

Ch. 2 생물학 기초원리

2.1 미생물의 다양성

온도: -20°C (얼지 않는 소금물) $\sim 120^{\circ}\text{C}$ (고압 상태의 물)

- 저온성 미생물(psychrophile): $T_{\text{opt}} < 20^{\circ}\text{C}$
- 중온성 미생물(mesophile): $20^{\circ}\text{C} < T_{\text{opt}} < 50^{\circ}\text{C}$
- 호열성 미생물(thermophile): $T_{\text{opt}} > 50^{\circ}\text{C}$

pH: 보통은 $\text{pH}_{\text{opt}} = \sim 7$ 부근 (호중구, neutrophiles)

- $\text{pH}_{\text{opt}} = 1 \sim 2$ (호산성, acidophiles)
- $\text{pH}_{\text{opt}} > 9$ (호알칼리성, alkaliphiles)

산소

- 호기성 (aerobic)
- 혐기성 (anaerobic)
- 통기성 (facultative)

탄소원

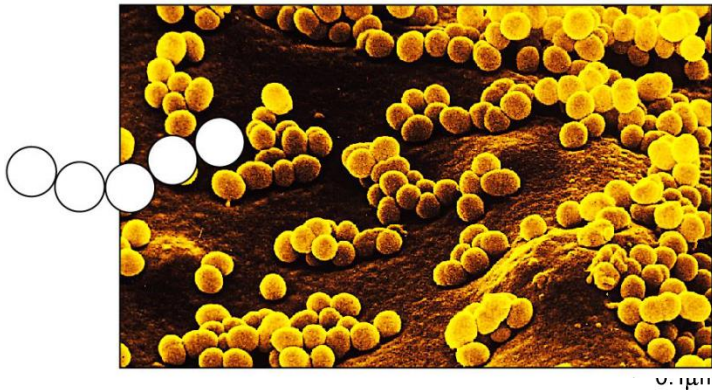
- 유기탄소 사용: 종속영양성 (heterotroph)
- 무기탄소(CO_2) 사용: 독립영양성 (autotroph)
- 유/무기탄소 모두 사용: 혼성영양성 (mixotroph)

에너지원

- 화학에너지: 화학영양성 (chemotroph)
 - 유기화합물: 유기화학영양성 (chemoorganotroph)
 - 무기화합물: 무기화학영양성 (chemolithotroph)
- 빛(태양)에너지: 광영양성 (phototroph)

모양

- 구형: 구균 (coccus / cocci), 예: *Staphylococcus sp.*
- 원통형: 간균 (rod, bacillus / bacilli) 예: *Bacillus subtilis*
- 나선형: 나선균 (spirillum / spirilla) 예: *Spirulina plantarum*



명명법 (nomenclature)

- 분류학 (taxonomy)

종 種 species

속 屬 genus

과 科 family

목 目 order

강 綱 class

문 門 phylum (or division)

계 界 kingdom

- 이중이름, 라틴어
- Genus(大文字)와 species(小文字)를 italic체로 쓴다.

예) *Homo sapience* (인간), *Escherichia coli* (대장균)

Saccharomyces serevisiae (효모)

- 만약, 종명이 확실하지 않은 경우, *Chlorella* sp.
- *Escherichia coli* K12, K12: 종 이하의 아균주(substrain) 표기
- 처음으로 균주명을 쓸 때에는 *Escherichia coli* 로, 다음부터는 *E. coli* 로.

핵막 존재여부

- 진핵세포 (Eucaryotes): 핵 안에 하나 이상의 염색체(DNA) 존재
- 원핵세포 (Procaryotes): 단일 염색체, 핵막 (nuclear membrane)과 세포소기관 (organelle, 예: mitochondria, endoplasmic reticulum)이 없다.

진화유전학적 분류: 공통조상에서 세가지로 진화

- 진핵세포 (Eucaryotes): 진핵미생물 (Fungi, Algae, Protozoa), 동물, 식물
- 진정박테리아 (Eubacteria): Bacteria, Cyanobacteria
- 고박테리아 (Archaeobacteria): Methanogens, Halophiles, Thermophiles

TABLE 2.1 A Comparison of Prokaryotes with Eukaryotes

Characteristic	Prokaryotes	Eukaryotes
Genome		
No. of DNA molecules	One	More than one
DNA in organelles	No	Yes
DNA observed as chromosomes	No	Yes
Nuclear membrane	No	Yes
Mitotic and meiotic division of the nucleus	No	Yes
Formation of partial diploid	Yes	No
Organelles		
Mitochondria	No	Yes
Endoplasmic reticulum	No	Yes
Golgi apparatus	No	Yes
Photosynthetic apparatus	Chlorosomes	Chloroplasts
Flagella	Single protein, simple structure	Complex structure, with microtubules
Spores	Endospores	Endo- and exospores
Heat resistance	High	Low

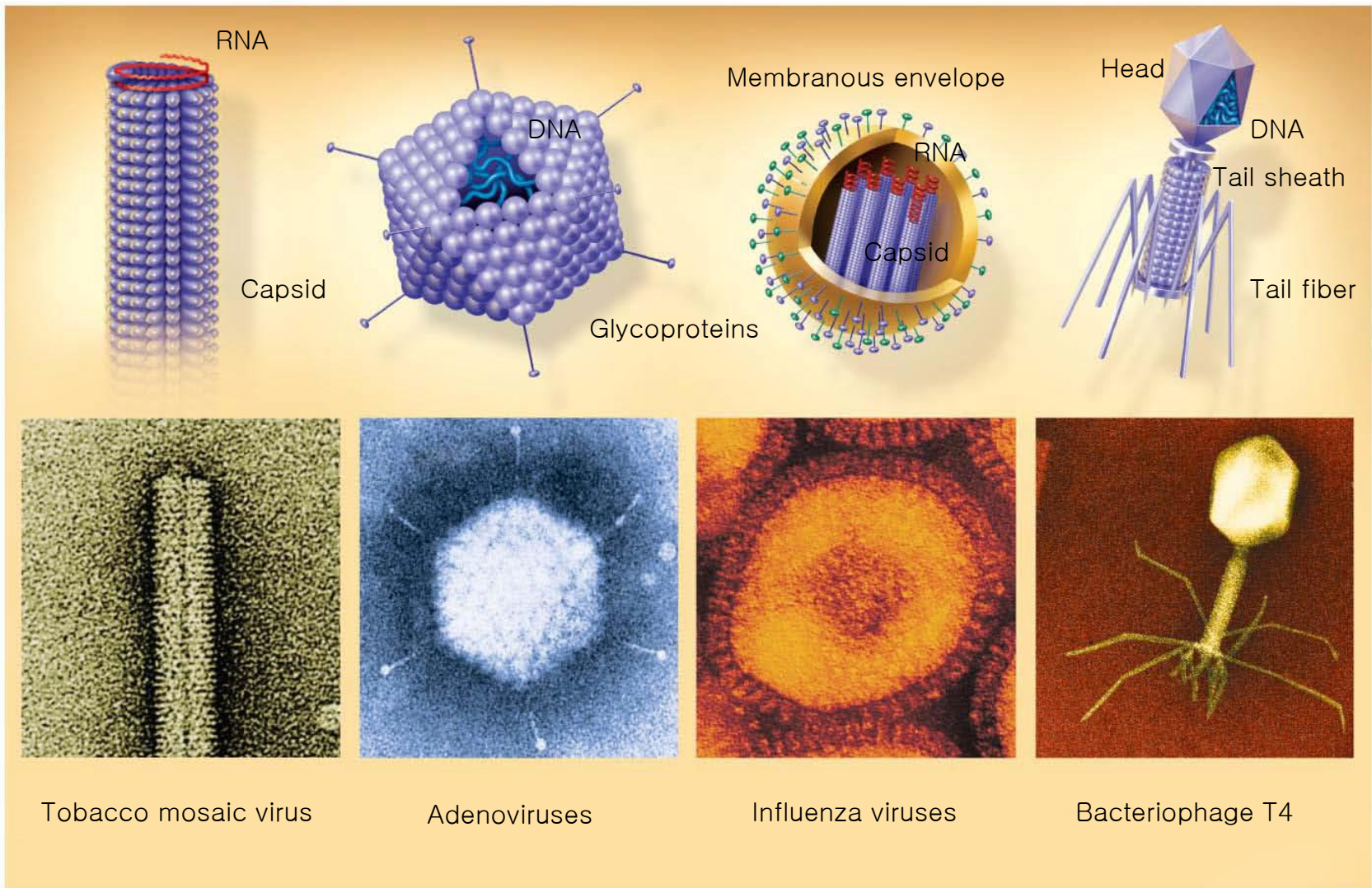
With permission, from N. F. Millis in *Comprehensive Biotechnology*, M. Moo-Young, ed., Vol. 1, Elsevier Science, 1985.

Table 27.2 A Comparison of the Three Domains of Life

CHARACTER	DOMAIN		
	Bacteria	Archaea	Eukarya
Nuclear envelope	Absent	Absent	Present
Membrane-enclosed organelles	Absent	Absent	Present
Peptidoglycan in cell wall	Present	Absent	Absent
Membrane lipids	Unbranched hydrocarbons	Some branched hydrocarbons	Unbranched hydrocarbons
RNA polymerase	One kind	Several kinds	Several kinds
Initiator amino acid for protein synthesis	Formyl-methionine	Methionine	Methionine
Introns in genes	Very rare	Present in some genes	Present
Response to the antibiotics streptomycin and chloramphenicol	Growth inhibited	Growth not inhibited	Growth not inhibited
Histones associated with DNA	Absent	Present in some species	Present
Circular chromosome	Present	Present	Absent
Growth at temperatures > 100°C	No	Some species	No

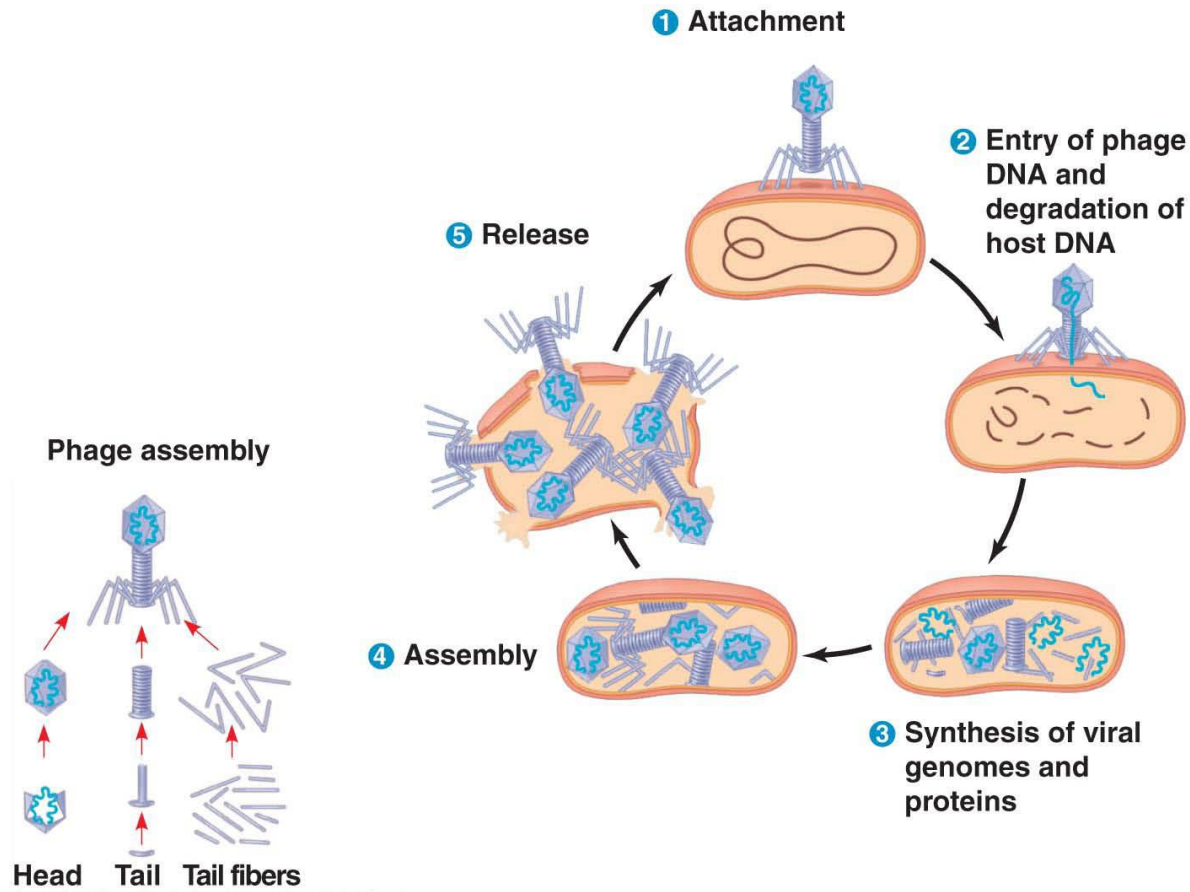
바이러스 (virus)

- 박테리아, 효모, 식물, 동물세포의 절대 기생체 (obligate parasite) : 숙주필요
- 유전정보 (DNA 또는 RNA) 보유
- 30 ~ 200 nm
- 미생물 발효의 일반적 오염요인 (젖산, 아세톤-부탄올 발효)
 - 박테리아 배양시 virus가 오염되면 생산공정 중단, 배양액 모두 폐기
- 식물, 사람 감염
- 외부 DNA를 숙주세포로 주입하는 운반체로 사용
 - Virus의 유전정보를 조작하면 박테리아 유전자를 쉽게 변경 가능
 - Virus head에서 DNA만 제거하면 vaccine으로 사용 가능

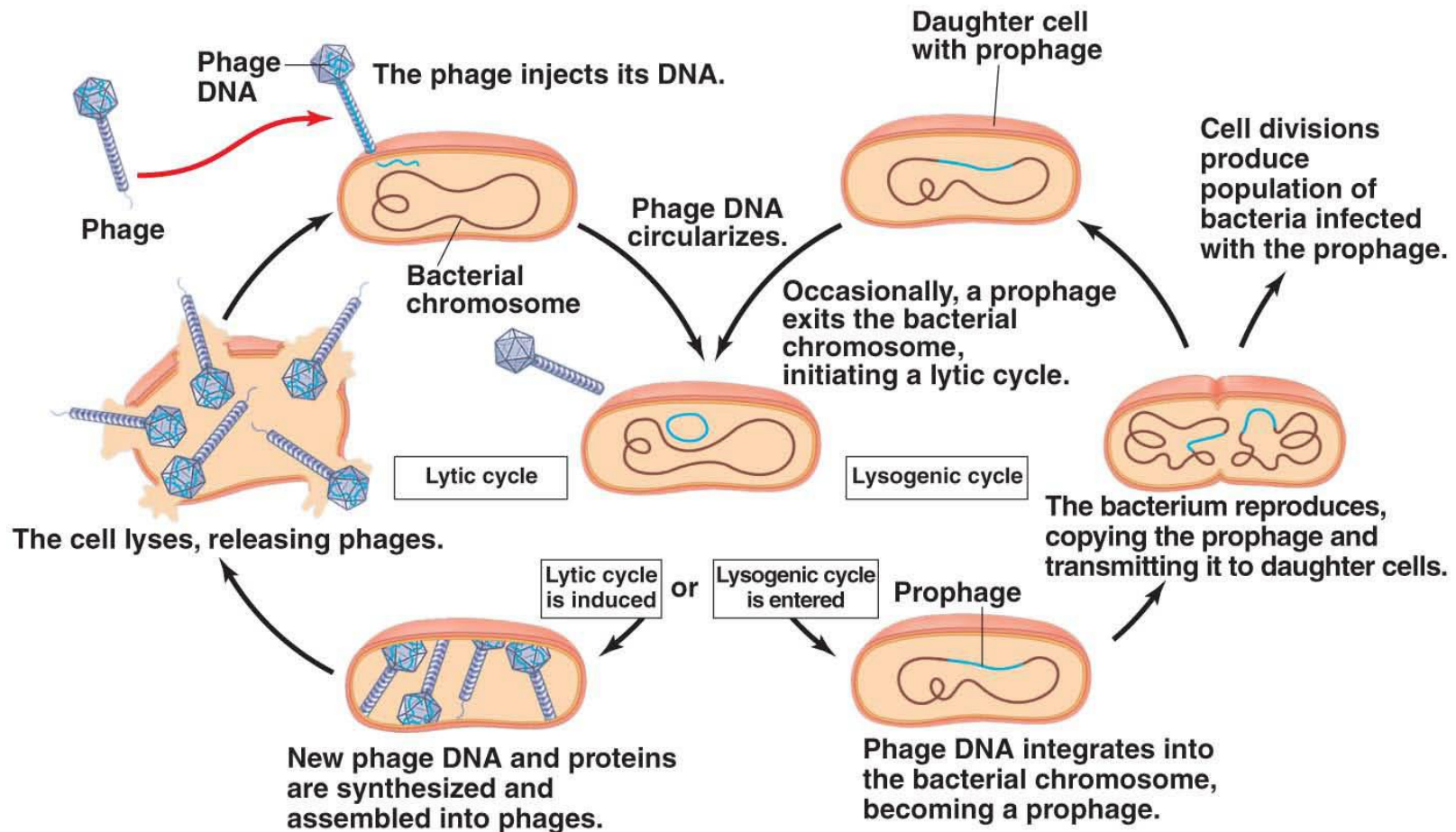


Bacteriophage

- 박테리아를 감염시키는 바이러스
- 육각형 머리 (hexagonal head), 꼬리, 꼬리섬유로 구성

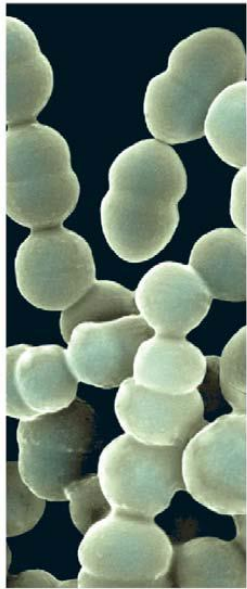


Phage λ 의 분해기 (lytic cycle) 및 잠재기 (lysogenic cycle)



원핵세포 (procaryote): 진정박테리아, 고박테리아

- 배가시간(doubling time): 30분 ~ 수시간
- 0.5 ~ 3 μm
- 탄소원: 탄수화물, 탄화수소, 단백질, CO_2



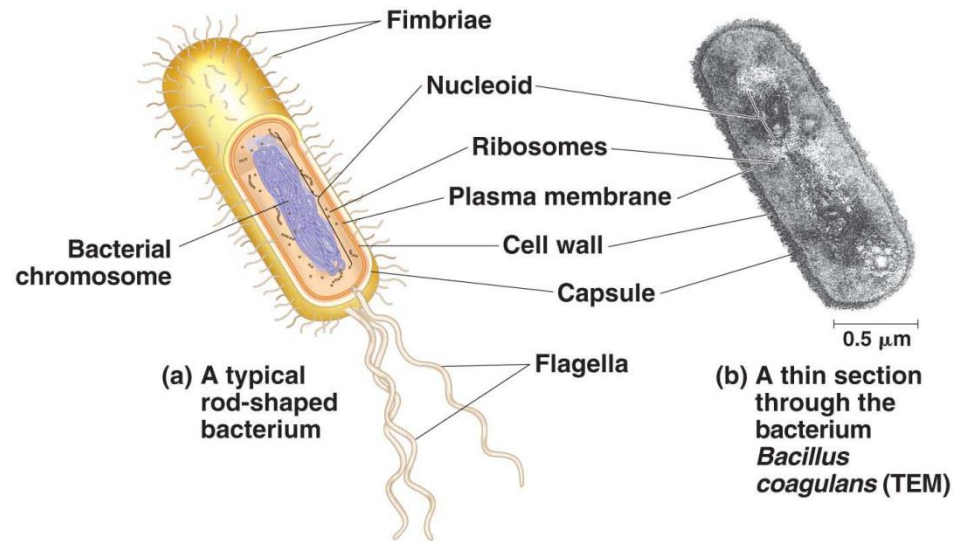
(a) Spherical (cocci)



(b) Rod-shaped (bacilli)



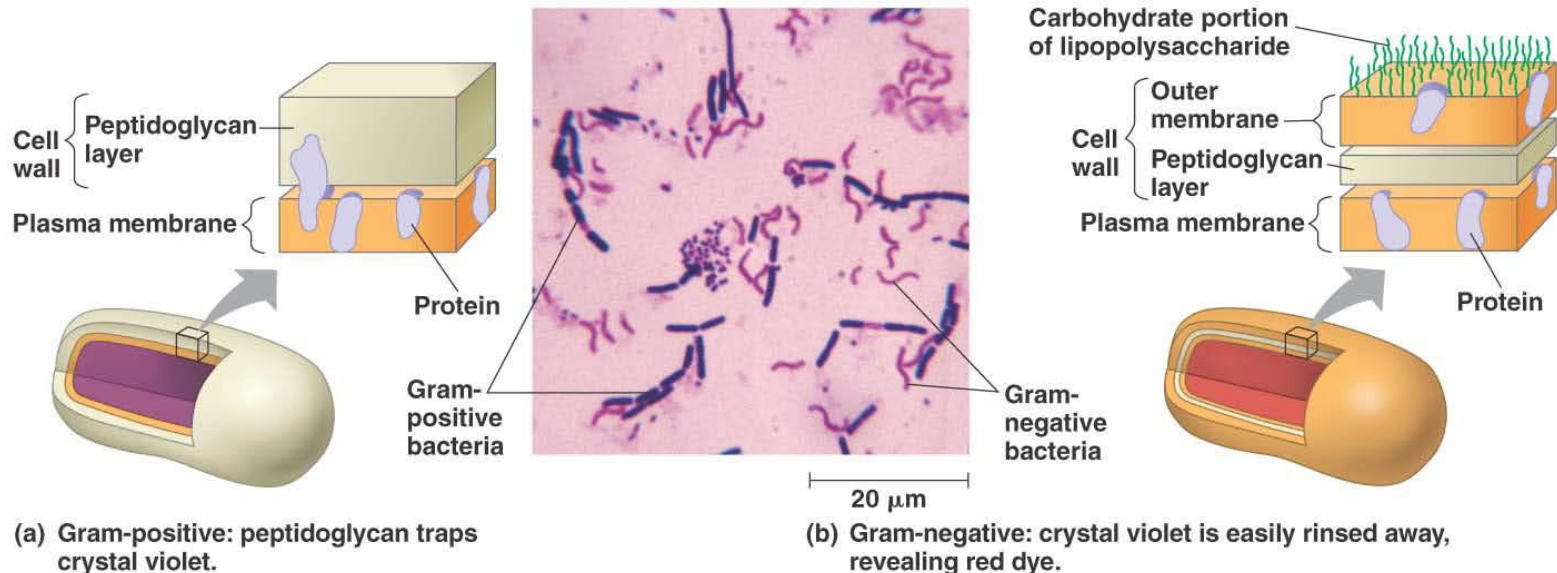
(c) Spiral



진정박테리아 (Eubacteria)

