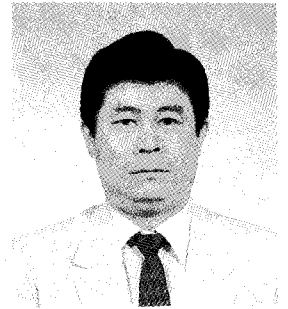


### 3. 에너지 (I)



최진호  
최진호연구소 소장

**가**축의 생명을 유지하고 여러 가지 생산 활동을 하기 위해서는 에너지가 계속적으로 공급되어야 한다. 에너지 (energy)라는 말은 희랍어의 en + ergon (in + work)에서 비롯된 것으로 일을 할 수 있는 능력을 의미한다.

#### 1. 에너지의 형태

에너지는 여러 가지 형태로 존재하는데 열 에너지, 빛 에너지, 전기 에너지, 화학 에너지, 위치 에너지, 핵 에너지 등이 그것이다. 이들 에너지의 다른 형태 간에는 서로 전환이 가능하다. 예를 들면 댐의 위에 고여 있는 물은 낮은 곳에 있는 물에 비하여 높은 위치에너지를 가지고

있다. 이 물이 떨어지는 힘을 이용해서 터빈을 돌려서 전기를 생산하는 것은 물이 가지고 있는 위치 에너지를 전기 에너지로 형태를 바꾸는 것이다. 반대로 전기의 힘으로 펌프를 돌려서 낮은 곳에 있는 물을 높은 곳으로 이동시켰다면 이는 전기 에너지를 위치 에너지로 바꿔준 것이 된다.

식물은 태양으로부터 오는 빛

에너지를 이용해서 탄수화물을 합성한다. 이러한 광합성 작용은 빛 에너지를 화학 에너지로 전환하는 과정인 것이다. 이와 같이 식물은 빛에너지를 광합성에 이용하고 있으나 동물은 빛 에너지는 물론 어떠한 물리적인 에너지도 이용하지 못한다. 오직 식물이 합성해 놓은 화학 에너지를 이용할 뿐인 것이다.

## 2. 에너지의 단위

과거 오랫동안 영양학에서는 에너지의 단위로써 열 에너지의 단위인 칼로리(calorie, cal)를 사용해 왔는데 1cal는 물 1g을 14.5°C에서 15.5°C로 1°C 올리는데 소요되는 열량으로 정의되어 있다. 그리고 1cal의 1,000배를 킬로 칼로리(kilocalorie, kcal)라고 하며 1kcal의 1,000배를 메가칼로리(megacalorie, Mcal)라고 한다. 한편 영국에서는 1 Mcal를 1더엄(therm)이라고도 한다.

약 10년 전부터는 영양학에서 사용하는 칼로리라는 단위에 대해서 이의(異義)가 제기되고 있다. 칼로리는 열이라고 하는 에너지의 한 형태에 국한된 단위이며 원래 에너지란 일을 할 수 있는 능력을 의미하는 것이므로 에너지의 공통적인 단위는 일의 양을 토대로 한 것이어야 하며 따라서 물리학에서 사용하는 줄(joule, J)을 함께 사용하는 것

이 옳다는 것이다. 1 joule은 1 뉴우턴(newton)의 힘으로 1kg의 물체(mass)를 1m 옮기는데 소요되는 에너지라고 정의되어 있다.

논리적으로는 모든 에너지의 단위를 보다 보편적인 단위인 joule로 통일하는 것이 편리하고 바람직하나 오랫동안 calorie에 익숙해 있는 사람들의 습관을 바꾼다는 것은 결코 쉬운 일이 아니어서 아직도 영양학에서는 대부분의 사람들이 calorie를 사용하고 있는 형편이다.

calorie와 joule의 상호 변환 공식은 다음과 같다.

$$1 \text{ kcal} = 4.184 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kJ} = 0.239 \text{ kcal}$$

## 3. 화학 에너지

우주에 존재하는 모든 물질은 어떤 형태이든지 에너지를 가지고 있다. 물질이 가지고 있는 에너지의 총량은 그 물질의 화학적인 구성 상태에 따라 다르다.

