

Biochemie I
2015/2016

Makromolekuly
buňky

František Škanta

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

Cukry

Jsou sladké

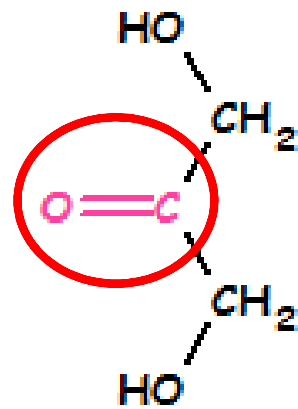
Přehled strukturních forem sacharidů

Monosacharidy

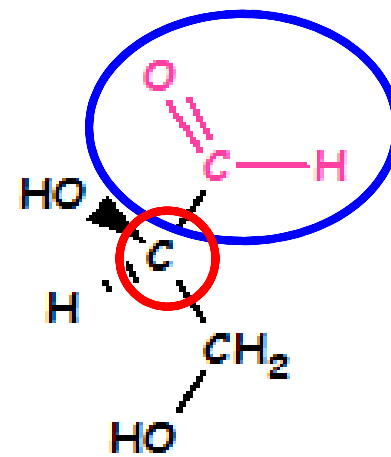
Oligosacharidy

Polysacharidy

Ketotriosa a aldotriosa



Dihydroxyacetone
(ketosa)



D-Glyceraldehyd
(aldosa)

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

α a β anomery

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

α a β anomery

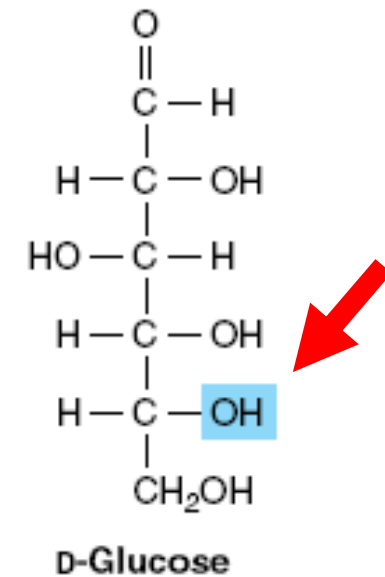
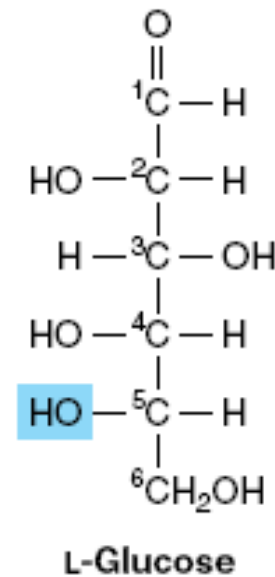
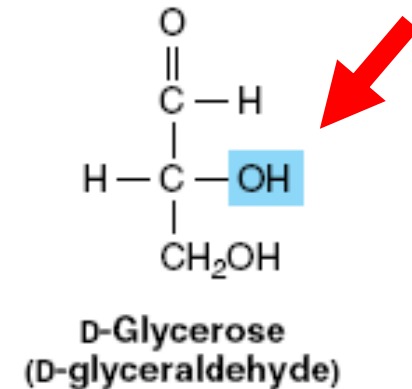
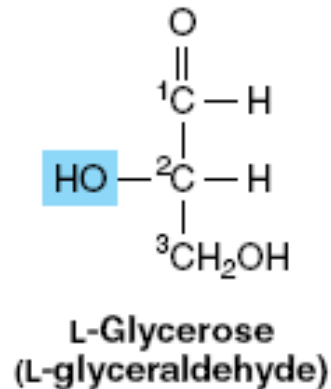
D- a L- izomery



= zrcadlové obrazy
(enantiomery)

významné jsou
D-monosacharidy

zrcadlo



Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

α a β anomery

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

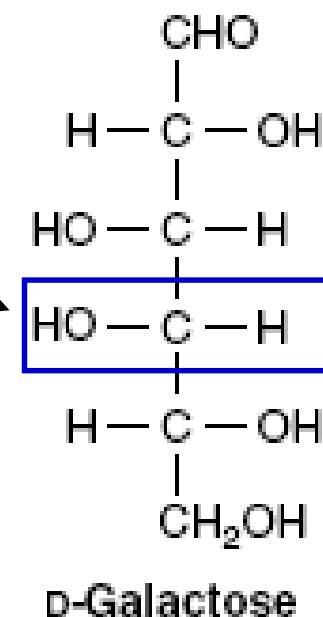
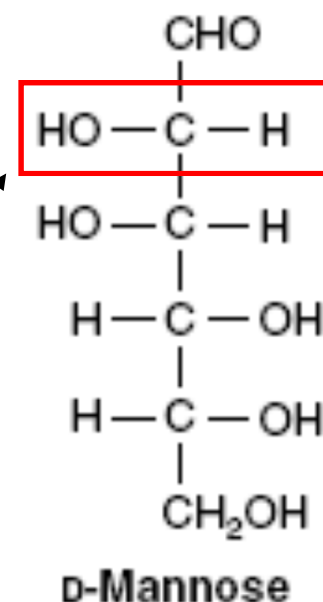
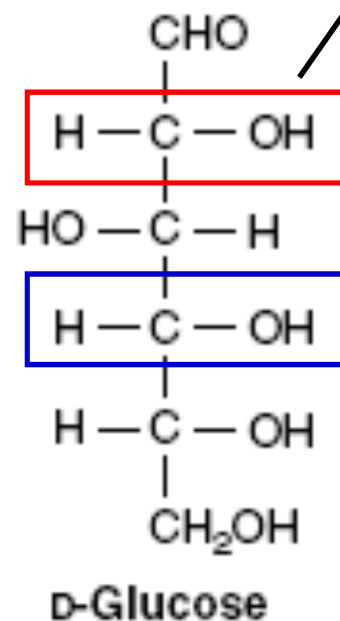
α a β anomery

Epimery

= izomery cukrů lišící se
polohou pouze jedné
-OH skupiny

Man = 2-epimer Glc

Gal = 4-epimer Glc



Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

α a β anomery

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

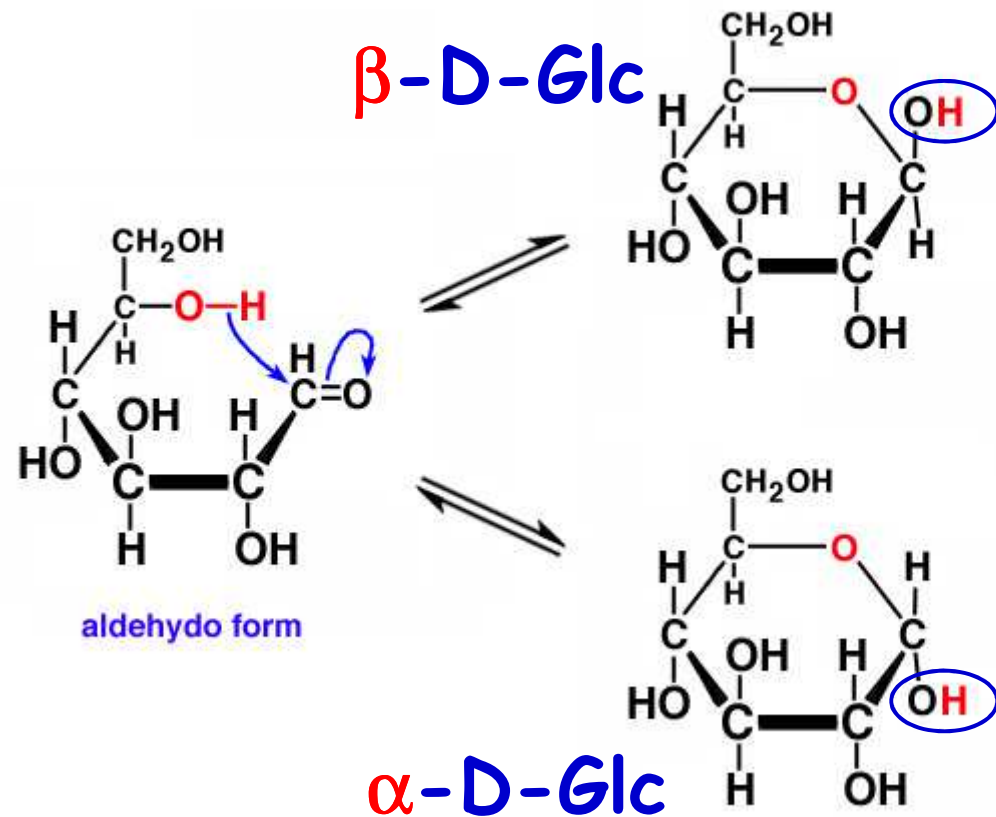
α a β anomery

α a β anomery



pouze cyklické
formy

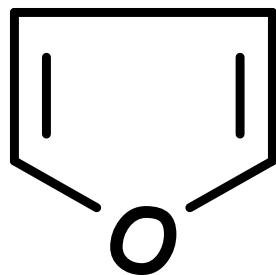
α -/ β -OH = anomerní
(poloacetalová)
hydroxylová skupina



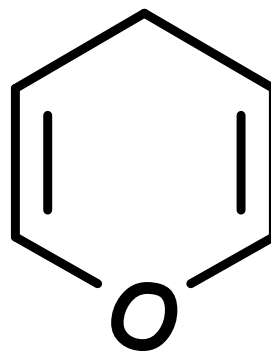
- při rozpouštění cukru ve vodě se ustanovuje rovnováha mezi anomery = **mutarotace**
(optická otáčivost anomerů se liší)

**V roztoku převládají monosacharidy cukrů
v cyklické formě.**

Aldehydy tvoří poloacetalové, ketony poloketalové.