그람염색: 1884년 Hans C. Gram 개발

- 세균을 세포벽 조성의 차이로 구분
- 크리스탈 바이올렛 (crystal violet) 염색 (보라) → 요오드, 알코올로 염색약 제거 → 사프란인 (safranin O) 염색 (분홍)
- 그람양성: 두꺼운 세포벽, 보라염색약 강하게 결합, 염색약 제거 안됨 → 보라색, *B. subtilis*, 외막이 없음, 단백질 분비 용이
- 그람음성: 얇은 세포벽, 보라염색약 제거 → 분홍색, *E. coli*



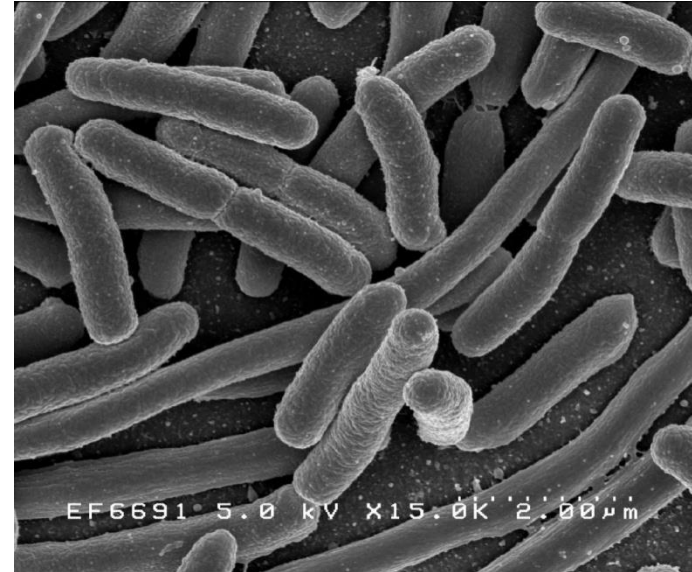
- *Mycoplasma*: 그람양성도 음성도 아님, 세포벽이 없음, 폐렴 유발
- Actinomycetes: 사상곰팡이 (mold)와 유사, 항생제 생산에 중요
- Cyanobacteria: 광합성, CO₂를 당으로 고정
- 무산소 광합성 박테리아 (purple/green bacteria): 박테리아엽록소 (bacteriochlorophyll), 식물과는 달리 산소를 생성하지 않음.



Chroococcus furgidus
시아노박테리아

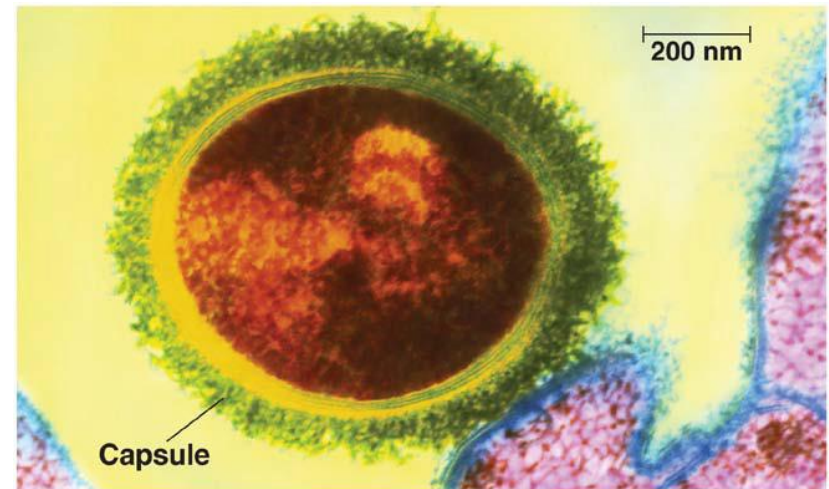
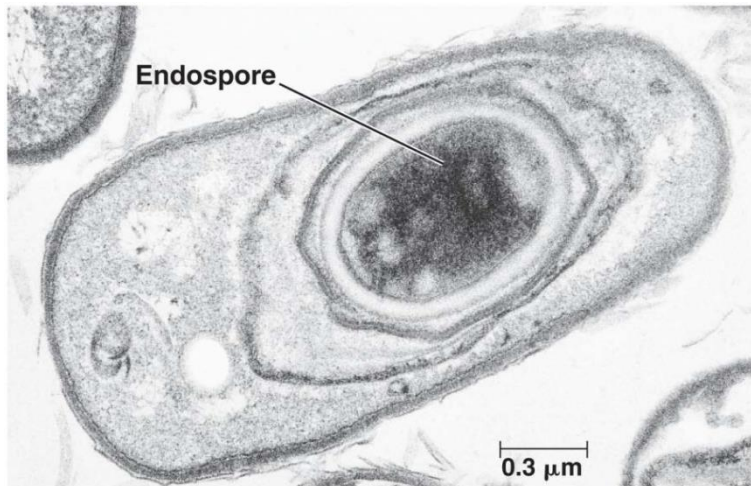


화농성 연쇄상구균
(*Streptococcus pyogenes*)



Escherichia coli, 대장균

- 리보솜 (ribosome): 단백질 합성장소, 세포당 약 10,000개, 10~20 nm, RNA 63%, 단백질 37%
- 저장과립체 (storage granule): 핵심 대사산물의 저장장소, 다당류, 지질, 인, 황과립체 축적, 0.5~1 μm
- BMC (bacterial microcomponent): 20면체 또는 준 정육면체 구조, 자체 조립 단백질, 껍질: 선택적 투과성, 원하는 물질을 담을 수 있는 기술 개발
- 내생포자 (endospore): 내부에 포자 형성, 고온, 빛, 가혹한 환경에 적응하기 위한 수단, 세포당 한 개, 1 μm , 환경이 좋아지면 다시 발아
- 볼루틴 (Volutin): 세포 내의 과립형 구조, 무기 polymetaphosphate
- 캡슐 (capsule): 표피 또는 외부 세포벽, 다당류, 폴리펩타이드



고박테리아 (archaebacteria)

- 모양/형태는 진정박테리아와 유사
- 분자수준 (RNA 서열)이 다르다 : 유전자의 절반 이상이 진핵세포도 아니고 원핵세포도 아님.
- 메탄생성 박테리아 (methanogen), 호열호산성균 (thermoacidophile), 호염박테리아 (halophile) 등 극한 환경에서 서식
- 진정박테리아와 차이점
 - 고박테리아는 peptidoglycan이 없다.
 - Ribosomal RNA 서열이 매우 다르다.
 - 세포질막의 지질조성이 다르다. (고: ether link, 진정: ester link)



진핵세포 (eucaryote): 원핵세포의 5-10배

- 진균류 (fungi): 효모 (yeast), 사상곰팡이 (mold)
- 조류 (algae)
- 원생동물 (protozoa)
- 식물: 셀룰로오스 섬유질로 구성된 세포벽
- 동물: 세포벽이 없어 shear에 민감, 깨지기 쉬움 → 생물반응기 설계 어려움

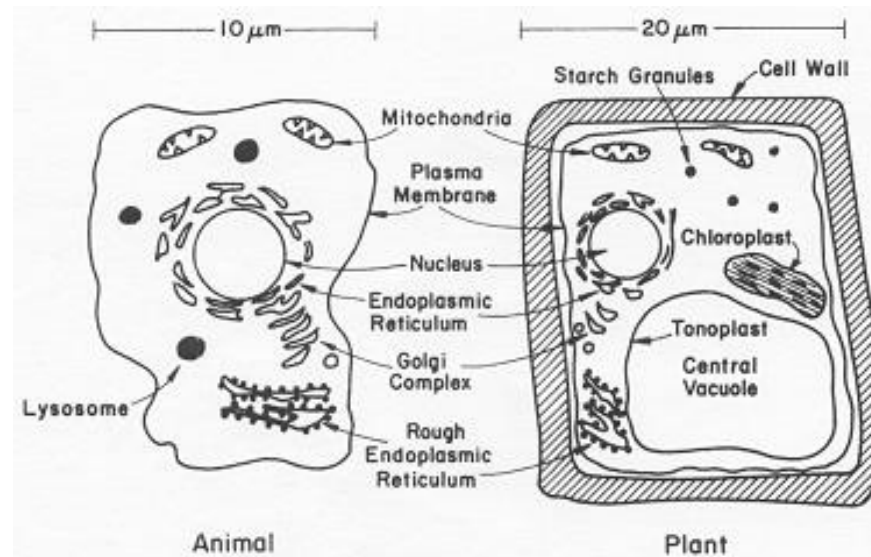
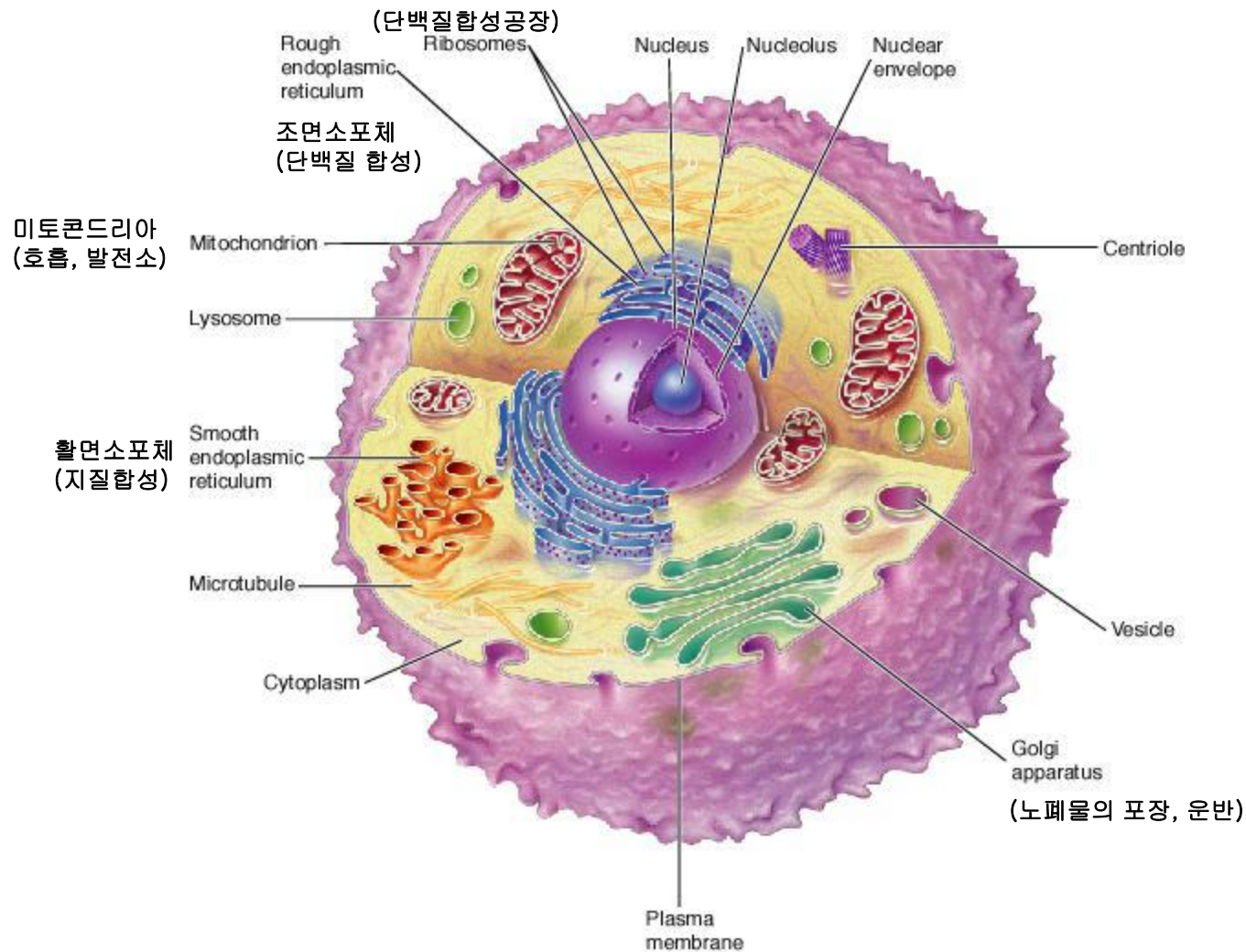
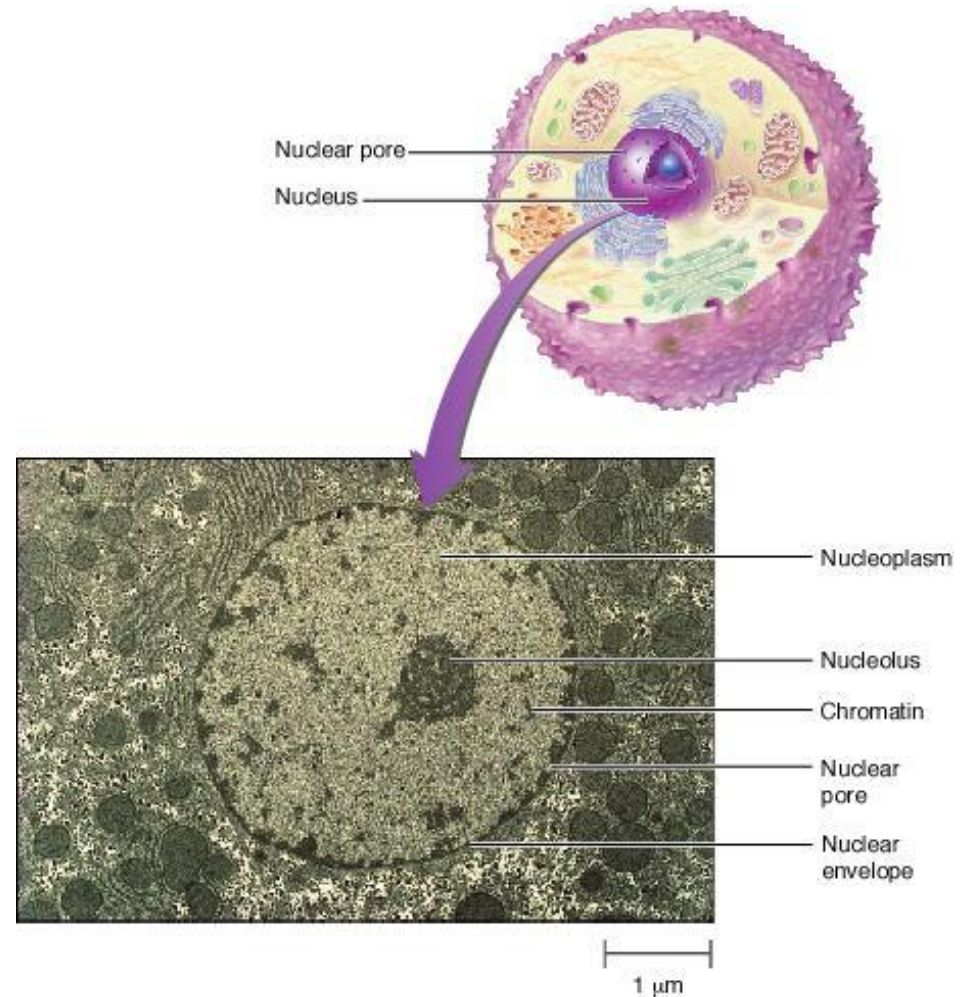


Figure 2.3. Sketches of the two primary types of higher eucaryotic cells. Neither sketch is complete, but each summarizes the principal differences and similarities of such cells.

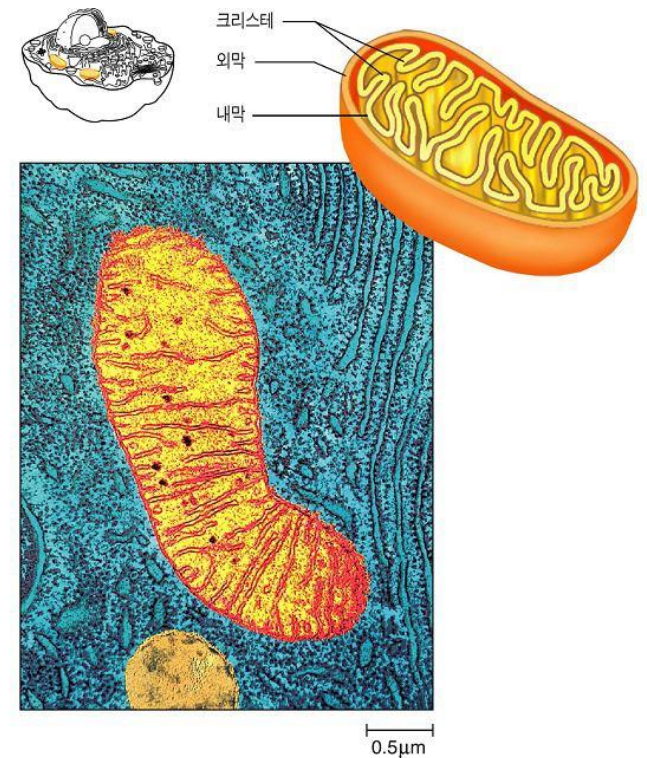
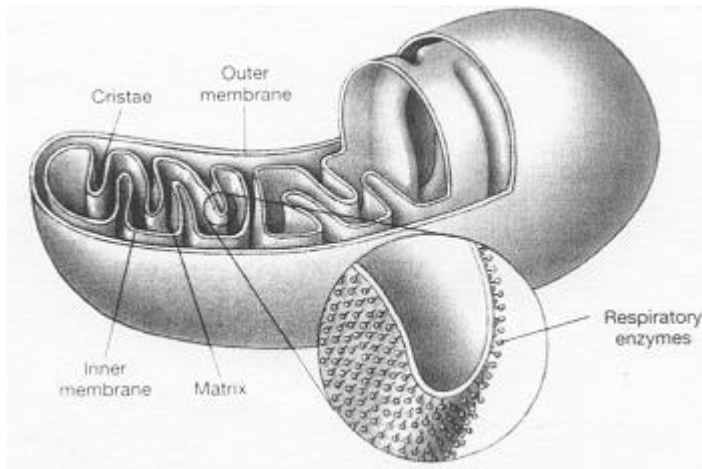


- 핵 (nucleus)
 - 진핵세포는 핵막이 있다.
 - 염색체 (chromosome): 유전정보 (DNA) 함유
 - 핵 내부에서 RNA 합성
 - 핵막에 존재하는 핵공을 통해 거대분자 (RNA, 단백질)가 출입 (세포질로 이동)
 - 핵인 (nucleolus): 리보솜 생성

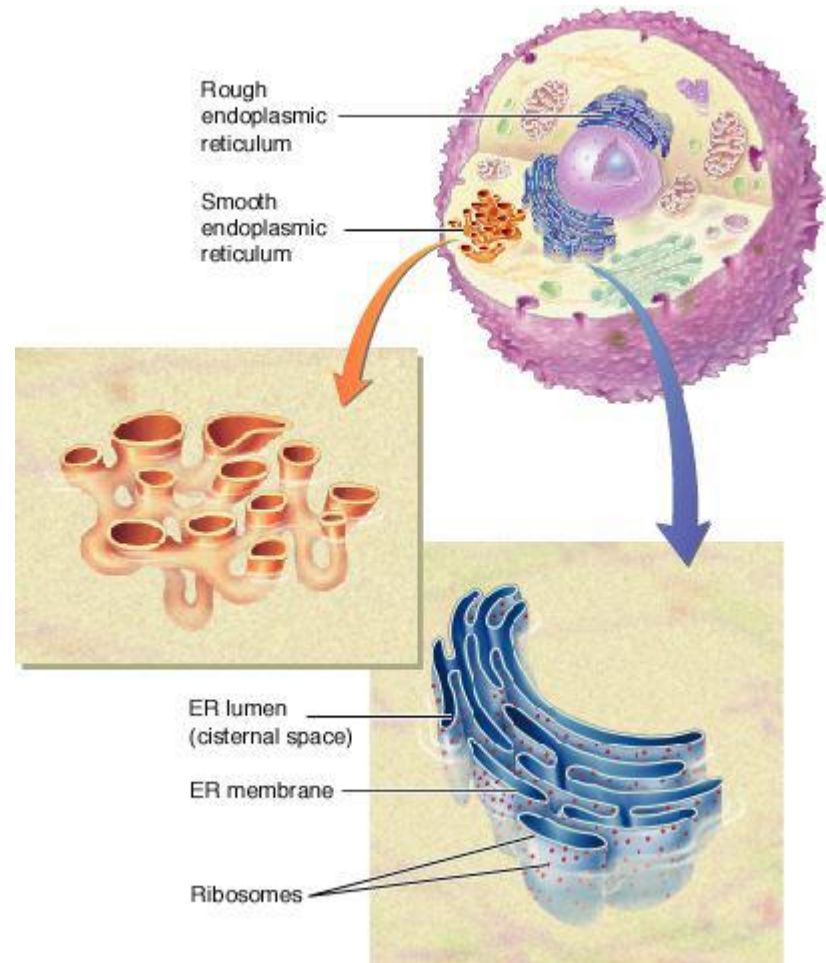


- 미토콘드리아 (Mitochondria)

