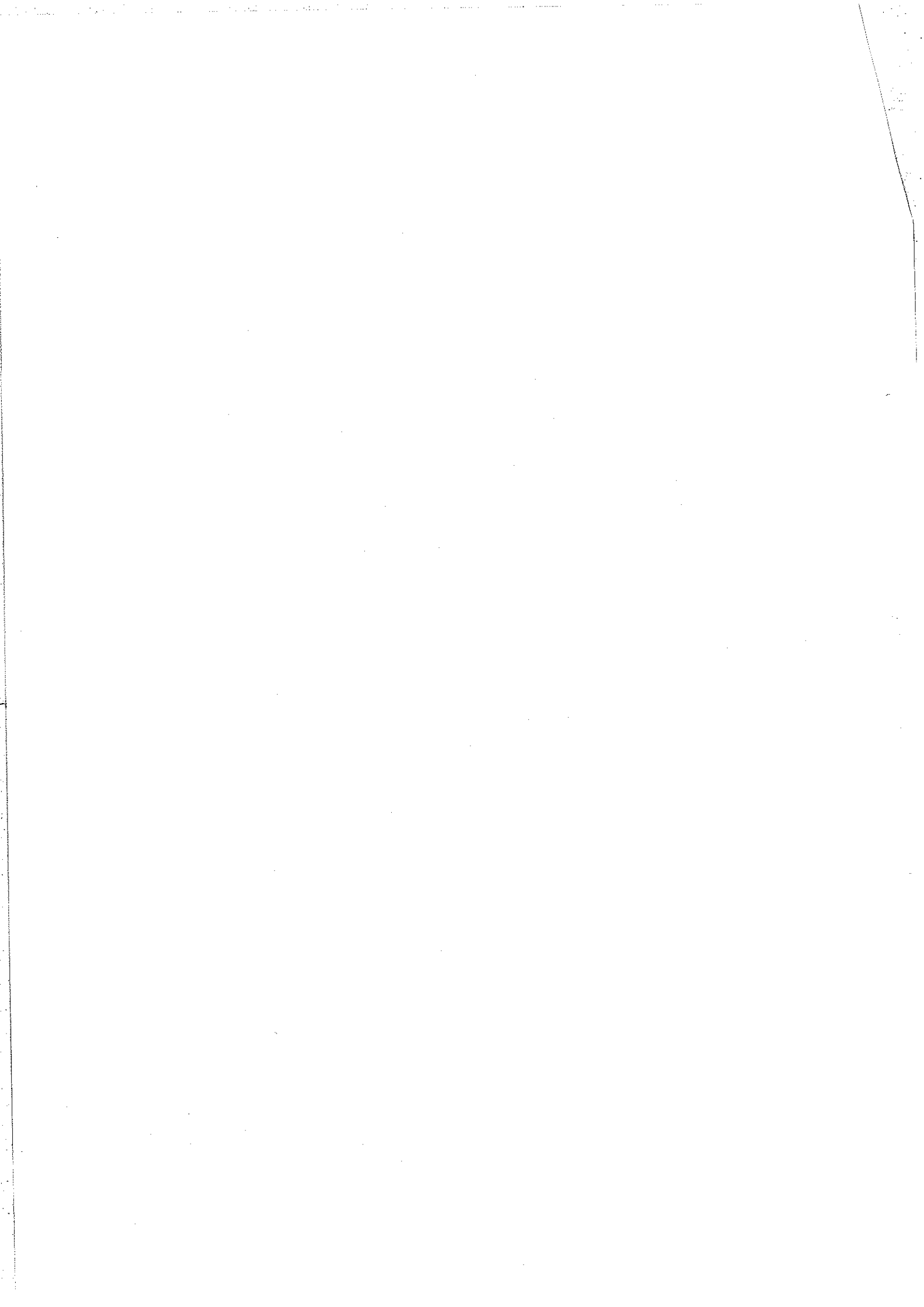


**[BM생물학 솔루션]**

**생화학**  
**[필기노트]**

---

본 강의의 동영상은 <http://up.unipass.co.kr>에 올려져 있습니다.

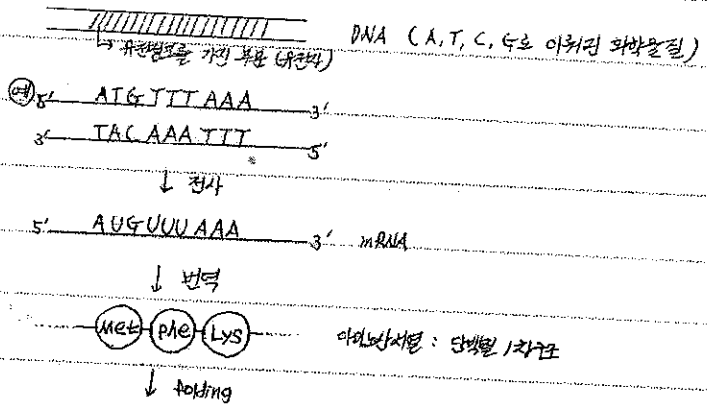


# Chapter 1. 생명현상과 진화체계

## #1. 생물의 특성

1) 생물은 하나 또는 그 이상의 세포 구성 (생물체의 '구조적/기능적' 단위)

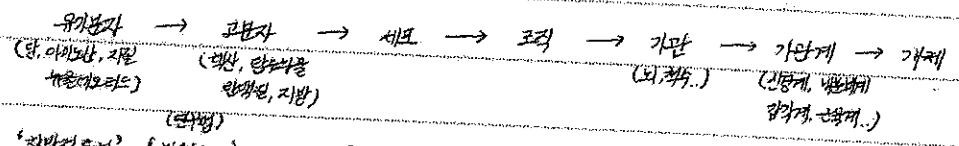
- 세포는 세포막으로 둘러싸여 있다.
- 유전물질인 DNA (유전정보)를 가진다.



3차구조 (기능/활용수행 → 형질발현); 생체활동에 필요한 모든 정보를 담고있다

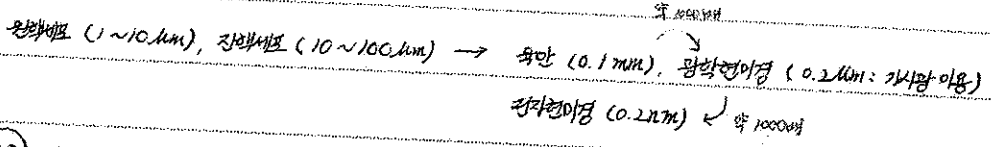
또한, DNA의 모든 유전정보는 모든 생물에서 공통단위로 번역된다. (유전자 생명공학의 원리)

- 구조적 재계성을 가진다.



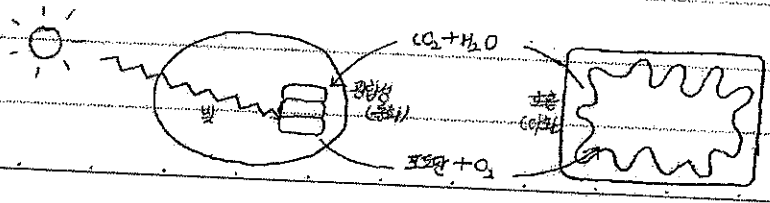
'진발적특성' '완성주의': 개체가 복잡 → (단위)으로 (진화계를 통한 특성)

- 해상력: 두 점을 두 점으로 구분하는 능력

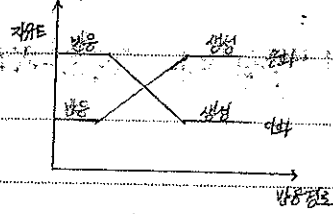


가장 해상력 높이기 ⇒ '파장이 짧은 청색광 이용 & 이 반사율'

2) 물질대사를 한다 (생체내 ① 변화, 생화학 반응)



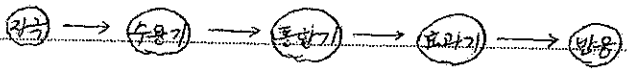
동화대사 → 합성 → 분열  
 이화대사 → 분해 → 합성  
 \* 에너지를 공유하는 합계!



\* ATP (에너지원, 효소, 막 단백질 합성, 세포 운동, 분자 운동, 자기포식, heat..)

3) 반응 & 평형성

: 자유 (환경 조건의 변화), 평형성 (반응의 한 형태: 온도 (30°C), 평압 (± 0.1%), 평압 (0.4))

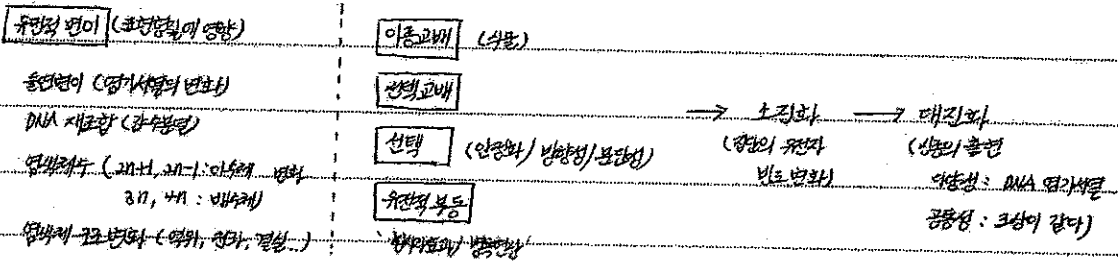


4) 생장과 생식

- 생장: 세포 수 ↑ (음압 ↑), 체적도 (유사 분열)

- 생식: 유성 생식 (유전적으로 동일한 자손 생산)  
 무성 생식 (유전적으로 다양한 자손 생산), 감수 분열 (유전적 재조합, 2n → n)  
 개체 수 ↑ (다산 ↑)

5) 적응과 진화



#2. 생물의 다양성

1) 종의 정의

(종): 다른 집단과 생식적으로 격리된 실제/잠재적으로 서로 교배 가능한 집단

- 종은 분류의 기본 단위가며 그 정의가 매우 다양하다 (린네: 형태학적 종 (형태의 유사), \* 마이어: 생물학적 종, 등.)
- 생물학적 종 ① 동일 재현 산교배 시 (반드시, \* 생식 능력이 있는 자손을 생산해야 한다.)
- ② 이동 교배는 생식적 격리가 존재한다. (한계) 유성 생식 종에만 적용, 세균이나 바이러스는 X

(생식적 격리 (RII)): 이 종간의 유전자 흐름을 막고, 공간 격리의 형성을 제한

1. 결합된 집단 (수정을 늦추게 된다)

- 생리적/지리적 격리 (안정 가위 자체가 없다)

- 사과나무 / 사과나무
- 시계적 거리 (다른 시간, 계절, 해의 변화)
  - 행동적 거리 (움직임과 같은 개념들)
  - 기계적 거리 (생각의 형태와 구조)
  - 배우기 거리 (정도가 많을수록 생식기에서 불능/유연불능 X)
2. 관찰의 방법 (수준이 되어야도, 생물은 생물이)
- 광물 집합자 이상 (수정후 발생을 시명)
  - 광물 생존력 약화
  - 광물 불입 (말 ⊗ 당내: 노새 = 생식력 X)
  - 광물 화해 (F1은 생온) 생식기 가동이나, F2가 생존력 약화/불입)

- 예
1. 발효리아 조도의 사클라드의 동태 (행동적 거리)
  2. 도드의 이소칼란 (녹말/연방) 하의 코파리 싹 짓기 (기계적 거리)
  3. 오스트레일리아 남부 두 종의 개미-움직임소리 (행동적 거리)

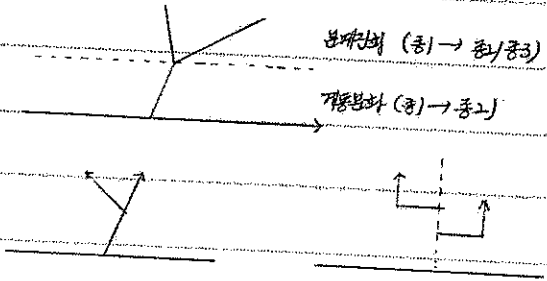
**동반화 기작**: 새로운 종의 출현

1. 인위적 동반화 (지리적 거리 or 생식자 교과 or 유전자 부동) 적응방산 (↓ ↘ ↙)
2. 구조적 동반화 (중독 도덕적 영역의 내성종 출현)
3. 원리적 동반화 (생물의 야생, 산사나무의 괴물 파리)

**개입화의 mode와 tempo**

- mode (재분포화/분계립화)  
 연속적 X    불연속적 O

- tempo (점진주의/간혹명명)

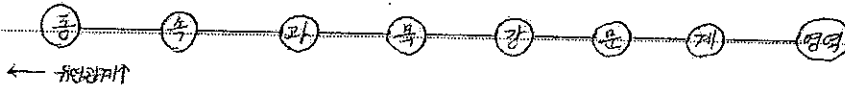


<점진주의> 지속적 변화의 누적  
 환경변화의 희소 有

<간혹명명> 환경변화의 희소 無  
 상대적으로 짧은 시간 = 수일/수년 X

2) 생물의 분류

	CO <sub>2</sub> 독립 (Autotroph)	유기물 '종' (Heterotroph)
빛 E (Photoautotroph)	광독립영양 (생산자) 광합성, 광합성 (예) 식물, 조류, 사노박테리아, O <sub>2</sub> 발생 광합성 (물 이용) O <sub>2</sub> 미발생 (물 이용) 광합성 (황황색소) 광합성 (황황색소)	광종속 영양 (예) 자외 박테리아, 녹색 박테리아 (광독립 2차, but 유기물 선호)
화학 E (Chemoautotroph)	화학독립영양 (화학합성생물) (예) 질산화, 황산화, 황화수소, 황화수소 Fe <sup>2+</sup> → Fe <sup>3+</sup> → H <sub>2</sub> S → SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	화학 종속영양 (예) 개미



\* 린네의 이명법  
 (Homo sapiens LINNE)  
 속명 종명  
 (아랫글씨 아 밑줄)

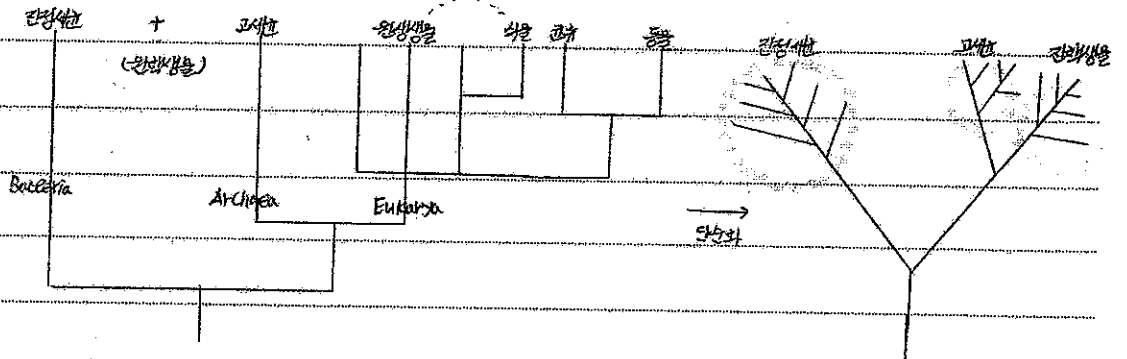
\* 크로브트 퀴버커의 '5계 (5-Kingdom system)'

원핵생물	모나아계 (monera)	고세균 (극단열성, 극호열성, 해양생물 (열간지)) 진정세균
	진핵생물계 (protista)	조류
진핵생물	균계 (fungi)	효모, 곰팡이, 버섯
	식물계 (plantae)	선충, 양치, 종자 (포자 → 포자체 → 기관, 광합성) (광합성)
	동물계 (animalia)	무척추 동물 (포자 → 기관 → 기관계, 동물영양)

5계

6계

\* '3-domain system'



\* 비교

\* 진정세균 VS 고세균 VS 진핵생물계

특징	진정세균	고세균	진핵생물계
핵막 / 세포외막	X	X	O
리보솜 (80S)	70S	70S	80S
Polysitronic	O	O	X
제한효소	O	O	X
플라시이드	O	O	드물다
필수 단백질 (세포단)	O	O	X

인자로	X	문제	NO. 문제 5
RNA 중합효소	1개	여러가지	3개 (I, II, III, IV)
항생제 민감도 (SBEPC.)	○	X	X
판이스 증식	○	X (경쟁적) 유도 필요를 위한 S-layer (단백질막)	X
하수	X (DNA gyrase)	○ (4개 + DNA gyrase)	○ (6개)
개시 tRNA	프린 Met	Met	Met
디옥시라이분	X	○	○
RNA 당개질	대부분 특이적	대부분 진핵생물/원생동물/일부 균	
세포막 지질	에스테르	에스테르 (가역적 합성)	에스테르
비탄생한	X	○	X
영양소 광합성	○	X	○

진정 VS  
고세균 + 진정  
고세균  
비의 특징

\* 셋 모두 공통점: '이중 나선 DNA' + '플라센 (세포벽 S-layer)?'

\* 발생선 내생물이 존재하나, 고세균은 아니다.

영양소 a	시아노 박테리아
영양소 a+b	녹조류, 식물
영양소 a+c	갈조류, 균류 (미생물/다세포)
영양소 a+d	홍조류 (진/원생동물)

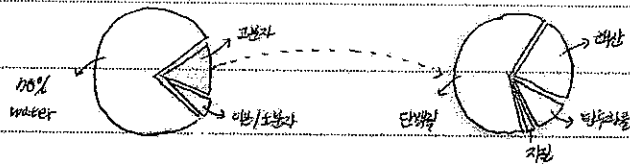
# Chapter 2. 생명의 화학적 이해

## #1. 생명체의 구성원소

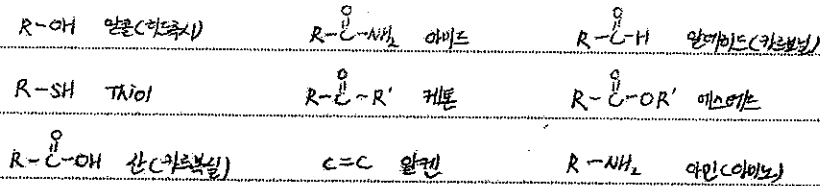
### 1) 생명체의 구성원소

O (65.0%) > C (18.5%) > H (9.5%) > N (3.3%) > Ca (1.5%) > P (1.0%)

← 98% 4% →



### 2) 생체유기분자의 작용기



: 생체분자는 'C'를 중심으로 하는 유기분자로, '작용기'에 의해 화학적 성질이 결정된다.

### 3) 약분분자

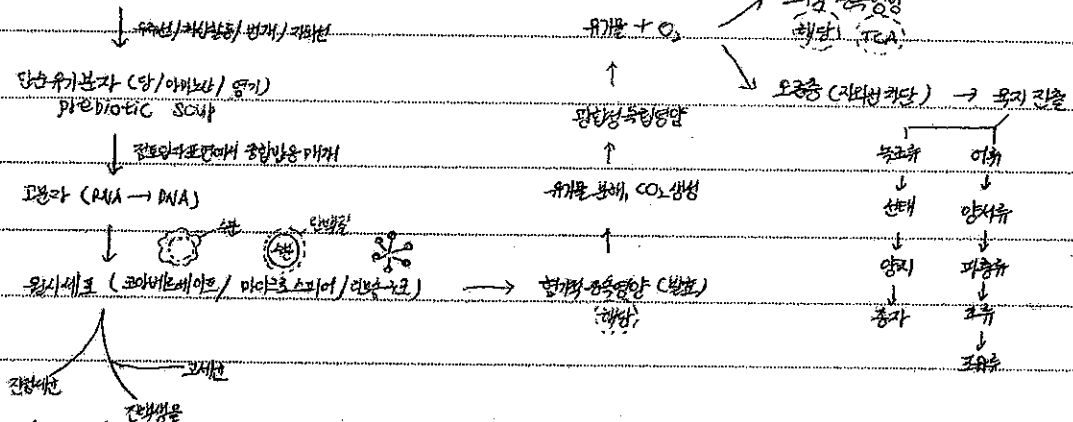
: 단백질 (아미노산/펩티드), 에노산 (핵산/뉴클레오타이드), 뉴클레오타이드 (RNA (단백질 합성/유전정보), DNA), 비타민 & 이온 (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>)

ATP (화학적 에너지), Glu/Asp/Gly (신경전달물질) ⇒ 다른 막 단백질 (포도/유기/이온 채널) 에 의해 조절

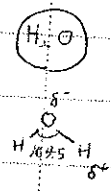
### 4) 생명의 합성과 생명의 진화

- RNA world (가설) → RNA-단백질 world → RNA-단백질-DNA world → 원시세포  
(유전정보 저장 + 촉매) (촉매) (촉매) (유전정보 저장)

- 원시 지구 대기 (권성적 대기: O<sub>2</sub> X) CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>



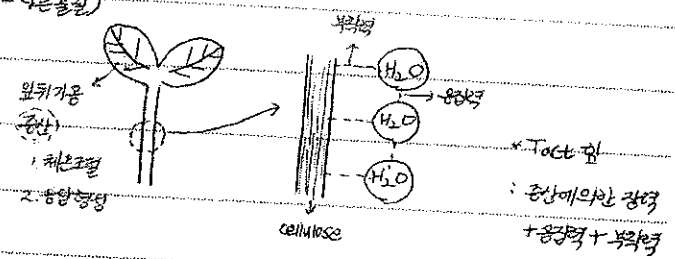
#2. 물의 성질



1. 화학반응에 직접 참여
  - 가수분해:  $\text{ATP} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ADP} + \text{HPO}_4^{2-}$
  - 물의 광분해:  $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$  (산소발생광합성: 식물/조류/남조류)
  - 지방산 산화: 지방산  $\rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (다량의 대사생성) (지방산, 미토콘드리아)
2. 화학반응의 매개체
3. 친수성 물질 용해 / 소수성 물질 용해X (소수성 상호작용)
4. H<sub>2</sub>O의 전이성도 라이 ↑ (분자간 전이도 → 극성용성 용자 (수소결합))

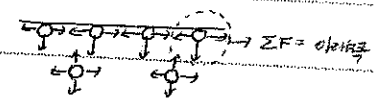
① 응집력 (H<sub>2</sub>O-H<sub>2</sub>O), 부착력 (H<sub>2</sub>O-다른물질)

'모세관 현상' + '수분상승원리'

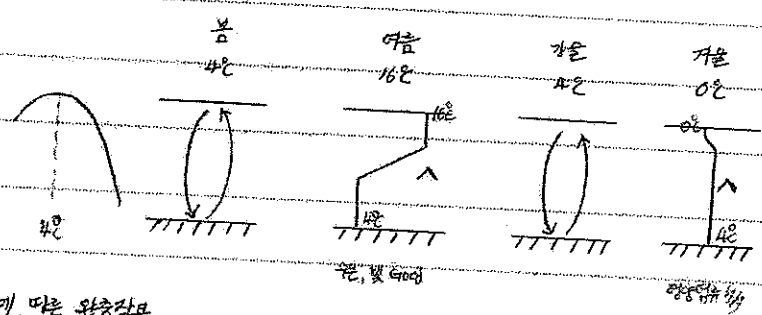


② 비열 / 열용량 / 기화열 (대)

③ 표면장력 (세포에서 계면활성제)



④ 밀도: 물 > 얼음



#3. pH 변화에 따른 완충작용

$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ 로 표식 측정 (화학반응 속도) / 단백질 구조 / 리소좀 / 생체액 (수용액 pH는 7.4 정도) / 생리적 산증 & 알칼리증에 의해 조절됨

1) 산과 염기

'산-염기쌍'  
 아미노산 (H<sup>+</sup>:산, OH<sup>-</sup>:염기) / 루이스 (전자쌍) / 브뢴스테드-로우리 (H<sup>+</sup> donor:산, H<sup>+</sup> acceptor:염기)  
 피라미드와 달리 생체내에서는 pH 7이 아닌 pH 7.4를 기준으로 산증/알칼리증을 논한다.

2) Handerson-Hasselbalch 식

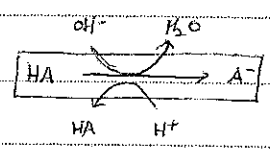
$$\text{H}_2\text{O} + \text{HA} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{A}^-$$

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \xrightarrow{\log} -\text{p}K_a = -\text{pH} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{이변} \quad \text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$\text{pH} > \text{p}K_a : [\text{A}^-] > [\text{HA}]$   
 $\text{pH} < \text{p}K_a : [\text{A}^-] < [\text{HA}]$

3) 완충용액 (buffer)

: pH 변화 최소화 (염산 + 적염기 = 1:1 완충능 최대 ( $pK_a \approx 1$ ))



4) 생물학적 완충제

1.  $H^+ + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3$
2.  $H^+ + HPO_4^{2-} \rightleftharpoons H_2PO_4^-$
3. **혈장 단백질** +  $H^+ \rightleftharpoons Pt \cdot H$   
(Pr)
4. **적혈구 내부**  $Hb + H^+ \rightleftharpoons Hb \cdot H$

5) 산증과 알칼리증 (pH 저하는  $CO_2$  가증 /  $O_2$  X)

$$pH = pK_a + \log \frac{[HCO_3^-]}{[CO_2(aq)]}$$

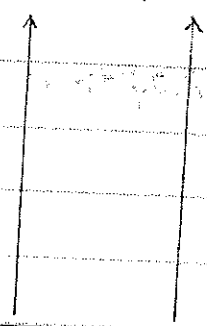
7.4    6.1

즉,  $[HCO_3^-] : [CO_2] = 20:1$  의 비율을 유지하여야 한다.

	생물학적 기작 (mechanism)	효과
		$P_{CO_2}$ $P_{HCO_3^-}$ pH
<b>호흡성 산증</b> (호흡 과소환) $CO_2$ 가증 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↑	호흡 (호흡기) 기작 폐기류 → 호흡 ↓ → pH ↓ 기류 교환 $CO_2$ ↑ (반응 메커니즘) $CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ (중이 소인!)	↑ ↓ ↓
<b>호흡성 알칼리증</b> 열·장 스트레스 흥분/공격/탈진 약물 과잉 투여	열·장 스트레스 흥분/공격/탈진 약물 과잉 투여 → 호흡 ↑ → pH ↑ $CO_2$ ↓	↓ ↓ ↓
<b>대사성 산증</b>	암/리튬/당뇨병 (지방 → 지방산 → 케톤산) $H^+$ ↑ → 중이 소인 $HCO_3^-$ → pH ↓ 지방산 축적 (지방산독) 소변 질산 ( $HCO_3^-$ 소변) 보상 기전	↓ ↓ ↓

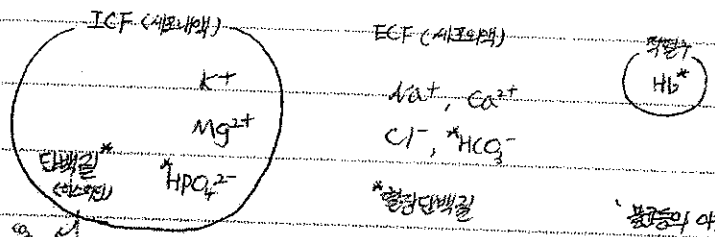
대사성 알칼리증  
 위산제 과다복용  
 크로(CH<sup>+</sup> 소실) → H<sup>+</sup> ↓, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ↑ → pH ↑  
 ↗ 인위적 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 생성 ↑

- 보상기전
1. buffer: H<sup>+</sup> 내몰기
  2. 호흡중추 ↓: CO<sub>2</sub> ↓
  3. 신장: H<sup>+</sup> 분비억제, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 재흡수억제



#4 무기염류

1. 다량의 무기질 (Ca, P, K, S, Mg, Cl) & 미량 무기질
2. 이온형태나 결합된 형태로 존재
3. 에너지 X, 양이 적어도 생리작용에 필수 (산류, 뼈, 효소, 구성물질, 신경전구, 근육, 물질대사, 호르몬 합성)
- 4.

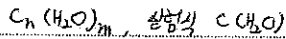


\* 완충제  
 CO<sub>2</sub> ↓  
 완충제

완충제가 과중량이고 단백질이 산-염기 평형을 회복하는 것은 아니다 \*

# Chapter 3. 생물 고분자

## 1) 탄수화물 (Carbohydrate)



- 플라비드류시알데이드 (Aldose), 플라비드류시케톤 (Ketose) 또는 분해시 이 화합물 생성

- 단당류  $\rightarrow$  이당류  $\rightarrow$  올리고당류  $\rightarrow$  다당류 (단당류의 'O-리코이드 결합')

\* 단당류  $(C_nH_{2n}O)_n$ ,  $n \geq 3$ ; 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

- 양제 이성질체와 에피머 (epimer)

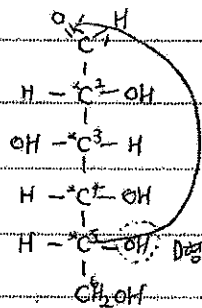
: 비대칭 탄소 (chiral)  $n$ 개  $\rightarrow$   $2^n$ 개의 양제 이성질체 (L형 8개 / D형 8개) (정의) DHAP 양제 이성질체 X

n=3: 카이랄하지 않음

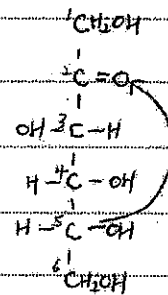
- OH 배치가 한곳만 다른 것 (epimer)

- 포라구 (태복물)과 아노머 (anomer)

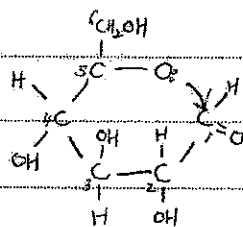
D-glucose (Aldose)



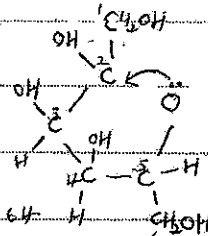
D-fructose



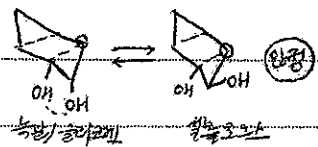
$\downarrow$  5원환자 인테리키-공명



$\downarrow$



\* 1,2-이탄소의 위치의 유무에 따라  $\alpha$  ( $\begin{smallmatrix} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$ )와  $\beta$  ( $\begin{smallmatrix} \text{OH} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{smallmatrix}$ )의 anomer 이성질체가 생긴다.



모든

- 모든 단당류는 환형양자 (ketose도 산화되어 Aldose로 변환 가능!)  
 생물을 변화시킨다?





7. 안연 (아미노 + 아미노 펩티드)

$\alpha + \beta$  유크류       $\alpha + C$  갈코유, 유크류       $\alpha + \beta$  유크류 (김, 녹말가사리) (부유성포라)

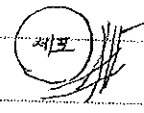
\* 아미노: 정제염 등 리, 크리모그라피 층배, 고체간편 배리 (세포생장 표면, 제음)

8. 엑스트란 (세균과 효모/리아 클러스터에서 발견,  $\alpha 1 \rightarrow 6$  ⊕  $\alpha 1 \rightarrow 3$ ,  $\alpha 1 \rightarrow 2$ ,  $\alpha 1 \rightarrow 4$  가지)

9. 글리코사민당 (GAG): '산질의 점액성 다양류'

- 이합류 반응구 (글루쿠사민 아 갈락토사민 ⊕ 푸로스산) : 기다란 폴리머 구조 (용액이안 반발력 ↓)  
 이노시트 (보통 황화)      COO<sup>-</sup>  
 SO<sub>3</sub><sup>-</sup>

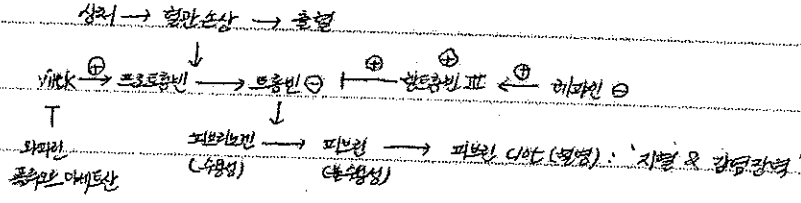
- 분자중위의 용해 힘도 ⊕ → 취양이음이 많은 이물질 → 생아물림 (수화)  
 → 부피 팽창 위해 1000배 → 공간 지우기 / 점성으로 순화작용



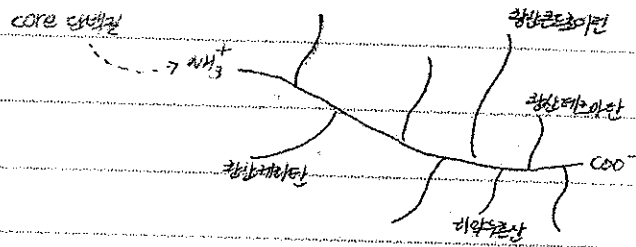
세포외기질 (ECM) [ 사물경의 콜라겐 (황기다) / 피브로넥틴 / 밀라스틴 (탄수화) / 라미린  
 GAG, 프로테오글리칸

(결합력, 광합성, 유체)  
 - 허일수용산 외, 황산프로테오이린 (연골, 관골, 안대 등에 함유되어), 황산 데르미안 (피부의 유연성) 황산게라란 (근육, 발음.), 케라틴 (항균성 바이러스 도발 위해, 양공구제)

\* 혈액응고 (혈안트 '결합조직' 다다 → 허/연골/진피/지방조직/혈액)

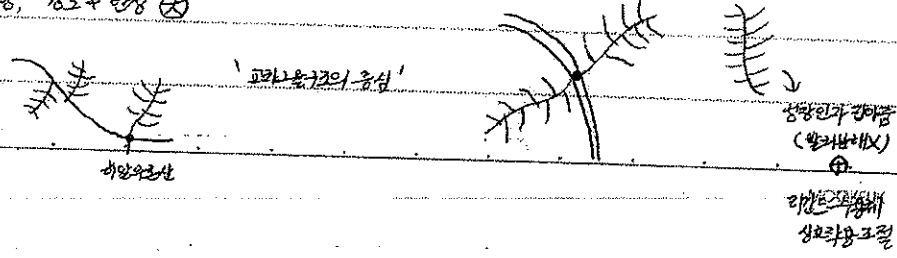


10. 프로테오글리칸 (단백질 + GAG)



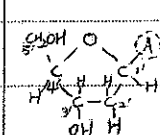


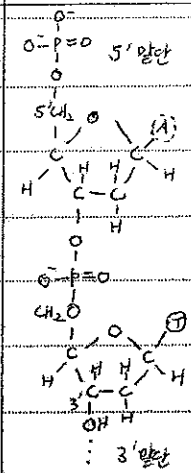
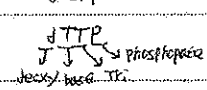
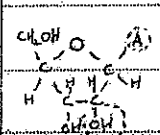
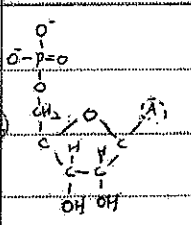
- 이것이 포아는 프로테오글리칸 & GAG와 바공구 상호작용

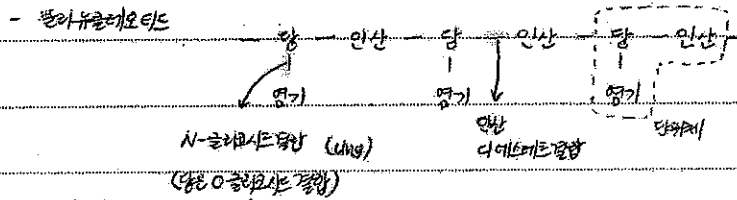
- 홀모양, 강도 4 단성 ⊕



#2. 핵산 (Nucleotide, nucleic acid)

1) RNA와 DNA (뉴클레오타이드가 monomer 당:염기:인산 = 1:1:1)

종류	당	염기 퓨린 피리미딘	구조	활성단위 뉴클레오타이드	특징
DNA	β-D-데옥시리보스  	A, G T, C  <퓨린>  bicyclic <피리미딘>  monocyclic		dATP dGTP dCTP   phosphate deoxy核酸. Tri.	- 유전자의 본체 - 유전 정보 저장 (영가서면) - 이중나선 - C, H, O, N, P 3:7:1
RNA	β-D-리보스  	A, G U, C  (U): 시토키의 MC 탈리토스와 J. (U) ↓ DNA에 U 없음 ↓ 전사/번역과정 ↓ repair		ATP GTP UTP CTP	- mRNA : 아이완상 과정 - tRNA : 아미산 운반 - rRNA : 단백질 합성 - si/miRNA : mRNA 분해 (간접)



- 뉴클레오타이드의 종류 및 역할

1. 핵산합성 (NTP: ATP, CTP, GTP, UTP, dNTP: dATP, dCTP, dGTP, dTTP) →
2. 에너지 대사 (ATP, NAD, FAD, coenzyme A) →  $\gamma$ -phosphate\*  
B3 B2 B5 (ATP/ADP)
3. 세포내 신호전달 (cAMP, cGMP)
4. 단백질 합성조력 (GTP)

RNA의 리보오스, 2' 탄소의 OH기는?

1. 리보오스 (핵산합성과정)
2. A-나선구조 (OH, 부피가)

염기결합  
산결합

	DNA	RNA
염기결합	변형	분해*
산결합	분해	분해

3. 알칼리에서 가수분해 (DNA는 변형)

2) DNA의 구조

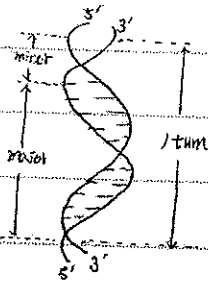
1. 사자프 방식

$[A] + [T] = [G] + [C] \rightarrow [A+G] = [T+C]$  ; 이중가닥이서한 성질!

- Franklin (DNA 결정, X선촬영)

- Watson과 Crick

: 사자프와 Franklin의 결과를 비약으로 'B-DNA' 모델 제안



- ① 이중가닥의 오른나선
- ② 10bp/turn, 36°/1bp
- ③ A ≡ T / C ≡ G
- ④ 당-인산골격은 '외부', 염기는 '내부' (DNA 서열코드/부호자들)   
 ↳ 수소결합과 염기-염기 상호작용에 의해 안정화되는 Stacking!
- ⑤ 평평형 (= 평면에서의 화학적 균형)
- ⑥ major/minor groove : DNA-단백질 상호작용에 의해 대부분 major, \*TATA box TBP에 minor

2. 이중나선의 구조비교 (A-, B-, Z-DNA)

	A형	B형	Z형
구조	 넓은 주홈	 표준	 좁은 나선
나선도양	오른나선		왼나선
직경	26Å	20Å	18Å
회전 염기당	11bp/turn	10bp/turn (= 10.5)	12bp/turn
이웃 염기간 거리	2.6Å	3.4Å	3.0Å
나선각도	+19°	-1.2° (가변적)	-9°
특징	- 15% 이하 상대습도 - DNA-RNA (전사) - RNA-RNA (virus, tRNA)	- 92% 상대습도 - 체내 DNA (가장 안정)	- 당-인산골격의 2'OH-2'OH - 퓨린/피리미딘의 고리서열 (A, T, C, G의 변형서열) - 유전자 발현 사이트
* MMS의 효과적 약제로 인쇄	체내 존재X	체내 존재	

- RNA의 구조는 훨씬 복잡하고 예측하기 어렵다.

- 염기의 메틸화 (A, C > T, G)

1. 고등생물은 해체를 허용하여 virus를 빌려하나, 사람은 스스로 메틸화 또는 제한효소 virus 방어
2. 대란에서 5'-GATC-3'의 A를 메틸화하여 repair!
3. 진핵세포에서 C의 5% 메틸화, CpG 서열이 빈약하다 → transposon 이동 억제 / Z형 구조 형성 ↑

3) DNA 구조와 유전정보의 안정성

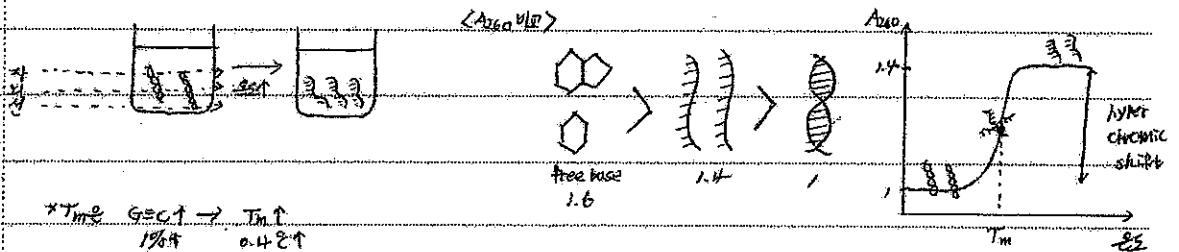


1. 염기쌍의 수소결합력 (가장 중요한 driving force) : 저열/repair 시
2. 상보적 염기쌍 (A-T, C-G)
3. 염기쌍간의 stacking (반데르발스 힘)
4. 인산기(⊖)와 Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, 이온용액의 염기쌍 안정화 관련 이온결합 (반발력↓) : 염기에 필요한 변형!

⇒ 이 요소들이 침범당하면 '변형 (돌이치는 것)' 된다.

\* 변형

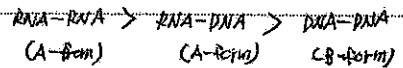
① 열 (모두 변형되는 변형: PCR 등에 이용)



\* T<sub>m</sub>은 G=C ↑ → T<sub>m</sub> ↑  
1% ↑      0.48 °C ↑

- ② pH ↑ (pH ↑: 변형 (단백질 변형) / pH ↓: 용해)
- ③ 염농도 ↓, 반발력 ↑
- ④ 포름아미드 / 요소 (단백질 파괴; 가수분해)
- ⑤ 유기용매 (수소결합력 파괴)

<염기쌍의 안정성>



\* 재성 (T<sub>m</sub> 보다 2~5% 낮은 온도 / RNA 농도 ↑, 인산화물 ↑ (일단, 인산 바느질 재성' 유라실 염기쌍이다 '호스 필름'))

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + K \cdot C_0 \cdot T}$$

재성 정도 & 복잡성: C<sub>0</sub> ↑ → 속도 ↓ (복합-일회용)

\* 재성 ↔ 혼잡 (서로 다른 핵산 source 간에 Southern/northern blot, FISH, DNA microarray, BELE, ASO)

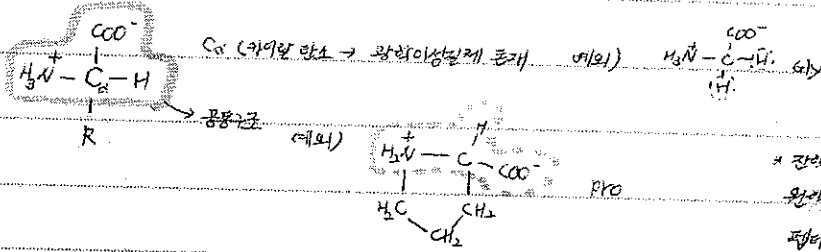
\* DNA 복제 (\*exonuclease: 끝에서 복제 / \*endonuclease: 무작위 복제)

\* stringency control (DNA 염기쌍은 온도 ↑, pH ↑를 이용하여 \*mismatch 제어)

#3. 단백질

- 용다음으로 가장 흔하며 '중성미성'과 '저해독미성'의 원인이다.
- C, H, O, N, S로 구성되어 20가지의 L-형 아미노산 (↔ 탄수화물은 D-형)

1). 아미노산



\* 4개로 grouping ('R'기호만 평판한 것!)

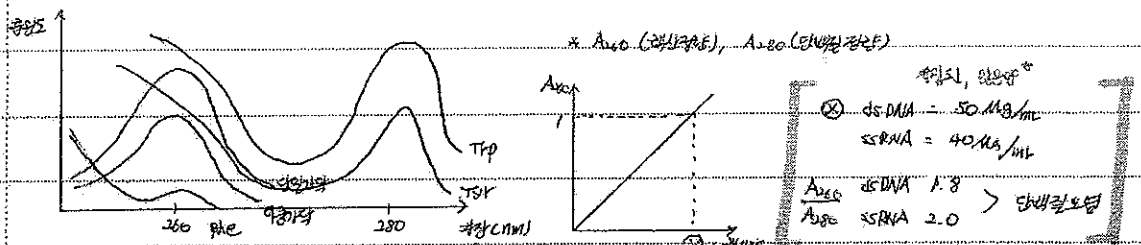
Charged (+, -)	<p>카복실기 (COO<sup>-</sup>)를 갖는 산성아미노산 (pH=7에서 음전하)</p> <p>ASP (아스파르트산)    Glu (글루탐산)</p> $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{COO}^- \end{matrix}$
	<p>염기성 R(NH<sup>+</sup>)을 갖는 염기성 아미노산 (pH=7에서 양전하)</p> <p>Arg (아르기닌)    Lys (리신)    His (히스티딘)</p> $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{NH} \\   \\ \text{NH} \end{matrix}$
NO charged (0)	<p>중성 R기를 갖는 아미노산</p> <p>Tyr (티로신)    Ser (세린)    Thr (트레오닌)    Cys (시스테인)    Asn (아스파라긴)    Gln (글루타민)</p> $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{OH} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2\text{SH} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C} = \text{O} \\   \\ \text{NH}_2 \end{matrix}$
	<p>비극성 R기를 갖는 아미노산</p> <p>Phe (페닐알라닌)    Pro (프롤린)    Met (메티오닌)    Gly (글리신)    Val (발린)    Ile (이소류신)</p> $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{NH} \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{S} \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{H} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{H} - \text{C} - \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$
	<p>Trp (트립토판)    Leu (류신)    Ala (알라닌)</p> $\begin{matrix} \text{CH}_3 \\   \\ \text{C} = \text{CH} \\   \\ \text{NH} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH} \\   \\ \text{CH}_3 \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{CH}_3 \end{matrix}$

필수 아미노산 Arg(아르기닌), His(히스티딘), Val(발린), Trp(트립토판), Thr(티로신), Phe(페닐알라닌), Ile(아일랜드인), Leu(류신), Met, Lys

- 해가 많은 아미노산 Tyr(티로신), Ser(세린), Thr(티로신)

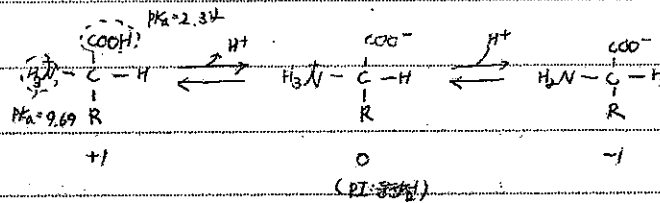
- 방향족 아미노산 Phe(페닐알라닌), Tyr(티로신), Trp(트립토판)

- bulky 아미노산 (비극성알코올) Ile(아일랜드인), Thr(티로신), Val(발린)

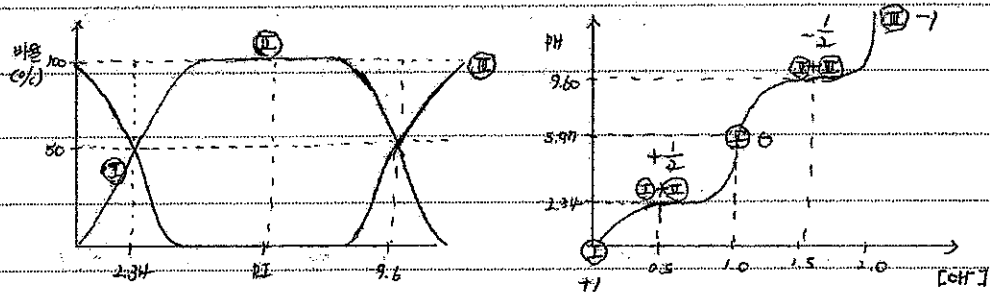
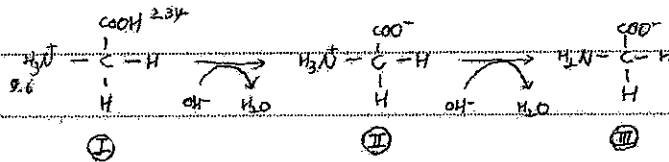


- 산성지방산을 잘 Chn(글루탐산), Asp(아스파르트산), Gly(글리신), GABA

\* 이온화



\* 등전점 계산하기 (중성) 조건



- PI에서는 대부분 II / II와 III은 등량 상태이며 Net charge = 0!

$$\text{PI} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{COO}^-]}{[\text{COOH}]}$$

$$\text{PI} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{NH}_2]}{[\text{NH}_3^+]}$$

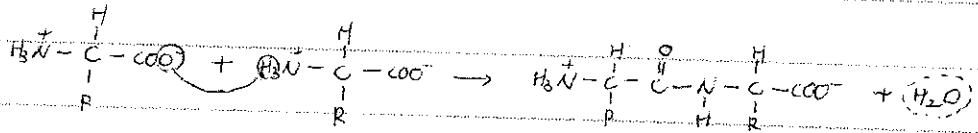
$$\boxed{\text{PI} = \frac{\text{pK}_a + \text{pK}_b}{2}}$$

\* PKa가 낮은 용액 pH를 의미한다

PI가 될때의 pH를 의미함, 등. 비영양

즉, PI가 낮은 용액 PKa의 값이다

2) 펩티드 결합 (생체내 Peptide) transferase, mRNA (ribosome)에 의해 형성



- ① 펩티드 결합은 일정한 trans 배열을 이루고 있다. (예) 프로테아제에 의해 cis로 존재.
- ② C-N 결합은 공유결합 (공명구조)으로 차질이 불가능하다.
- ③ 방향 N → C 말단으로 형성된다.

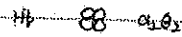
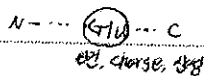
3) 단백질의 구조

- 1차 구조 (아미노산 서열)



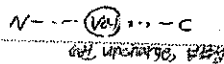
① 정형적 구조 변화

<정형 β-구조>



정형적 구조 (α-helix)

<정형 β-구조>



정형적 구조 (α-helix) → 단백질의 용해성 변화  
→ 평판 모양 → 구멍이 나

1. 1차 구조에 의해 2, 3차 구조 결정된다.
2. 생물체간의 상호작용 관계 (혈액의 hemoglobin, 근육의 myoglobin, 효소의 lysozyme → 단백질 family) (효소의 활성부위) (효소의 활성부위) 효소의 활성부위
3. 장단점과 효과적인 치료의 발견 (효소의 활성부위) (효소의 활성부위) 효소의 활성부위

- 2차 구조 (3차원 입체구조 내의 부분적 / 국부적 구조)

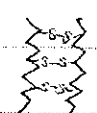
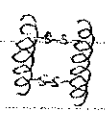
① α-나선, β-병풍, β-turn 구조 등..

α-나선	β-병풍
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 포화성 (소용돌이)</li> <li>- R-그룹의 배열 (C=O, NH, NH, NH, NH)</li> <li>- 3.6개 아미노산/turn</li> <li>- bend/kink/turn</li> <li>- 100Å  (α-helix bundle) / β-sheet (β-sheet)</li> <li>- 나선구조 방해 (산성/염기성/ bulky) ( bulky, hydrophobic, aromatic) ( bulky, hydrophobic, aromatic)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4개의 아미노산 사슬이 수소결합</li> <li>- R-그룹의 배열</li> <li>- β-turn</li> <li>-  (β-turn) (β-turn)</li> <li>- 수소결합</li> <li>-  (β-sheet bundle) (β-sheet bundle)</li> <li>-  (β-sheet bundle) (β-sheet bundle)</li> </ul>



\* 케라틴 (α-케라틴 (모유선): 두개의 모음 나선이 → 역시 원나선형 coil의 coil / β-케라틴 (새/파충류))

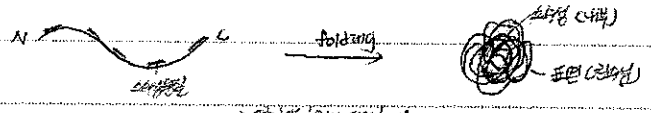
α-케라틴 (3.3) ← 꼬리/상위 차이 → β-케라틴 (2.2)



- 간혹 상층 기립 (머리카락/손톱)
- 2차성 아미노산 많음 (몰대류IX)
- CYS 잔기가 많아 아미노산 교차결합
- = 4차구조 안정

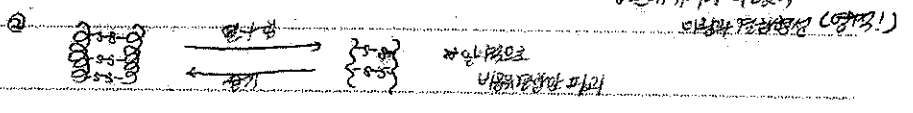
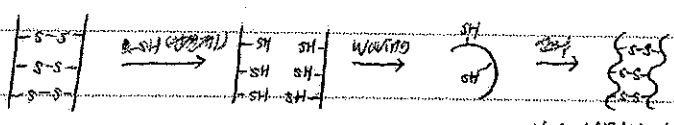
- 돌풍의 비/새의 날개
- 영구 피브로인 (공중(하))
- = β-병풍 / 콜라겐-말린 잔기 많음
- (노출결합 + 광경화반 망커트발스 상호작용)
- 돌풍-물에서 노출되는 아미노산

4) 단백질 접힘 (folding)



- 단백질 접힘 과정
  - 비공유: 수소결합, 이온결합, 소수성 상호작용, 반기르발스 힘
  - 공유: 이황화결합 (비공유결합에 비해 강함)  $R-SH + R-SH \rightleftharpoons R-S-S-R$

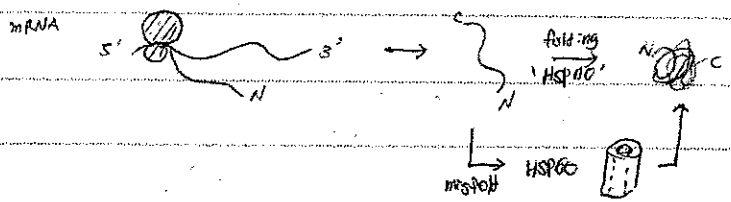
- permanent wave



- 단백질 접힘과 수정

= PDI (이황화결합수정), PPI (프롤린을 cis로 변형) 이런 수정 folding 또는 안정화(비) 단백질/배양액 내용/파괴는 병균을 유발시킨다.