Furan



Pyran

Stereoizomerie cukrů

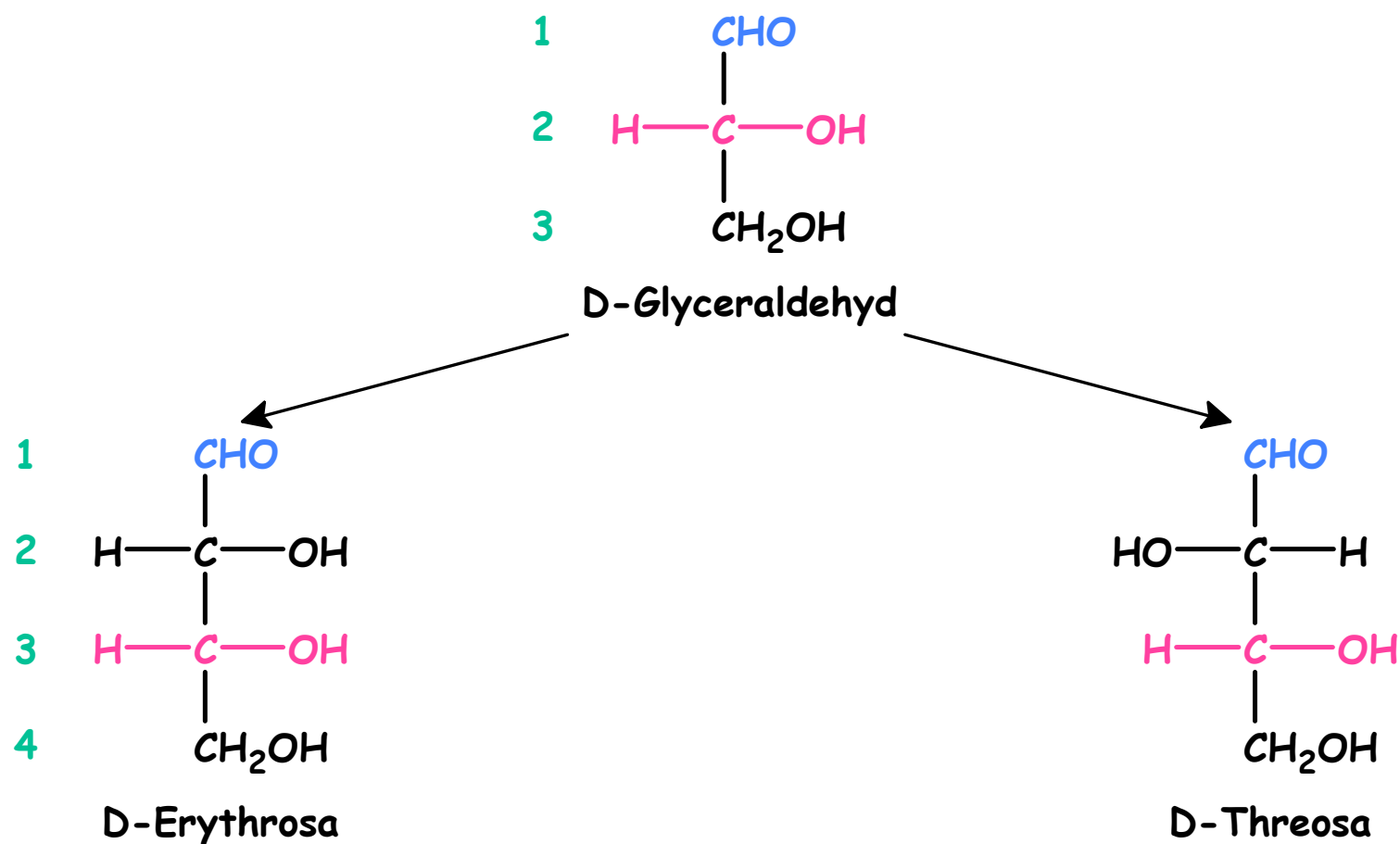
D- a L- izomery

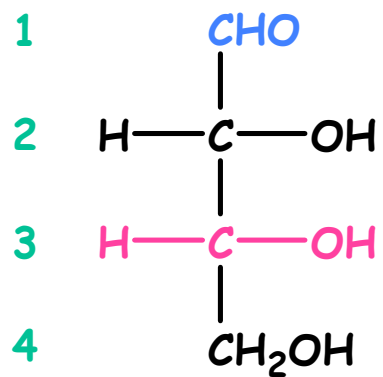
Epimery

α a β anomery

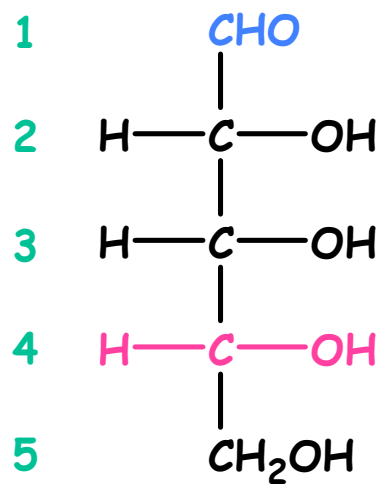
Monosacharidy

D-Aldosy - se třemi až šesti uhlíky

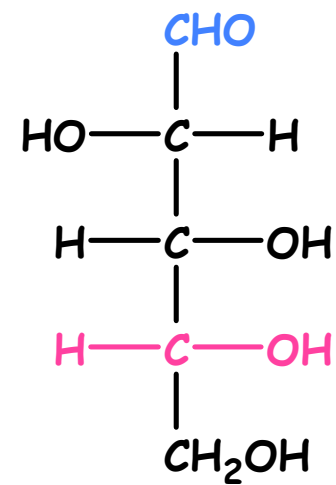




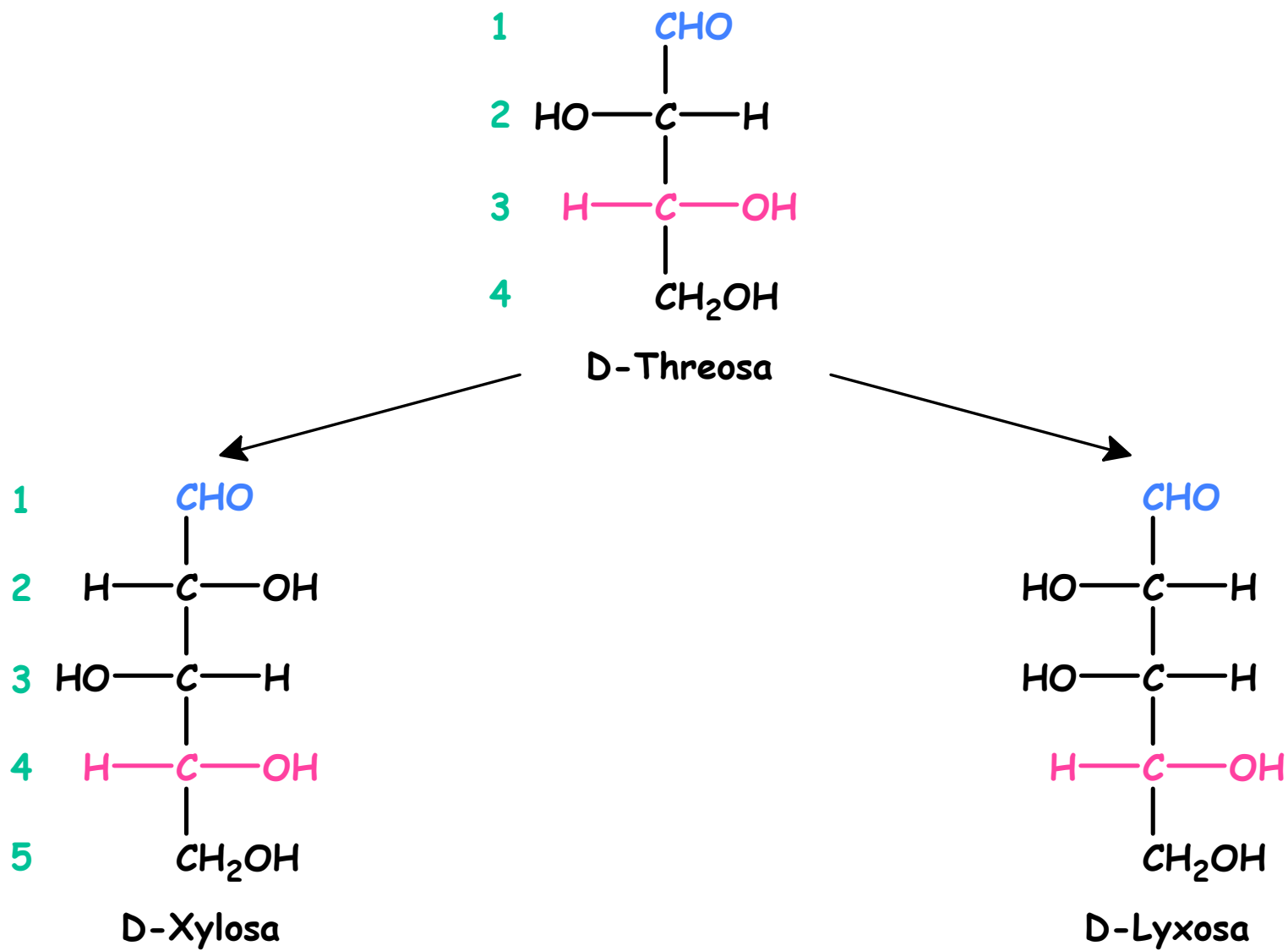
D-Erythrosa

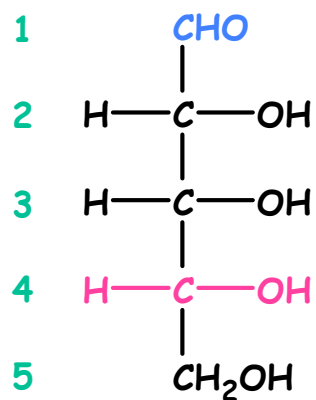


D-Ribosa

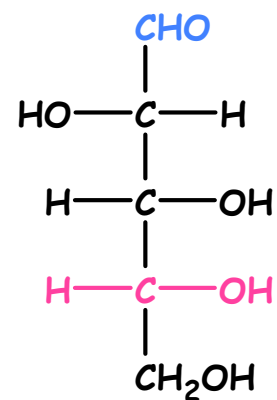


D-Arabinosa

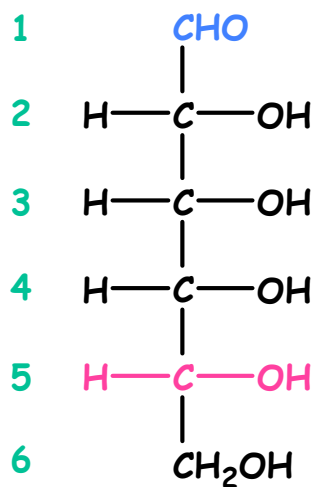




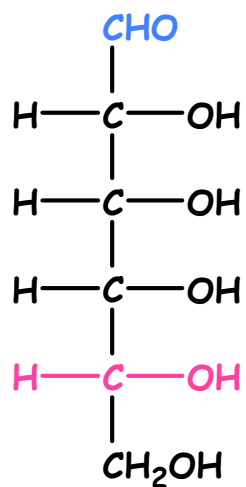
D-Ribosa



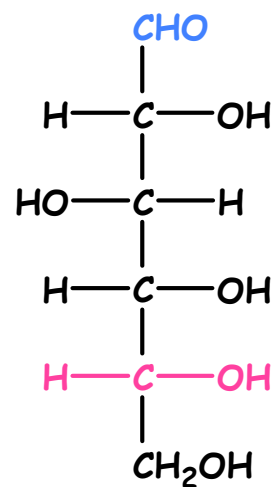
D-Arabinosa



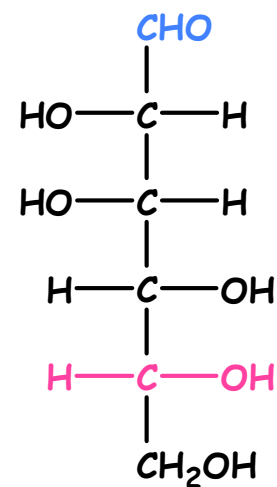
D-Allosa



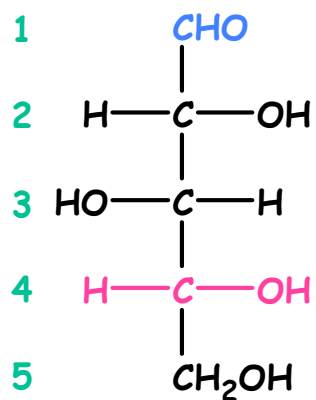
D-Altrosa



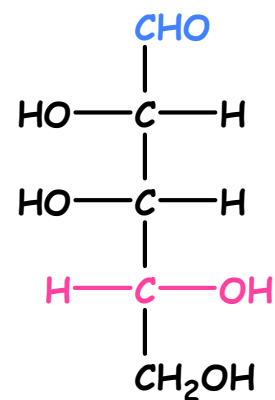
D-Glukosa



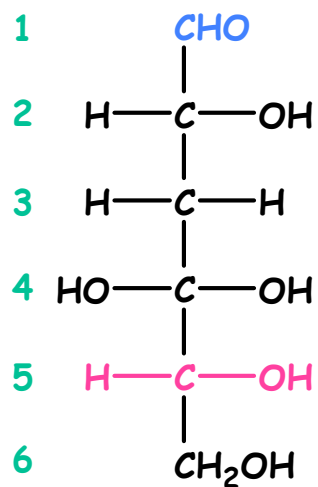
D-Mannosa



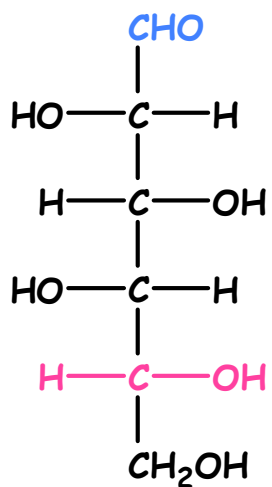
D-Xyloso



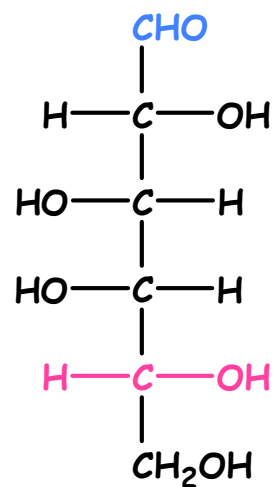
D-Lyxosa