- 호흡(respiration), 산화형 인산화(oxidative phosphorylation) → ATP 생산 → 세포의 발전소
- 에너지 추출을 위한 효소 함유
- 직경 1 μm , 길이 2~3 μm , 원통모양
- 자체 DNA와 단백질 합성기구: 독립적 복제
- 이중막 구성 : 외막과 내막
- 내막의 주름 : 크리스테 (cristae)



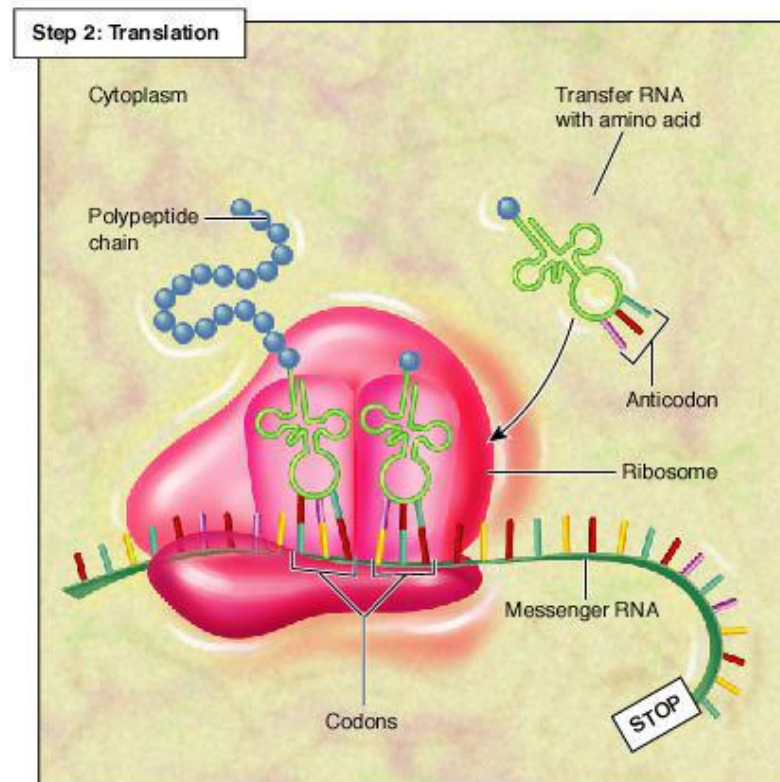
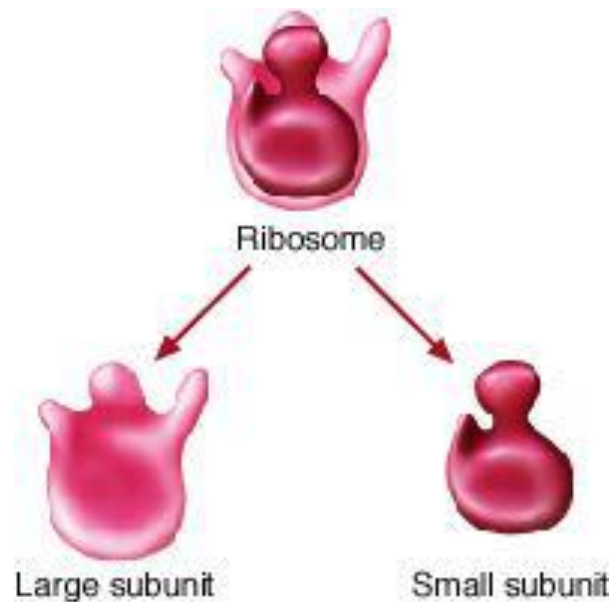
- 소포체 (endoplasmic reticulum)
 - 조면소포체 (rough ER): 리보솜이 붙어있어 표면이 거칠고 단백질 합성 기능
 - 활면소포체 (smooth ER): 리보솜이 없어 표면이 매끈하고 지질 합성



- 리보솜 (Ribosome)

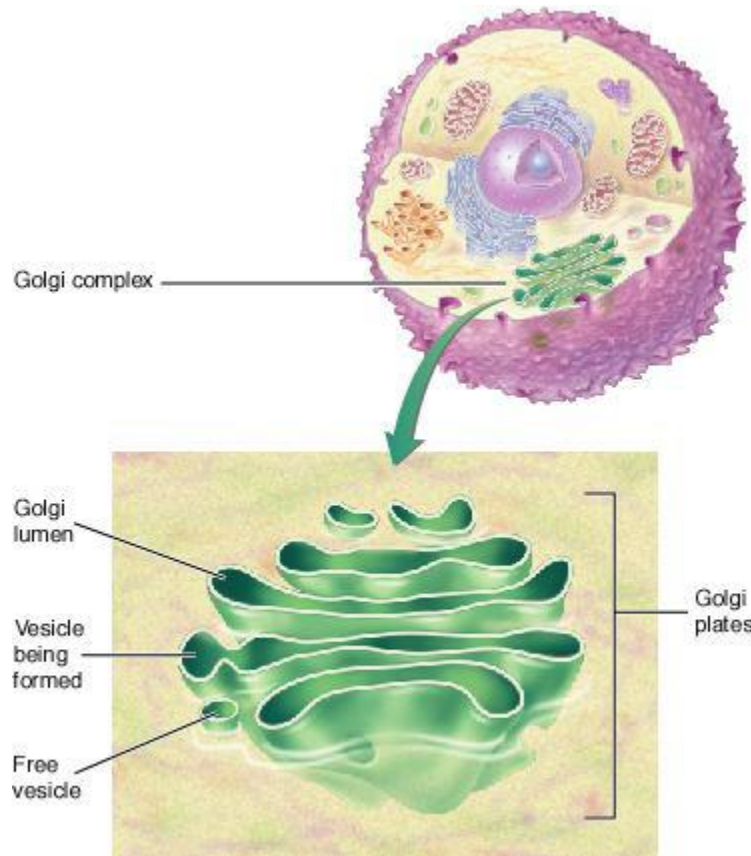
- 단백질 생합성 공장

- 단백질 합성 시 두 조각 (subunit)이 결합, 평소엔 떨어져서 존재

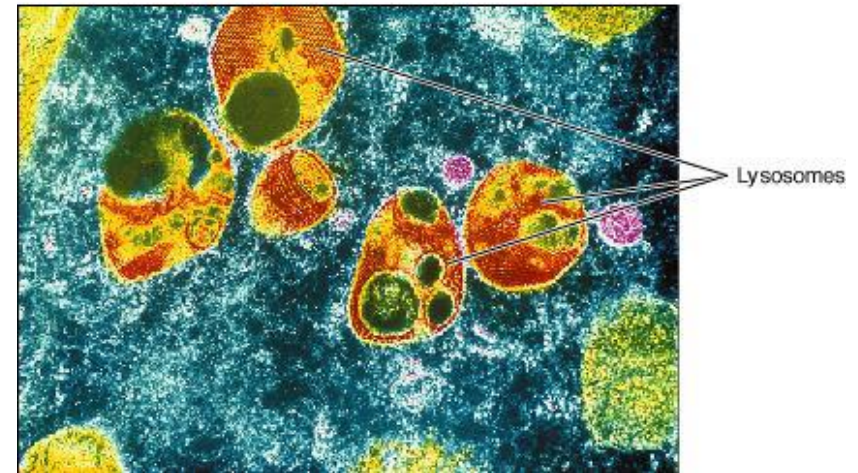
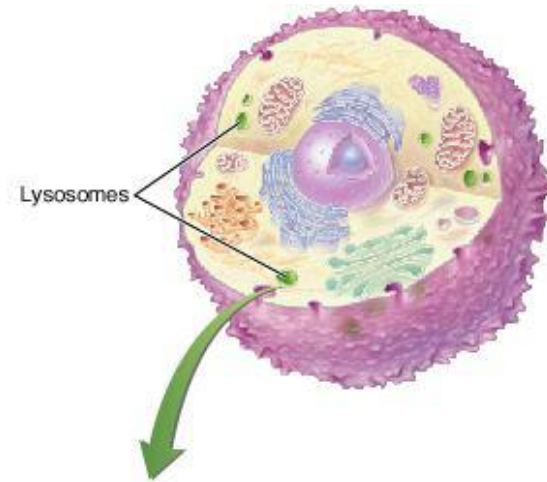


- 골지체 (Golgi complex)

- 일부 효소와 거대분자들의 분비, 외부로 배출되는 물질 축적, 포장 장소
- 당쇄반응 (glycosylation): 다양한 당 성분 첨가, 단백질 변형 (단백질 기능에 중요)

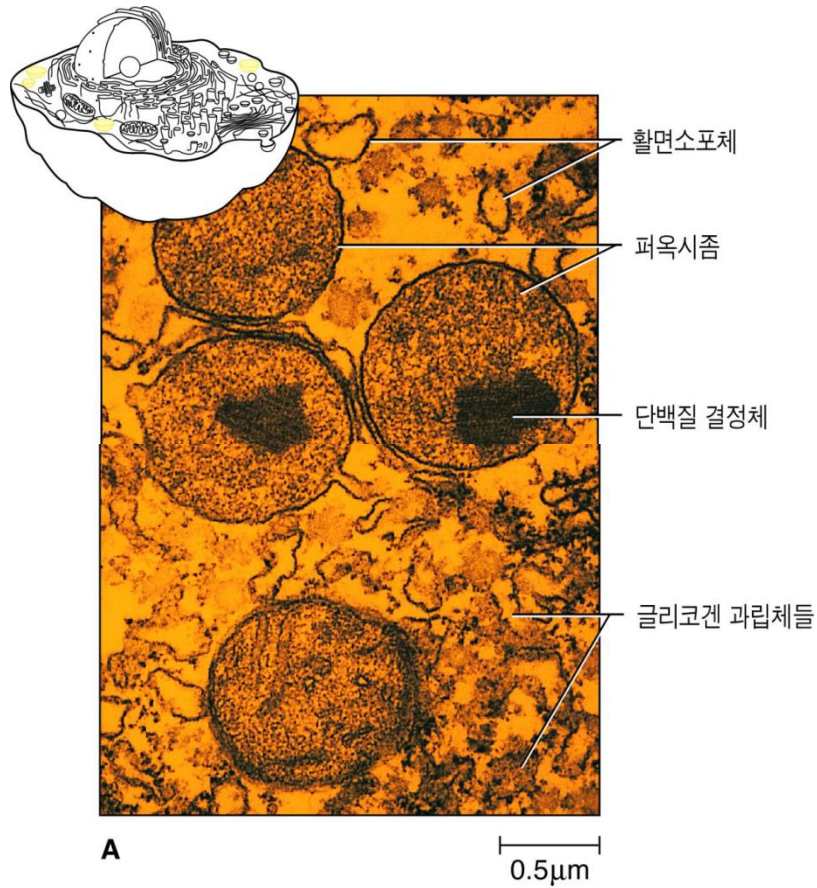


- 리소솜 (lysosome)
 - 가수분해효소를 함유하는 막주머니
 - 강한 산성 환경
 - 세포 내 이입된 영양분의 소화
 - 낡은 세포성분의 소화
 - 세포 외 물질의 분해

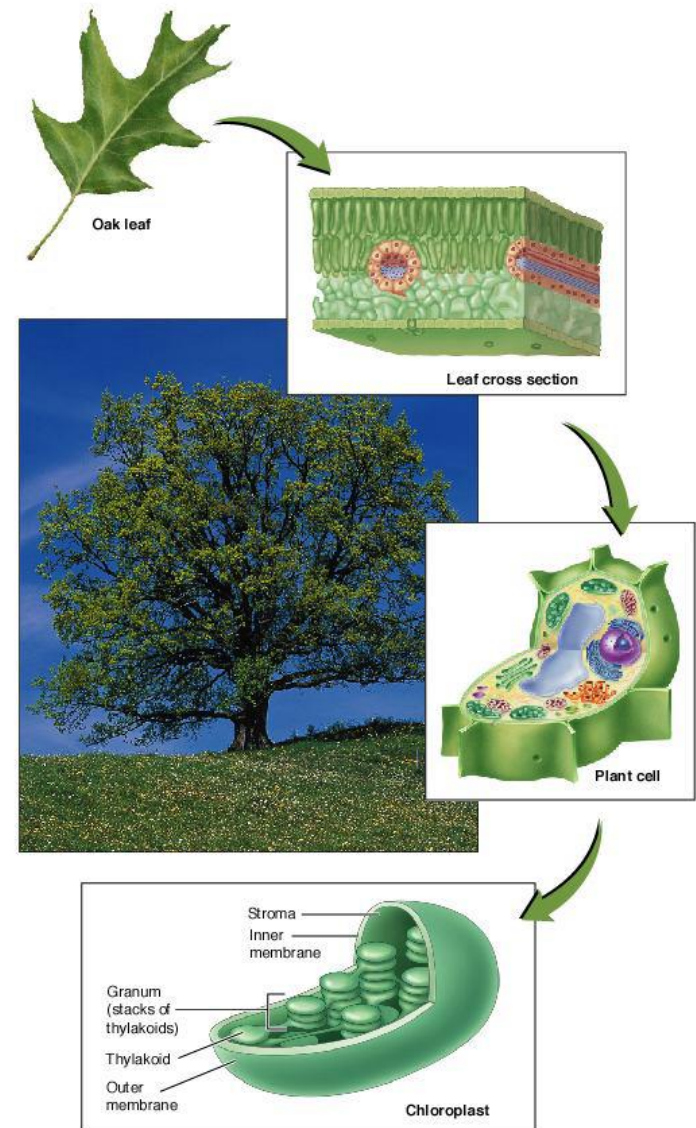


- 퍼옥시솜 (Peroxisome)

- 과산화수소 (H_2O_2) 분해효소(catalase) : 세포보호

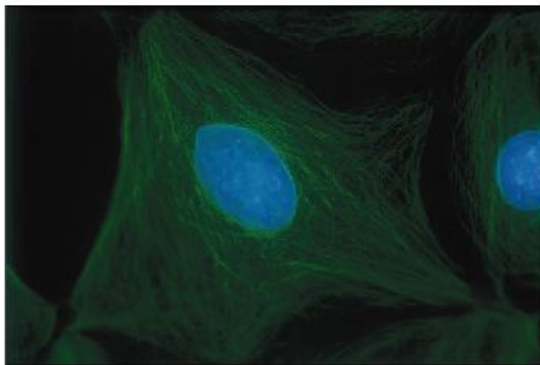


- 식물의 엽록체 (Chloroplast)
 - 엽록소 함유, 광합성
 - 에너지 변환: 빛에너지 → 화학에너지
 - 외막, 내막 (thylakoid)
 - 자기 자신의 DNA와 단백질 합성 기구

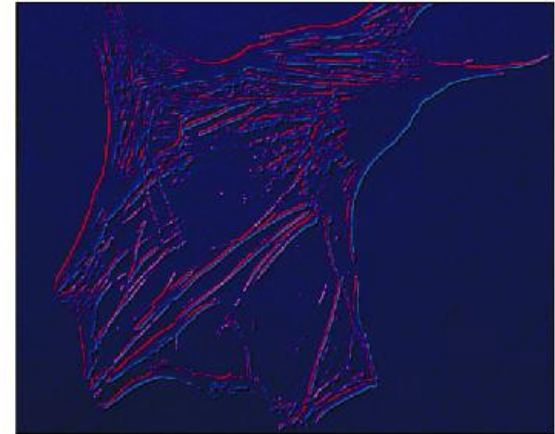


• 세포골격 (Cytoskeleton)

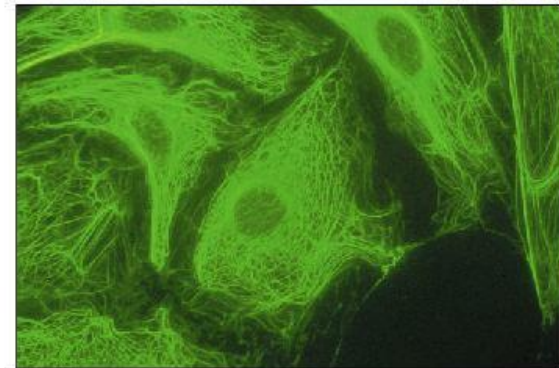
- 예전에는 세포 내부는 물로 채워져 있고 핵 및 세포소기관이 물에 떠 있는 것으로 생각
- 최근 연구결과에 따르면 세포내부는 실모양의 cytoskeleton으로 채워져 있다.
- Cytoskeleton은 단백질 필라멘트로 구성된 망상조직
- Cytoskeleton 의 기능
 - (1) 세포골격 유지 기능
 - (2) 세포전체의 운동 촉진
 - (3) 세포내 세포소기관의 운동 촉진



(a) 미세소관(microtubule) ~25 nm

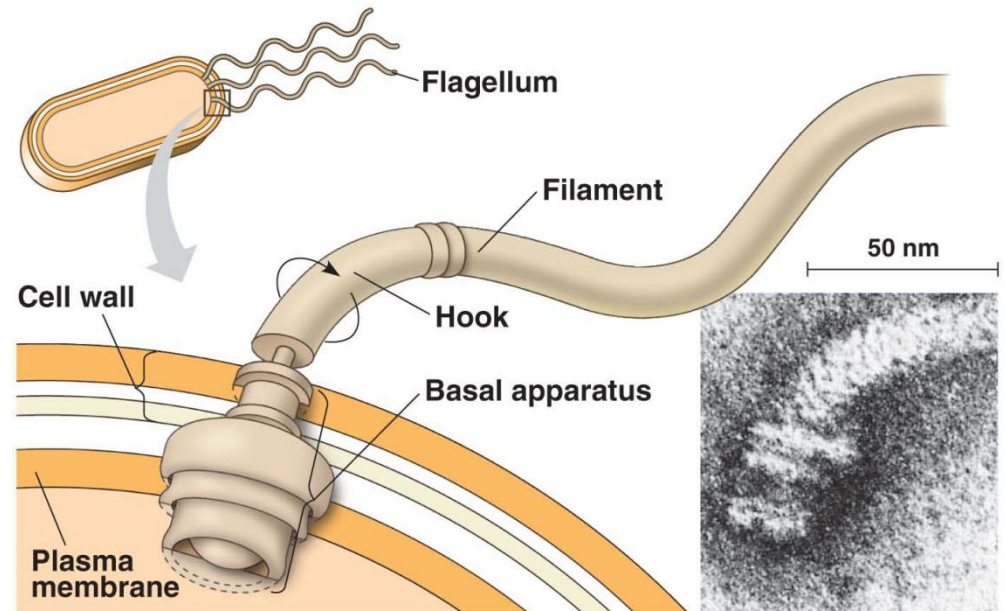


(b) 미세섬유(microfilament)
~5-7 nm



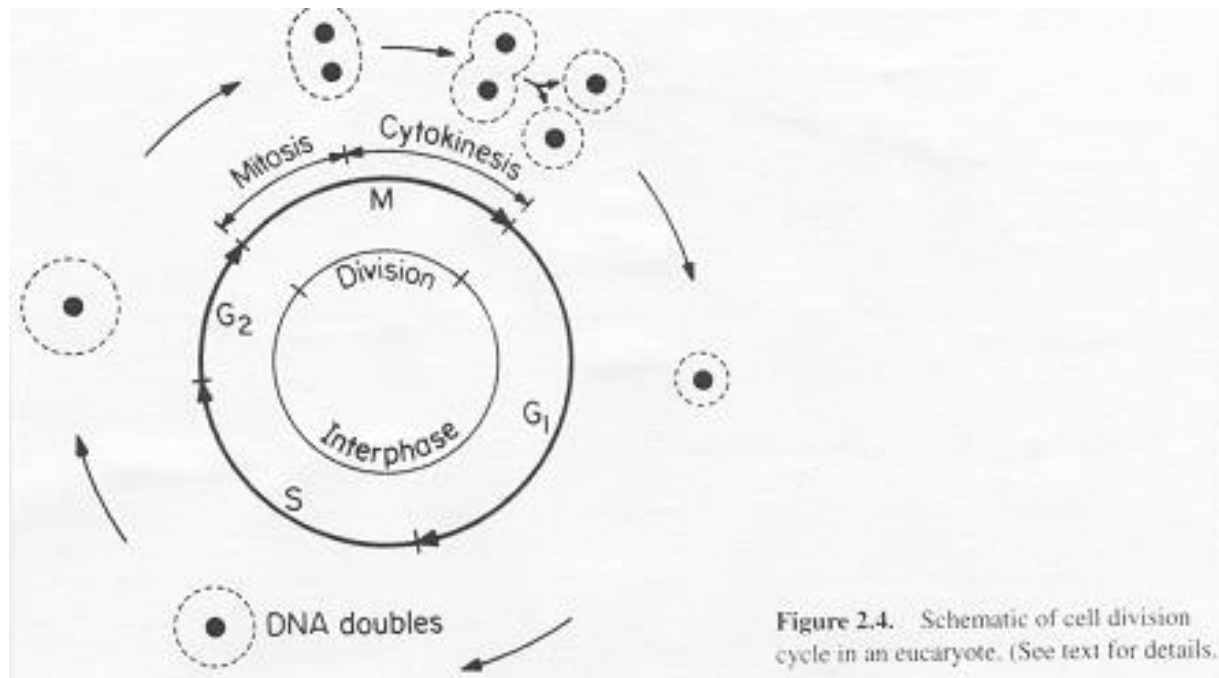
(c) 중간섬유
(intermediate fiber) ~ 10 nm

- 액포 (Vacuole)
 - 소화, 삼투압 조절, 세포 폐기물 저장
 - 세포부피의 큰 부분 차지, 식물세포 90%
- 편모 (Flagella)
 - 긴 실 모양, 세포의 운동
- 섬모 (Cilia)
 - 편모보다 짧고 숫자가 많음.
 - 편모를 가진 생물보다 훨씬 빠르게 움직임.

