



須 아 미 노 酸

— 리신을 中心으로 —

金 泰 鳳

韓國生化学会 會長
高麗 大學校 教授

오늘날 식량문제는 우리나라 뿐만 아니라 미국, 캐나다, 오스트레일리아, 일본 등 몇몇 나라를 제외한 거의 대다수의 나라에 있어서 매우 심각한 문제로 대두되고 있다. 더우기 세계의 높은 인구증가율에 비추어 볼 때, 식량문제는 머지 않아 인류 전체가 직면하게 될 가장 심각한 과제중의 하나가 될 것이 분명하다.

우리나라의 경우, 식량문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 의당 주식인 곡류와 축산물의 증산을 꾀하여야 하겠지만, 이 목표가 단시일 내에 이루어질 수 없다고 한다면, 국민영양, 특히 아동들의 영양을 개선하기 위하여 우선 주식인 곡류속의 단백질의 영양가를 높일 수 있는 합리적이고 경제적인 방법을 이용하는 것이 절실히 요망된다. 이 문제를 해결하기 위한 한 방법은 필수 아미노산 첨가법은 이미 여러 나라에서 이용되어 상당히 큰 성과를 거두게 되었고, 장차 식량문제를 해결하는 데 크게 이바지할 것으로 본다.

여기서는 리신을 중심으로 필수 아미노산에 대한 몇 가지 문제를 다루어보려고 한다.

1. 필수 아미노산의 개념.

식물과 대다수의 미생물은 간단한 탄소화합물, 질산염, 암모늄염으로 부터 그들 자신이 필요로 하는 모든 아미노산을 합성할 수 있으나, 사람 및 다른 고등동물은 그 조직단백질을 구성하는 20가지 아미노산 가운데 일부를 자기 힘으로 합성할 수 있는 능력이 없으며, 따라서 이러한 아미노산을 반드시 음식물로서 섭취하지 않으면 아니된다. 이것이 곧 필수 아미노산이라고 불리는 것이다. 1910년대에 Thomas, Osborne, Mendel 등은 각종 단백질의 영양가를 비교하기 위하여 동물실험을 한 결과를 토대로, 몇 가지 필수 아미노산을 지적하였거니와, 필수 아미노산의 엄밀한 개념은 훨씬 후에 (1935년) Rose, Albanese 등이 순수한 아미노산 사료를 써서 한 계통적인 실험으로 비로소 확립되었다.

사람에게 요구되는 필수 아미노산은 다음의 여덟가지 이다.

발린, 로이신, 이소로이신, 스테오닌, 메티오닌, 페닐알라닌, 트립토판, 리신.

생화학적 견지에서 해석하면, 사람이나 다른 고등동물은 진화과정에서 돌연변이를 일으킨 결과, 필수 아미노산(또는 그 선구물질)을 합성할 수 있는 능력을 상실하게 된 것이다. 즉 이들 필수 아미노산의 합성에 필요한 유전정보를 지닌 유전자의 돌연변이로 인하여, 그것에 해당하는 효소단백질의 생산이 불가능하게 된 때문이라고 해석된다.

생화학자들의 연구로, 필수 아미노산과 비필수 아미노산의 개념이 더욱 분명해졌다. 즉 비필수 아미노산은 예외없이 해당반응, 글루코네오게네시스, 시트르산-순환과정(TCA-사이클), 또는 지방산의 β -산화 등에 의해 생산되는 중간대사생성물(선구물질)로부터 이차적으로

로 쉽게 합성될 수 있으나, 필수 아미노산은 해당하는 선구물질이 공급되지 않기 때문에, 인체 자신은 그것을 부득이 음식물로서 섭취할 수 밖에 없다. 가령, 필수 아미노산의 하나인 발린의 경우, 그 선구물질인 α -케토발레르산 또는 α -히드록시발레르산이 중간대사 생분로서 공급되거나 이런 것들을 음식물로서 섭취할 수만 있다면, 발린이 결코 필수 아미노산으로서 요구되지는 않을 것이다.