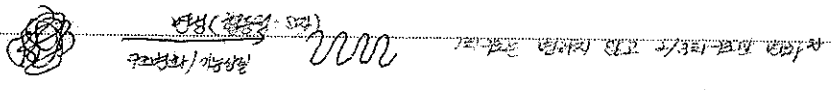
<수정과정>



변형되지 않음 folding된 단백질은 '아반이드성 플라즈마 (불수용성 중성)'로 환경을 유발한다.

\* 이때 HSP60은 바이러스를 잡고 기증하는 실험과 같은 구조를 띄우면서 '유니클라'라 되어 보여준다.

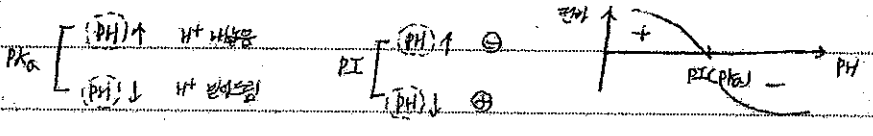
5 단백질의 변형과 재형



단백질과 : 단백질의 기능을 깨뜨리는 요인!

1. 열 (온도↑) → 비공유결합을 파괴!
2. pH 변화 (DNA에서는 pH↑ 수소결합을 파괴)
  - : 이온쌍 간의 전하변화 → 이온결합 방해 (수소의 결합을 깨뜨림)
3. 머핀의 양을 (이온쌍의 양을 파괴)
4. 유기용매 / 계면활성제 (소수성 + 비이온성 결합 파괴)
5. 염산도 (아민제기) → 이온결합 방해
6. 중금속 (대량 ②) : 잔류 펩타이드의 이온결합 → 이온결합 파괴

\* 대다수는 비가역적이다. (RNase는 가역적이며, 아미노산이 3차구조를 결정한다는 증거!)



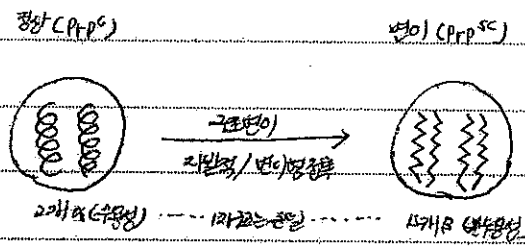
6) 단백질의 기능

: 효소, 조절, 수송, 저장, 세포분열 및 운동, 운동성, 관통성, 방어, 항암 등.

\* 주요 단백질 (AMP, Prion) Proteinaceous Infections ②

↳ 감염성의 변형 단백질 → 소위 단백질의 질병 Transmissible Spongiform Encephalopathy : 개형감염/동물인간전염 감염 (양: Scrapie / 소: 광우병 (BSE) / 사람: CJD / 쿠루병 (vJD) : 감염성!)

- 단백질이 접합제로 존재하나 그 기능은 불확실하다.



1. 펩타이드 결합 등 내성인자에 내성
2. 단백질 분해효소에 내성
3. 정상 PrP를 PrP<sup>Sc</sup>로 변형  
→ 응집 → 산성으로 사멸 → 아미노산이
4. 가시적인 증식, 항체 생성

\* 후생적 효과/현상 (epigenetic effect/phenomenon)

표현형 변화의 영향 [
 

- ① DNA 메틸화
- ② 히스톤 변형 (DNA 메틸화, 히스톤 변형, 유전자 발현, 유전자 발현, 유전자 발현)

- 당(원) 고분자는 아니다, '유기물이 많은 것'의 종류
- C, H, O 구성원 + N, P (지방, 인지질, 스테로이드, 카르티노이드, 왁스 etc)

1) 지질의 종류

\* 지방산 (4~36개의 탄소로 이루어진 카복실산)

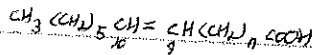
① 팔미트산 (16:0) - 탄소 16개, 이중결합 0개



<큰 사슬형> → 포화지방산

- 탄화수소 사슬, 양친성
- 결합력 ↑ (반포화 지방산)
- (폴리불포화 지방산)

팔미트산 (16:0) → 불포화지방산

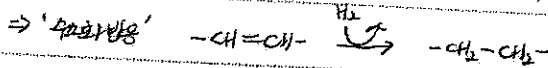


- 이중결합 사슬, 선성
- 가지, 결합력 ↓ → 녹는점 ↓
- 다른 많은 생체기능을 할 수 있다 (지방산)

14:0	탄화수소
16:0	녹는점 ↑
18:0	(지방산)

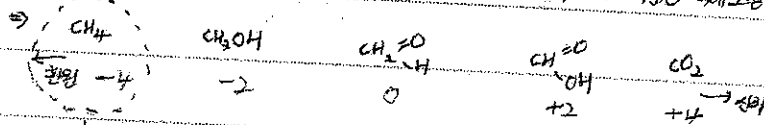
18:1	이중결합 ↑
18:2	결합력 ↓
18:3	녹는점 ↓

⇒ 대다수 가지가 없고 탄소 2개이며, 비극성으로 유기물이 아니다.



⇒ 알코올과 반응하여 '에스테르 (ester)' 결합 : 가역적

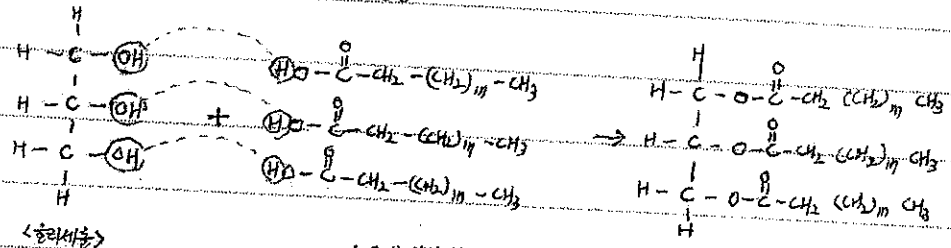
⇒ '아산화지방산' : 관대하면 아래 관대하는 단백질과 공유결합, 지방산 부분은 막에 고정!



지방은 가장 환원된 상태를 전자를 여겨내면서 모든 E를 함유한다.

⇒ 필수지방산 불포화 지방산, 포화 지방산

\* 중성지방 (보통 글리세롤 + 3개의 지방산)

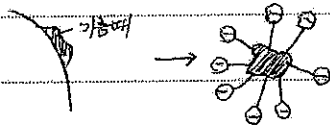
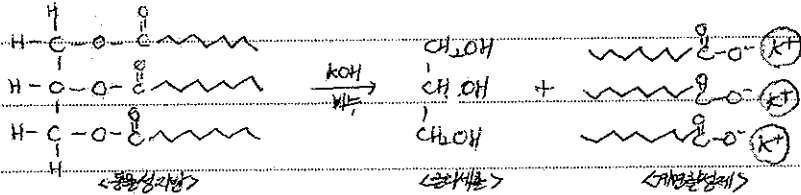


<중성지방> <3개 지방산> <triacylglyceride (fat)>

⇒ 이중결합이 많으면 녹는점은 낮아진다. / 관대성, 에너지 축적 (산화물, 더 많은 E 축적)

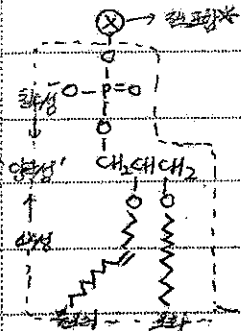
← 관대성 1g → 2g H<sub>2</sub>O 필요 MICROBEEK

\* 가수 (나쁜 태운 재를 줌 → 칼륨 (KOH) 용액)



안,  $\sim\sim\sim\text{COO}^-$ 는 불용성으로 중성 (세탁대의 때)  
 효소들 (CMC) 막에서 가설\*으로 존재 (세포생성기 포함상태)

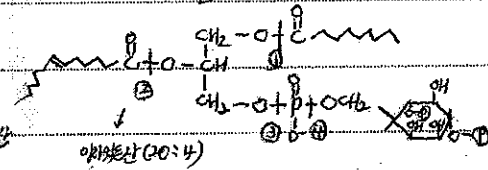
\* 인지질 (계 인지질 + 안지) + 2개 지방산 + 유기염기



- 지방산의 방향 (I, II, III, IV) (보통 I, II) → 지방산의 방향!

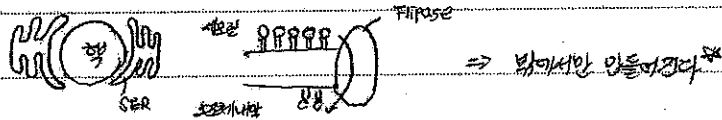
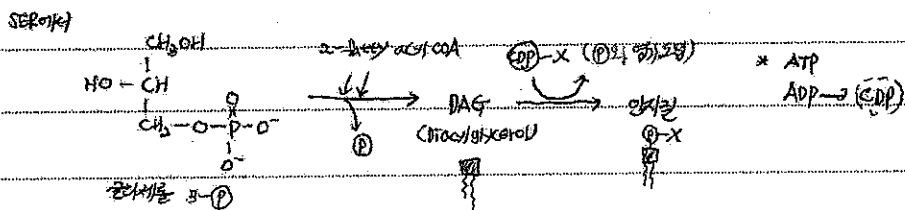
- X: 에탄올 아민, 글리콜, 세린, 글리세롤, 인산염 (유기염기)

- 인지질 아노일



- ① Phospholipase A<sub>1</sub> (PLA<sub>1</sub>)
- ② Phospholipase A<sub>2</sub> (PLA<sub>2</sub>)
- ③ Phospholipase C (PLC)
- IP<sub>3</sub> (세포외) / DAG (세포내) / Protein Kinase C
- ④ Phospholipase D (PLD)

- 세포막에서 합성되며 리소좀에서 (SER)에서 합성되며 사용되고 있다



- 계면활성제



미셀

인지질



리소좀



- 에탄올 (ether) 라일 → (에탄올) → 지방산 X → '중성지방 + 소수성 가진 사슬' 의 ether 결합

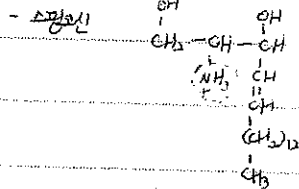
중성지방 ether 결합  
 폴리인산: 핵산, 세포막, 시트르산 (예) 사탕수수 / 효모의 세포 등.  
 1. 세포막에 인산화 (+ ether)

- 당/지방산 (인지질) 인산화 (중성지방)

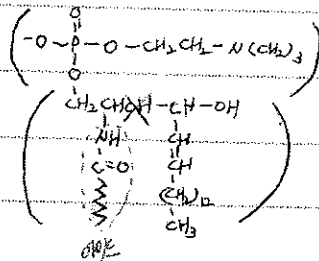
→ 인산화 불용성인 세포막은 지질로 이루어져 있다. 따라서 인지질 결합을 이용해 세포막 생성을 이룬다.

(N, K)

\* 스테로이드 (4개의 고리 구조)



1. 스테로이드의 합성 (스테로이드의 합성) : 콜레스테롤, 스테로이드 호르몬



비필수 아미노산

포스콜린

Ceramide (지방산의 N-다실 지질산 유도체)

지방산은 여러개의 단위와 결합하여

2. ⊗: 포스포콜린

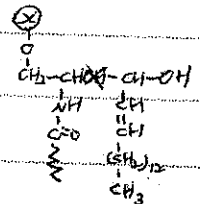
지방산 (포화/불포화)

이황유/올리엔유

스핑고미엘린

지단백질

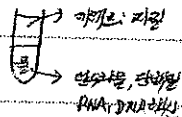
양친수성 (중성 지방: 케아노 결합)



\* 담지질 (탄수화물 + 지질의 결합) : 신장조직에 많이 분포

과해 → 유이물매 (가이드) : 다량 성분 추출

분석용이



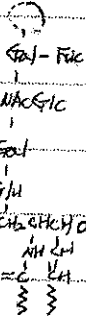
TLC



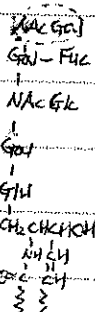
지방산, 지질

- ABC blood type (혈액 단백질의 당) 합성

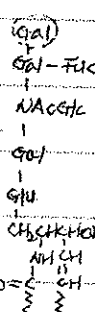
O형 혈액



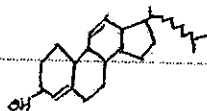
A형 혈액



B형 혈액



\* 스테로이드 (예: 콜레스테롤, 후기: SER) ↔ 합성, 생기는 피로



콜레스테롤

1. 동물의 세포막 구성 (약 25%)

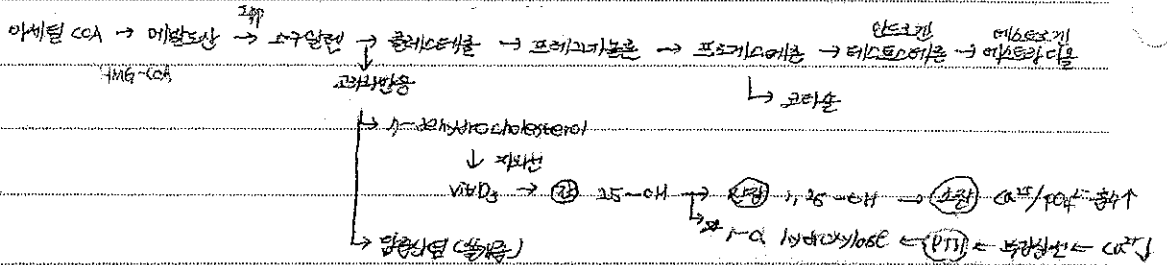
2. 다른 스테로이드 합성 단계

생성소: 콜레스테롤 → 과산화 / 생리활성 / 생리조절

유리피질 (예: 콜레스테롤 증가 (생리활성 ↑) / 인지, 인지질 합성)  
 콜레스테롤: Na+ 이온의 (합성)

3. 담지질 (지방산): 지방산의 수화 / lipase 작용 ↑

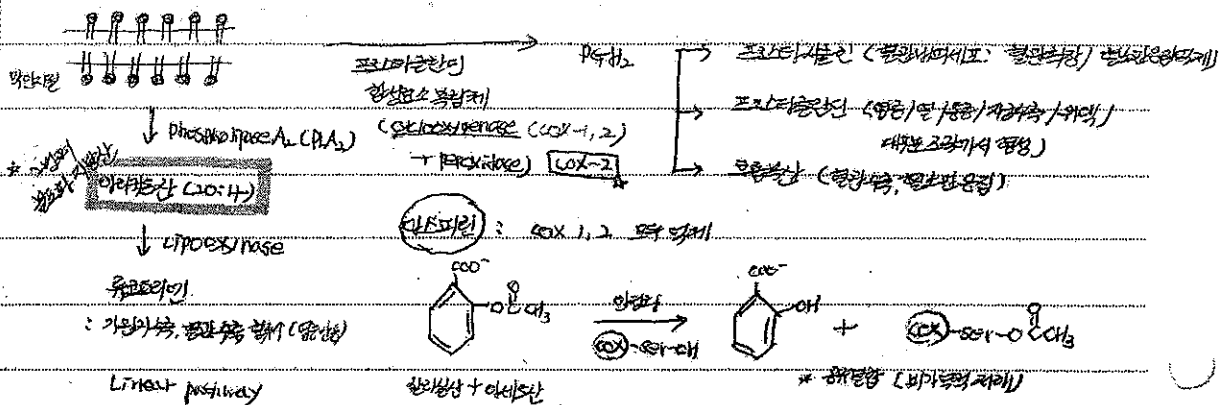
<콜레스테롤 생합성 경로>



\* 콜레스테롤 (스테로이드 호르몬 전구체): 근육과 뼈, 알/독력

\* 골세포 (Osteoblast)  
골세포 (Osteocyte)  
골세포 (Osteoclast)

\* 카로티노이드



BME, COX-1, 2 모두 억제하여 위장관 부작용 → **Cyclooxygenase** → COX-2 억제제 (파라세amol)

→ 모든 조직에서 호르몬/항염생성작용 / 광수용체로 존재

\* 테르페노이드

: 향료(천) (THC, 카모모라), 약용성 위해 신경활성물질 (호르몬:  $C_{15} \rightarrow C_{30} \rightarrow C_{45}$ )

\* 이소프렌 (기본): 2개의 알릴 + 2개의 이소펜텐 CH2=C(CH3)-CH=CH2

: 천연 에센셜 오일 (향료), 독성성 에센셜 오일 (예) 카로티노이드 (비타민 A, E), 플라보노이드 (비타민 C, K)

\* 카리노이드

: 불포화 지방 (비타민 E) → 산화 스트레스 (산화) → 노화 → Vit E (비타민 E) → 카로티노이드 (비타민 A, E)

isoprene CH2=C(CH3)-CH=CH2의 중합 → 테르펜 (vit A, D, E, K, 플라보노이드, phyto) → trans → 카로티노이드 (비타민)

\* 이소펜텐 단위: vit A, D, E, K 광합성시 광에너지 (ATP) 흡수

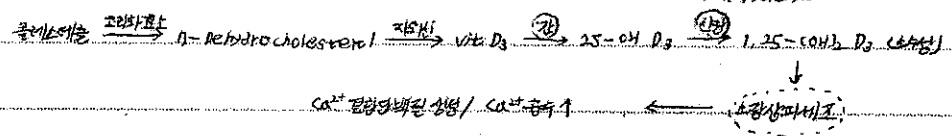
수용성 단위: vit (B, B2) → B, C 광합성시 빛 에너지

1. Vit A

:  $\beta$ -카로틴 고형화  $\rightarrow$  레티놀  $\xrightarrow{\text{산화}}$  레티날  
 [ 몇가지 용인: 밝은 빛에서 시력과 생식기 발달 (안약의 원료이기도)  
 몇가지 용인: 어두운 곳에서 시각작용 (안약제제) ]  $\rightarrow$  **조동인**

Vit	명칭	기능	결핍증
A	레티놀	조동인(시각)	야맹증
D	칼시페롤	$Ca^{2+}$ , $PO_4^{3-}$ 흡수	구루병 (골다공증) $\rightarrow$ 햇빛으로 합성!
E	토코페롤	항산화제	철성근육, 라지칼 합성 $\rightarrow$ 노화 세포괴사, 피부, 단백질 파괴
K	필로퀴논 (K1)	프로트롬빈 합성	죽은 생식이상, 사혈증 증후 $\rightarrow$ 주사 (부작용)
	메나퀴논 (K2)		$\rightarrow$ 혈관응고 장애

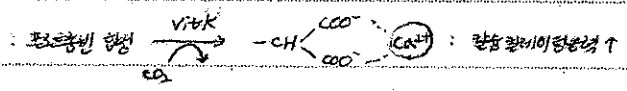
2. Vit D



3. Vit E

: 활성산소종 (ROS)  $\rightarrow$   $O_2^{\cdot-}$ ,  $H_2O_2$ , OH $\cdot$  공격으로 (항산화)

4. Vit K (K0 agulation)

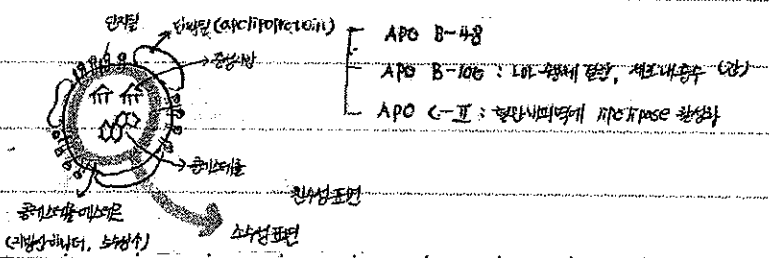
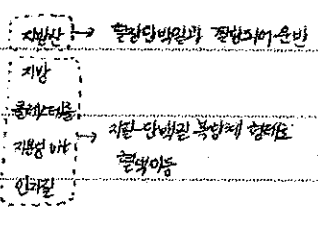


$\rightarrow$  '외파린'은 프로트롬빈 아노신! Vit K와 프로트롬빈은 경쟁적 저해  $\rightarrow$  혈관응고 방해

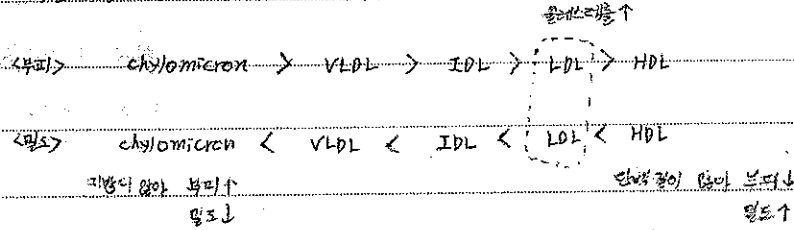
2) 지질의 기능

- 소형 / 큰 X 으로, 콜레스테롤 저장되어 장이장인, 고지방 지방에 유하다.
- 극지방에서는 풍부한 지방산의 '단열' 단열기능 (몸이온, 저온감, 동물) ATP 대신 열을 생산한다.
- 항유래는 '지방 + 산소 = 지방산'으로 바다에서 비등이 맞게 부각 조절

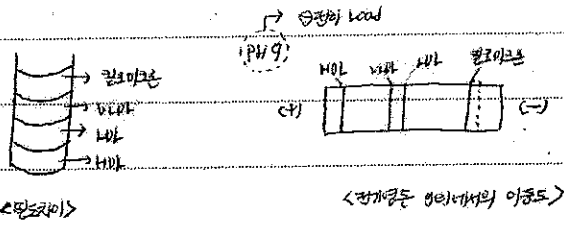
3) 지질의 이동



\* 지질 단백질 분류

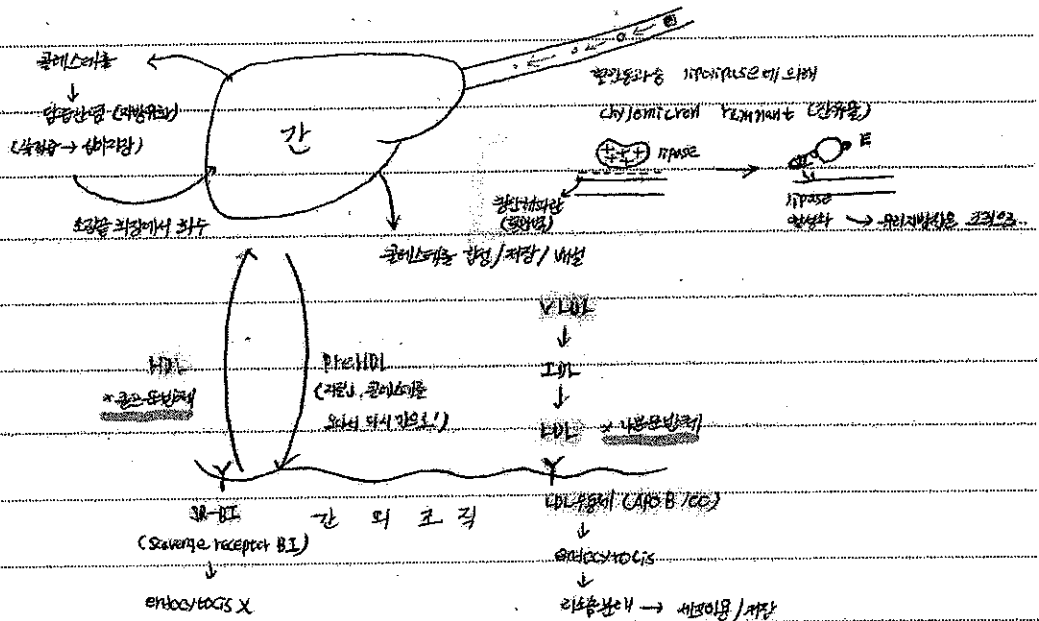


\* 지질 단백질 복합체의 구성

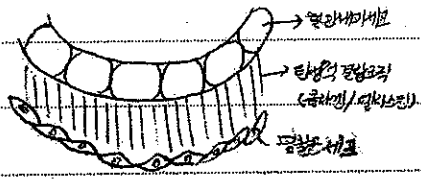


\* 콜레스테롤 (음식에서 아 세포내 합성 주로) : '중성지방 소변'

식이 (채식/콜레스테롤) → 소장 흡수 → ApoB48 콜레스테롤 함유 VLDL 생성 → 간에서 → HDL → 순환계

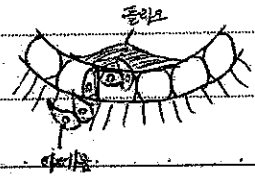


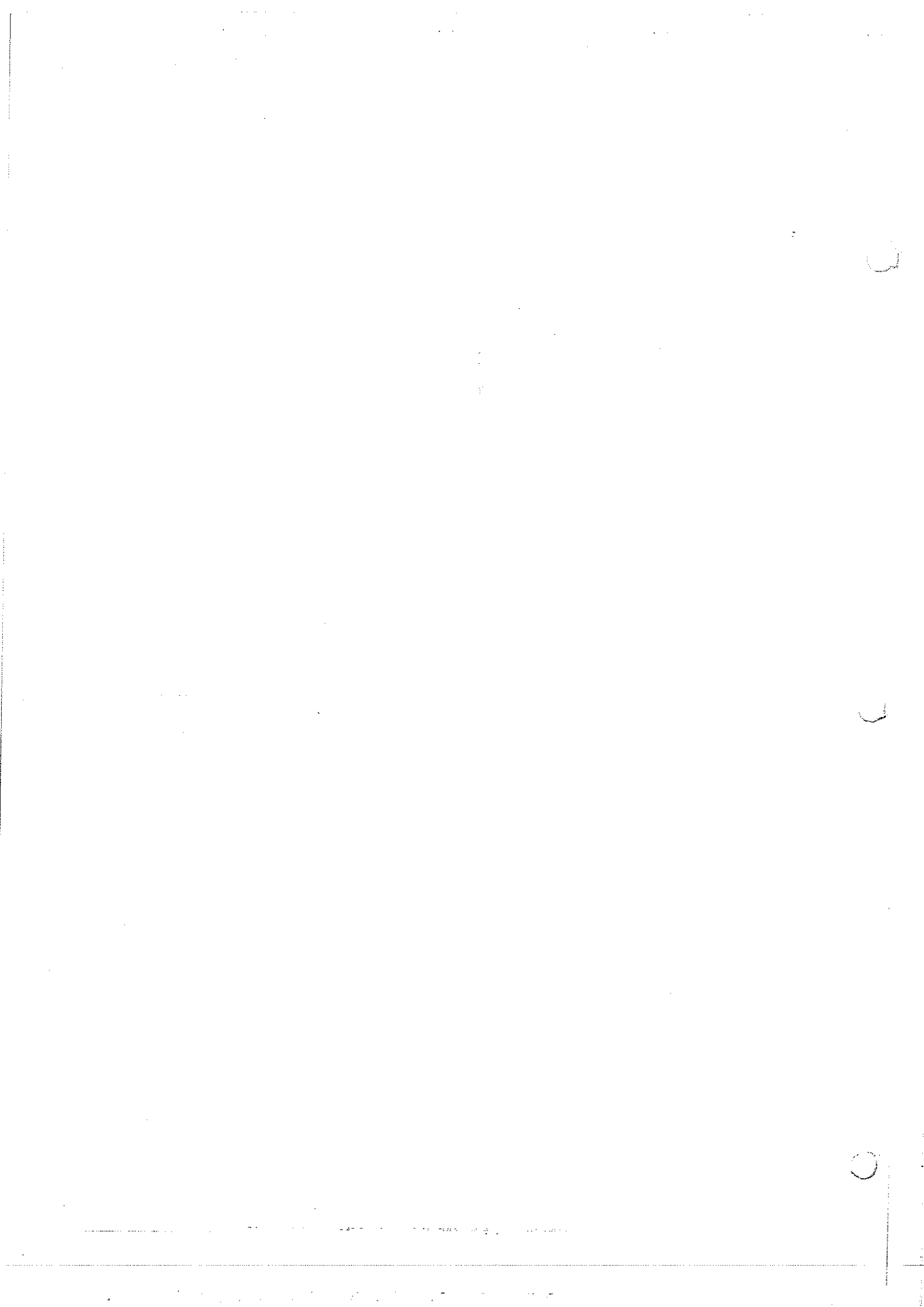
\* 동맥경화증



1. 혈관내피 손상 → LDL 산화
2. 산화 LDL가 매개체로 되어 산화/변형 LDL 섭취 → 거품 세포 → 사이토킨 분비 → 혈관벽 세포가 지방세포로 변이/분열 증식 → 콜레스테롤 침착

3. 아파 세포가 많이 침착되어 매우 단단해진다.

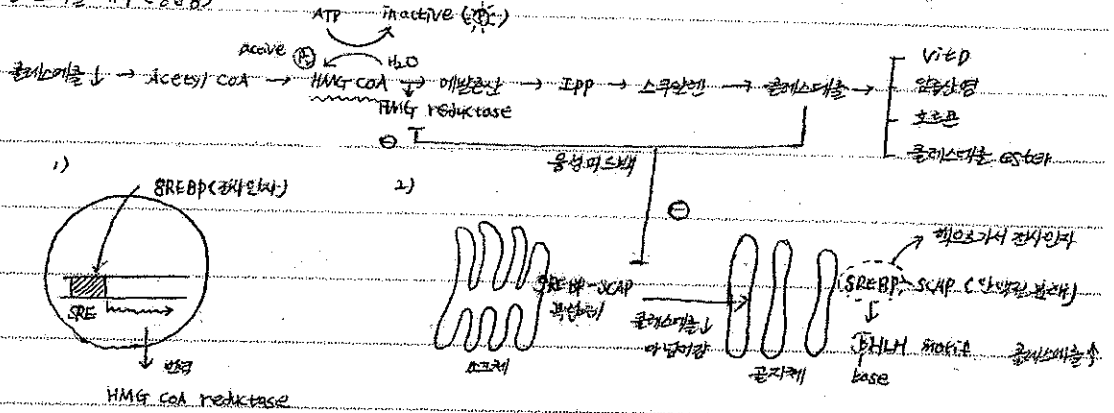




\* 지방간 (간에서 지방합성과 VLDL의 방출간의 불균형)

⊕ 400gms (쿠야라) : 살찐 개위간 (수치로 사용됨의 경우 50g → 300g)

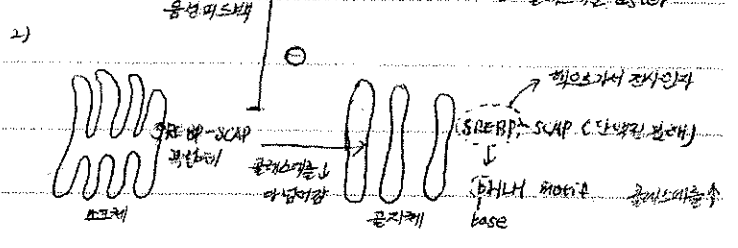
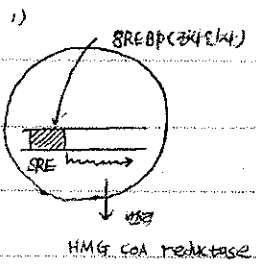
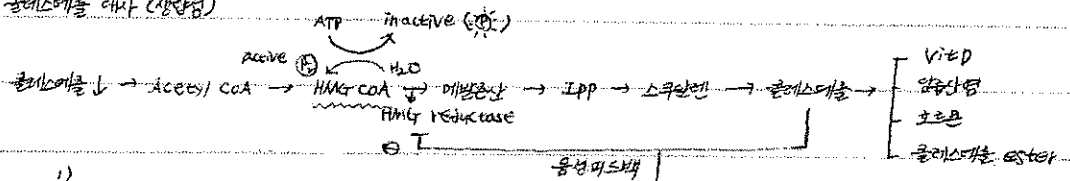
\* 콜레스테롤 매사 (생합성)

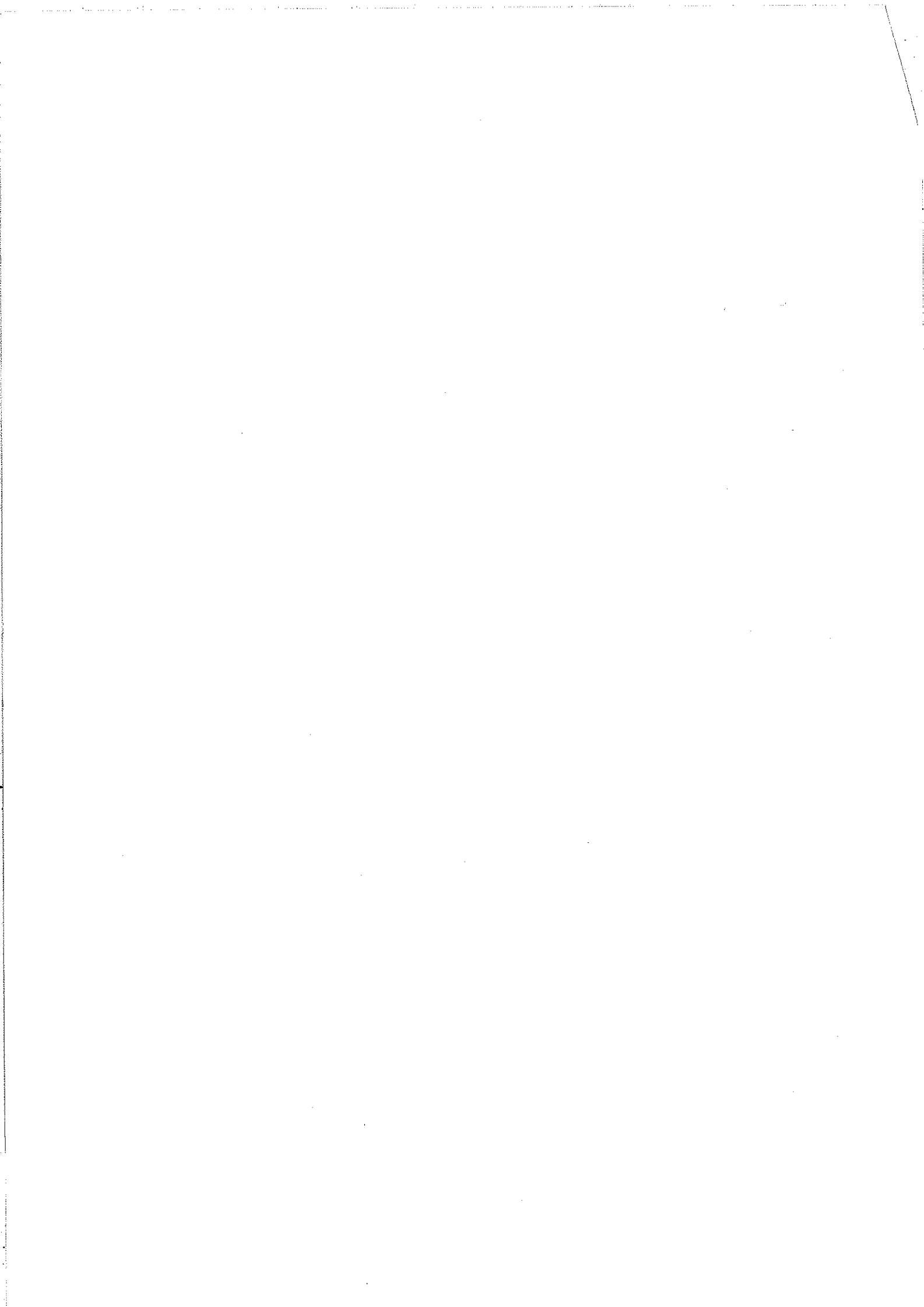


\* 지방간 (간에서 지방합성과 VLDL로의 방출간의 불균형)

① 포비 gras (쿠아라): 살찐 개위간 (역으로 사용되기 위해 50g → 300g)

\* 콜레스테롤 대사 (생합성)





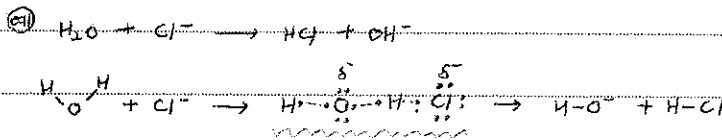
# Chapter 4. 효소

## 1. 생체촉매로서의 효소

### \* 효소 (Enzyme)

- 단백질로서 생체 내 모든 화학반응을 촉매한다
- 높은 반응속도 / 미소한 반응조건 / 가역촉매성을 나타낸다.
- 촉매작용은 기질(반응물) 이외에 다른 화합물 (코팩토르 등)의 농도에 의하여 변한다.
- 활성화 E를 낮추어 '반응속도'를 높인다. (효소 → 기질 복합체로 반응이 쉽게 함)

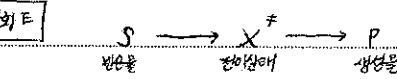
### 전이상태 transition state



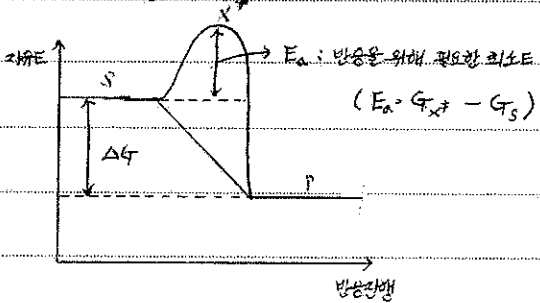
전이상태: 반응 → 생성의 중간단계

(아주 짧은 시간 존재, 관찰 X / 매우 불안정: 포인클트\*)

### 활성화 E



$$K_{eq} = \frac{[P]}{[S]} = \frac{k}{k^{-1}} = \frac{10^{-4}}{10^{-6}} = 100$$



1.  $E_a$ 를 낮추어 속도를 빠르게 하여 반응 평형에 빠르게 이르게 한다.

(bnt, 평형상수 / ΔG는 불변  $\Delta G = -RT \ln K_{eq}$ )

$$K_1 [S] = K_1 [P] \quad K_{eq} = \frac{K_1}{K_1^{-1}} = \frac{[P]}{[S]} = 100$$

2. 생체촉매로 recycle → 적은 양으로 많은 반응 (virus 복제 X → 가형)

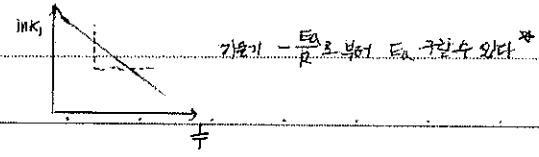
3. E를 다른 형태로 변형 가능하다.

### 반응의 온도 의존성



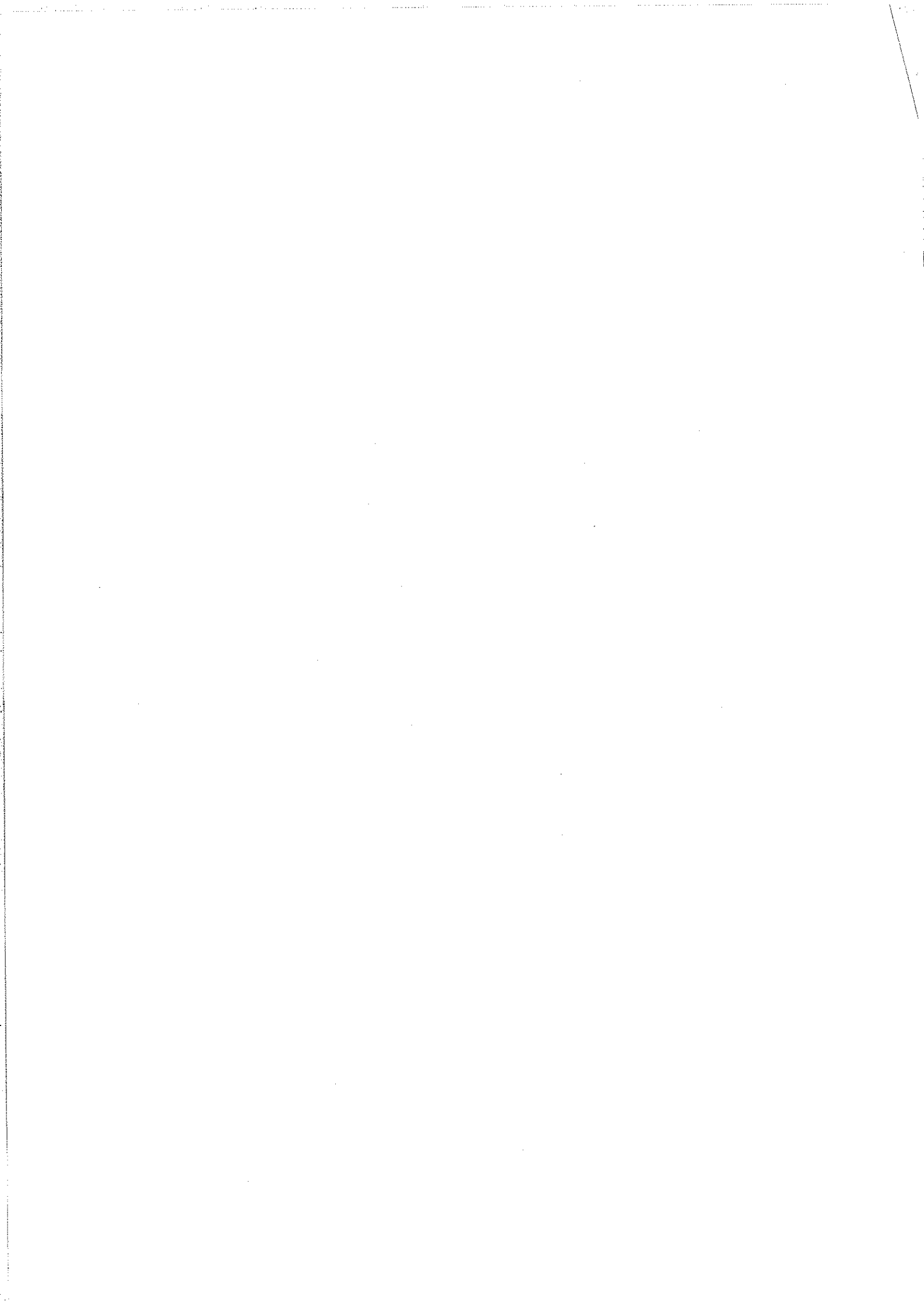
보통 촉매의 경우  $\left[ \begin{array}{l} T \uparrow, k_1 \uparrow \\ E_a \downarrow, k_1 \uparrow \end{array} \right]$  생체에서는 온도가 올라가면 (2)가 일어나므로  $E_a$ 를 낮추어  $k_1$ 를 높인다 (달이 필요하다)

$$\ln k_1 = -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T} \right) + \ln A$$

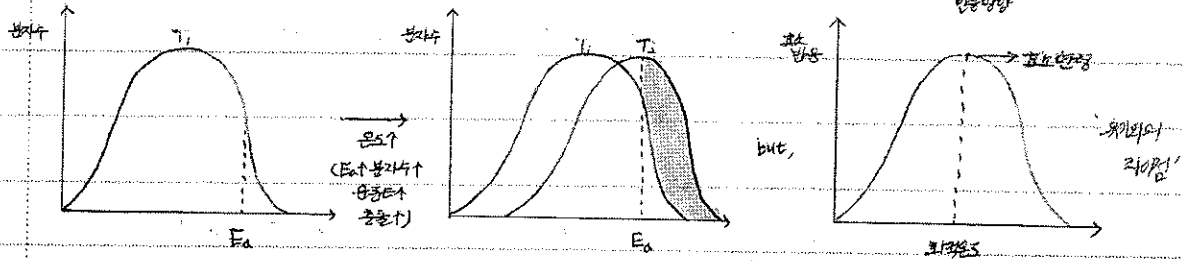
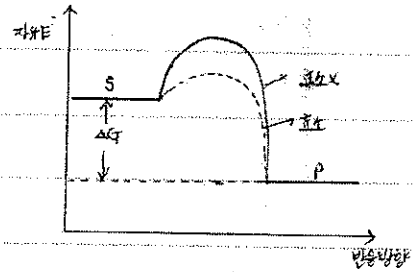


기울기  $-\frac{E_a}{R}$ 로부터  $E_a$  구할 수 있다 \*

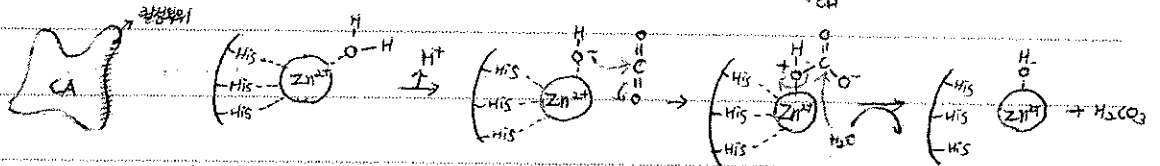
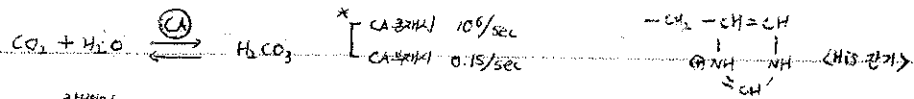
아래와 유사함



유기화학 반응	효소 반응
1. 중화	$E + S \rightleftharpoons (ES) \rightarrow E + R$
2. 방향성 (orientation)	1. 올바른 배향성 결합
3. $E_a$ 충분한 에너지	2. 전이상태수발 (안정화) 3. $E_a \downarrow$ 반응↑



**탄산탈수효소 (CA)**



\*  $H_2O$ 은  $Zn^{2+}$  결합시  $pK_a=15.7 \rightarrow 7.0$  산도가 낮아진다. \*  $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

\* 효소의 대부분은 단백질이며, 그 개체를 작용제거나 (보조인자) (코팩터) (비타민) Vit or Vit-유래 보조인자)를 필요로 한다.

- 1. 산소공급  $\rightarrow$  산화제 환경 (유기체 매개체)
- 2. 용이한 안정화
- 3. 산화/환원함여

\* 대부분은 특정 환경에 특정 반응을 위한 촉매 (안정제) 또는 (반응부위 존재)

but, 알콜 탈수효소  $\rightarrow$  메탄올/아세트알 / 이소프로판올 상해촉매  
 (비타민) 키모트린  $\rightarrow$  펩티드 가수분해 / 이소티르 가수분해 촉매 (반응부위)

$$\Delta G = -RT \ln K = \Delta H - T\Delta S \quad \ln K = \frac{-\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \frac{\Delta S}{R} \quad \leftrightarrow \quad \ln K_1 = -\frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$$

반드르프 아레니우스

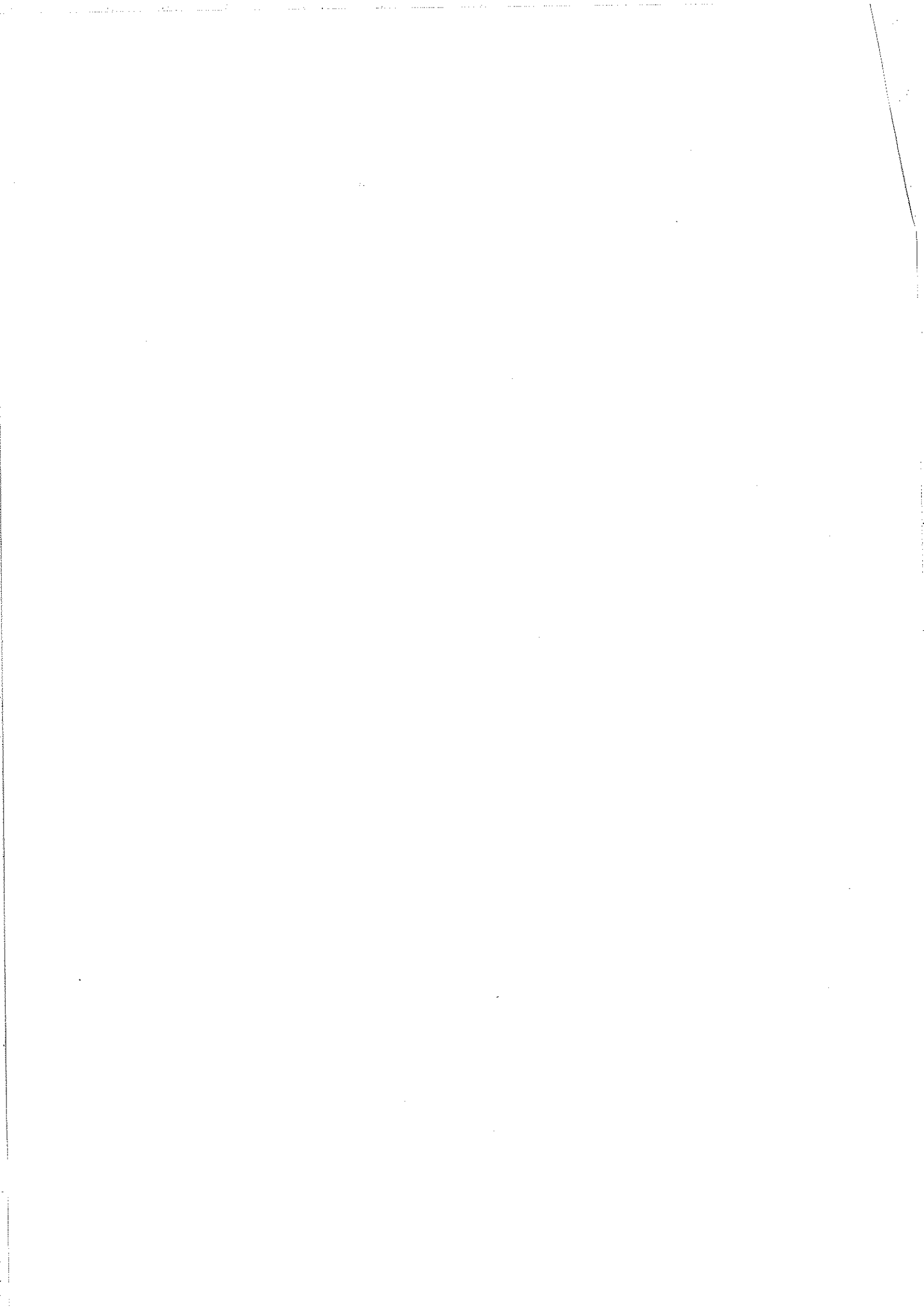
#2 효소의 구성

전효소 (Holoenzyme) = 단백질 (apoenzyme) + 보조인자 (Cofactor)

**보조인자**: 효소의 작용을 돕는 비단백성 물질

1. 금속이온 (전자쌍 수용체 = 'Lewis산')

- $K^+$ : 피루브산 Kinase
- $Zn^{2+}$ : 알콜 탈수효소, 탄산탈수효소 (CA)
- $Mg^{2+}$ : DNA 중합효소, 펩티드 가수분해 (3'OH  $\rightarrow$  5'-P) 효소



→ 아미노산 → 크로미오텐산 복합체 (C.26)

- Fe<sup>3+</sup> : 카탈리아제, 페루시아아제
- Cu<sup>2+</sup> : 시토크롬 산화효소
- Mn<sup>2+</sup> : 마르가나아제 (아민기전 → 요소), 광합성 반응 중심
- Mo : 글산라민산효소, 질소 고정효소

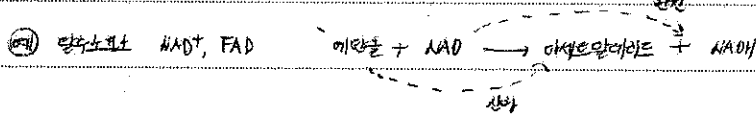
→ 금속이온이 유전자상 조절부위에 '공유 결합' → 보론족 (Picos thematic)

2. 조효소 (coenzyme) : 비타민 2 유도체 (전자전달 운반체)

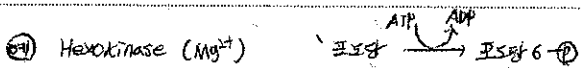
비타민	조효소
니아신 (B <sub>3</sub> )	NAD <sup>+</sup> , NADP <sup>+</sup> → 말산과 (사이클럼) 환화
리보플라빈 (B <sub>2</sub> )	FAD, FMN
파리독신 (B <sub>6</sub> )	파리독살민산 → 아미노산 전달 반응
* 티아민 (B <sub>1</sub> )	티아미피리도산 (TPP) → 알데하이드
비타민 (B <sub>7</sub> )	Carboxylation → 'PEP + CO <sub>2</sub> → 옥살아세트산'
판토텐산 (B <sub>5</sub> )	PP carboxylate

#3: 효소의 종류

① 산화/환원 효소 (oxidoreductase) : 물질의 산화/환원 촉매



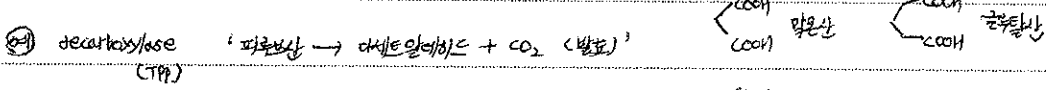
② 전이 효소 (transferase) : 원자단을 옮김



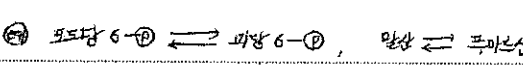
③ 가수분해 효소 (hydroxylase) : 가수분해 반응



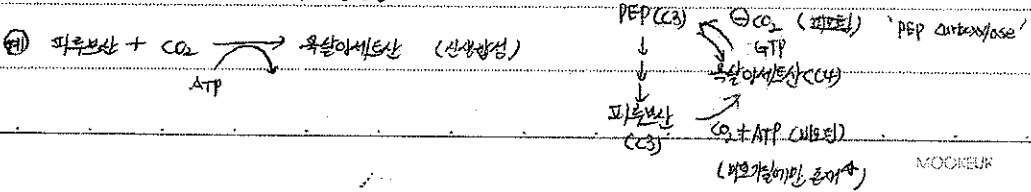
④ 분해 효소 (lyase) : 화학 결합 분해



⑤ 이성질화 효소 (isomerase)



⑥ 연결 효소 (ligase) : ATP 가수분해와 결합 형성





#4 효소-기질복합체 형성

1. 열쇠-자물쇠형 : 딱 맞는 모양을 가져야 한다. BUT 전이상태 설명 X / 처음에 의미
2. 유도적합설 : 효소들이 유연하여 활성부위의 생김새는 기질의 결합으로 약간의 형태변화  
 ↳ '유도적합'은 전이상태 동안생물의 생명을 촉매한다

\* 전이상태 유사모델

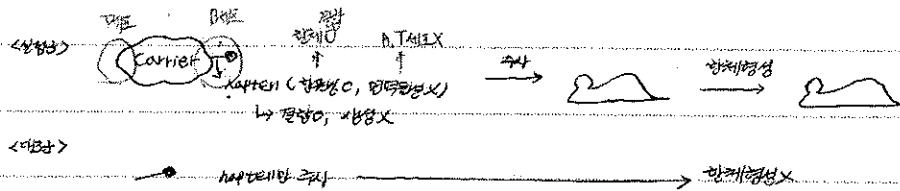
: 효소는 기질로 보이는 '전이상태' 구조에 더 잘 결합 (효능 기질을 전이상태 형태를 취하게 한다)

↳ 전이상태 구조유사제는 기질 결합을 방해 → 효소 작용 방해 → '약물고양이 활용'

**촉매형제** 항체 (antibody) + 효소 (enzyme) = abzyme

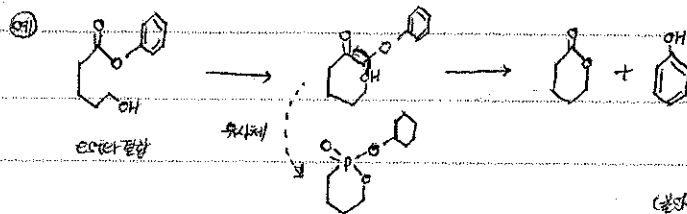
\* 제조원리

: 전이상태 구조와 유사한 물질을 운반체 (carrier) 에 결합 → 동물에 주사 → 생성된 항체는 '촉매형제' 가짐!