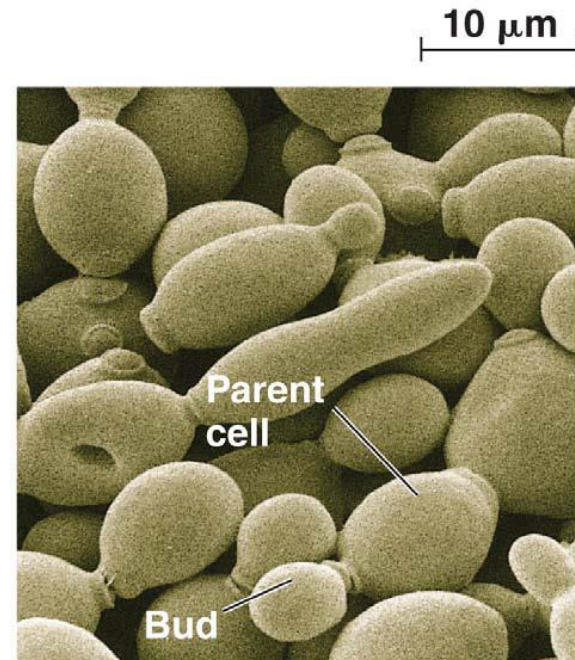
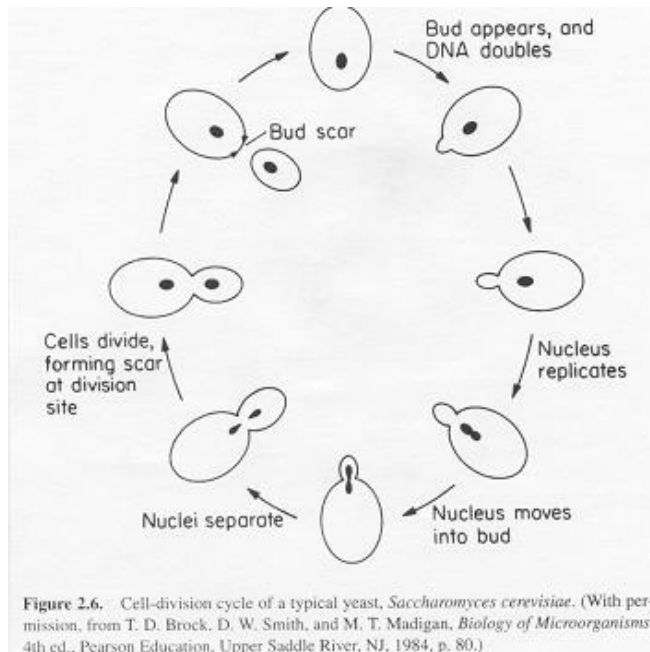


- 진핵세포의 세포분열

- 무성생식 (asexual reproduction): DNA 합성, 핵분열, 세포분열, 세포 분리
- 유성생식 (sexual reproduction): 두 생식세포 (gamete), 난세포 (egg) 와 정자 (sperm) 접합 → 접합체 (zygote)
- 배수체 (diploid), 반수체 (haploid)



- 진균류 (fungi): 종속영양성 생물체 (heterotroph), 효모와 사상곰팡이
효모 (yeast)
 - 5~10 μm , 단세포 (다세포 조상으로부터 단순한 구조로 진화)
 - 구형, 원통형, 타원형
 - 무성생식: 출아 (budding) 및 분열 (fission)
 - 유성생식: 두 개의 반수체 세포의 융합 (fusion)
 - *Saccharomyces cerevisiae*: 혐기성 조건-알콜발효, 호기성 조건-빵 제조



사상곰팡이 (mold)

- 5~20 μm , 실모양, 균사체 구조 (mycelium): 많은 가지를 친 관 구조
- 길고 가는 실 (filament): 균사 (hyphae)
- 포자: 열, 냉해, 건조, 화학약품에 저항성, 발아하여 새로운 균사 형성
- 침지배양: 세포 집합체 (aggregate) 형성
 - 곰팡이 덩어리 (pellet): 50 μm ~ 1 mm, 산소전달 문제 야기
- 구연산 (*Aspergillus niger*)과 페니실린 (*Penicillium chrysogenum*) 생산: 발효 산업의 큰 비중

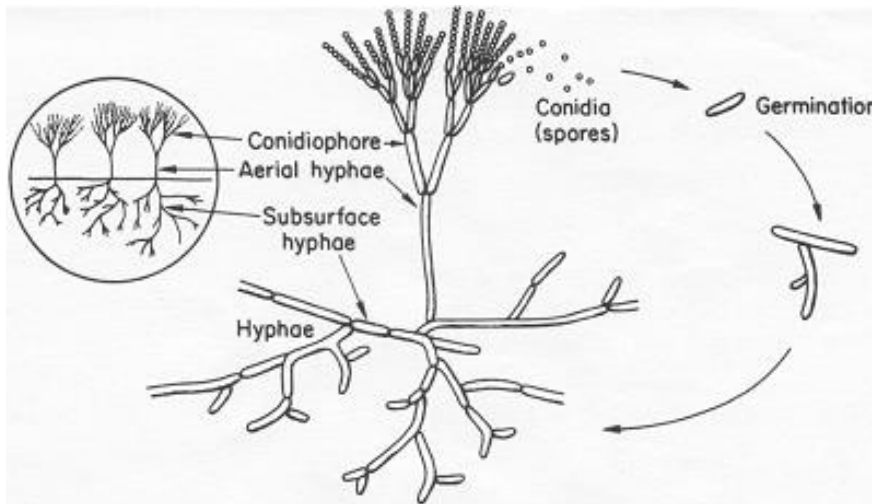
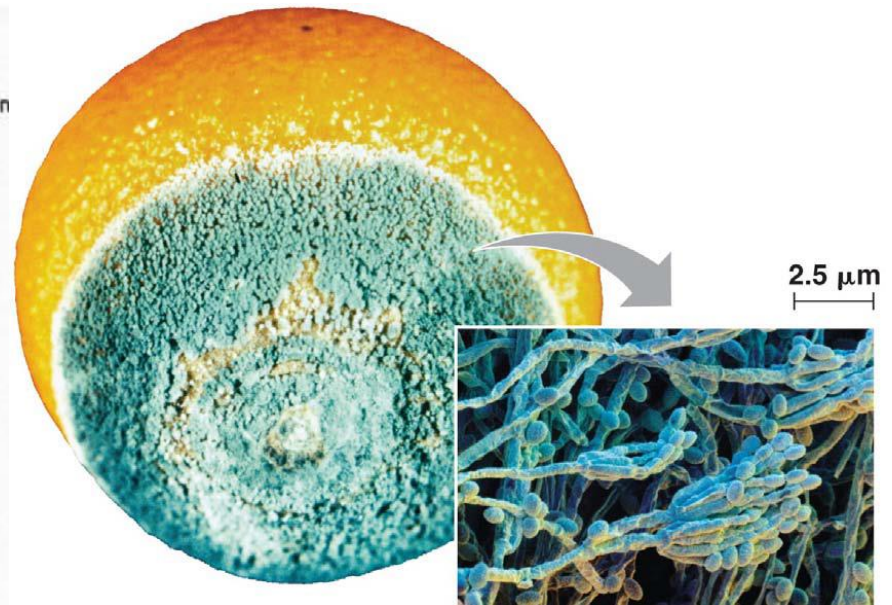
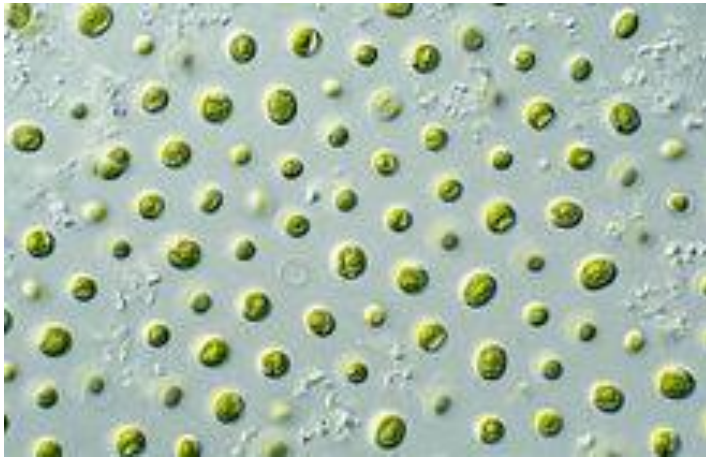


Figure 2.7. Structure and asexual reproduction of molds. (With permission, from T. D. Brock, K. M. Brock, and D. M. Ward, *Basic Microbiology with Applications*, 3d ed., Pearson Education, Upper Saddle River, NJ, 1986, p. 35.)



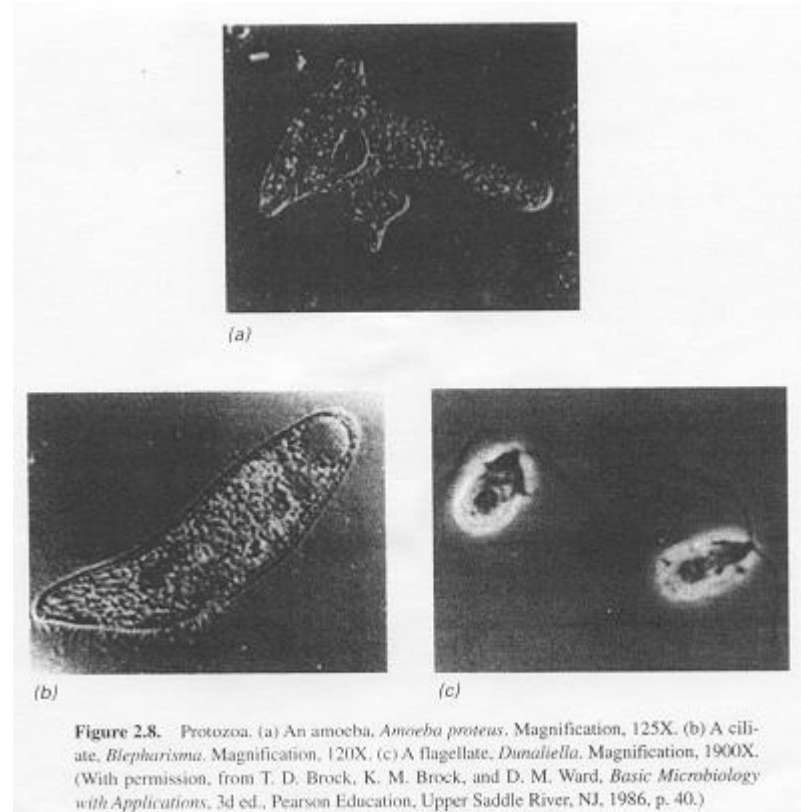
조류 (Algae)

- 단세포, 바다에서는 식물 같은 다세포 구조
- 광합성, 엽록체 포함, 10~30 μm
- 규조류 (diatom): 세포벽에 실리카 포함, 산업용 여과 보조제
- *Chlorella*, *Spirilluna* 등: 단세포 단백질 생산, 폐수처리
- Agar, alginic acid: gelling agent
- 미세조류: 식물성 플랑크톤, 많은 양의 기름 (>30%) 축적 -> 바이오디젤 생산



원생동물 (Protozoa): 동물성 플랑크톤

- 이동성, 단세포, 세포벽이 없음, 박테리아를 먹이
- 아메바, 편모류 (flagellates), 섬모류 (ciliates)
- 인간에게 질병
- 생물폐수처리 공정에서 세균 제거 역할



2.2 세포구조

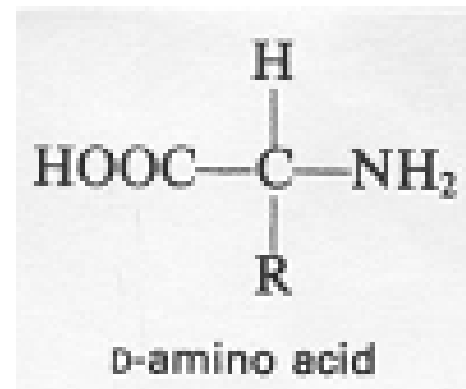
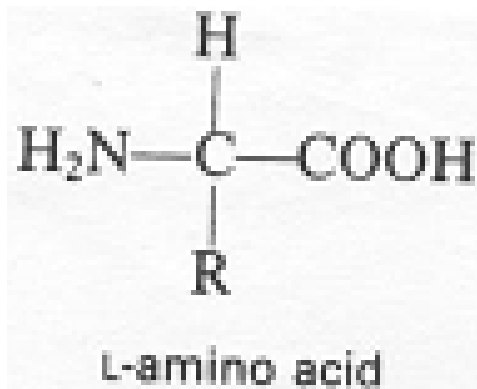
구성요소

- 생체 구성 물질: 물 = 50–90%, 무기물 (Na^+ , K^+ 등) = ~1%, 나머지 = 유기분자
- 생체 유기분자의 구성 원자: C, H, O, N, P, S (숫자 순)
- C (50%), O (20%), N (14%), H (8%), P (3%), S (1%) (무게 순)
- 유기 생체분자는 탄화수소에 작용기가 결합되어 있는 형태

- 세포의 주요 유기물질
- 단백질 (protein) → L-아미노산 (20종류)
- 탄수화물 (carbohydrate) → D-당(sugar)
- 핵산 (nucleic acid=DNA + RNA) → 뉴클레오타이드 (nucleotide)
- 지질 (lipid) → 지방산(fatty acid))

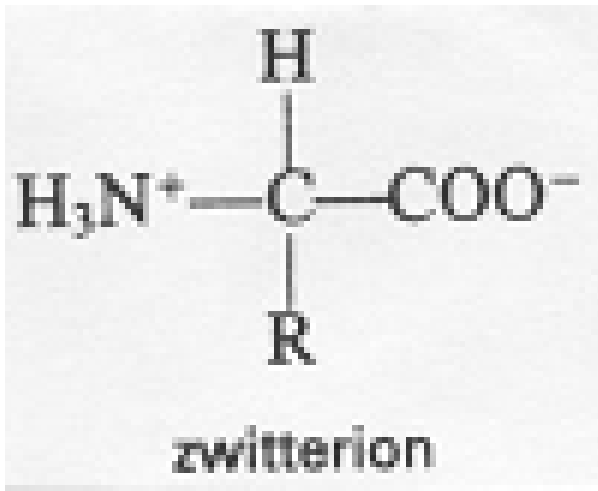
아미노산 (amino acid)과 단백질 (protein)

- 단백질: 아미노산 단위체로 이루어진 고분자
- 단백질은 세포건조무게 중 40~70%
- 단백질의 분자량: 6,000 ~ 수십만
- 단백질: L-아미노산만 존재
- D-아미노산: 세포벽, 항생물질에서 발견
- Cf. 생체 내에 존재하는 당은 주로 D 형이다.



- 프비터이온 (zwitterion): 아미노산과 같이 (-)전하와 (+) 전하가 동시에 존재하는 중성분자
- 양쪽성 이온 (amphoteric ion): 아미노산은 산으로서, 동시에 염기로 작용
- 등전점 (isoelectric point = pI)
 - 평균알짜 전하가 0이 되는 pH (음이온과 양이온 수가 같은 pH)
 - R기에 따라 변화
 - 전기장에서 이동하지 않음 → 단백질 정제공정에 이용

Amino group
(염기성)




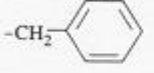
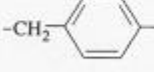
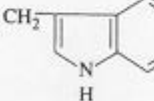
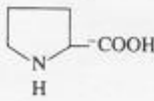
Carboxyl group (산성)
 - 낮은 pH에서 중성 (-COOH)
 - 높은 pH에서 음전하 (-COO⁻)

22개의 공통 아미노산 (천연아미노산)

- 20개는 보편적인 유전암호에 의해 암호화
- 2개 (selenocysteine, pyrrolysine)는 독특한 합성 메커니즘에 의해 단백질로 합성
- R=무극성 → 무극성 아미노산
- R=극성 (수소결합 site가 있는 R: -OH or -NH) → 극성 아미노산
- R=음이온 (-COO⁻) → 산성 아미노산
- R=양이온 (-NH₃⁺) → 염기성 아미노산

TABLE 2.4 Chemical Structure of 21 Amino Acids of the General Structure

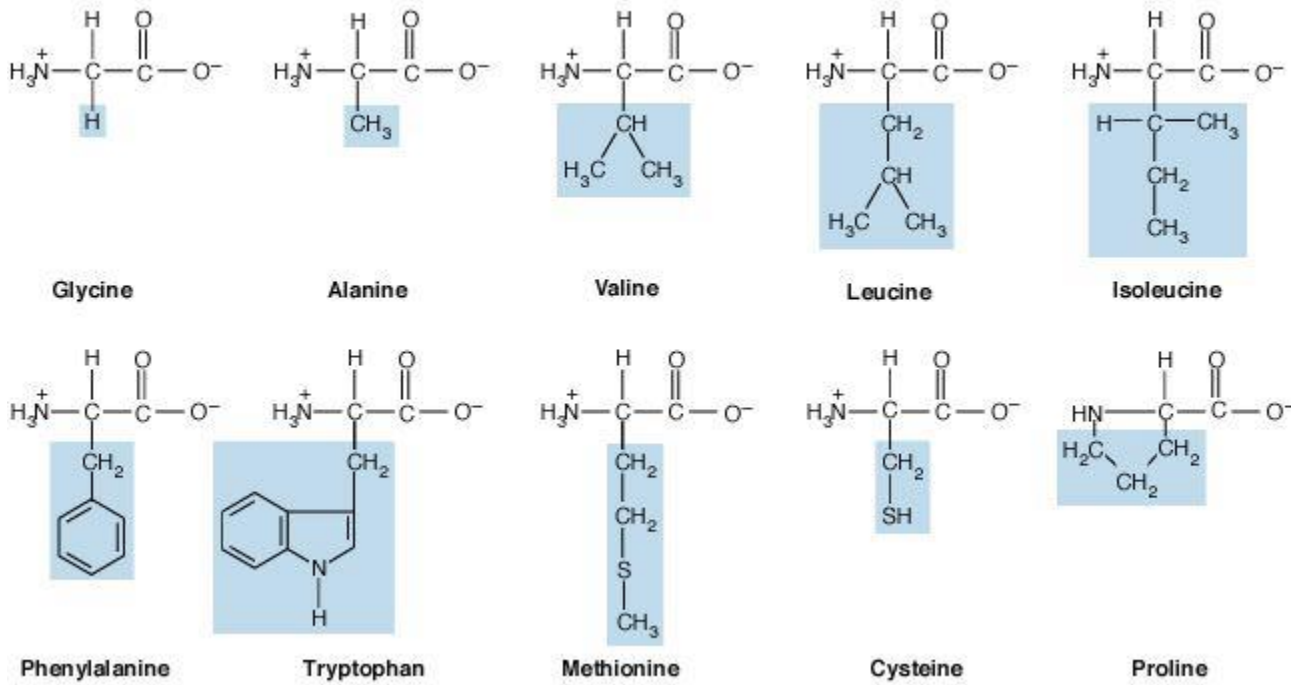
$$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ | \\ \text{NH}_2 - \text{C} - \text{H} \\ | \\ \text{R} \end{array}$$

R Group	Name	Abbreviation	Symbol	Class
-H	Glycine	GLY	G	Aliphatic
-CH ₃	Alanine	ALA	A	
-CH(CH ₃) ₂	Valine	VAL	V	
-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	Leucine	LEU	L	
-CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	Isoleucine	ILU	I	Hydroxyl or sulfur containing
-CH ₂ OH	Serine	SER	S	
-CHOHCH ₃	Threonine	THR	T	
-CH ₂ SH	Cysteine	CYS	C	
-(CH ₂) ₂ SCH ₃	Methionine	MET	M	Acids and corresponding amides
-CH ₂ COOH	Aspartic acid	ASP	D	
-CH ₂ CONH ₂	Asparagine	ASN	N	
-(CH ₂) ₂ COOH	Glutamic acid	GLU	E	
-(CH ₂) ₂ CONH ₂	Glutamine	GLN	Q	Basic
-(CH ₂) ₃ CH ₂ NH ₂	Lysine	LYS	K	
-(CH ₂) ₃ NHCNHNH ₂	Arginine	ARG	R	
-CH ₂ - 	Histidine	HIS	H	Aromatic
-CH ₂ - 	Phenylalanine	PHE	F	
-CH ₂ - 	Tyrosine	TYR	Y	
CH ₂ - 	Tryptophan	TRP	W	
 -COOH	Proline	PRO	P	Imino acid
-CH ₂ -S-S-CH ₂ -	Cystine	—	—	Disulfide

Neutral Nonpolar Amino Acids (전하가 없는 무극성 아미노산)

- 가장 간단한 glycine
- 폐쇄형 고리 proline → 단백질을 견고하게
- S 가지는 methionine, cysteine (S-S bond 형성)

