

Chapter I. 분자와 생명(Molecules and Life)

I. 생화학의 준비단계

* 생화학(Biochemistry) : 생명현상을 분자수준에서 연구하는 기초생명과학분야

◎ 생화학의 중요성

- 생화학을 공부함으로써 **생명을 근본적으로 이해**할 수 있게 된다.
- 생화학은 **의약, 보건, 영양 및 환경을 이해**하는데 중요한 영향을 미친다.
- **생물공학은 생화학적 발견**과 함께 발전 한다

◎ 거대분자(macromolecules) : 핵산, 단백질, 다당류

- 생체분자의 화학적 구조와 기능을 이해

◎ 구획화(compartmentation) : 세포의 구조를 이해(세포수준)

◎ 생체 에너지학(Bioenergetics)

- **흡열 반응(endogonic reaction)** : 비자발적 반응, 에너지가 필요
- **발열 반응(exergonic reaction)** : 자발적인 반응

◎ 생명의 원리

- **형태적인 면** : 생체분자의 화학적 구조와 3차원적 모양을 밝혀내는 것
- **정보적인 면** : 세포와 생물체의 내부에서의 정보전달을 위한 언어를 정의하는 것

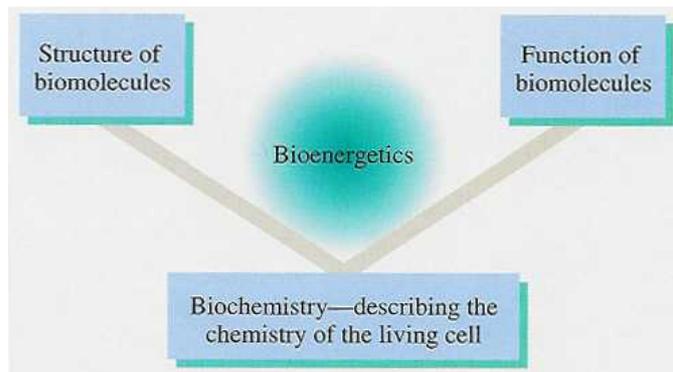


Fig. 생화학의 본질에 대한 개념과 상호관계

◎ 생명현상을 이해하는데 필요한 원리 :

- 세포는 모든 생물체의 기본적인 구조단위로 고도로 조직화되어 있다.
세포의 정상적인 상태유지를 위해서 끊임없는 **에너지공급이** 요구된다.
- 생명활동은 **수천 개의 화학반응**으로 이루어진다.
생명을 유지하기 위해서 이러한 **반응들이 정확하게 유지되고 통합**되어야 한다.
- 에너지를 생산하는 기본적인 회로인 **해당작용은 모든 생물에서 발견**된다.
Glycolysis (해당작용) : Glucose →→→→ Pyruvic acid (10 steps)
- 모든 생물은 **같은 형태의 분자(탄수화물, 지질, 단백질, 핵산 등)를 이용**한다.
- 성장(growth), 발생(development), 생식(reproduction)에 필요한 모든 정보(instruction) 각 생물체의 **핵산(nucleic acid)속에 암호화**되어 있다.

1. 생체분자(Biomolecules)

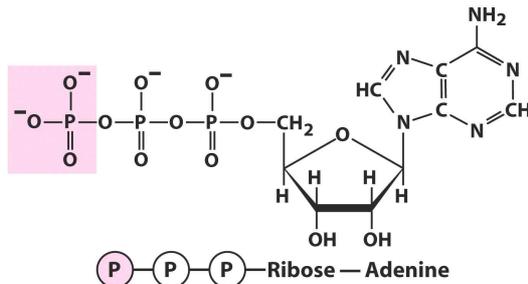
1) 유기생체분자의 작용기(functional group)

- 각 작용기의 화학적 성질은 그 분자 전체의 화학적 성질을 나타내는데 기여한다.