\* 항원결합을 효소의 결합구조와 유사한 전이상태에 결합하여 전이상태 촉매 역할

⇒ 합성이 부족되면 합성이 생김 → 합성을 제거하거나, 파괴 유도!!



(불가역성)  
 ↳ 이를 입원으로 하여 합제 제조 → 촉매형제를 가하여 에스터 결합 분해 유발!  
 ↳ 약물 디자인 응용

- 효소-기질 복합체** '근접반응효과'
1. 방향성을 부여하여 정확한 상호작용
  2. 긴장을 유발하여 불안정한 '전이상태'로.
  3. 밀접적으로 전이나 화학적 기를 부여한다
- 두 가지 이상 동시작용

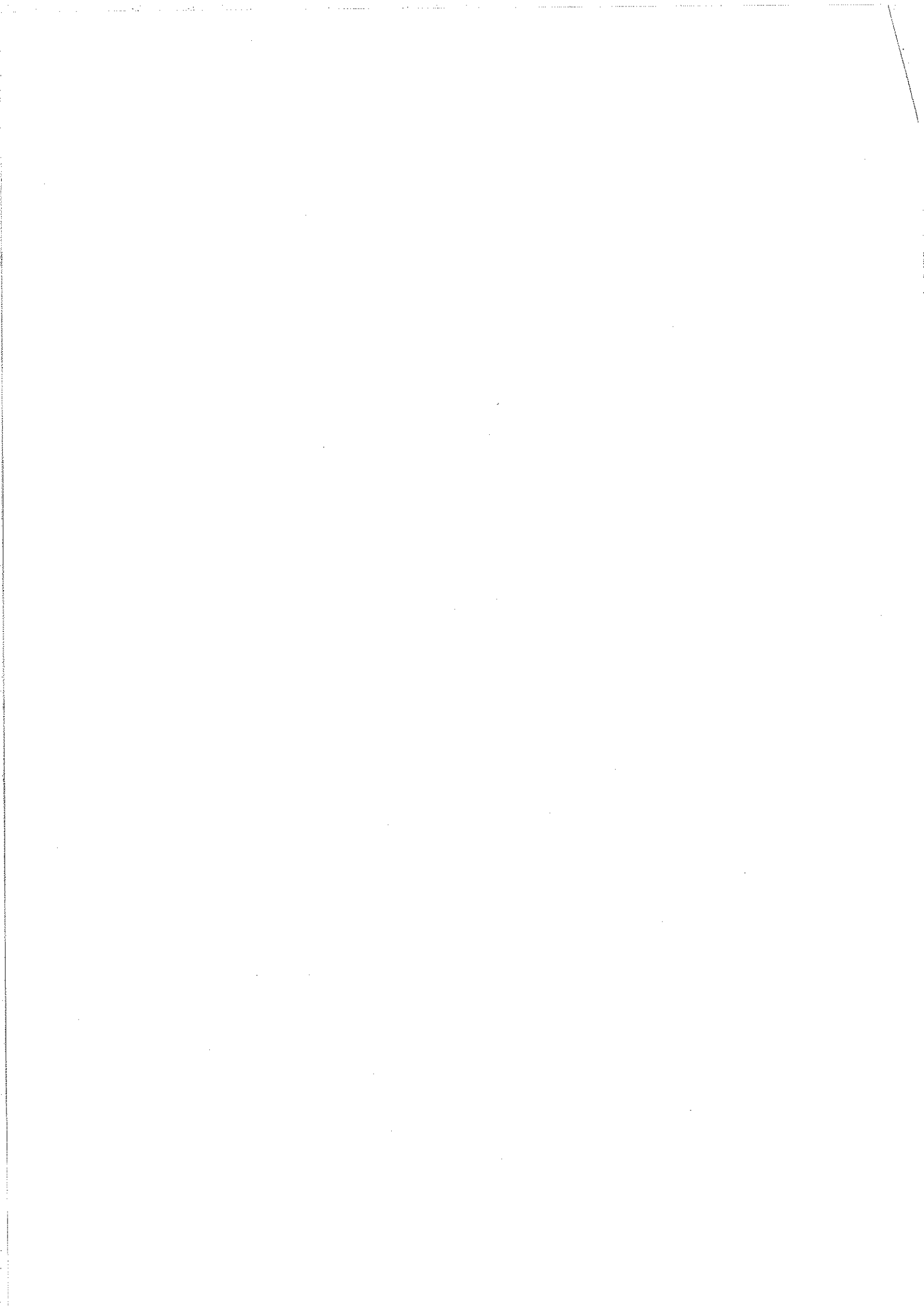
#5 효소촉매기작

1. 금속이온 촉매기작 (CA)

: H<sup>+</sup> 배농을 두 있는 한쪽체 생성 촉진 (산도하) / 용이한 안정화 / 산화·환원반응 (예) Zn<sup>2+</sup> (CA), Cu<sup>2+</sup> (시트르산 산리 효소)

2. 공유결합촉매기작

: 효소와 기질이 일시적으로 공유결합하여 생성

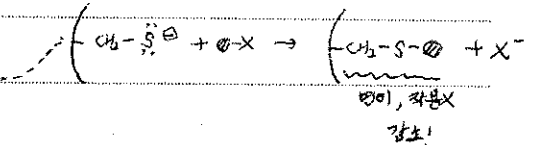


3. 일반적인 '산-염기' 촉매기작

: 활성부의 아미노산 잔기가 H<sup>+</sup>을 내놓거나 받아들여!

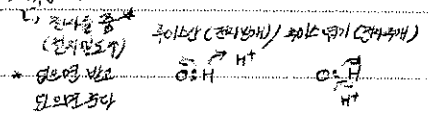
㉠ CYS 잔기 (pK<sub>a</sub>=8) 일때 pH=7  $pH = pK_a + \log \frac{[S^-]}{[SH]}$

pH=10  $10 = 8 + \log \frac{[S^-]}{[SH]}$



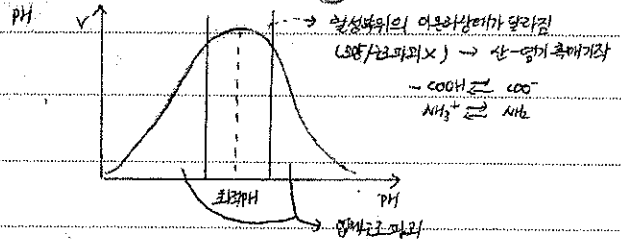
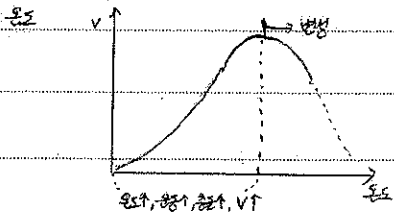
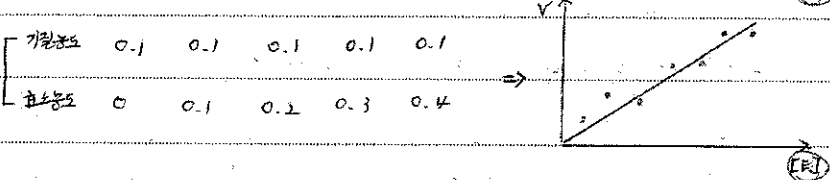
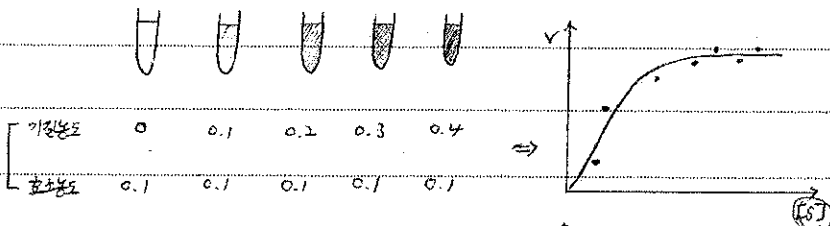
\* 아미노기의 페타드올리안 촉매 → 산촉매/공촉매/염기촉매

\* RNase는 DNA 분해 촉매X → DNA는 -OH가 있어 공격제기할 X



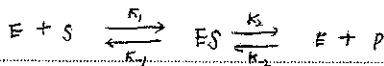
#6. 효소 반응속도론

\* 효소 반응속도 측정방법



\* Michaelis-Menten equation [M-M]

① 효소 kinetics



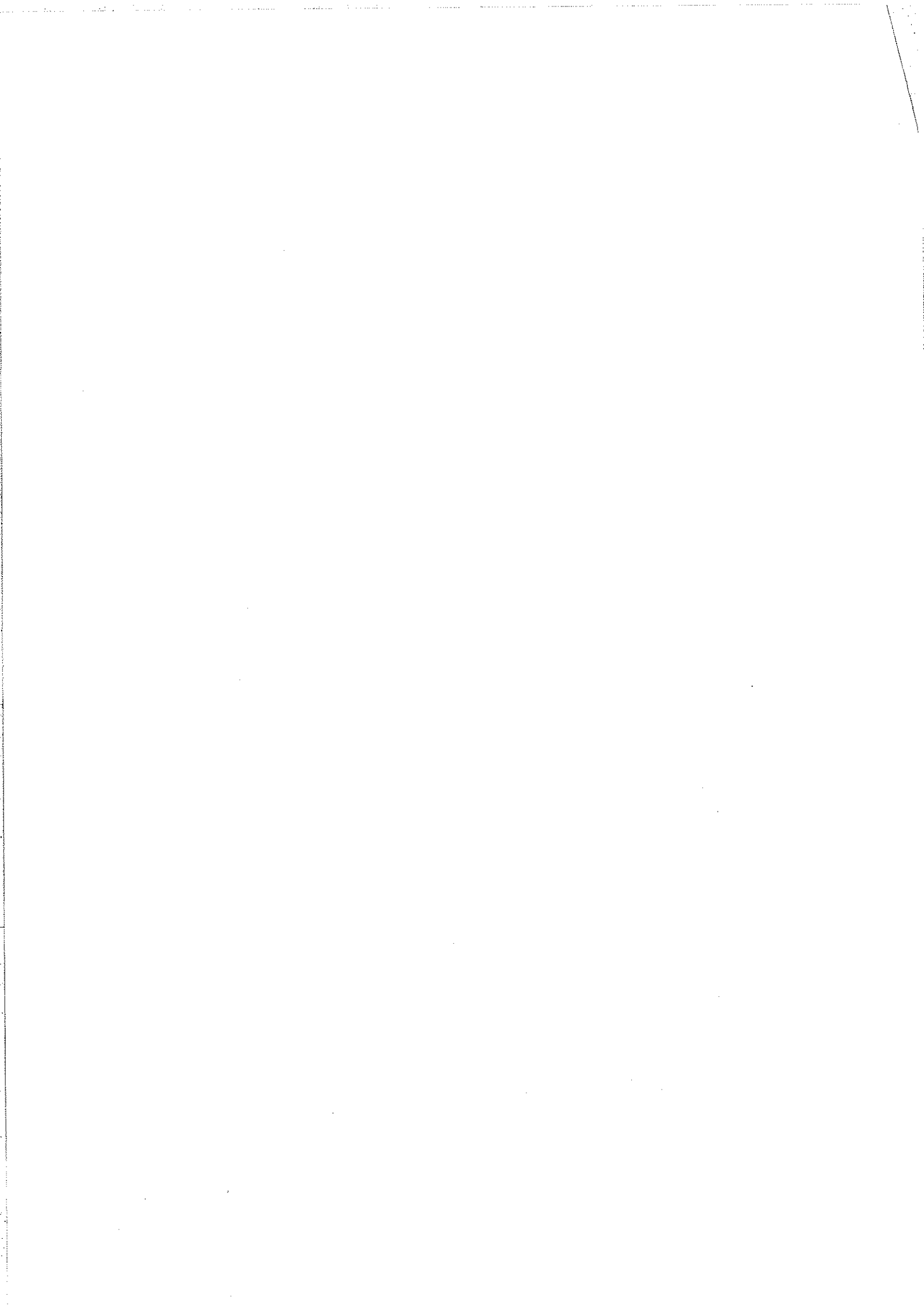
② 3가지의 가정

\* 1. E에 비해 S의 농도가 높다. [S] >> [E] : 반응속도가 [ES]에 좌우 (모두 반응할 때!)

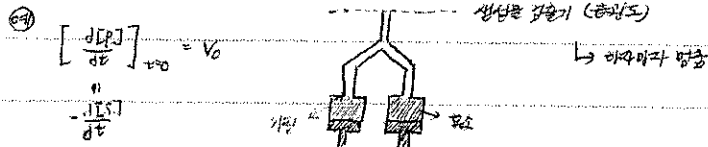
1)  $V = k_2 [ES]$

2) 모든 효소가 ES형태에 채워져서 도달

$V_{max} = k_2 [E_T S] = k_2 [E_T]$  : ES의 총량은 효소의 총량과 같다 (∵ [S] >> [E\_T])



2. 초기속도 측정: t=0 일때 V<sub>0</sub> 측정 t=∞에서 평형가용기



\* t가 측정되어 평형을 관측하는 것은 거의 불가능하다 보아도 무방!

3. Steady-state 가정 (경우상대론)

$\frac{d[ES]}{dt} \approx 0$  (ES 생성속도 = ES 소멸속도)

- ① 속도  $V = k_2[ES]$  ... ①  
 ②  $V_{max} = k_2[E_T]$  ... ②  
 ③  $[E_T] = [E] + [ES]$  ... ③  
 ④ ES 생성속도 = ES 소멸속도 '평형 가정' ... ④

④에 의해  $k_1[E][S] = k_{-1}[ES] + k_2[ES] = [ES](k_{-1} + k_2)$

$[ES] = \frac{k_1}{k_{-1} + k_2} [E][S]$   
 (k<sub>m</sub>이라 정의)

$[ES] = \frac{[E][S]}{K_m} = \frac{([E_T] - [ES])[S]}{K_m}$  (∵ ③ 가정)  
 (이항/정리)

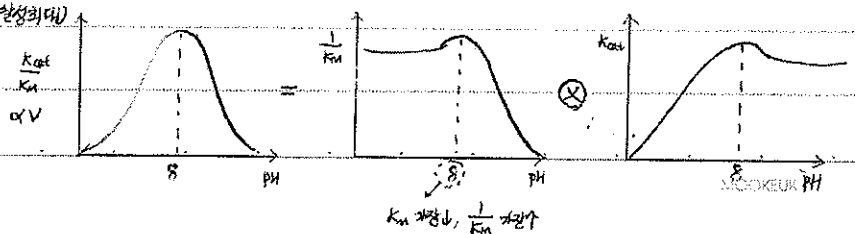
$V = k_2[ES] = \frac{k_2[E][S]}{K_m}$  (①에 의해)       $K_m[ES] = [E_T][S] - [ES][S]$   
 $[ES](S + K_m) = [E_T][S]$        $[ES] = \frac{[E_T][S]}{K_m + [S]}$

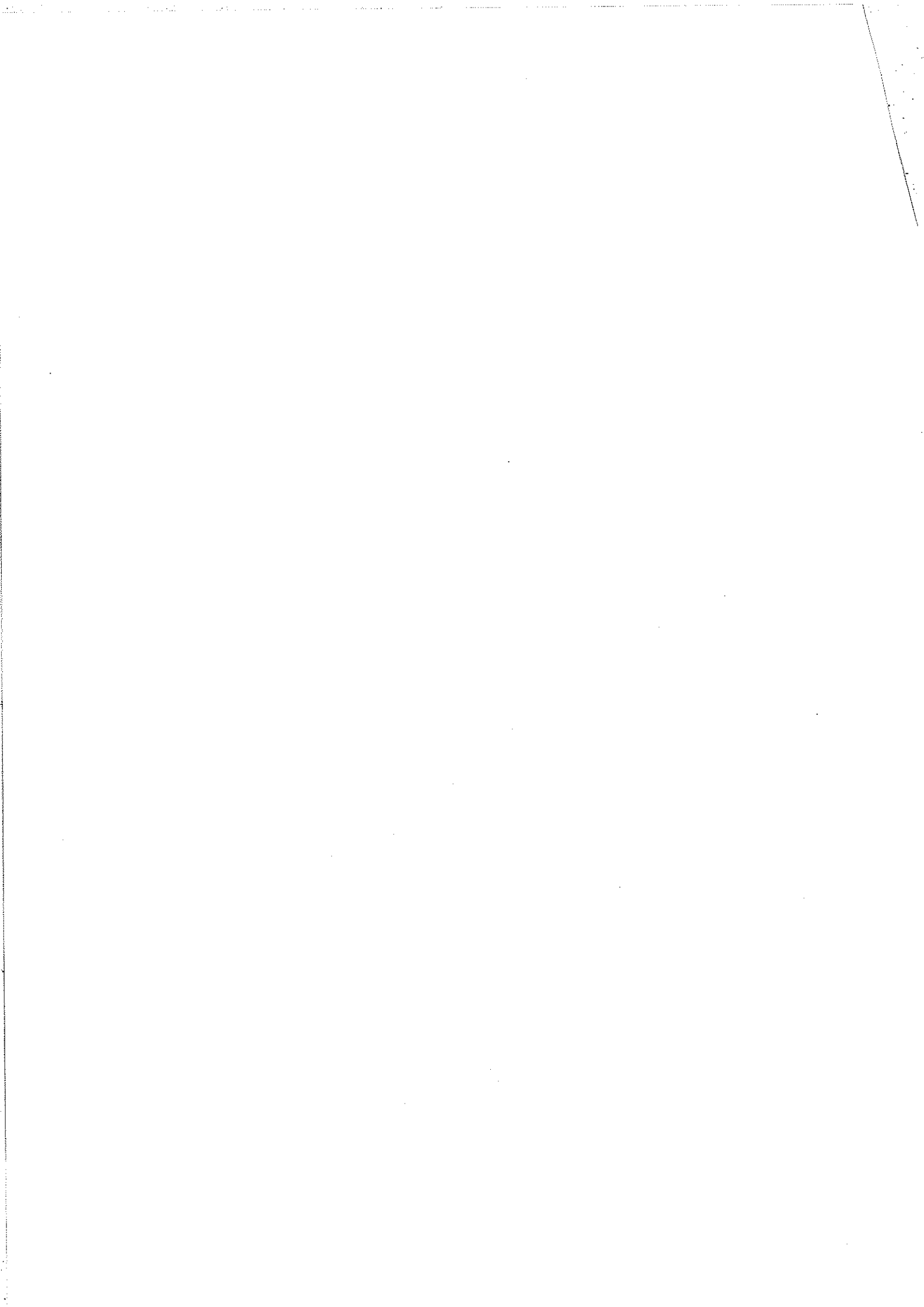
$V = k_2 \frac{[E_T][S]}{K_m + [S]} = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_m + [S]}$  ⇒ 'Michaelis-Menten' 식의 결과

$\frac{V}{V_{max}} = \frac{[S]}{K_m + [S]}$

- \* K<sub>m</sub> (Michaelis constant): 1/2 V<sub>max</sub>에 도달하는데 필요한 '기질의 농도' (이항/정리)
- \* K<sub>cat</sub> (turnover number): 효소 분자에 의해 생성물로 변환되는 '기질분자' =  $\frac{V_{max}}{[E_T]} = \frac{k_2}{k_{-1} + k_2}$  (반대역향 (k<sub>2</sub>) (1/2))
- \*  $\frac{k_{cat}}{K_m}$  (촉효율): K<sub>cat</sub> ↑, K<sub>m</sub> ↓ : 기질 전환 ↑       $V = \frac{k_{cat}}{K_m} [E_T][S]$

① 예) 카탈리틱 (pH에서 활성 최대)





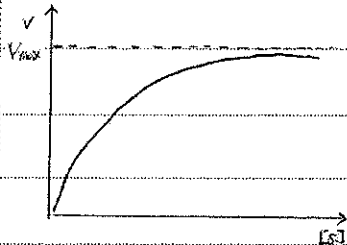
㉠  $k_{cat}$  찾기

$k_{cat} = \frac{V_{max}}{[E_T]}$       $V_{max} = 100 \text{ mol/l} / \text{분}$      효소농도량  $128,000 \text{ g/ml}$ ,      $0.1 \text{ mg/ml}$  농도의 효소용액  $0.1 \text{ ml}$   
 '  $0.02 \times 10^{-3} \text{ g}$ '

$k_{cat} = \frac{100 \times 10^{-3} \text{ mol/sec}}{0.02 \times 10^{-3} \text{ g}} = 10,000 / \text{sec}$      효소는  $\frac{\text{mol}}{\text{g}}$  을 쓴다  
 $128,000 \text{ g/ml}$       $0.1 \text{ ml}$       $128,000 \rightarrow 1 / 128,000 = \square : 0.02 \times 10^{-3}$

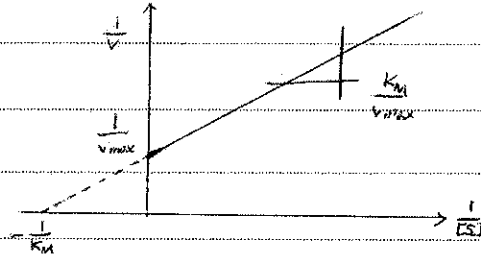
Michaelis-Menten

$$v = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$



Lineweaver-Burk plot

$$\frac{1}{v} = \frac{K_m}{V_{max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

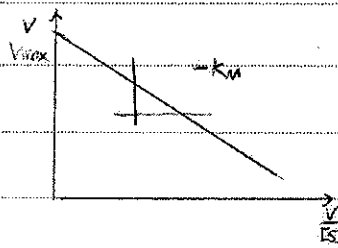


Eadie-Hofstee

$$\frac{V_{max}}{v} = \frac{K_m}{[S]} + 1$$

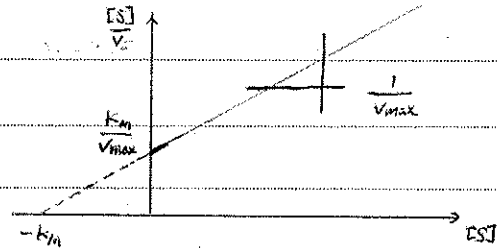
$$V_{max} = \frac{K_m}{[S]} \cdot v + v$$

$$v = V_{max} - \frac{K_m}{[S]} \cdot v$$



Hanes-Woolf

$$\frac{[S]}{v} = \frac{K_m}{V_{max}} + \frac{[S]}{V_{max}}$$



# 17. 효소활성의 조절

물질대사 조절

효소양 조절 (강기억\*) → 유전자 발현 조절 → 구성성분 (housekeeping constitutive) : 조절 X, 계속합성

조절성 발현 : 조절 O (유사/억제)

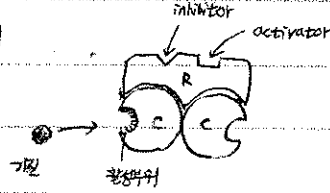
효소의 활성 조절 (안정성\*)

1. 알로스테릭 조절
2. 공유결합성 변형
3. 분해에 의한 활성화 (caspase)
4. 조절 단백질 결합
5. 동형효소 (isozyme)



1. 알로스테릭 조절

알로스테릭 효소



C: catalytic subunit  
R: Regulatory subunit } → '4자구조'



결합 (4자구조)

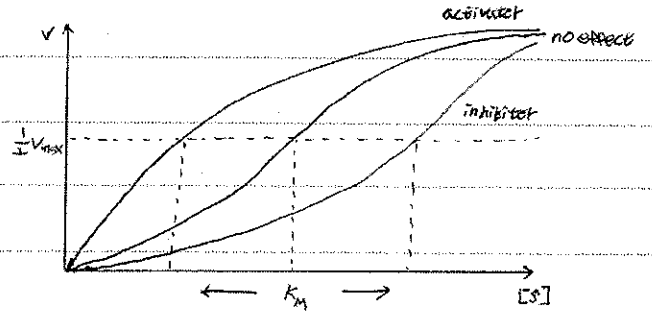
결합, 친화성, 평형이 함께 변함

→ 소단위체간의 평형성 (결합 → 더 잘 결합하게 → 결합 → 더 더 잘 결합하게..)

→ '5자구조'

allo- : 다른 자리 입체성

* 기질 결합부위	활성부위
* 조절인자 결합부위	알로스테릭 (조절부위)
	activator: $K_M \downarrow$
	inhibitor: $K_M \uparrow$



\* 최대인  $V_{max}$ 가 변하는 경우도 있다 (비결합/결합 상태)

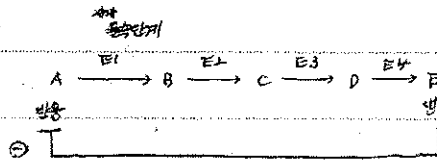
- 동공성 effector: '기질'이 결합, 또는 '기질'의 활성 ↑
- 이동성 effector: 다른 부위에 결합하는 'inhibitor & activator'가 기질 결합력 변화

concerted model: T형태 (친화력 ↓) ↔ R형태 (친화력 ↑)  
 약제인자가 안정화 ↔ 활성인자가 안정화  
 → 모든 효소위치 구조가 (동시)에 바뀐다.

sequential model: 한 소단위체가 기질과 결합 후 차례차례 T → R로 변화해간다.

→ 유도적합 모델과 유사

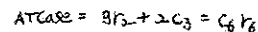
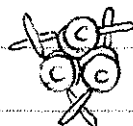
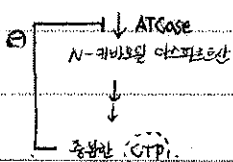
\* 피드백 억제



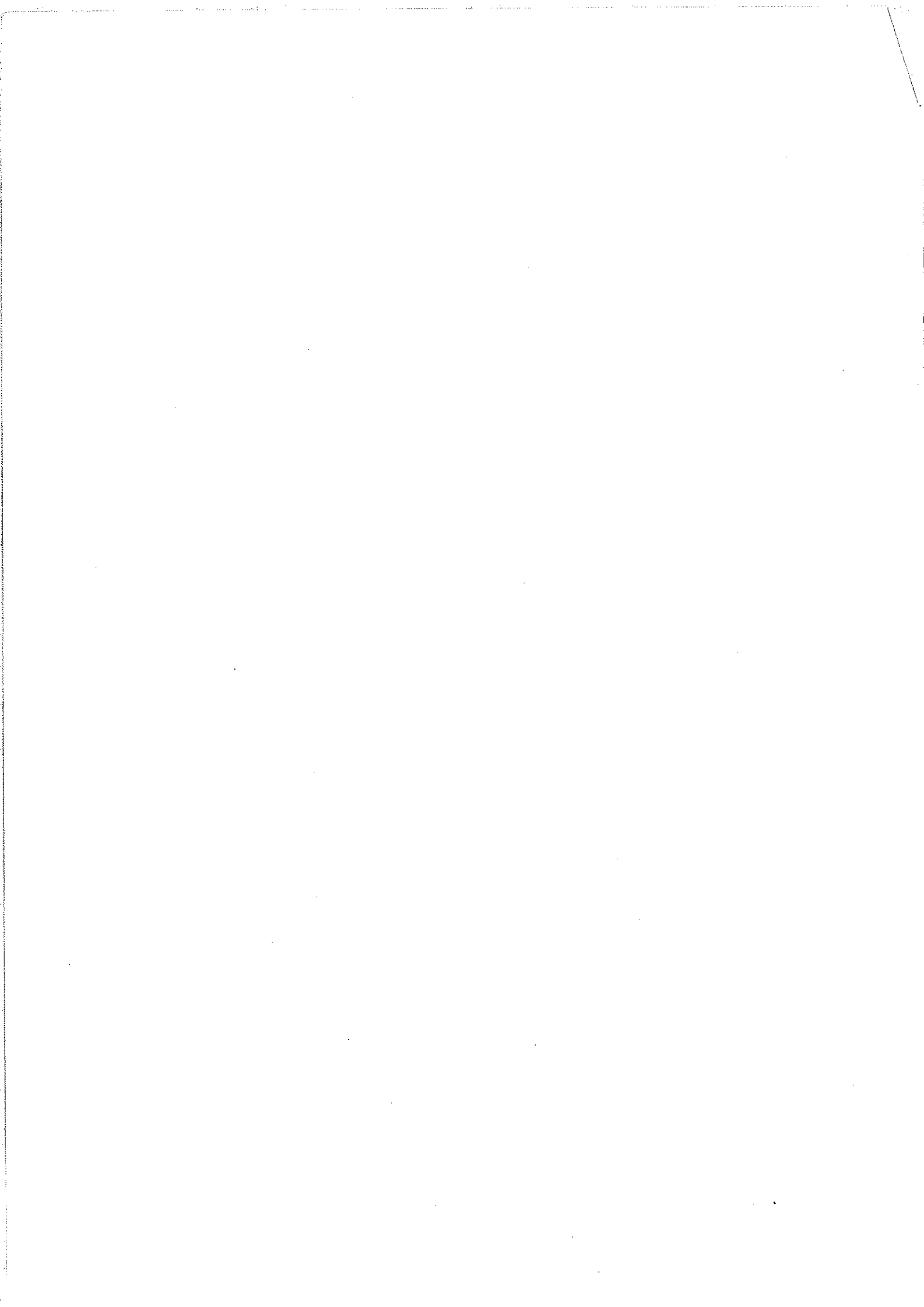
피드백물이 최단계 효소의 활성억제 → 전체 반응 ↓  
 (출애없는 ⑤ 반비 → 효소단계 많으면)

예) '피리미딘 생합성 경로'

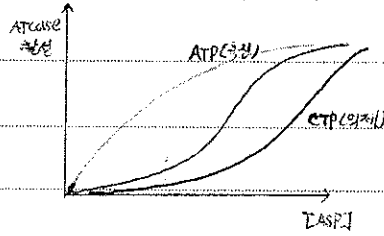
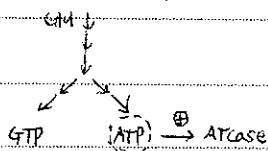
CTP 합성 (카비닐 인산 + 아미노산)



- 피리미딘/퓨린의 합성유지
- DNA/RNA 합성유지
- CTP ↑ → ATCase 억제
- ATP ↑ → ATCase 활성 (유신조절)

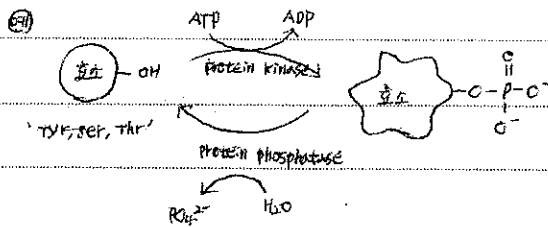


1. 뉴런의 생합성 단계



\*  $S \rightleftharpoons M-M \rightleftharpoons X$

2. 가역적 공유결합형 변형에 의해 조절 (인산화/아세틸화/ADP-ribosylation)



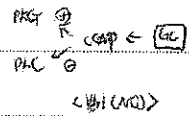
PROTEIN KINASE

- 1. cAMP → PKA
  - 2. cAMP → PKG
  - 3. DAG → PKC
  - 4. (G)4CAM → CAM PROTEIN KINASE
- \*  $M-LK \rightarrow PKC$  (필수성 변형)  
 \*  $M-LK \rightarrow PKG$  (선택적 변형)  
 \*  $GSK-3 \rightarrow$  (클리코젠당성 kinase)

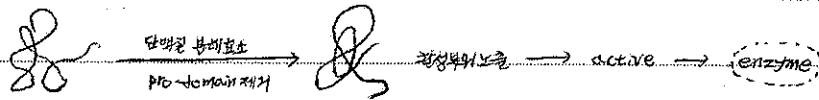
PKA, PKG의 인산화기아하여 활성은 아이다.

<p>클리코젠 인성 (인산화)                  '활성' (활성화)                  cdk 인성화</p>	<p>클리코젠 인성 (아세틸화)                  '비활성' (비활성화)                  GSK3 인성화</p>
---	---

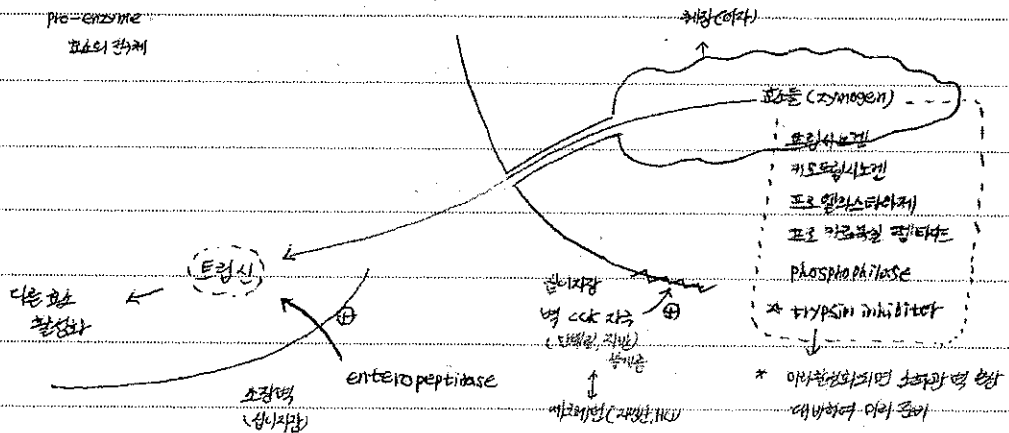
\* PKC (활성/비활성)이나 GSK3의 경우도 활성/비활성/인산화(가역적) / 인산화(가역적)



3. 단백질 분해에 의한 활성화

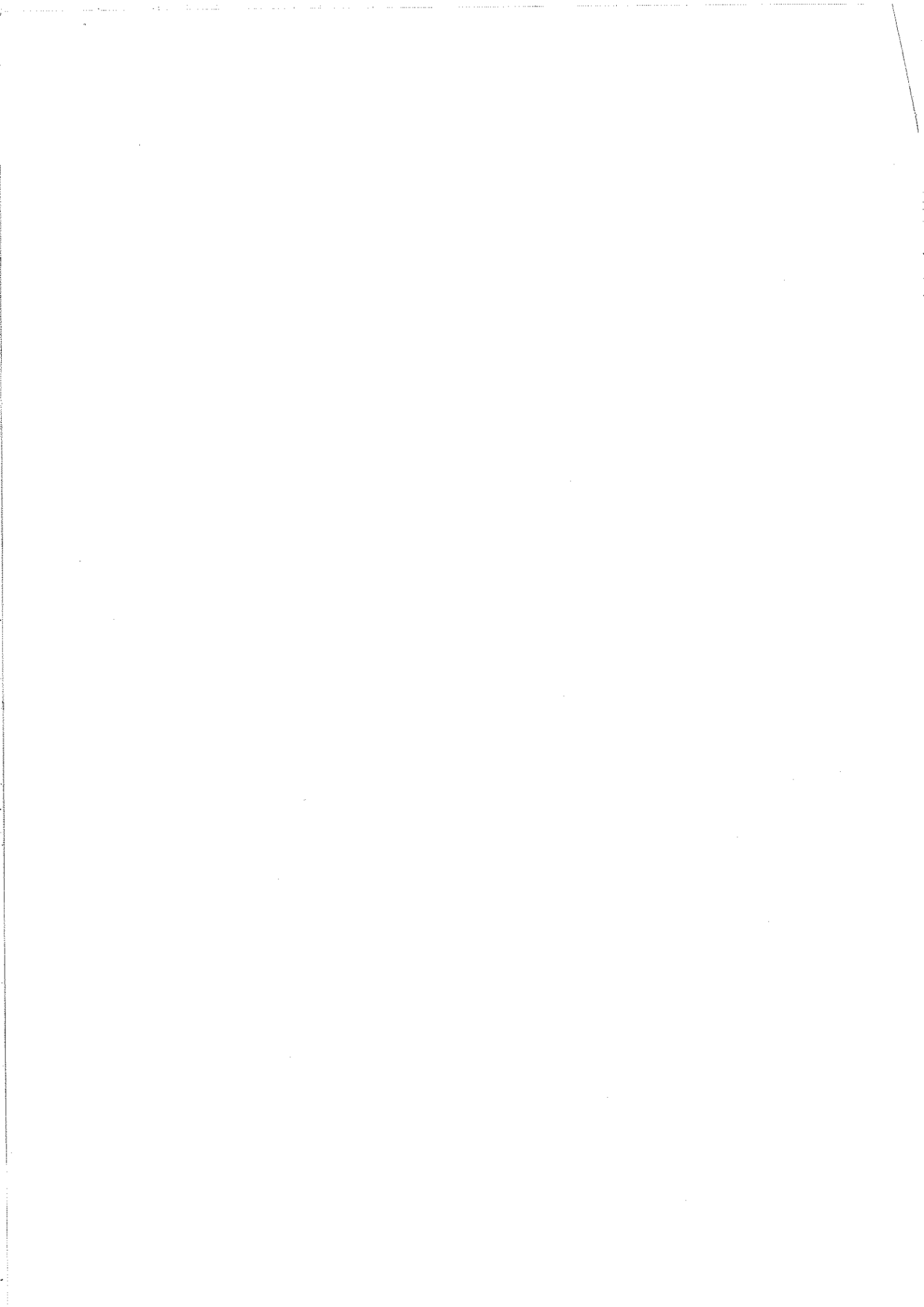


pro-enzyme  
 효소의 억제제



4. 조절 단백질에 의한 조절

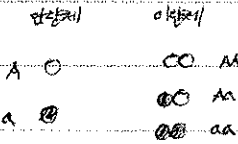
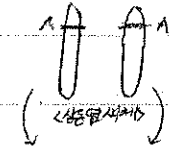
- ① 항트립신 프로테아제 트립신 억제제 (혈액응고)
  - ② trypsin inhibitor의 trypsin 억제
  - ③ (-) - antitrypsin → elastase 분해제 (담낭의 효소활성이 elastase 분해 → 결핵의 파괴)
  - ④ PKA는 cAMP의 결합으로 활성화
- \*  $PKA \rightarrow$  (선택적)  
 \*  $PKG \rightarrow$  (필수성)  
 \*  $GSK-3 \rightarrow$  (선택적/필수성)



5. 동중효소에 의한 조절

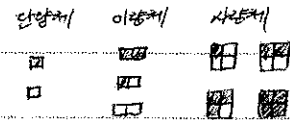
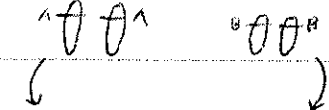
대립효소 (allozyme)

대립유전자의 산물



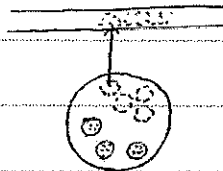
동중효소 (isozyme)

다른 유전자에 의한 생산  
(아미노산서열 / Km / Vmax / 조절특성 모두 다르다)



비단, 같은 기능 수행  
세포노화관/기관/조직/발생단계에 따라  
더 적당하게 다르다 (알로스테릭 조절)

\* 동중효소는 임상효소로서, '간단'적 가치를 지닌다



기관조직의 형태에 의존한다

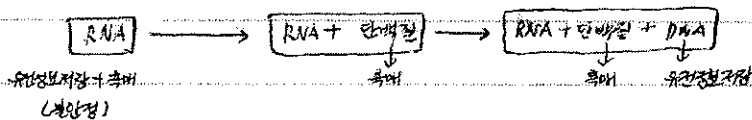
- ① 간세포 내
- ALT (SGPT)
  - AST (SGOT)
  - CK (크레아틴키나제)
  - LPH (젖산염화효소)
- 증가!! (사지에는 있다)

#8. 흡착효소 (Abszyme)

: haptan (유사물질)을 carrier에 붙여 항체제도 → 기관들 전이장애로 가도록 강요함으로써 반응이 순하게 일어나게 한다

#9. 리보자임 (ribozyme)

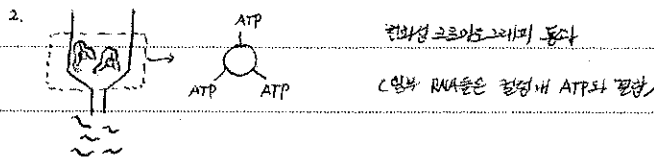
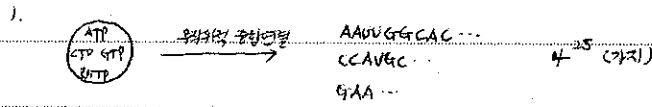
: 효소촉매활성을 갖는 RNA 분자 (RNA 가닥 절단 / 연결 / RNA 중합 / 펩티드 결합 형성)



- 증거
1. 리보자임의 발견
  2. 역전사효소 (RNA → DNA)
  3. CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub> (증거)  
↳ 산소유기보라산원 (CO<sub>2</sub>는 X)
  4. 생체 주요분자들이 리보소기질 (ATP, NAD<sup>+</sup>, cca)
  5. ribonucleotide reductase  
APP → dADP → dATP → DNA
  6. 리보소 → 다중리보소를 만드는 효소군대 (RNA가 만든다.)



**실습** 새로운 ATP 영향을 갖는 RNA 분자형성 (SELEX 기법)  
 (C타입 뉴클레오타이드)  
 ↳ 15개



3. 고에서 수집된 RNA를 선택해 수집한다. (선택과 아 염색도)

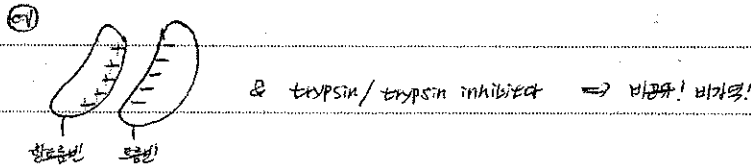
4. 이중염색체 더 오래가기 위해 '염색체화' 처리  
 - 2~4 과정 반복  
 - 돌연변이주, 각각 ATP 결합의 큰 것 많음  
 - 단백질 포지 클로닝에 응용

SS RNA → DS DNA → SS RNA  
 (선택) (필수) 처리

# 10: 효소반응의 저해

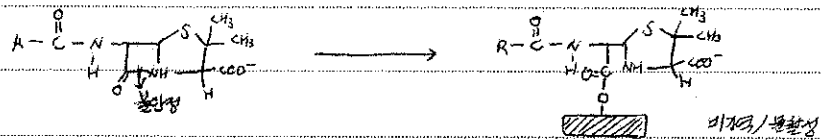
\* 효소저해제: 효소활성을 통해 촉매반응 방해 (공유결합: 비가역 / 비공유결합: 가역)

예: 비공유결합도 강하면 '비가역' 유발



① 비가역적 저해

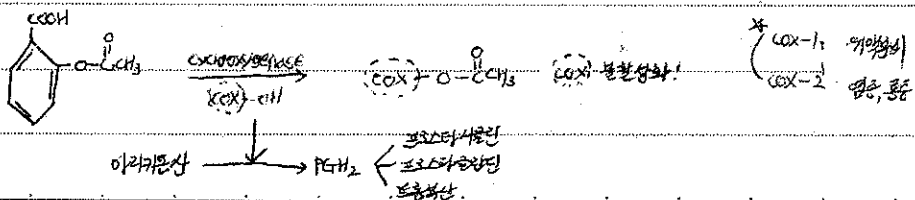
1) 페니실린

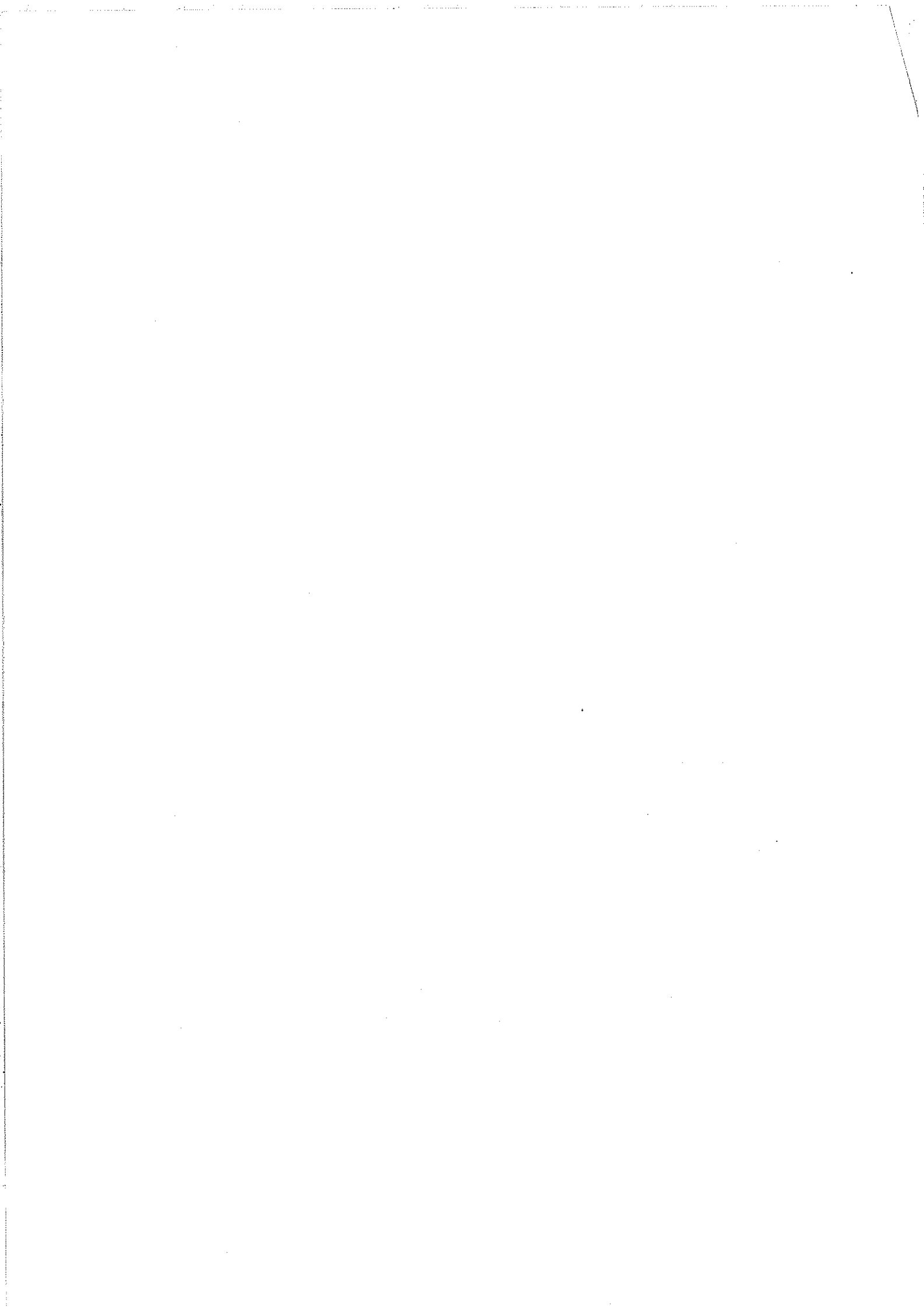


\* Trans peptidase

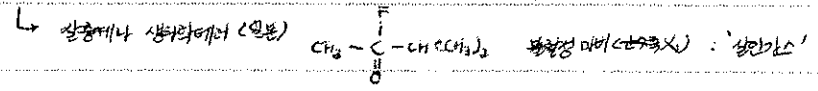
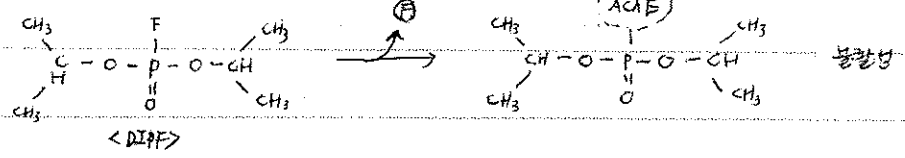
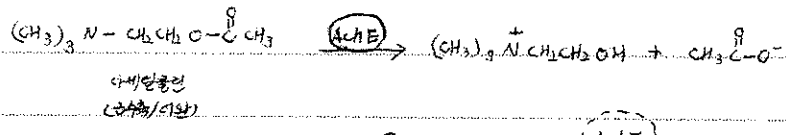
↳ 펩티드 가교, 펩티도글리칸 합성, 세포의 세포벽 → '세포벽 약화 & osmolytic으로 용해'

2) 아세트산



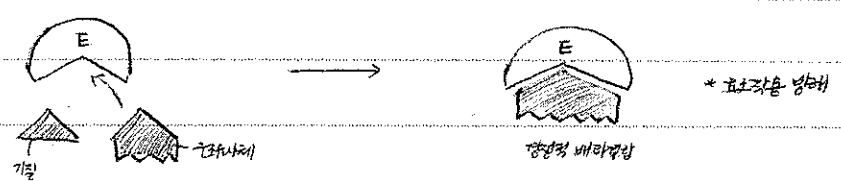


3) DI PF

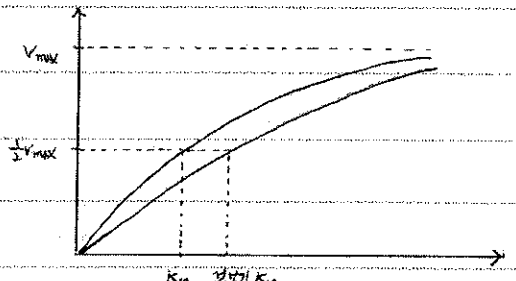


4) 가역적 저해

1) 경쟁적 저해



$V = \frac{V_{max} \cdot [S]}{\alpha K_M + [S]}$



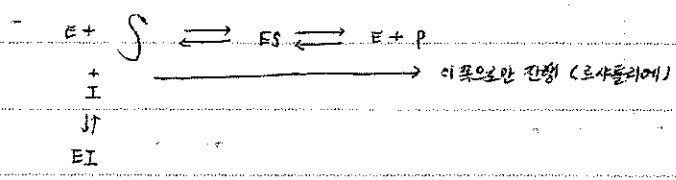
$\alpha = 1 + \frac{[I]}{K_I}$ ,  $K_I = \frac{[E][I]}{[EI]}$  :  $K_I$  작을수록 억제 ↑

↳ [I]=0이면 정상식

\*  $V_{max}$  불변,  $K_M \uparrow$  (포화 ↓)

\* 기질 농도를 증가시키면 저해 극복 가능하다.

