

## 제 10 회 137 억년 우주의 진화 7강 노트- 식물

(박문호 박사님의 강의를 초록한 내용입니다.)

식물이란 무엇인가

top down 식 방법으로 보면 식물은 녹색식물이라 부른다.

녹색식물이라는데 식물의 본질이 있다.

식물의 본질은 녹색이다. 잎이다. 잎과 뿌리가 있지만 식물의 본질은 잎이다.

뿌리가 본질이 아닌 것은 수경 재배를 보면 알 수 있다. 뿌리가 흠에 박히지 않는다.

수경재배에서 보듯이 흠은 없어도 된다.

잎이 드문 식물도 있다. 그런 경우 줄기나 기둥이 녹색이다.

식물성 프랑크톤이 식물의 본질을 잘 보여준다. 바다 표층 에서 250m 까지만 태양 빛이 있다. 빛이 들어갈 수 있는 표층 수에만 프랑크톤이 있다.

바닷물 속에는 프랑크톤이 랜덤하게 있다.

바닷물을 증발 시켜 한지를 띄우고 말려서 자르면 잎이 된다.

사고실험을 반대로 하면 육지의 녹색 식물을 전부 분리해서 단세포로 만들어 대기 중에 뿌리고 난 후, 대기를 물로 바꾸면 바다 표층과 같아진다.

식물은 식물성 프랑크톤이 공기 중에 노출되어 잎의 형태로 모인 것이다.

식물성 프랑크톤의 본질은 광합성이다.

식물이 녹색인 이유는 광합성에 쓰이는 680nm 가 붉은 빛이고, 광합성을 하는 식물이 붉은 계열의 빛을 흡수하고 난 후 반사하는 빛이 녹색이기 때문이다.

식물 세포란 개념과 식물은 완전히 다른 개념이다.

식물의 또 다른 모습은 세포의 90%가 죽어 있다는 것이다. 동물은 세포의 95%가 살아있다.

살아 있는 부위는 껍질과 잎이다. 그것을 유조직이라 한다. 유조직은 뿌리, 잎, 결눈, 열매 등이다. 눈에 보이는 부분 중 살아 있는 부분은 잎 밖에 없다. 죽었느냐 살았느냐를 판단하는 것은 녹색이다. 그리고 껍질 부위가 살아 있다. 나이트가 있는 부위는 죽은 세포이다.

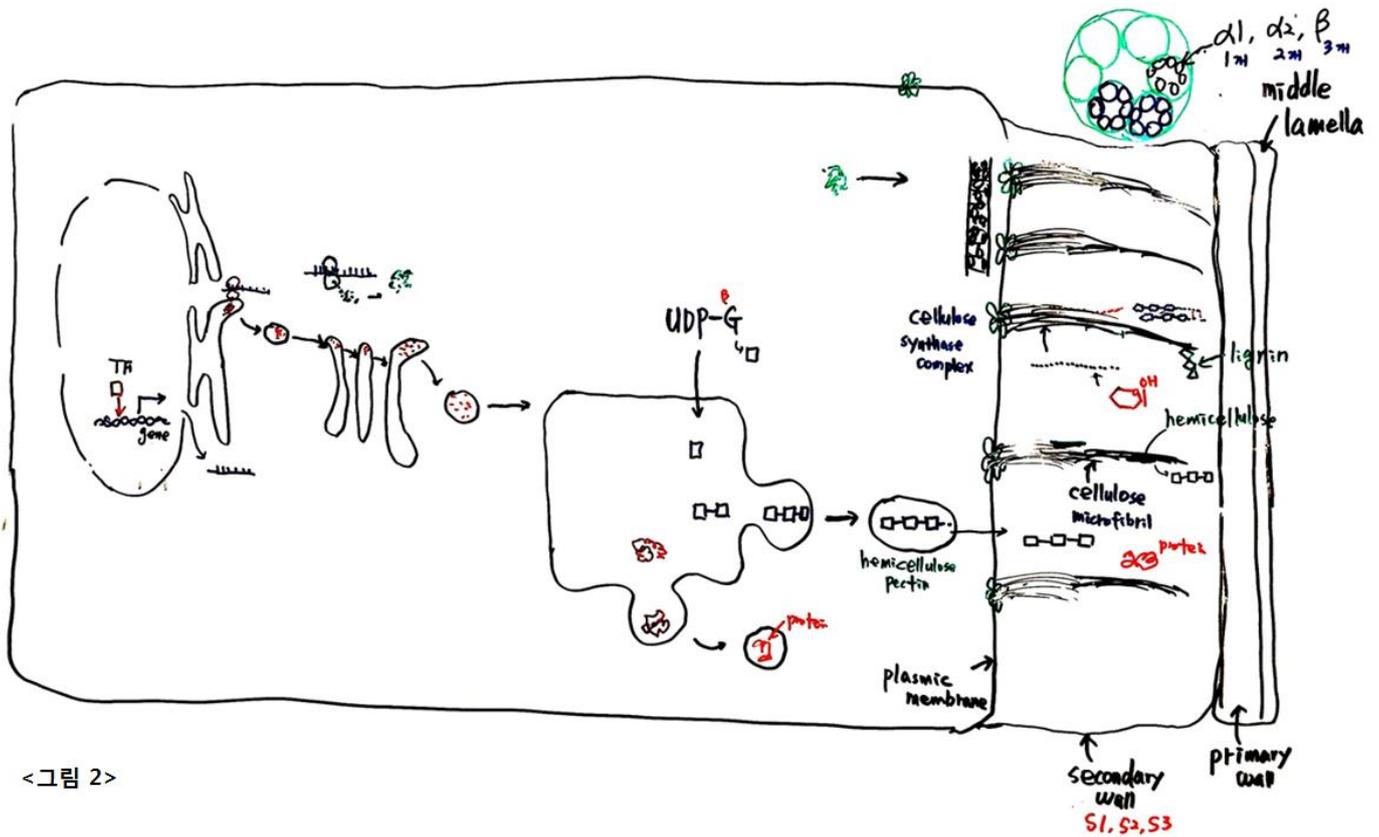
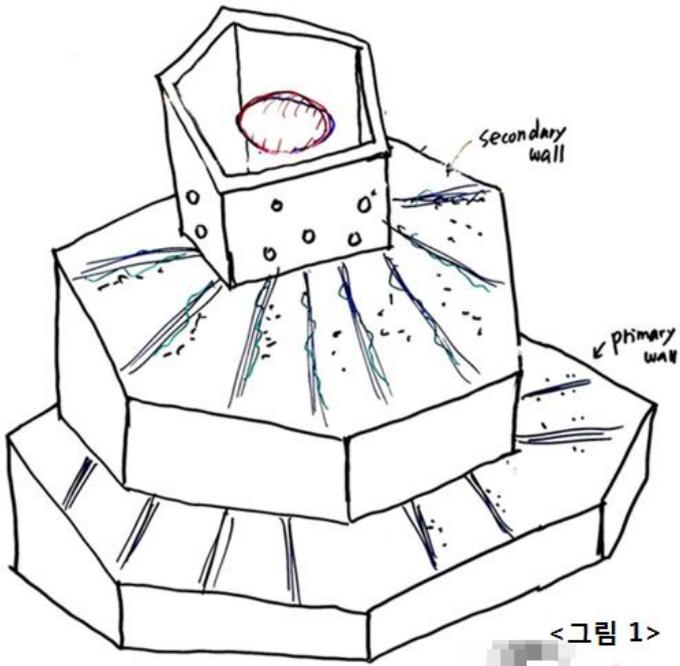
부피로 보면 90% 이상이 죽었다.

그래서 속이 파져 있어도 산다. 그 속에서 겨울 꿈이 살기도 한다.

관찰은 결정적 지식을 만나야 잘할 수 있다.

생각과 질문은 결정적 지식을 통해서 해야 한다.

식물의 결정적 지식은 광합성이다. 본질은 광합성이다. 식물에서는 어떠한 질문에든 광합성이라 답하면 90 점은 된다. 녹색도 광합성에서 왔다.



식물의 본질을 보여주는 그림이다. 이 그림은 교과서에도 없는 그림이다.  
우리가 흔히 보는 나무이다.  
가운데 있는 것이 핵이다.  
구멍에서 국수 가락처럼 물질이 나온다.

핵에서 DNA 가 전사되어 mRNA 가 만들어 지고, 소포체에 붙어서 아미노산과 단백질이 만들어 진다.

만들어진 단백질은 골지체로 이동하고 떨어져 나온다. 옆 그림은 확대한 것이다.