화학물질	작용기 구조	작용기 이름	화학적 성질
알코올	R-OH	히드록실	극성(수용성), 수소 결합을 형성
알데히드	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$	카르보닐	극성, 약간의 당류에서 발견됨
케톤	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{R}' \end{array}$	카르보닐	극성, 약간의 당류에서 발견됨
산	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$	카르복실	약산, 양성자를 공여할 때 음전하를 띰
아민	R-NH ₂	아미노	약염기, 양성자를 수용할 때 양전하를 띰
아미드	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	아미도	극성이지만 전하를 띠지 않음
티올	R-SH	티올	쉽게 산화함, S-S(이황화물) 결합을 쉽게 형성함
에스테르	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$	에스테르	지방 분자에서 발견됨
알켄	RCH=CHR	이중 결합	많은 생체 분자의 구조 성분, 예를 들어 지방 분자에서 발견됨

2) 작은 생체분자(small biomolecules) :

- 거대분자를 합성하는데 이용되며 특이한 생물학적 기능을 함유
- * 아미노산 : α-amino acid, peptide bond, polypeptide
- * Sugars : aldose, ketose
- * Fatty acid : 포화지방산, 불포화지방산
- * Nucleotide : nucleic acid 의 구성 성분



3) 대부분의 생체분자는 탄화수소로부터 유도되었다

4) 탄화수소(Hydrocarbons) 비극성이고 불용성이다

5) 유기화합물(Organic compounds)은 특별한 형태와 구조를 가진다.

- 세포에 의하여 생성되는 각각의 단백질에는 특별한 아미노산 서열이 존재
- 특별한 아미노산의 존재와 그들의 **서열순서는 효소를 포함한 모든 단백질의 특징을 결정**
- 3차 구조(Three dimensional structure)는 단백질의 기능과 작용형태가 결정

6) 대부분의 생체분자는 비대칭 (asymmetric)이다

- **광학활성(optical activity), 키랄화합물(chiral compound), cis-trans 이성체**가 가능하다

7) 생물의 계층적 체계(인간) : 탄소<분자<세포소기관<세포<조직<기관

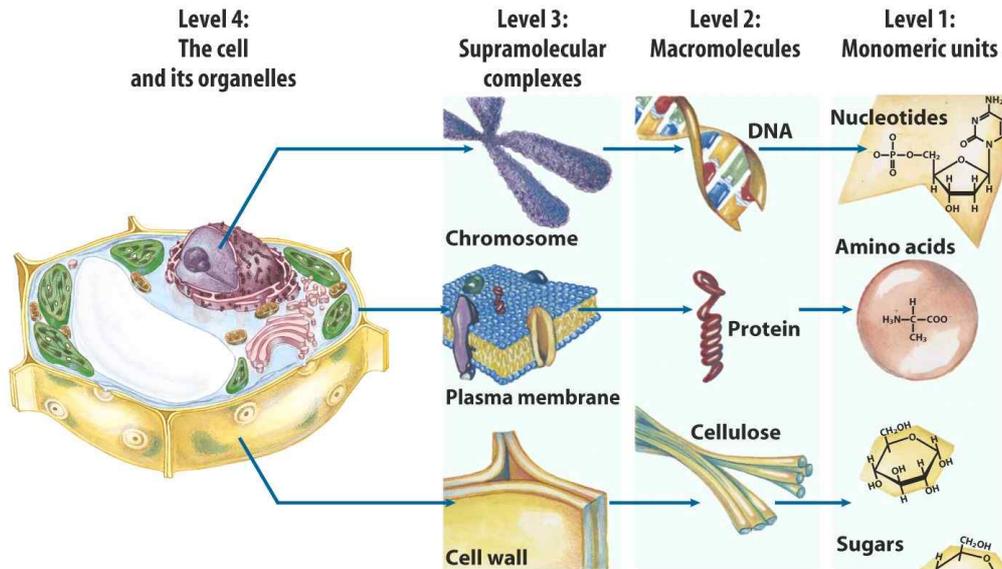
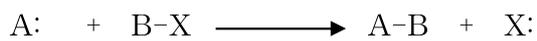


Fig. Structural hierarchy(체계) in the molecular organization of cells

2. 생화학과정 (Biochemical processes)

1) 친핵성 반응 (Nucleophilic substitution reactions)

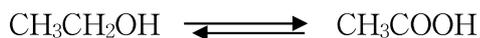


2) 제거반응 (Elimination reactions) : double bond is formed

3) 이성질화반응 (Isomerization reactions)



4) 산화환원 반응 (Oxidation-reduction reactions, redox)