-  $V_{max}$  도달. 포화점 상승 ↑ (기질 농도)



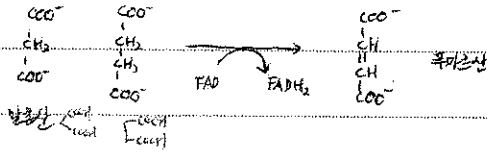
$V = \frac{V_{max} \cdot [S]}{\alpha K_M + [S]}$ ,  $[S] \uparrow \Rightarrow \alpha K_M + [S] \approx [S]$

$V = \frac{V_{max} \cdot [S]}{[S]}$

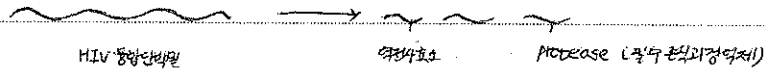


1) 로바스타틴 → 콜레스테롤 생합성 과정의 HMG-CoA reductase를 경쟁적 저해

2. 말론산 → 옥살산 '당뇨효소' 억제



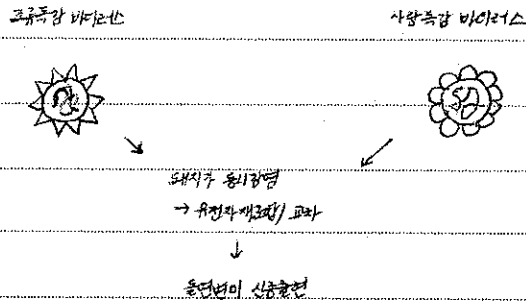
3. HIV protease (전이상태-구조유사제) in시브타아



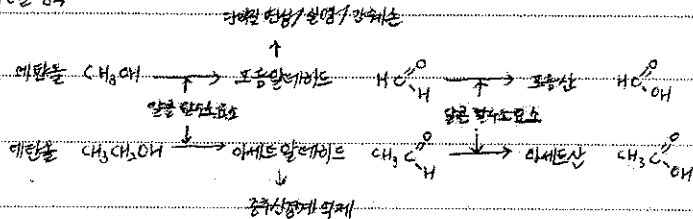
4) 구조유사제 (AZT) → 계속 쓰면 내성 → HIV 내성균주 출현

방지를 위해, HAART (Highly Active Anti-Retroviral Therapy) : 여러개 섞어쓰기 (+사리보카인 / I1-2)

4. Tamiflu (인플루엔자의 neuraminidase 경쟁적 저해)

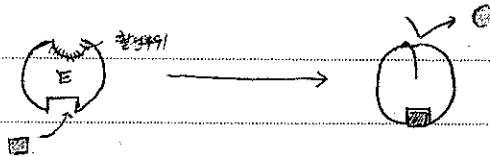


5. 메탄올 중독



→ 메탄올 중독시 케탄올을 정맥주사, 경쟁적 저해로 시강되어 메탄올이 방출되게!

2) 비경쟁적 저해 (활성자리 아닌 다른곳에 결합하여 효소 억제)

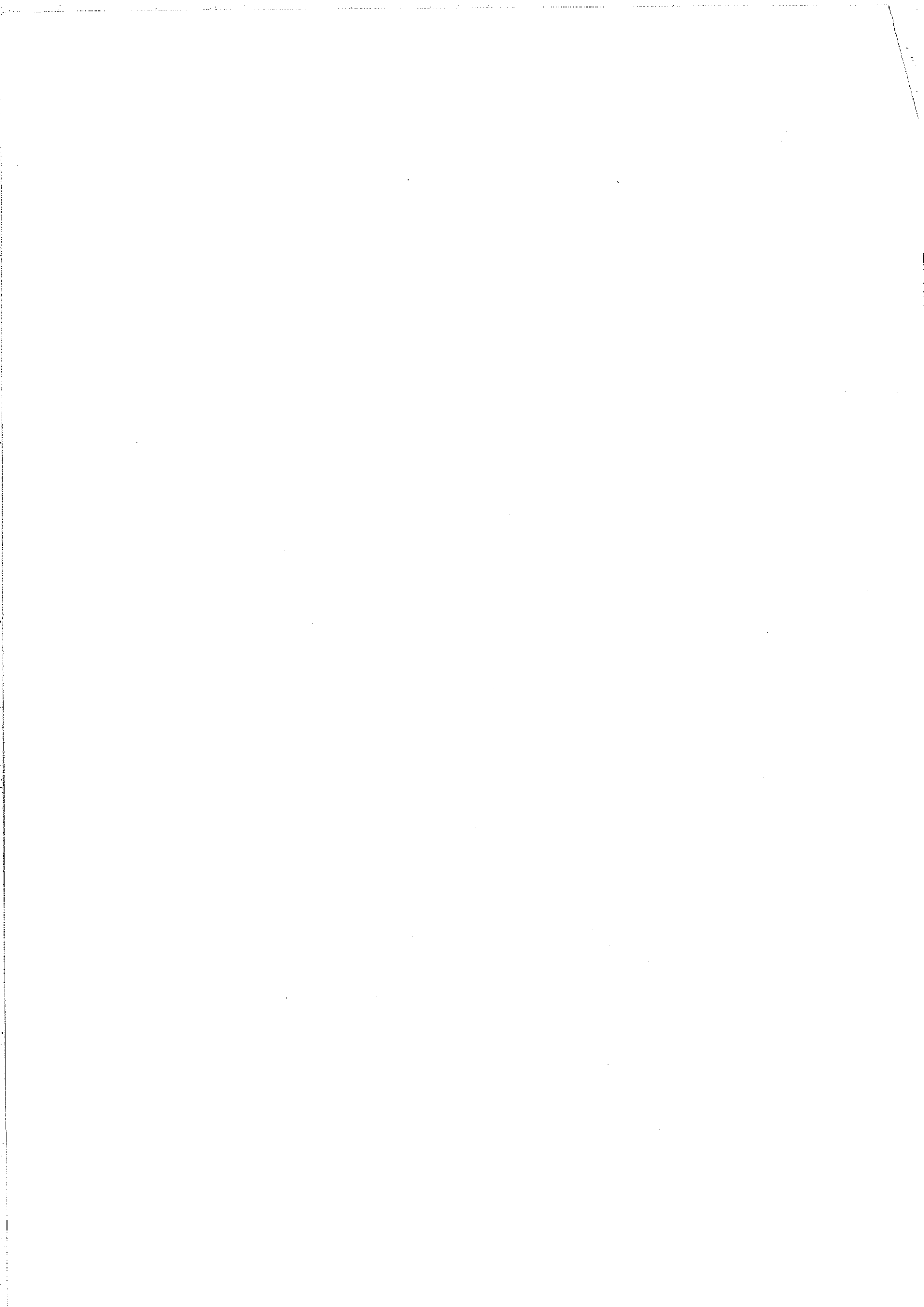


$$\begin{array}{ccc}
 \text{E} + \text{S} & \rightleftharpoons & \text{ES} & \rightleftharpoons & \text{E} + \text{P} \\
 + & & + & & \\
 \text{I} & & \text{I} & & \\
 \downarrow K_I & & \downarrow K_I' & & \\
 \text{EI} & & \text{ESI} & & 
 \end{array}$$

$$V = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_m + \alpha' [S]}$$

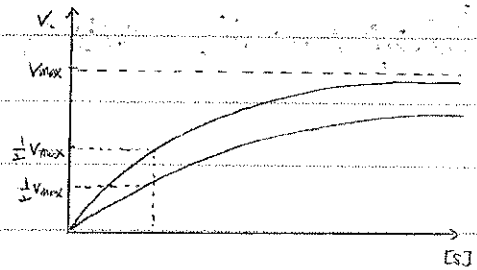
$$\left( \begin{array}{cc}
 \alpha = 1 + \frac{[I]}{K_I} & \alpha' = 1 + \frac{[I]}{K_I'} \\
 K_I = \frac{[E][I]}{[EI]} & K_I' = \frac{[ES][I]}{[ESI]}
 \end{array} \right)$$

<순환적 비경쟁적 저해>



but,  $K_2 = K_2'$  일 때는 (중성) 비경쟁적 저해라 한다.

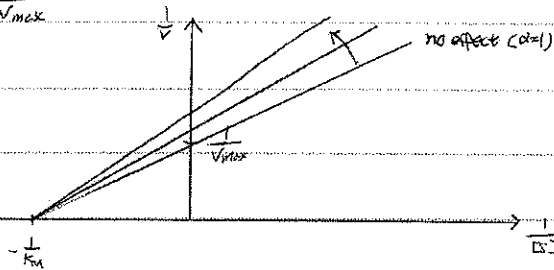
$$v = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_M + \alpha [S]} = \frac{\frac{V_{max}}{\alpha} \cdot [S]}{K_M + [S]}$$



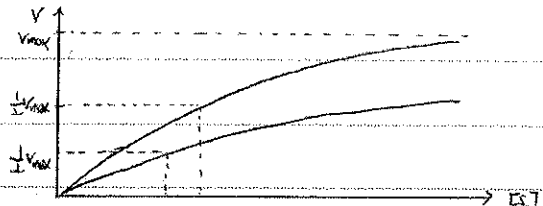
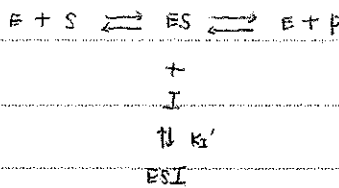
\* 기질 농도를 증가시켜도 저해효율이 불거는 것이다.

$$\frac{1}{v} = \frac{\alpha K_M}{V_{max}} \left( \frac{1}{[S]} \right) + \frac{\alpha}{V_{max}} > 1$$

\*  $K_M$  불변,  $V_{max} \downarrow$

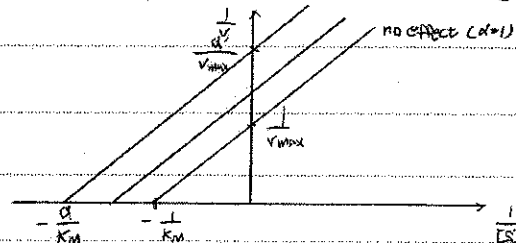


3) 무경쟁적 저해



$$v = \frac{V_{max} \cdot [S]}{K_M + \alpha' [S]} = \frac{\frac{V_{max}}{\alpha'} \cdot [S]}{\frac{K_M}{\alpha'} + [S]}$$

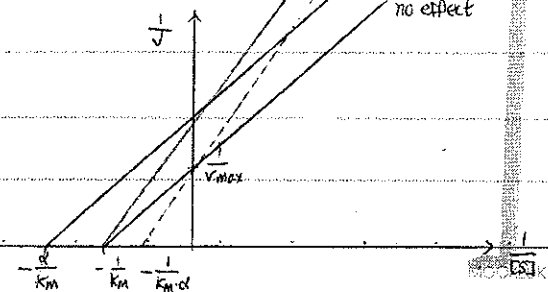
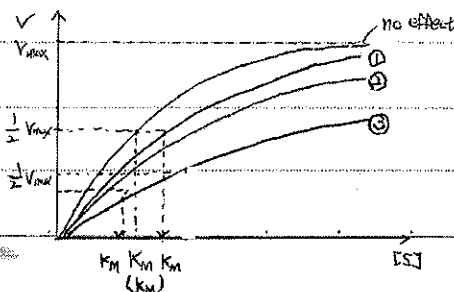
$$\frac{1}{v} = \frac{K_M}{V_{max}} \cdot \frac{1}{[S]} + \frac{\alpha'}{V_{max}}$$



\*  $K_M \downarrow$ ,  $V_{max} \downarrow$



	작용	변화	
경쟁적 저해	(E)	$K_M \uparrow$ , $V_{max} \times$	... ①
(중성) 비경쟁적 저해	(E) (ES)	$K_M \times$ , $V_{max} \downarrow$	... ②
무경쟁적 저해	(ES)	$K_M \downarrow$ , $V_{max} \downarrow$	... ③





# Chapter 5. 생물의 물질대사

## #1 열역학 법칙

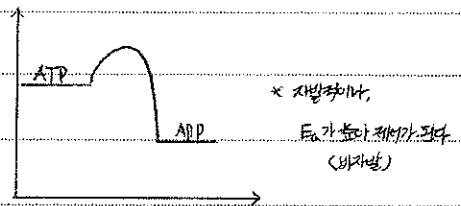
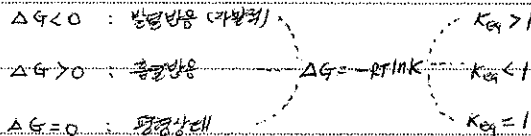
- 제 1 법칙: 에너지의 총량은 일정하다.  $\Delta E = q + w = q - P\Delta V$
- 제 2 법칙: 모든 자발적인 반응은 엔트로피 (무질서도)가 증가하는 방향으로 진행된다.

\* 프텐셜 에너지: 일을 할 수 있는 에너지 (사람의 신체 내 '화학 결합' Ⓢ)

## #2 생물의 대사

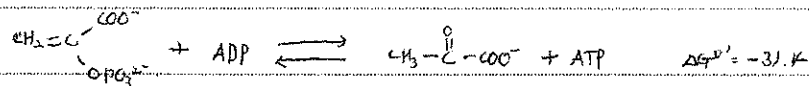
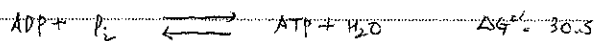
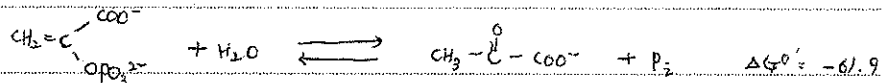
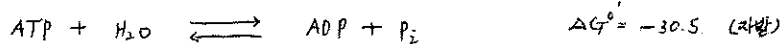
: 발열 반응 (에너지), 흡열 반응 (에너지) '에너지 대사와 물질대사는 맞물려 있다'

**생물학적 표준상태** 25°C, 1기압, pH 7, 생체 분자 & 반응물 1M



$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  (반응 엔탈피 - 무질서도) '생체 분자'

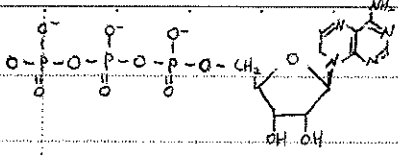
\* 불리한 반응은 유리한 반응과 짝 지어서 생각한다. (Hess's law)



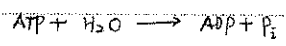
## #3. ATP의 생성과 이용

**ATP** (Adenosin Tri phosphate): 아데닌 + 리보스 + 3인산



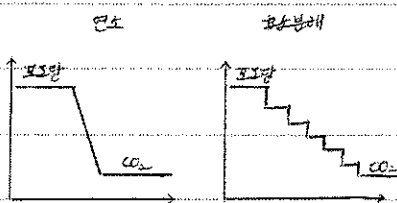


- 에너지의 일차적 저장/방출 : '포스포에너지를' (phosphorylation)
- 인산화 반응에서 인산이 제공
- 대사경로의 조절인자



$(\Delta G^{0'} = -11.3 \text{ kcal/mol} = -30.5 \text{ kJ/mol})$

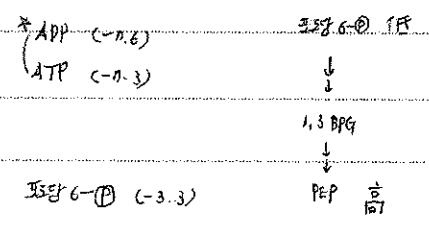
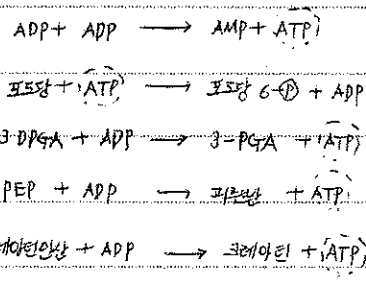
Ⓜ ATP ↑ → 해당 ↓, TCA ↓ (억제)



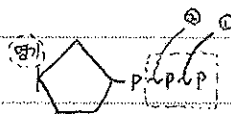
High Energy

- PEP (-14.8)
- 1-3-BPG (1,3-BPG) (-11.9)
- 크레아틴 인산 (-10.3)

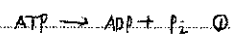
\* 모두 ATP 생성 가능



Low Energy



\* ATP 분해



\* 지방산 합성과 DNA 아미노산 합성 때

\* ATP<sup>2-</sup>는 체내에서 Mg<sup>2+</sup>로 중화되어 MgATP<sup>2-</sup>로 존재

\* ATP와 ADP는 모두 포스포에너지를 안산화합물이나 AMP는 아니다 (반발작용)

ATP가 포스포에너지를 안산화합물인 이유

불안정 E 방출 ↑

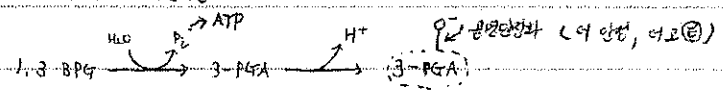
: 불안정 (ET), 양전 (EV) → '생성물이 안정함을 그 전이 더 고(E) 라는 반증'

양성  
리더질 1° < 2° < 3°  
결합도 1° > 2° > 3°  
양성  
불안정

1. 가역에서 인산이 들어간 방향의 변화 (안정)
2. ADP<sup>2-</sup>의 해리 ( $ADP^{2-} \rightarrow ADP^{3-} + H^+$ )
3. P<sub>i</sub>의 공명안정화
4. ADP<sup>3-</sup>, P<sub>i</sub>의 수화

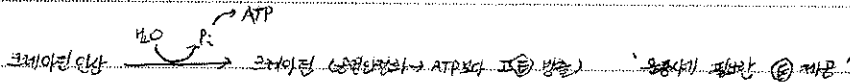
\* 안정해자는 조건들!

Ⓜ <1,3-BPG> '해당과정'

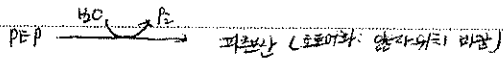




< 크레아틴 인산 >



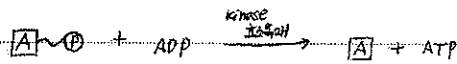
< PEP > '생체에너지'



$\Rightarrow$  모두 분해시 매우 안정, 즉! 고에너지이다!

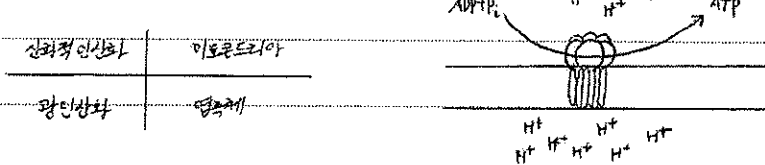
ATP 생산기작

1. 기질수준 인산화



- ① PEP + ADP  $\rightarrow$  피루브산 + ATP (-14.8)
- ② 1,3 BPG + ADP  $\rightarrow$  3-PGA + ATP (-11.9) ) 해당과정
- ③ 크레아틴 인산 + ADP  $\rightarrow$  크레아틴 + ATP (-10.3)
- ④ ADP + ADP  $\rightarrow$  ATP + AMP (-2.6)
- ⑤ ATP + NDP  $\rightarrow$  ADP + NTP (RNA 합성) (-9.3) (G, C, U)
- ⑥ 크레아틴 인산 + ADP  $\rightarrow$  크레아틴 + ATP (무산소성 근회)
- ⑦ 옥살산 COA + GDP  $\rightarrow$  옥살산 + GTP (TCA 회로) \*

2. 화학삼투경 인산화 (H<sup>+</sup> 기울기 ATP 합성의 원동력)



\* Energy charge

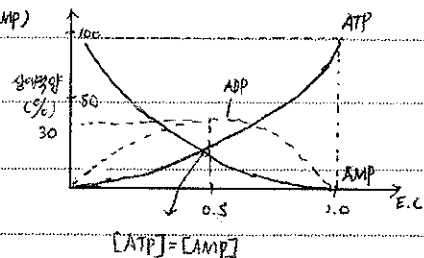
'AMP는 DE X'

: 세포내 에너지 상태에 따라 계산되므로  $\rightarrow$  (ATP) 에너지 충전량 E.C로 정량화 (Stryer)

$$E.C = \frac{[ATP] + \frac{1}{2}[ADP]}{[AMP] + [ADP] + [ATP]}$$

(ADP + ADP  $\rightarrow$  ATP + AMP)

$$* \frac{x+15}{x+x+30} = 0.5 \quad (x \approx 30)$$

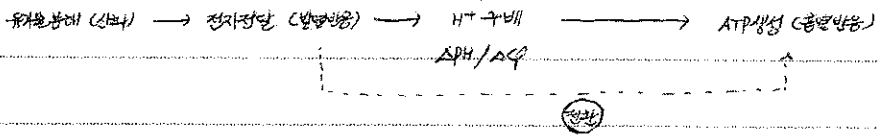
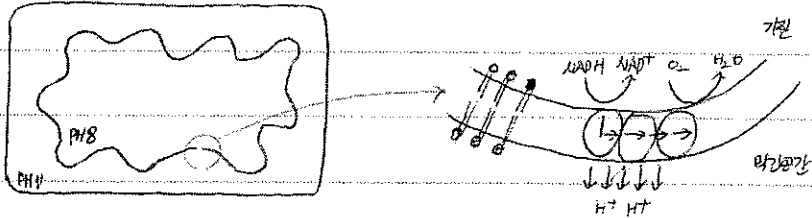
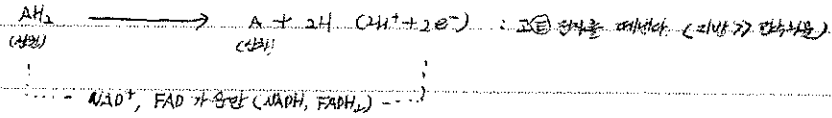


\* 산화세포 E.C  $\approx$  0.85 ~ 0.88

\* 앳민스: ATP 분해 (High energy) 이의에 의해 앳민스  $\leftrightarrow$  ATP 합성 (High energy)에 의해 앳민스



3. 산화적인산화 기작



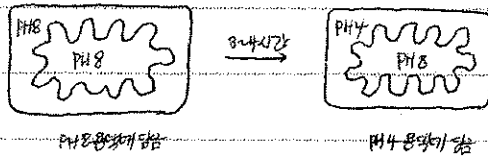
$$\Delta G = RT \ln \frac{C_o}{C_i} + ZF\Delta\psi = RT \ln \frac{[H^+]_o}{[H^+]_i} + ZF\Delta\psi = 2.3 RT (\log [H^+]_o - \log [H^+]_i) + ZF\Delta\psi$$

$$= 2.3 RT \Delta pH + ZF\Delta\psi$$

5.9  $\downarrow$  19.4  
 (양쪽 세-비정준)

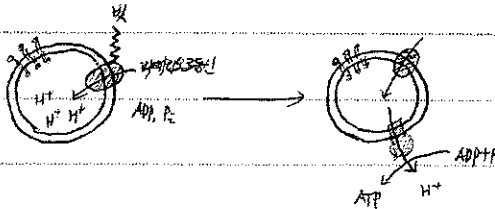
(바닥거울 퍼트럼, 등수용액 반응)  $\rightarrow$  막전위X  $\rightarrow$  ATP 생성X  
 (2-아데닐/탈아데닐)

실험 1



pH-기배와  
 ATP 합성효소는

실험 2

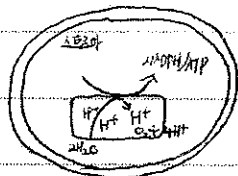


ATP 합성이 필요하다.

4. 광인산화 기작

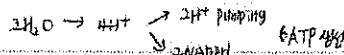
연속체 막이코오막대 전자전달계를 통해 ATP 생성

OEC (Oxygen Evolving complex)

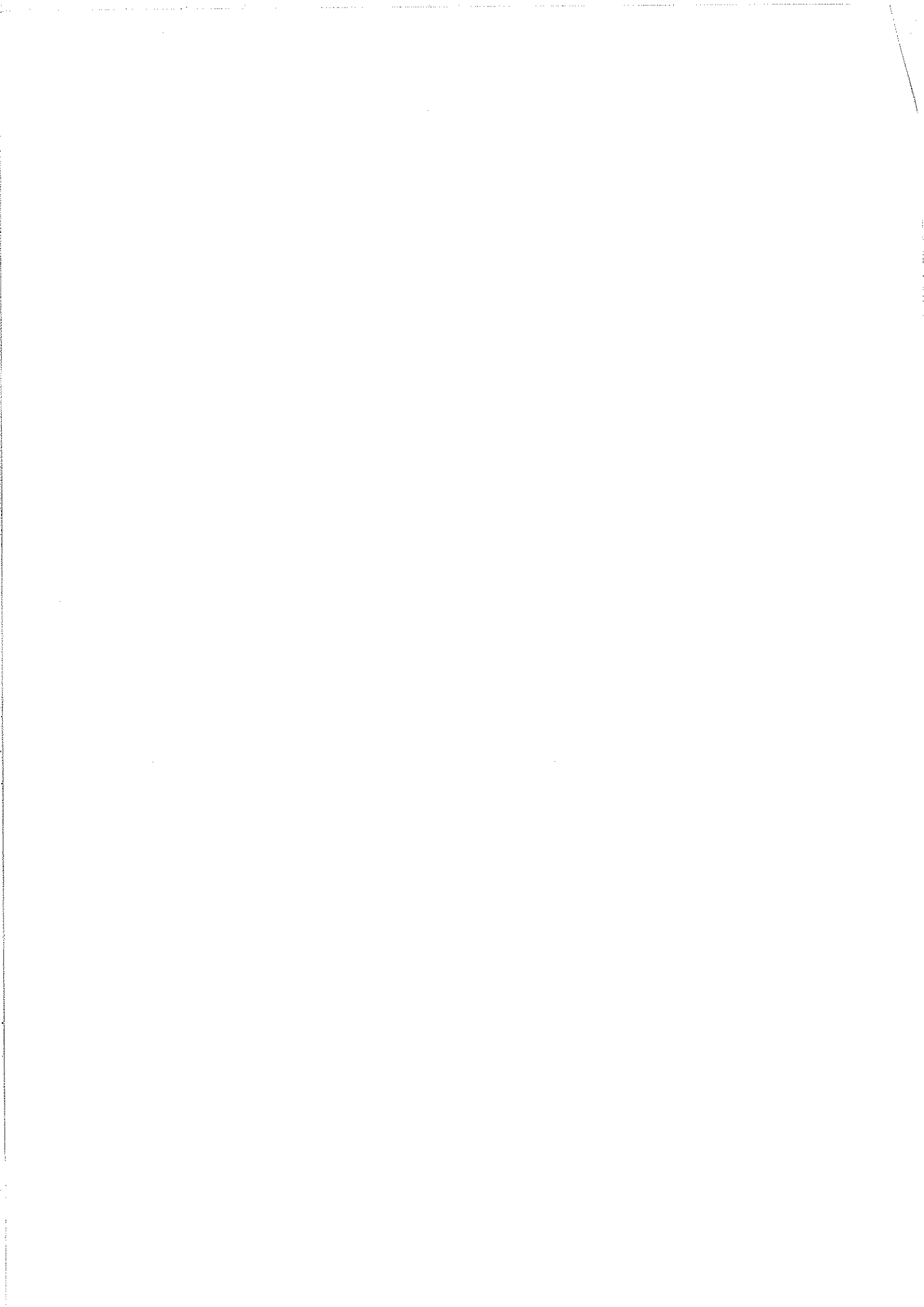


- 빛(에너지) 흡수 광합성하여, 생긴 전자가 ( $H_2O$ 가  $H^+$ 와  $O_2$ 전자)  $\rightarrow$  2H+와 2e-

이 전자의 전이에서  $H^+$ 가 pumping 되어  $H^+$  구배 형성 (미토콘드리아와는 달리 stroma 쪽이 ↑↑)

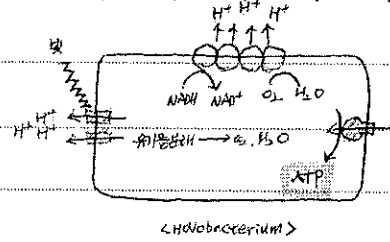


\* 미토콘드리아:  $NAD^+, FAD$ 에 의해 '전자전달',  $O_2$ 가 최종 전자 수용체  
 연유체:  $H_2O$ 가 유분해되어 나온 전자를  $NADP^+$ 가 받는다.



\* 포도당 혐 환증에서의 생장

:  $O_2$  부족,  $O_2$  부족  $\rightarrow$  박테리아들이 받은 것과  $H^+$  pump  
(GPCR  $U_{M}$  : 변관통)



\* ATP의 이용

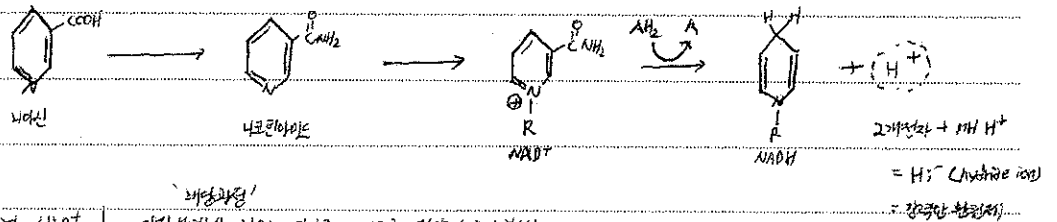
1. 체내용량제한은  $\ominus$ 은 필요 할 '총합반응'
2. 능률수준 (음양배 부기/영양)
3. 근축 등의 기계적운동
4. 생물발광 (유사메인: '자발적' 발광)
5. 생물전기
6. 발광 (효율 또한 40% 정도는 ATP 저장 / 60%는 빛 방출)  $\rightarrow$  효율  $686 \text{ kcal/mol} \xrightarrow{40\%} 3 \text{ ATP} (216 \text{ kcal/mol})$

후보 전자운반체

산화제	다른 물질 산화 (과산화물)	전자 acceptor	전자운반체 $O_2, NAD^+, FAD$
환원제	같은 물질 환원 (과산화물)	전자 donor	$H_2O_2, FADH_2, NADH$ 환원제 (과산화물)

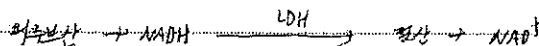
**NAD<sup>+</sup>와 NADH<sup>+</sup>** : 아미노산, 리보오스, 인산기  $\rightarrow$  피마신 화합물

$\rightarrow$  생체에서 여러가지 산화환원 반응시 탈수소효소의 조효소를 작용

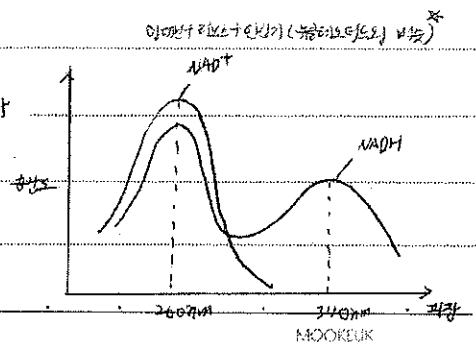


산화형 NAD <sup>+</sup>	'대량과정' 기질 분해시 나오는 전자를 ETS로 전달 (ATP 합성)
환원형 NADH	기질 분해시 나오는 전자를 광합성 과정에 전달 (플로토폴리온을 전자 받음)

\* 젖산탈수소효소 (LDH) 반응시 V속형

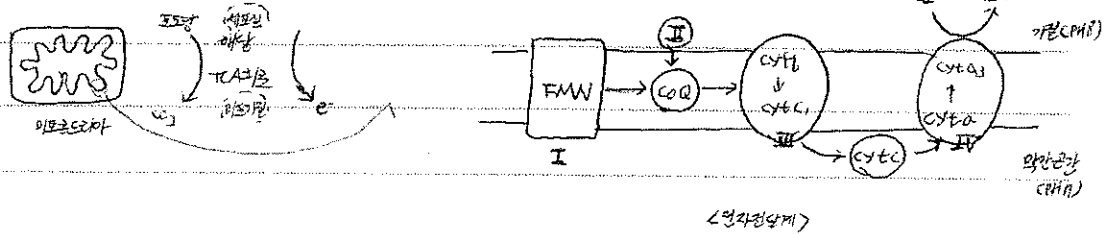


$\rightarrow$  340nm에서 흡광도 측정





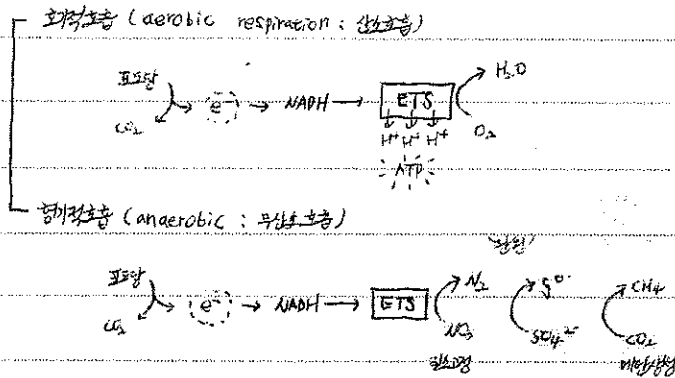
**FAD** : 리보플라빈 소분자의 뉴클레오타이드 화합물 ( $AM_2 + FAD \rightarrow A + FADH_2$ )



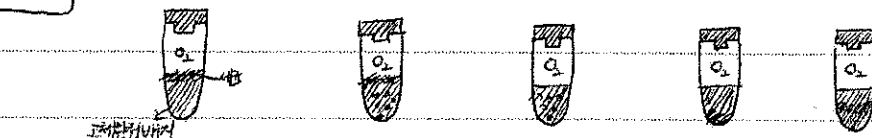
⑤ 발효 / H<sup>+</sup> 기생성

\* 2개의 정적/수소층 받는다. **cyt**는 미토콘드리아와 세포질의 공통 분자

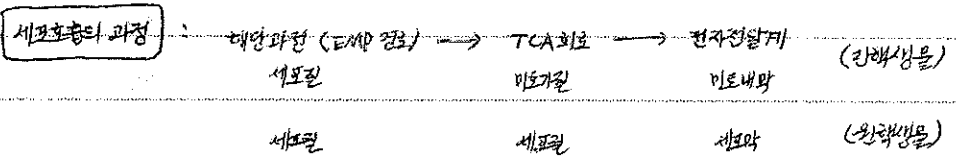
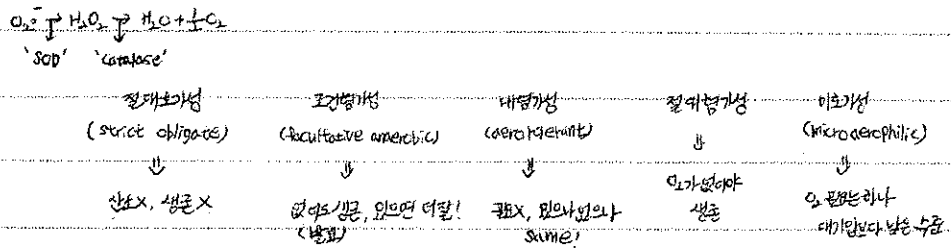
#5 세포 호흡

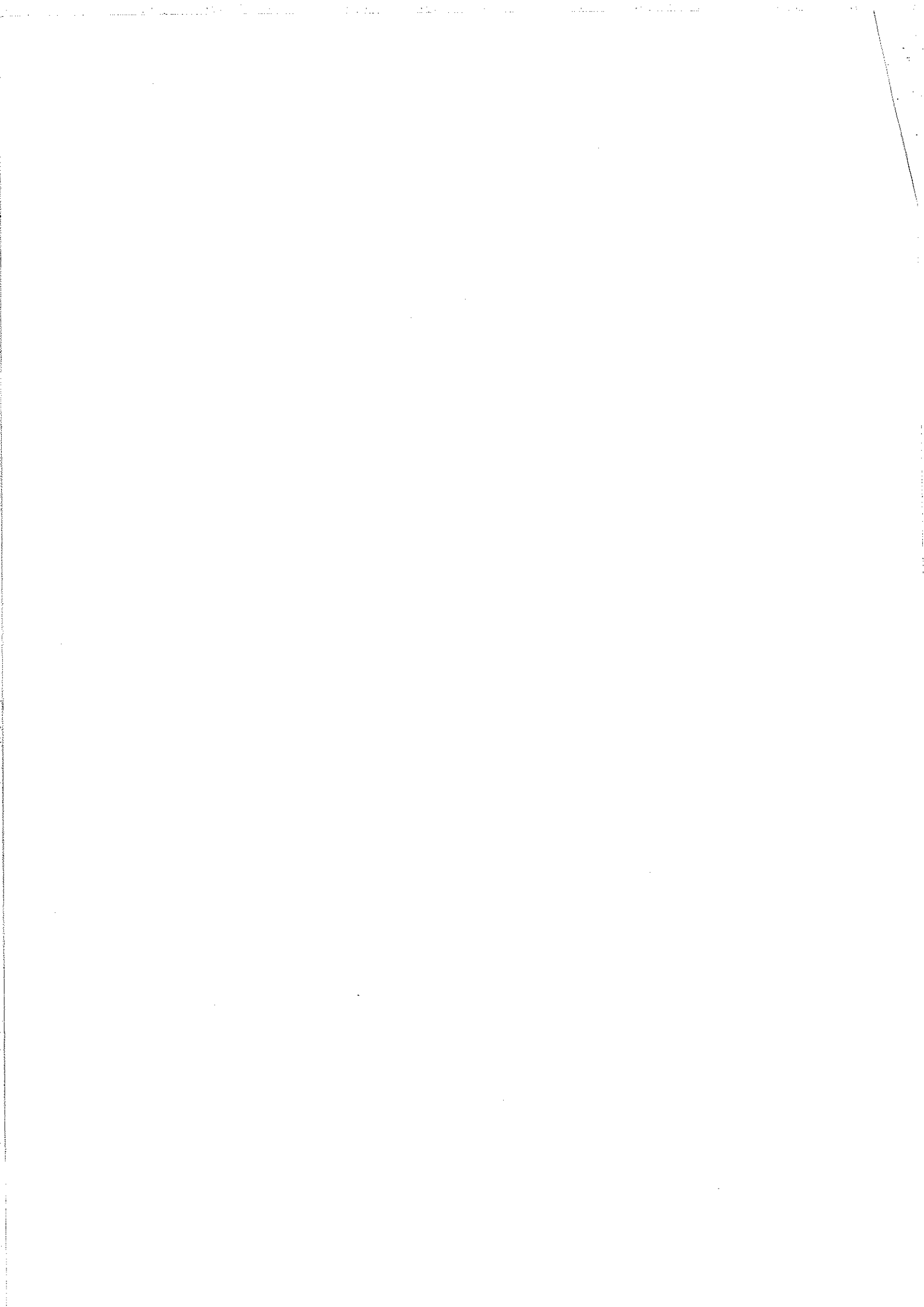


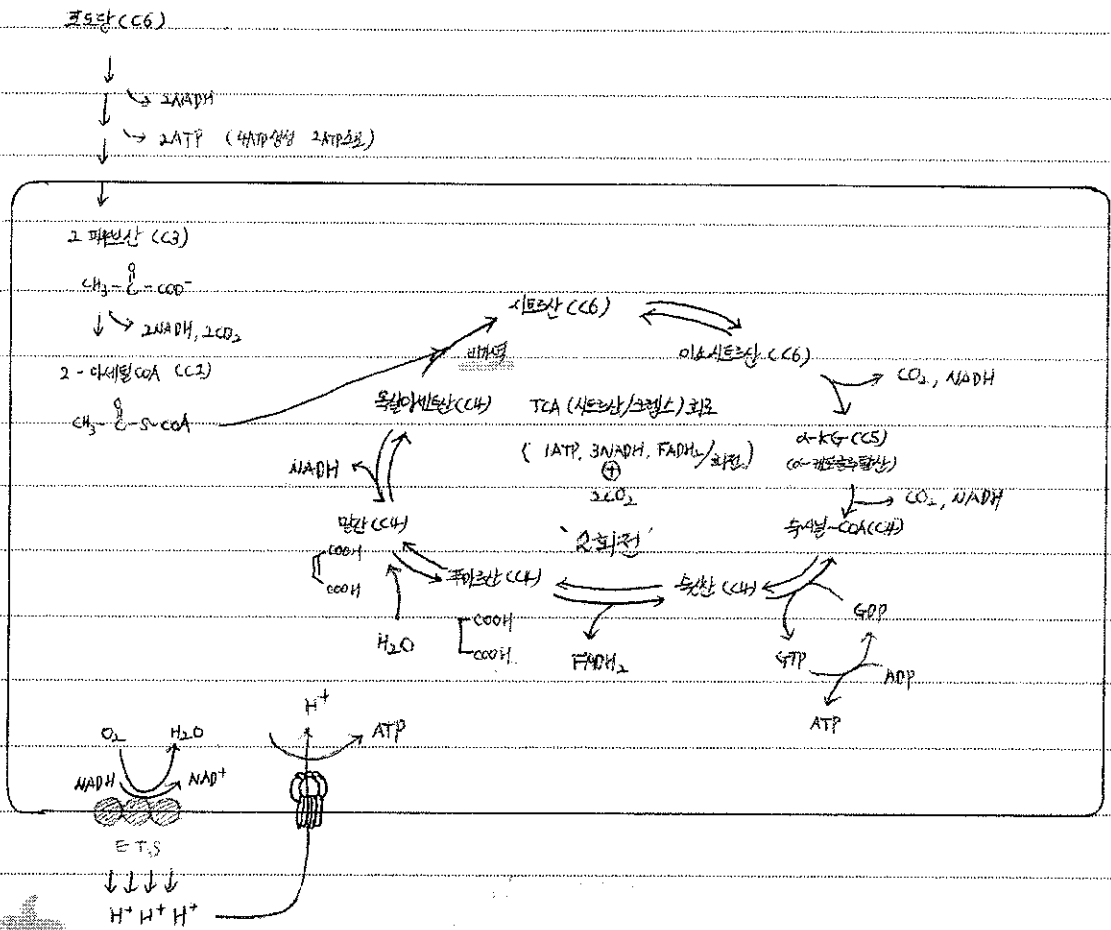
**세균 배양**



SOD (catalase)	+	+	+	-	+
Catalase	+	+	-	-	+/-







호흡효소    탈수소효소 (NAD<sup>+</sup>, FAD) / 전자전달계 (Fe 함유) / 시트르산 산화효소 (Mg 함유) / 말린산효소 (TPP: 카이민 ↔ 비오틴)

	ATP	NADH	FADH <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
해당과정 (프로판 → 피루브산)	2	2		
2-피루브산 → 2-아세틸 CoA		2		2
TCA 회로	2	6	2	4
<b>합계</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
(결합수 단위별)		(3ATP)	(2ATP)	

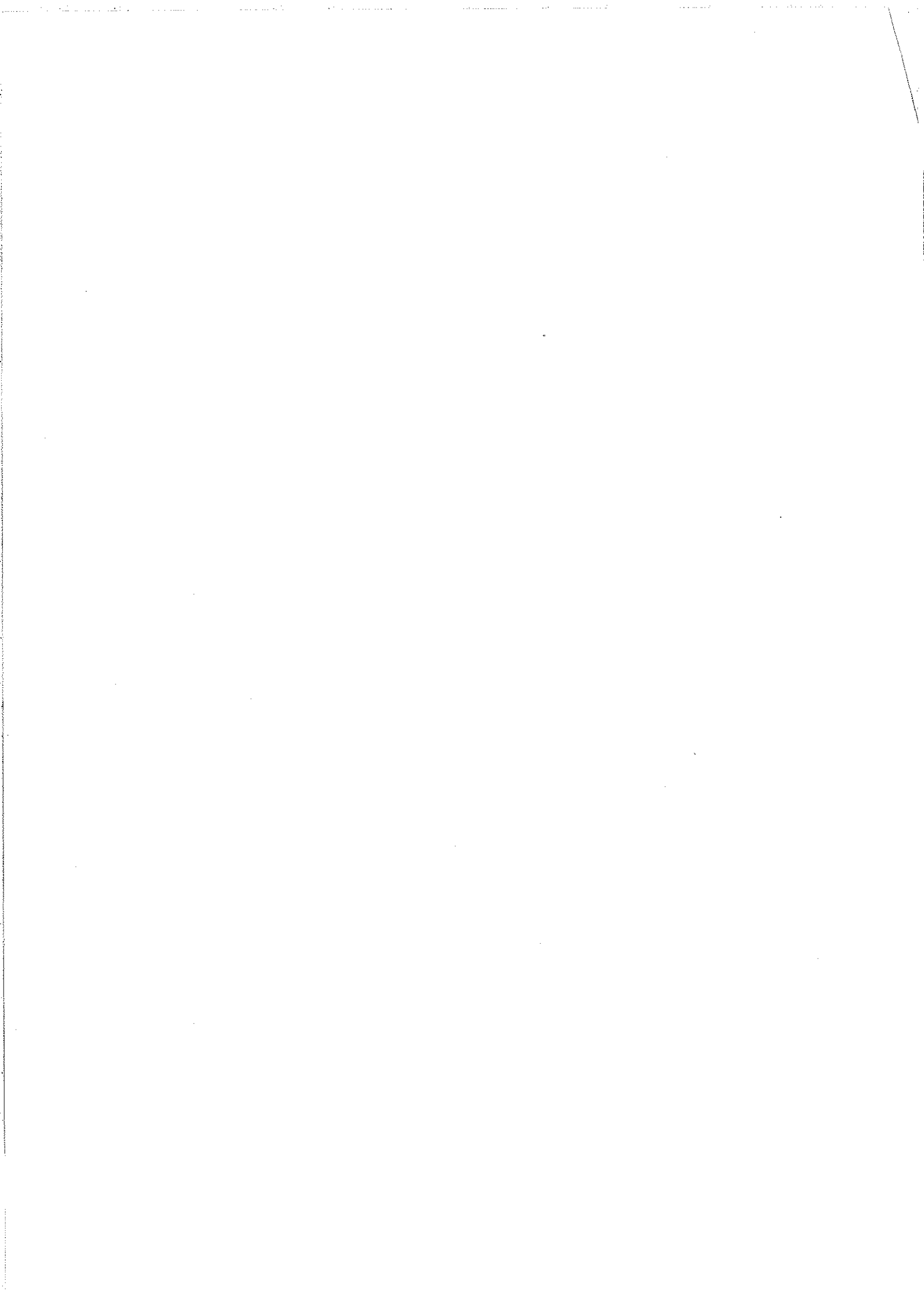
총 38ATP

ATP 수

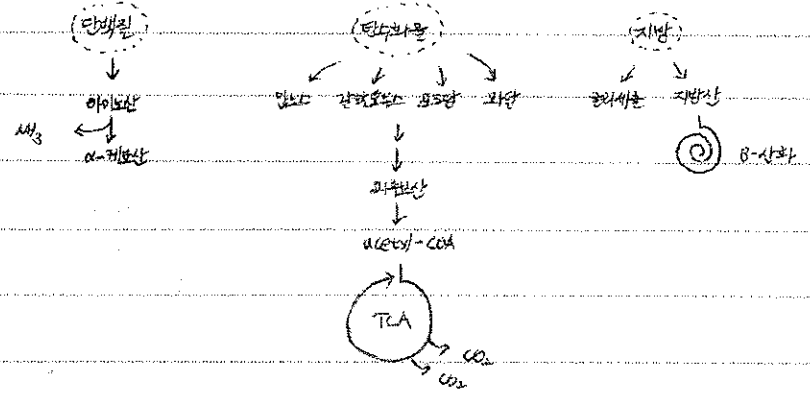
- 유산균: 1M 프로판 완전 산화시 38ATP
- 인산균: 1M 프로판 완전 산화시 38ATP, 36ATP (결합수: ①.ATP: 4/29)

NADH (3ATP), FADH<sub>2</sub> (2ATP) → 32ATP (40%) '아래'

NADH (2.5ATP), FADH<sub>2</sub> (1.5ATP) → 32ATP (34%) '상위'

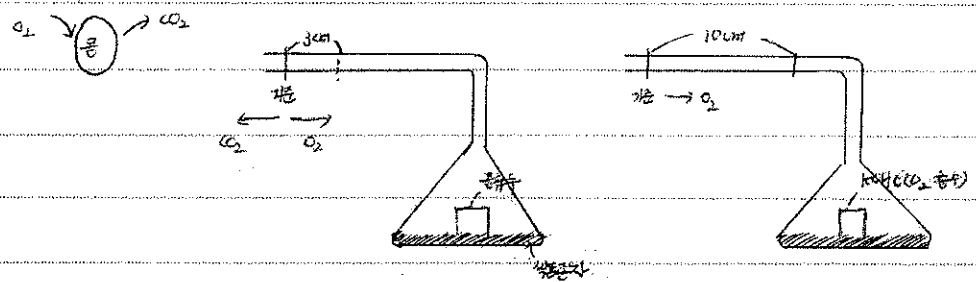


호기질의 종류 및 호흡률



탄수화물 / 지방 / 단백질 모두 'TCA회로'를 거친다. (지방 → 포도당 분해 → 젖산 가능!)  
 → 산화 → 발효 / 河 → \*  $\text{O}_2$  의존적 과정. 즉, 호흡은 모든 생물에게 존재

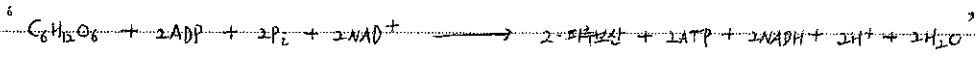
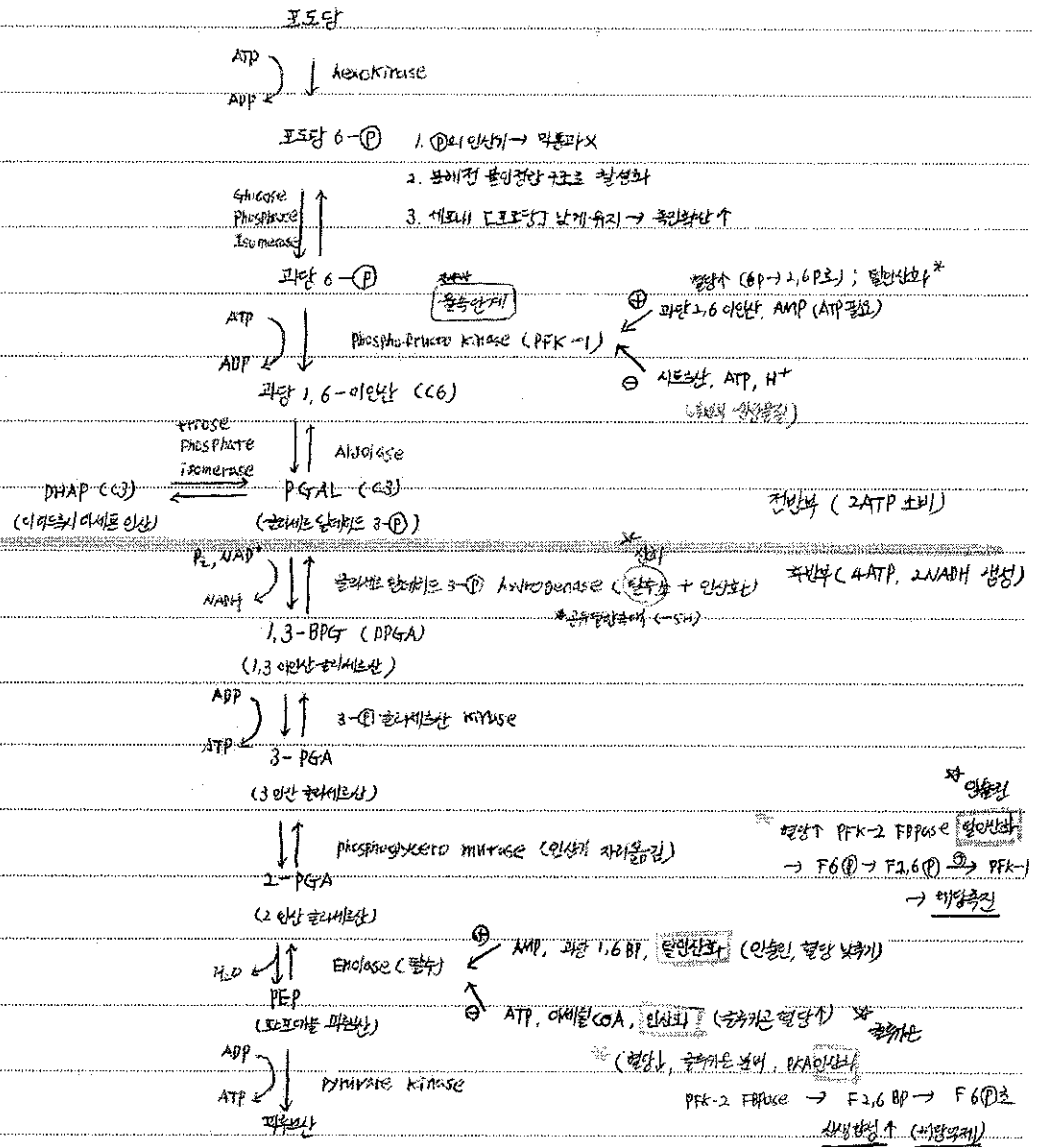
호흡률 =  $\frac{\text{방출된 } \text{CO}_2}{\text{소모된 } \text{O}_2}$  (탄수화물 1, 단백질 0.8, 지방 0.7)



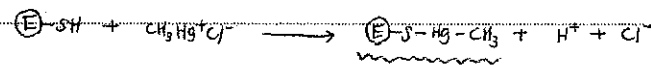
호흡률 =  $\frac{3\text{cm}}{10\text{cm}} = 0.3$  (지방이 많다)



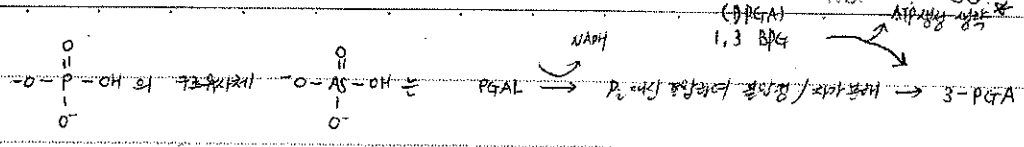
# Chapter 6. 해당과 포도당 신생합성



1. PGAL nitrogenase (활성제 (Cys-SH))
  - : 가황과 Fe 결합 중간체 형성 (리탈제 -S: 2 작용)
  - \* Hg<sup>2+</sup> 같은 중금속과 결합시 막약효제로 불활성화된다.