또한 UDP-G 에 실린 글루코스가 들어와 결합하여 다당류가 된다.

UDP-G 는 uridine diphosphate 가 glucose 와 결합한 물질이다.

이쪽 부분은 아직도 연구 중이고 완성되지 않았다.

만들어진 단백질들은 액틴 필라멘트를 타고 이동한다.

이동하다가 미세소관을 지지대로 해서 단백질들이 식물세포의 원형질 막에 박힌다. 박히는 것이 여섯 개 잎을 가진 코스모스 꽃 같은 모양을 띤다. 이것이 국수 가닥(셀룰로스)을 만드는 틀인데 cellulose synthesis complex 이다. 나무의 출현이다. 꽃 잎을 확대해 보면 하나의 꽃 잎 안에도 여섯 개의 원이 있다. 모두 36 개의 구멍이 있고 각 각이 셀룰로스를 만든다.

가닥이 다 모인다.

식물에 들어가는 결정적 지식은 셀룰로스를 만나는 것이다.

한 가닥을 확대해 보면 점들로 연결되어 있고 그 점 하나가 글루코스이다.

식물과 동물의 달라 지는 포인트를 이해하면 동물과 식물의 대칭성을 회복할 수 있다.

과학운동도 우주의 초기로 돌아가 대칭성을 회복하는 것이다.

식물과 동물이 달라지는 것은 딱 한가지 factor 이다.

고구마와 두유를 먹으면서 담쟁이 이파리를 본다.

콩으로 만든 두유의 포장지에 탄수화물 5%, 지방 15%, 단백질이 들어 있다고 쓰여 있다.

왜? 어떻게 두유에 단백질과 지방이 많은가?

답은 다 알고 있다.

광합성 때문이다.

하나만 알면 모두 알게 된다. 나머지 모든 것은 겉보기 현상이다.

겉보기 현상에 속고 있는 것이다.

식물세포는 글루코스를 만든다.

식물 부피의 90%가 글루코스 이다. 글루코스만 알면 식물 다 안다.

식물만 아는 것이 아니고 동물도 다 안다.

작년 12 월부터 6 개월동안 하고 있는 것이 글루코스 분자하나 밀어부치는 일이다.

36 개 다발에서 글루코스를 총알처럼 뿜어낸다. 한 토막에 2000 개의 글루코스가 붙어 있다.

그 섬유소의 길이는 마이크로 미터에 불과하다.

목재(나무)의 90%가 글루코스이다. 나무와 식물의 개념은 완전히 다르다.

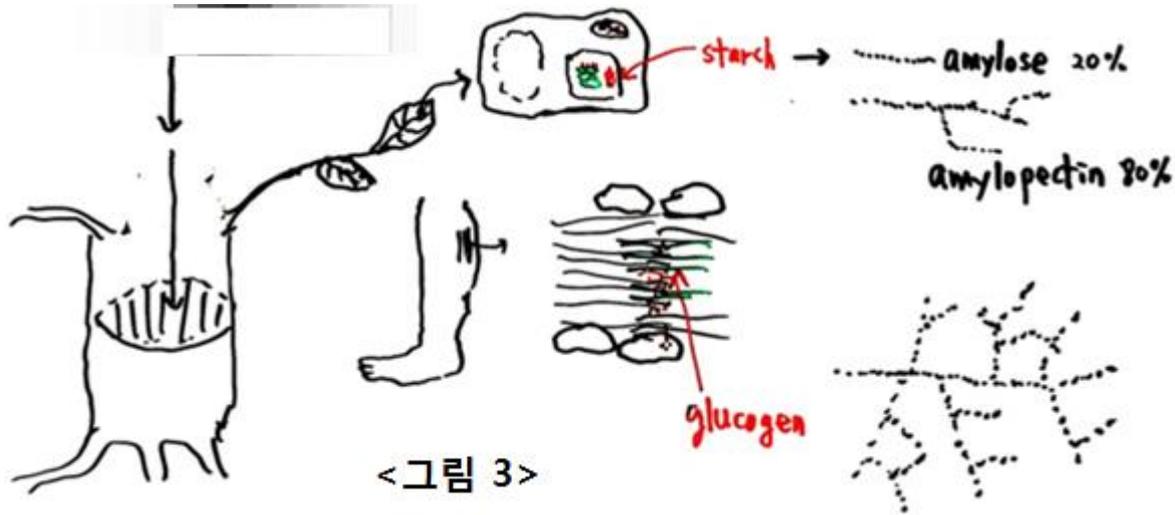
나무란 무엇으로 이루어 지는가라고 물으면 어떻게 답해야 정답일까?

셀룰로스라고 하면 틀린다.

답은 다당류로 되어 있다고 해야 한다.

나무는 헤미 셀룰로스 30%, 셀룰로스 30%, 니그린 30%, 그리고 펙틴으로 되어 있다. 모두를 포괄하는 개념이 다당류이다.

꽃잎 하나에 6 개씩 모두 36 개의 구멍에서 글루코스가 나온다. 2000 개의 글루코스가 연결되어 있다.



식물의 녹말(starch)과 등가물이 동물의 글루코겐이다. 동물의 근육 속에 들어 있다.(그림 3) 액틴과 미오신 필라민트들이 슬라이딩을 한다. 주위에는 미토콘드리아가 우글거린다. 빨간 구슬이 사슬처럼 되어 있는 것이 글루코겐이다. 녹말은 감자 고구마 밀가루 등 우리 주위에서 흔히 볼 수 있다. 그러나 우리는 글루코겐은 본적이 거의 없다. 근육 속에 있어 볼 수가 없다. TEM 으로 찍어야 볼 수 있다. 반드시 한번 봐야 한다.

나무 잎 속 세포를 확대해서 보면 엽록체 속에 녹말이 쌓여 있다. 소는 풀 밖에 먹지 않는데 어떻게 단백질과 우유를 만들 수 있을까? 풀 속에 녹말이 있다. 모든 식물의 잎에는 녹말이 있다. 녹말과 글루코코겐은 완벽히 같은 분자이다.

포도당과 셀룰로스는 하나만 다르다. 연결 양상이 다르다. 모든 출발점은 한 곳, 글루코스이다. 녹말은 직선으로 연결 된 아밀로즈(amylose)와 2-3 가지로 된 아밀로펙틴(amylopectin)으로 구성된다.(그림 3 참조) 일반적인 녹말의 구성비는 아밀로즈 20%, 아밀로펙틴 80%이다. 100% 아밀로펙틴으로 된 벼가 찰쌀이다. 결 가지가 많으므로 찰기가 많다.

출발은 점 하나 글루코스이다. 글루코스만 알면 된다. 식물은 <그림 1,2> 2 가지 그림이면 끝난다. 이 두 그림은 일반교과서에서 만나기 어렵고, 최근 논문에 나오는 것이다.

<그림 2>의 맨 바깥 wall 이 middle lamella 이고, 그 안 쪽이 primary wall 이다. 넓은 부위가 secondary wall 이다. s1, s2, s3 세개 층으로 되어 있다.

목재 나무의 대부분은 secondary wall 이다.

핵과 골지체가 있는 부분은 primary wall 과 secondary wall 이 확장해 들어 옴에 따라  
마지막에는 죽는다.

식물의 본질은 잎이다.

수많은 종의 식물이 있지만 씨가 발아할 때의 모습(싹)은 동일하다.

나머지는 겉보기 형상일 뿐이다,

이것을 극단적으로 보여 주는 것이 수경재배이다.

식물의 본질은 뿌리가 아니다. 그래서 땅이 없어도 된다. 수경재배에서 보듯이 잎과 뿌리  
그리고 물의 흐름만 있다.

그러면 식물의 본질은 무엇인가? 잎이다. 고구마 심을 때 잎과 줄기만 꽃으면 된다.

식물의 본질은 목재가 아니다. 그것은 죽은 것이다.

녹색식물이고, 녹색인 이유는 광합성을 할 때 붉은 빛을 흡수하고 녹색을 반사하기 때문이다.

그래서 지구상 모든 식물은 녹색을 띤다.

식물의 본질은 광합성이고, 결과는 글루코스를 만든다는 것이다. 글루코스만 따라가면 된다.

사고실험도 결정적 지식을 바탕으로 해야 한다.

식물과 동물의 본질적 패턴을 봐야 한다. 식물은 고정되어 움직이지 않는다.

광합성을 위해 햇빛을 쬐어야 하고 햇빛의 일정부분인 자외선을 피할 수 없다.