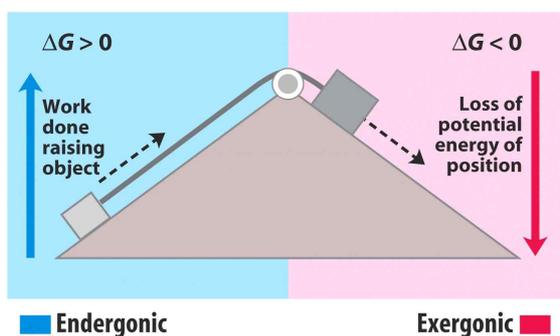
5) 가수분해반응 (Hydrolysis reactions)

Hydrolytic reactions may be catalyzed by acid or base

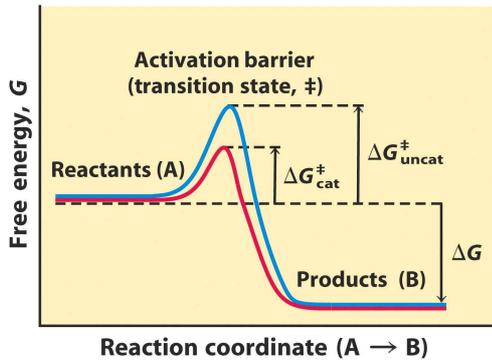
3. 대사에서 에너지생산과 소비

1) 에너지는 생화학에서 중심 논제이다

(a) Mechanical example



- 2) 세포와 기관은 에너지의 여러 형태로 상호전환 한다.
- 3) 전자의 흐름은 기관에 대하여 에너지를 제공한다.
 - * 산화-환원반응(Oxidation-reduction reactions) : 전자생성
- 4) 효소는 화학반응을 촉진한다.



- 5) ATP(화학적 에너지)는 대사에너지를 일반적인 운반체이다.
- 6) 대사는 경제적인 균형을 이루기 위하여 조절된다.

4. 세포소기관, 세포, 생물체

☞ What characteristics distinguish prokaryotes from eukaryotes ?

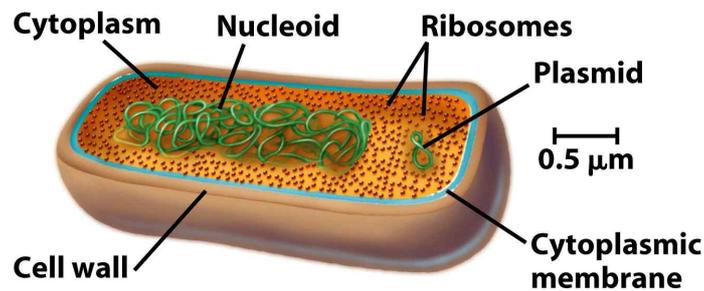


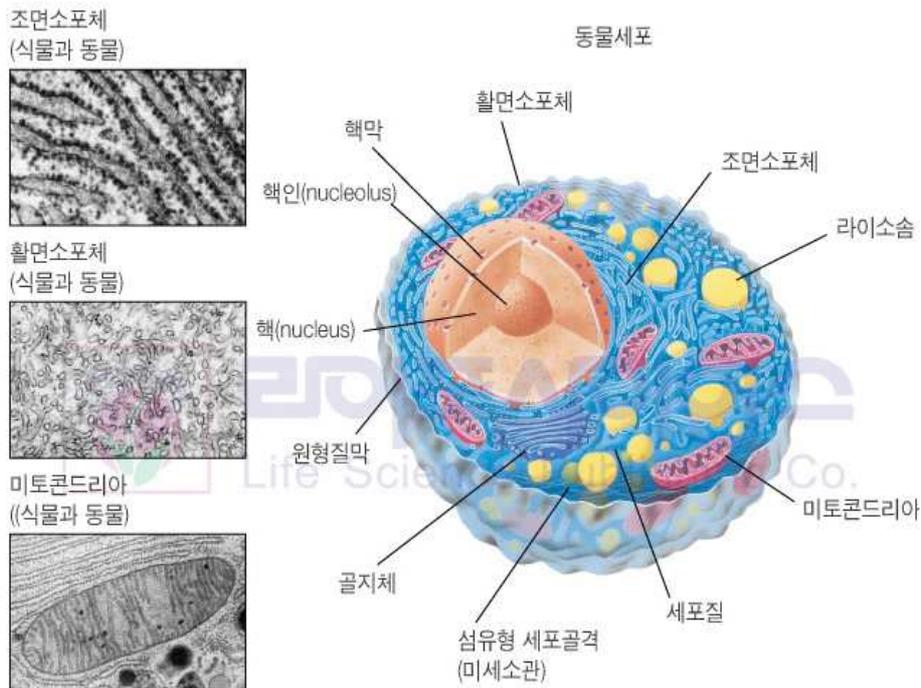
Figure 2-1a Brock Biology of Microorganisms 11/e
© 2006 Pearson Prentice Hall, Inc.