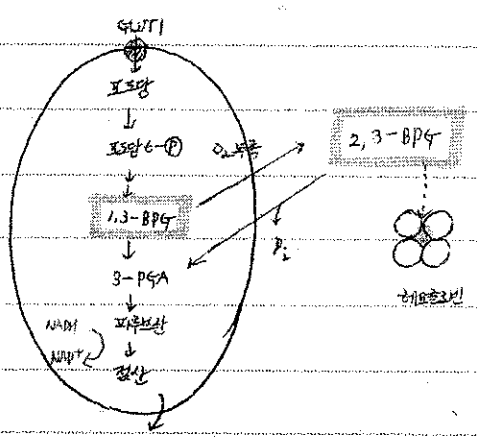




\* ATP를 생성하는  $\text{P}_i$ 가 (1,3-BPG)를 건너뛰고 3-PGA가 되어  $\text{net ATP} = 0$ 이 되어버린다.  
(많은 모든 인산결합을 재해한다)

2. 해당작용은  $\text{O}_2$  유무에 관계없이 모든 생물체에서 존재한다. (O<sub>2</sub>-독립)
3. NADH는 산소가 충분하면 ETS에서 산화, 산소가 부족시 과산화수소로 환원하여 질산생성 (발효)
4. 해당과정은 세포질에서 이뤄지며 가역수용산화로 ATP 생성!

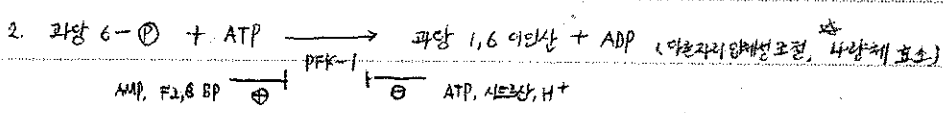
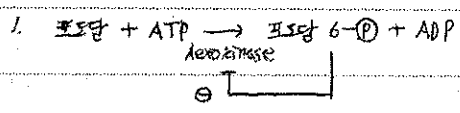
5. 2,3-BPG



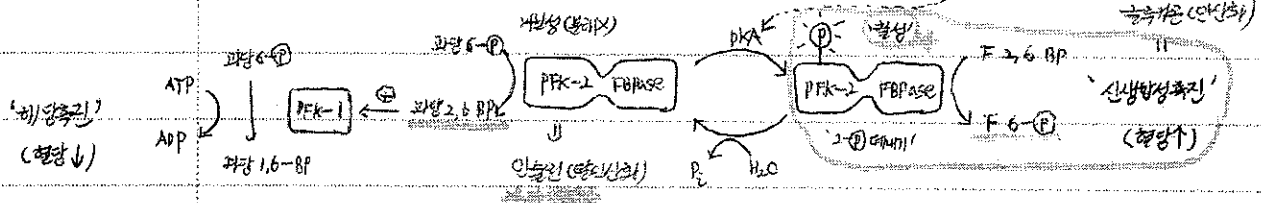
등산, 전사 → 혈당  $[\text{O}_2] \downarrow$   
 → 적혈구 내  $[\text{2,3-BPG}] \uparrow$   
 → Hb의  $\text{O}_2$  친화력  $\downarrow$   
 →  $\text{HbO}_2$  해리 촉진  
 →  $\text{O}_2$  방출  
 \* 대부분 세포는 극히 미량, 적혈구에는 4~5 mM (포도당보다 10배)

<주관>: 미토콘드리아,  $\text{O}_2$  미포화 ⇒ 발효  
\* 해당

**해당과정의 조절**: 가역적 과정들을 통해 조절!



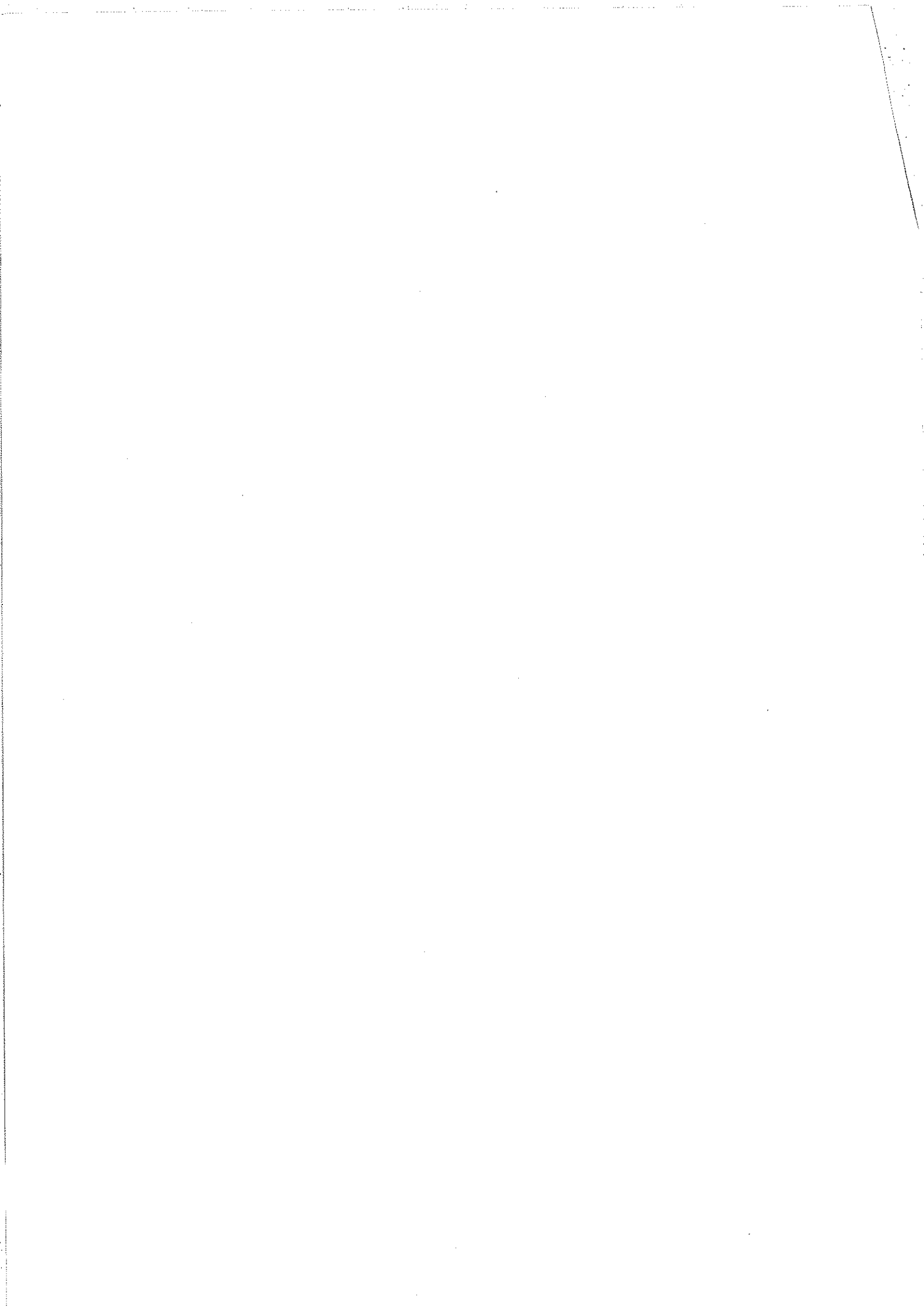
\* 혈당  $\downarrow$  → 글루코코르티코이드 (췌장) → GPCR → AC → cAMP



$\text{F}_{2,6}\text{BP} \downarrow \rightarrow \text{PFK-1} \downarrow \rightarrow \text{해당} \downarrow \rightarrow \text{혈당} \uparrow$   
 $\text{F}_6\text{-P} \uparrow (\text{FBPase 활성}) \rightarrow \text{생합성} \uparrow$





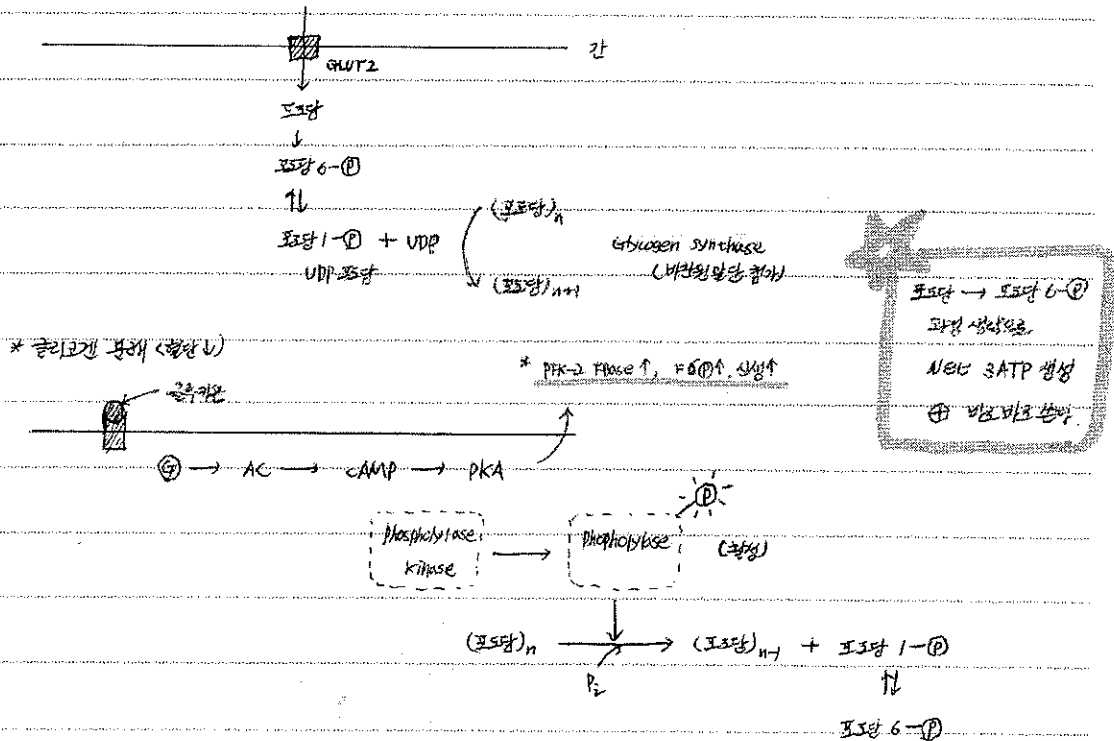


	High Glucose	Low Glucose	Starvation
간	Glucose (중성지방)	글리코겐 (Glucose)	케톤체/ 아미노산
지방조직	지방산	지방산	지방산
골격근	Glucose (젖산)	케톤체	케톤체
심장	* 지방산	* 지방산	케톤체
뇌	Glucose	Glucose	케톤체

⊕ 적혈구, 편도, 부신피질 = Glucose 의존성

**글리코겐 대사** ( $\alpha 1 \rightarrow 4, \alpha 1 \rightarrow 6$  : 비환원 말단 ↑ → 호르몬/신호 ↑ → 포도당 이용 ↑)

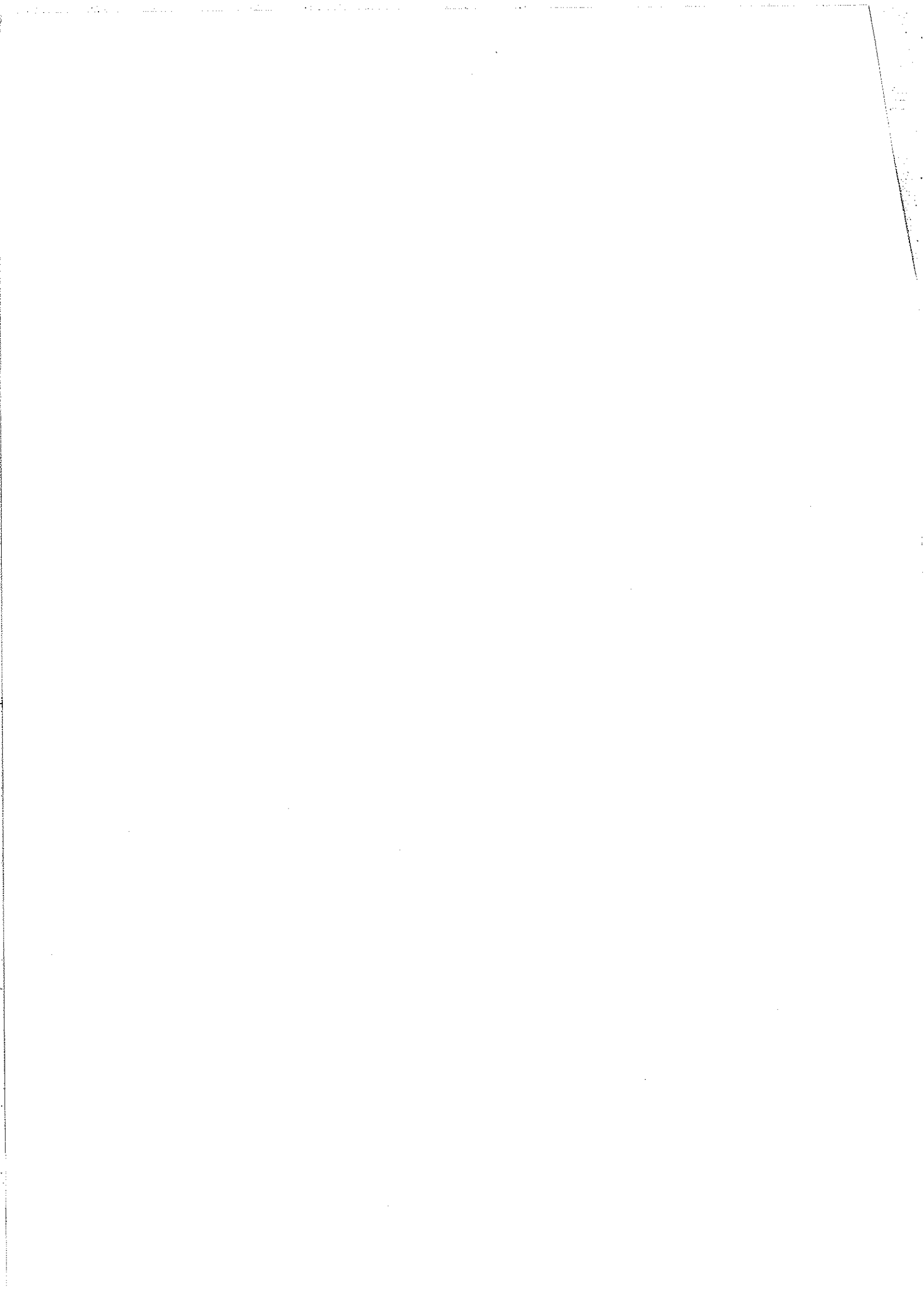
\* 글리코겐 합성 (혈당 ↓)



⑦: '포도당 6 Phosphatase' 가 P 되어야 GLUT2에 의해 포도당 반출!

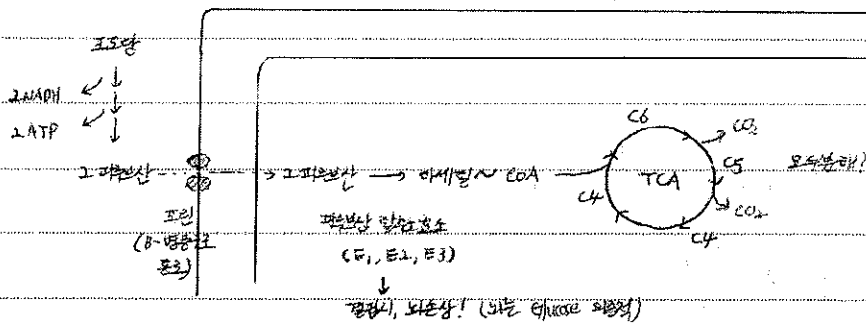
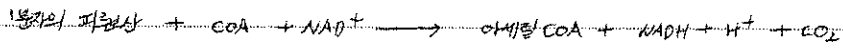
⑧: 해당과정률 가져서 산화부위 '결함' 이 'ATP 생성'

	용유	합성 장소	합성 전구체
지방	아미노산/아미노산	영양체	ADP-포도당
	지방산	세포막/분리	UDP-포도당
글리코겐	세포질	UDP-포도당	



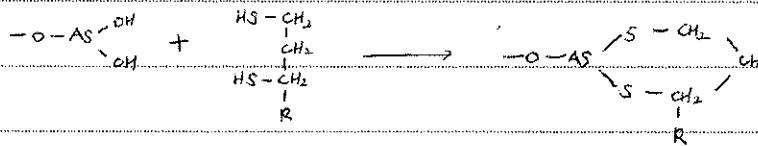
# Chapter 7. TCA 회로

## #1. 아세틸 CoA의 생성



→ 임상적용 가능해.

\*  $\text{HAsO}_3^-$  의 작용효과 (arsenite III)

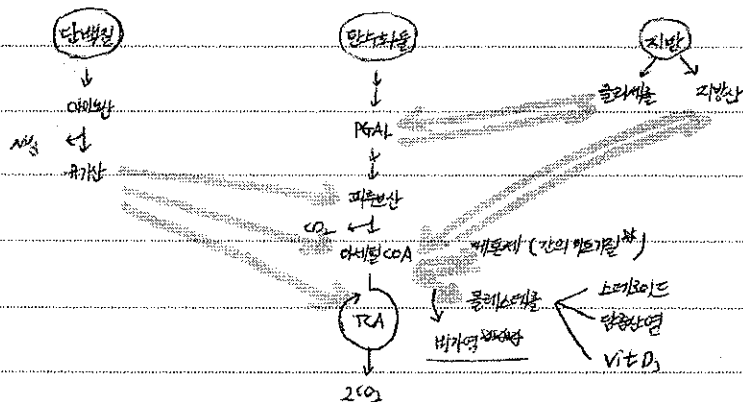


\* 알로스테릭 조절에 의한 활성조절

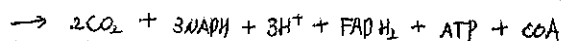
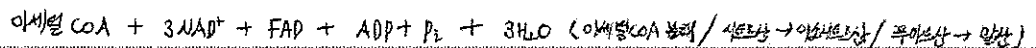
⊕ 탈아산화 (인산, F1,6BP ↑ : 활성 ↓), ADP, 피루브산,  $\text{NAD}^+$ , CoA,  $\text{Ca}^{2+}$  (지방산이나 알코올)

⊖ 인산화, ATP, NADH, 아세틸 CoA (지방산이나 알코올)

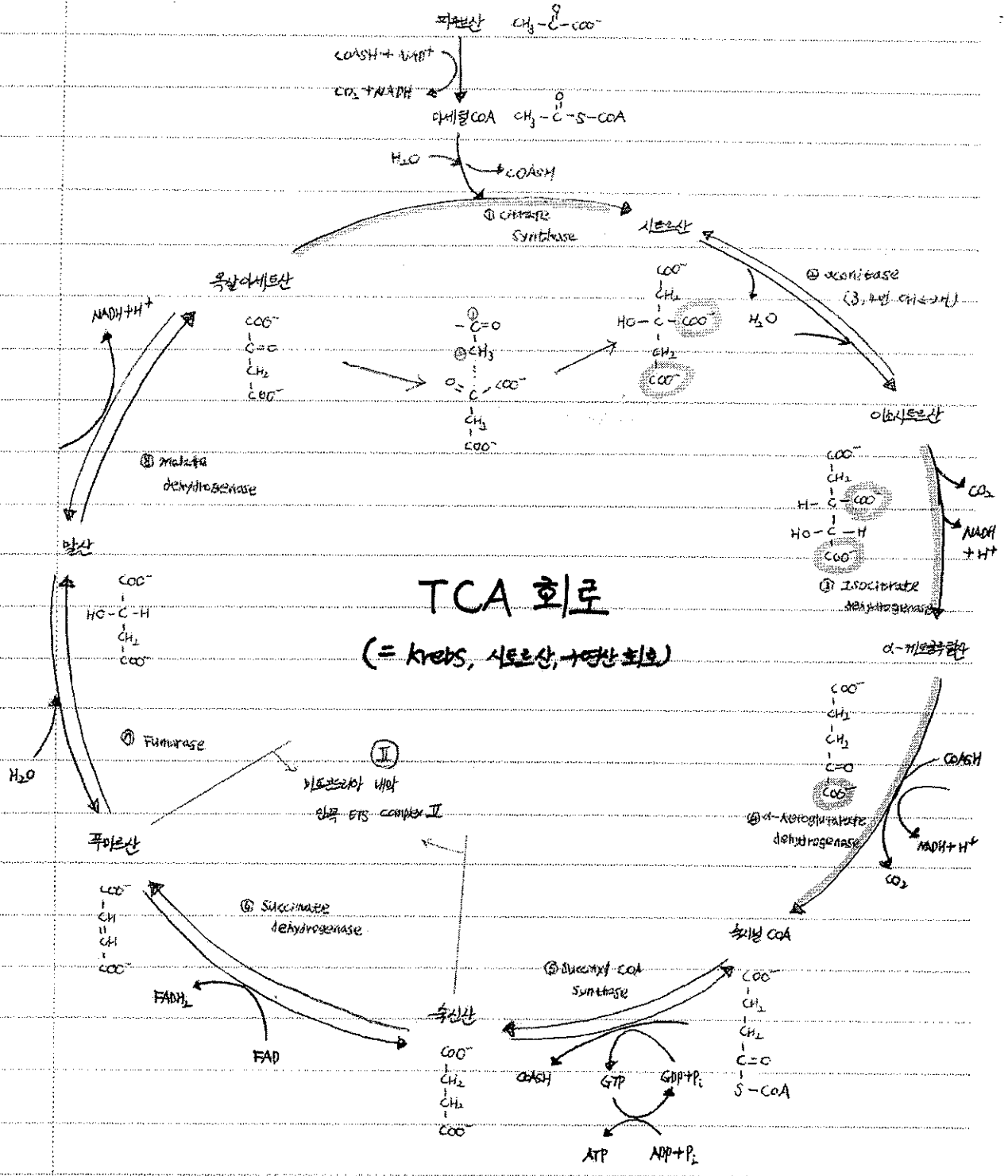
\* 아세틸 CoA의 이용



## #2. TCA 회로





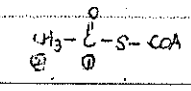


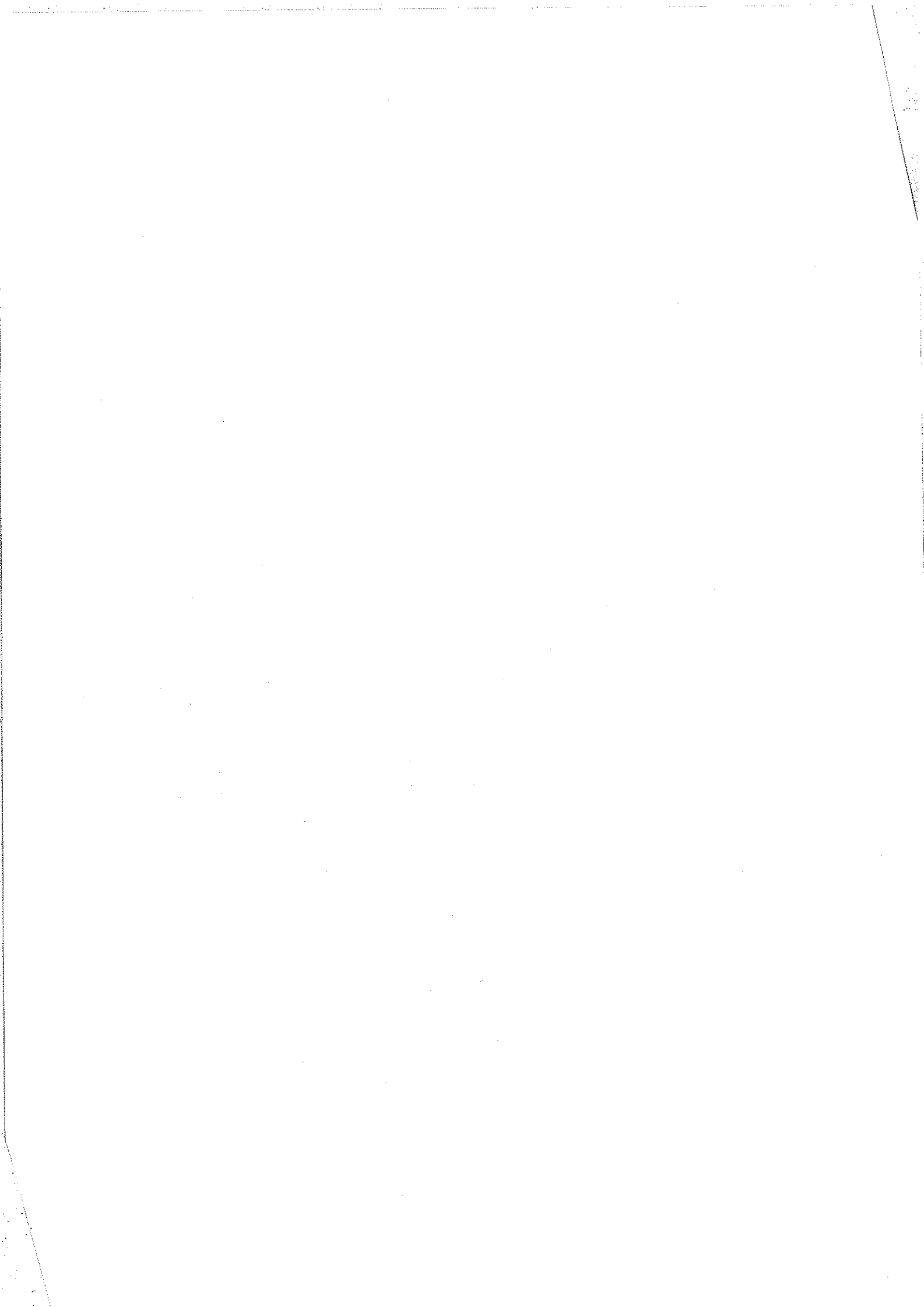
- ①, ③, ④ 비가역적인 부분들이 3점짜리가 된다.

- 대부분 ADP/NADP에 의해 '환원' ATP/NADH에 의해 '산화' 후산 → 푸마산이 광합성 과정에 **말산** (말산)  $\begin{matrix} \text{COO}^- \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{COO}^- \end{matrix}$

- 1ATP, 3NADH, FADH<sub>2</sub>, 2CO<sub>2</sub> / cycle 생산

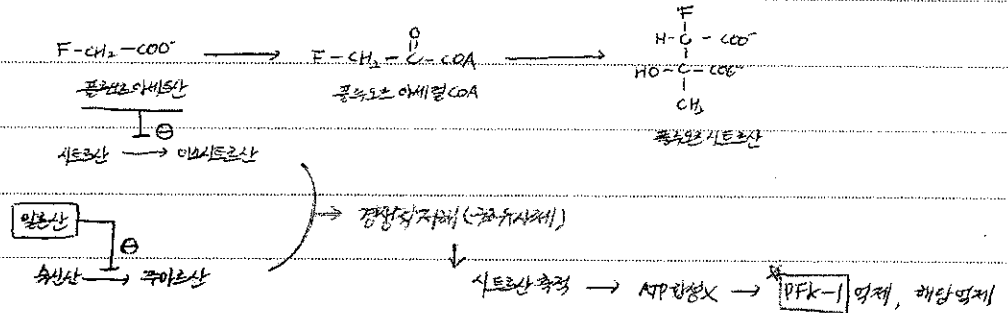
- 1번 말산은 2회전 시에 모두 방출 / 2번 말산은 3회전에 1회 방출!





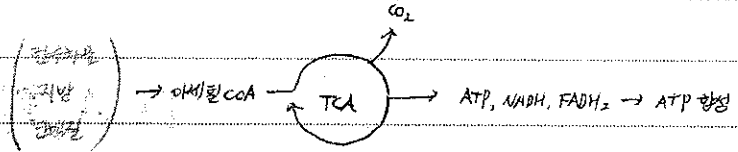
\* TCA 회로의 특징

1. 한 분자와 아세틸 CoA에서 12ATP (1ATP + 3NADH + FADH<sub>2</sub>) 생성
2. 산소가 반응에 직접 참여하지 않지만 <sup>\*</sup> 반드시 산소가 있어야 작동한다.
3. **플루오로아세트산**

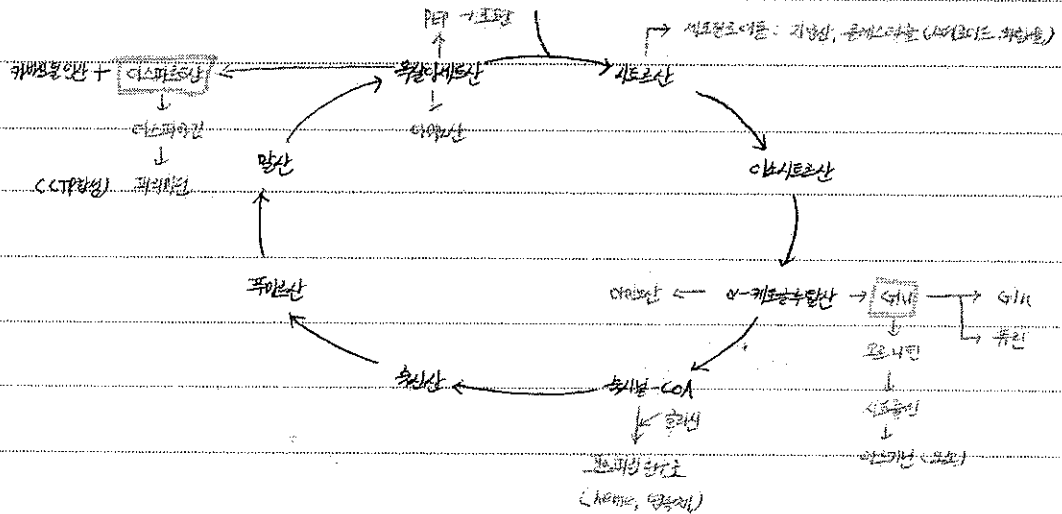


4. TCA 회로의 역할

① 이화대사



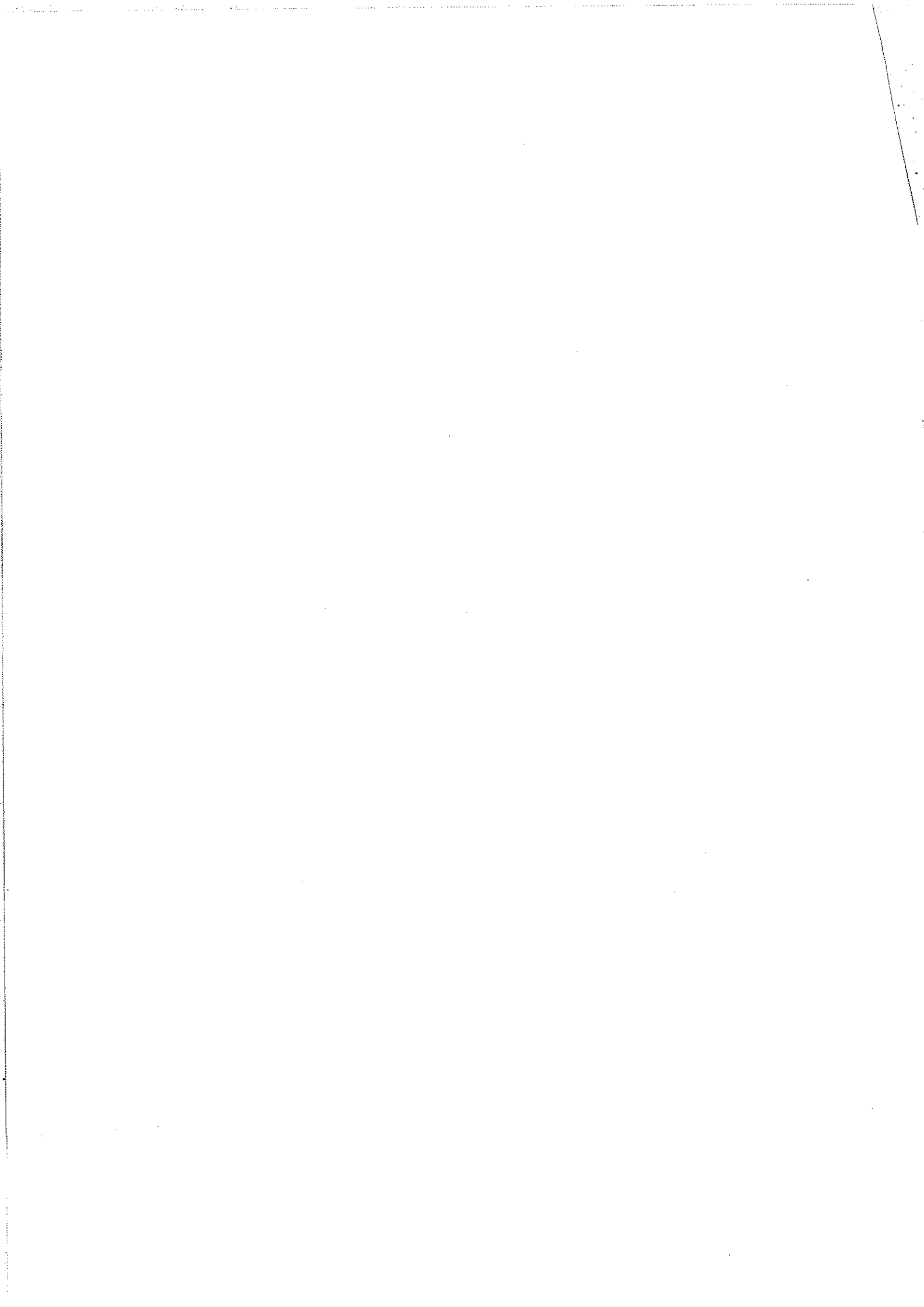
② 다른 물질 생성물의 전환율 생산



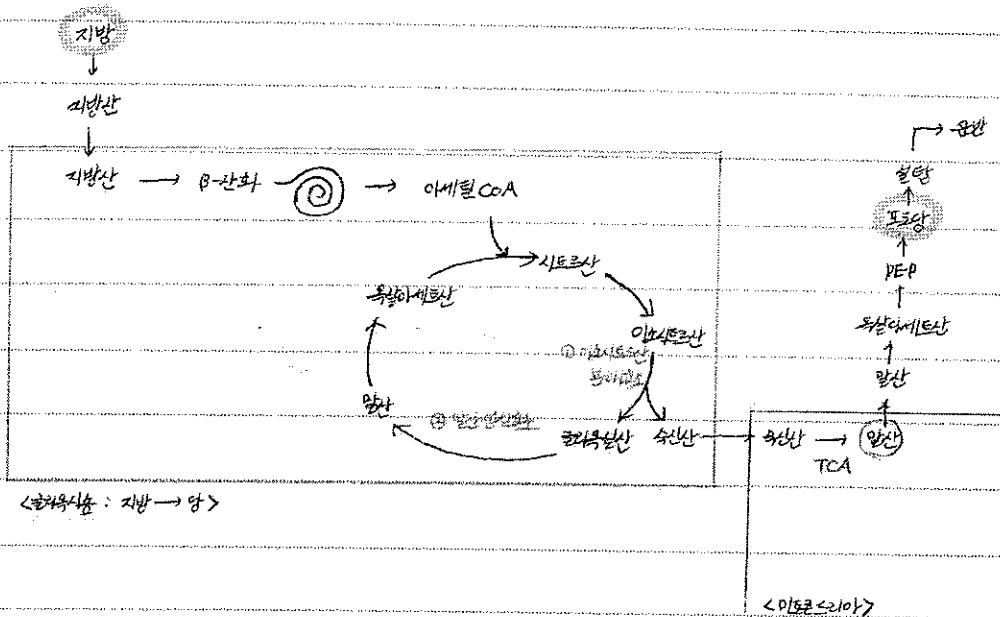
\* 보충대사: 다른 물질들 만드는 데 쓴 중간물질을 공급하는 것 (간장 효소 - 시트르산 내장)

**관련생산물**

글리콜리시스 회로	TCA 회로
2 아세틸 CoA + NAD <sup>+</sup> + H <sub>2</sub> O	2 아세틸 CoA
→ <b>숙신산</b> + NADH + CoA	→ 4CO <sub>2</sub> , 6NADH, 2FADH <sub>2</sub> , 2ATP
(CO <sub>2</sub> 제거할 수 없다)	
포도당	

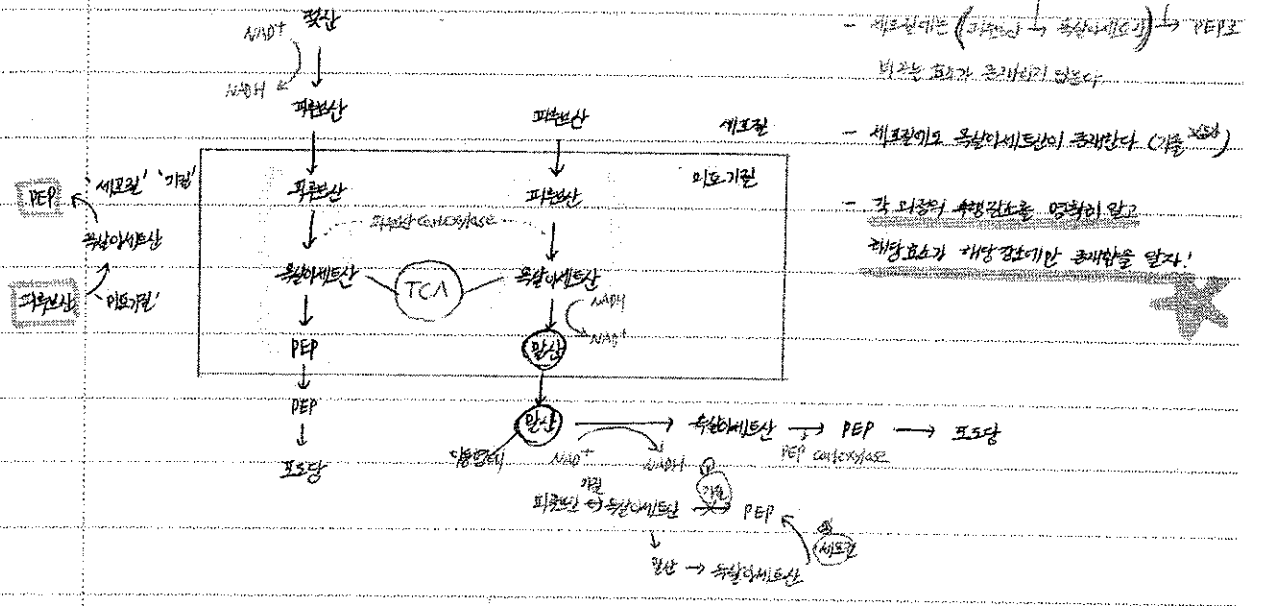


**글리콜리시스 회로** (식물에서 지방산과 포도당을 합성하는 기원 부)



<원관 사용 : 지방 → 당>

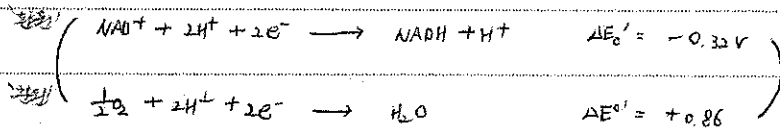
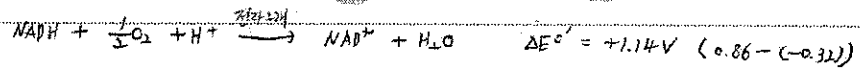
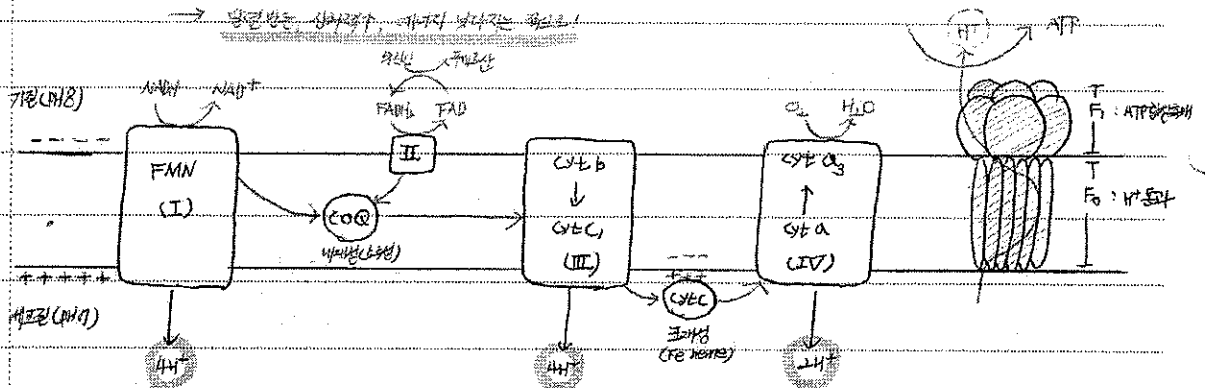
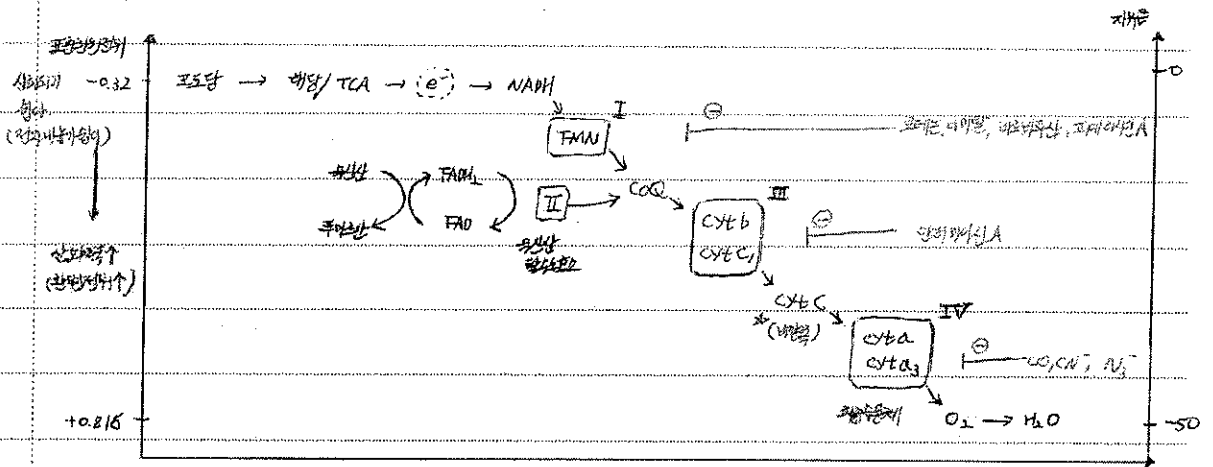
**포도당 신합성형 보충**





# Chapter 8. 산화적 인산화

**전자전달계** : 미토콘드리아 '내막' / 세균 '세포막'

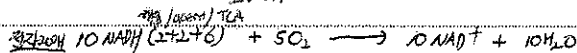
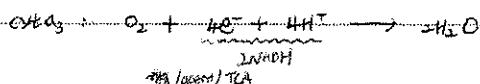


$$\Delta G^{\circ} = -nF\Delta E^{\circ} = -2 \cdot (96.5\text{kJ/mol}\cdot\text{V}) \cdot (1.14\text{V}) = -220\text{kJ/mol} \quad (\text{10ATP를 생성할 수 있음 } \text{NADH} \rightarrow 3\text{ATP})$$

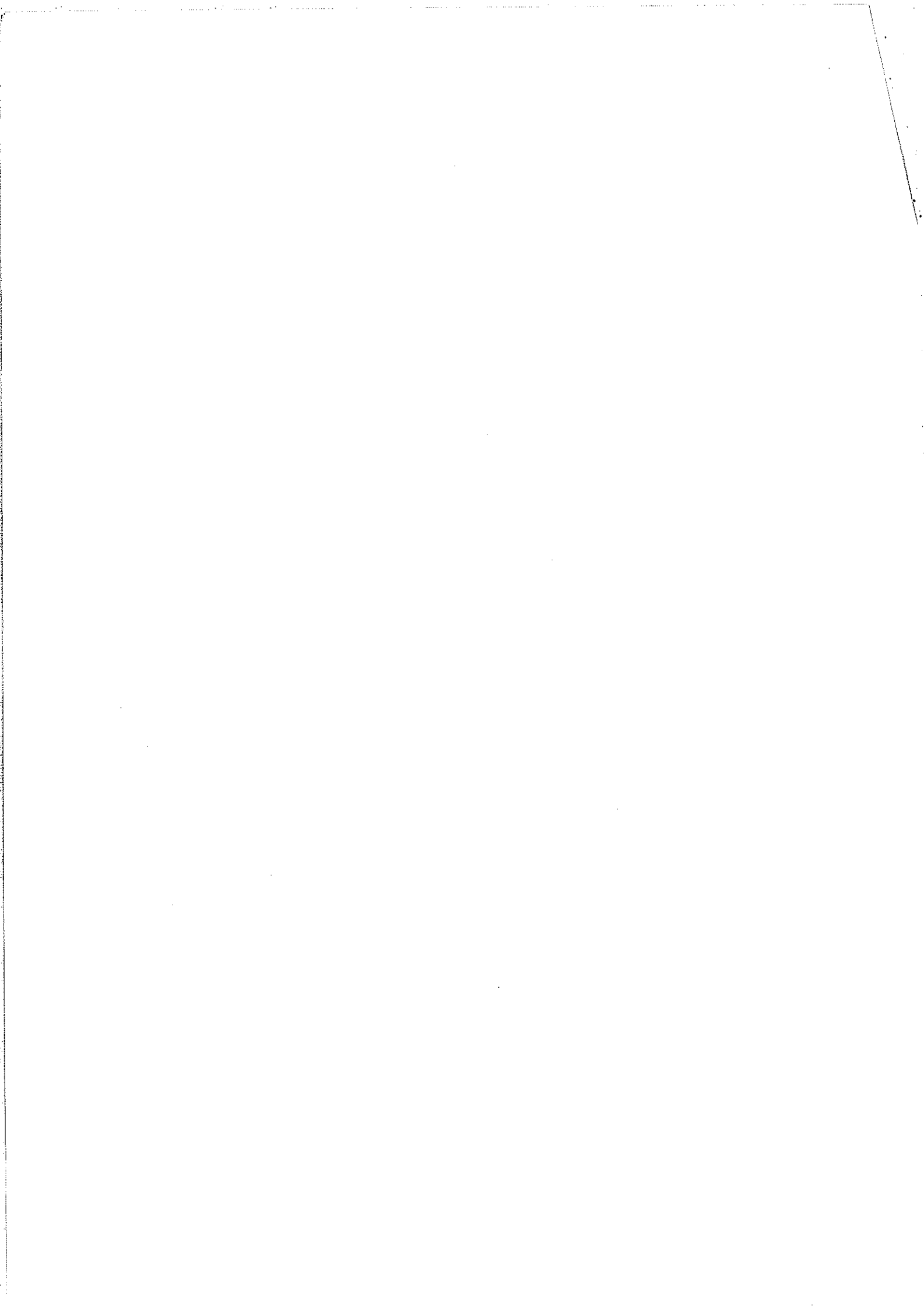
에너지 저장  $\Delta G = -2.3RT \ln \frac{C_2}{C_1} + ZF\Delta\psi = 2.3RT\Delta\text{pH} + ZF\Delta\psi = 20\text{kJ/mol}$

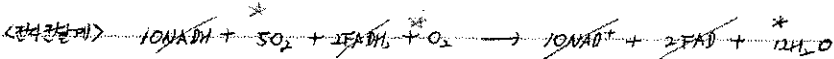
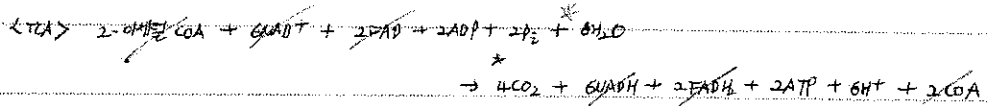
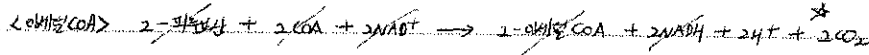
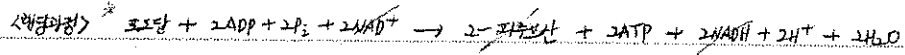
↳ 전자 2개당 10H<sup>+</sup> 동등!!