그래서 자외선으로 인한 활성산소문제를 해결하기 위해 비타민 C 등을 개발했다

결정적 지식을 확실하게 갖고 있는 사람은 엉뚱한 질문을 하지 않는다.

식물이 음악을 듣는다든지 제발 그런 소리 하지 마라.

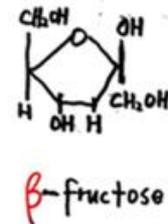
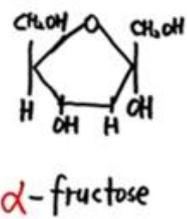
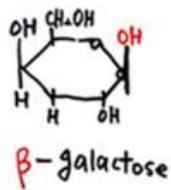
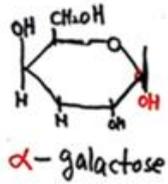
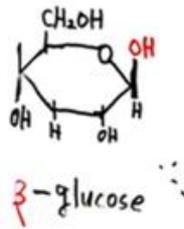
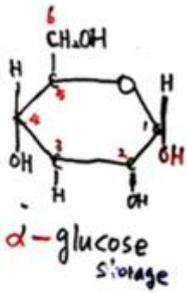
그리고 식물은 움직이지 않기 때문에 신경세포가 없다.

반면 동물은 움직인다. 자외선을 피하기 위해 동굴 속으로 들어갈 수 있다. 브레인은  
움직이기 위해 있는 것이다.

결국 글루코스 분자 하나만 알면 된다.

글루코스 분자를 제대로 알아야 한다.

글루코스는 6 탄당이다



보통 당이라고 하면 설탕이나 녹말만 당이라 생각하는데 그것은 당의 5% 밖에 안 된다. 당은 더 큰 개념이다. 단백질 정도로 크다.

### 당의 분류

단당류:글루코스(포도당), 프룩토스(과당), 갈락토스, 만노스, 아라비노스, 자일로스,

2 당류:말토스(맥아당), 락토스(유당), 수크로스(설탕)

다당류:식물-셀룰로스

동물-글루코겐

과당이 제일 당도가 높다. 설탕의 2 배다. 과당은 꿀 속에 많다.

유당도 설탕보다 1.4 배 달다.

글루코스는 6 탄당이다. 포도당이다. 사람을 남, 여로 나누듯, 포도당도 알파 글루코스와 베타 글루코스로 나눈다.

알파와 베타의 구분은 1 번 탄소에 붙은 OH 기의 위치이다.

아래에 붙으면 알파, 위에 붙으면 베타 글루코스이다.

알파 글루코스는 영양물질이고 저장용이다.

알파 글루코스가 모인 것이 녹말이고, 베타 글루코스가 모인 것이 셀룰로스이다.

갈락토스는 4 번 카본에 붙은 OH 기의 위치가 글루코스와 바뀐 것이다.

OH 기가 위로 간 것이 갈락토스이다. 나머지는 부분은 글루코스와 동일하다.

갈락토스도 알파와 베타가 있다.

과당은 5 각형이다.  
과당도 알파와 베타로 구분된다.  
과학은 대충 알면 모르는 것과 같다.  
알파는 O가 아래로 오고 베타는 위로 간다.

식물에서 설탕은 글루코스 다음으로 중요하다.  
앞에서 광합성이 이루어지면 앞에 녹말 형태로 저장한다.  
글루코스와 녹말 형태로는 체관을 이동할 수 없다. 설탕 형태로 이동한다.

시베리아와 알래스카의 모기가 유명하다. 그곳의 모기들은 동물의 피보다는 식물의 설탕물을 먹는다.  
매미도 식물의 체관에 침을 박아 설탕물을 먹는다. 체관에는 설탕이 이동한다. 곤충은 설탕물을 먹는다.  
식물 몸체에 흐르는 것은 포도당이 아니라 설탕이 흐른다. 모든 식물이 그렇다.  
사탕수수나 사탕무우 뿐 아니라 정도의 차이는 있어도 모든 수액에는 설탕물이 흐른다.  
초근목피를 먹는다는 말이 맞다.

설탕은 반드시 공부해야 한다. 결정적 지식이다.

Glucogen은 동물의 저장당이다. 곁가지에 글루코스가 포도송이처럼 매달려 있다. 수 만개가 달려 있다.  
식물이든 동물이든 에너지 소스는 점 하나다. 알파 글루코스이다.

자연과학은 초기 단계에서는 복잡하지만 조금만 견디고 나면 어느 순간 다 정리된다.  
그 단계만 버티고 나면 다음에는 통째로 전체가 다 보인다.

에너지가 필요할 때 글루코스를 끝에서부터 떼낸다. 가지가 많은 쪽이 단위 시간당 더 많은 에너지를 낼 수 있다.  
식물의 녹말은 아밀로스나 아밀로펙틴으로 구성되어 있어 천천히 분리된다.  
그러나 동물의 글루코겐은 가지가 많아서 신속히 분리되어 에너지로 쓸 수 있다.  
식물은 움직임이 필요 없어 천천히 분리되어도 되지만, 동물은 동시에 폭발적인 에너지가 필요하기 때문이다.  
병원에서 맞는 수액은 포도당이다.  
포도당을 맞은 사람이 바로 원기를 회복하는 것은, 다 분리된 글루코스를 직접 주입하기 때문이다.

점 하나가 에너지로 바뀌는 과정이 해당작용과 TCA 회로이다. 벌써 50 시간이나 했다.

두 번째 관문은 에너지를 만들지 않는 글루코스가 있다는 것이다. 구조 다당류이다.  
에너지를 만들지 않는 글루코스가 베타 글루코스이며 셀룰로스이다.  
셀룰로이드, 셀로판 지, 필름, 레이온 등이 셀룰로스에서 나왔다.

포유동물은 베타 글루코스를 분해하지 못한다.

만약 인류가 셀룰로스를 분해하는 능력을 개발한다면 식량 문제를 영원히 해결할 수 있을 것이다.

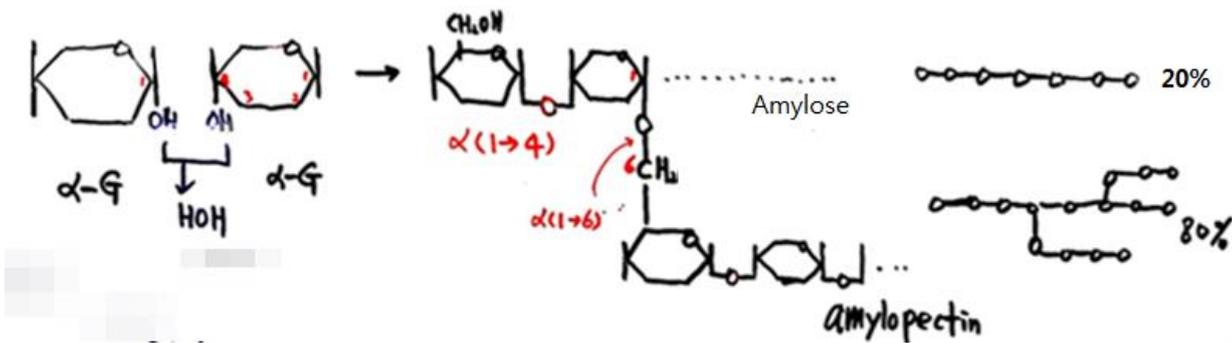
그러나 일부 박테리아는 분해할 수 있다.

개미의 창자 속 박테리아가 분해한다. 그래서 개미가 나무를 갉아 먹는다.

개미가 소화시키는 것이 아니라 박테리아가 소화하는 것이다.

## 이당류

알파 글루코스와 알파 글루코스가 결합하는 방법



1 번과 4 번의 OH 기가 만나 물 한 분자가 빠지고 결합된다. 알파 1-4 결합이라고 한다. 그 상태로 계속 결합된 것이 amylose 이다.

그리고 1 번의 OH 기와 6 번의 OH 기가 만나면서 가지를 치면(알파 1-6 결합) amylopectin 이 된다.

아밀로스 20%와 아밀로펙틴 80%로 구성된 것이 녹말(starch)이다. 알파글루코스가 수천개 연결된 것이다.

동일하게 동물에게 있는 것이 글루코겐이다. 알파 글루코스를 n 번 한 것이다. 먹는 것이다.

글루코겐의 30% 정도는 간에서 만든다. 간은 글리코겐 덩어리다. 1kg 이 넘는다.

그래서 간이 나빠지면 피곤하다. 생생한 에너지 공급이 잘 안되기 때문이다.