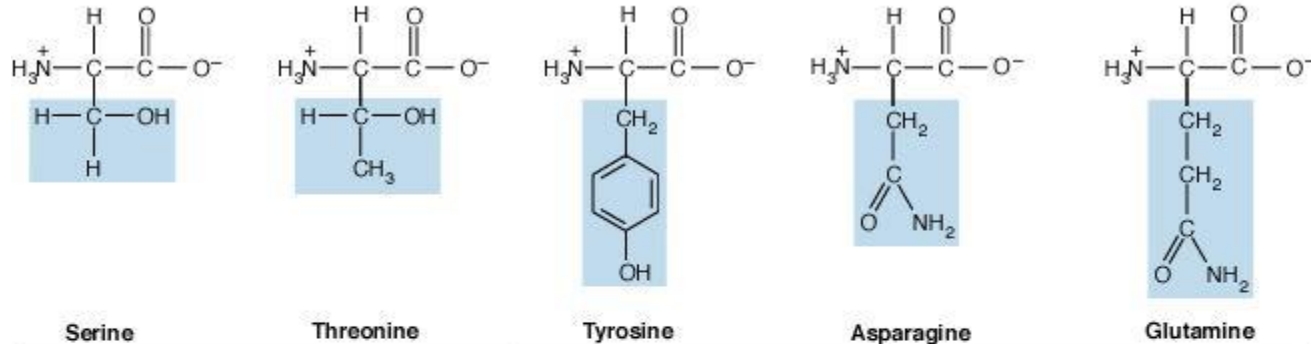
Neutral Nonpolar Amino Acids



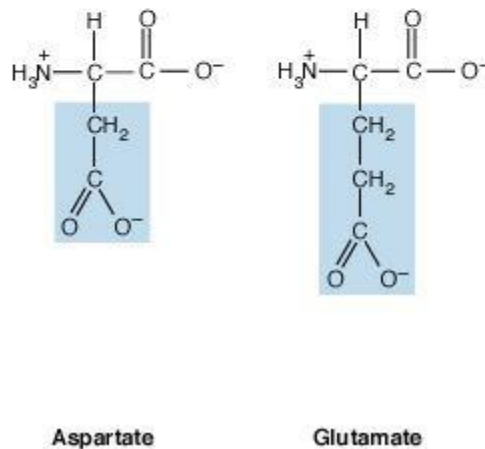
Neutral Polar Amino Acids (전하가 없지만 극성인 아미노산)

Acidic or Basic Amino Acids

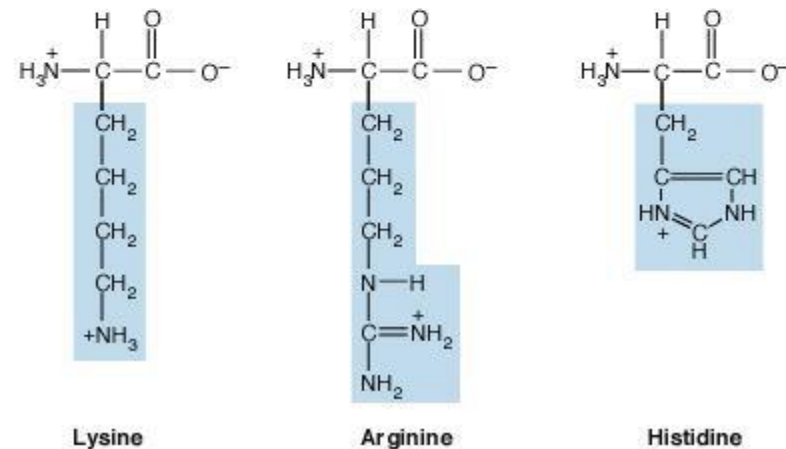
Neutral Polar Amino Acids



Acidic Amino Acids



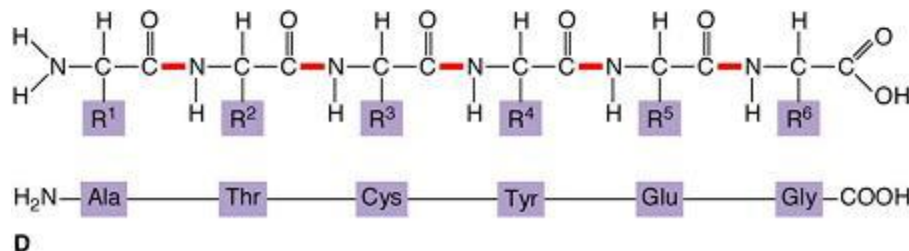
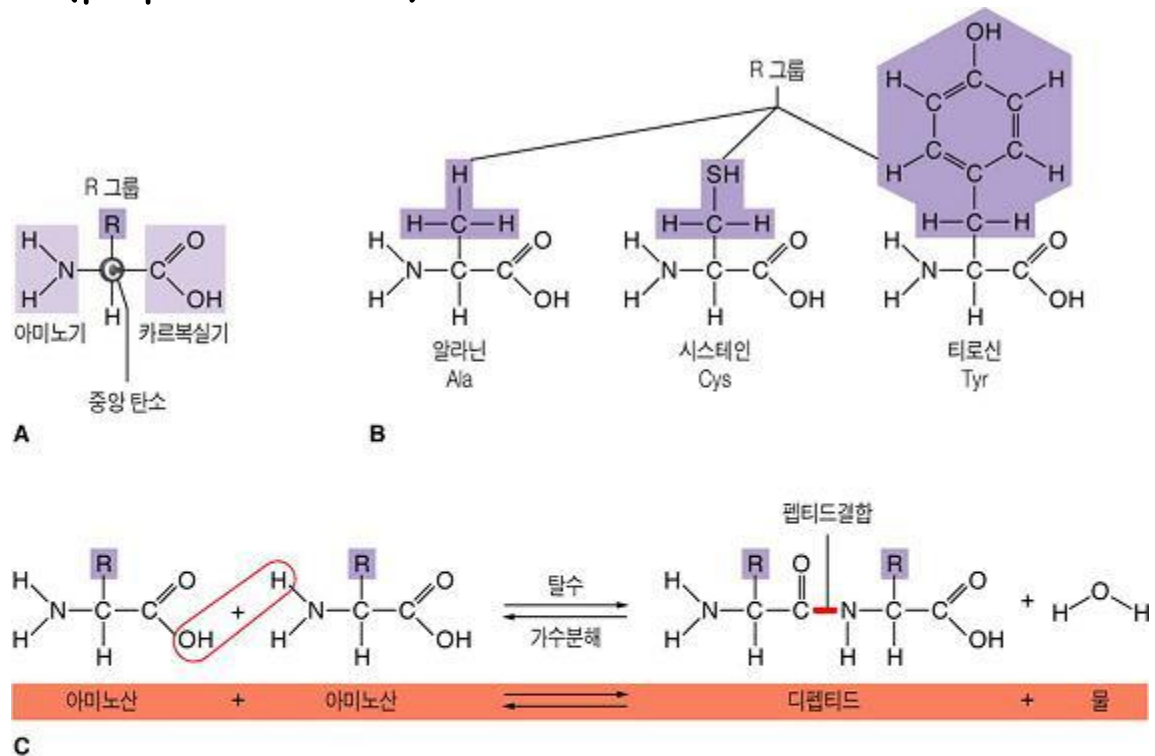
Basic Amino Acids



- aspartate (아스파라긴산): 속취제거
- 대상(주): glutamate
- MSG (monosodium glutamate)
- 한국 BASF: lysine
- histidine: 중금속과 친화적, 단백질 정제시 affinity chromatography 사용가능

아미노산과 아미노산의 결합 (peptide bond)

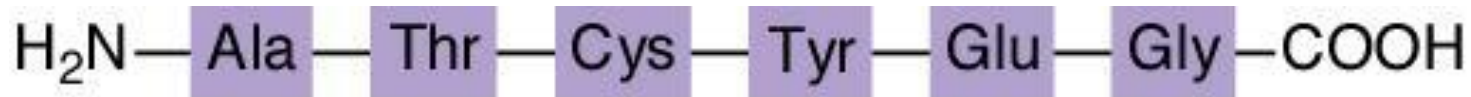
- * α -carboxyl group과 α -amino group이 결합하여 Peptide bond가 형성
- * 물 분자가 떨어진다.
- * H_2O :
OH from carboxyl group
H from amino group



- 펩티드 기술법: N-terminal은 왼쪽, C-terminal은 오른쪽에
- cf. mRNA로부터 peptide의 합성 순서도 N-terminal에서 C-terminal 순서로 합성됨

예) Met – Gly – Glu – ----- – Val 이라면

Met의 N말단이 free, Val의 C말단이 free, 합성은 Met부터 Val 까지 순서로

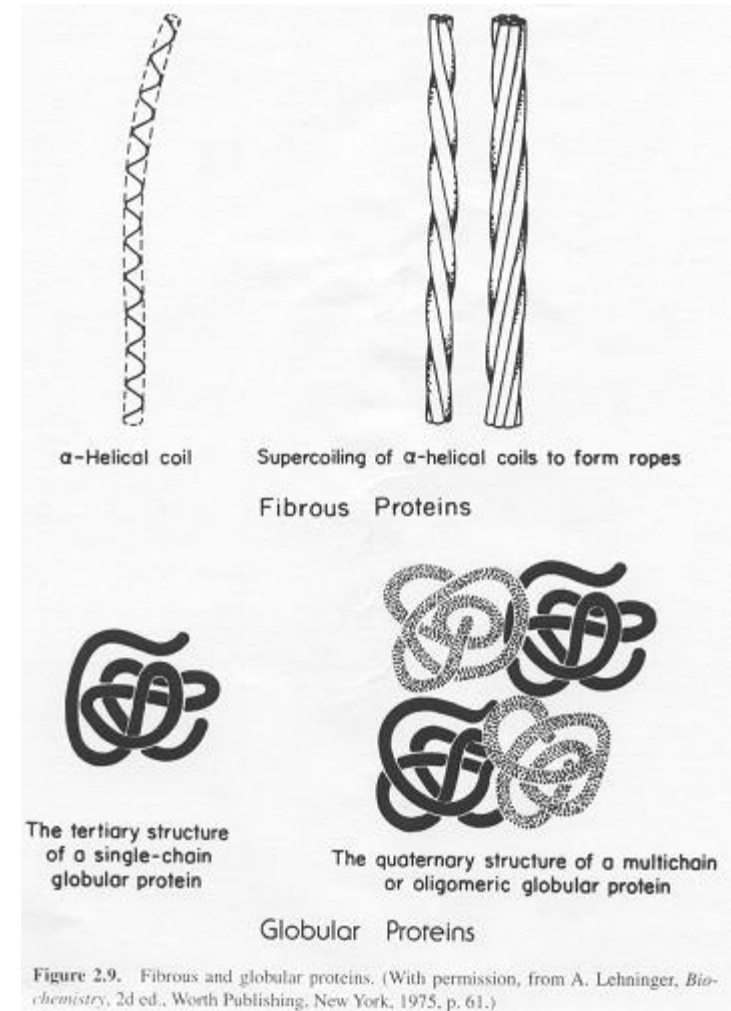


N terminal (N 말단)

C terminal (C 말단)

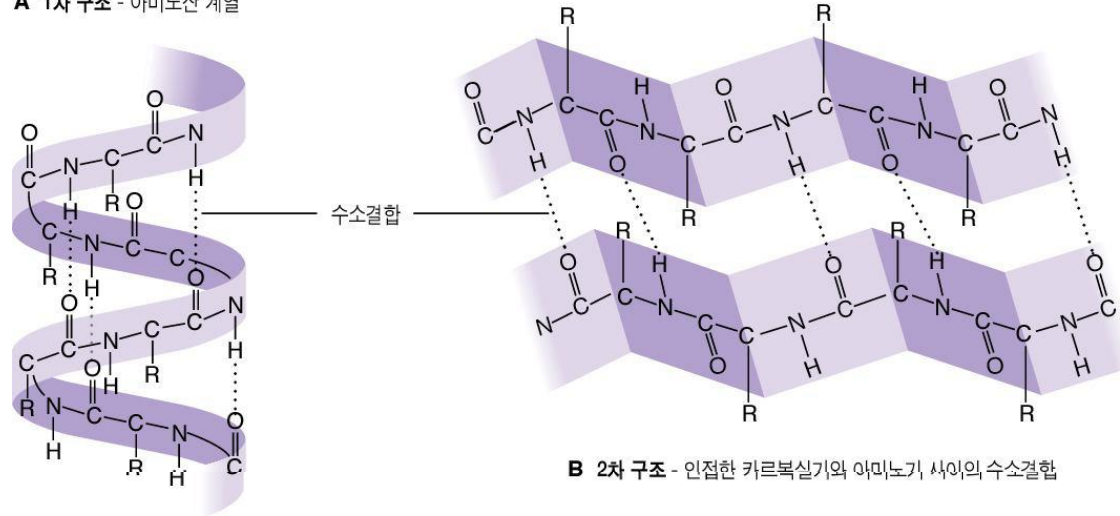
단백질의 구조

- 단백질은 amino acid가 200개 이상 결합한 고분자
- 1차구조 (primary structure):
 - 아미노산의 직선배열 순서
- 2차구조 (secondary structure):
 - polypeptide의 국부적 접힘 구조
 - α -helix, 3중 helix, β -sheet 구조
 - 잔기들 사이의 수소결합 결과
- 3차구조 (tertiary structure):
 - polypeptide의 3차원 구조
 - R기 간의 상호작용 결과
 - 접힘 (folding), 굽음 (bending)
 - 공유결합, 이황화결합, 수소결합, 소수성작용, 친수성작용
- 4차구조 (quaternary structure):
 - 2개 이상의 polypeptide 들이 결합해서 단백질을 만드는 구조
 - Ex) 헤모글로빈: 4개의 subunit 사이의 결합

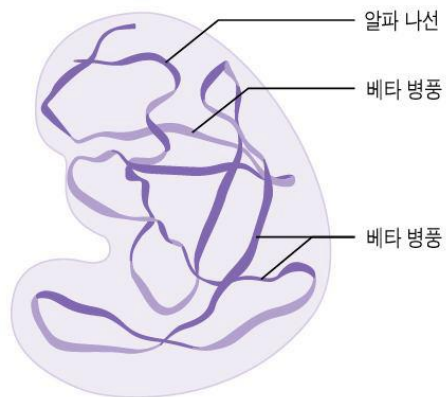




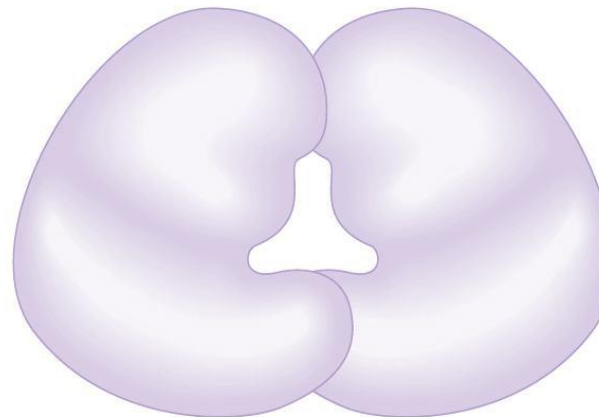
A 1차 구조 - 아미노산 계열



B 2차 구조 - 인접한 카르복실기와 아미노기 사이의 수소결합

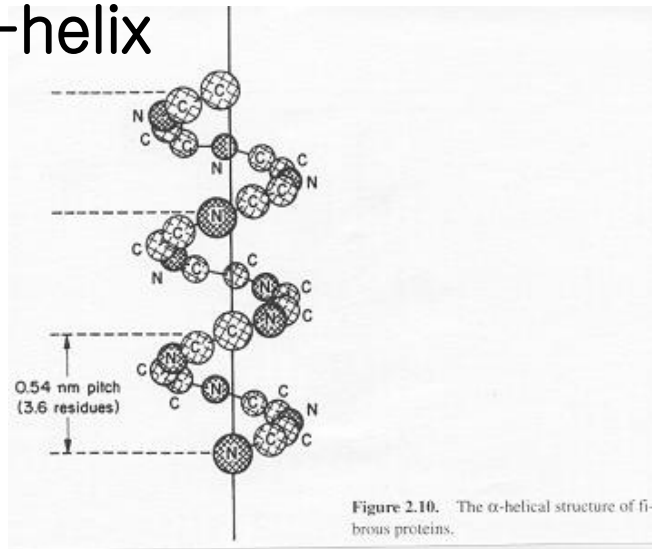


C 3차 구조 - R 그룹 사이의 이황화결합과 이온결합, R 그룹과 물 사이의 상호작용

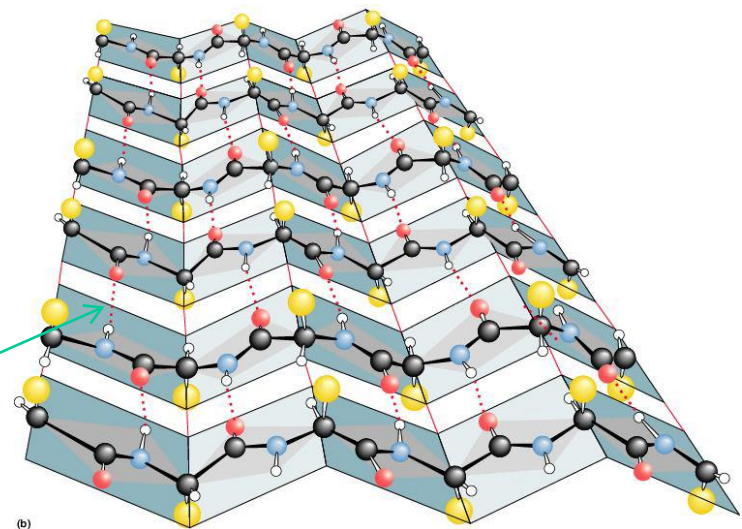
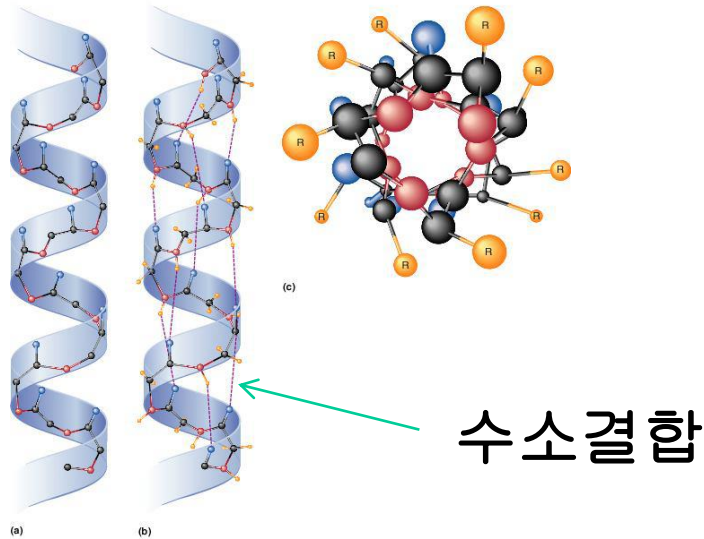
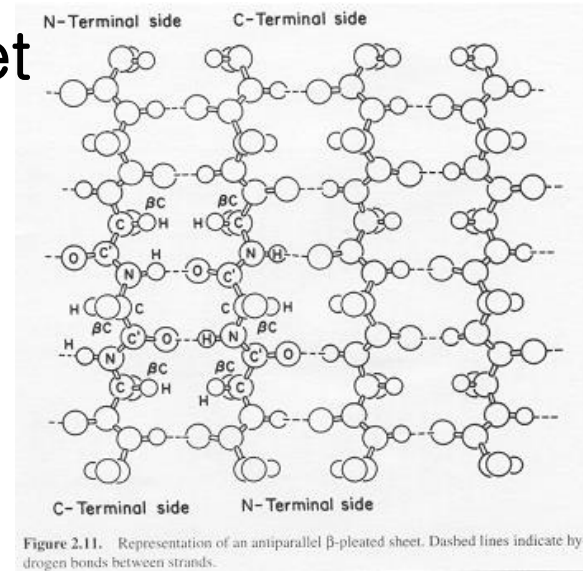


D 4차 구조 - 분리된 폴리펩티드 사이의 수소결합과 이온결합

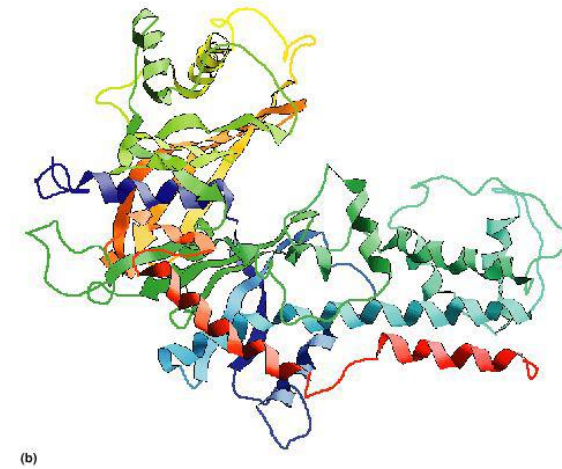
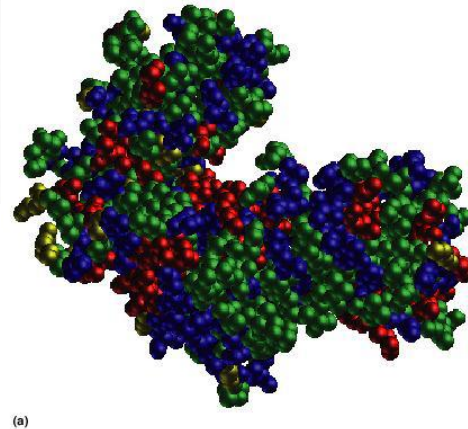
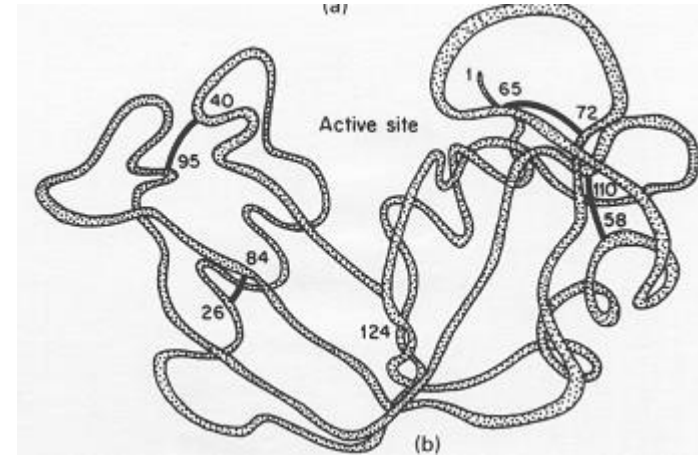
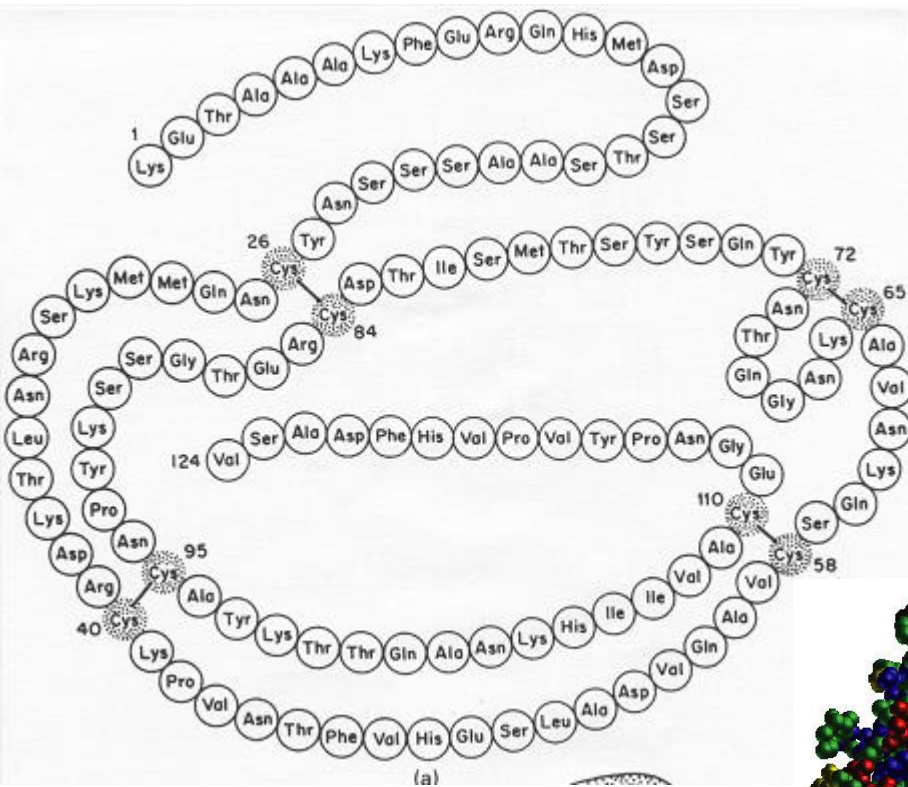
α -helix