**Complex IV** 산소환원효소



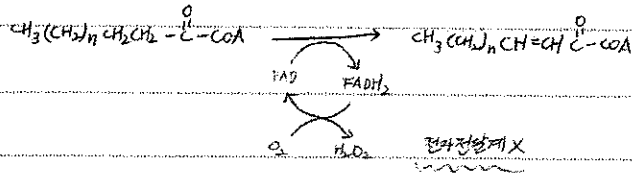
0.5(1e)당 전자 2개!!



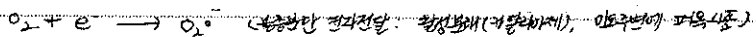


ROS 생성 소관

1. 포화지방

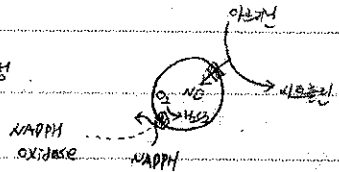


\* 2. 미토콘드리아

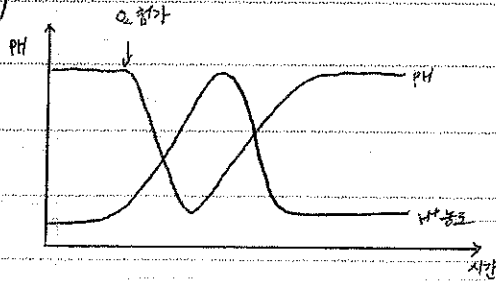
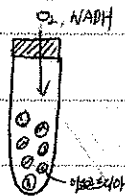


3. 리소좀

살균작용에 ROS, RNI (활성산소종) 생성

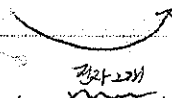
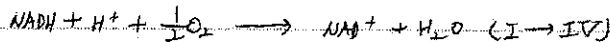
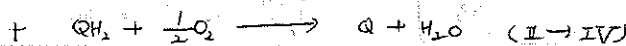
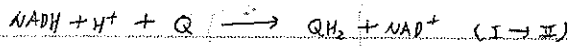


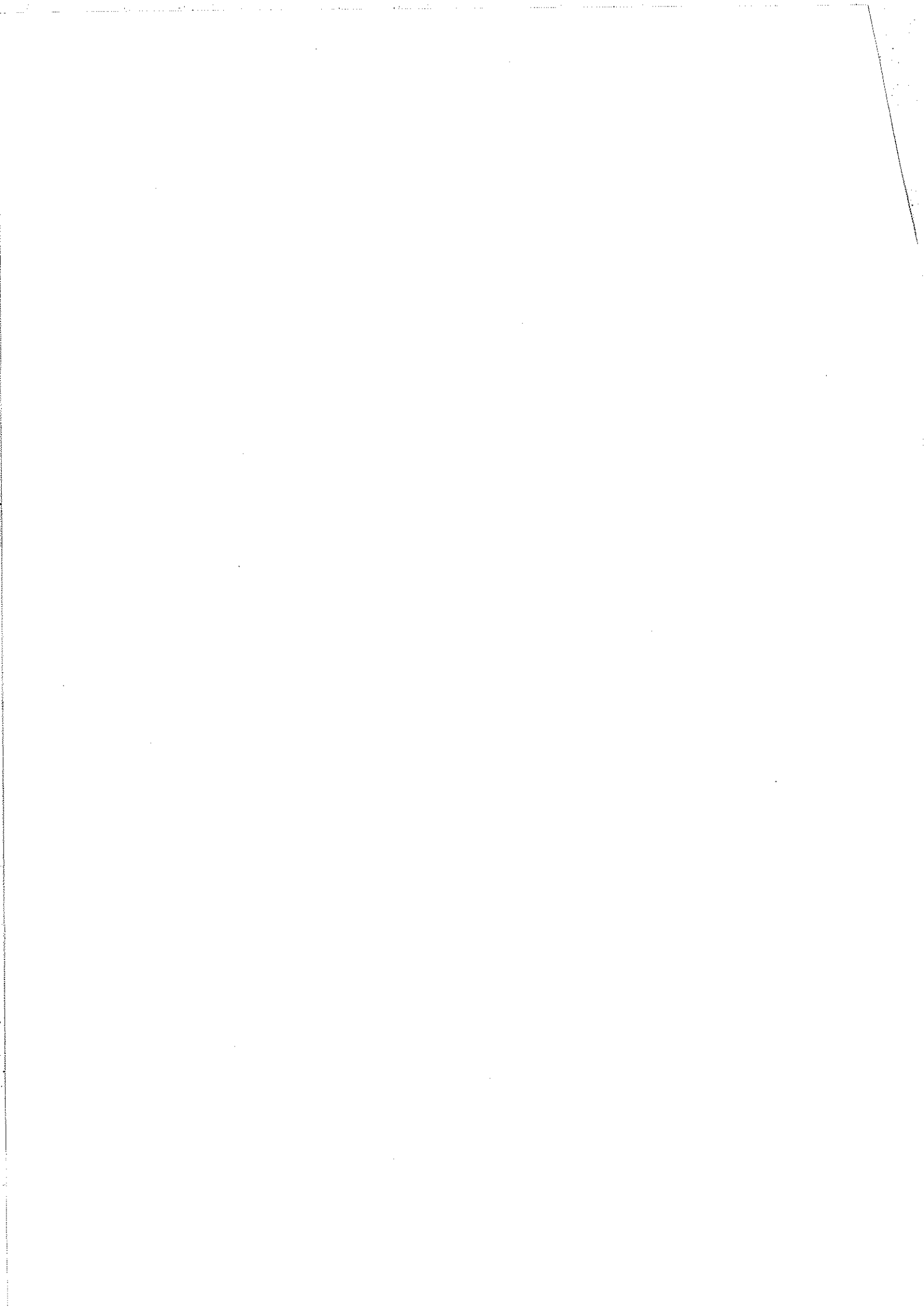
미토콘드리아 O<sub>2</sub> 소비 실험



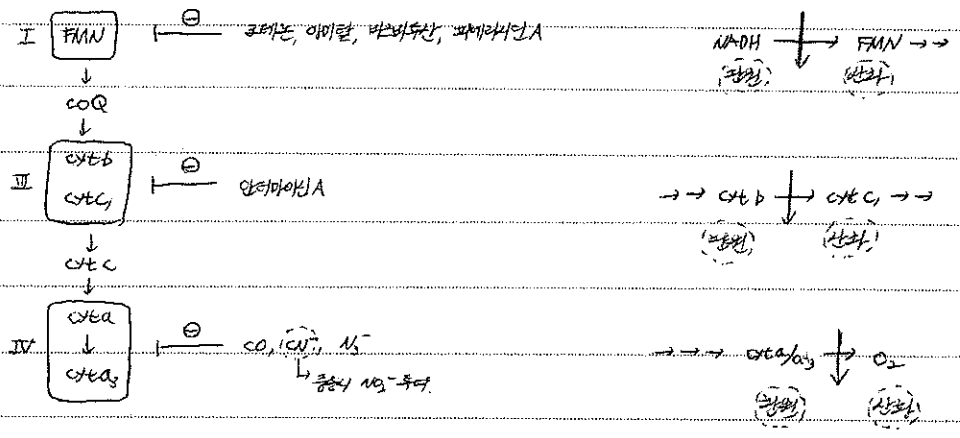
- NADH가 있고 O<sub>2</sub> 존재하면 ETS에 의해 H<sup>+</sup> 펌핑 → pH ↓
  - O<sub>2</sub> 모두 소비 후에는 H<sup>+</sup> 펌핑 X pH ↑
- (NADH 전사, 전자전달, 10H<sup>+</sup> 펌핑)

유니퀴놀 (QH<sub>2</sub>) - CoQ



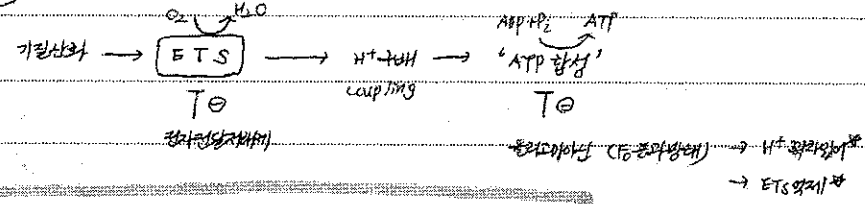


**전자전달 사슬**

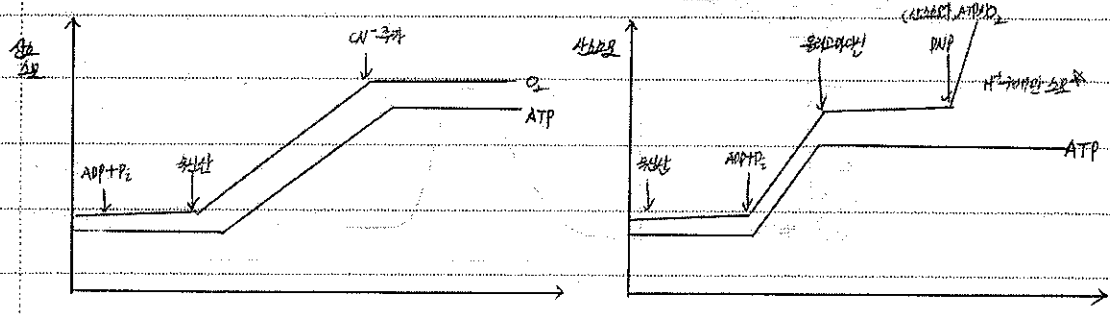


전자전달 사슬  $\rightarrow$  H<sup>+</sup> 펌핑 X  $\rightarrow$  ATP 합성 X  
 NADH가 산화 X  $\rightarrow$  NAD<sup>+</sup> 재환원 X  $\rightarrow$  해당/ TCA block!  
 막 밖은 ETS 영역이 없다.

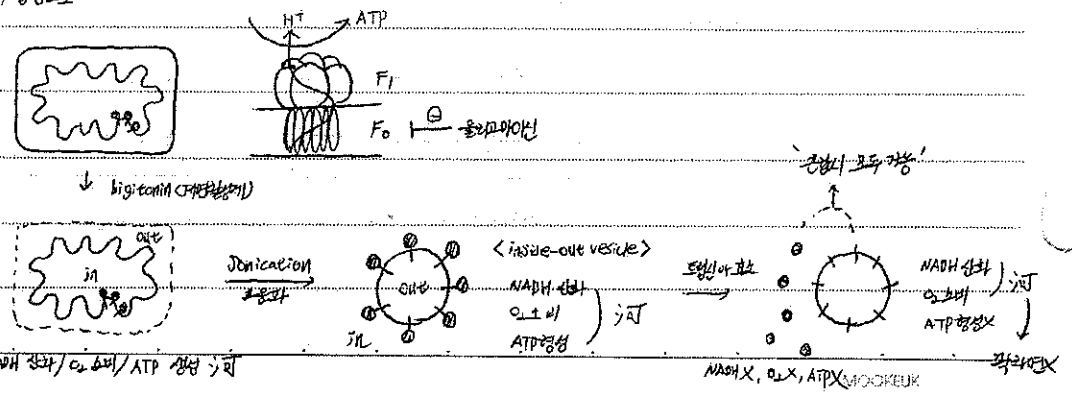
**산화적 인산화**

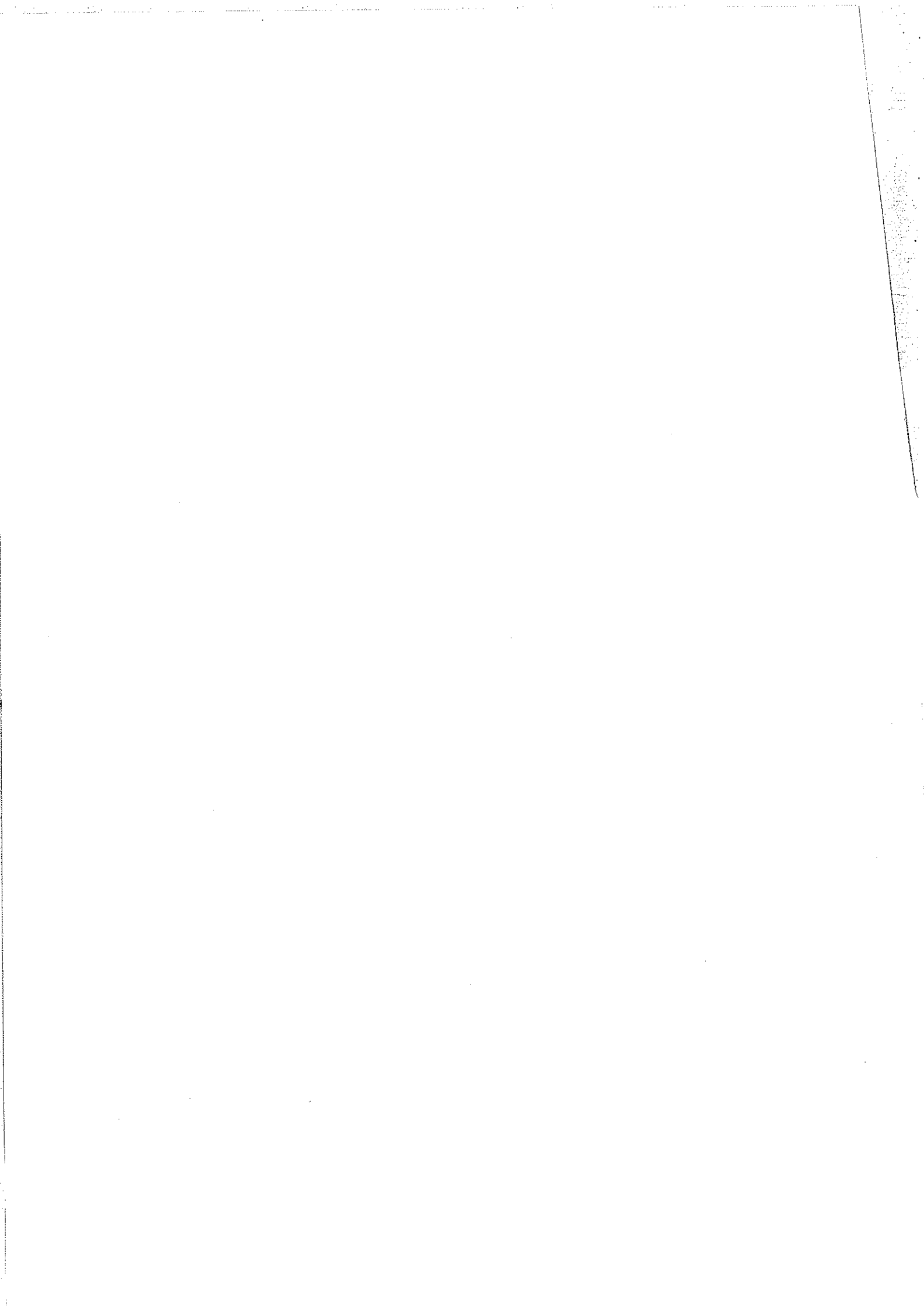


**\* 산화적 인산화는 기질 / O<sub>2</sub> / ADP + P<sub>i</sub> 가 반드시 존재해야 한다.**



**1. ATP 합성효소**





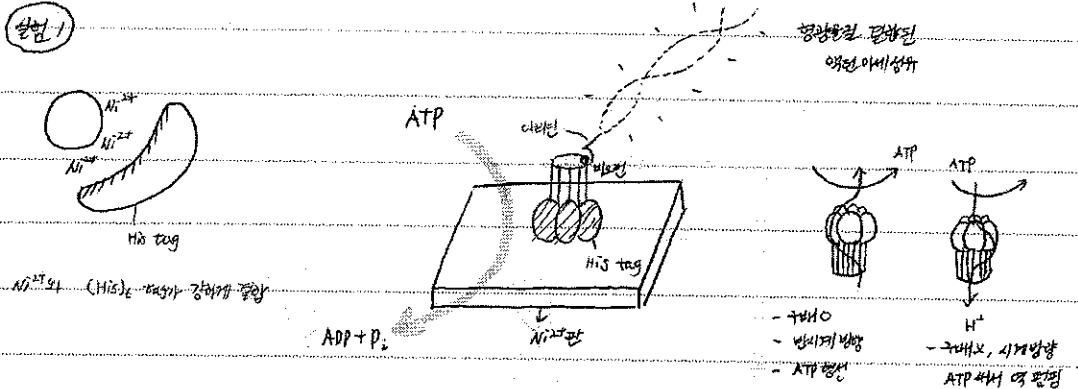
**F<sub>0</sub>F<sub>1</sub> - ATPase**

ATP 합성효소

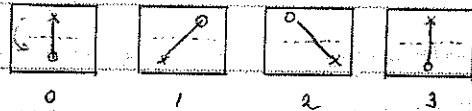
- H<sup>+</sup> 개수 X, 오히려 ATP 분해, ATP를 써서 역 pumping!
- F<sub>0</sub>는 H<sup>+</sup> 통과용으로 필요이긴 sensitive (H<sup>+</sup> 통과방해 → H<sup>+</sup> 축적 → ETS 문제 → ATP X)
- $\Delta G = 2.3RT \Delta pH + zF \Delta \psi$  에서  $\Delta \psi$ 가 너무 커져서 H<sup>+</sup> → 개수, NAD<sup>+</sup> 재생 X, 카탈라제도 문제!
- H<sup>+</sup> → 개수 0, ATP 합성

또는, 산소 부족시 H<sup>+</sup> → 개수 / ATP 합성 X 이대, ATPase가 다량해라야 큰일인보 'IF'이 불타를 만든다.

ETSX



시간

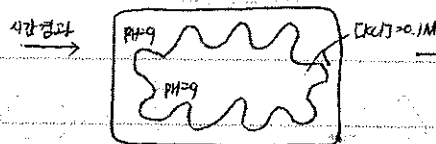


반시계방향으로 120°씩 회전  
(3H<sup>+</sup> 소비, H<sup>+</sup>은 ADP → ATP)

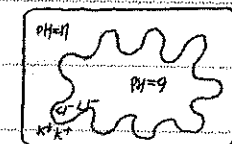
**일점 2** : 인위적인 pH-경과와 ATP 합성

1. 미토콘드리아 분리

pH=9, [KCl] = 0.1M 용액에 담음



pH=7, [KCl]=0, 발효소이긴 용액에 담음

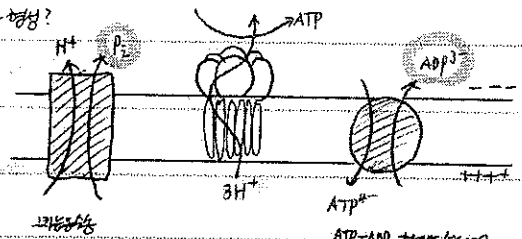


막전위 + ΔpH 형성!

2. P/O ratio : 산소 1개가 환원되는데 ATP 몇개 형성?



\* 참고: ATP 1개 합성에 4H<sup>+</sup> 소비

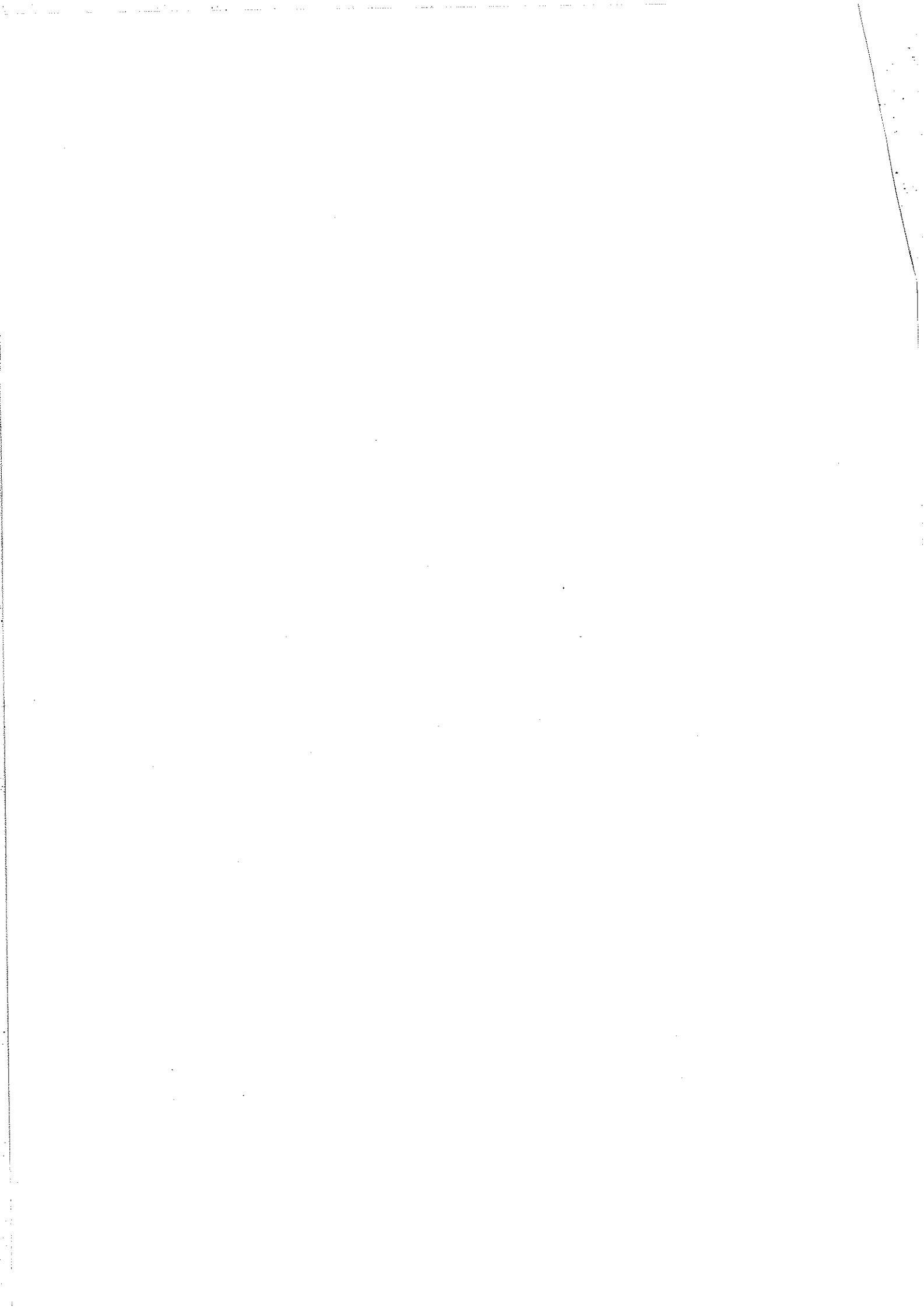


$$\frac{P}{O} = \frac{NADH}{2e^-} \cdot \frac{10H^+}{NADH} \cdot \frac{ATP}{4H^+} = 2.5 \frac{ATP}{2e^-}$$

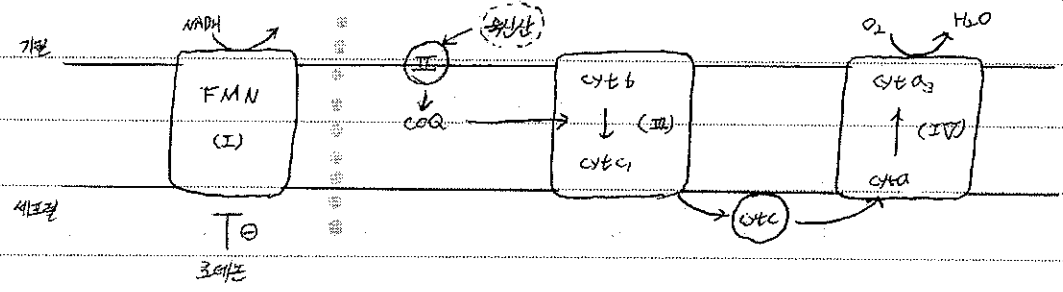
$$\frac{P}{O} = \frac{FADH_2}{2e^-} \cdot \frac{6H^+}{FADH_2} \cdot \frac{ATP}{4H^+} = 1.5 \frac{ATP}{2e^-}$$

0개 → 2e<sup>-</sup>

ATP → ADP + Pi + H<sub>2</sub>O  
(막전위 소비)  
T<sub>0</sub> acetylcholine (ATP 분해)



3. 산화호흡 전자흐름을 막아도 다음 단계 '기질첨가'에 의해 재해될 수 있다.



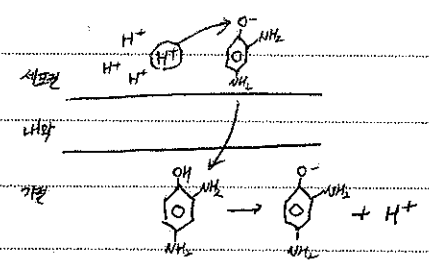
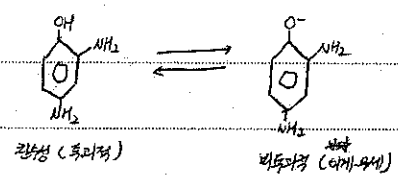
4. ATP 합성효소 재해제

플루오아세틴 & DCCD : 전자전달계가 다음 ATP 합성효소의 뒤로 H<sup>+</sup> 통과 방해 → H<sup>+</sup> 농도 → ETS 방해\*

5. UNCOUPLER

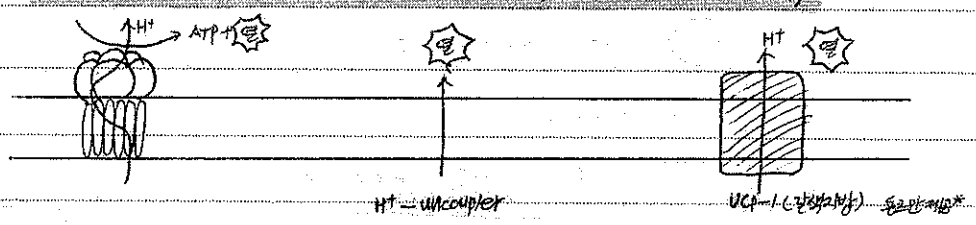
∴ H<sup>+</sup> 누출을 허용시켜 ATP 합성 X

1, 4-DNP



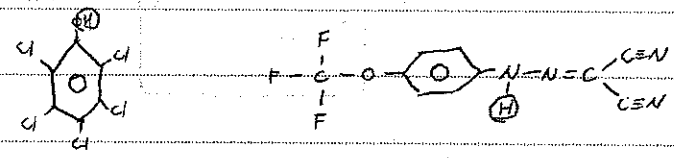
H<sup>+</sup> 누출을 막아주고 동시에 고에너지 H<sup>+</sup>를 '걸'러서 방출시킨다.

(H<sup>+</sup> 누출이 없어야 ATP 합성이 되는데 왜 걸러 버려야 하는지, O<sub>2</sub> 소비 ↑, ATP 생산 ↓만든다.)

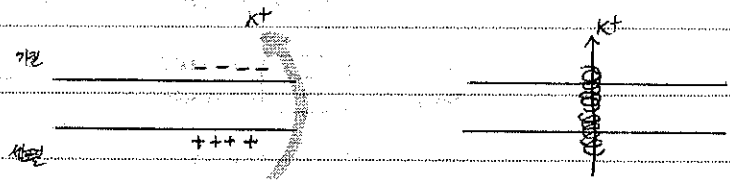


5-염화페닐산 / FCCP

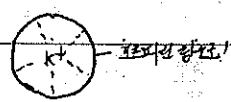
↳ DNP와 같은 작용!



플루오아세틴 / 2,4-DNP

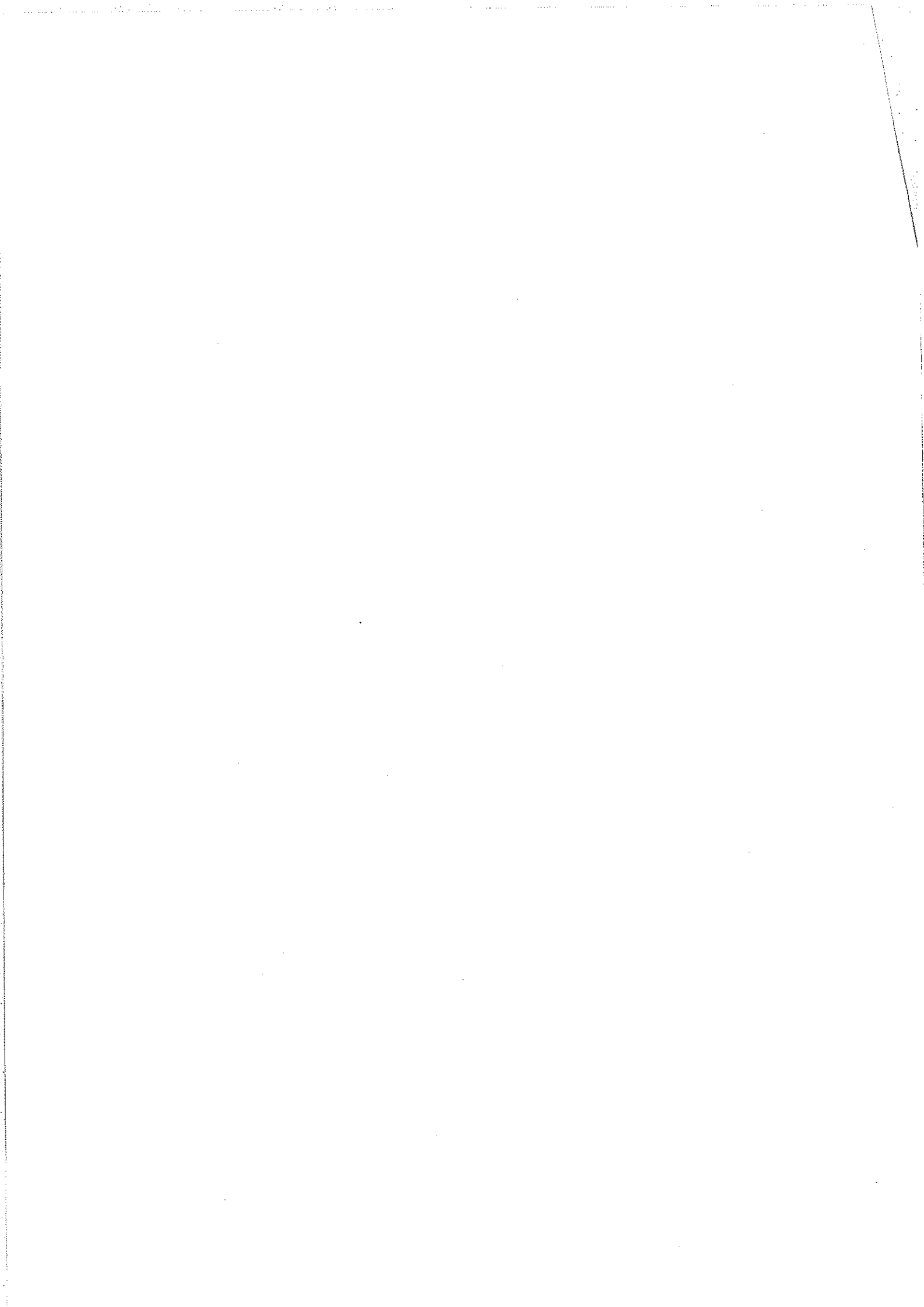


[K<sup>+</sup>] ↑



$$\Delta G = 2.3RT \Delta pH + zF \Delta \psi$$

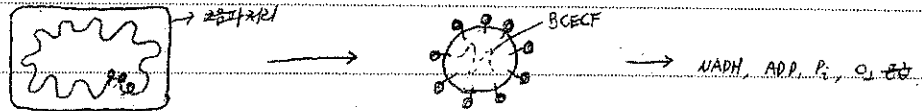
\* 약화되고 있음 (PUMPING X) MOORE & K



6. 미토콘드리아의 pH (MERRF)

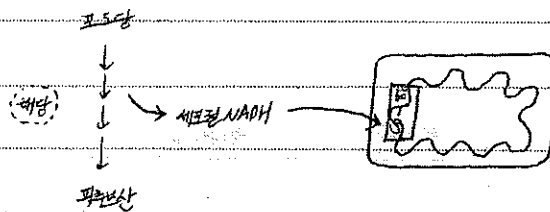
→ ATP 합성에 필요한 양성자 농도 차이 / 산성-중성이 지양적 영향.

(실험) BCECF C-형에 따라 양성도 차이, pH ↑ → 양성도 ↑



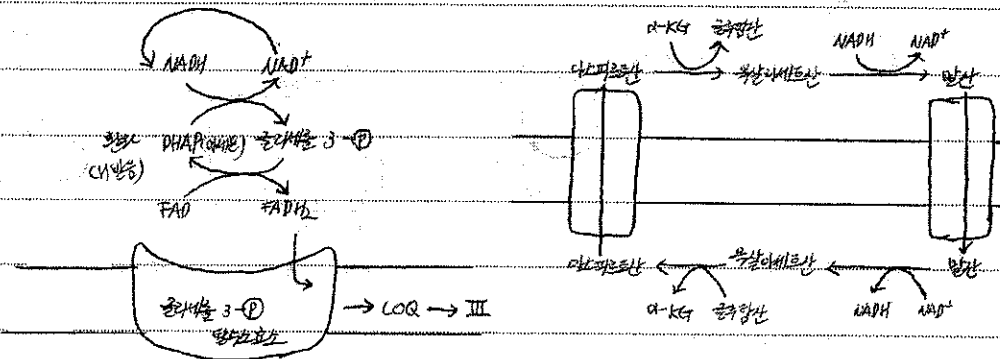
1. 양성도 차이 형성으로 내부 H<sup>+</sup> ↑, pH ↓ (형광 ↓)
2. DNP 처리 → H<sup>+</sup>를 피내고 열 발생, pH ↑ (형광 ↑)
3. 말리노마이신 처리 → 막전위감 ↓, H<sup>+</sup> 누출 ↓ (형광 ↑: 다중인산 포도당) → '잠사용인'
4. KCl 처리 → H<sup>+</sup> 누출 ↓, pH ↑ (형광 ↑)

7. 세포질 NADH 관련 물질들



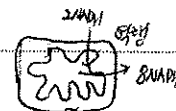
1) 피루브산 3-β-산화  
(비/중용 → 36 ATP 생성)

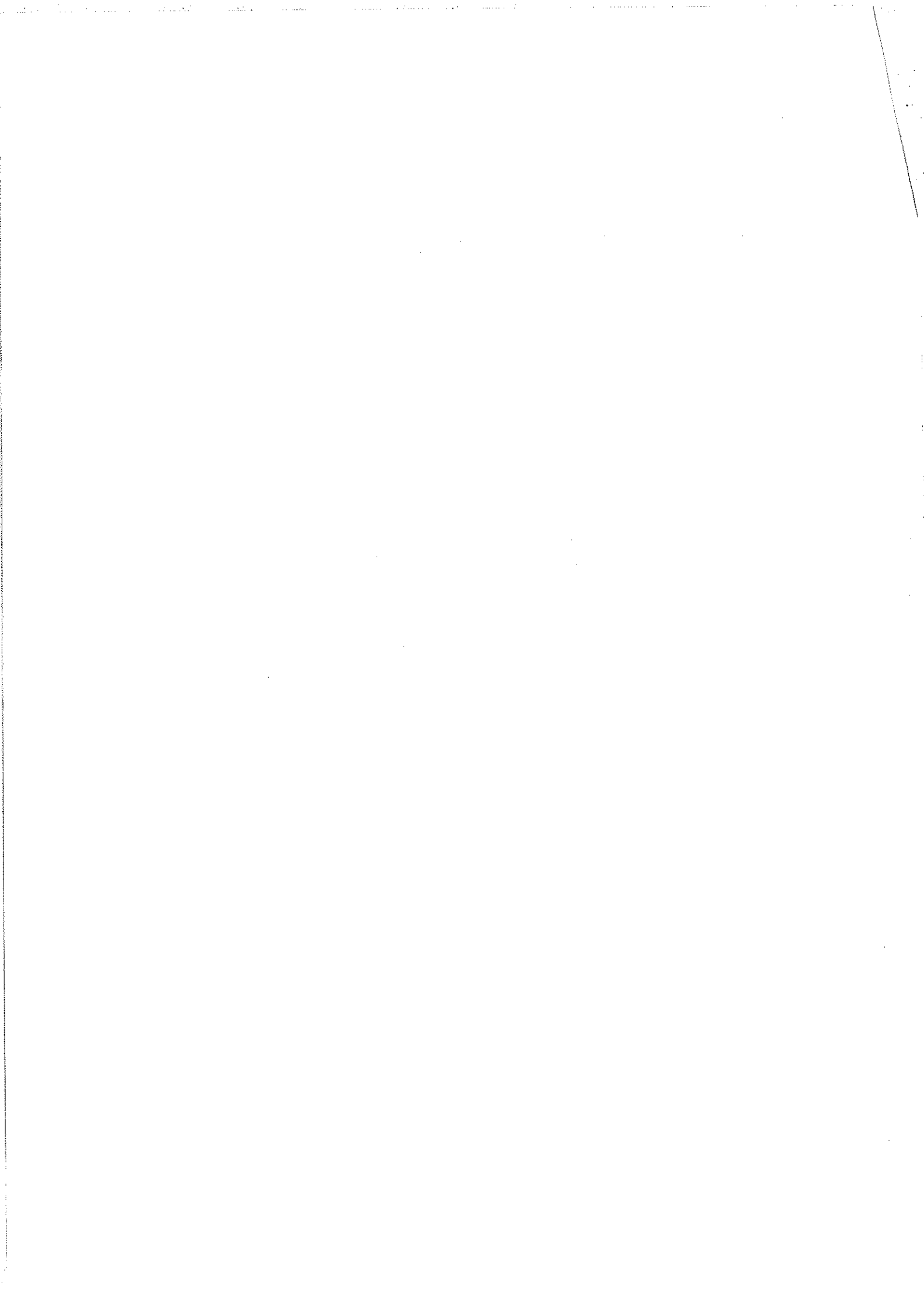
2) 말산-안피루브산 순환  
(경/중용/안용 → 38 ATP 생성)



⇒ 비/중용에서는 위치를 분해가 활발하여 [NADH] ↑, 따라서 세포질에서 농도를 낮추기 위하여 거기 합쳐서

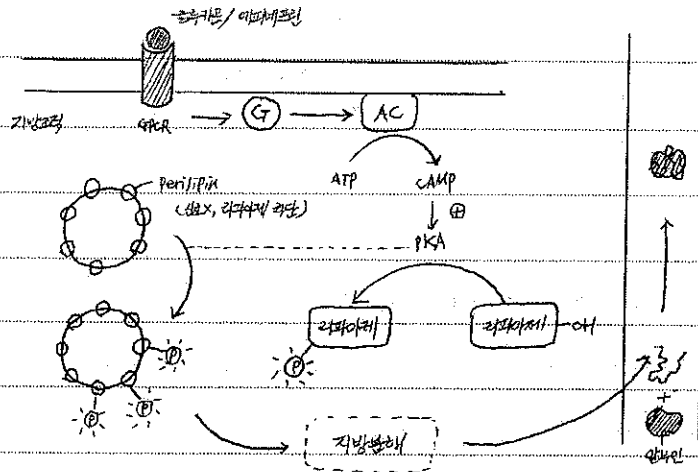
다른 FAD를 이용!  
(2ATP 생성)





# Chapter 9. 지질의 대사

## #1. 지방의 분해



\* 지방산의 용해

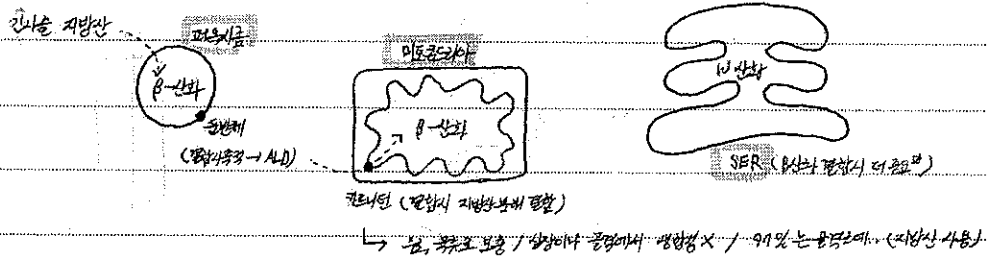
free	$10^{-6} M$
알비인	$2 M$

## #2. 미토콘드리아로의 지방산 운반

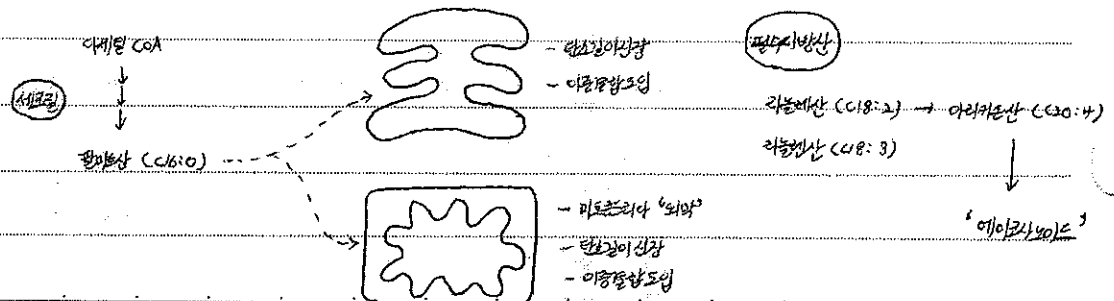
### < 지방산 운반체 >

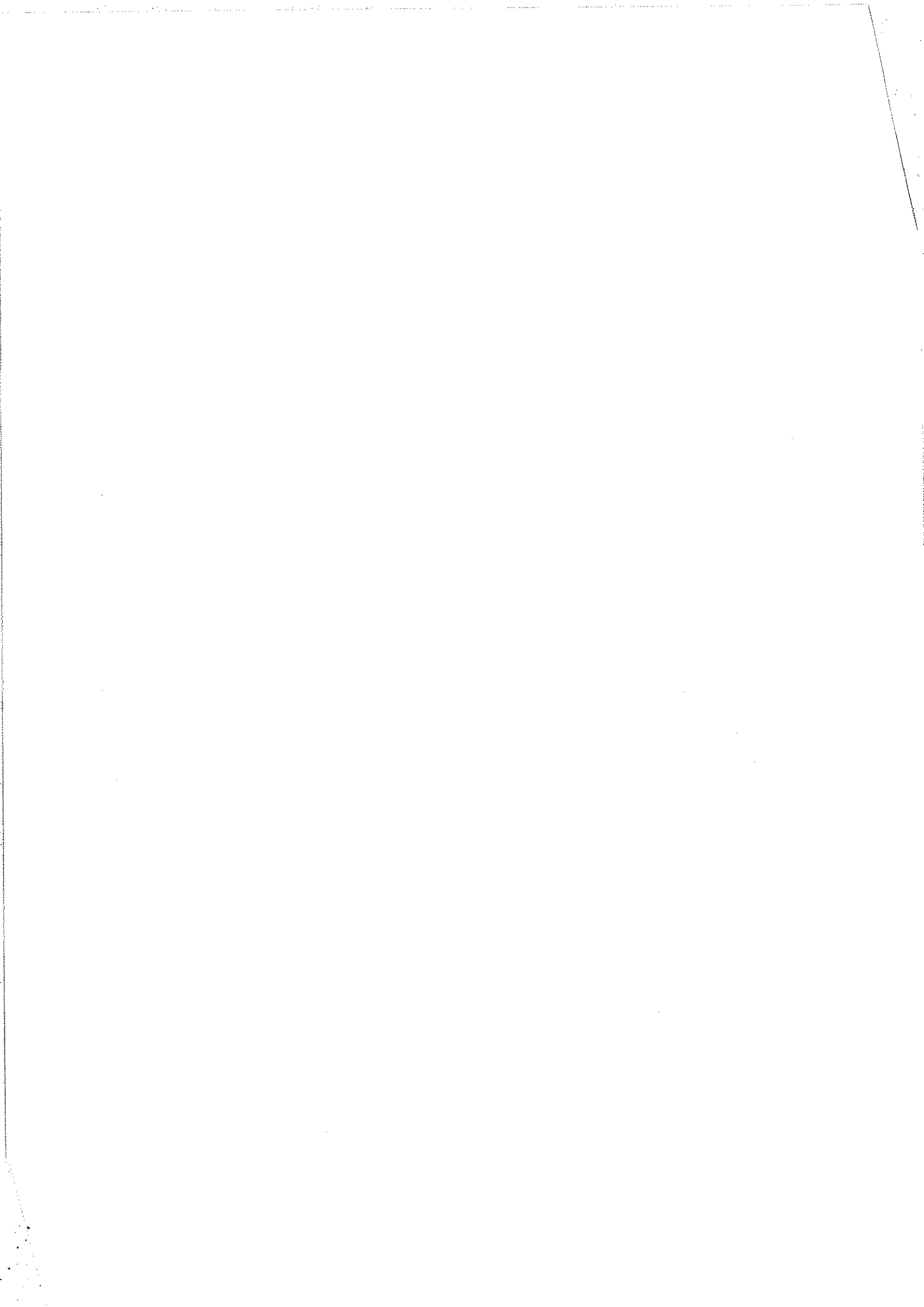
	미토콘드리아	피루브산	글리콜리시스
식용	X	O	O
음용	O	O	X

### < 지방산 분해 >

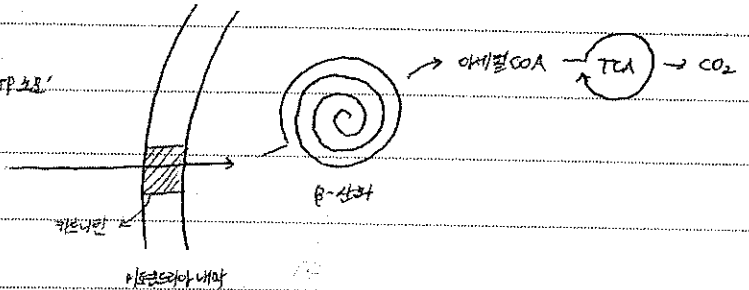
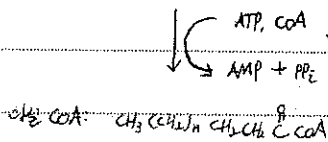


### < 지방산 합성 >



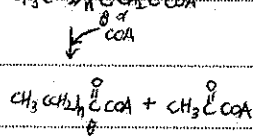
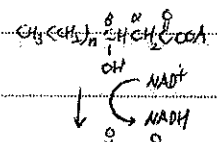
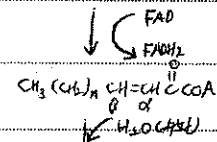
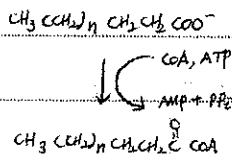


지방산:  $CH_3(CCH_2)_nCH_2CH_2COOH$



#3 지방산의 β-산화

① 팔미트산 (C16:0) 의 β-산화



c-c/c-c/c-c/c-c/c-c/c-c/c-c/c-c

- 1개의 β-산화

- 아세틸 CoA 8개

- NADH 7개

1NADH당 NADH 1.5개 / FADH<sub>2</sub> 1.5개!

- FADH<sub>2</sub> 7개

- 아세틸 CoA (TCA) × 8 (31)

3NADH  
7FADH<sub>2</sub>  
ATP

⊕ NADH 9.75 / FADH<sub>2</sub> 0.75

131ATP

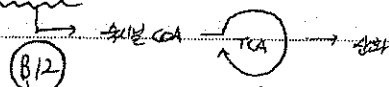
⊖ 활성화 에너지 (2ATP) 소모

Net 129ATP

↑

불포화 지방산도 β-산화로 분해, 'enoyl-CoA isomerase / 2,4 dienoyl-CoA reductase' 필요  
이소메라아제 필요 -x/

- 불포화 지방산 = 아세틸 CoA + 포스포피로브 CoA



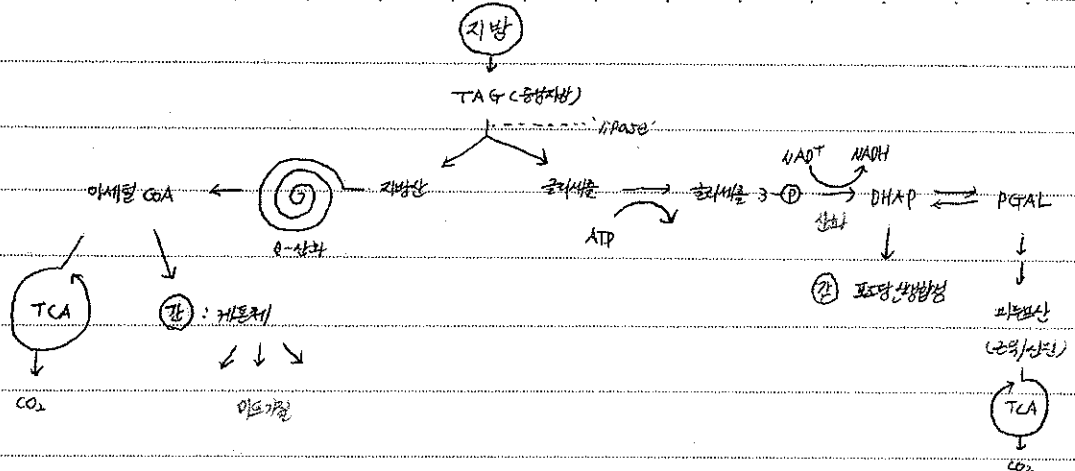
① B12 : 동해물이 풍부하다. (포도가 배양을 위해서는)

↳ 결핍하면 아성빈혈 (DNA 합성x), 신경장애 발생!

↳ 피라미 IF (Intrinsic Factor) 결핍되어 B12가 결핍되어 아성 빈혈, endocytosis 3

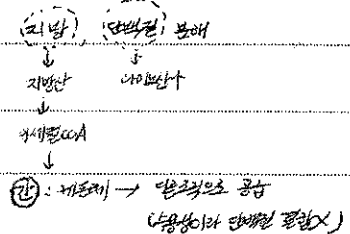
간이 저장한다 (대부분 수용성은 B12!)