생생하다는 말은 브레인에 글루코스가 많이 공급된다는 말이다.

밥은 3 시간마다 먹어야 한다. 그래야 머리가 멍하지 않다.

간에서는 하루 정도 사용할 수 있는 글루코겐을 보유한다.

근육에 있는 것은 10 분 정도면 다 사용한다.

운동효과도 집중적으로 강하게 5 분 정도 운동하는 것이 더 많은 에너지를 사용한다.

10,000 보 걷기의 허상에서도 지적되었듯이 맹렬한 운동 10 분보다 에너지 소비가 적다.

근육 속 글루코겐은 10 분이면 쓴다. 전력 질주를 10 분 이상 못한다. 탈진한다. 음식을 먹으면 곧장 혈중으로 글루코스가 분비된다.

간에 있는 글루코겐을 다 쓰고 나면 근육을 분해한다. 글루코겐과 녹말은 완전히 같은 개념이다.

식물에는 알파와 베타 글루코스가 있다. 동물에는 베타 글루코스가 없다.

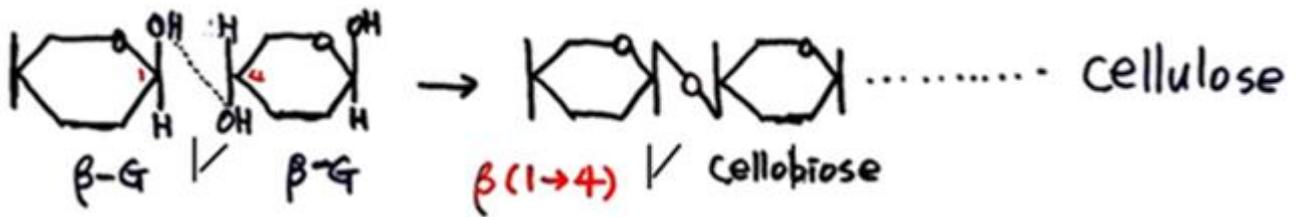
식물에만 있는 베타 글루코스가 결합된 것이 셀룰로스이다

구조당이라 한다. 목재이다. 동물에는 구조당이 없다.

구조당은 동물의 뼈와 같다.

알파와 베타만 구분하면 된다.

### 베타 글루코스와 베타 글루코스의 결합



OH 기와 OH 기의 결합이다. H<sub>2</sub>O 가 빠지고 O 만 남는다. N 자 결합이 된다. 베타 1-4 결합이다.

2 개 붙은 것이 cellobios 이다. 2000 개 이상 무한대로 간다. 이것이 종이, 나무, 목재 이다. 셀룰로스이다.

목재는 구조물이다. 이것을 구조당이라 한다. 식물의 뼈로 보면 된다. 지지하는데 살아 있을 필요는 없다. 그래서 죽은 세포이다.

개미에게는 같게 보인다. 개미는 사찰의 기둥을 갉아 먹는다. 그것이 주식이니까. 고목 나무가 개미의 밥이다.

개미는 분해 못하지만 개미의 창자 속에 있는 박테리아는 그것을 분해한다.

박테리아는 주로 큰 창자에 있다.

일부 설치류의 큰창자에 셀룰로스를 분해하는 박테리아가 산다. 그러나 분해된 셀룰로스가 흡수하기도 전에 변으로 배출된다.

변에 포도당이 가득 들어 있다. 그래서 토끼가 자기 똥을 먹는다. 다시 소장을 거치면서 흡수할 수 있기 때문이다.

소의 경우 풀을 먹지 않은 시간에 계속 씹는다. 소는 위에 있던 풀을 쉬는 시간에 반추위로 올려 보낸다.

반추위에 셀룰로스를 분해하는 박테리아가 사는데, 다시 씹어서 내려 보내면 셀룰로스가 잘 분해되기 때문이다.

어떻게 과학을 어렵다고 하나. 이렇게 재미 있는 이야기가 덩어리로 있는데! 과학의 위대한 발견이다.

이 이야기에서 하나만 알면 된다. 결국은 글루코스 이다.

베타 글루코스가 2-3 천개 연결된 것이 cellulose microfibril(섬유소)이다.

에너지가 나오지 않는다. 동물은 셀룰로스를 쪼갤 수 없기 때문이다.

식물을 안다는 것은 cellulose synthesis complex 가 어떻게 동작하는지 이해하면, 나무가 뭔지, 종이가 뭔지를 아는 것이다.

글루코스를 포도당이라고 쓰기 때문에 헷갈린다.

이제는 알파 글루코스 베타 글루코스로 써야 한다. 용어 때문에 다 속았다.

섬유소 가닥과 가닥 사이는 분리 되어 있는 것이 아니라 수소 결합으로 되어 있다.

설탕을 만들어야 한다.

동물의 피와 같은 것이 식물의 설탕이다. 광합성 결과물을 식물 전체에 이동 시키는 물질이다.

이것을 곤충이 침을 박아서 중간에서 납치한다.

동물이 영양 공급을 위해 피를 순환 시키듯이, 식물은 설탕을 앞으로부터 모든 곳에 보내 준다.

식물의 몸집 전체는 궁극적으로 설탕으로 만들어 진다.

설탕은 과당과 포도당의 결합으로 되어 있는데, 만들어 질 때는 과당이 빠져 나온다.

UDP-G 에 붙는 글루코스는 베타글루코스이다.

성인은 우유를 먹으면 설사한다.

그래서 동양인과 서양인의 체력이 차이가 난다.

박항서 감독이 베트남 선수들에게 우유를 먹게한 것은 유명한 일화가 되었다.

베트남 선수의 체력보강을 위해 한 것이다.

역사적으로 동양과 서양의 전투에서 대부분 서양이 이겼다. 세계를 제패한 민족은 우유를 먹는 민족이다.

동양에서 세계를 지배한 사람은 징기스칸 밖에 없다. 징기스칸은 전형적으로 우유를 먹었던 사람이다.

몽고인은 어류를 먹지 않는다. 생선을 먹는다는 것은 상상을 못한다.

그들은 백색을 숭상한다. 이유는 하나, 우유 빛이기 때문이다.

포유류가 만든 가장 위대한 산물이 유당(젖)이다. 젖 속의 에너지 소스가 유당이다.

젖 속에만 있다. 인간을 포함한 포유류 전체의 핵심 키워드가 유당이다.

어류는 알을 수 천 개 낳는다. 파충류는 한 배에 많게는 100 개까지 낳는다. 포유류는 10 마리가 기준이다.

포유류는 형제 간에 어미의 젖을 두고 경쟁관계에 놓인다.

그래서 다 자란 포유류는 우유분해 효소가 더 이상 나오지 않도록 진화 되었다. 그래야 뒤에 태어난 새끼들이 우유를 먹을 수 있기 때문이다.

그래서 포유동물이 번성할 수 있었다. 어른은 우유를 분해할 수가 없다.

이것을 극복한 종이 나왔다. 유로피언이다.

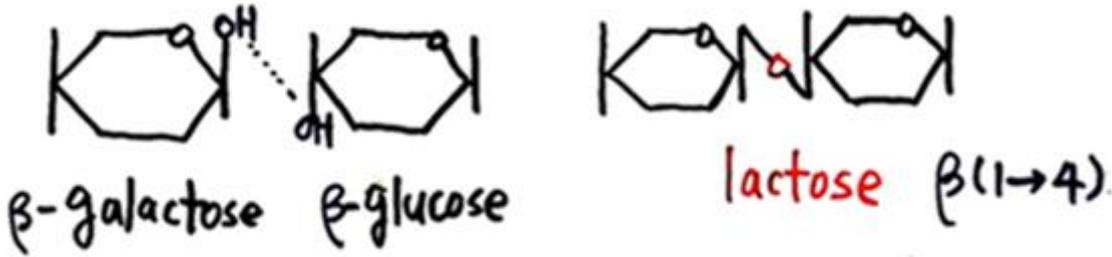
유럽인종을 포함한 유목 민족들은 목축업을 통해 얻은 치즈와 요구르트를 섭취하면서 우유 소화 능력이 다시 회복되었다.

1 만년 전 유적에서도 치즈 만든 흔적이 나온다. 유목 민족만 우유를 분해하는 능력이 회복되었다.

그래서 우유를 먹는 민족이 세계를 정복했다.

우유는 계속 먹으면 소화할 수 있다. 우유를 먹어야 한다.

유당은 갈락토스와 글루코스의 결합물이다.