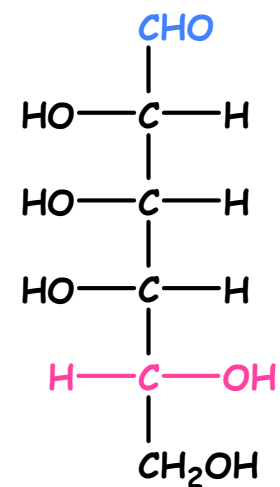
D-Gulosa



D-Idosa

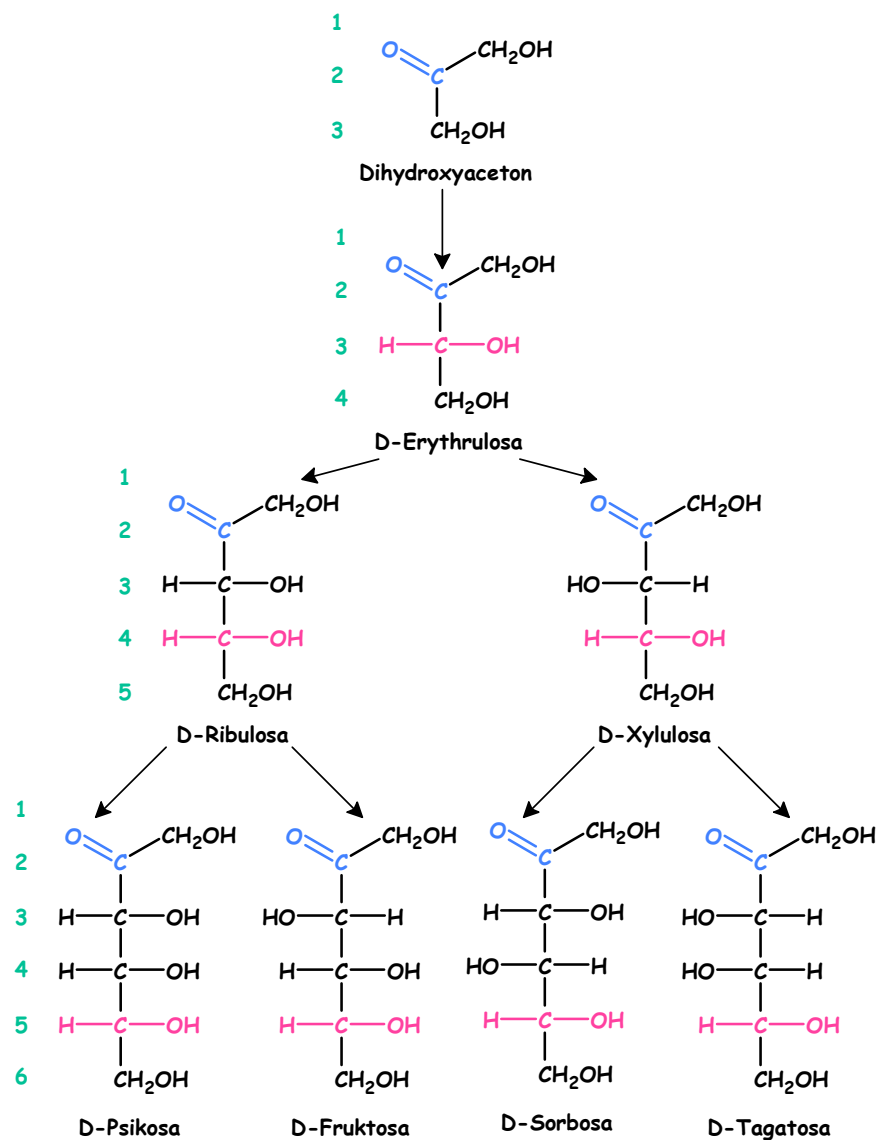


D-Galaktosa



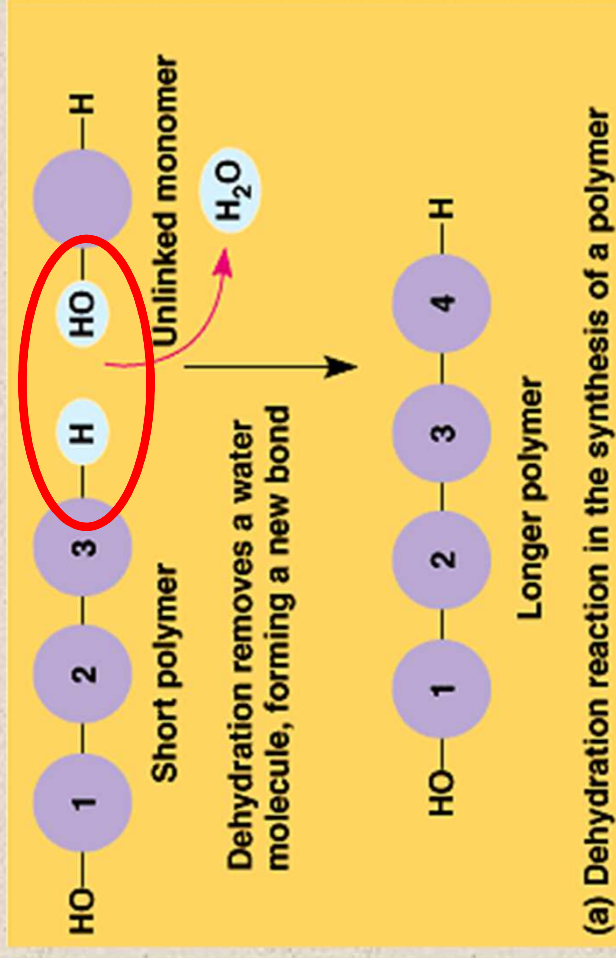
D-Talosa

D-Ketosy se třemi až šesti uhlíky

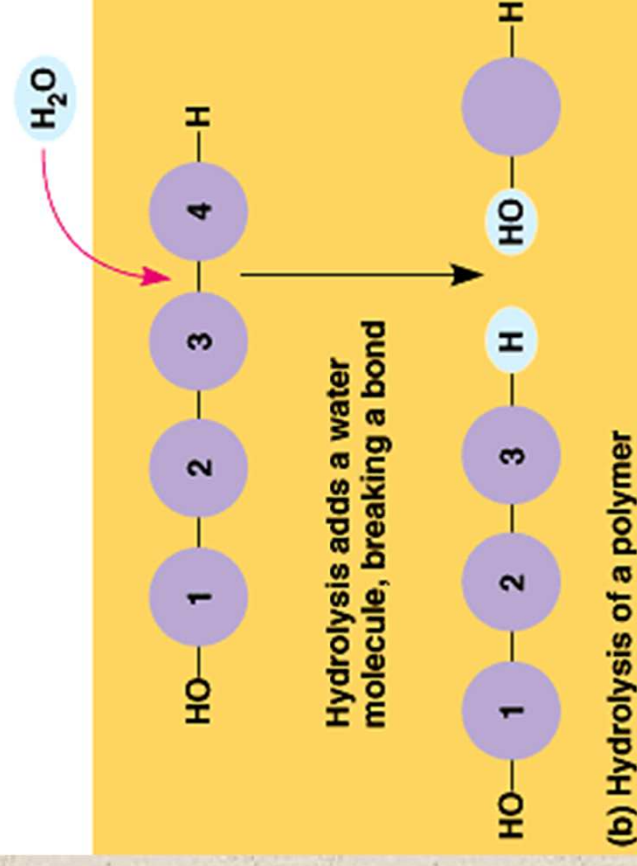


Oligosacharidy

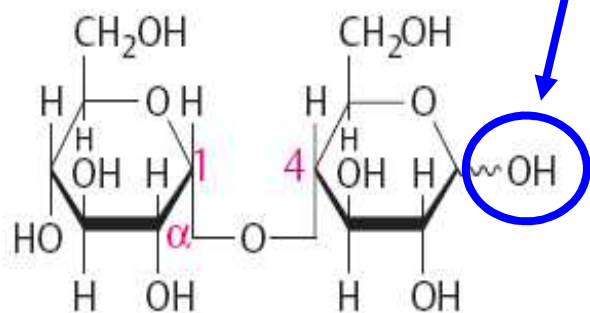
Syntéza -- kondenzace



Štěpení -- hydrolýza

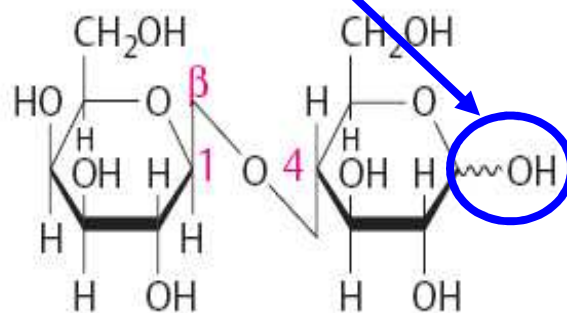
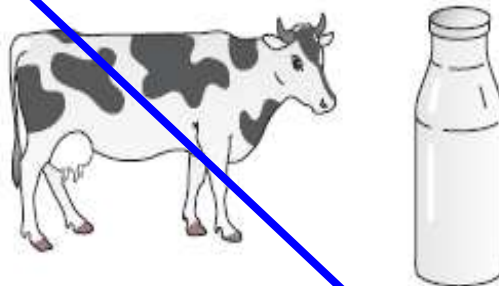


Volný anomerní (= poloacetalový) hydroxyl $\Rightarrow$ redukční účinky



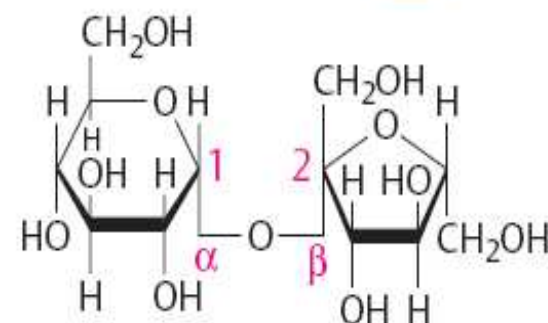
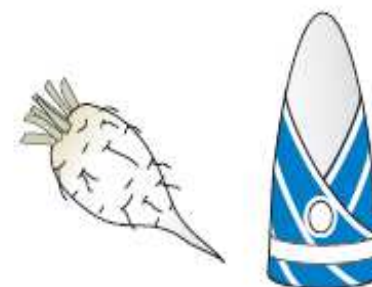
1. Maltose
 α -D-Glucopyranosyl-
(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose

α -Glc(1 $\rightarrow$ 4)Glc



2. Lactose
 β -D-Galactopyranosyl-
(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose

β -Gal(1 $\rightarrow$ 4)Glc

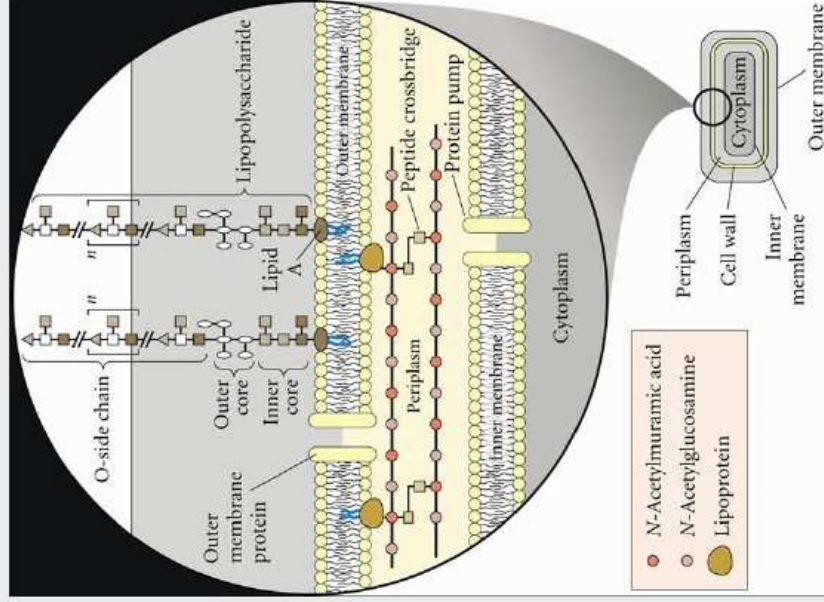
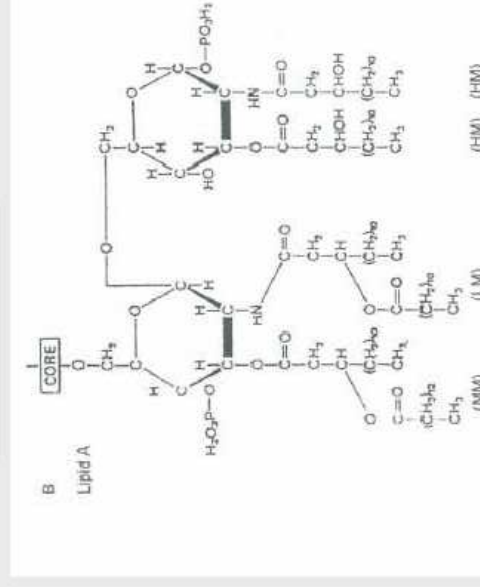
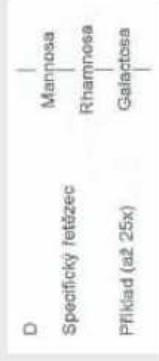