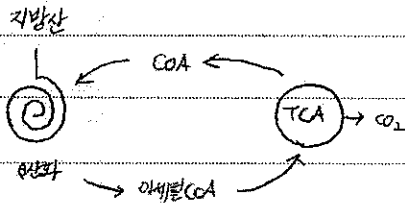
#4 케톤체의 생성

: 탄식/가아/치루되지 않는 당포병 I형 (당화물 이용X) → 여러 에너지원인



★ 간의 미토콘드리아 기질에서만 합성

⇒ 정상치리만 이용가능



지방산 아세틸 CoA와 CoA'의 순환이 있어야 하는데, 기아/당화물X 아세틸 CoA ↑↑, CoA가 부족함X 따라서, 아세틸 CoA 미토콘드리아 → 케톤체 CoA (부족한 CoA 제공\*)

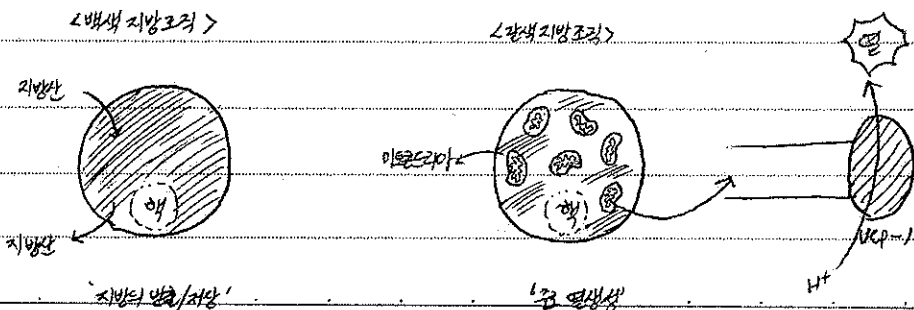
⇒ 뇌는 정상적인 경우 100% 포도당, 당질X 케톤체가 주요 에너지원 (케톤체, 산증(cetosis))

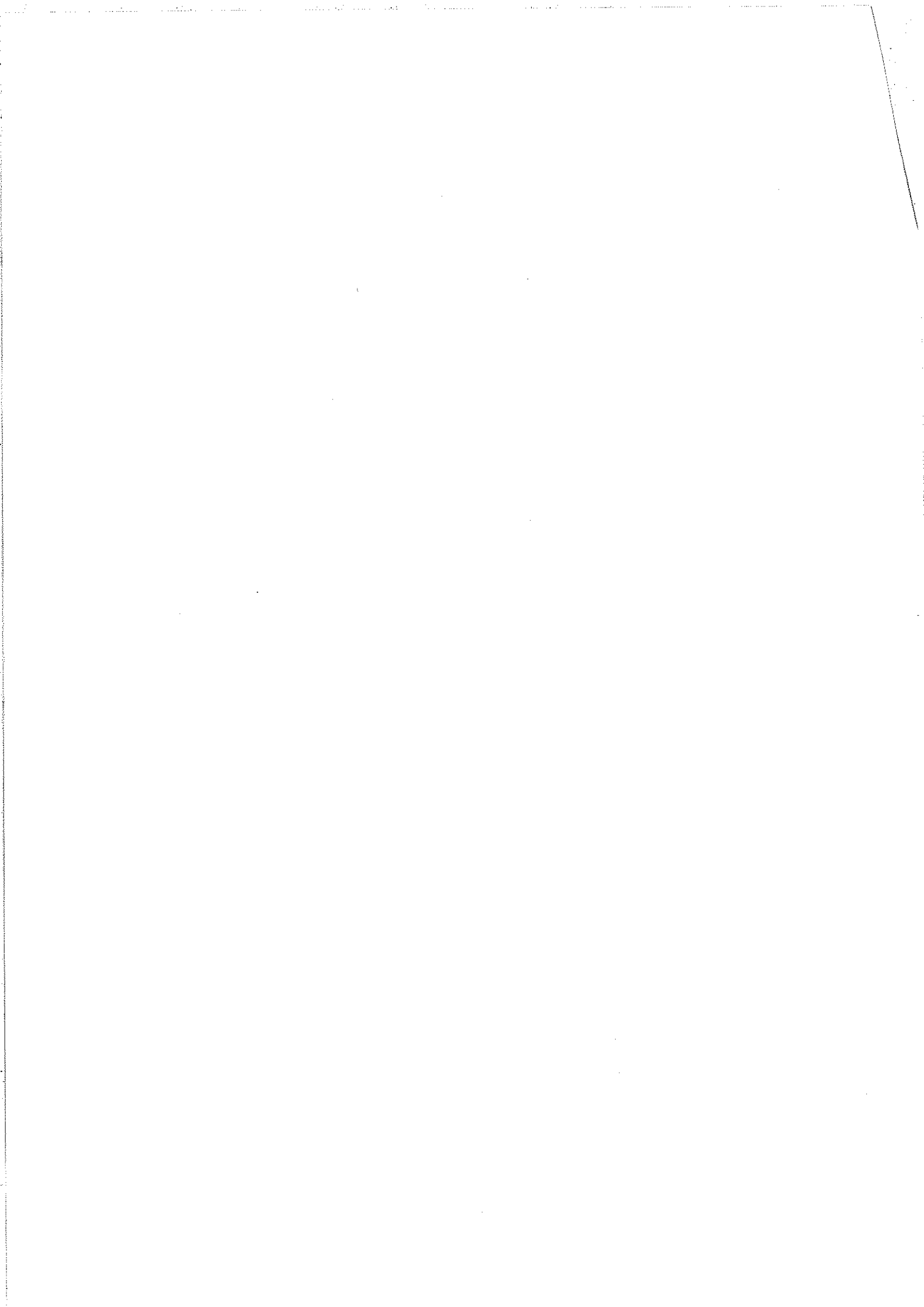
#5. 글리콜리시즘에서의 지방산 산화

: 식음에서 지방산 분해는 퍼옥시좀과 글리콜리시즘에서 일어난다. (글리콜리시즘 회로: 지방 → 당)

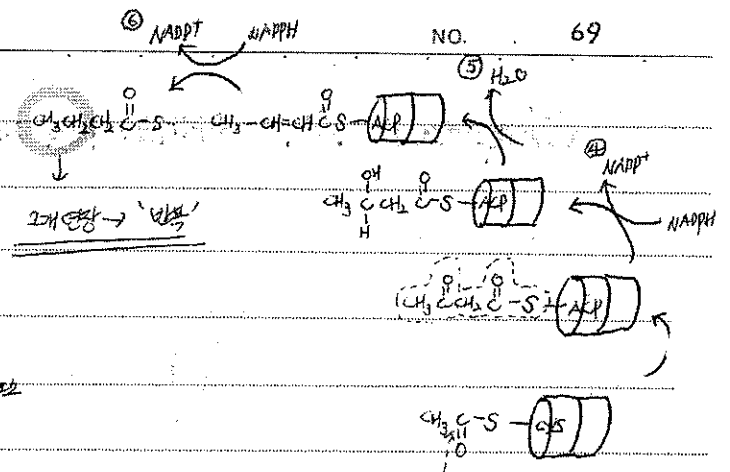
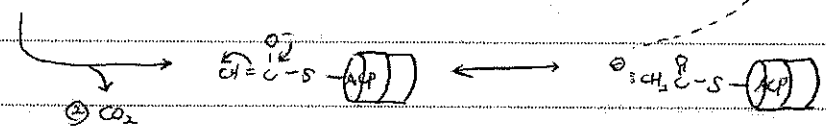
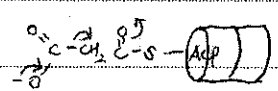
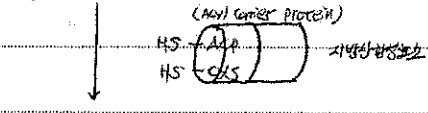
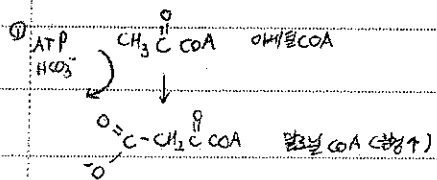
- 전자전달계가 많기 때문에 O2가 전자를 받으려야 H2O2 (ROS) 생성, FAO로 재생
- 크리미엄 결합 형성을 제외하고 β-산화와 비슷한 효소/과정으로 진행된다

#6. 간색 지방에서의 지방



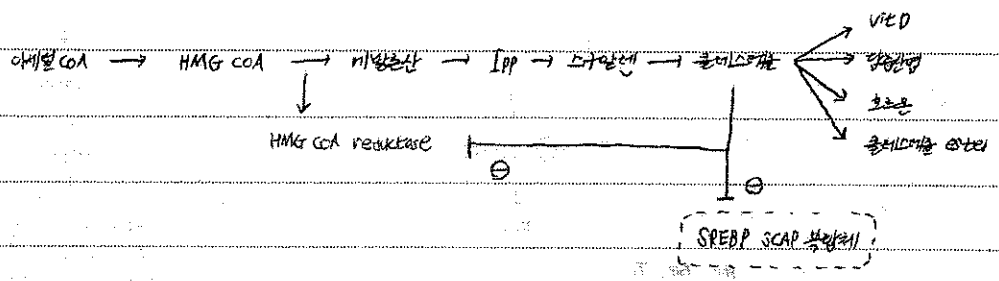


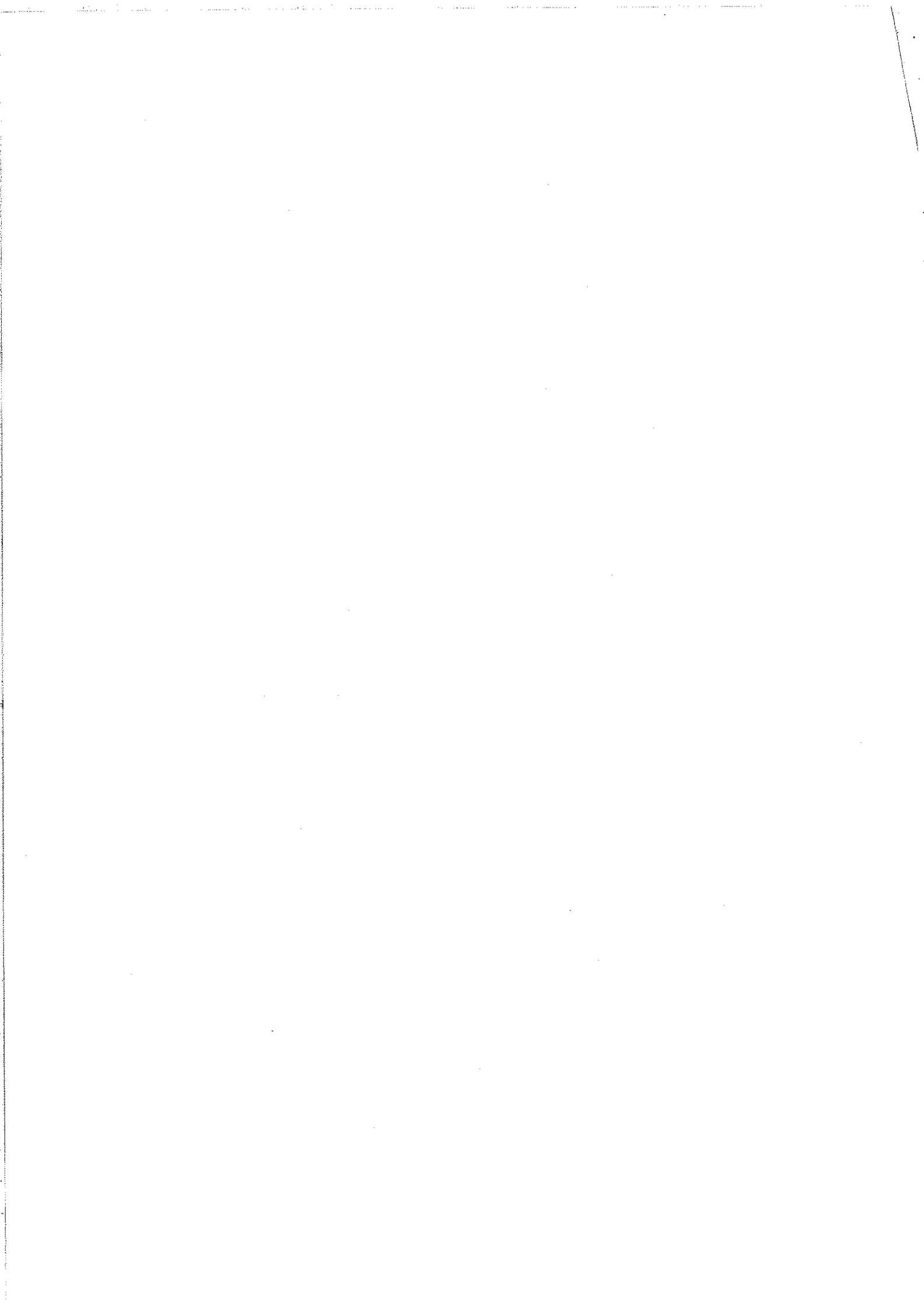
#7. 지방산의 생합성



- 보통 짝수개로 합성되어 홀수 지방산은 드물다.
  - 지방산 합성은 대부분 '세포질'에서 일어나지만, 식물은 '엽록체'에서 일어나고, 동물은 '미토콘드리아'에서 일어난다.
  - $\text{NAD}^+$  (산화) /  $\text{NADPH}$  (환원)에 관여한다.
- 지방산 합성이나 발산에 관여

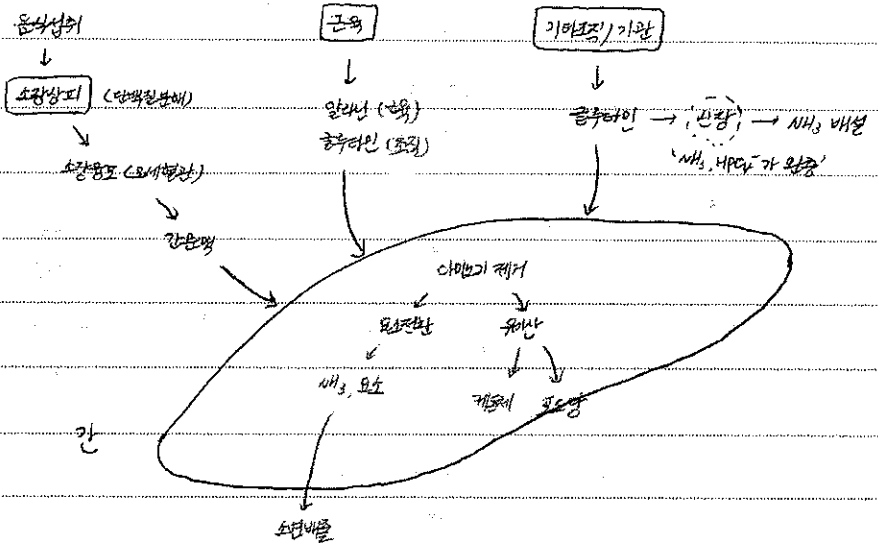
#8. 콜레스테롤의 생합성



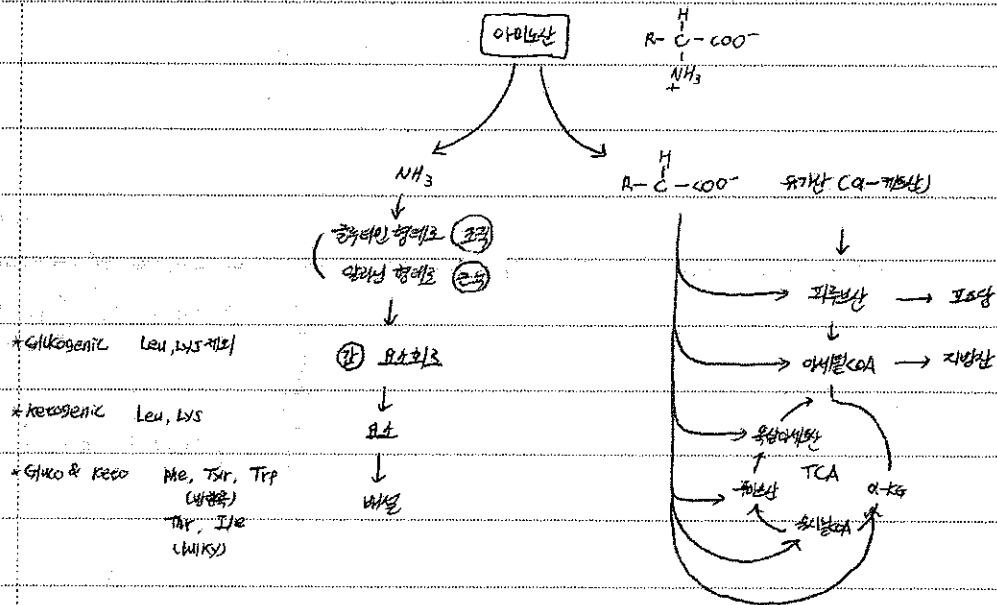


# Chapter 10. 아미노산의 대사

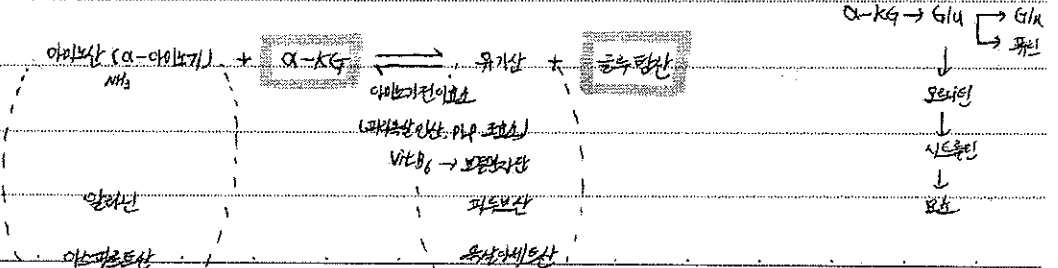
## #1. 단백질의 분해

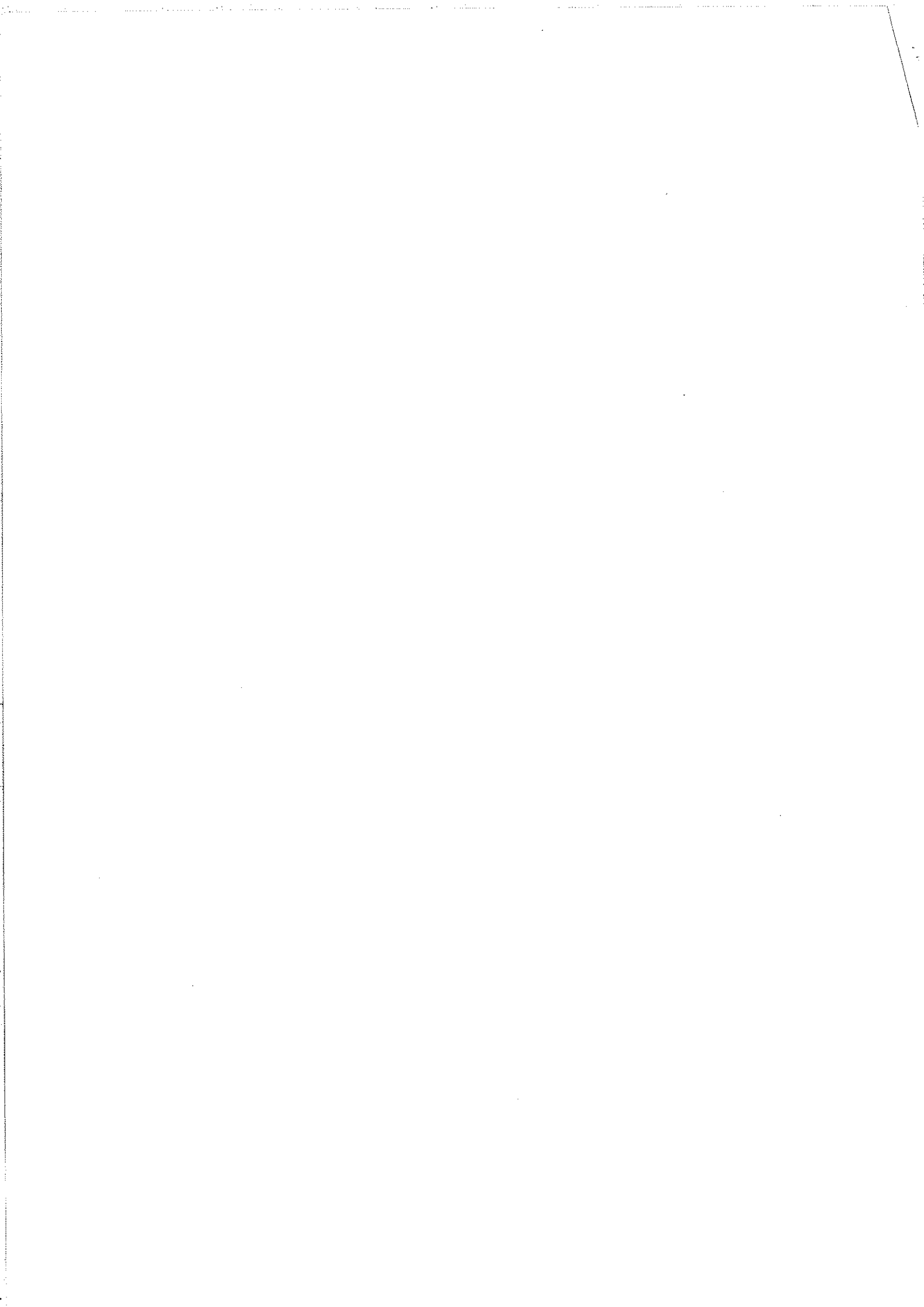


## #2. 아미노산의 분해

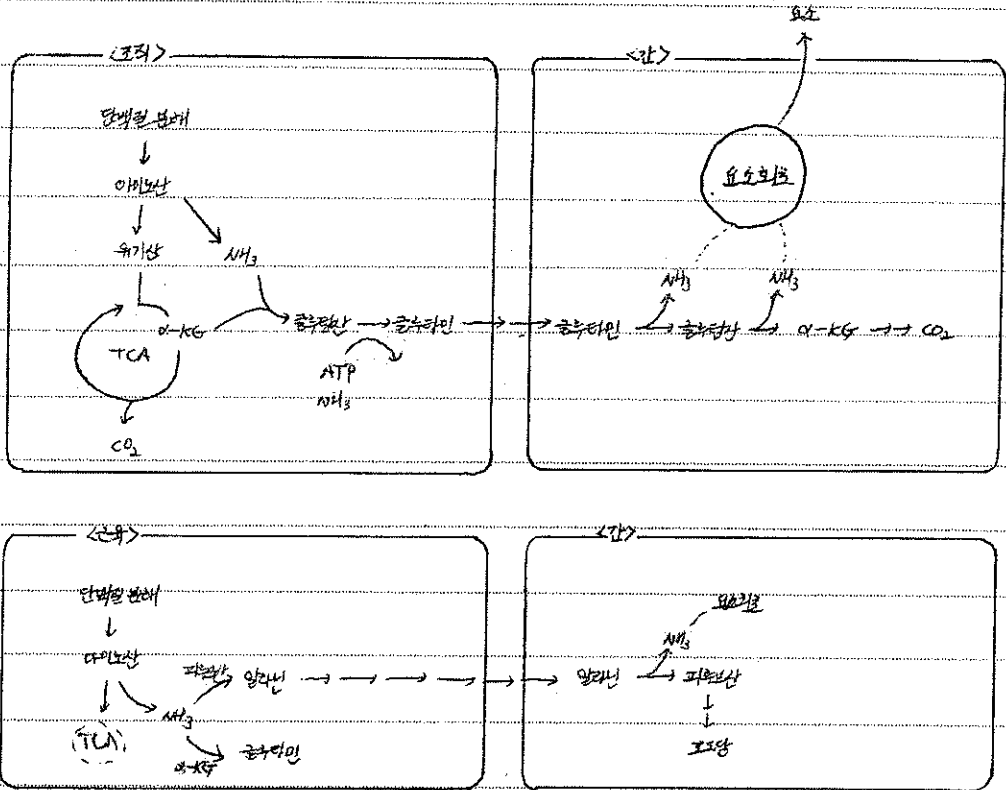


### ① 아미노기 전이반응





② 암모니아 수송



**NH<sub>3</sub>**

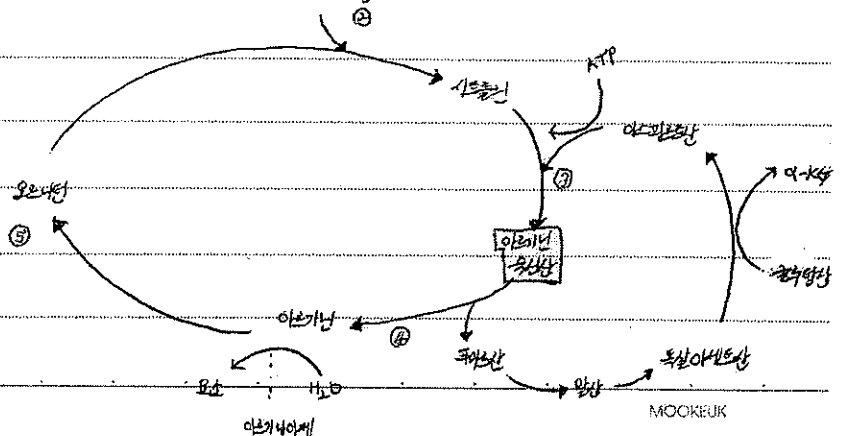
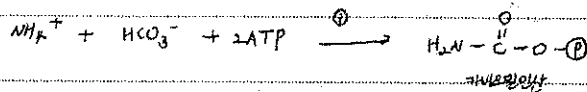
1. 요소수, 삼투압에 의해 뇌변양↑

2. 암모니아 독성

- TCA 증가를 통한 ATP↓
- Glutamate가 많아져 삼투로 팽창 (뇌부종, 팽창)
- 신경전달물질 결핍 (GABA → Glu)

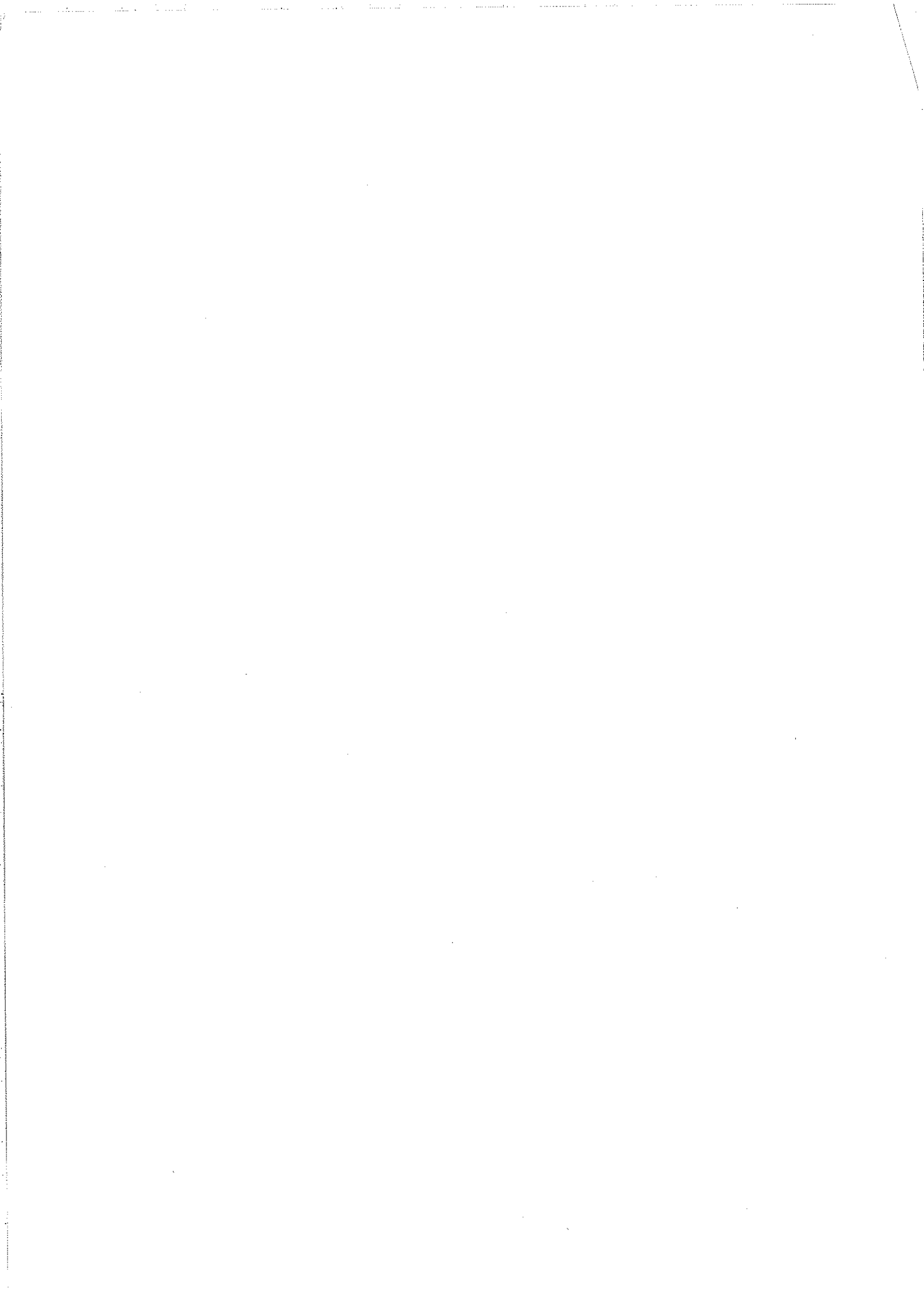
#3. 요소회로

① 간: 미토콘드리아 2단계 + 세포질 3단계  
 ②, ③, ④, ⑤



인간이에게

MOCKEUK



#4 질소고정

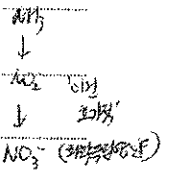
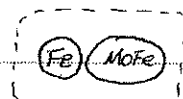
1. 대기 ( $N_2$ : 78%,  $O_2$ : 21%,  $CO_2$ : 0.03%) 는 질소가 대부분이나 식물은 식물을 직접 이용x  
( $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$  형태로 이용)

C, H, O, N, P, S, K, Mg, Fe, Ca  
토양에 제한적 \*

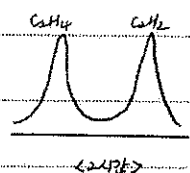
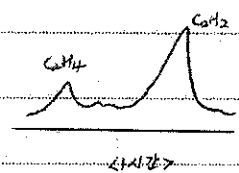
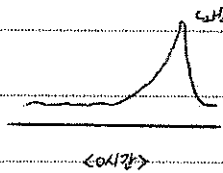
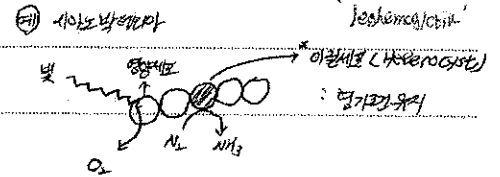
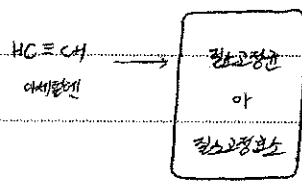