β -sheet



3차 구조 (3-D Structure)



단백질의 분류

구조

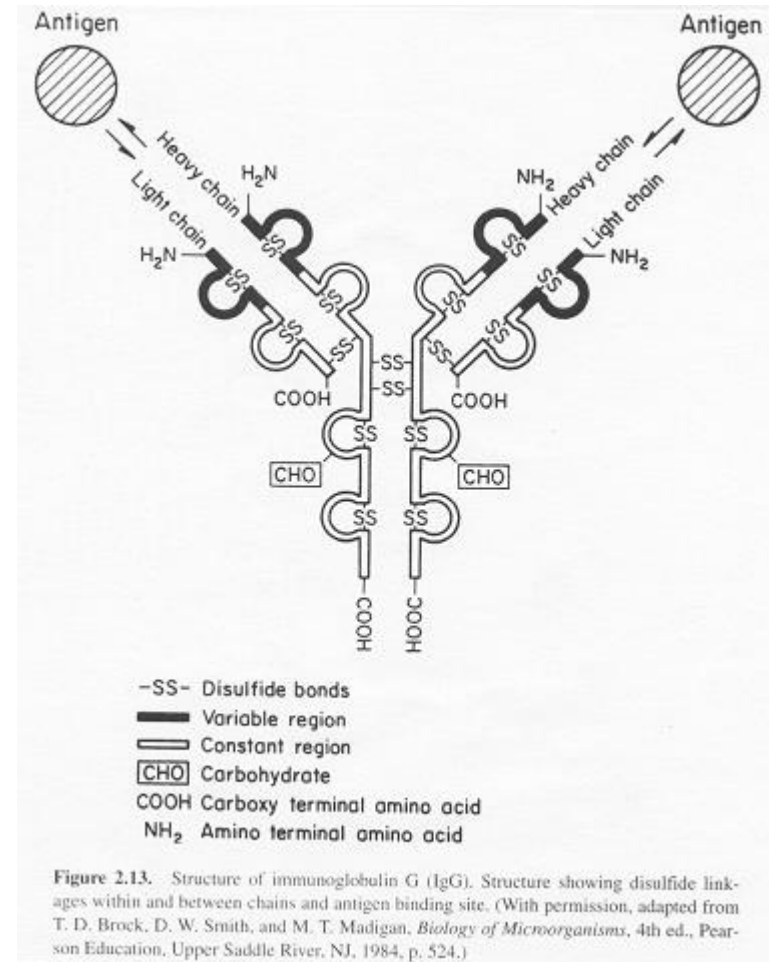
- 섬유상 단백질 (fibrous protein)
- 구상 단백질 (globular protein)

기능

- 구조단백질: 콜라겐, 엘라스틴 (피부), 케라틴
- 촉매단백질: 효소 (아밀레이스, 카탈레이스, 라이소자임, 펩신)
- 운반단백질: 아쿠아포린 (물), 도파민 수용체, 헤모글로빈, 혈청알부민 (steroids, fatty acids, thyroid hormones)
- 조절단백질: 인간성장호르몬, 인슐린, 시그마 인자, 전사 인자
- 면역단백질: 항체, 트롬빈

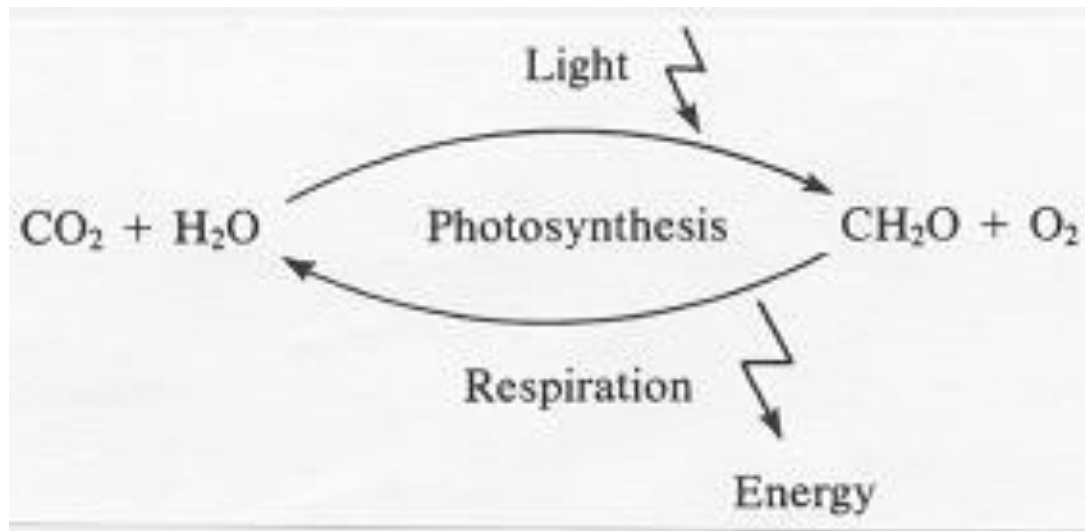
항체 (antibody) or 면역 글로불린 (immunoglobulin)

- 특정분자에 매우 높은 특이성으로 결합하는 단백질
- 외부 거대분자 (항원, antigen)에 대한 반응 → 항원-항체 복합체 생성: 체액성 면역반응
- 혈청이나 특정세포에 존재
- 임상병리학적으로 중요, 진단시약, 단백질 정제, 항암제 전달 (항체-약물 접합체, ADC)에 사용
- 생물공학 분야에서 가장 중요한 제품
- 두 개의 결합부위
- 4개의 polypeptide 사슬
- 두 개의 무거운 (H) 사슬, 두 개의 가벼운 (L) 사슬, Y 형, S-S 결합
- 사람 5개 (IgG, IgA, IgD, IgM, IgE)



탄수화물: 단당류와 다당류

- 세포의 구조물질, 저장물질, 동, 식물에서 화학적 신호현상 조절
- 일반식 $(CH_2O)_n$ ($n \geq 3$)
- 광합성에 의해 CO_2 로부터 합성
- 당 수에 따라 단당류, 이당류, 다당류로 구분

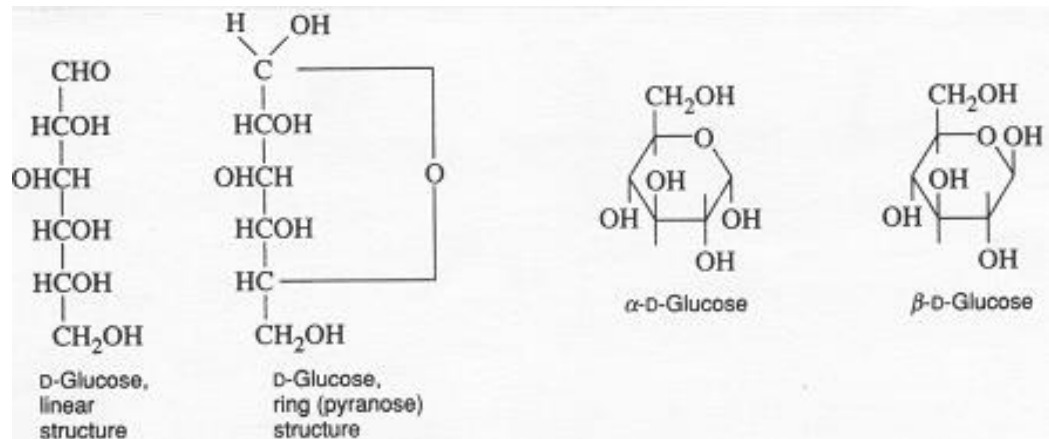
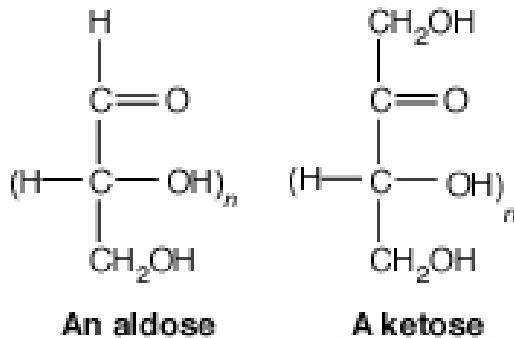


단당류 (monosaccharide): 3~9개의 탄소원자

- 단당류의 구분
 - 기능기: aldose와 ketose
 - 탄소수: 3탄당 (triose), 4탄당 (tetrose), 5탄당 (pentose), 6탄당 (hexose)

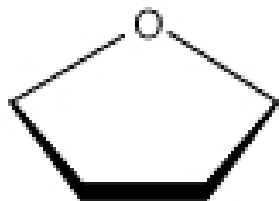
ex) glucose (포도당): aldohexose

- 수용액에서 당은 cyclic form (환형)으로 존재

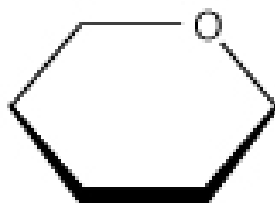


Cyclic sugar 표기법 (Fisher법)

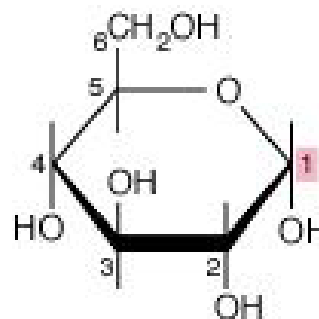
1. O가 있는 5각형 or 6각형을 그린다.
2. O의 오른쪽부터 탄소번호 부여
3. OH기를 적는다 (평면 위/아래 구분).



Five-membered ring

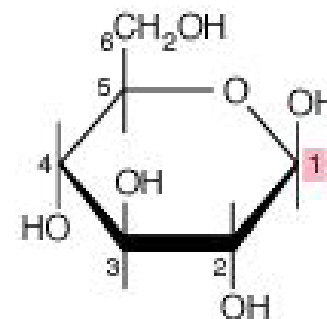


Six-membered ring



α -D-Glucose

(a)



β -D-Glucose

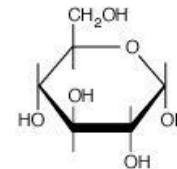
(b)

중요한 단당류들

- 포도당(glucose)



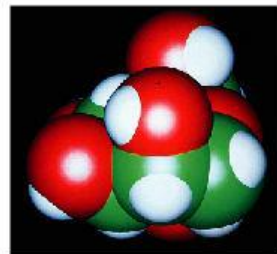
(a)



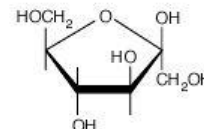
(b)

예) α -D-glucose

- 과당(fructose)



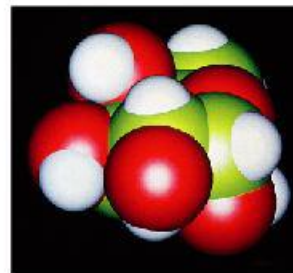
(a)



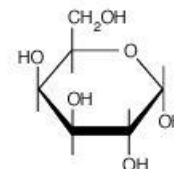
(b)

예) β -D-fructose

- 갈락토오스(galactose)



(a)



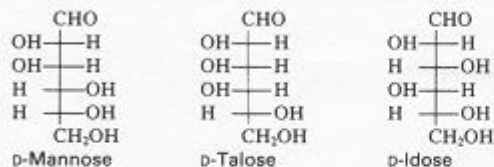
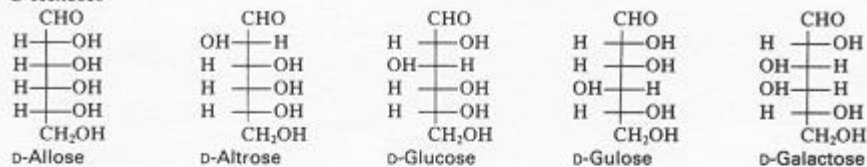
(b)

OH가 아래로 가면 glucose

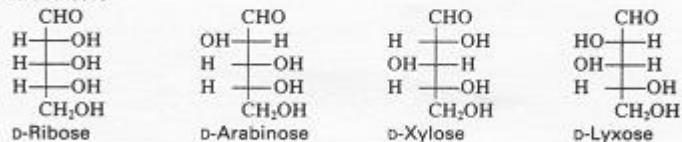
TABLE 2.5 Common Monosaccharides

I. Aldoses

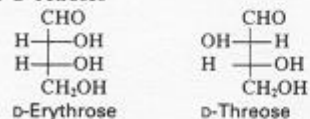
a. D-Hexoses



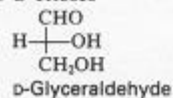
b. D-Pentoses



c. D-Tetroses

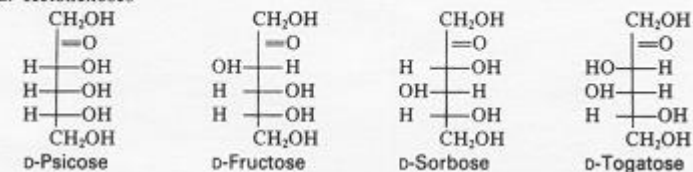


d. D-Trioses

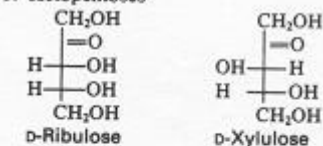


Ketoses

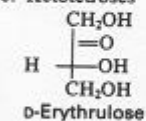
a. Ketohexoses



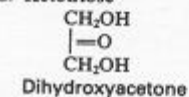
b. Ketopentoses



c. Ketotetroses



d. Ketotriose



이당류 (disaccharide): 두 단당류의 축합

맥아당 (maltose)

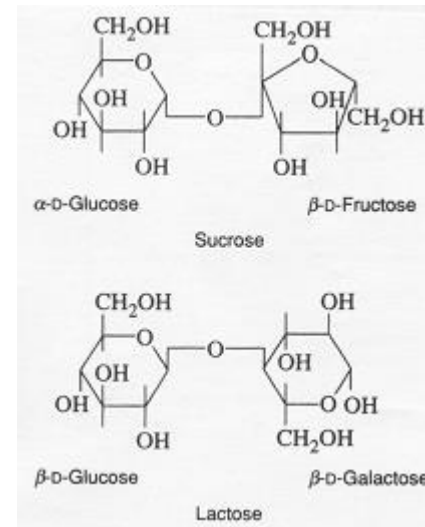
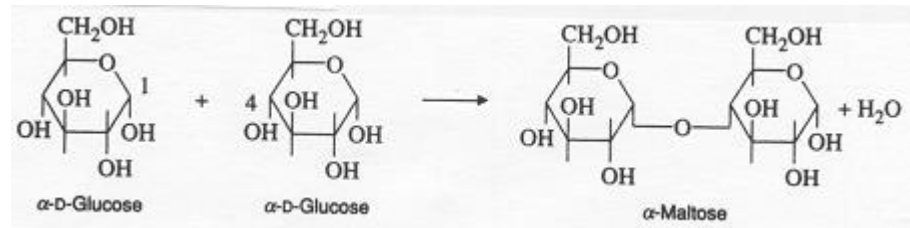
= α -glucose + α -glucose
→ α -1,4 glycosidic linkage

수크로우스 (sucrose)

= α -glucose + β -fructose
→ α,β -1,2 glycosidic linkage

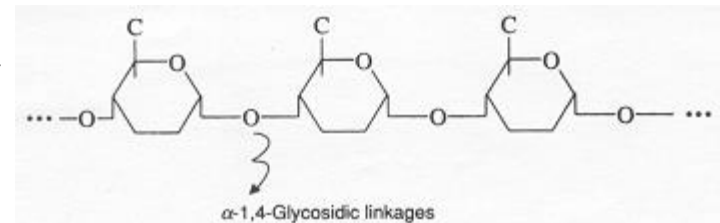
유당 (lactose)

= β -glucose + β -galactose
→ β , β -1,4 glycosidic linkage

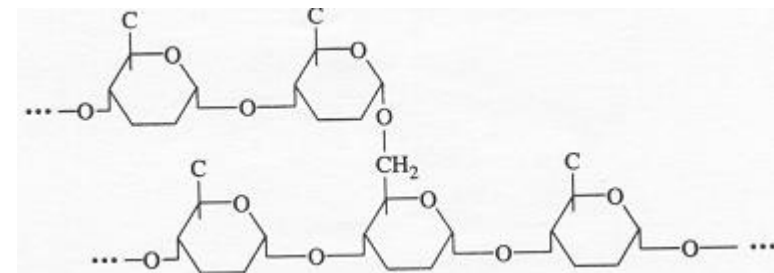


다당류 (polysaccharide, oligosaccharide):
두 개 이상의 단당류가 glycosidic 결합

아밀로오스 (amylose): 직쇄사슬, 분자량 수 천~50만, 불용성, 전분의 약 20%
= α -glucose의 α -1,4 glycosidic linkage

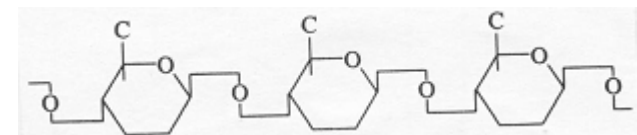


아밀로펙틴 (amylopectin): 분자량 1~2백만, 수용성
= α -glucose의 α -1,4 (주가닥) 및 α -1,6 (분지) glycosidic linkage



글리코겐 (glycogen): 분자량 5백만 이하
= α -glucose의 α -1,4 (주가닥) 및 α -1,6 (분지) glycosidic linkage
cf. 글리코겐은 척추동물의 탄수화물 저장형태

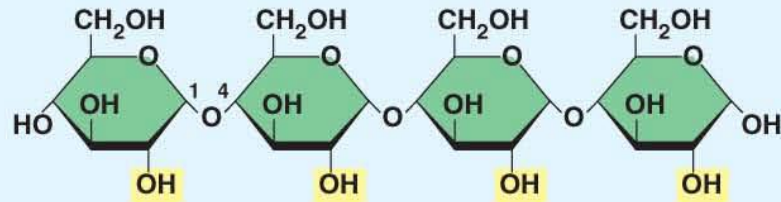
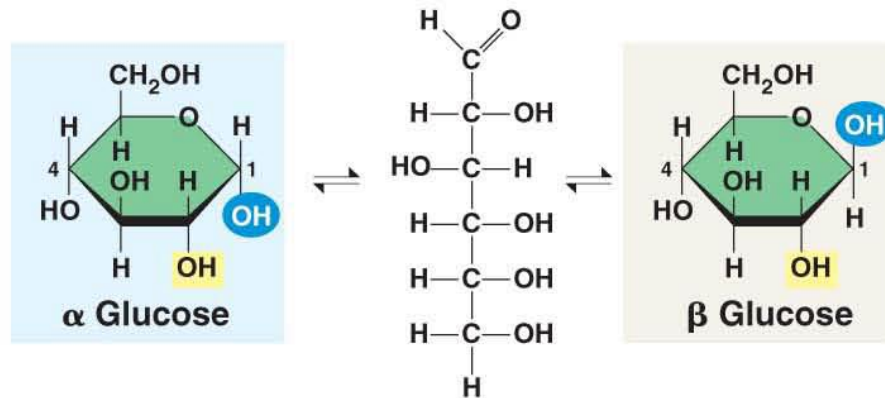
셀룰로오스 (cellulose): 분자량 5만~백만, 분지 없음
= β -glucose의 β -1,4 glycosidic linkage
cf. 식물 중량의 약 1/3, 인간은 셀룰로오스 분해효소 없다.
특정 미생물 (소 위 서식)만 분해효소 갖는다.