3. Sucrose
 α -D-Glucopyranosyl-
(1 $\leftrightarrow$ 2)- β -D-fructofuranoside

α -Glc(1 $\rightarrow$ 2) β -Fru

Lipopolysacharid

Lipopolysaccharid



Polysacharidy

Homopolysacharidy

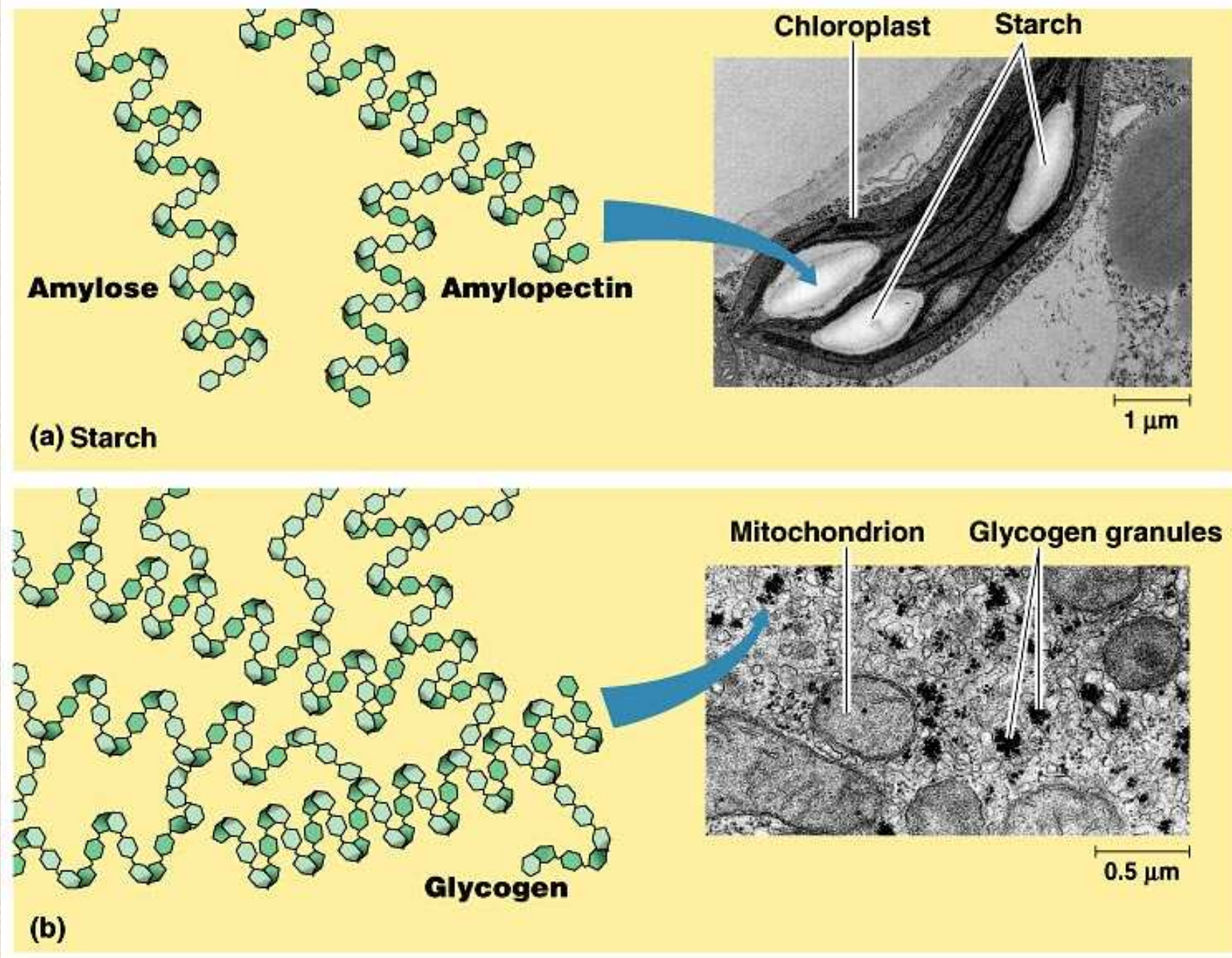
Heteropolysacharidy

Polysacharidy

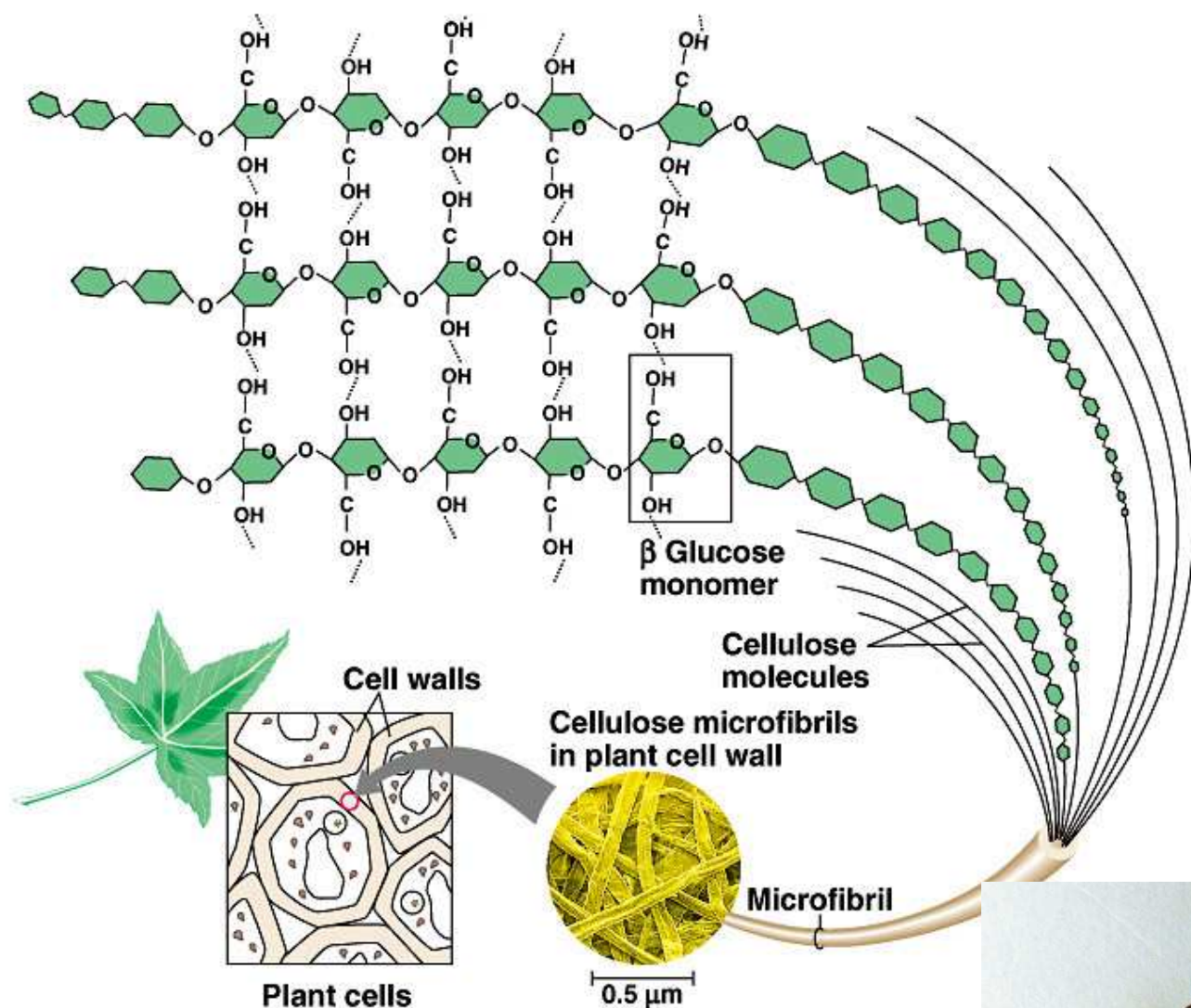
Homopolysacharidy

Heteropolysacharidy

Zásobní polysacharidy

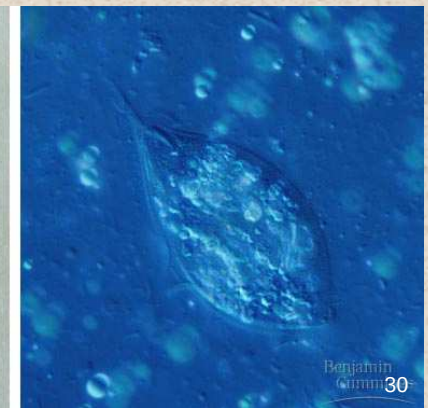


Uspořádání celulosy v buněčných stěnách rostlin



**Chitin je polymer
N-acetylglukosaminu**

Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Polysacharidy

Homopolysacharidy

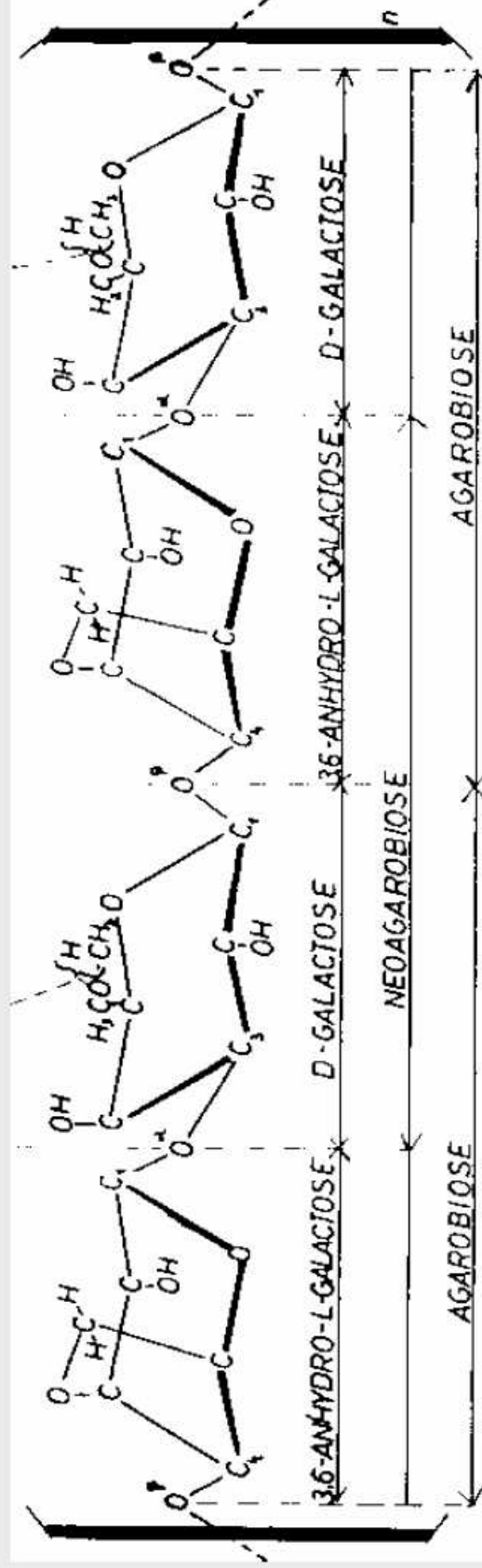
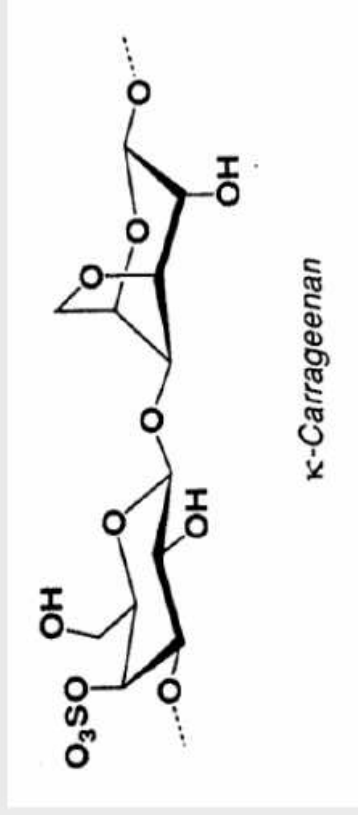
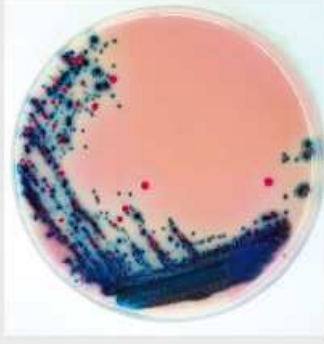
Heteropolysacharidy

Polysacharidy

Homopolysacharidy

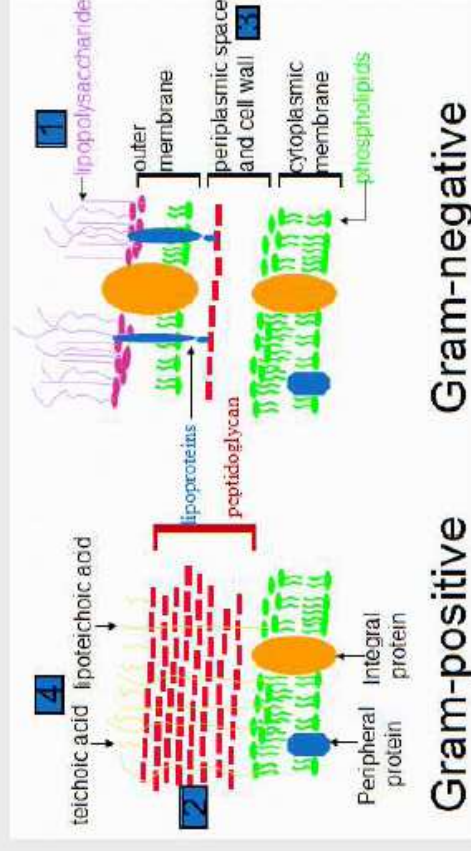
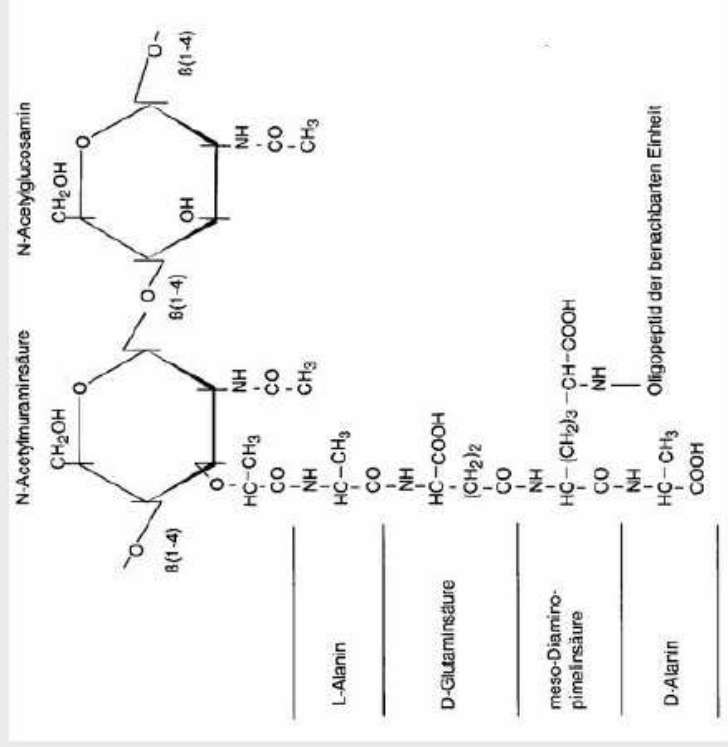
Heteropolysacharidy