1) 원핵세포의 구조(Structures of procaryotic cells)

- * 기본적인 형태 :
 - 막대모양 (rodlike) : bacilli
 - 구형 (spheroidal) : cocci
 - 나선모양 (helically coiled) : spirilla
- ① 세포벽(Cell wall) : 기계적인 침입으로부터 세포의 형태유지 및 보호기능
 - * 구조 : 펩티도글리칸(Peptidoglycans)
 - * 그람염색 : 그람양성(Gram positive), 그람음성(Gram negative)
- ② 원형질막(Plasma membrane) : 선택적 투과성
- ③ 메소솨(Mesosome) : 원형질막의 함입(invagination)
- ④ 염색체(Chromosome) 및 Plasmid : 유전자 함유

2) 진핵세포의 구조(Structure of eukaryotic cells)

- ① 원형질막(Plasma membrane)
 - 선택적 투과성(selective permeability)
 - 수용체 함유(receptor)
- ② 핵(Nucleus) - 핵은 유전정보를 함유하고 있다.
 - DNA < nucleosomes < chromatin fiber < chromosome
- ③ 소포체(Endoplasmic reticulum)
 - 조면소포체(RER) : 주로 단백질 합성에 관계되어 있다
소포체 표면에 ribosome이 붙어 있다
 - 활면소포체(SER) : 지방의 합성 및 독성물질 대사
- * 소포체는 세포내 칼슘저장소 기능
- * Biotransformation - 불용성 물질의 분비에 사용된다.
- ④ 리소좀(Lysosomes) : 물질 분해
 - 세포내의 소화를 담당하는 기관
- ⑤ 미토콘드리아(Mitochondria)
 - 호기성 호흡(aerobic respiration)
 - 에너지 생산(energy generating)
- ⑥ 페록시좀(Peroxisomes)
- 다양한 산화효소 함유(contain oxidative enzymes)
- ⑦ 골지장치(Golgi apparatus) : 단백질의 가공과 분별·분류



- ☞ The plasma membrane contains **transporters, receptors, and ion channel**
- ☞ Endocytosis and exocytosis **carry traffic cross the plasma membrane**

II. 생물정보의 흐름 : 세포의 정보교환

The Flow of Biological Information : Cell Communication

◎ 생화학의 범위

- 생체분자의 구조와 기능 : Cell, Organ
- 에너지와 물질의 흐름 : 생체에너지학과 물질대사
- 생물정보의 흐름 : 분자인식과 세포간의 정보교환

◎ 생물정보의 전달과정 이해

- 생물정보가 한 세대에서 다른 세대로 전달되는가?
- 어떻게 세포와 생물체가 환경변화에 적응하는가?
- 어떻게 세포가 호르몬과 신경전달물질을 통해 서로 정보교환을 할 수 있는가?

◎ 생물정보함유 분자 : DNA, RNA, 단백질, 탄수화물

◎ 신호전달과정(signal transduction)

- 생물체는 신호를 받아 다양한 형태의 메시지를 인식, 해석, 반응할 수 있을 때 변화는 환경에 적응할 수 있다
- 신호전달이란 생물체가 외부 정보를 받아 반응하기 위해 사용되는 과정
- **신호전달과정 : 수용(reception) → 전달(transduction) → 반응(response)**
- **신호분자 : 신경전달물질, 호르몬, 사이토카인(백혈구의 생성물)**