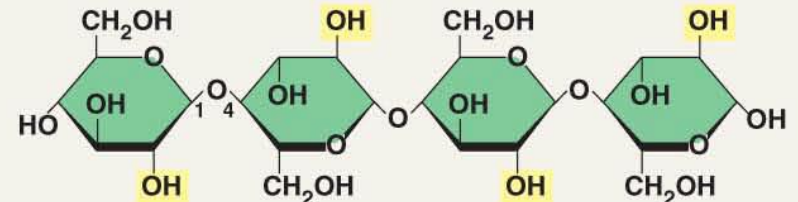
당쇄반응 (glycosylation)

- 글리칸 (다당류)이 효소의 작용에 의해 다른 생체 분자 (단백질, 지질 등)의 히드록실기 또는 다른 작용기에 부착하는 것
- 생체 분자에 부가적인 정보층을 추가함으로써 단백질 구조와 기능 조절 및 세포 표면 특성 변경과 같은 다양한 생물학적 역할
- 임상 및 전임상 개발 상태에 있는 치료용 단백질 중 약 70%가 당단백질
- 진핵생물 (효모, 동물세포 등)에서만 일어남.

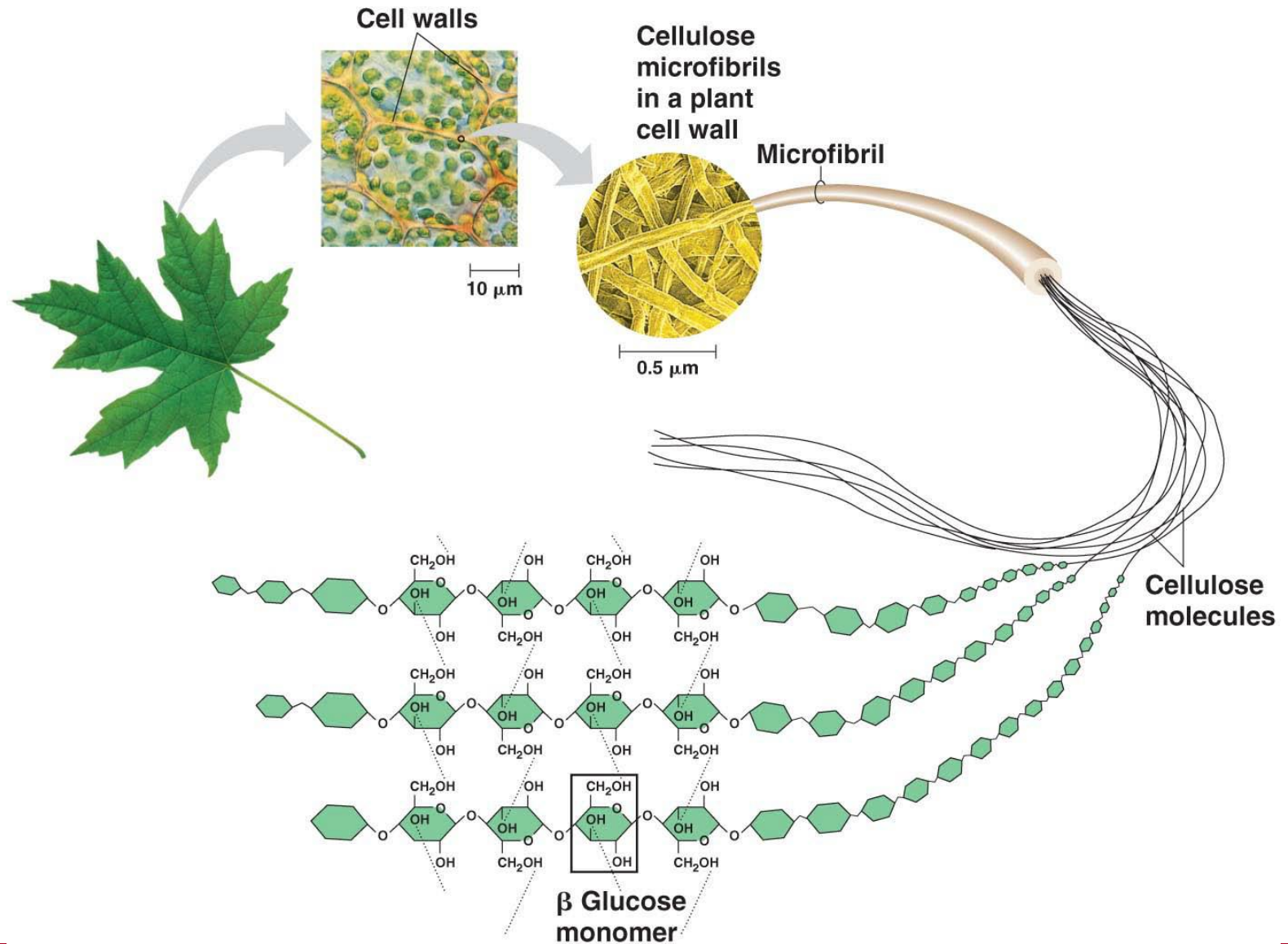
(a) α and β glucose ring structures



(b) Starch: 1–4 linkage of α glucose monomers



(c) Cellulose: 1–4 linkage of β glucose monomers



지질 (Lipid), 지방 (Fat), 스테로이드 (Steroid)

- 지질 ← 지방산
- Lipid는 종류가 워낙 다양하고 성질이 다르므로, 구조적 명칭이 아니고 기능적 명칭이다.
- 즉 지질은 물에 잘 안 녹는 생체분자 (지방, 기름, 인지질, 스테로이드, 카로테노이드 등)를 총칭한다.
- 지질의 종류
 - (1) 지방산 (fatty acid)과 그 유도체
 - (2) 트리아실글리세롤 (triacylglycerol)
 - (3) 왁스 에스테르 (wax ester)
 - (4) 인지질 (phospholipid) (포스포글리세리드와 스피고미엘린)
 - (5) 스피고지질
 - (6) 이소프레노이드

지방산 (fatty acid):

carboxylic acid (친수성)를 가진 탄화수소 (소수성)