베타 갈락토스와 베타 글루코스의 결합이다.

1 번 OH 기와 4 번 OH 기가 결합한다. N 자 결합이다. 베타 1-4 결합이다.

무한히 결합하는 것이 아니라 2 개만 결합한다. 우유 속에 있는 당은 이것 밖에 없다. 락토스이다. 유당이라고 한다.

이것이 세계사를 바꾸었다.

당은 단당류, 이당류, 다당류로 나눈다.

단당류는 대부분 6 탄당이다.

glucose, galactose, fructose, mannose, xylulose 등이 있다.

이당류는 maltose(맥아당), sucrose(설탕), lactose(유당), cellobiose 등이 있다.

이당류 중에서 가장 중요한 당이 설탕이다.

설탕은 글루코스와 프룩토스가 결합한 것이다.

다당류를 나누는 방법이 두 가지다. 저장당과 구조당이다.

식물의 저장당이 녹말이고, 동물의 저장당은 글루코겐이다.

구조당은 식물에는 셀룰로스가 있으나 동물에는 없다.

이 모든 것의 출발은 딱 하나 글루코스이다.

글루코스의 알파와 베타만 구분하면 된다.

궁극적으로 알아야 할 것은 알파 글루코스 하나다. 동물에는 베타 글루코스가 드물다.

알파 글루코스가 모인 것이 식물은 녹말, 동물은 글루코겐이다. 베타 글루코스가 모인 것이 식물의 셀룰로스이다.

베타 글루코스는 동물은 사용 못한다. 박테리아만 쓴다.

식물도 셀룰로스는 에너지원으로 쓰지 않는다. 식물의 에너지원은 녹말이다.

에너지원은 전부 알파 글루코스로 되어 있다.

알파 글루코스는 탄소가 6 개인 6 탄당이다.

해당작용을 통해 쪼개져 3 탄당인 피루브 산이 된다.

3 탄당을 사용하는 생체기관이 미토콘드리아이다.

미토콘드리아 속에서 3 탄당을 다시 6 탄당으로 바꾸고 5 탄당, 4 탄당으로 바꾼다.

6 탄당에서 4 탄당으로 바꾸는 과정(TCA 회로)에서 NADH 를 만든다.

NADH 속에 태양의 에너지를 머금은 음식물의 전자를 품고 있다.

고구마 감자 등을 먹는다는 것은 NADH 라는 분자 속에 있는, 광합성 과정에 들어온 태양의 에너지를 머금은 전자를 먹는 것이다.

사람은 물 없이도 일주일만 버틸 수 있으나, 식물은 땀 밖에 하루만 물 공급이 없으면 죽는다. 깊이 생각해 봐야 한다.

어떤 조건을 빼냈을 때 동물 식물이 얼마나 생존하는가를 관찰해 보면 본질을 알 수 있다.

동물은 호흡을 멈추면 5분을 견디지 못한다.

그것은 호흡이 동물의 생명에서 근본적이기 때문이다.

산소가 5분만 공급되지 않으면 미코콘드리아는 죽는다.

어떤 사람은 자연과학 공부를 하지 않았지만 잠시 이야기를 들어도 그 순간에 깨닫는 사람이 있다. 많지는 않다.

정목 스님이 몇 년 전 유니버설랭귀지 표지를 보고 전율하여, 언젠가 그 표지를 예술품으로 남기고 싶다는 생각을 하셨고, 인간문화재 동판 작가에게 부탁하여, 그 표지를 A4 10장 크기의 동판으로 제작하여 이번 초파일에 전시 하신다는 것이다.

정목 스님은 자연과학을 공부하지는 않았지만, 유니버설랭귀지 표지를 보는 순간 전율하신 것이다. 그래서 예술가를 설득하여 2년간에 걸쳐 수학공식을 작품으로 만드신 것이다

결정적 지식을 처음 접했을 때 전율한다.

나도 <그림 1>과 <그림 2>을 보았을 때 전율했다.

식물의 본질이 셀룰로스이고, 글루코스가 36개 구멍에서 나와 2000개나 연결되어 셀룰로스를 만드는 것이다.

그것이 나무가 되고, 나무로 뗏목을 만들어 섬과 섬을 연결하고, 집을 만들고, 종이를 만들어 지식과 문화가 세대와 세대로 전달된다.

어떻게 눈물이 나오지 않을 수 있는가?.

계속적으로 질문하는 사람은 본질을 못보고, 핵심을 못 만났다. 핵심을 만난 사람은 그 순간에 얼어 붙는다.

보는 순간 알고, 전율을 느낀다. 전율하지 못하는 것은 본질을 만나지 못하고, 결정적 지식을 만나지 못했기 때문이다.

공부는 박히는 것이다. 한번 박힌 말뚝은 뽑 수가 없다.

식물이 셀룰로스를 만드는 과정은 누에가 비단을 만든 것이나, 거미가 거미줄을 만드는 것보다 1000배나 더 경이로운 것이다.

글루코스 분자 하나가 분해되어 무엇을 만드는가?

셀룰로스 만드는 것을 보고 전율한 사람은 그 순간 많은 것을 알게 된다.

왜 콩에는 단백질이 있고, 왜 올리브나 참깨에는 기름이 나오는가?.

바로 이 질문과 동일한 질문이다.

답은 하나이다. 광합성이다. 광합성에서 글루코스를 만들기 때문이다. 글루코스! 이 하나면 끝이다.

자연과학은 끝이 있다. 우주가 시작점이 있었다. 그 시작 점만 알면 다 아는 것이다.

처음에는 헛갈리고 어렵다. 그러나 그 고비를 넘고 나면 모든 것을 아는 순간이 온다. 그 순간 더 이상 잡다한 지식이 필요 없다. 식물에서 셀룰로스가 만들어 지는 과정을 알면 더 이상 없다.

글루코스가 2000 개 합쳐 지려면 하나 하나를 옮겨야 한다. 누가 옮기는가?. 옮기는 운송수단이 UDP 이다.

UDP 가 얼마나 많아야 하는지는 상상이 될 것이다.

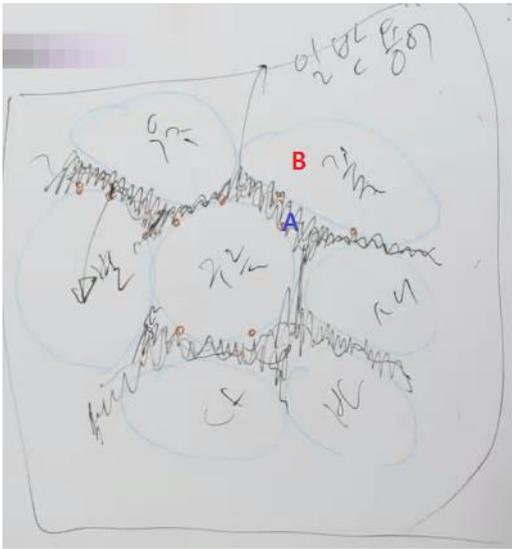
지구상 생체 분자 중 가장 많은 것이 셀룰로스이다.

만약 인류가 셀룰로스를 분해하는 효소를 만들면 인류의 식량 문제는 바로 해결 될 것이다.

근본적인 것에 전율하는 순간이 있다. 결정적 지식에 전율해야 한다.

전율하지 못하는 것은 본질을 만나지 못하고, 결정적 지식을 만나지 못했기 때문이다.

그러면 왜 그러한 결정적 지식을 만나지 못하는가?



우주, 바위, 구름, 꽃, 새, 별은 보았으나 한번도 과학적으로 그 속에는 들어가지 못했다. 왜? 인간이 다니는 길(A)만 가면서 일상용어만 쓰기 때문에 들어가지 못한다. 그래서 비유를 쓰면 좋아하고 재미있어 한다. 과학 용어를 쓰면 졸린다.

과학용어를 쓰지 않으면 우주, 구름, 꽃, 새, 나무, 별 속에 한 발짝도 들어가지 못한다. 다니는 길만 다니기 때문이다. 들어가지 못하는 이유는 A 에서만 살고 있기 때문이다.

과학의 세계에 들어가는 입구가 있다. 들어가는 입구를 우연히 접하는 경우가 있다. 정목 스님 같은 경우는 책 표지를 보고 전율하여 들어오신 것이다. 그래서 그 분은 행동한다. 여기에 다른 분야의 박사 분들도 계시지만, 몇 년을 공부했는데도, 질문을 들어보면 아직 그 속에 들어가지 못했다는 것을 느낀다.