Sulfátové polysacharidy



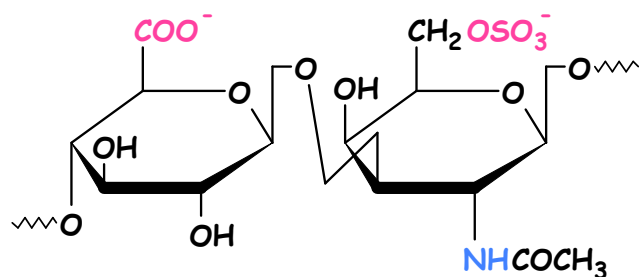
Peptidoglykan

Strukura bakterie

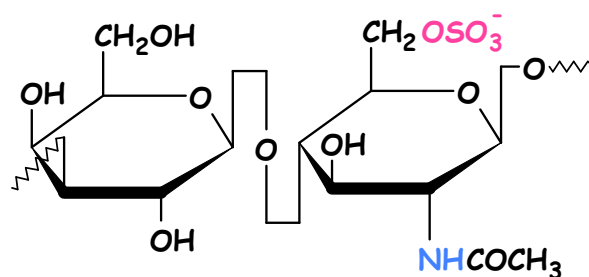


Glykosaminoglykany

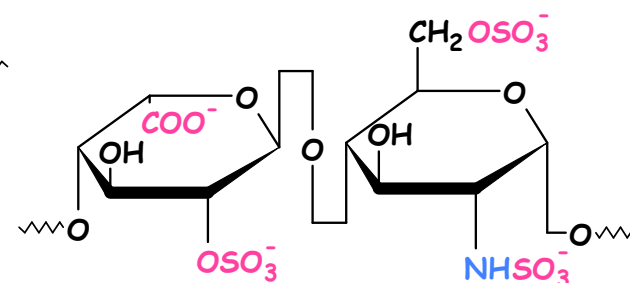
Glykosaminoglykany – aniontové polysacharidy



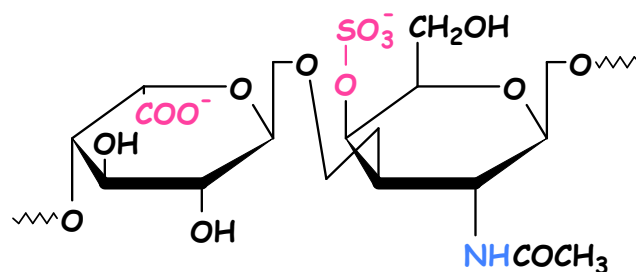
Chondroitin-6-sulfát



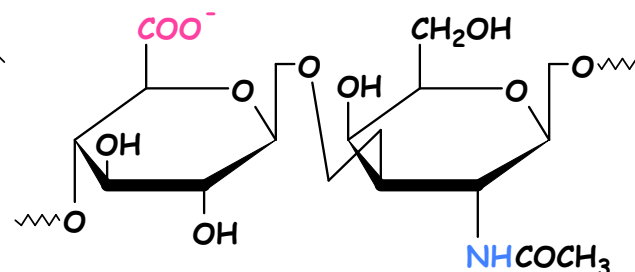
Keratansulfát



Heparin



Dermatansulfát

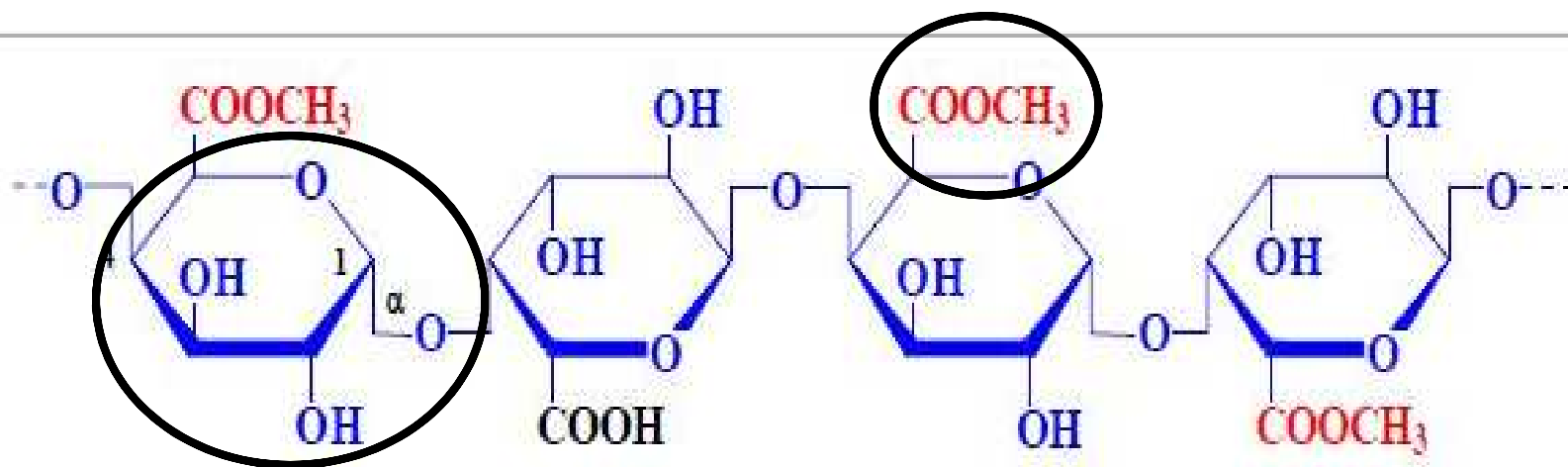


Hyaluronát

Opakující se disacharidové jednotky obsahující **glukosamin** nebo **galaktosamin**. Vazbou na proteiny tvoří proteoglykany.

Heteroglykosidy

Pektiny



300 až 1000 jednotek kyseliny galakturonové
a jejího methylesteru spojených vazbou $1\alpha \rightarrow 4$

Funkce cukrů v organismu:

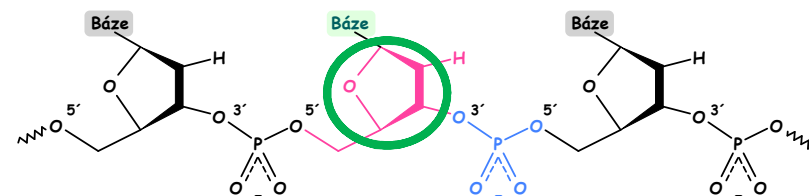
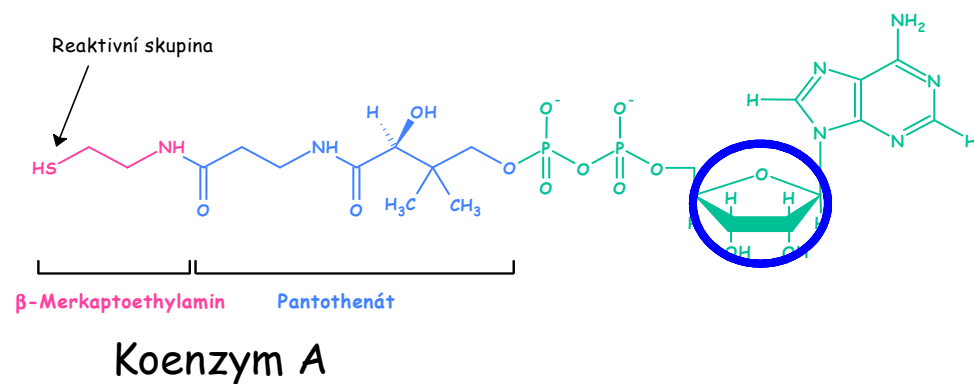
krátkodobý zdroj energie (glukóza, fruktóza)

zásobní látky (škrob, glykogen, inulin, pektiny)

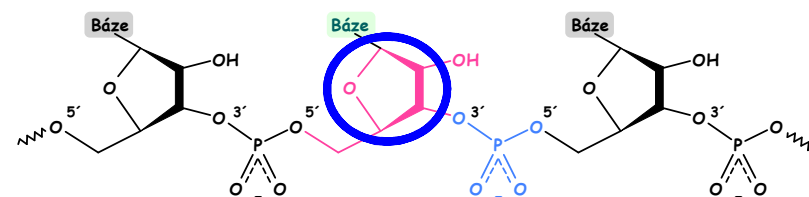
stavební materiál (celulóza, chitin, agar)

složka jiných molekul (koenzymy, proteiny, NK)

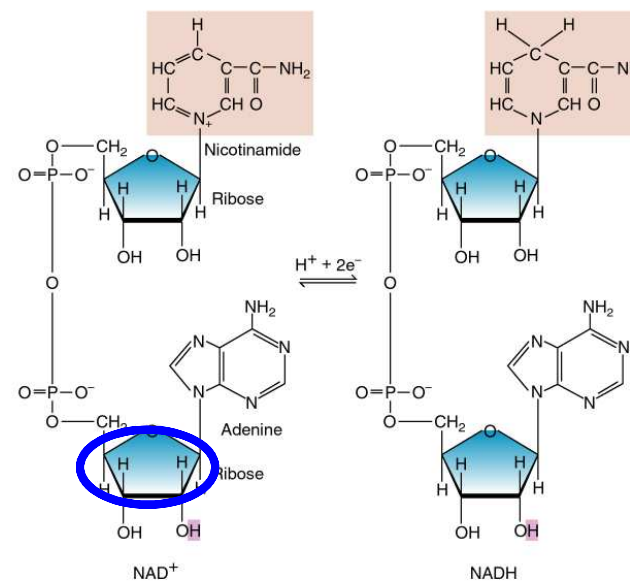
Cukr jako složka jiných biomolekul



DNA

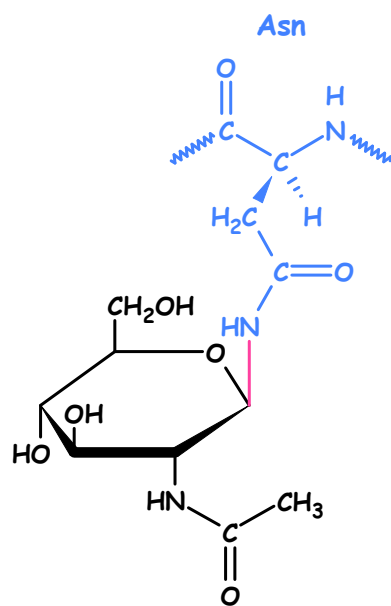


RNA

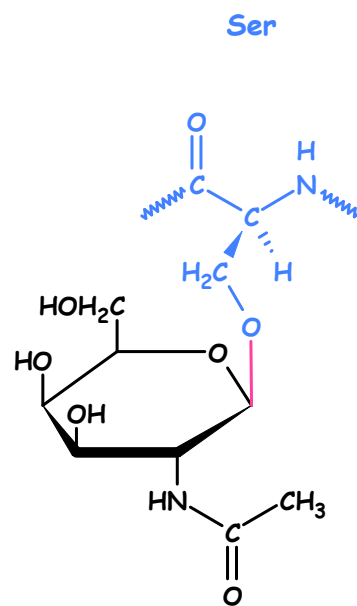


Glykoproteiny

Glykosidové vazby mezi proteiny a sacharidy. Vazby přes Asn (**N-glykosidy**), vazby přes Thr nebo Ser (**O-glykosidy**).
GlcNAc = N-acetylglukosamin.



N-vázaný GlcNAc



O-vázaný GalNAc

Obecně: N-glykosylace začíná v ER a pokračuje v Golgiho komplexu.
O-Glykosylace probíhá pouze v Golgiho komplexu.