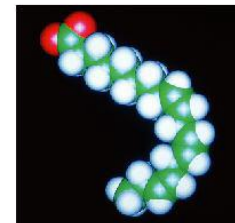
~~~~~COOH (탄소가 12-20개)

- 지방산은 지질의 구성 성분
- 불포화지방산: 이중결합 포함
- 포화지방산: 모두 단일결합
- 자연계의 지방산은 대부분 cis 형 → 경직된 꺾임 구조 → 분자간 인력 감소 → 녹는점 감소

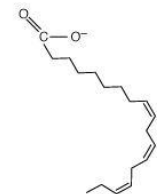
cf. 포화지방산보다 불포화 지방산의 녹는점은 낮다.



(a)

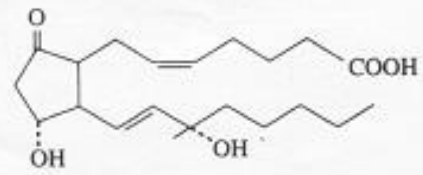


(b)





**TABLE 2.6** Examples of Common Fatty Acids

| Acid                             | Structure                                                                               |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Saturated fatty acids</b>     |                                                                                         |
| Acetic acid                      | $\text{CH}_3\text{COOH}$                                                                |
| Propionic acid                   | $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$                                                     |
| Butyric acid                     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$                                                 |
| Caproic acid                     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$                                                 |
| Decanoic acid                    | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$                                                 |
| Lauric acid                      | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$                                              |
| Myristic acid                    | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$                                              |
| Palmitic acid                    | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$                                              |
| Stearic acid                     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$                                              |
| Arachidic acid                   | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$                                              |
| Behenic acid                     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$                                              |
| Lignoceric acid                  | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COOH}$                                              |
| <b>Monoenoic fatty acids</b>     |                                                                                         |
| Oleic acid                       | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$               |
| <b>Dienoic fatty acid</b>        |                                                                                         |
| Linoleic acid                    | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$       |
| <b>Trienoic fatty acids</b>      |                                                                                         |
| $\alpha$ -Linolenic acid         | $\text{CH}_3\text{CH}_2(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$           |
| $\gamma$ -Linolenic acid         | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$       |
| <b>Tetraenoic fatty acid</b>     |                                                                                         |
| Arachidonic acid                 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_4(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$       |
| <b>Unusual fatty acids</b>       |                                                                                         |
| Tariric acid                     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{C}(\text{CH}_2)=\text{C}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ |
| Lactobacillic acid               | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$                         |
| Prostaglandin ( $\text{PGE}_2$ ) |     |

**TABLE 11.1**  
**Examples of Fatty Acids**

| Common Name                    | Structure                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Abbreviation                  |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Saturated Fatty Acids</b>   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
| Myristic acid                  | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 14:0                          |
| Palmitic acid                  | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                                                                                            | 16:0                          |
| Stearic acid                   | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                                                                      | 18:0                          |
| Arachidic acid                 | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                                                | 20:0                          |
| Lignoceric acid                | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                                                                                                                                                    | 24:0                          |
| Cerotic acid                   | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{26}\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$                                                                                                                                                   | 26:0                          |
| <b>Unsaturated Fatty Acids</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                               |
| Palmitoleic acid               | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                 | 16:1 <sup>Δ9</sup>            |
| Oleic acid                     | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                                                                                                                                                                                                 | 18:1 <sup>Δ9</sup>            |
| Linoleic acid                  | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$                                                                                               | 18:2 <sup>Δ9, 12</sup>        |
| α-Linolenic acid               | $\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ | 18:3 <sup>Δ9, 12, 15</sup>    |
| Arachidonic acid               | $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\left(\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{CH}_2}}-\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}=\overset{\text{H}}{\underset{ }{\text{C}}}\right)_4-(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$                                                                                                                                   | 20:4 <sup>Δ5, 8, 11, 14</sup> |

\*총 탄소수=16  
\*이중결합수=1  
\*Carboxyl기로부터  
9~10 탄소 중간에  
이중결합 존재

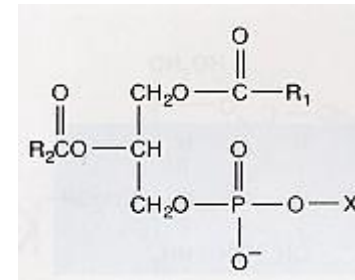
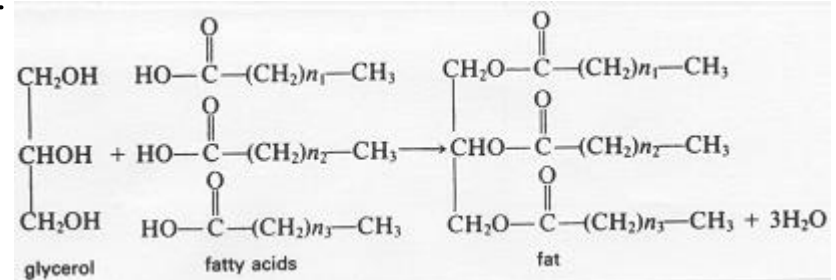
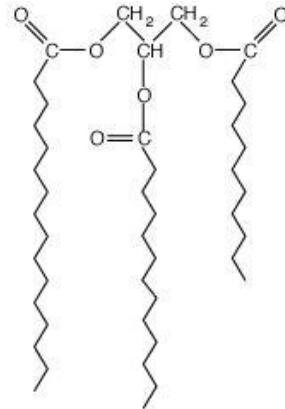
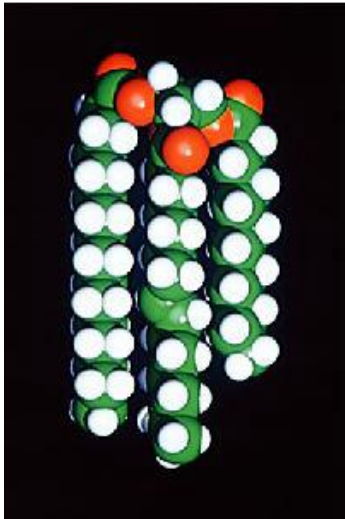
이중결합이  
2개 이상이면  
다중불포화지방산

## 지방 (fat): glycerol과 지방산의 ester

- 지방의 대표 사례: Triacylglyceride: 3개 지방산과 glycerol의 ester
- 불포화지방산이 많아서 실온에서 액체인 triacylglycerol → 기름 (oil)
- 포화지방산이 많아서 실온에서 고체인 triacylglycerol → 지방 (fat)

cf. Phosphoglyceride: carboxyl group이 인산으로 대체된 것

- 세포막의 주요 구성성분
- 인지질 (phospholipid)이라고 부름



## 스테로이드 (steroid)

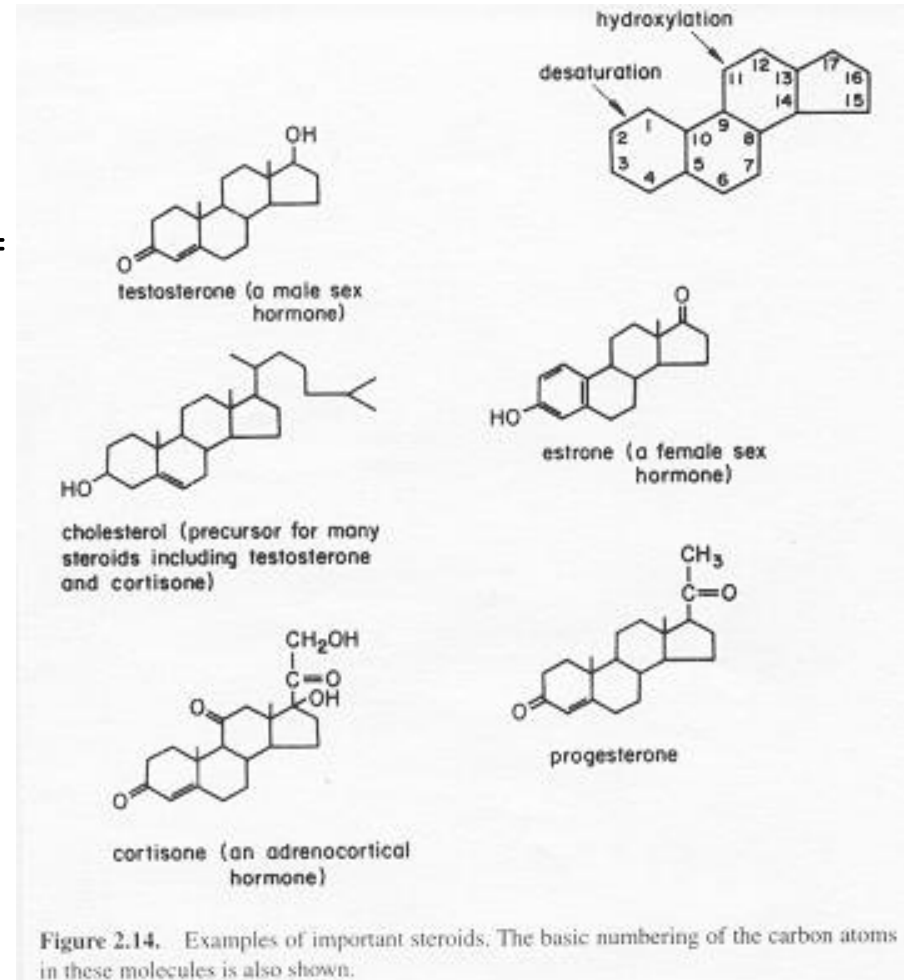
- 호르몬으로 작용

ex) 콜레스테롤

코르티손: 관절염, 피부질환 치료제

에스트로젠, 프로게스테론 유도물: 피임약

- 물에 안 녹으니까 지질
- 합성 스테로이드:
- 남성호르몬 테스토스테론의 변형체, 성호르몬 생성 감소
- 상업적 생산 중요: 미생물 전환법

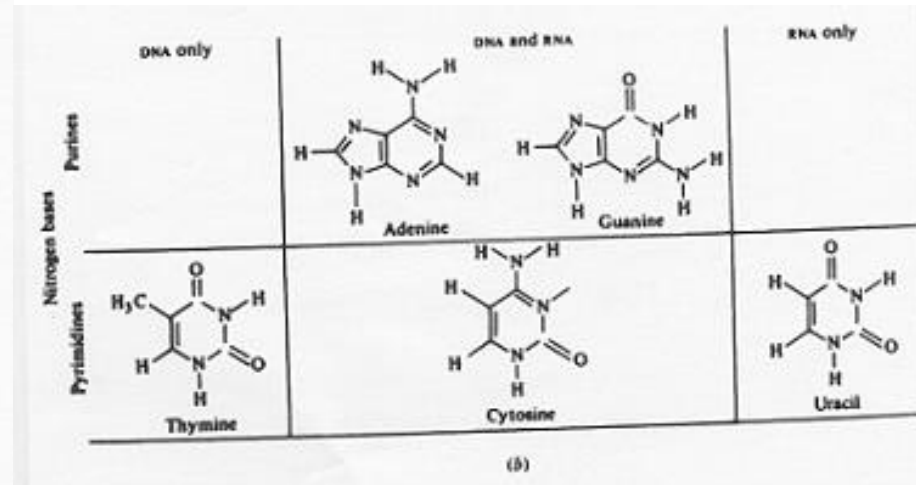
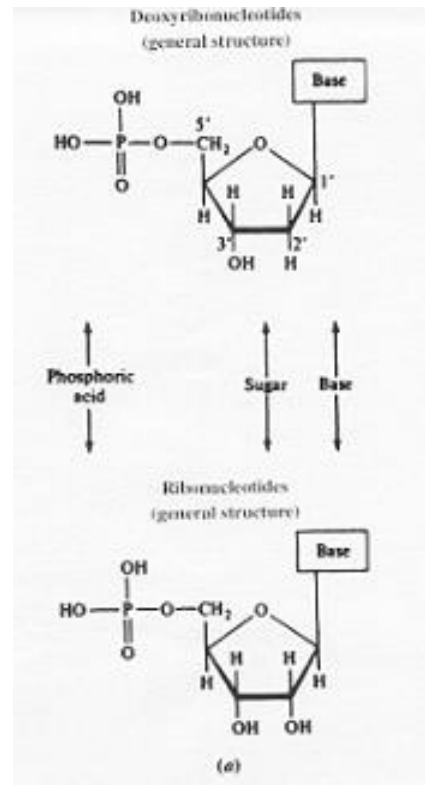


## 핵산, RNA, DNA

- 핵산 ← 뉴클레오타이드 (Nucleotides)
- DNA를 구성하는 nucleotide: deoxyribose + base (A,T,G,C) + 인산
- RNA를 구성하는 nucleotide: ribose + base (A,U,G,C) + 인산
- Base의 종류

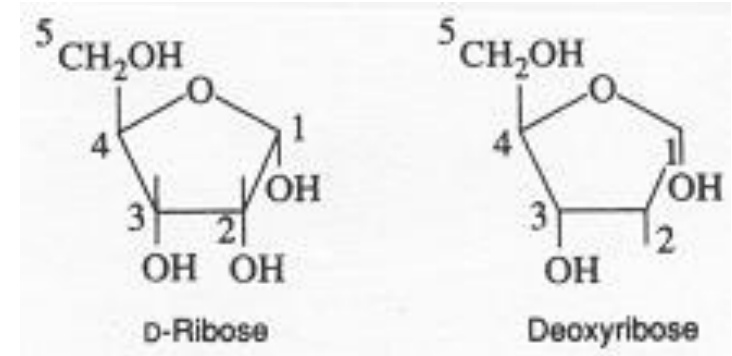
DNA: A=T, G≡C

RNA: A=U, G≡C



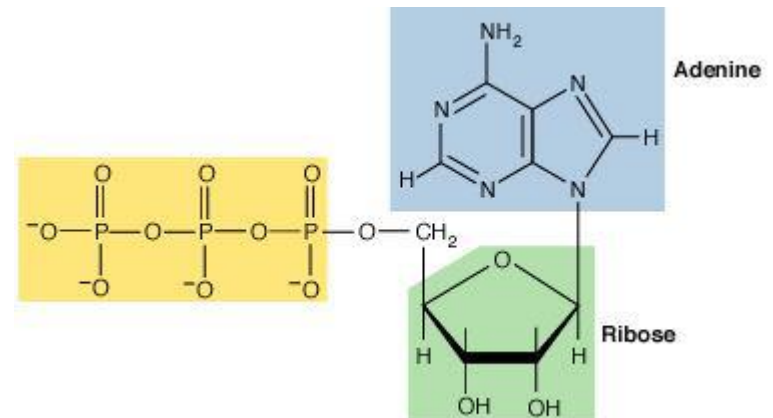


- 핵산의 구성성분으로 사용되는 5탄당류 (Ribose → RNA, Deoxyribose → DNA)



- 뉴클레오타이드의 구조  
5탄당(ribose 또는 deoxyribose)  
+ Base  
+ phosphate

- 뉴클레오타이드의 일종인 Adenosine-3-phosphate (ATP)의 구조



- DNA의 Nucleotide는 3'-5'-phosphodiester bond로 연결
- 쓸 때는 5'을 왼쪽, 3'을 오른쪽에 쓴다  
(예) 5'-ATGC-3'
- cf. DNA가 복제될 때, 5'부터 복제된다.
- cf. 단백질은 N말단 → C말단

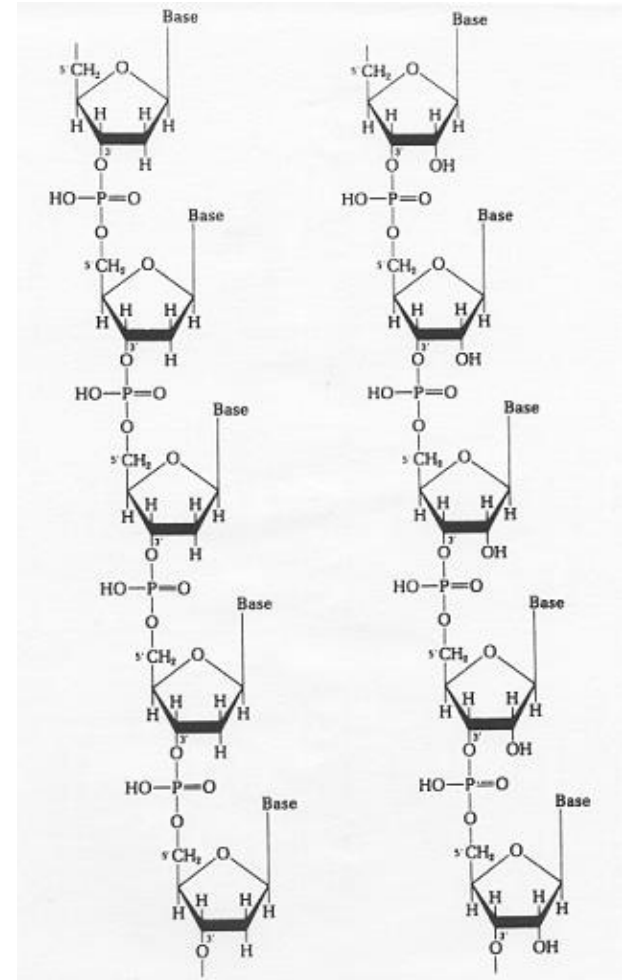
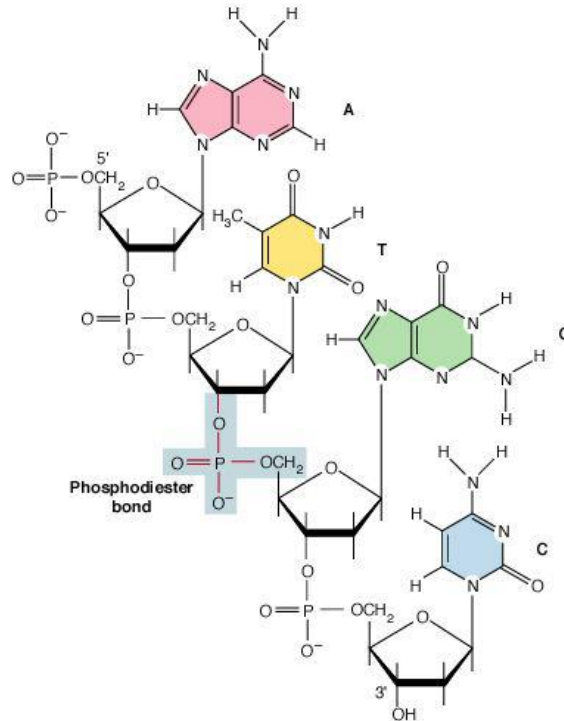
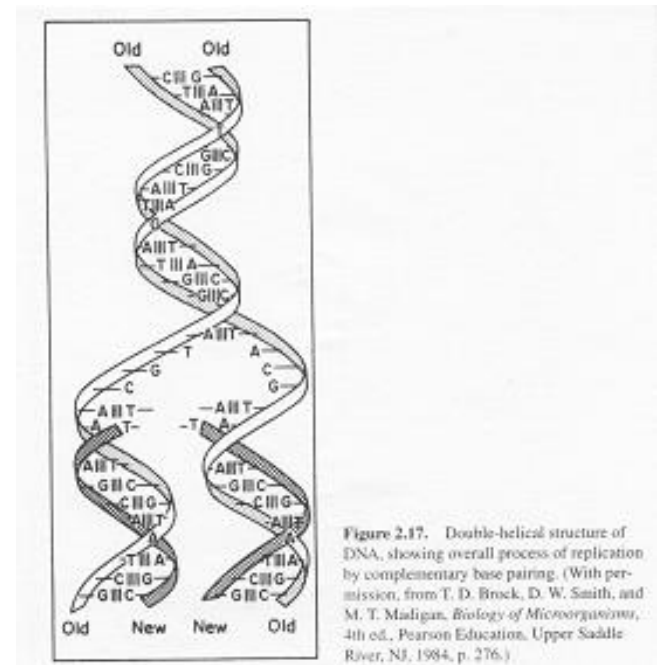
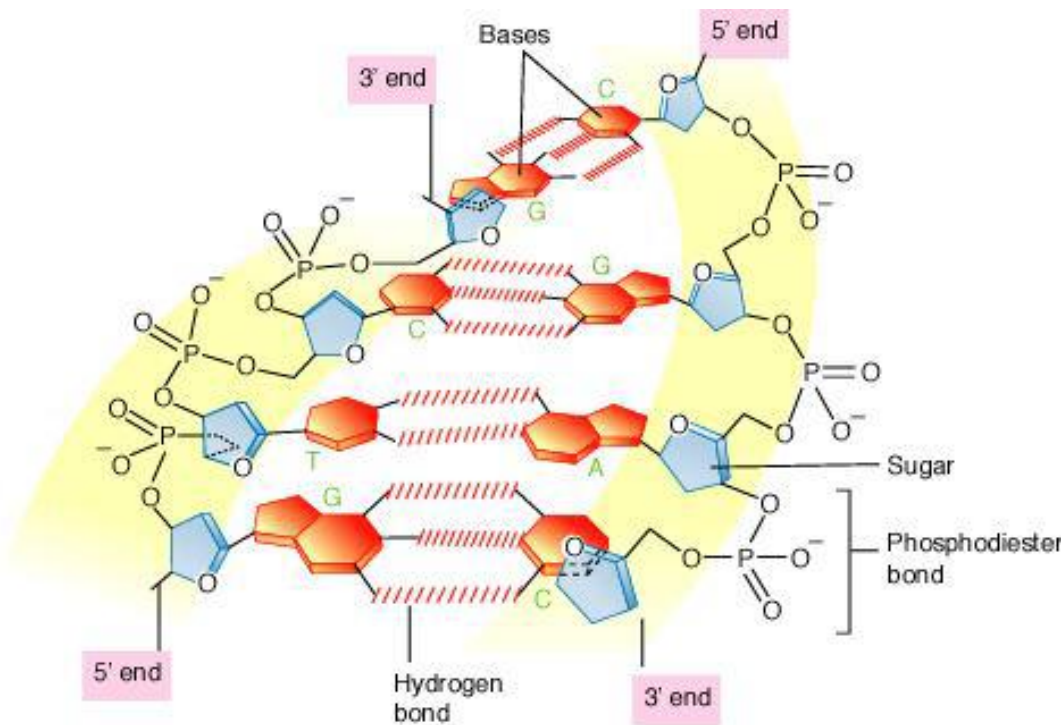
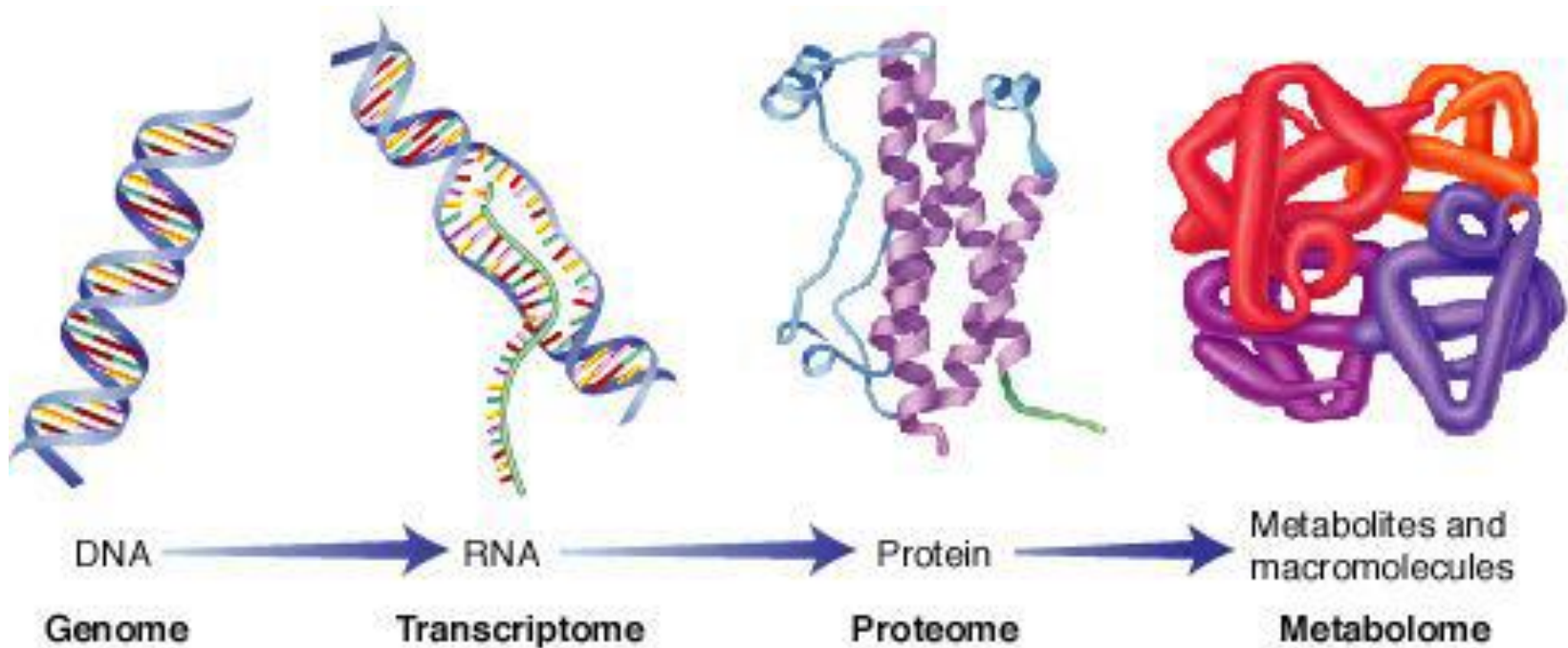


Figure 2.16. Structure of DNA and RNA chains. Phosphodiester bonds are formed between 3' and 5' carbon atoms. (With permission, from A. Lehninger, *Biochemistry*, 2d ed., Worts Publishing, New York, 1975, p. 319.)

- DNA는 이중 나선 구조로 존재 (한가닥은 5'→3', 다른 가닥은 3'→5')
- 이중나선을 이루는 힘=수소결합
- 수소결합 개수: A=T, G≡C
- Base는 안쪽에, 친수성 인산기는 바깥쪽에 존재

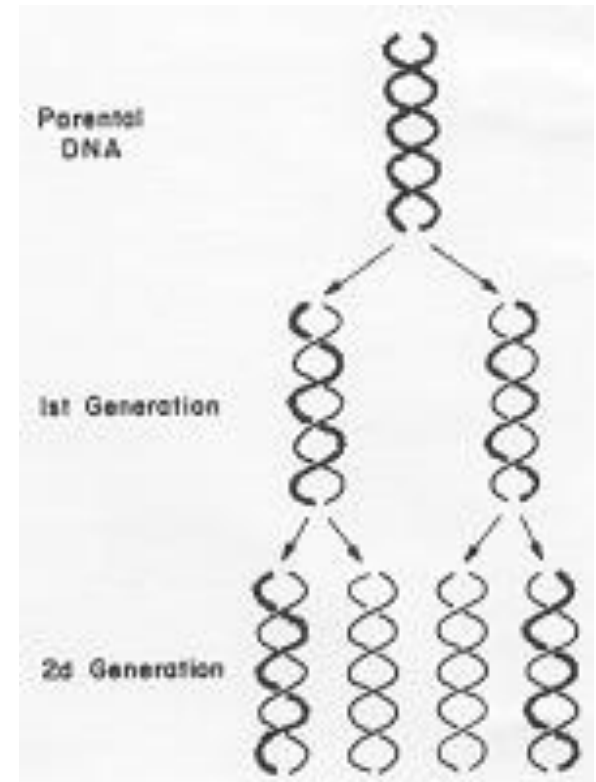
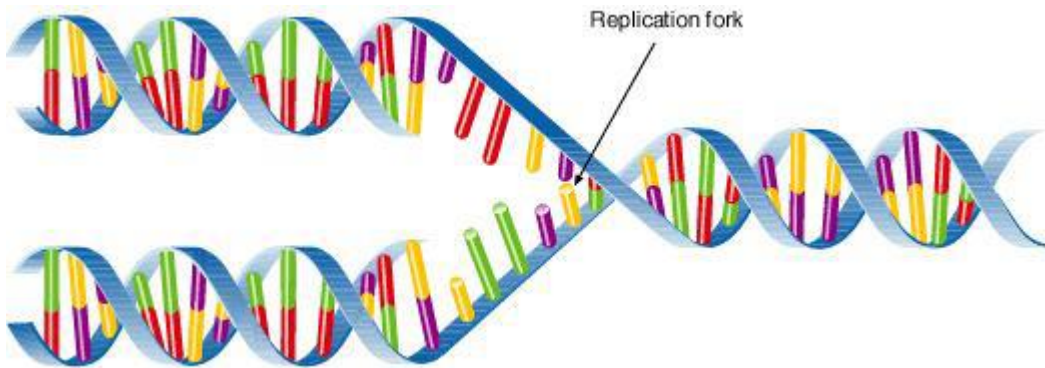


- Central dogma (생물정보의 흐름에 대한 중심원리)



## 복제 (replication)

- 복제분기점
- 복제과정: 반보존적 복제 (semiconservative replication)  
이중나선 구조가 풀리면서 각 single strand에 대한 복제가 진행





## RNA의 기능

- 전령 RNA (mRNA): 염색체에서 리보솜으로 유전정보 전달, 짧은 반감기를 가진 큰 분자
- 운반 RNA (tRNA): 세포질에서 리보솜으로 아미노산 전달, 상대적으로 작고 안정한 분자
- 리보솜 RNA (rRNA): 리보솜의 주요 성분 (65%), 나머지는 단백질, 대장균 세 종류 (23S, 16S, 5S), 전체 RNA의 85% (tRNA 12%, mRNA 2-3%)
- 논코딩 RNA (ncRNA): 단백질로 번역되지 않는 RNA, tRNA, rRNA, 조절 RNA
  - 작은 조절 RNA: miRNA (microRNA), siRNA (small interfering RNA), snoRNA (small nucleolar RNA), 특정한 mRNA 분자에 붙어 활성을 올리거나 낮춤, 예: mRNA에 작용하여 단백질이 생성되는 것을 막을 수 있음
  - 긴 조절 RNA: lnc RNA (long ncRNA), 유전자 전사 조절이나 전사 후 mRNA 가공

## 2.3. 세포 영양소 (Cell Nutrients)

- 미생물의 화학조성 및 배양농도

**TABLE 2.7** Chemical Analyses, Dry Weights, and the Populations of Different Microorganisms Obtained in Culture

| Organism                | Composition (% dry weight) |              |              | Typical population in culture (numbers/ml) | Typical dry weight of this culture (g/100 ml) | Comments                                                                                       |
|-------------------------|----------------------------|--------------|--------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | Protein                    | Nucleic acid | Lipid        |                                            |                                               |                                                                                                |
| Viruses                 | 50–90                      | 5–50         | <1           | $10^8$ – $10^9$                            | 0.0005 <sup>a</sup>                           | Viruses with a lipoprotein sheath may contain 25% lipid.                                       |
| Bacteria                | 40–70                      | 13–34        | 10–15        | $2 \times 10^8$ – $2 \times 10^{11}$       | 0.02–2.9                                      | PHB content may reach 90%                                                                      |
| Filamentous fungi       | 10–25                      | 1–3          | 2–7          |                                            | 3–5                                           | Some <i>Aspergillus</i> and <i>Penicillium</i> sp. contain 50% lipid.                          |
| Yeast                   | 40–50                      | 4–10         | 1–6          | $1$ – $4 \times 10^8$                      | 1–5                                           | Some <i>Rhodotorula</i> and <i>Candida</i> sp. contain 50% lipid.                              |
| Small unicellular algae | 10–60<br>(50)              | 1–5<br>(3)   | 4–80<br>(10) | $4$ – $8 \times 10^7$                      | 0.4–0.9                                       | Figure in ( ) is a commonly found value but the composition varies with the growth conditions. |

<sup>a</sup>For a virus of 200 nm diameter.

With permission, from S. Aiba, A. E. Humphrey, and N. F. Millis, *Biochemical Engineering*, 2d ed., University of Tokyo Press, Tokyo, 1973.

- 세포가 성장하기 위한 영양소의 구분

1. 다량 영양소 (macronutrients):  $> 10^{-4}$  M 필요

예) C, N, O, H, S, P,  $Mg^{2+}$ ,  $K^{+}$

2. 미량 영양소(micronutrients):  $< 10^{-4}$  M 필요

$Mo^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Na^{+}$ ,

vitamin, growth hormone, metabolic intermediate

## 탄소원(carbon source)

- 탄소는 건조중량의 ~50%
  - 탄소원에 따른 분류
    - 종속영양주 (heterotroph): 탄소원으로 유기탄소를 사용
    - 독립영양주 (autotroph): 탄소원으로 무기탄소 (이산화탄소)를 사용
    - 혼합영양주 (mixotroph): 유기/무기탄소를 모두 사용
  - 산업적 탄소원: 당밀 (설탕), 전분 (포도당, 덱스트린), 옥수수시럽, 제지폐기액 등
  - 실험실용 탄소원: 포도당, 설탕, 과당
- cf. 특정미생물에서는 MeOH, EtOH, CH<sub>4</sub>도 사용 가능

### 질소원 (nitrogen source)

- 질소는 건조중량의 10~14%
- 산업적 질소원: 콩가루 (soya meal), yeast extract, 증류부산물 (distillers extract), 건조혈액 등
- 실험실용 질소원:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , 단백질, 펩타이드, 아미노산 등

cf. 일부 미생물 (*Azotobacter* sp., Cyanobacteria)은 질소( $\text{N}_2$ ) 고정화

### 산소원 (oxygen source)

- 산소는 건조중량의 ~20%
- 산소원: 주로 공기 (산소=~21%)를 폭기 (호기성 미생물은 최종 전자수용체로 산소 사용)

### 수소원 (hydrogen source)

- 수소는 건조중량의 ~8%
- 수소원: 탄수화물 등에서 공급

cf. 일부 박테리아는 수소를 에너지원으로 사용



### 인 원 (phosphorus source)

- 인은 건조중량의 ~3%
- 인원:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , glycerol phosphate 등

### 황 원 (sulfur source)

- 황은 건조중량의 ~1%
- 황원:  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 황을 포함하는 아미노산 (Met, Cys)

### 칼륨 원 (potassium source)

- 일부 효소의 보조인자 (cofactor),
- 이온의 능동수송에 필요 ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ : 흡수,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  : 방출)
- 칼륨 원:  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  등

### 마그네슘 원 (magnesium source)

- 일부 효소의 보조인자, Ribosome의 활성화에 꼭 필요
- Mg 원:  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2$  등

## 미량영양소

- 부족: 지연기 길어짐, 비성장속도, 수율 감소
  1. 일반적으로 추가되는 미량원소: Fe, Zn, Mn
  2. 때때로 추가되는 미량원소: Cu, Co, Mo, Ca, Na, Cl, Ni, Se
  3. 드물게 추가되는 미량원소: B, Al, Si, Cr, V, Sn, Be, F, Ti, Ga, Ge, Br, Zr, W, Li, I
    - $10^{-6}$  M 이하,  $10^{-4}$  M: 독성
- $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $PO_4^{3-}$ : 배지에서 침전, 세포 이용 못함.
- 킬레이트제
  - 금속 이온과 결합, 수용성 화합물 형성
  - 리간드 ( $-COOH$ ,  $-NH_2$ ,  $-SH$ )를 갖고 있음.
  - 예: 구연산, EDTA, 폴리인산염, 히스티딘, 타이로신, 시스틴, 1 mM  $Na_2$  EDTA
- 생장인자 (growth factor): 생장과 일부 대사산물 합성 촉진
- 비타민, 호르몬, 아미노산

## 배지 (media): 영양소가 녹아있는 액체 또는 젤

- 제한배지 (defined media)
  - 화학조성을 알고 있는 순수화합물 포함  
(예) 포도당,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$
  - 결과재현 용이, 제어 용이
- 복합배지 (complex media)
  - 화학조성이 정확하지 않은 자연화합물 포함  
(예) 옥수수추출물, 혈청 등을 포함한 배지
  - 생장인자, 비타민, 호르몬, 미량원소 공급
  - 더 높은 균체수율

**TABLE 2.10** Compositions of Typical Defined and Complex Media

| Defined medium                                               |           |                     |
|--------------------------------------------------------------|-----------|---------------------|
| Constituent                                                  | Purpose   | Concn (g/liter)     |
| Group A                                                      |           |                     |
| Glucose                                                      | C, energy | 30                  |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$                                     | K, P      | 1.5                 |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$                    | Mg, S     | 0.6                 |
| $\text{CaCl}_2$                                              | Ca        | 0.05                |
| $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$                                 | Fe        | $15 \times 10^{-4}$ |
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$                    | Zn        | $6 \times 10^{-4}$  |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$                    | Cu        | $6 \times 10^{-4}$  |
| $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$                     | Mn        | $6 \times 10^{-4}$  |
| Group B                                                      |           |                     |
| $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$                                | N         | 6                   |
| $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$                         | N         | 5                   |
| Group C                                                      |           |                     |
| $\text{C}_6\text{H}_5\text{NaO}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | Chelator  | 4                   |
| Group D                                                      |           |                     |
| $\text{Na}_2\text{HPO}_4$                                    | Buffer    | 20                  |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$                                     | Buffer    | 10                  |
| Complex medium used in a penicillin fermentation             |           |                     |
| Glucose or molasses (by continuous feed)                     |           | 10% of total        |
| Corn steep liquor                                            |           | 1-5% of total       |
| Phenylacetic acid (by continuous feed)                       |           | 0.5-0.8% of total   |
| Lard oil (or vegetable oil) antifoam by continuous addition  |           | 0.5% of total       |
| pH to 6.5 to 7.5 by acid or alkali addition                  |           |                     |