운 좋게 충돌해서 들어 가는 경우도 있다. 예를 들어 글루코스 같은 경우이다. 그러나 사실은 글루코스가 입구가 아니고 알파나 베타나가 입구이다. 이제 입구가 뭔지 정확히 알 것이다.

이것을 다른 말로 부르는 용어가 결정적 지식이다. 이 문 밖에 없다.  
결정적 지식을 운 좋게 터치하는 사람은 폭발한다. 초등학교 밖에 나오지 않은 사람도 들어갈 수 있다.  
들어올 수 있는 문이 이온 채널 같다. 정해져 있다. 이 곳을 터치하지 않고는 들어올 수 없다.  
여러분은 새, 별, 바위, 나무, 우주, 동물, 식물, 설탕, 카페인 한번도 만난 적이 없다.

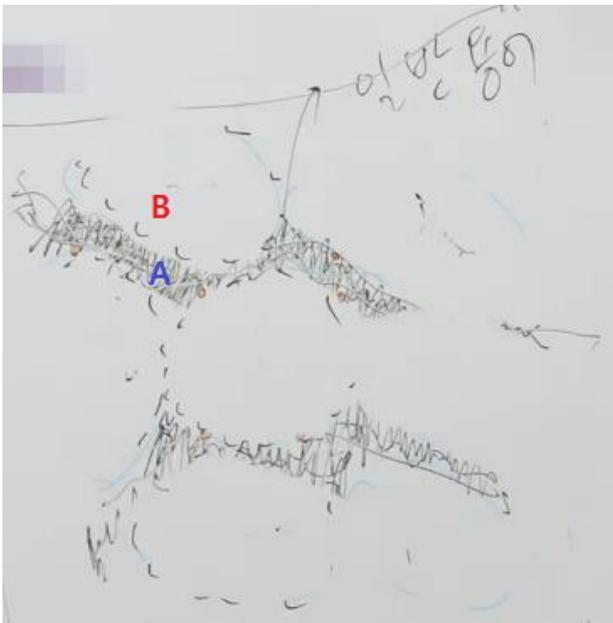
그런데 모든 분야에 통째로 들어가는 문이 있다.  
우주는 원자로 되어 있다. 그런데 원자가 아니고 분자가 통째로 들어갈 수 있는 결정적 문이다.  
물론 기저에 전자, 양성자, 광자가 있지만, 실제로 들어가는 문은 분자이다.

오늘 글루코스 중 알파 글루코스 하나만 갖고 가면 된다.  
이 알파 글루코스를 100 번 그려보라. 그러면 어느 순간 펑하고 오는 것이 있다.  
그러면 다 해결 된다.

주위에 물리학, 유기화학, 생물학 하시는 분이 계시지만 전문가는 자기 분야만 안다.  
그 분들이 별을 아는가. 그렇지 않다.  
그래서 통째로 들어가는 운동이 박자세 과학문화운동이다. 모든 키는 분자로 들어가면 다 해결 된다.

어떤 강의에서 분자식을 쓰지 않으면 사기라고 봐도 된다. 인문학이나 같다.  
수학을 수학 수식을 쓰지 않고 강의해 달라고 요구하면 안 된다.  
수식을 쓰지 않는 우주론이나 일반상대성 이론 강의는, A 쪽 길 밖에 다니지 않는 것이다.  
그래서 점점 A 쪽 길이 더 하이웨이가 된다.  
그 길을 광속으로 간다. 더 빨리 갈수 있지만 더 빨리 틀린다.

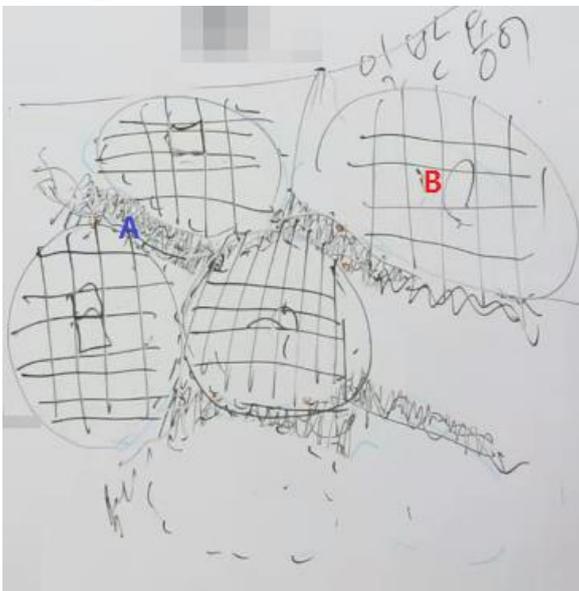
그런 사람 많이 봤다. 입구도 들어가지 않는다. 갔던 길을 30 년 닦아서, 그 길을 광속도로 달린다. 논쟁하면 질 수 밖에 없다. 항상 그 길만 다니기 때문이다.  
30 년을 이야기해도 본질(B)에 들어가지 못한다.



그런데도 그들의 세계는 있다. 껍데기만 있는 세계이다. 이 세계도 가능하다.  
 자연과학을 제외한 다른 분야 전문가와 이야기해 보면 벽을 느낀다.  
 자기가 다녔던 하이웨이가 너무나 잘 되어있다. 매일 이야기 하면서 그 길로만 다닌다.  
 그 길이 하이웨이가 되어 광속으로 달린다.

이제는 점선도 잘 보이지 않는다. 없어도 생존을 더 잘한다. 연구자들은 논문도 더 잘 쓴다.  
 논문 잘 쓴다고 다른 분야를 통찰할 수 있느냐? NO! 자기가 갔던 길이 강화되어 본질은  
 흔적도 없다. 못 들어 간다.

척 들어가서 운 좋게 결정적인 것을 본 사람은 이 윤곽이 보이고, 이것이 진짜 세계라는 것을  
 알게 된다.



이 세계는 더 놀라운 세계이다. 들어가기만 하면, 그곳은 바둑판 같은 격자구조로 되어 있다.  
 격자구조이므로 하나만 알면 된다. 하나를 무한 반복한다.  
 질문이 많거나, 과학이 어렵다고 하는 사람은 과학의 근처에도 못간 사람이다.

그 원리를 정말로 공유하고 싶다.

A 쪽 세계는 자기가 닦은 길이라서 자신의 감정과 느낌의 세계이다.

그러나 B 쪽 세계는 감정과 느낌이 없는 물질의 세계이다. B 쪽 세계의 구성원리는 반복하는 세계이다.

공학이나 자연과학 하는 사람은 박사 논문 쓸 때 지도교수가 그 실험이 10 번 이상 같은 결과가 나오지 않으면 발표 못하게 한다.

재현 가능해야 한다. 이 세계는 동일한 것의 반복일 뿐이다.

단당류, 이당류, 다당류라는 말은 단당이 두 개가 되거나 수백, 수 만개 된다는 이야기 이다. 그러면 하나만 알면 모두다 알 수 있다.

하나만 알면 된다. 다 알아야 한다고 생각하는 사람은 과학 근처에도 못간 사람이다.

사이언스는 다 그렇게 되어 있다.

천문학도 하나만 알면 된다. 생명과학은 폴리머 세계이다. 하나만 알면 된다.

자연과학은 끝이 있다. 왜냐하면 하나를 X 축, Y 축으로 무한히 증식시키면 되기 때문이다

A 쪽 길은 문학과 예술의 길이다

이쪽 길은 자기 감정이 만든 길이다. 인문학적 길이다.

패턴이 있고 시대 사조가 있다. 그리고 특히 자기해석이 있다.

과학은 자기해석이 있으면 안 된다. A 길은 자기해석으로 일관된다.

과학의 세계는 하나로 X 축과 Y 축으로 무한히 계속된다.

결국 전자, 광자, 양성자 뿐이다. 자연과학 끝!

과학이 어렵다고 하면 근처에도 못 왔다.

글루코스 하나로 입자론과 우주론까지 간다.