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

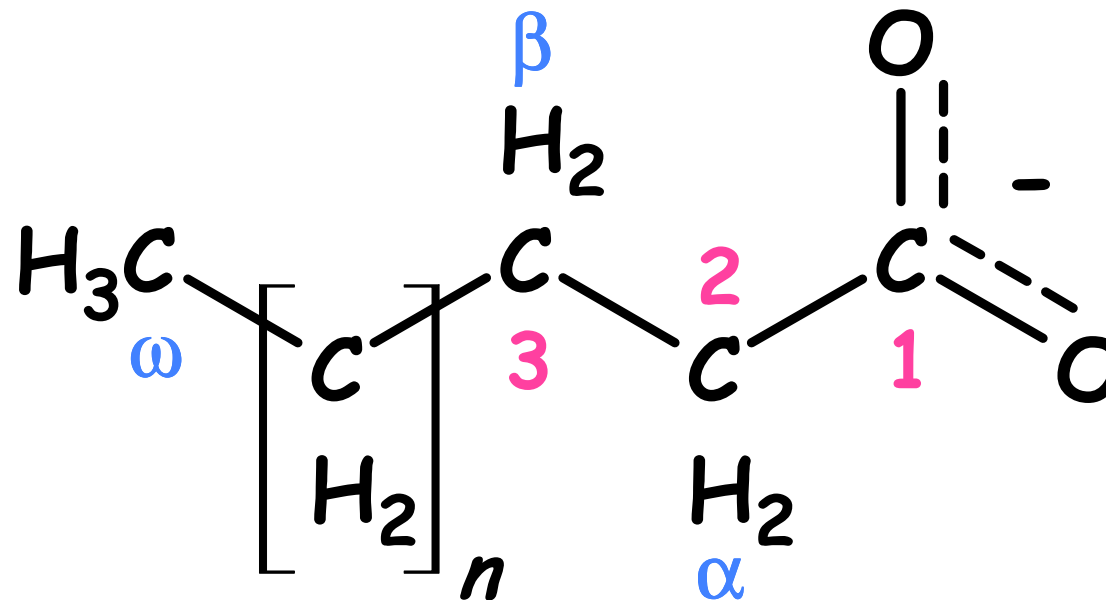
STRUKTURA LIPIDŮ

Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

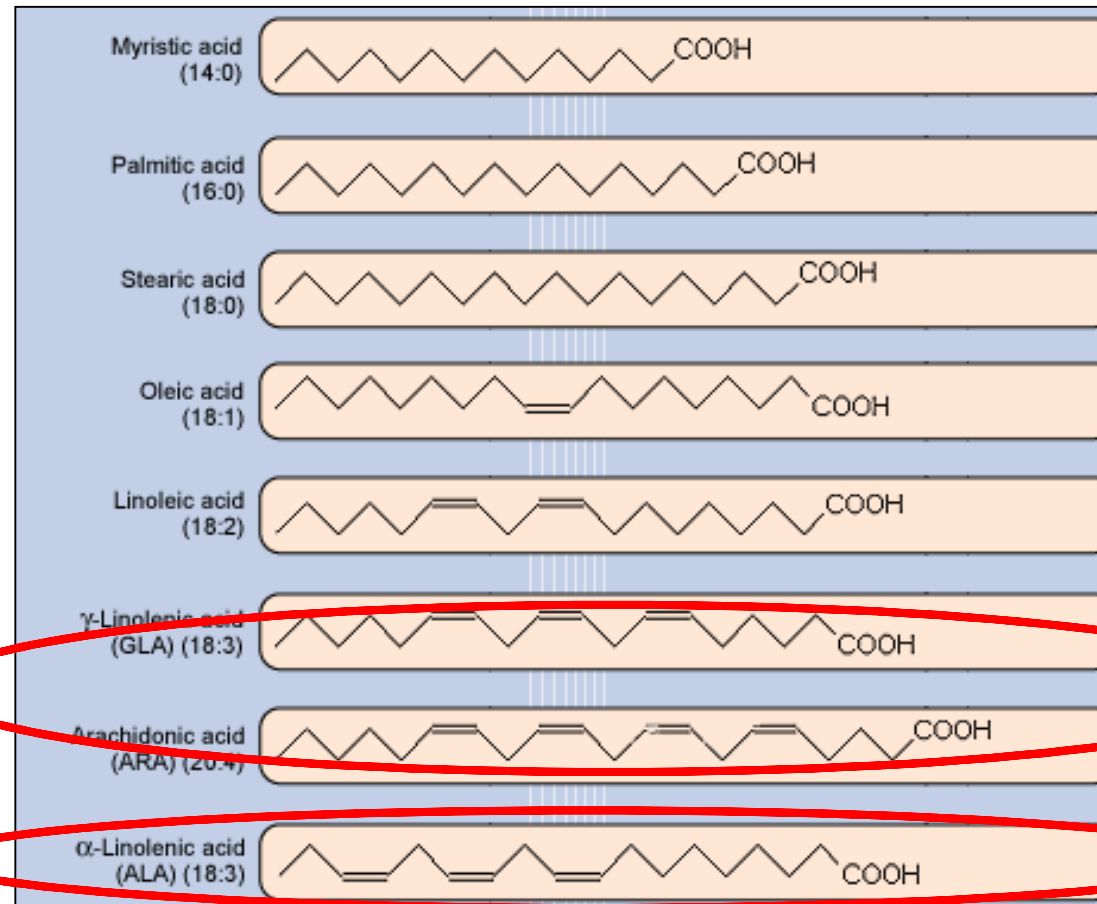
Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Značení uhlíkových atomů mastných kyselin



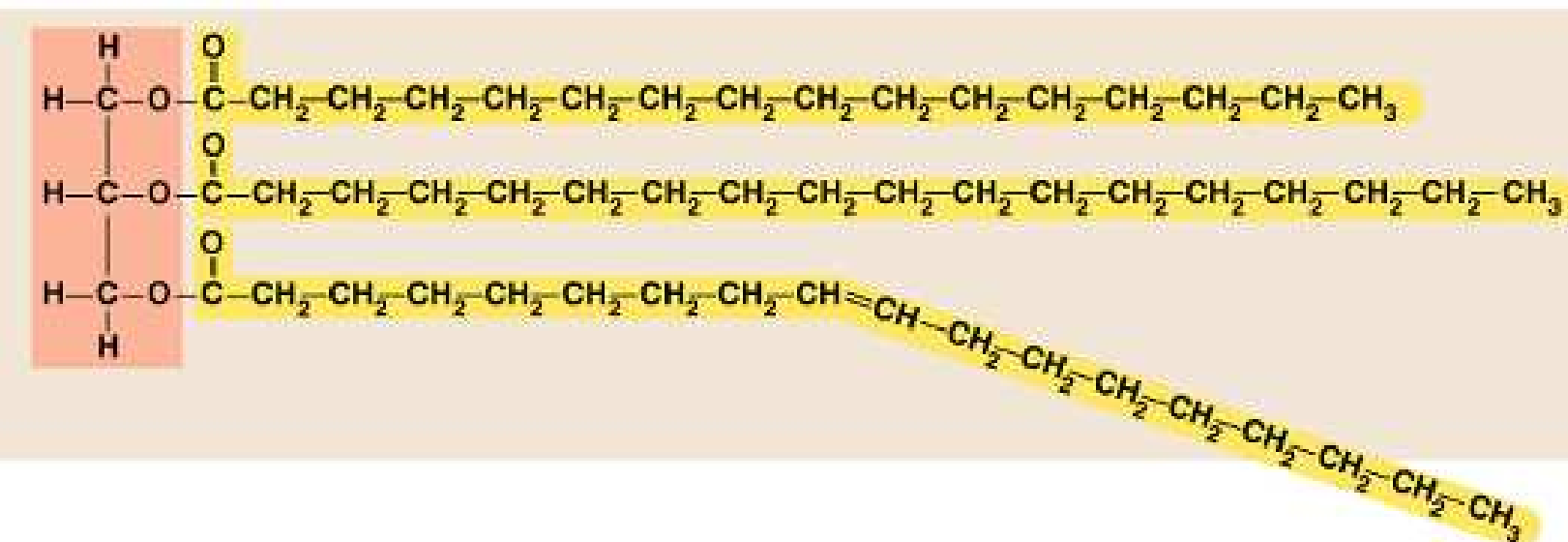
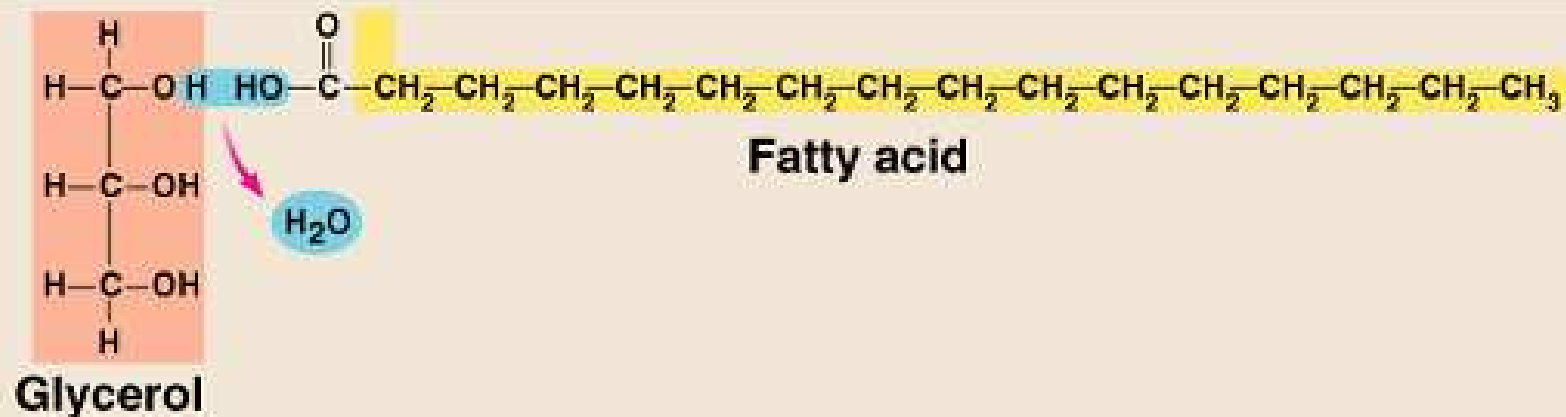
- o hlavní složky fosfolipidů, sfingolipidů a glykolipidů
- o obsahují **polární konec** a **dlouhý uhlovodíkový řetězec**

Mastné kyseliny



Syntéza tuků

Syntéza triacylglycerolu



Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

Jednoduché lipidy - tuky, vosky, oleje

Složené lipidy - struktura membrán

Membránové lipidy

Lipidové složky biomembrán

o Fosfolipidy

- deriváty glycerol-3-fosfátu
- polární konec - fosfát- derivát alkoholu
- dvě mastné kyseliny