우리는 생화학적 견지에서 필수 아미노산의 생리적 기능, 달리 말해서 그것이 필수 영양소 구실을 하는 까닭을 설명할 수가 있다. 사람의 경우, 질소-밸란스를 정상적으로 유지하기 위해서는 매일 적어도 일정량의 단백질을 섭취하여야 하거니와, 이 단백질 속에 포함되어 있는 아미노산은 조직단백질을 만드는 데 이용되는 외에도, 효소, 호르몬, 비타민과 같은 특수한 사명을 지닌 각종 생리적 활성물질의 합성원료가 되기도 하고, 또는 다른 대사물질을 합성하기 위한 단위성분(fragment) 구실을 한다. 예컨대, 메티오닌은 잘 알려진 바와 같이, 아데노실-메티오닌의 형태로서 메틸기의 도오너 노릇을 한다. 또 트립토판은 니코틴산 및 조직-호르몬의 일종인 세로토닌의 합성에, 스테오닌은 비타민 B₁₂의 한 구성요소인 프로판올아민의 공급체로서, 또 페닐알라닌(내지 티로신)은 티라민, 도파민, 나아가서는 아드레날린 등의 합성에 이용된다.

2. 필수 아미노산의 요구량.

사람에 있어서의 필수 아미노산 요구량은 나이, 성에 따라 다르며, 또 같은 사람이라 할지라도 건강상태에 따라 차이가 있다. 다음 테이블은 Jekat에 의한 것으로, 건강한 성인에 있어서 체중 1kg당 하루 동안 0.58g의 단백질을 섭취할 경우, 매일 필요한 필수 아미노산의 요

구량을 mM/kg체중 단위로 나타낸 값이다.

단위 : g

발린	0.28	스레오닌	0.2	트립토판	0.04
로이신	0.39	메티오닌	0.07	리신	0.24
이소로이신	0.21	페닐알라닌	0.18	(시스테인)	0.07

이 데이터를 보면, 트립토판과 메티오닌은 다른 필수 아미노산에 비해 요구량이 훨씬 적음을 알 수 있다. 트립토판과 메티오닌이 조직 단백질 속에 드물게 존재한다는 사실을 안다면, 그 까닭을 설명할 수 있을 것이다. 필수 아미노산 가운데, 발린, 로이신, 이소로이신, 리신 및 스레오닌은 비교적 많은 양이 요구되지만, 페닐알라닌은 그 대사과정으로 미루어 티로신으로 대체될 수 있음이 분명하고, 트립토판도 또한 그 대부분이 니코틴산으로 대체될 수 있다. 시스테인은 원래 필수 아미노산은 아니나, 그것이 메티오닌과 마찬가지로 황을 공급하는 아미노산이라는 점에서 부분적으로는 메티오닌 대신 그 역할을 할 수가 있다. 이 밖에도 성장기에 있는 아동들에게는 히스티딘과 아르기닌 까지도 마치 필수 아미노산과 같은 구실을 한다. 이는 성장기에 있는 아동들에 있어서는 이들 비 필수 아미노산의 요구량을 충분히 배울 수 있을 만큼 그것이 빨리 합성되지 못하는 데 기인하는 듯 하다.

3. 리신에 관한 몇 가지 문제.