① 유전/변이/양분 (호흡) 에 의한 고정

② 생물학적 고정: 특정 '세균' 들만!  
(질소고정효소)  
- 16ATP, 8개 전자 사용  
-  $O_2$  에 의해 불활성화  
(항아제인)  
~~~~~



③ 질소

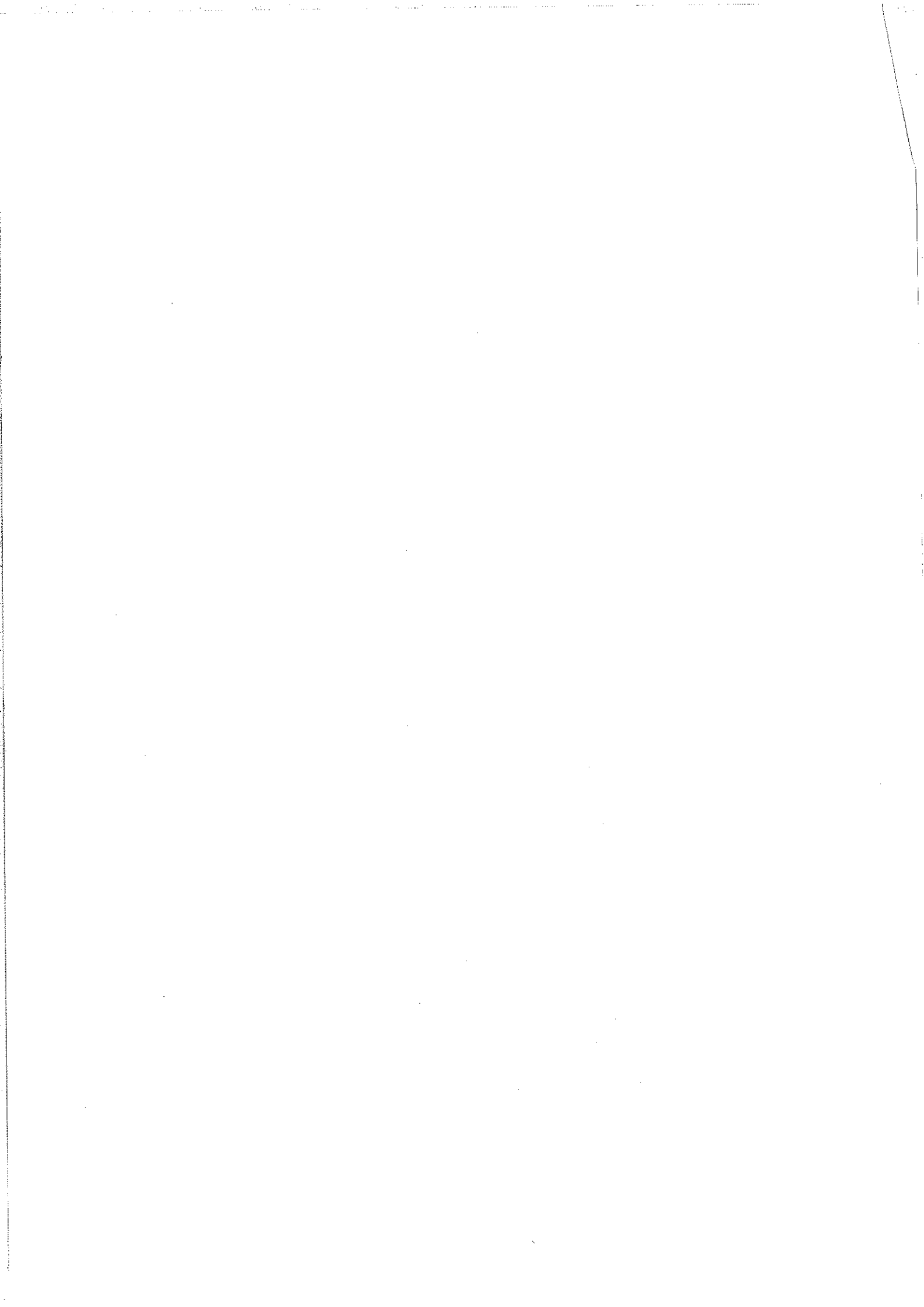


④ 공과균을 → '부생 박테리아' '상리공생의 관계'

부생 형성: 결초

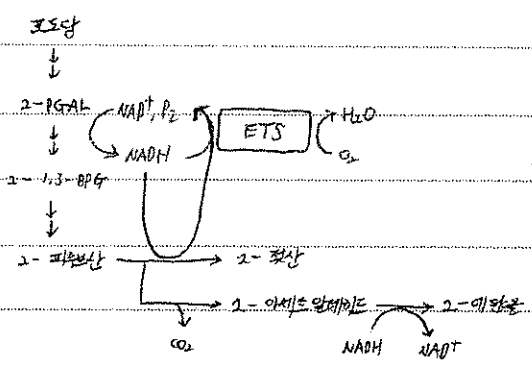
leg hemoglobin (Hb의 2배  $O_2$  결합)

생리활성 물질 (nitrogenase, nitrogenase activator, nitrogenase reductase)



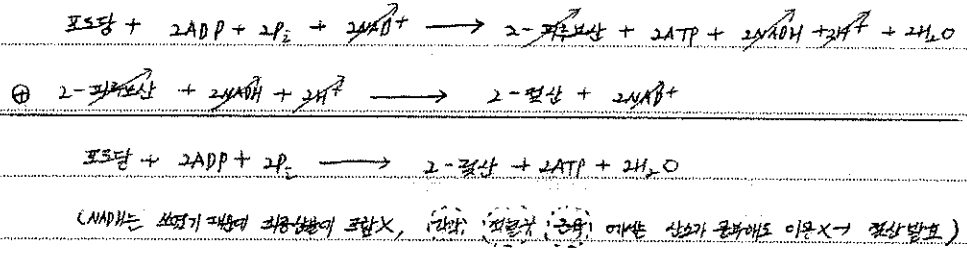
# Chapter 11. 발효

## #1. 발효

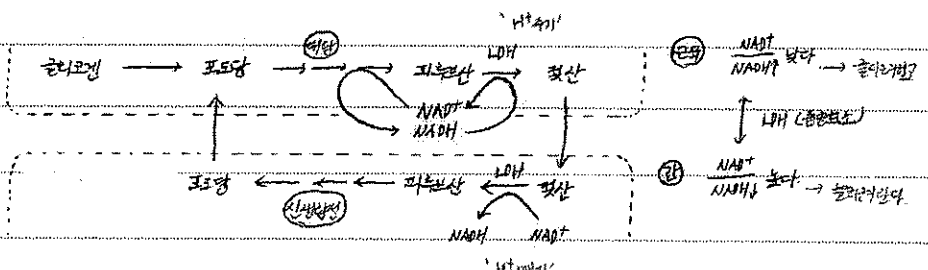


1. 산화환원 반응의 에너지 획득 (첨가당\*)  
: NAD<sup>+</sup> 재방출을 위해 '유기물 전자수용체' 이용
2. CO<sub>2</sub>로 완성이 방해하지 못함 2ATP 생성 (다음 날)  
: 분해↓, 에너지를 모두 못 끌어냄 (효율성 떨어짐) (필요하게 가짐)
3. 2NADH → 2젖산  
: 비율이 확약 맞는다.

## #2. 젖산발효

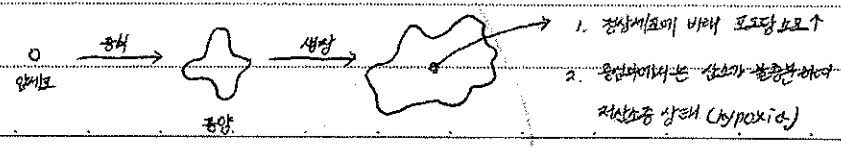


### CO<sub>2</sub> oxide

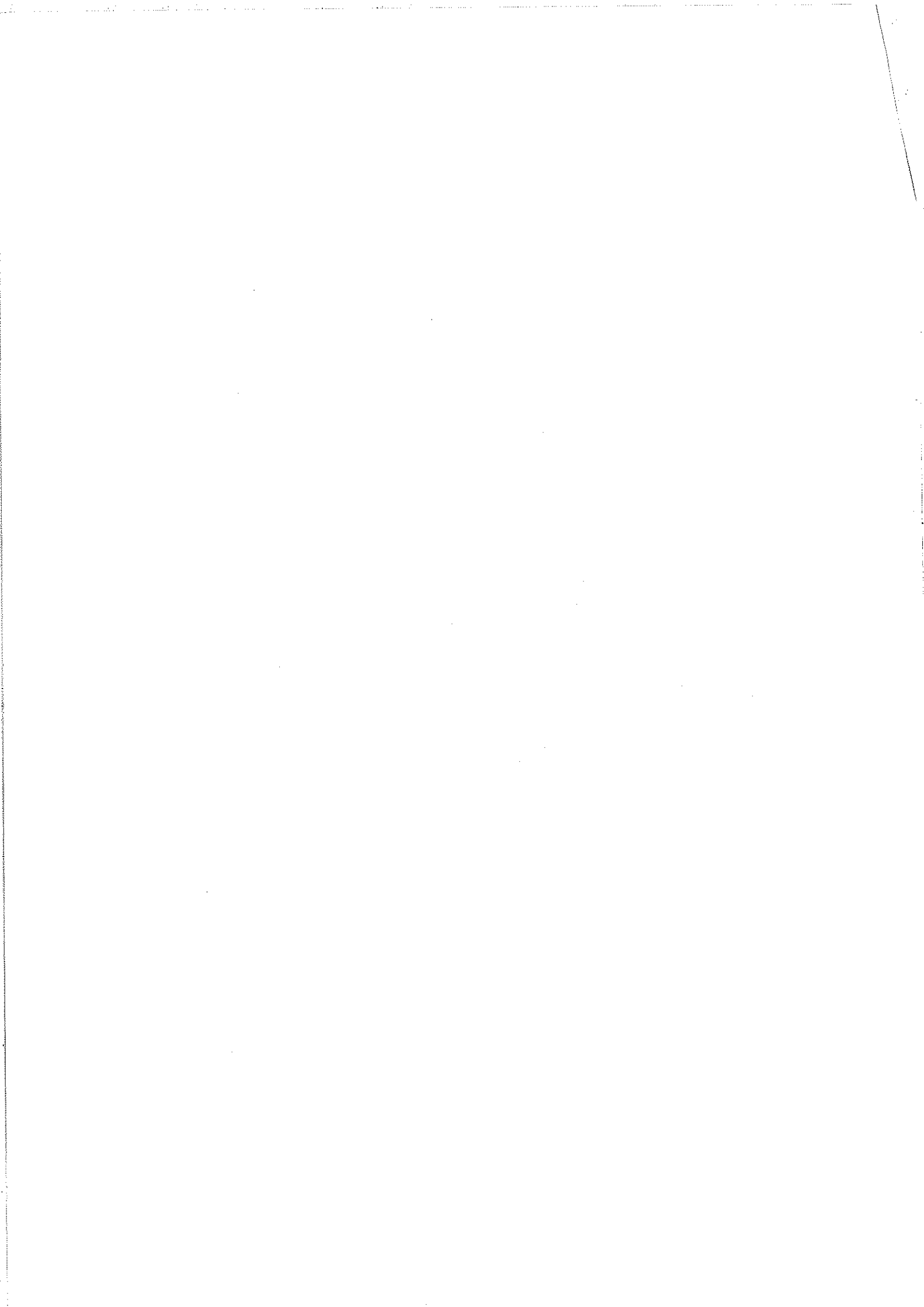


- 젖산 + NAD<sup>+</sup> ⇌ 피루브산 + NADH
- 젖산은 산성 환경에서 CO<sub>2</sub>로 리튬염해 되기도 한다.
- 젖산의 특징은 pH ↓ → '동충을 유발'
- 대부분 양의 산발생물은 90% 간, 10% 신장에서 분해된다.
- 재방출 증가해도 O<sub>2</sub>가 없기 전까지 이용하지 못한다. (TCA) / 평형시 근육은 재방출을 쓴다.

### 담조리에서의 담가사



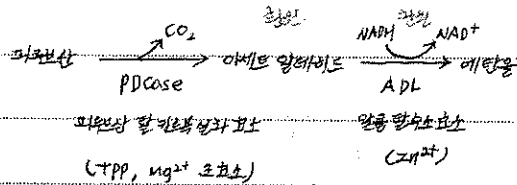
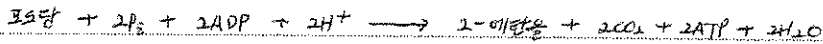
1. 젖산이 없기 위해 포도당으로 ↑
2. 용해시키기 위해 산도가 높음 분해하여 재산성화 (byproduct)



$O_2$  부족  $\rightarrow$  산소 필요  $\uparrow$   $\rightarrow$  산소 생성  $\uparrow$   
 $\downarrow$  Hypoxia  $\rightarrow$  HIF-1 (Hypoxia Inducible Transcription Factor I)  $\rightarrow$  유전자 발현  $\rightarrow$  단백질 생성

- 1. 포도당 운반체 (GLUT 1,3)
- 2. 해당과정 효소  $\uparrow$
- 3. VEGF (혈관 형성 성장인자)  $\uparrow$

#3. 에탄올 발효 (효과 일부 반응물)

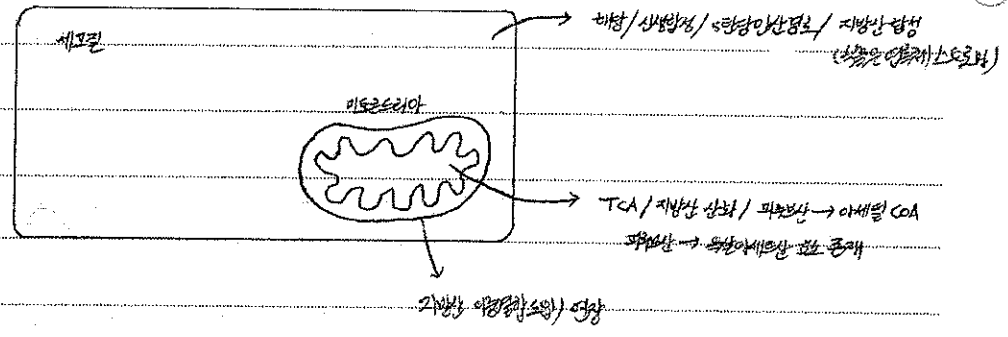


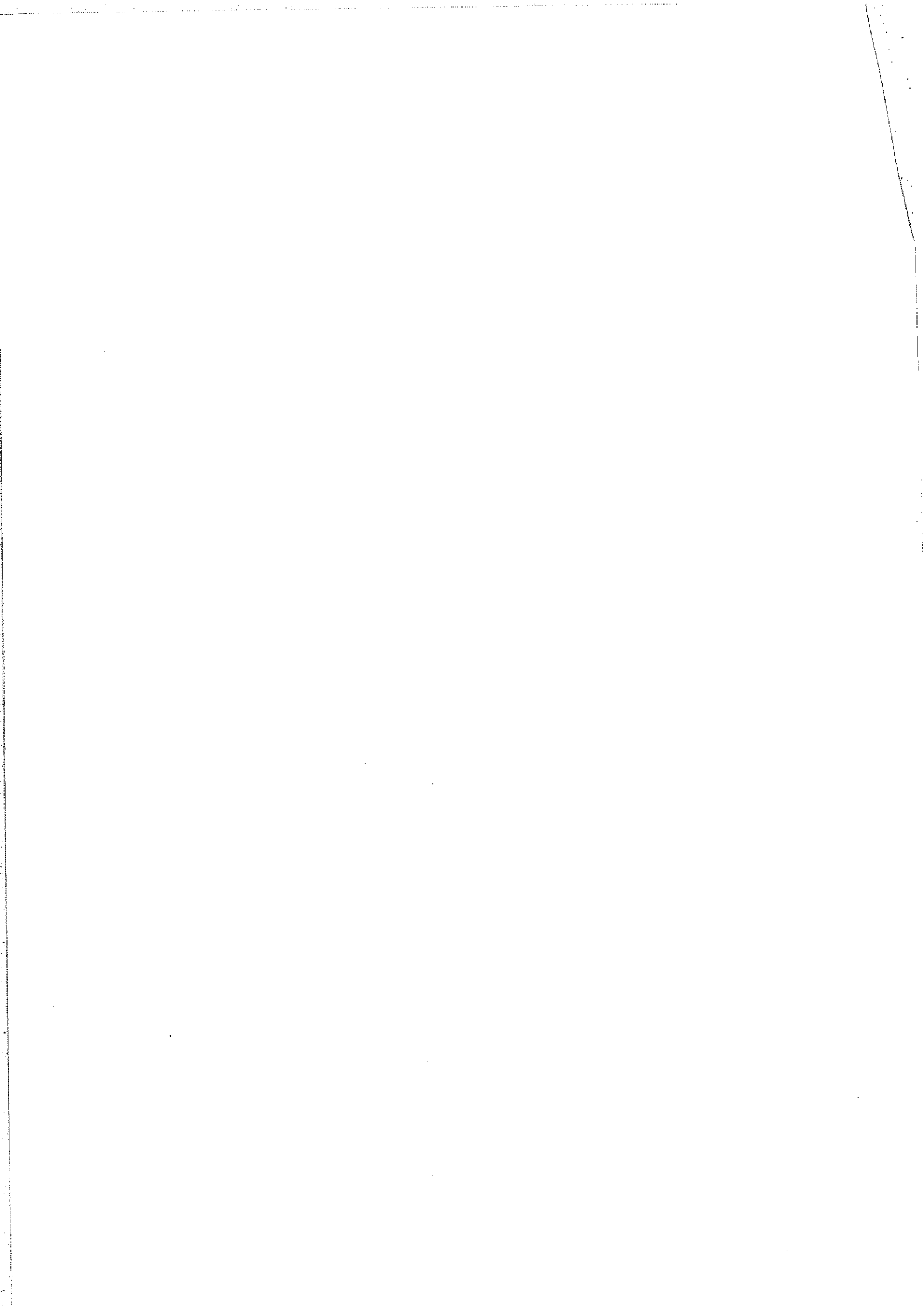
**Factor effect** : 효모 (S. cerevisiae) - 방울의 재료가 아닌 에탄올이 원인이 되었다.

\* 크강 혐기성 (Facultative anaerobic)

- $O_2$  존재 시 산효율 (포도당  $\rightarrow$   $6CO_2$ ) 36~38ATP
- $O_2$  부재 시 해당물 발효 (포도당  $\rightarrow$  에탄올 +  $2CO_2$ ) 2ATP (포도당 1분당)

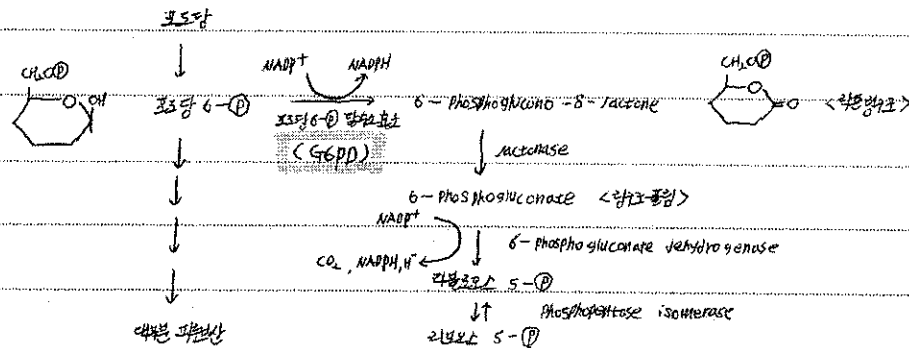
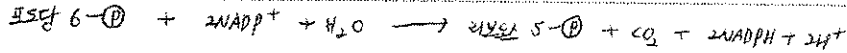
**대사과정 수행장소**





# Chapter 12. 5탄당 인산경로

(HMP = 포도당 6-인산 경로)



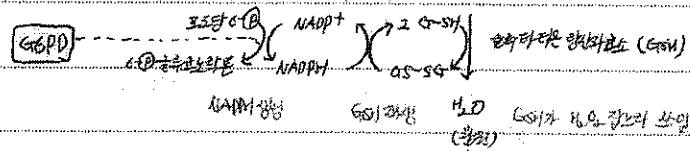
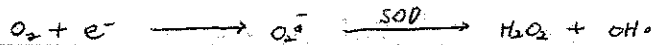
**NADPH** : 2e<sup>-</sup> 와 H<sup>+</sup> 운반

1. 항원적 생합성 과정에 관여 (면역 세포)

① 지방산 합성, 콜레스테롤 생합성, 아이노산 합성, \*글루타티온 (GSH) 재생 → '항산화 작용' (면역세포)

2. 글루타티온 (GSH)

- ① 산화 스트레스 관용성 세포 재생
- ② 산화적 스트레스에서 세포 보호
- ③ 항암과 항암작용 유지
- ④ 바를 제1형 산화효소 (Hb(Fe<sup>2+</sup>)) ↔ 메트Hb(Fe<sup>3+</sup>) (GSH)



3. G6PD 결핍시 용혈성 빈혈

NADPH 재생 X → GSH 재생 X

: 적혈구는 많은 enzim을 가진 미토콘드리아 / 세포질의 노폐물 제거에 위와 과정을 가진다. 그래서 용혈성 빈혈!

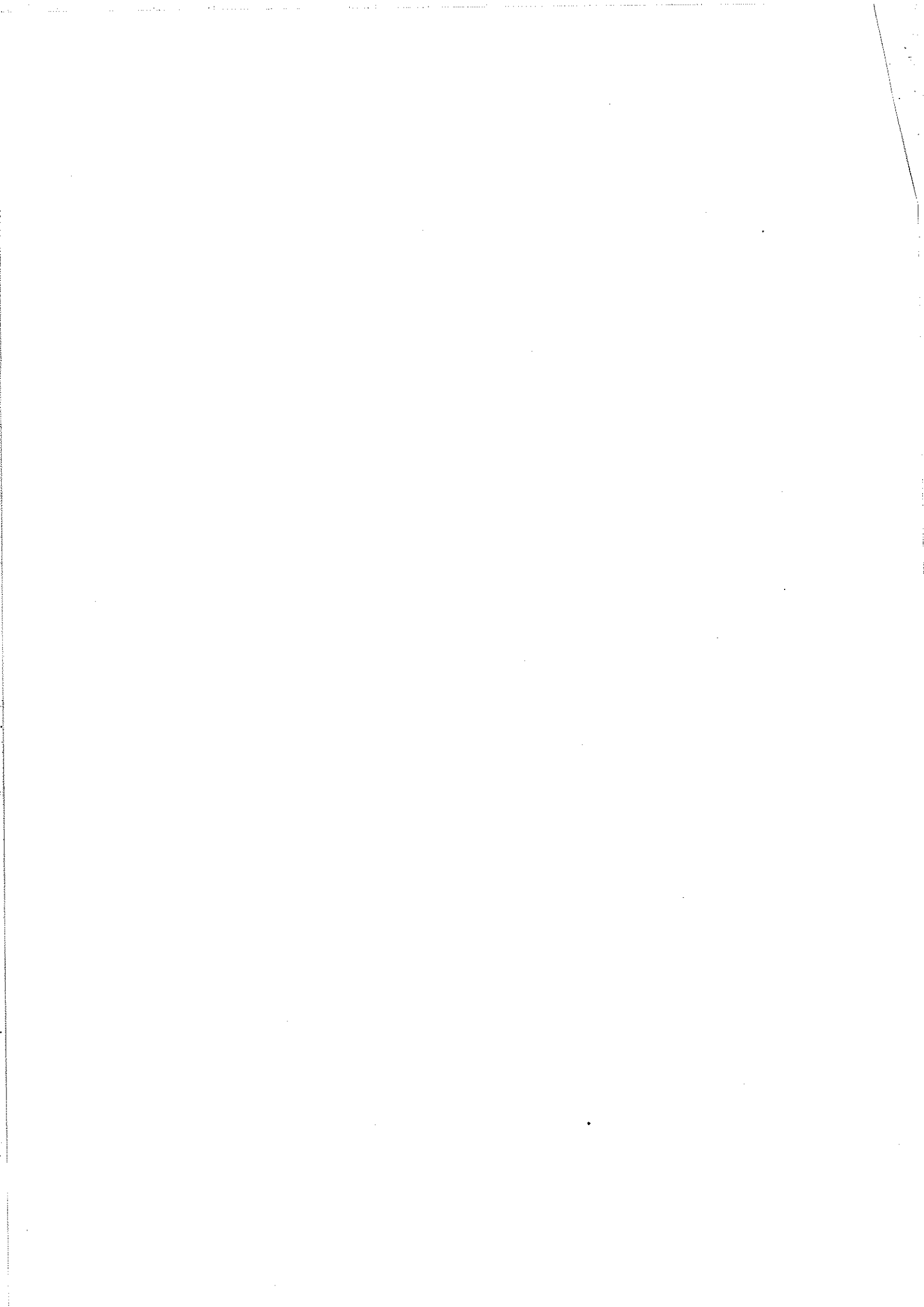
but, 말라리아의 적혈구에서 생수 없어 저항성을 가진다. (X-연관유전 → 남성에게 치명적)

4. NADPH는 지방산 / 핵산 / 간 / 세포질에 많다

5. 5탄당 합성. 리보산 5-P → 뉴클레오타이드 / AMP, FAD, CoA 조효소 / RNA, DNA 합성

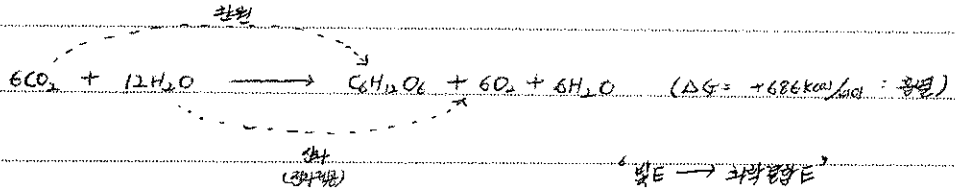
4탄당 아이노스 4-P → 지방산 아이노산 합성

\* 해당과정과 5탄당인산경로 효소 transketolase / transaldolase 의 도움으로 연결!

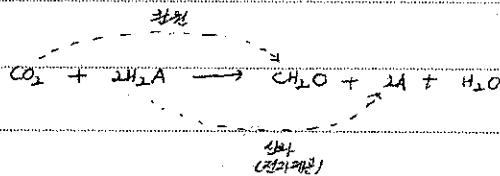


# Chapter 13. 광합성

#1 광합성



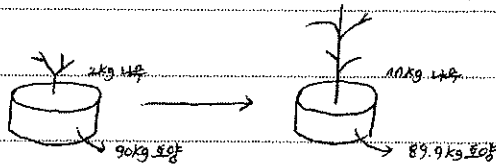
광합성 반응식



- 장미광 H<sub>2</sub>O : 식물 / 조류 / 시아노박테리아 O<sub>2</sub> 발생
- 저미광 H<sub>2</sub>S : 홍색세균 / 녹색세균 anoxygenic (CO<sub>2</sub> 미발생)

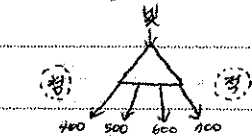
실험

1. 빈틸트 실험



⇒ 식물의 질량 양분은 흙이 아닌, 물대서 모든 것이다. (물/공기이탈 반응 정답\*)

2. 광합성 실험



⇒ 적색광 / 청색광 영역의 빛 흡수 ↑  
(호성 색소의 광합성)

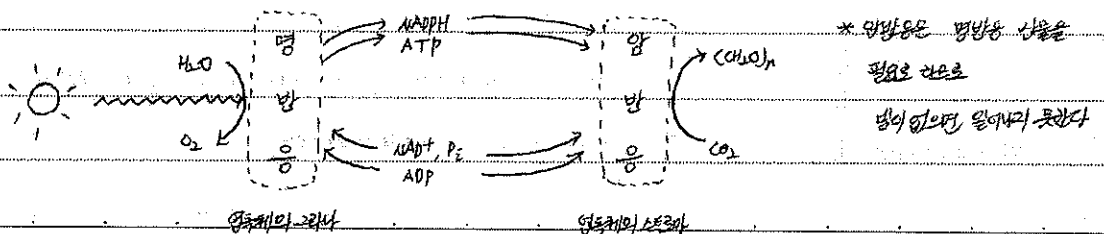
~ 개량 (4번씩 반복) ~  
2번이후

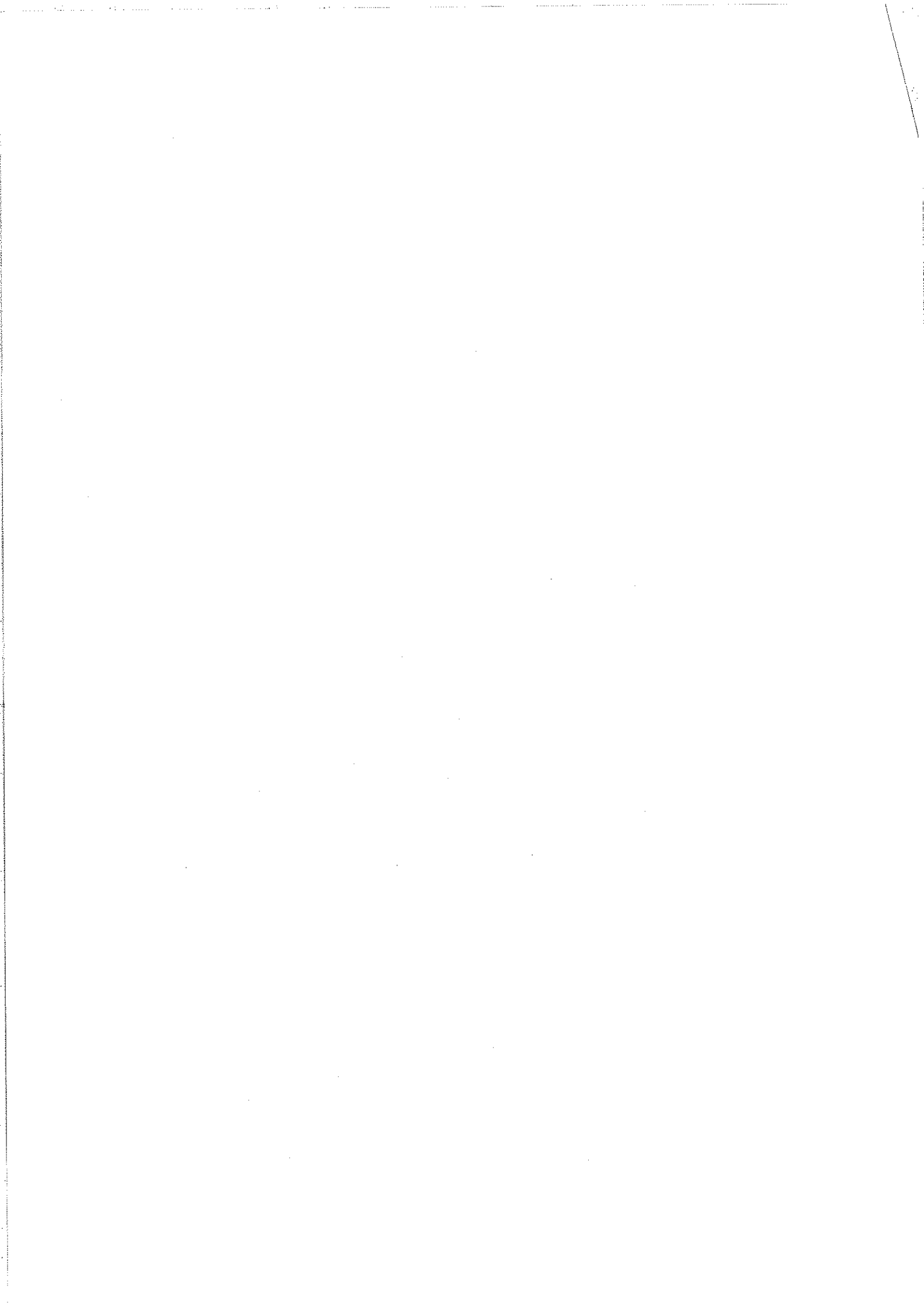
3. 루빈 실험 : 흡수한 비양탄산 방사성 동위원소 추적 ⇒ O<sub>2</sub>는 H<sub>2</sub>O로부터 온다 (CO<sub>2</sub>X)

4. 필빈 실험 : 담배잎의 크로마틴 추적 (자기방사법 및 공미크로파로 그래피)

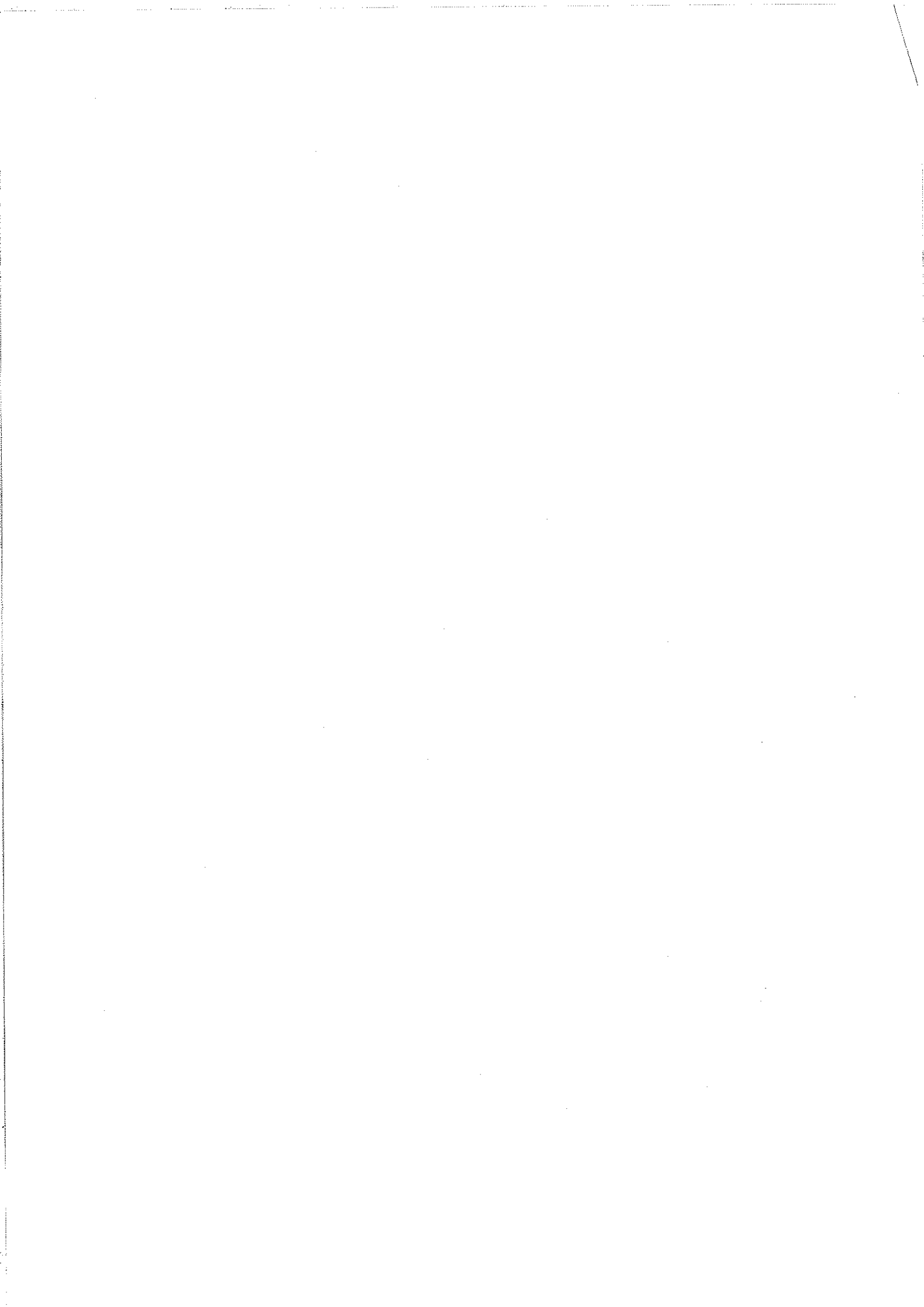
- 방사성 표지한 CO<sub>2</sub>를 흡수하여 일정시간 후 조직을 죽인후 공미크로파로 그래피
- CO<sub>2</sub>의 광의 화학작용은 3-PGA / CO<sub>2</sub>와 C는 같은 분자로 유입 / 생성을 추적

광합성의 두 반응

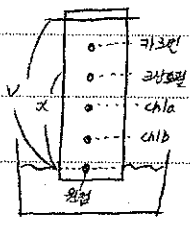








3. 광합성 색소의 분리



$$R_f = \frac{z}{v}$$

카로틴 > 크산토폴 > chl a > chl b  
 (비극성 용매) <math>\swarrow</math> 빛

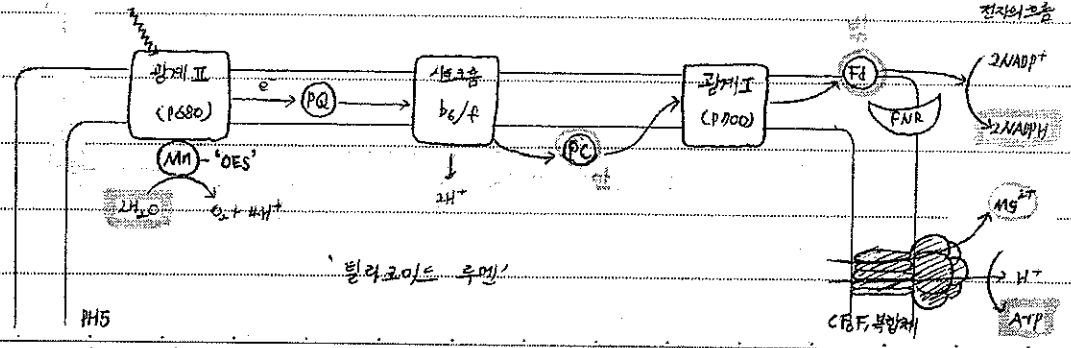
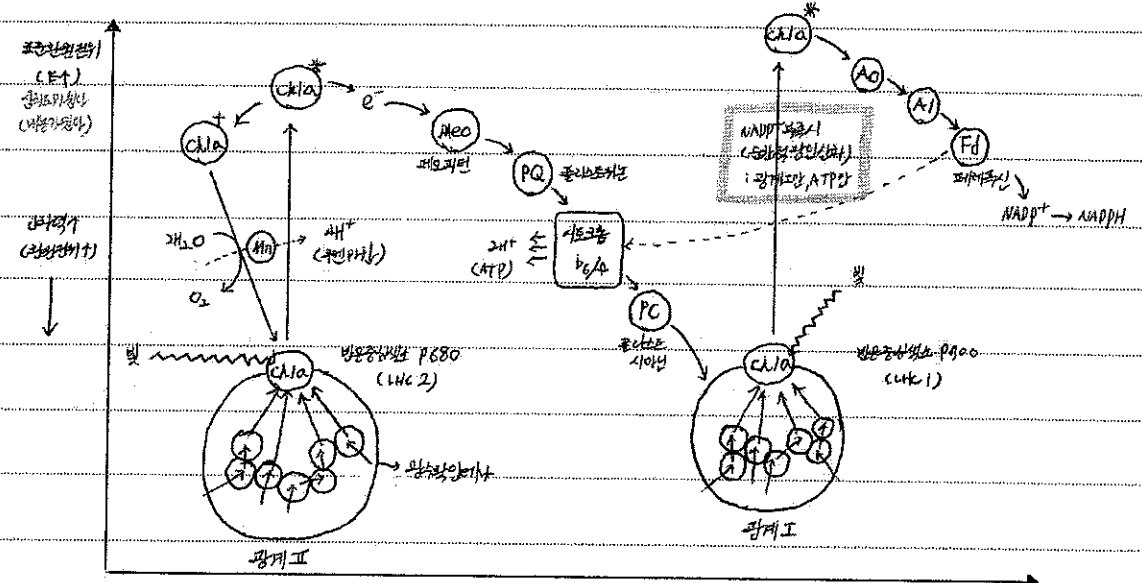
**안동** 온대지역 (4개월)의 가을: 온도↓ 건조 → 엽록소 파괴 → 엽록소에 가려진 카로티노이드 색소 뚜렷  
 ⊕ 안토시아닌 색소의 합성

**홍수스펙트럼** 광합성 색소의 파장에 따른 빛 흡수율 (작업량이나 흡수량으로 표현)

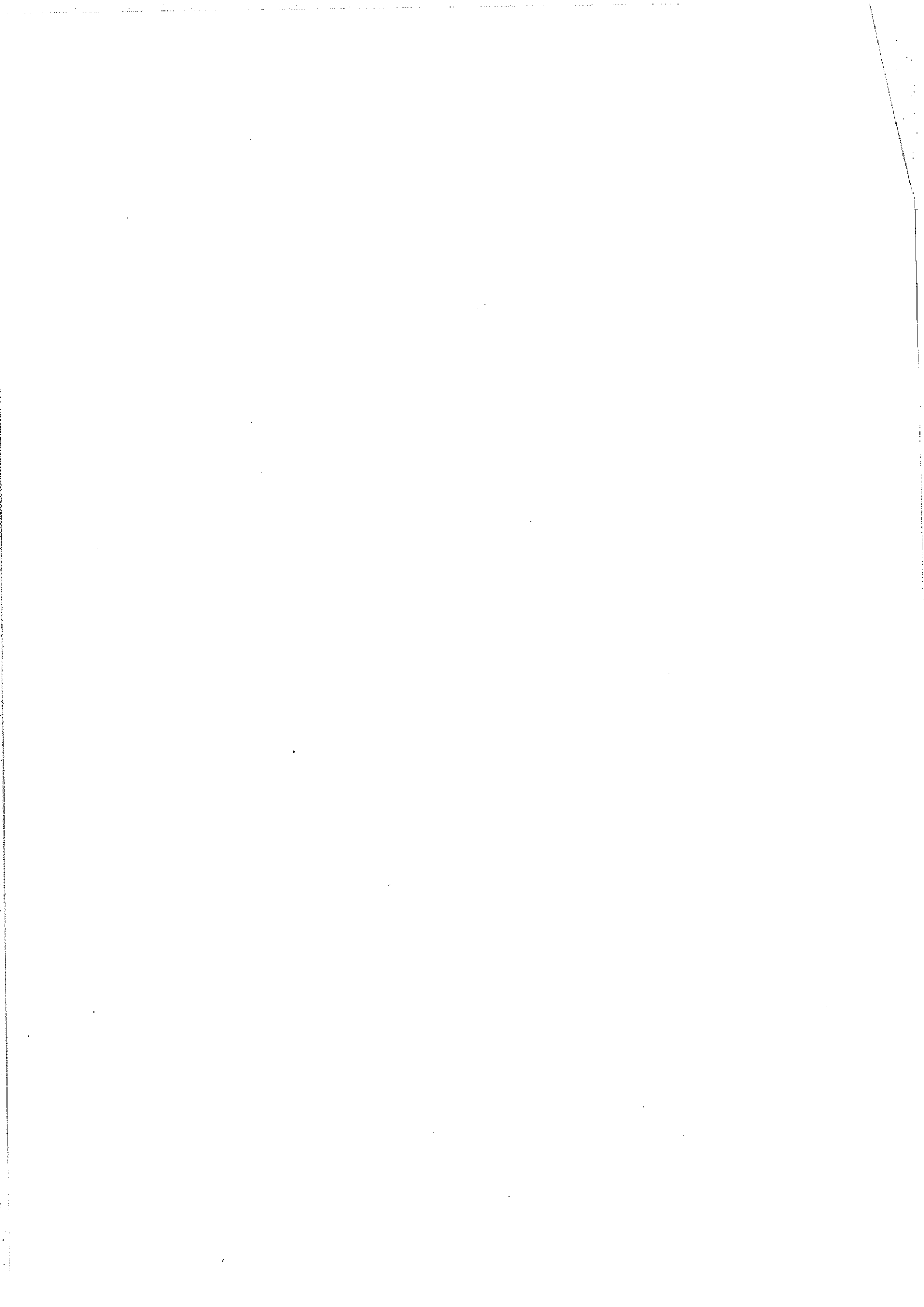
Lambert - Beer law  $A(\text{흡광도}) = 10g \left( \frac{I_0}{I} \right)$   
 → 흡수된 빛  
 → 투과된 빛

**작용스펙트럼** \* 광합성 속도 (표출량) → 흡수스펙트럼과 일치

#4: 광합성 (그라나)

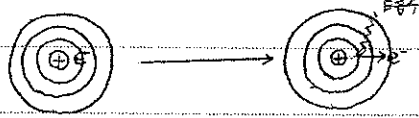


\* 메트르세아미의 알리 시위 효과가 더 크다!



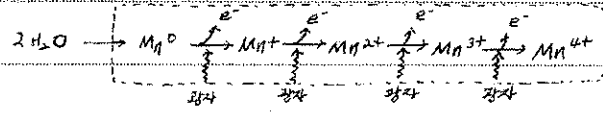
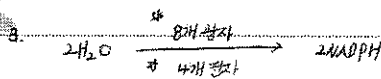
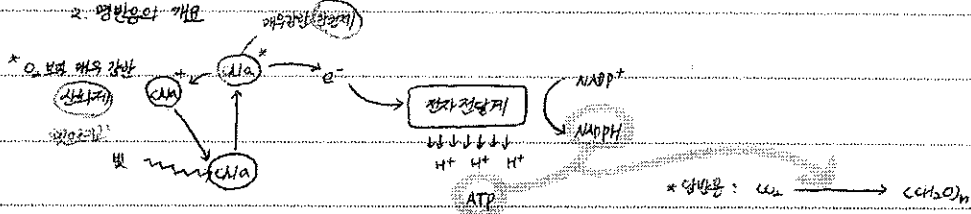
**광합성 (명반응) 정리**

1. 빛을 흡수 → 전자흡입 (들뜬상태)



- ① 열방출 (공진과도다 장파장!)
- ② 형광방출
- 주 ③ 공명 에너지 전달 (resonance energy transfer)  
이웃 분자의 E를 넘겨준다.
- 주 ④ 산화: 이웃 분자의 전자 빼앗김

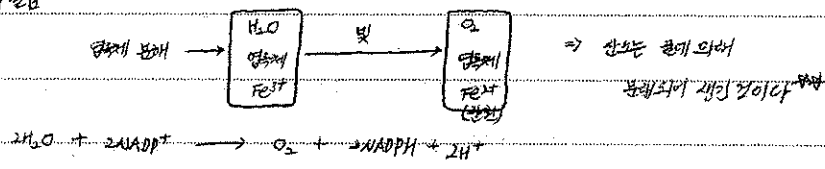
2. 명반응의 개요



4개의 광자가 P680에 도달하면 Mn은 재충전해 4개의 전자를 생성한다 (들뜬상태)  
 → 전자 4개를 전달해 (CA)가 되면 전자를 빼앗아 다시 들뜬상태가 된다.  
 → 여기서 전달된 4개의 전자는 H+ pumping 등을 도와줘 프로톤을 전달하고 다시 4개의 광자를 다시 들뜬다.  
 (P700은 산화상태로 존재 (P680보다 그래프 위에 존재) 광합성에서)

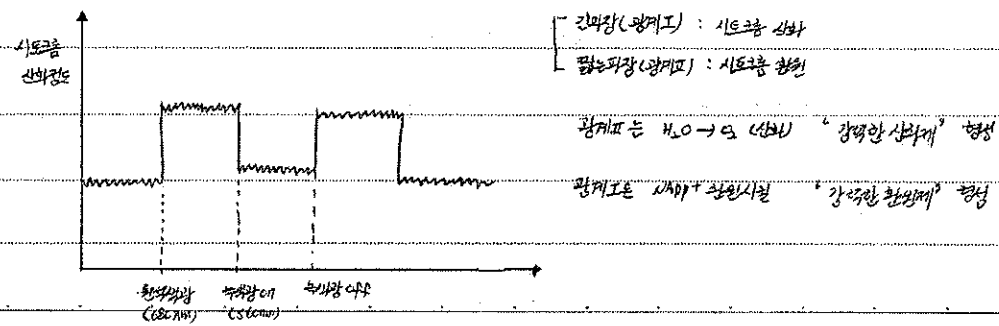
$2H_2O$  (0.1분자) 기준은 전자 4개를 전달하기 위해 8개의 광자 필요 → (2NADPH, 3ATP, 4H+) pumping!

4. **합성** ① 질의 실험



② Jagendorf 실험: 인위적 개구로도 ATP 합성이 가능하다. (pH4 → pH8 : 기온도 낮아져야 되는데)

③ 루이저스 실험





④ 적색제와 엷한 효과

**적색제** 100nm (광계 I) → 광합성 ↓  
 650nm + 100nm → 적색제 X  
 (광계 II) (광계 I) ⇒ 광계 II 부위 활성화를 촉진시켜야 한다

**기타는 상용과** 650nm + 100nm → 각각보다 광합성 ↑ ⇒ 광계는 2개 존재한다

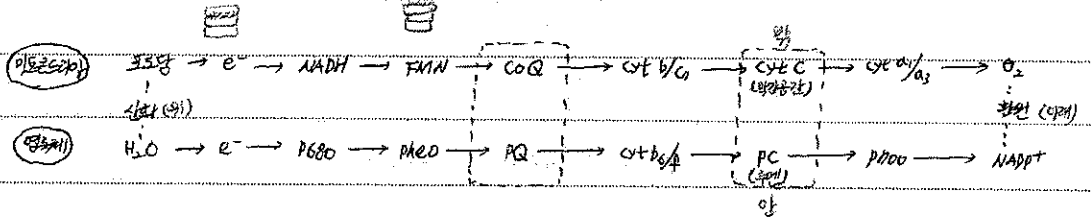
5. 순환적/반순환적 광인산화

|     | 순환적                   | 반순환적                                             |
|-----|-----------------------|--------------------------------------------------|
| 광계  | 광계 II                 | 광계 II → 광계 I                                     |
| 전자원 | 수소 (H <sub>2</sub> O) | (H <sub>2</sub> O → NADP <sup>+</sup> )          |
| 생산물 | ATP                   | ATP, O <sub>2</sub> , NADPH, H <sup>+</sup> PUMP |

\* [NADP<sup>+</sup>] ↓ : Fd (액체) → 산소용 비분광계

6. 광계 II와 광계 I의 불충분 분포

광계 II (그라나 쿨라라쿠오의 중심부), 광계 I + ATPase (DE3의 주 부속부), Cyt b<sub>6</sub>/f (그라나)

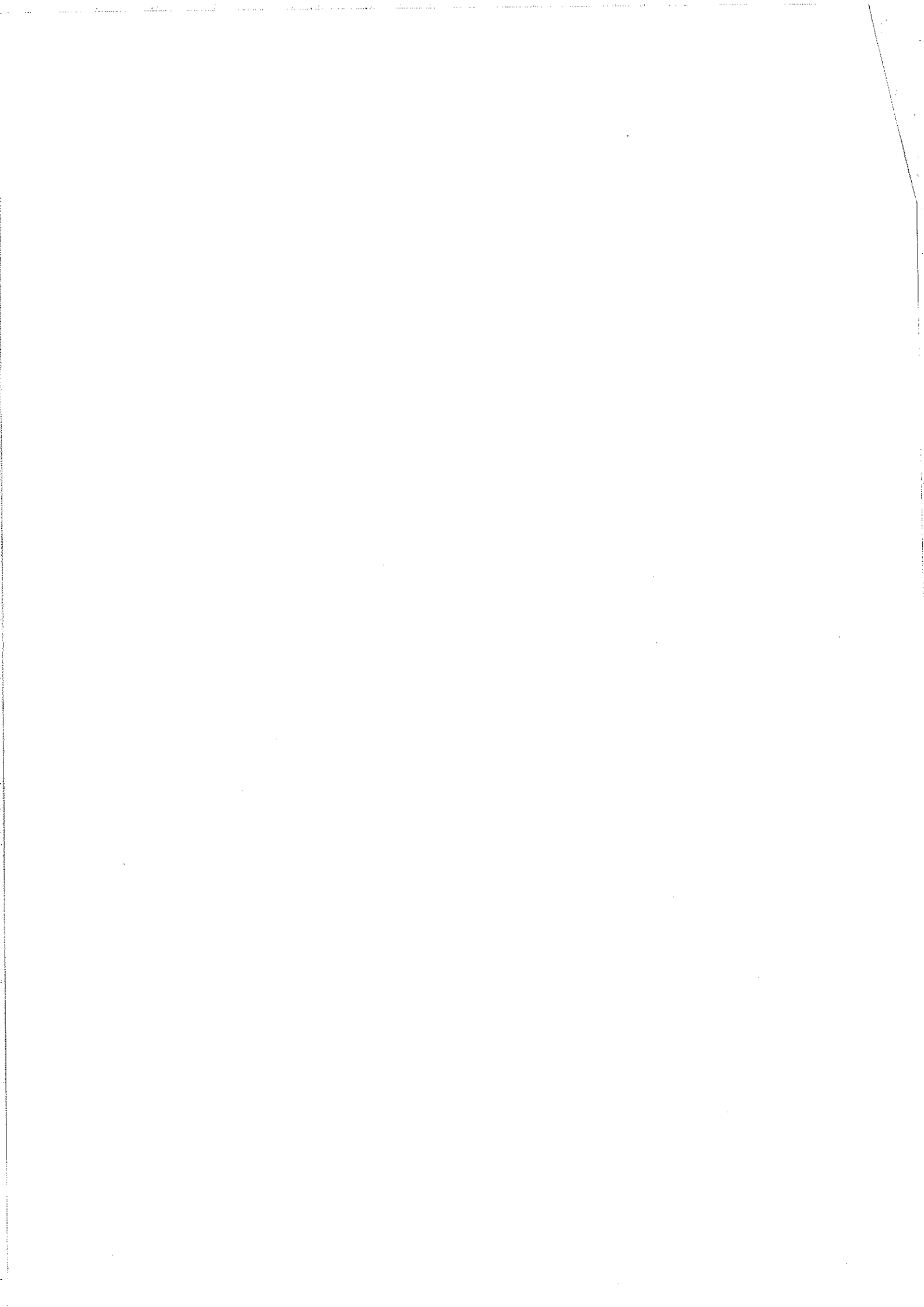


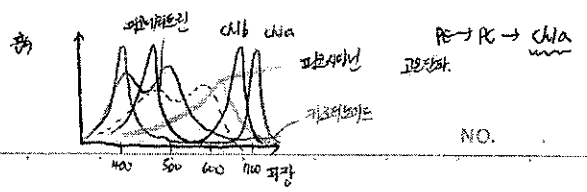
7. 광합성 부위에 의한 에너지 분배

- 과잉한 빛이 광계 II를 자극하여 PqH<sub>2</sub>가 과산화되면 protein kinase 활성 (LHC-II 안타)
- 안타가 되면 안타(C)에 의해 광계 II로 전자 분리가 → 광계 II가 많은 스트로마를 통과하는 광온 상승
- 남아있는 에너지를 광계 I으로 분배!
- ⇒ NADP<sup>+</sup>로의 일정한 수준의 전자 전달을 위하여!

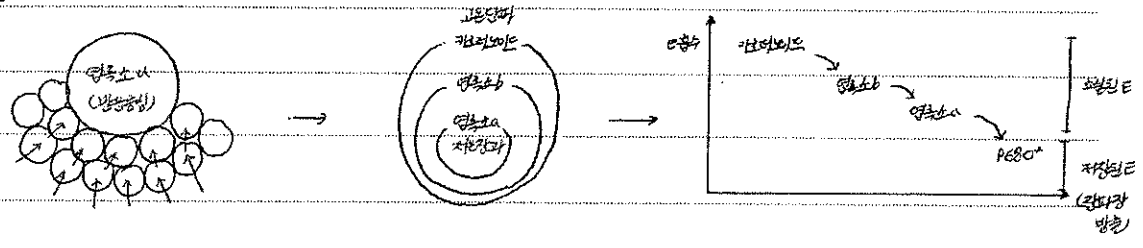
8. 제초제 (전자전달부위)

- \* DCMU 광계 II (PQ와 경쟁적 결합 → 전자전달부위)
- \* 파라쿼트 (paraquat) 광계 I (Fd와 NADP<sup>+</sup> 방해 → superoxide 생성)



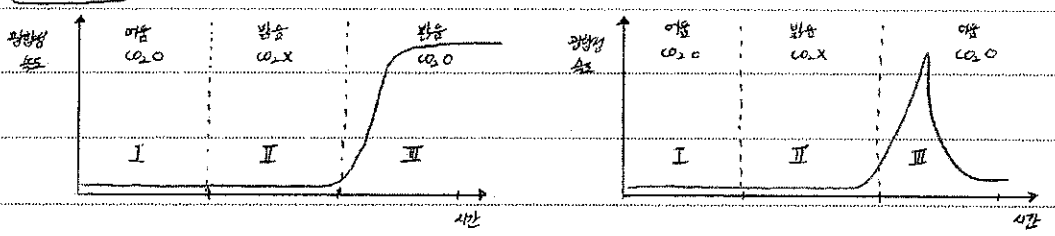


#5. 암반응



\* 시아노박테리아 / 홍조류 : 파코필라움 (파코데티오인 / 파코시아닌 / 알파파코시아닌 / 엽록소 a)

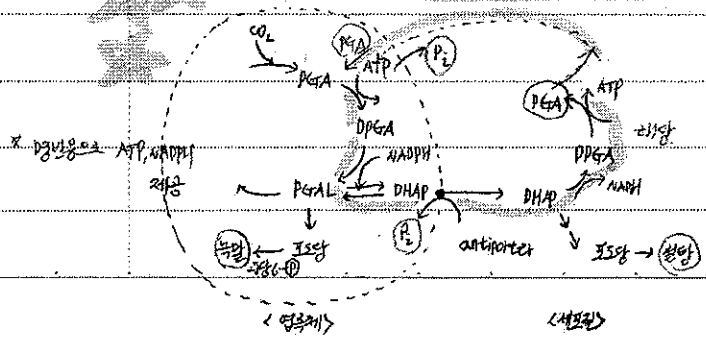
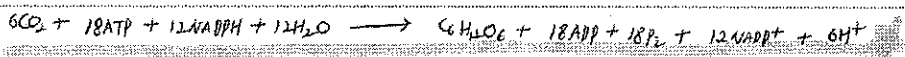
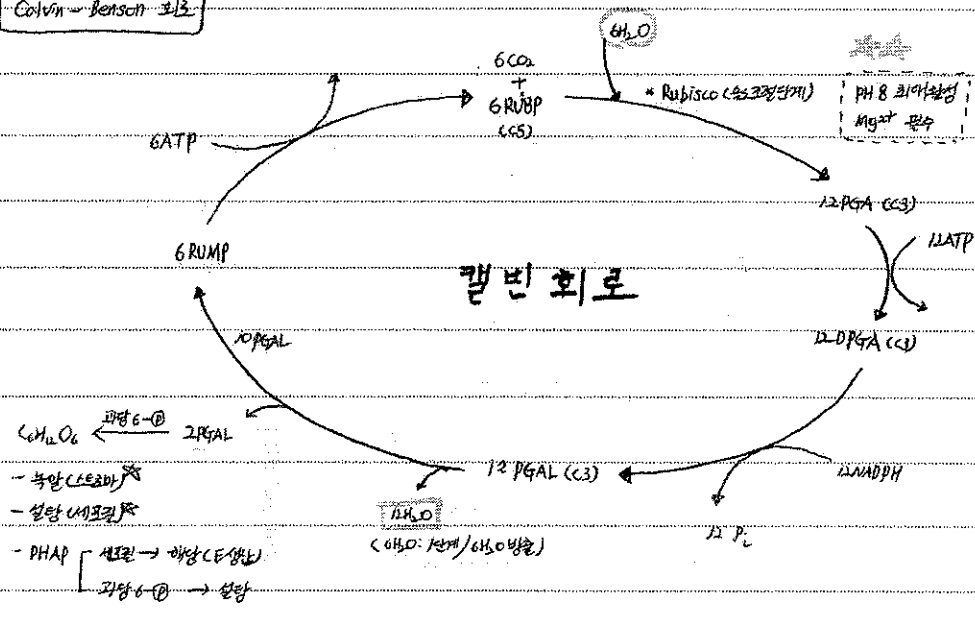
빈칸의 유형



=> 빛과 CO2가 모두 있어야 광합성

=> 명반응 산물이 암반응에 이용

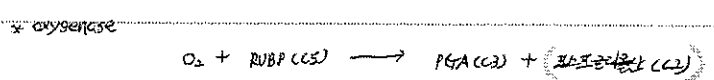
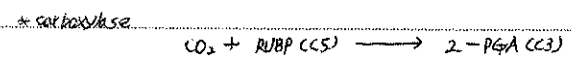
Calvin-Benson 회로



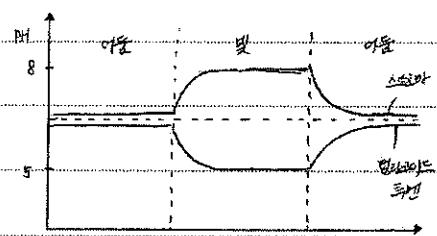
'총합 산물을 생성하기 위한 생필 리액시 나움'  
 \* 이온포도당과 달리 생필 리 E 요구를 만족시킬 용해도가 낮다. (명반응도 당류에 비해서)  
 => 그래서 DHAP 형태로 인체의 '생물' 역할!  
 '아는 말에서 새가 닭처럼 생필 리의 이동이 필요'



**루비스코 (RuBisCO)** : 'Carboxylase + oxygenase' (두가지 효소기능:  $5\mu + CO_2 + O_2$  대.  $5\mu$  대. 산성 지대) <sup>\*\*\*</sup>



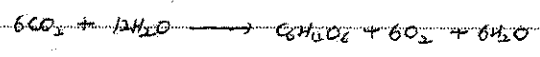
- L8 S8 (L8: 염색체 DNA 암호화 / S8: 광합성 효소의 암호) '둘 다 돌림'
- $PH_8$  (Serena III) 와  $Mg^{2+}$  ( $H^+$  PUMPING 시에) 가 필요하다.



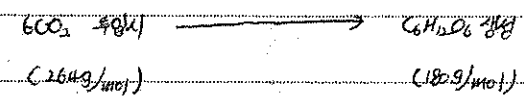
- 1.  $ATP \rightarrow ADP + P_i$  (ATPX)
- 2.  $CO_2$  고정 ( $RuBP$ )  $\rightarrow$   $PGA$
- 3.  $PGA$  축적,  $RuBP$  감소
- 4.  $RuBP$  부족,  $PGA$  증가

**세포 개입부의 글리콜리시스** : 비환원당 (포도당)  $\rightarrow$  젖산 / 글리세롤 / 글리세린

**광합성의 전체 반응**



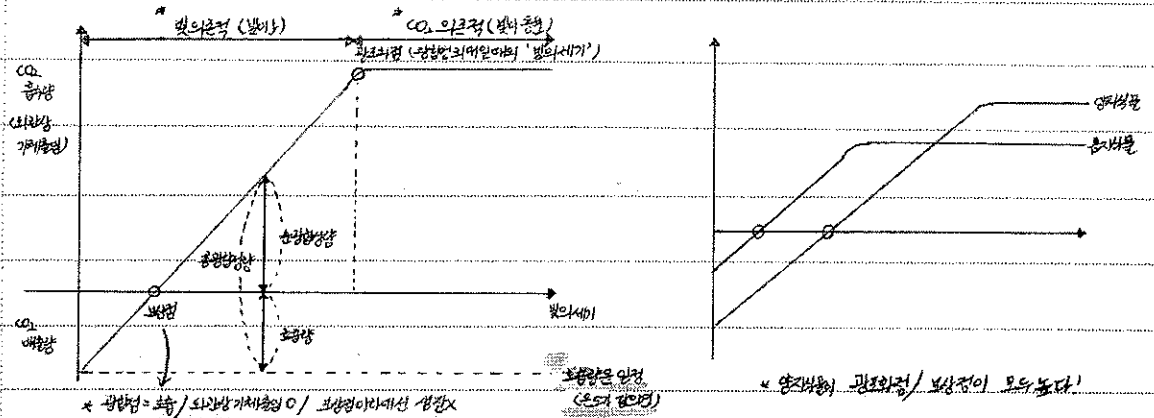
|               | 광합성                          | 외적 호흡                      |
|---------------|------------------------------|----------------------------|
| 대사 반응         | 동화 (Catabolism)              | 합화 (Anabolism)             |
| 원료 물질         | (양) $CO_2$ , $H_2O$ (양)      | 포도당, 산소                    |
| 최종 산물         | (양) 포도당, 산소 (양)              | (양) $CO_2$ , $H_2O$ (양)    |
| mitochondria? | 중추 신경 세포                     | 산호아 용 세포                   |
| 양자 측정         | 틸라코이드 막                      | 막 공간                       |
| ATP 생성        | 광인산화 (화학삼투적)                 | 기질 수준 인산화, 산화적 인산화 (화학삼투적) |
| 전자 운반체        | $NADP^+$ (양 $\rightarrow$ 양) | $NAD^+$ , $FAD$            |
| 전자 전달체        | 틸라코이드 막 (양) 광계               | 미토콘드리아 내막                  |
| 전자 공급체        | $H_2O$                       | 포도당, 유기물                   |
| 최종 산물         | $NADP^+$                     | $O_2$                      |





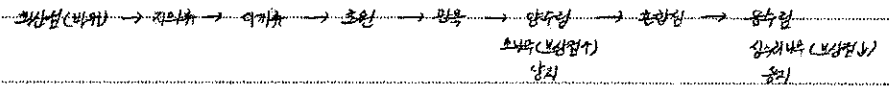
#6 광합성에 영향을 미치는 요인

i) 빛의 세기

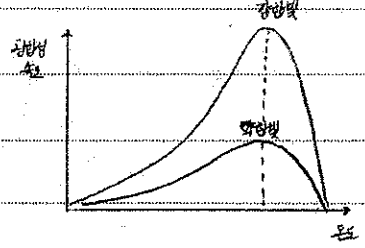


|     |     |                                                                |
|-----|-----|----------------------------------------------------------------|
| 광합성 | 명반응 | 빛의 파장, 빛의 세기                                                   |
|     | 암반응 | CO <sub>2</sub> 농도, 온도 (적온도) 24~30 (CO <sub>2</sub> /온도/인에 따라) |

(리얼이)



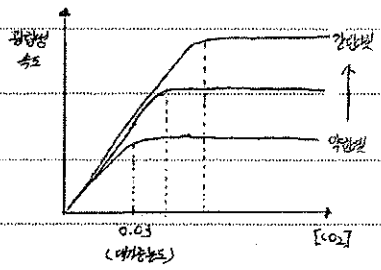
ii) 온도



\* 블랙미의 한계온도 (빛이 온도만)  
 약한 빛에서는 '빛의 세기'가  
 강한 빛에서는 '온도'가 광합성 효율 결정

\* 식물 다양성  
 같은 온도를 < 빛은 45도, death valley 40도 외야 광합성 > 용의 결과!  
 낮온 23도 '외야 외야 광합성'

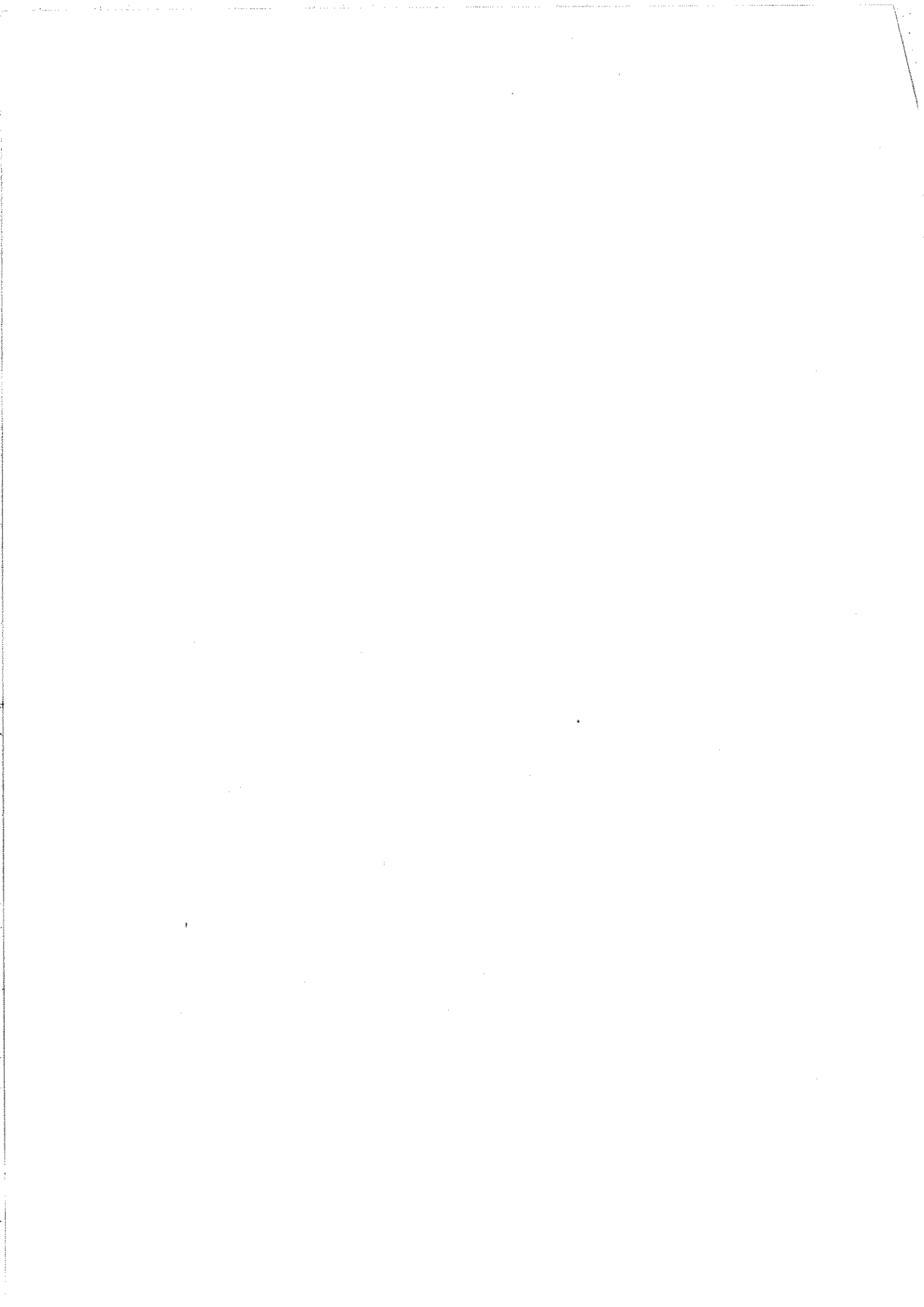
iii) CO<sub>2</sub> 농도



- 높은 CO<sub>2</sub>에서는 광합성 속도  $\propto$  CO<sub>2</sub> 농도 (한계치인)
- 낮은 CO<sub>2</sub>에서는 CO<sub>2</sub> 필요량  $\downarrow$ , CO<sub>2</sub> 광제 없이 발생!
- 기공 저항  $\uparrow$  = 기공은 닫는다.
- 조정되는 CO<sub>2</sub> < 호흡에 의한 CO<sub>2</sub> : '순유량'

iv) 빛의 파장

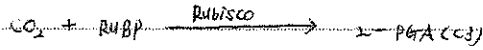
380 ~ 700nm 가시광선 (450nm (청색), 680nm (적색)에서 강하게 흡수) \*\*



#7 광합성 작용의 비교

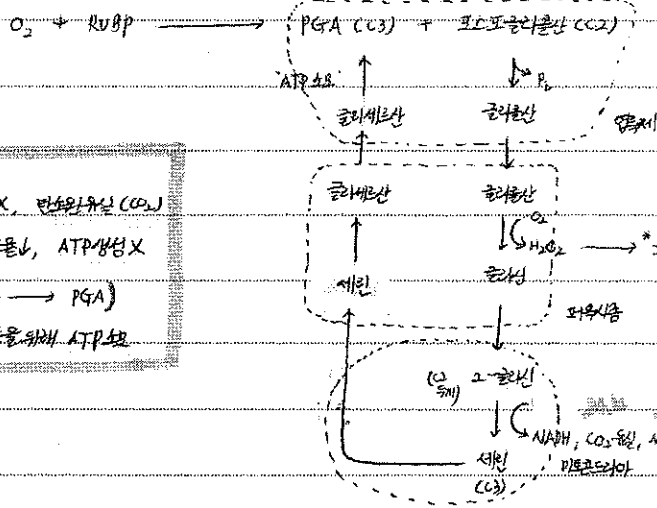
C3 식물

엽육세포 (탄수화물 + 포도당 생성)

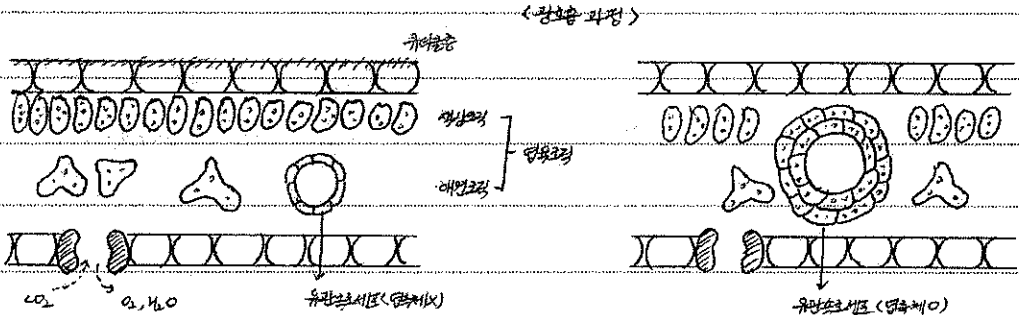


비트, 열과 건조하면 (온도↑, 습도↓) → 기공을 닫는다. (생산량 분비: 수분생장방해/기체교환X)

→ 일속의 CO<sub>2</sub> ↓, O<sub>2</sub> ↑ (기체교환X) → Rubisco의 oxygenase 활성 (온도, O<sub>2</sub> ↑)



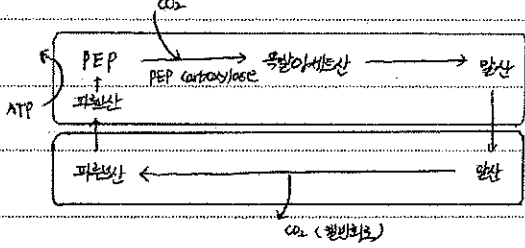
- \* 광호흡
- 당합성X, 탄수화물(CO<sub>2</sub>)
- 광합성효율↓, ATP생성X
- (글리세산 → PGA)
- 탄수화물 위해 ATP 소모



< C3 식물 >

< C4 식물 > : 세포간만 잘 발달!

C4 식물



엽육세포 [CO<sub>2</sub>] ↓  
관상세포 [CO<sub>2</sub>] ↑

\* PEP carboxylase: CO<sub>2</sub>에 대한 Km 값이 매우 낮다. Rubisco보다 CO<sub>2</sub> 친화력↑ (낮은 CO<sub>2</sub> 농도에서도 고정 가능)  
온도, 습도 → 기공 close → [CO<sub>2</sub>] ↓ → PEP carboxylase로 낮은 농도에서도 고정 가능 → 광호흡방해 (CO<sub>2</sub> 고정 효율 ↑ ≈ 0) (광포화점 ↑)









