에서 수분, 지방, 질소함량이 증가되는 것을 보였는데 이 사실은 단순히 유당의 흡수만 못하는 것이 아니라 다른 영양분의 흡수에도 영향을 미치는 것을 시사하고 있다.

백명의 흑인과 백인어린이를 대상으로 유당내성에 대한 시험결과 유당불내증이 연령에 따라 정도는 심했지만 240ml의 우유를 마신 어떤 어린이도 이 불내증이 나타나지 않았으나 480ml를 마셨을 때는 미약하거나 적당한 증세를 보였다고 한다. 6~7세의 흑인 어린이들은 유당불내증을 나타내는 어린이와 나타내지 않은 어린이의 차이가 별로 없었지만, 8~9세의 흑인 어린이들은 같은 나이의 백인 어린이보다 우유를 훨씬 덜 마셨다고 한다. 이 시험결과 어린이들에게 우유급여에 대한 계획을 할 때 유당불내증에 관계할 필요가 없고, 마신 우유가 어린이의 유당불내증 여하에 직접적인 영향이 없는 것으로 나타났다.

## VII. 결론

지난 20년 사이에 유당분해효소의 결핍 또는 Hypolactasia의 원인으로 생기는 유당불내증이 단지 유아에게서나 가끔 볼 수 있는 것으로 간주되던 것이,

이제는 전 세계의 성인(백인을 제외한)에게도 일반화된 것으로 알려졌다.

유당불내증에 관한 대부분의 관심과 혼돈이 용어의 불일치한 사용에서도 야기되어 왔다. 즉 우유불내증은 반드시 유당불내증이나 Hypolactasia를 의미하는 것이 아니며, 유당불내증이나 비정상적 유당분해시험은 자동적으로 우유불내증을 의미하는 것이 아니다.

유당분해효소의 결핍으로 인한 유당불내증은 소화기관에서 가수분해 할 수 없기 때문에 일어나는 것이다. 가수분해 되지 않는 유당은 흡수되지 않고 모세관 현상으로 인하여 소장 윗부분으로 물을 끌어 올린다. 이것이 액체의 양을 증대시키고 동시에 결장에서 유당의 발효가 일어나 소화기관에서 경련, 설사, 배가부어오름등의 증세가 나타난다.

유당분해효소결핍에 대한 정확한 병원학적 견해는 아직 명확하지 않다. 이 조건에 대한 발생범위는 나이와 인종적 배경에 따라 다양하다. 비록 이것은 유전적 조건에서 후천적 표현이라고 하지만, 환경과 유전요소의 상호작용이 아직 이해되지 못하고 있다.

유가공 연구자의 입장에서는 일반시유와 같은 맛을 내면서 유당이 분해되어 소비자들이 이용할 수 있는 신제품을 개발하는 것이 복잡한 문제를 해결하는 좋은 방법의 하나라고 생각된다.