어떤 물질이 함유하고 있는 에너지의 총량은 측정할 수 없다. 그러나 물질과 물질 사이의 에너지 함량의 차이를 측정할 수 있는 것이다. 어떤 반응에서 물질 A가 물질 B로 변화될 때(A→B) 만일 A의 에너지 수준이 B의 에너지 수준보다 높다면 그 차이만큼의 에너지는 반응도중에 방출될 것이며 이러한 반응을 발열반응이라 한다. 만일 반대로 B의

에너지 수준이 A의 에너지 수준보다 높다면 반응(A→B)이 일어나기 위해서는 그 차이만큼의 에너지가 공급되어야 한다. 이러한 반응을 흡열반응이라 한다.

## 4. 동물체내에서의 에너지 균형

동물의 체내에서는 무수히 많은 종류의 화학반응이 끊임없이 일어나고 있는데 그중에는 발열반응과 흡열반응이 동시에 일어나고 있는 것이다. 하나의 흡열반응은 에너지의 공급이 없는 한 그 자체로 단독으로는 일어날 수 없으나 어떤 발열반응과 동반해서 일어날 때 그 발열반응의 결과 방출된 에너지에 의하여 흡열반응이 가능해지는 것이다.

만일 생체내에서 일어나는 흡열반응을 가능하게 하기 위하여 필요한 에너지를 공급할 만큼의 정확한 양의 발열반응만 일어난다고 가정한다면 그 생체내에는 총 발열반응과 흡열반응의 총량이 같아져서 소위 “에너지의 평형 상태”가 될 것이다. 만일 이것이 가능하다면 이 생명체는 외부로부터 에너지의 공급없이도 생명을 유지할 수 있을 것이다. 그러나 실제로 동물체내에서는 하나의 흡열반응이 일어나기 위해서 필요한 양 이상의 발열반응이 일어나며 여기에서 발생한 에너지중 흡열반응에 필요한 만큼이 이용되고 나머지는 열

로서 방출된다. 이것은 체내 대사과정에 일어나는 에너지의 손실인데 이를 열량 증가(Heat increment)라고 한다. 열량 증가로 손실되는 에너지는 체온 유지에 이용될 수 있다. 그러나 이것은 환경 온도가 쾌적 온도 또는 그 이하일 때의 경우이고 만일 여름철 환경온도가 쾌적 온도가 상일 경우에는 체온의 상실을 막기 위해서 오히려 에너지가 소모되는데 이 때에는 열량 증가는 동물에게 더욱 가중한 부담을 준다.

한편 쾌적 온도 이하의 기온에서는 체내 대사 과정의 호흡 반응과 발열 반응의 관계에서 발생하는 열량 증가 외에도 온혈 동물에서는 체온을 유지하기 위하여 별도의 발열 반응이 추가로 일어나야 되는 것이다.

지금까지 설명한 이유로 인하여 동물체내에서는 항상 호흡 반응보다는 발열 반응이 많이 일어나고 있으며 따라서 발열 반응의 원료인 에너지 함량이 높은 물질, 즉 에너지 영양소의 지속적인 공급이 필요한 것이다.

이에 비하여 식물체내에서는 일생 동안에 발열 반응보다 호흡 반응이 더 많이 일어난다. 식물체내에서도 그 자체의 생존을 위해서 발열 반응과 호흡 반응이 동시에 일어나고 있는데 동물과 다른 것은 태양으로부터의 빛 에너지를 이용할 수 있다는 것

**열량 증가로 손실되는 에너지는 체온 유지에 이용될 수 있다. 그러나 이것은 환경 온도가 쾌적 온도 또는 그 이하일 때의 경우이고 만일 여름철 환경온도가 쾌적 온도이상일 경우에는 체온의 상실을 막기 위해서 오히려 에너지가 소모된다.**

이다. 식물도 광합성이 일어나지 않는 야간에는 호흡 반응보다 발열 반응이 많이 일어나지만 식물의 일생을 통틀어 생각하면 호흡 반응이 더 많이 일어나는 것이다. 이와 같이 식물이 호흡 반응에 의하여 합성한 고에너지 물질을 동물이 이용함으로써 궁극적으로 동물은 식물에 의존하는 것이다.