1. DNA : 생물학적 정보저장

1) DNA 분자

- 구성성분 : Nucleotide(인산, 당, 염기)
- 구조 : **Watson & Crick** (double helix, 이중나선구조)
- 상보적인 염기쌍(complementary base pair)
- 인간게놈프로젝트(Human Genome Project, HGP)
- 생물정보학(Bioinformatics) : 인간 게놈 (3만개에서 4만개)
- 프로테오믹스(Proteomics) : 게놈에서 만들어지는 수많은 단백질 관찰

2) DNA 복제(DNA → DNA)

- 주형(template) : DNA
- DNA 중합효소(DNA polymerase)
- 반보존적 복제(semiconservative replication)
- **중합효소 연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)**

2. RNA : 생물정보의 전달

1) 전사(transcription) : DNA → RNA

2) RNA 종류 :

- 리보솜 RNA(ribosomal RNA, rRNA)
- 운반 RNA(transfer RNA, tRNA)
- 전령 RNA(messenger RNA, mRNA)

3. 단백질합성 : 번역(translation)

- **프로테오姆(proteome) : 한 생명체의 게놈 DNA로부터 만들어지는 모든 단백질 집합**

1) 유전암호(genetic code) : AUG(met), GGU(gly), UAA(stop)

2) 엑손과 인트론(exon & intron) :

4. DNA processing의 오류

1) DNA 돌연변이

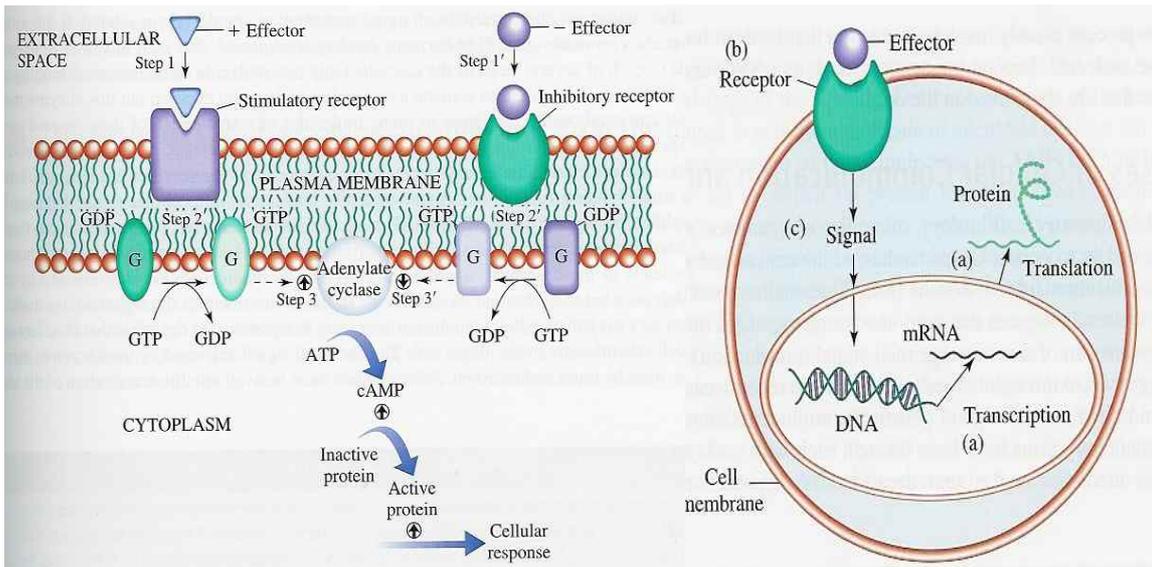
5. 세포막을 통한 정보의 흐름

1) 신호전달과정에 의한 정보의 전달

- 세포 밖의 화학적인 정보가 세포막을 통해 세포내부로 전달되어 세포내의 변화를 일으키게 되는 과정[신호전달과정]

2) 신호전달과정의 특징

- **Signal → G 단백질 → adenylate cyclase → cAMP**



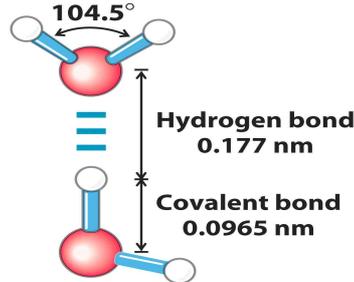
6. 세포신호전달에 관련된 질병과 신약의 개발

- 1) DNA 단계에서 작용하는 약의 발견
- 2) 세포외표면의 수용체 단백질에 결합하여 신호전달을 막는 약의 개발
- 3) 세포내부의 신호전달경로를 방해하는 비극성의 작은 분자를 설계

III. 물과 생체분자 (Biomolecules in Water)

1. 물의 분자구조(Molecular structure of water)

- 물의 수소결합은 비공유 결합으로 중요한 특성을 가진다.
- 수소결합은 물의 물리화학적 성질을 결정하는데 중요한 역할을 한다.