단백질의 영양가가 그 아미노산 조성 과 직접 관계가 있다는 것은 이미 널리 알려진 사실이다. 그 중에서도 특히 문제가 되는 것은 두말할 것도 없이 필수 아미노산의 조성이다. 흔히 동물성 단백질은 필수 아미노산을 고루 포함하고 있기 때문에 영양가가 높고, 반대로 그렇지 못한 식물성 단백질은 영양가가 낮다고 말하지만, 이 말은 다만 정성적인 해석에 불과한 것이다. 단백질의 영양가를 엄격히 비교하려면, 그 속에 존재하는 필수 아미노산의 상대적 비

율을 문제삼지 않을 수 없다. 왜냐하면, 단백질의 이용률은 상대적 양이 가장 적은 아미노산에 좌우되기 때문이다. 달리 말하면, 필수 아미노산 가운데 상대적 양이 가장 적은 어떤 한 가지 아미노산으로 인해, 다른 아미노산의 이용도가 결정되기 때문이다. 이런 경우, 이들 다른 필수 아미노산은 일부분만이 조직 단백질의 합성에 이용될 뿐이며, 그 나머지는 에너지원으로서 이용되거나, 아니면 대사과정에서 변화를 받은 후에 배설되어 버린다. 이것이 이른바 "리미트-아미노산"(limiting amino acid) 이라고 불리우는 것이다.

계란 단백질은 "이상적"인 아미노산 조성을 가지고 있기 때문에 이것을 기준으로 우리는 각종 단백질의 리미트 아미노산의 종류를 규정할 수가 있다. 예를 들면, 곡류(쌀, 밀가루 등)의 단백질의 리미트-아미노산은 리신이고, 근채류와 육류에 있어서는 메티오닌과 시스테인이 리미트-아미노산이다. 따라서 곡류의 단백질에 일정량의 리신을 첨가함으로써 그 이용률을 높일 수 있을 것이다.

이상 말한 것으로 짐작할 수 있듯이 우리나라에 있어서 필수 아미노산의 첨가로 주식인 곡류의 영양가를 개선하려고 할 때, 실제로 가장 크게 문제가 되는 아미노산은 리신이라고 결론지을 수 있다. 이미 여러 사람들의 실험으로 입증된 바와 같이, 곡류에 리신을 첨가하면, 그 단백질 이용률이 높아질 뿐만 아니라, 단백질 원으로서의 곡류의 섭취량을 줄일 수 있으며, 따라서 그만큼 주식인 곡류의 소비량이 절약된다. 실험결과에 의하면, 소맥분과 백미에 각각 0.10-0.15%의 리신 염산염을 첨가하였을 경우, 그 단백질 이용률은 20-25%나 증가된다.

리신 첨가에 관한 자세한 실험데이터는 지면 관계로 생략하기로 하고, 여기서는 참고삼아 리신 생산에 관하여 필자가 외국에서 실제로 담

사한 내용을 간단히 소개하고자 한다.

현재 리신의 생산에는 발효법과 합성법의 두 가지 방법이 이용되고 있다. 발효법은 주로 일본, 미국 등에서 실시되고 있으며, 비교적 소규모의 생산에 유리한 것 같다. 최근에 크게 주목을 끌고 있는 매우 흥미로운 방법은 합성법이다. 이 방법은 홀란드의 Dutch State Mine에서 J. H. Ottenheim박사가 1958년부터 약 10년 동안의 연구 끝에 개발한 독특한 방법으로, 필자가 1968년 겨울 이 공장을 방문하였을 무렵에는 중간플랜트의 시험단계를 거쳐 겨우 완공된 3,000ton의 리신 합성공장이 조업을 시작하고 있었다. 다행스럽게도 그 당시 Otten

heim박사의 호의로 이 방법이 개발되기까지의 줄거리를 들 수 있었으므로, 이 기회에 그 합성 경로만을 간단히 소개하기로 한다.

이 합성법은 값싼 카프로락탐을 원료로 사용한다는 것과, 중간생성물인 DL- α -아미노락탐을 L-피롤리돈카르복시산으로 분할하여 결국 L-리신만을 얻을 수 있다는 점에 그 특색이 있다고 하겠다. 라세미체의 분할에 쓰이는 L-피롤리돈카르복시산은 글루탐산을 오오트클레이브 속에서 가열하면 쉽게 얻어진다. 카프로락탐으로부터 L-리신 염산염을 만드는 반응경로는 다음과 같다.