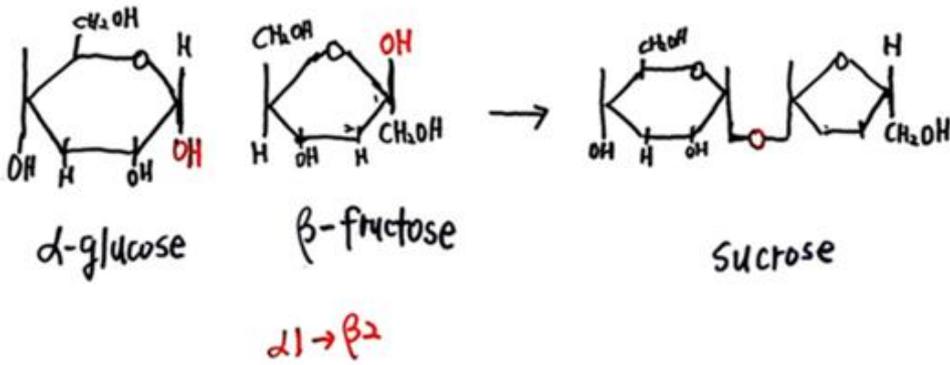
식물에서 나무, 종이가 뭘지는 알았다.

다음은 왜 식물에서 단백질과 기름이 나오는가?.

기름과 글루코스는 무슨 관계인가. 그리고 식물에서 어떻게 단백질이 나오는가.

벌써 답을 알고 있다. 식물에 관한 질문에는 광합성이라고 하면 90 점 받는다.

설탕이 중요하다. Sucrose 이다.

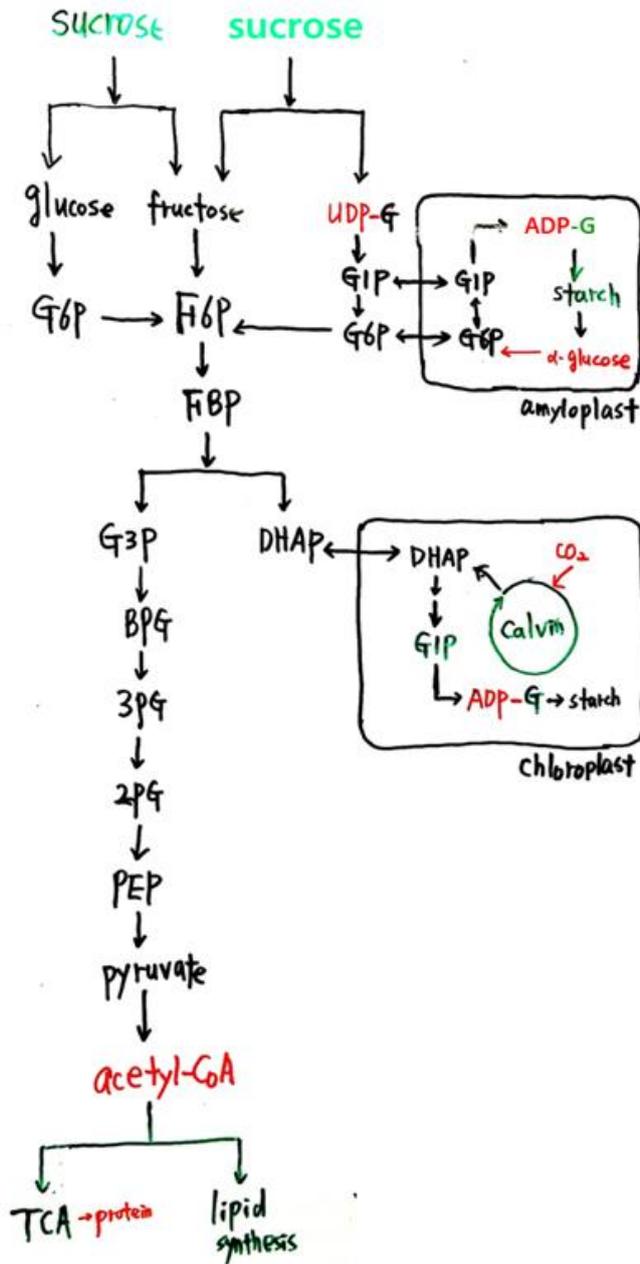


설탕은 알파 글루코스와 베타 프룩토스가 결합한 것이다.

프룩투스는 5 각형이다.  
결합 방법이 쉽지 않다.

<세계사를 바꾼 17 가지 화학 이야기 1,2 권>에서 설명해 놓았다.  
베타 글루코스를 180 도 회전하고 또 아래 위를 뒤집어야 된다.  
교과서에서도 아직 명확하지 않다. 결론은 U 자 결합이다. 알파 1-베타 2 결합이다.  
이것이 설탕이다.

그러면 설탕이 어떻게 변환하는가?



설탕 2 분자가 결합한다.

한 분자는 글루코스와 프룩토스로 나뉘어지고, 한 분자는 프룩토스와 UDP-G 가 된다.

UDP-G 는 G1P 를 거쳐 G6P 가 되어 F6P 가 된다. 그 후에는 해당과정을 거쳐 pyruvate 가 된다.

pyruvate 가 acetyl-CoA 이 되고 acetyl-CoA 는 TCA 회로에서 amino acid 를 만들고, Lipid synthesis 과정에서 fatty acid 를 만든다.

설탕 많이 먹으면 살찌고, 중성지방 생긴다. 식물 동물 모두 해당한다.

재미 있는 것이 아니고 전율해야 한다.

G1P가 화물트럭 ADP-G에 실려가서 녹말이 만들어진다. 녹말이 식물 세포 앞에 저장된다. 그리고 그 녹말이 분해되어 알파 글루코스가 나온다. 알파글루코스가 G6P가 된다. 다시 같은 코스를 돈다.

UDP, ADP는 유전 물질이다. 삼국지 이야기하다 나폴레옹 이야기 하는 것처럼 다른 이야기 속에서 만난다. 유전물질이 운송수단으로 쓰인다.

생물학을 보는 관점이 넓어진다. 그런 것을 여러 번 경험해야 동물이 뭔지, 식물이 뭔지에 대한 제대로 된 질문이 가능해진다.

Plast는 색소체이다.

식물이, 녹말이나 단백질, 지질 등을 저장하는 막으로 된 덩어리다. 그 중 하나가 엽록체이다. 5가지나 된다. 그것을 통칭하는 것이 플라스트이다.

풀만 먹은 소가 어떻게 우유를 만드는지는 이 그림을 보면 알 수 있다.

식물의 앞에서 광합성을 해서 나온 글루코스를 낮에는 녹말로 바꾸어 앞에 저장한다.

식물의 잎을 먹는 것은 녹말을 먹는 것이다. 그래서 공룡이 하루 600kg의 풀을 먹고 무게가 10톤이 나갔다.

그런데 저장을 위해 뿌리로 갈 때 녹말이나 글루코스 형태로 이동하지 못한다. 유일하게 설탕으로만 이동할 수 있다.

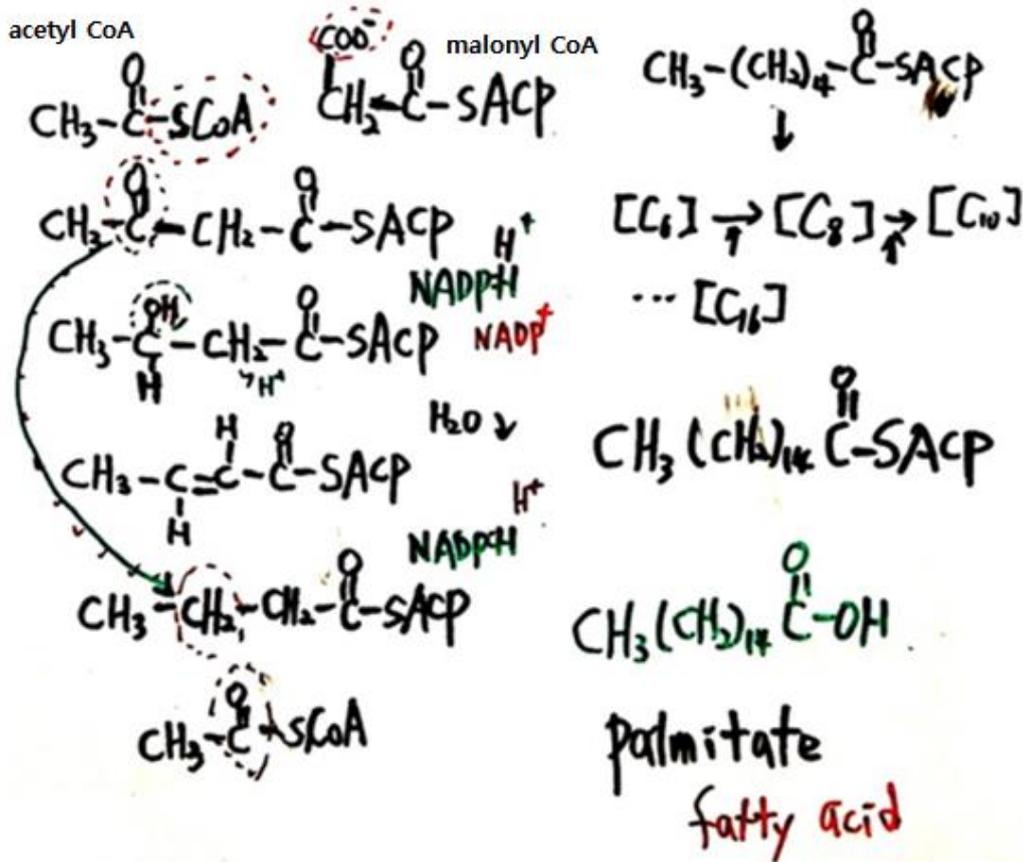
저장을 할 때는 설탕을 분해하는데 그 때 나오는 글루코스를 실어 나르는 트럭이 ADP-G이다.