2. 비 공유결합 (Noncovalent bond) : 생체분자의 구조를 유지하는 약한 결합

- ◎ 수소결합 (Hydrogen bond) : 쌍극자-쌍극자 인력에 의한 화학결합 (20kl/mol)
- ◎ 이온화 상호작용 (ionic interaction)
 - 상반되는 전하를 띤 원자나 화학 그룹 사이에서 발생 ex) NaCl
- ◎ 반데르발스 힘(Van der waal's force)
 - 일시적으로 발생하는 정전기적 상호작용으로 비교적 약하다
- ◎ 소수성작용(Hydrophobic interaction) :
 - 막의 구조와 단백질의 안정성에 중요한 영향을 준다.

1) 비공유결합의 특성

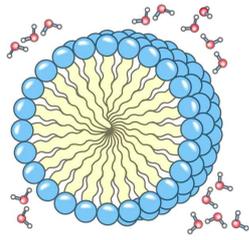
- 수소결합 : 정전기적 인력에 의하여 발생
- 물이 관여하지 않은 생물학적으로 중요한 수소결합
 - DNA, RNA, protein 등의 3차원적 구조를 안정시키는 데 결정적으로 관여
 - ex) DNA의 double helix 구조, 단백질의 α -나선, β -병풍구조

2. 물의 용매성질

- 극성(전자가 불균등하게 배분된 채로 공유 되어 있는 결합상태).

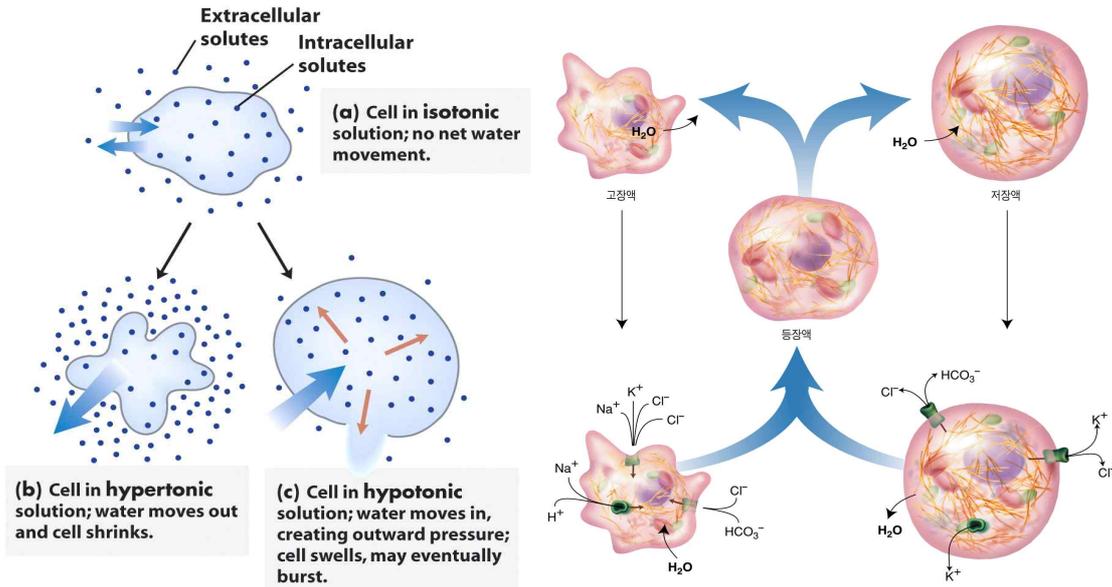
1) 용매로서의 물

- 친수성(hydrophilic) : 물은 쌍극자 구조와 수소결합을 할 수 있는 능력 때문에 많은 이온화 물질과 극성 물질을 쉽게 용해
- 소수성(hydrophobic) : 소량의 무극성 분자들은 물과 혼합할 때 물의 용매화 망상조직으로부터 배제되어 작은 물방울로 뭉치는 현상
- 양극성 분자(amphipathic molecule) : 물과 혼합할 때 양극성 분자는 micelle 형성
- 비극성 분자와 수소결합을 할 수 없다