o Sfingolipidy

- deriváty sfingosinu
- jedna mastná kyselina

o Glykolipidy

- deriváty sfingosinu
- jedna mastná kyselina
- polární konec - cukr

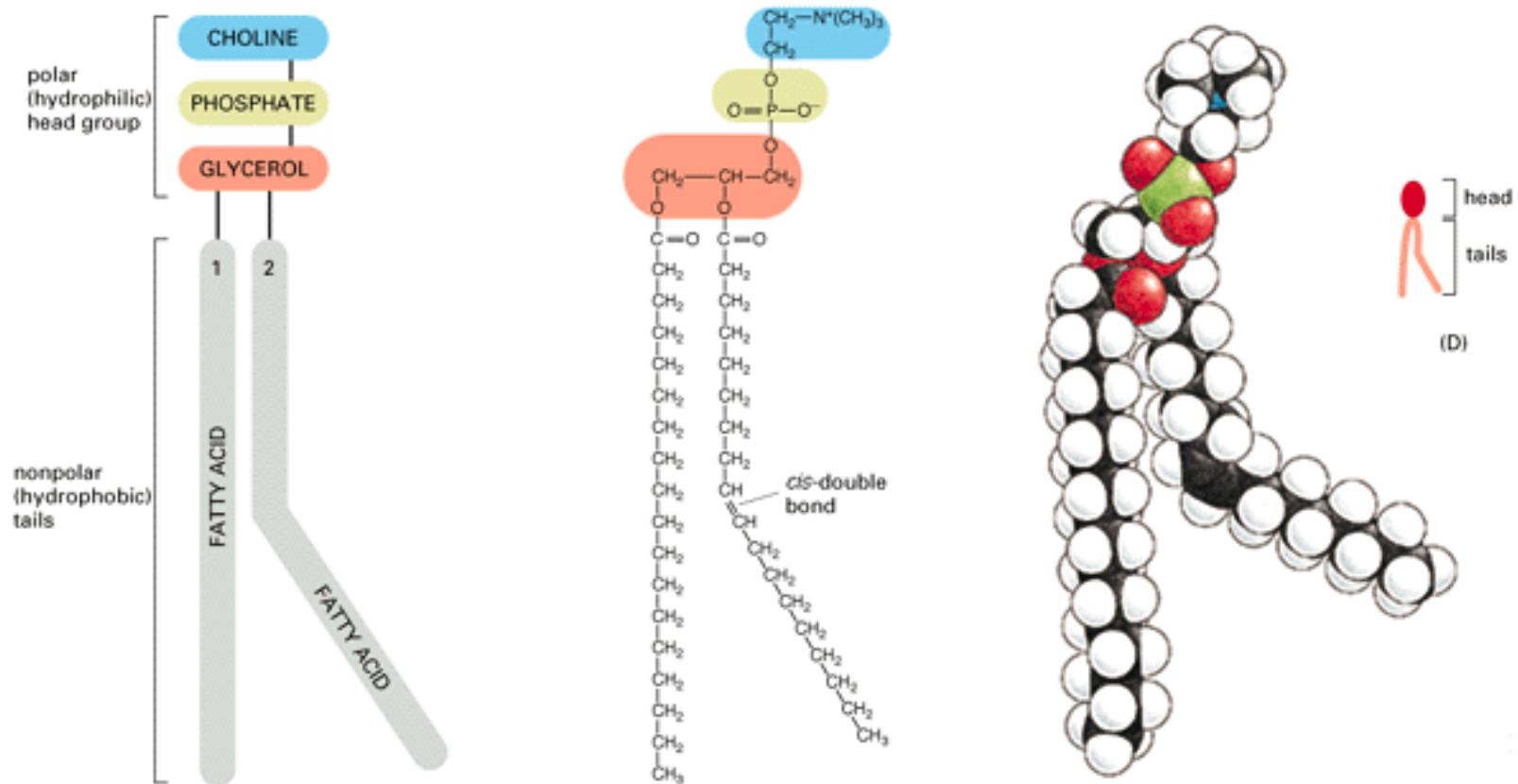
o Cholesterol

- eukaryotní membrány
- rigidní steroidní kruh

Fosfolipidy

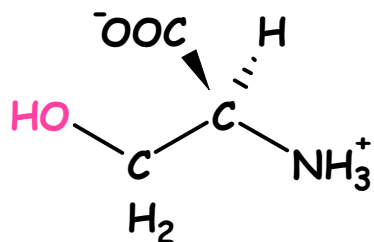
Fosfolipidy

Hlavní složka biologických membrán

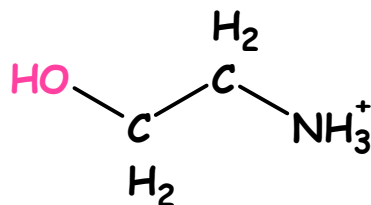


Např. fosfatidylcholine (lecithin)

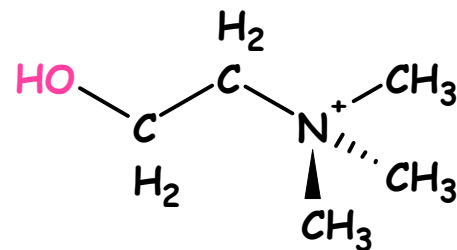
Alkoholy, které se váží esterovou vazbou na fosfatidát



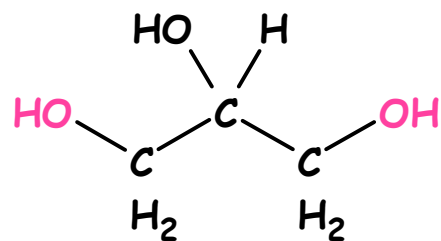
Serin



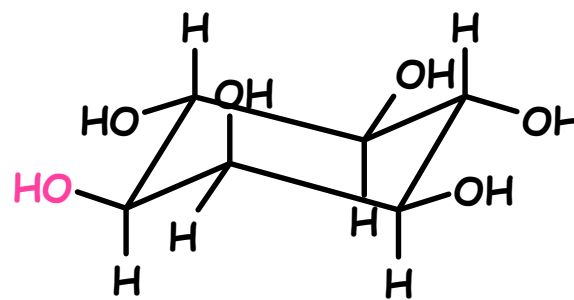
Ethanolamin



Cholin



Glycerol

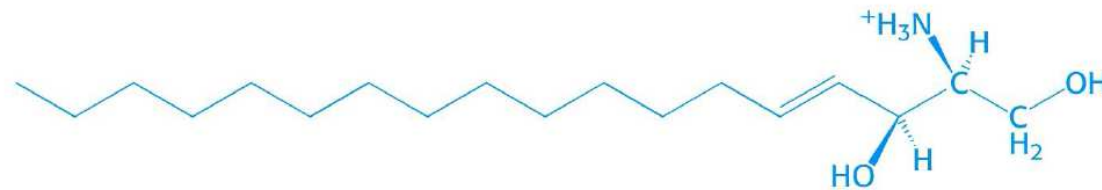


Inositol

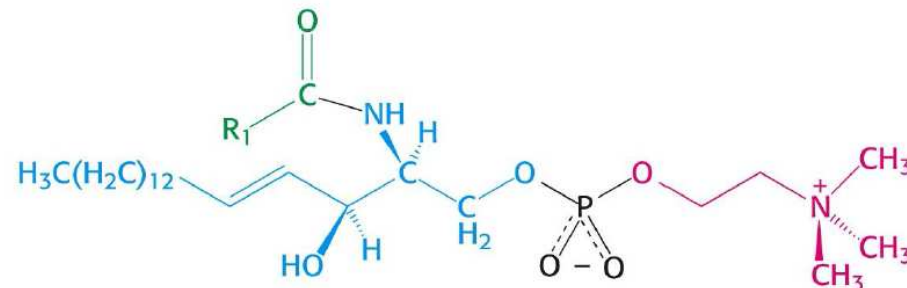
Sfingolipidy

Sfingolipidy

fosfolipidy odvozené od sfingosinu



Sphingosine

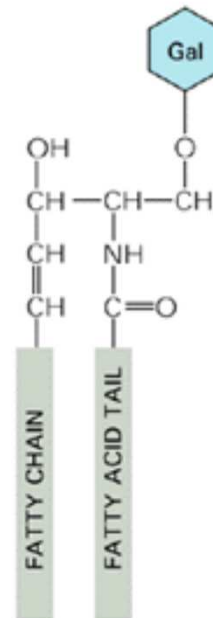
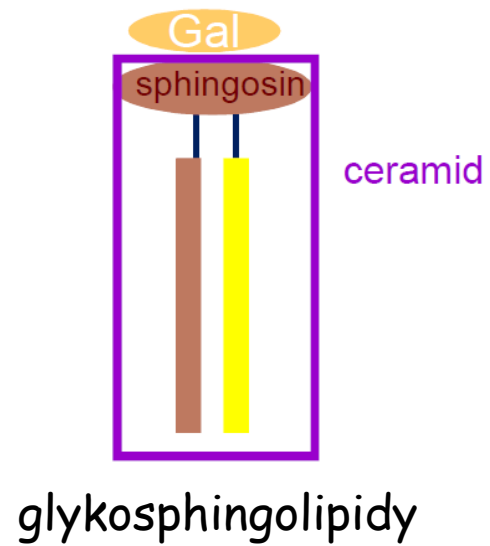
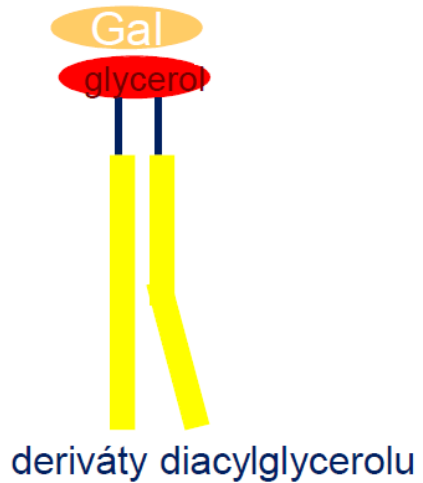


Sphingomyelin

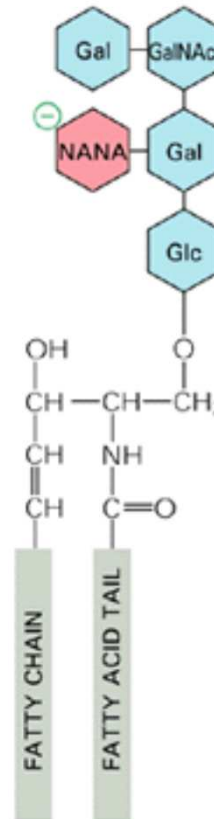
Sphingomyelin - jediný fosfolipid v membránách, který není derivátem glycerolu

Glykolipidy

Glykolipidy



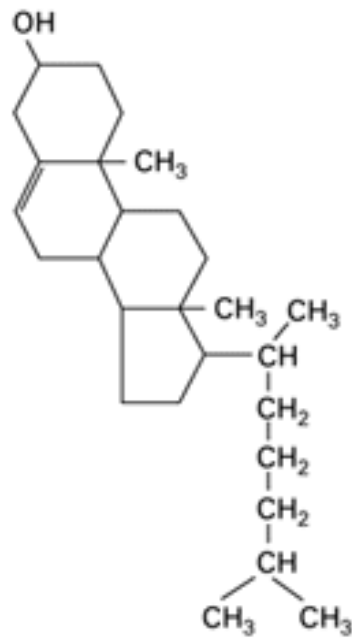
galactocerebrosid



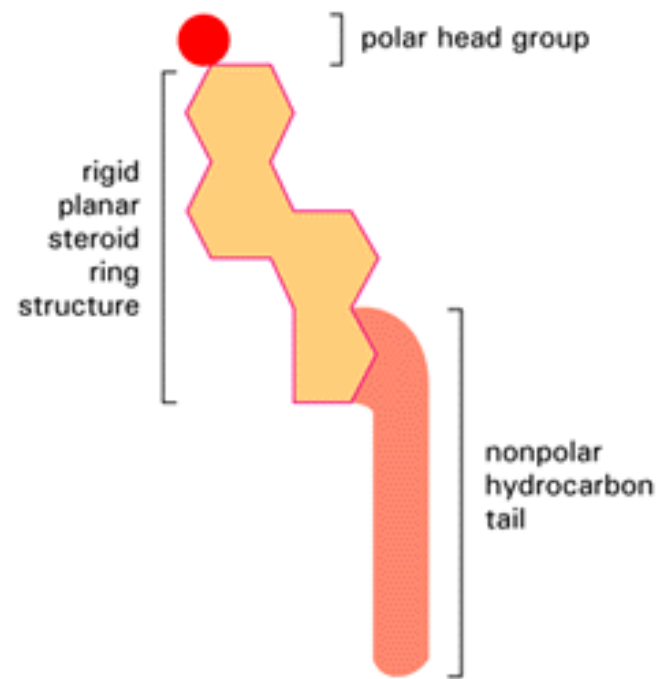
GM1 gangliosid

Cholesterol

Cholesterol



(A)



(B)



(C)