## 5. 물질 대사와 에너지 대사의 관계

동물의 체내에 존재하는 물질에는 분자량이 수십만 또는 수백만에 달하는 단백질과 같은 고분자 화합물에서부터 물과 같이 분자량 18정도의 간단한 구조를 가진 저분자화합물에 이르기까지

다양하다. 이러한 물질들은 체내에서 일어나는 여러 가지 화학반응에 의하여 끊임없이 변화되고 있다.

생체 내에서 일어나는 각종 반응을 크게 2가지로 나누면 동화작용(同化作用)과 이화작용(異化作用)으로 나눌 수 있다. 동화작용이란 저분자 화합물로부터 고분자 화합물로의 합성하는 과정을 말하며 동화작용은 주로 호흡반응이다. 이화작용이란 고분자 화합물로부터 저분자 화합물로의 분해 과정을 말하며 이화작용은 주로 발열반응이다. 생체내의 에너지 대사에서 호흡반응과 발열반응이 동시에 일어나듯이 물질 대사에 있어서도 어느 순간에는 동화작용만 일어나거나 어느 순간에는 이화작용만 일어나는 것이 아니고 동화작용과 이화작용이 동시에 끊임없이 일어나고 있는 것이다.

에너지란 그 자체가 물질은 아니지만 물질에 함유되어 있고 물질에 의하여 운반되므로 에너지 대사를 물질 대사와 분리시켜 생각할 수는 없다. 물질 대사와 에너지 대사는 서로 긴밀한 관계를 가지며 체내에서 필요한 여러 가지 물질을 합성(동화작용)하는데 필요한 에너지를 공급하기 위해서 발열반응을 동반하게 되며 이를 위해서 다른 고분자 화합물이 분해되는 이화작용을 수반하게 되는 것이다.

## 6. 에너지의 이용

### g분자량과 아보가드로의 수

화학 반응에서 에너지나 물질의 변화를 추적하는 기본 단위로 개개의 분자를 사용한다면 분자는 매우 작은 입자이기 때문에 취급하기가 매우 불편하다. 그래서 고안해 낸 것이 g분자량(mole)이다.

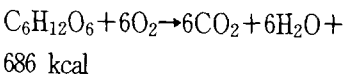
모든 화합물은 고유의 분자량을 가지고 있는데 분자량이란 그 분자를 구성하고 있는 원자의 원자량의 합계이다. 원자량이란 산소 원자의 질량을 16으로 하여

비교한 상대적 질량이며 그 원자의 원자핵을 구성하고 있는 양성자와 중성자의 수를 합한 것과 대체로 같다.

원자나 분자는 그 크기가 매우 작아서 그 중량을 직접 측정하는 것은 불가능하다. 그러나 분자의 일정한 갯수의 중량은 그 분자의 분자량에 비례한다. 따라서 어느 화합물의 분자량과 같은 수의 g 중량(단순히 그 분자량을 g을 붙인 것과 같은 중량)을 1g 분자량(mole)이라 한다. 즉 분자

량이 18인 물의 1g 분자량은 물 18g을 말하며 분자량 180인 포도당은 180g이 1g 분자량이다. 따라서 어떤 화합물이든 1g 분자량에는 동일한 수의 분자가 포함되는데 그 숫자가 아보가드로의 수이며  $6.0222 \times 10^{23}$ 이다. 다시 말하면 물 18g에 포함되는 물 분자의 수와 포도당 180g 속에 들어 있는 포도당 분자의 수는 동일하여  $6.0222 \times 10^{23}$ 개, 즉 아보가드로의 수인 것이다.

자연계에서 일어나는 발열 반응 중에서 가장 확실하고 분명한 것은 연소 반응, 즉 산소와 빠른 속도로 결합하는 산화 반응이다. 모든 유기 물질이 산화될 수 있지만 대표적인 에너지 화합물이라 할 수 있는 포도당의 예를 들어 보자. 포도당 1g 분자량(mole)을 공기 중에서 완전 산화시키면 다음과 같은 반응이 일어난다.