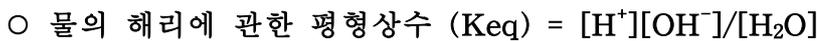
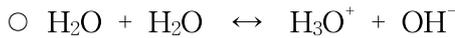


Micelles
 All hydrophobic groups are sequestered from water; ordered shell of H₂O molecules is minimized, and entropy is further increased.

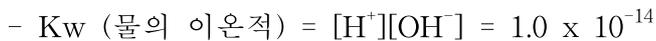
2) 삼투압(osmotic pressure)



3. 물의 이온화 : 물은 적은 양만이 이온화된다.



1) 물의 이온 적(K_w) : 물의 이온곱상수를 나타낸다.



2) $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

- pH는 생화학에서 사용되는 중요한 지표이다.

- pH의 변화는 생명체내의 정전기적 인력들에 커다란 영향을 준다.

- 생체분자의 구조를 유지하는 약한 결합의 변화에 의한 생체분자의 구조변형으로 기능의 상실을 초래

ex) $[\text{H}^+] = 10^{-2}\text{M}$ 이라면 $[\text{OH}^-] = ?$

3) 산과 염기 (산-염기의 정의)

- 중요한 물질의 생화학적 특징은 그들의 산-염기 특징에 달려 있다.

* 산 - 양자, 수소이온의 제공자

* 염기 - 양자의 수용체

4) 완충용액(buffer)

- 강산이나 강염기의 첨가에 의한 pH 변화를 막아준다
- 생체 내 중요한 완충용액 : 중탄산염 완충용액, 인산염 완충용액, 단백질 완충용액

5) 적정곡선 : 약산의 점진적인 해리를 나타낸다.

- 아세트산 용액에 OH⁻를 계속적으로 첨가로 일어나는 용액의 pH 변화를 나타낸 그래프를 적정곡선이라 한다.
- Titration(적정), 당량점(equivalent point)

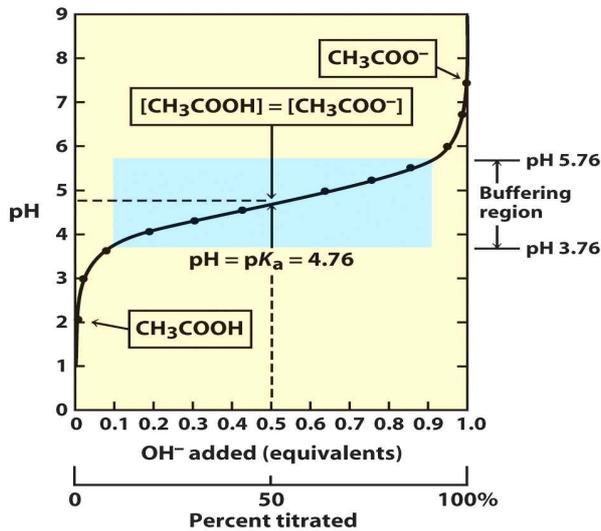


그림 아세트산의 적정곡선

◎ 주기율표

1 H																	2 He	
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
55 Cs	56 Ba	Lanthanides		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	Actinides																

Legend: Bulk elements (orange), Trace elements (yellow)

◎ 주기율표 : 용어개념 이해

- 원자, 원소, 전자, 원자번호, 원자량, 분자량 등
- 금속, 비금속, 할로젠 화합물, 불활성 기체, 전기음성도 등

학습목표

◎ 중요한 네 종류의 생물분자는 무엇인가?
◎ Central dogma란 무엇인가?
◎ 진핵생물은 원핵생물과 무엇이 다른가?
◎ 생화학적인 상호작용에서 물이 왜 중요한가?
◎ 비공유결합과 가역적인 상호작용의 종류가 무엇이며, 이들이 생화학에서 왜 중요한가?
◎ pH는 무엇인가?