글루코스, 갈락토스, 프룩토스, 수크로스 분자만 헛갈리지 않으면 식물학 끝난다.

구체적으로 식물이 기름을 만드는 과정이다.

지방산 합성, lipid synthesis이다.

CH<sub>2</sub>가 가장 많은 것은 휘발유이다. 휘발유와 마가린, 기름은 분자적으로 동일하다.



acetyl CoA 와 malonyl-ACP 가 결합한다. 그러면 acetoacetyl ACP 가 된다.  
 이 분자에 NADPH 가 들어가 산화되면 hydroxyl acyl ACP 가 되고 여기서 H<sub>2</sub>O 한 분자를 빼면 trans enoyl ACP 가 된다.  
 마지막으로 다시 NADPH 가 들어가 산화되면 fatty acyl ACP 가 된다. 결과적으로 CH<sub>2</sub> 두 분자가 추가된 형태이다.  
 이와 같은 회로를 추가로 7 번 더(총 8 회) 반복하면 palmitic acid 가 된다.  
 이것이 기름이고 일반적으로 부르는 이름이 fatty acid 이다.  
 (과학리딩 제 28 회 #10 참조)  
 지방산합성은 세포질에서 일어난다. 그러면 팔미트산이 미토콘드리아 속으로 들어간다.

공부를 재미있게 하는 방법은 한발 물러서서 본인에게 물어보는 것이다.  
 식사 하면서 먹는 식물성 기름이 도대체 어떻게 만들어 졌는가?  
 평생 먹는데 한번쯤 물어봐야 하지 않는가?

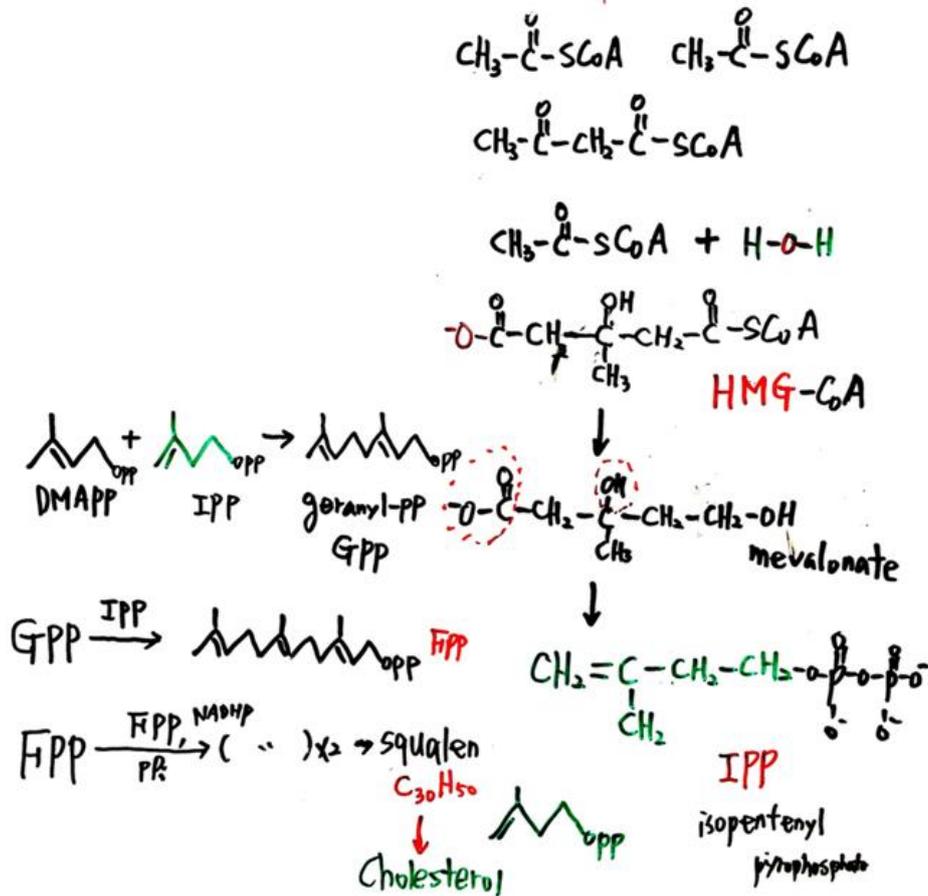
문학자, 종교가, 철학자, 인문학자에게 물어도 한마디도 말 못한다.  
 그런데 우리는 그 운동을 한다. 분자식으로 이해한다.

왜 지방은 에너지가 많고, 곰은 겨울에 먹지 않고도 배의 지방으로 몇 개월을 살아가는가.  
 그 모든 것이 팔미트 산 합성과 분해를 알아야 한다. palmit 산 한 분자에서 8 분자의 Acetyl-CoA 가 나온다.

TCA 회로에서 acetyl CoA 한 분자에서 ATP 몇 분자가 나오는지 배웠다.  
 베타 옥시데이션을 알아야 한다. 미토콘드리아에서 일어난다.

동물에서 핵심은 콜레스테롤이다. 고혈압, 뇌졸중, 관상동맥, 부정맥, 결석증, 요산증 모두 여기에서 기인한다.

콜레스테롤을 만드는 것이 Acetyl-CoA 이다.



Acetyl CoA 두 분자를 결합하면 Acetoacetyl CoA 가 된다.

여기에 다시 Acetyl CoA 가 결합하면서 H2O 한 분자가 들어가면 HMG(hydroxymethyl glutaryl) CoA 가 된다.

생화학에서 매우 중요한 분자이다.

HMG-CoA 에서 mevalonate 가 되고 mevalonate 에서 CO2 를 떼내고 2 개의 인산을 붙이면 IPP(isopentenyl pyrophosphate)가 된다.

이소프로노이드에서 파생한 분자가 26,000 종이나 된다.

IPP 와 쌍둥이 형제 DMAPP(dimethylallyl PP)가 결합하면 GPP(geranyl PP)가 되고 GPP 에 다시 IPP 가 결합하면 FPP(farnesyl pp)가 된다.

이 FPP2 개 분자를 합하면 Squalen 이 된다. Squalen 의 분자식은 C30H50 이다. 산소는 전부 환원되어 보이지 않는다.

Squalen 에서 탄소 3 개가 빠진 것이 콜레스테롤이다.

콜레스테롤에서 우리의 호르몬들이 시작한다.

cholesterol → progesteron → testosterone  
cortisol  
aldosteron

<꽃은 어떻게 세상을 바꾸었는가>라는 책의 마지막 장에서 식물학의 관점에서 생명의 10 단계를 제시 하였다.

## 10 steps of life

1. prokaryotic 원핵세포
2. eukaryotic 진핵세포
3. photosynthesis 광합성
4. multicellular 다세포
5. Cambrian explosion of life  
5억4천
6. green plant on land 4.7억
7. vertebrate on land
8. flower plant  
1.3억
9. human society based on agriculture
10. Industry revolution base on fossil

이런 것이 핵심 지식이다.

이런 대가들이 제안하는 내용을 머리 속에 집어 넣고 사고해야 한다.

광합성이 그만큼 중요하다는 것을 알 수 있다.

식물한테도 중요하지만 동물에게는 더 중요하다. 동물들은 대부분 광합성의 결과를 섭취해야만 살 수 있다.

오늘은 나무와 종이가 무엇인지, 그리고 녹말에서 기름이 어떻게 만들어 지는지 이해했고 ,연결해서 콜레스테롤 합성까지 알아보았다.  
훈련하는 관점에서 콜레스테롤 합성, 지방산 합성, 그리고 베타 옥시데이션은 항상 할 수 있어야 한다.