포도당 1mole은 산소 6 mole과 반응해서 6 mole의  $\text{CO}_2$ 와 6mole  $\text{H}_2\text{O}$ 를 생성한다. 이 반응은 발열반응이어서 이 때 686kcal의 에너지를 방출한다.

동물체내에서도 궁극적으로는

이와 같은 반응이 일어나며 이때 발생하는 에너지를 체내의 여러가지 대사 과정에서 이용하는 것이다. 그런데 공기 중에서 위와 같이 연소 반응이 일어나고 있을 때 이 반응은 매우 빠른 속도로 일어나게 되며 이때 가까이 가면 뜨거운 열기를 느낄 것이다. 그러나 우리 체내에서는 지금 이 시간도 쉬지 않고 이러한 반응이 일어나고 있으나 전혀 뜨겁다고 느껴지지 않는다. 이것은 동물체에서는 이 반응의 속도나 양에 있어서 철저히 통제되고 있기 때문이다. 실제로 공기 중에서는 1단계로 간단히 일어나는 이 반응이 생체내에서는 수없이 많은 단계의 복잡한 과정을 거쳐서 일어나며 여기에서 발생

하는 열도 일시에 방출되는 것이 아니고 여러 단계에 나누어 분산 방출되는 것이다. 이 복잡한 과정에 대해서는 나중에 좀 더 설명하기로 하고 지금은 긴 설명을 피하겠으나 그 과정의 중간 중간에 반응의 진행속도를 조절하는 장치가 있어서 전체 반응의 진행이 철저히 통제되는 가운데 일어나고 있는 것이다.

우리의 생활에서도 주변에서 일어나는 자연 현상을 우리가 통제할 수 있을 때 그 현상은 우리에게 매우 유익함을 제공하지만 그것을 통제하지 못할 때에는 큰 재난을 주기도 한다. 석유의 연소 반응을 난로라는 기구를 이용하여 반응의 양과 속도를 통제할 때 실내를 따뜻하게 하는 수단으



로 이용되지만 이것을 통제하지 못할 때는 화재가 되는 것이다.

생물체는 인간의 손으로 만든 그 무엇보다도 비교가 안될 만큼 정교하게 만들어진 기계와 같아서 체내에서 일어나는 모든 현상을 엄격하게 통제하고 있으며 만일 이 통제기능의 어느 곳이라도 일시적인 고장이 생기면 병이 되고 이것이 만일 회복 불가능한 고장이라면 곧 죽음을 의미하는 것이다.

동물체에서 위의 반응이 복잡

한 과정을 거쳐서 일어난다 하더라도 궁극적으로는  $CO_2$ 와  $H_2O$ 로 완전히 산화되며 여러 단계로 분산되어 방출된 에너지를 합하면 포도당 1mole당 686kcal가 되는 것이다.

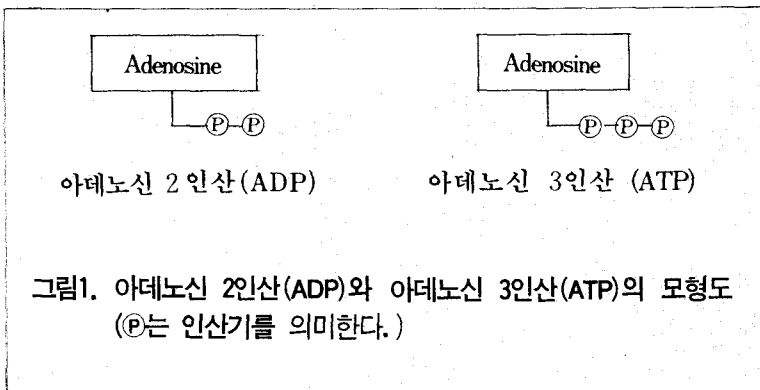
### 7. 생체내의 축전지(蓄電池)

포도당의 산화 반응에서 발생하는 에너지를 직접 이용할 수도 있겠으나 생체내에서는 급할때 보다 쉽게 즉시 이용할 수 있는

형태의 에너지가 필요하다. 사람에게 아무리 많은 재산이 있다 하더라도 모두 부동산으로 또는 은행에 예금이 되어 있고 주머니에 한 푼도 없다면 매우 불편할 것이다(하기야 요즘에는 수억대의 부동산을 가진 거지도 있다고 하지만). 정상적으로는 당장 이용할 필요가 없는 재산은 부동산의 형태로, 필요시에 현금화할 수 있도록 일부는 은행 예금으로, 또 당장에 사용할 푼돈은 현찰로 지갑에 가지고 다니는 것이 보통이다.

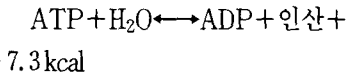
동물체내에서도 오랫동안 저장할 에너지는 지방으로 축적하고 지방보다 빨리 동원할 수 있는 소량의 에너지는 탄수화물(글리코겐)의 형태로 간이나 근육에 저장하지만 순발력을 요하는 경우에 대비해서 보다 빨리 이용할 수 있는 형태의 에너지 보관 방법이 필요한 것이다. 바로 이러한 목적으로 체내에서 전지와 같은 역할을 하는 기능이 있다. 아데노신(Adenosine)이라고 하는 화합물이 있는데 여기에 그림1에서 보는 바와 같이 인산기(phosphate,  $PO_4^{--}$ )가 2기 또는 3기 결합된 것을 아데노신 2인산(adenosine diphosphate, ADP) 또는 아데노신 3인산(adenosine triphosphate, ATP)라고 한다.

ATP는 고에너지 화합물로 이것이 인산기 하나를 잃으면서 ADP로 되면서 mole당 7.3kcal의



에너지를 방출한다. 따라서 ATP는 ADP보다 7.3kcal 만큼의 높은 에너지를 함유하고 있어서 주변에 에너지를 필요로 하는 일이 있으면 즉시 자신은 ADP로 전환되면서 7.3kcal의 에너지를 제공해준다. 이 반응은 가역반응(可逆反應)이어서 에너지의 여분이 있을 때에는 반대로 ADP와 인산으로부터 쉽게 ATP를 생산하기도 한다.

ADP와 ATP의 관계를 반응식으로 표현하면 다음과 같다.



어느 세포내에 ADP+ATP의 총숫자가 일정하다고 가정하더라도 ADP에 비하여 ATP가 많으면 충전되어 있는 상태와 같으며 ADP가 많으면 방전된상태와 같다고 볼 수 있다. 만일 에너지를 많이 소모해서 ADP에 비해서 ATP의 비율이 감소하면 포도당의 산화 반응을 촉진해서 발생하는 에너지로 ADP를 ATP로 전환시켜 적당한 충전 상태를 유지하게 한다. 따라서 생체내의 ADP와 ATP의 비율은 비교적 일정한 수준을 유지하게 되는 것이다.


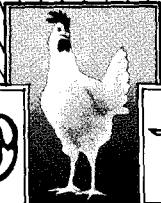

포도당 1mole이 산화될 때 생

성되는 ATP는 총 38mole인데 포도당의 산화시 발생하는 에너지가 686kcal/mole인데 비하여 ATP에 축적되는 에너지는 7.3kcal/mole이므로 포도당의 산화 에너지로부터 ATP의 생산효율은

$$\frac{38 \times 7.3}{686} \times 100 = 40.4\%$$

가 된다. 인간이 만든 가장 정교한 내연기관의 에너지 이용효율이 40%가 못된다고 하는바 생체의 에너지 효율은 높은 편이라는 것이다. **양계**

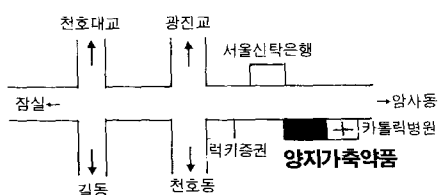
동물약품

도매전문

◎ 정성과 신뢰를 바탕으로 최선을 다하는  
**동물약품 도매상 양지가축약품**

◎ 같은 약이라도 처방에 따라 달라집니다.  
전화상담환영 (질병상담, 판매점 개설상담)  
지방주문환영 (신속, 정확한 발송)



**양지가축약품**

## 양지가축약품상사

서울시 강동구 천호동 357-8

전화 : (02) 478-2208, 477-9332

FAX : (02) 488-8627