Struktura membrán

Strukturní lipidy v plasmatické membráně savčí buňky

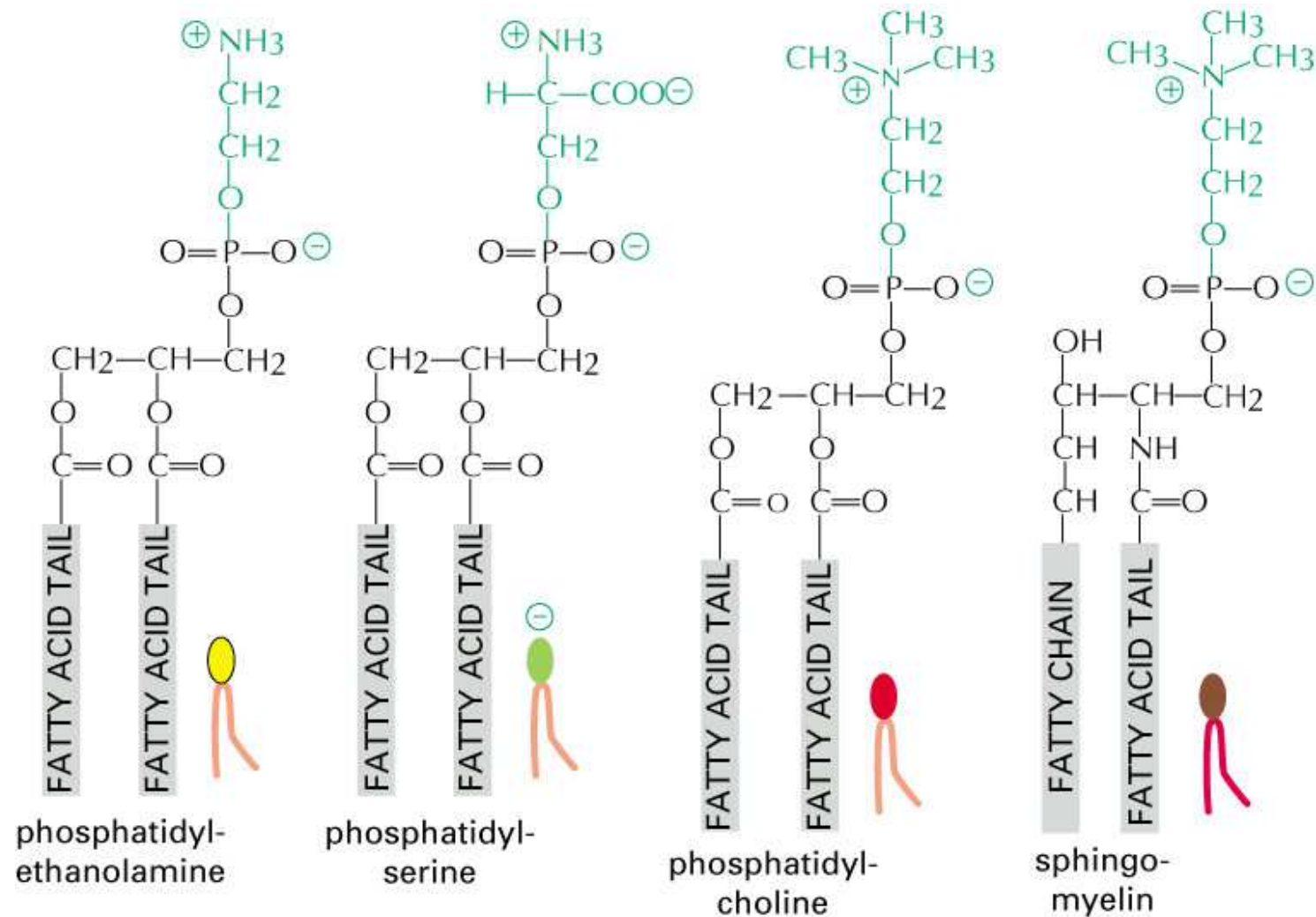
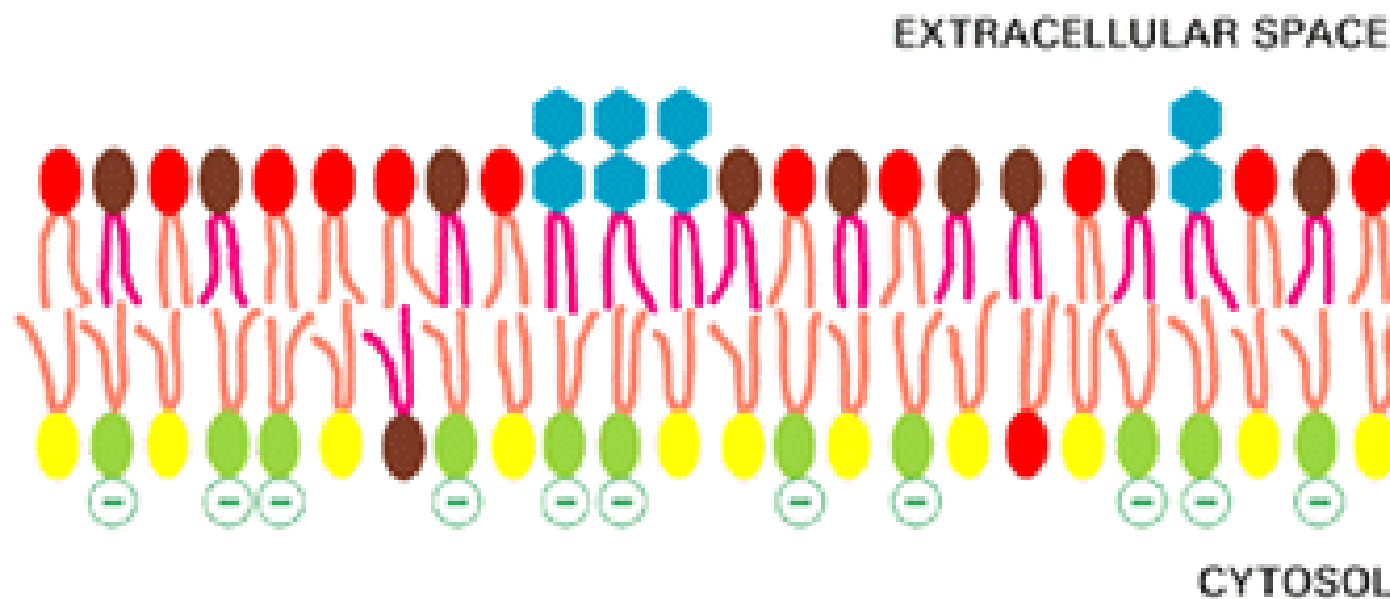


Figure 10–12. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Transversální asymetrie lipidů

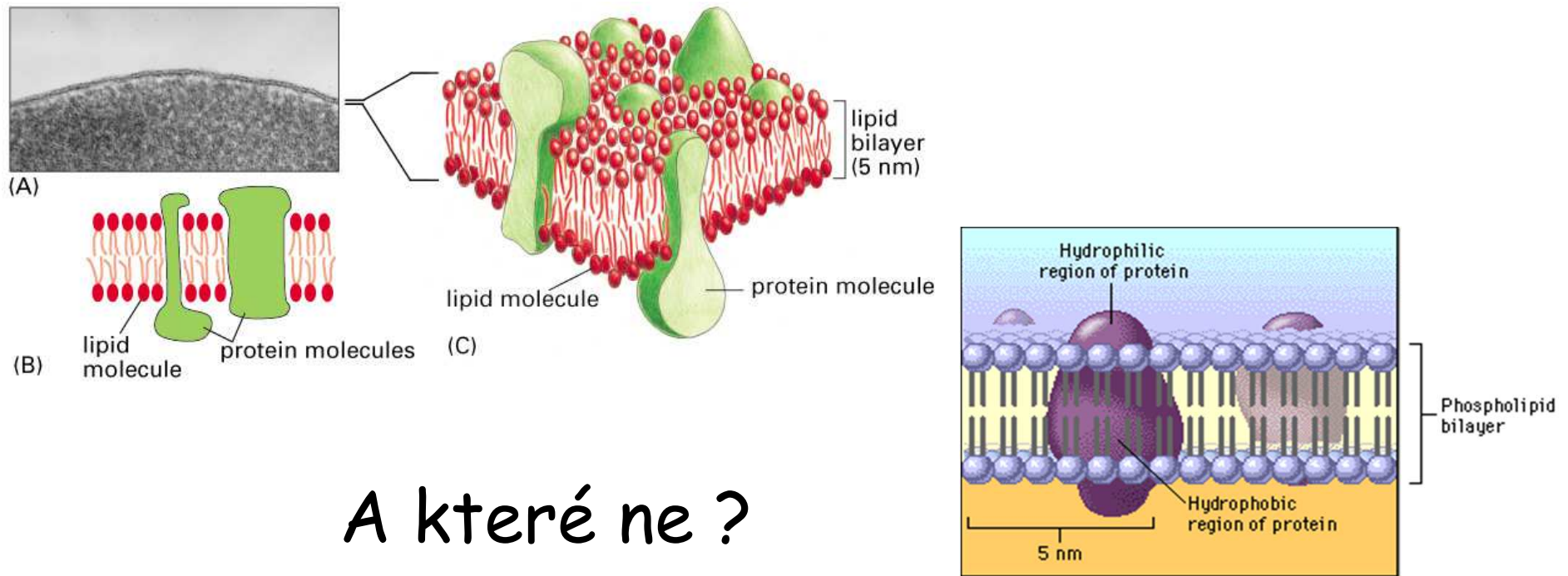


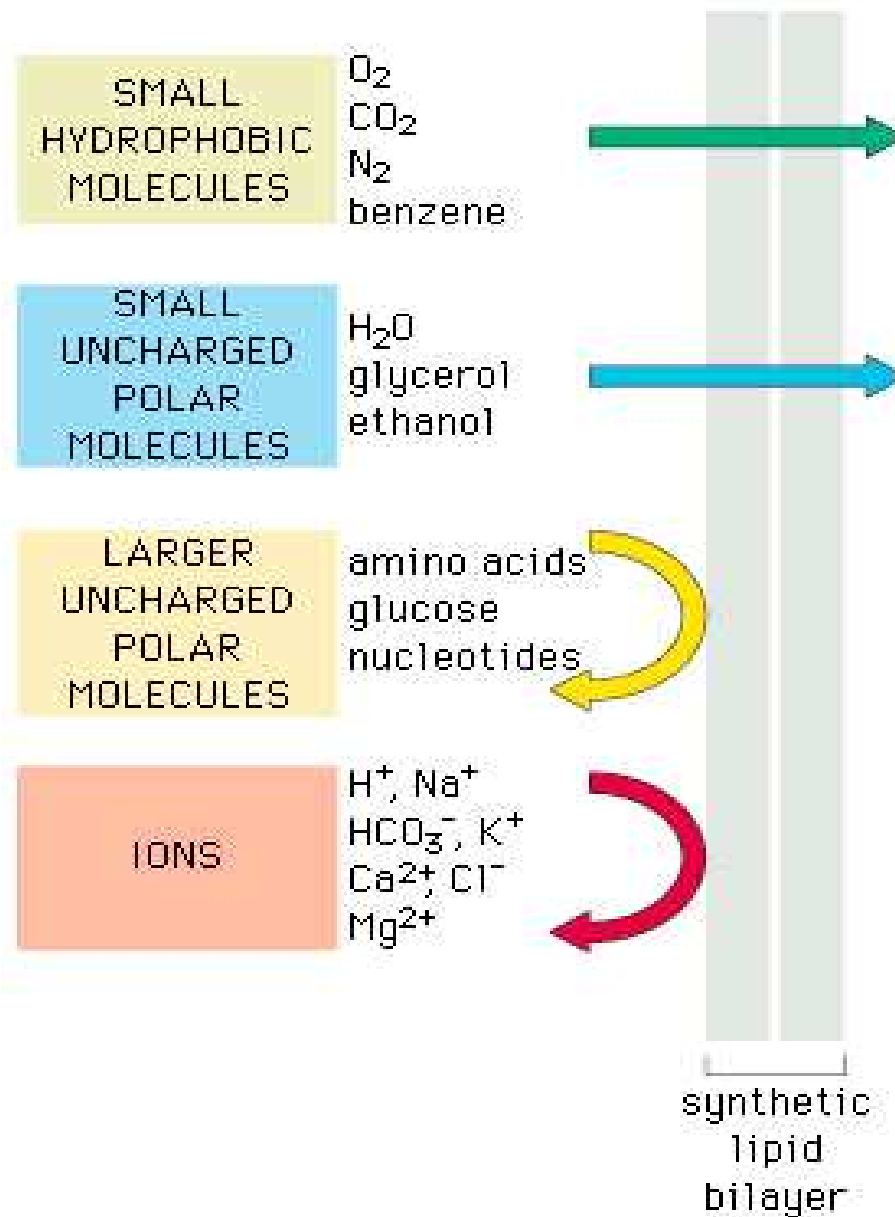
- PC
- SM
- PE
- PS
- Sacharid

- Složení jednotlivých stran dvojvrstvy je velmi odlišné
- Vlastnosti lipidů ovlivňují vlastnosti membrány

Propustnost membrán

Které typy molekul mohou procházet volně přes membránu ?





Funkce lipidů v organismu

Funkce v organismu

- o Nejvýhodnější skladování energie (triacylglyceroly)
- o Struktura membrán (fosfolipidy)
- o Vitaminy, hormony, signální molekuly
- o Žlučové kyseliny (emulgace tuků)

Zásobní lipidy



Složení zásobních lipidů je silně ovlivněno stravou!!!

Funkce v organismu

- o Nejvýhodnější skladování energie (triacylglyceroly)
- o Struktura membrán (fosfolipidy)
- o Vitaminy, hormony, signální molekuly
- o Žlučové kyseliny (emulgace tuků)

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Chemické a fyzikální vlastnosti

- amfolyty
- optická aktivita a izomerie
- absorpce světla v UV oblasti

Interakce postranních řetězců aminokyselin

AMINO ACID		SIDE CHAIN	
Aspartic acid	Asp	D	negative
Glutamic acid	Glu	E	negative
Arginine	Arg	R	positive
Lysine	Lys	K	positive
Histidine	His	H	positive
Asparagine	Asn	N	uncharged polar
Glutamine	Gln	Q	uncharged polar
Serine	Ser	S	uncharged polar
Threonine	Thr	T	uncharged polar
Tyrosine	Tyr	Y	uncharged polar

————— **POLAR AMINO ACIDS** —————

AMINO ACID		SIDE CHAIN	
Alanine	Ala	A	nonpolar
Glycine	Gly	G	nonpolar
Valine	Val	V	nonpolar
Leucine	Leu	L	nonpolar
Isoleucine	Ile	I	nonpolar
Proline	Pro	P	nonpolar
Phenylalanine	Phe	F	nonpolar
Methionine	Met	M	nonpolar
Tryptophan	Trp	W	nonpolar
Cysteine	Cys	C	nonpolar

————— **NONPOLAR AMINO ACIDS** ———

Figure 3-2 Molecular Biology of the Cell 5/e (© Garland Science 2008)

Rozdělení aminokyselin podle funkce v metabolismu

Esenciální aminokyseliny

aminokyseliny s **rozvětvenými řetězci**
valin, leucin, izoleucin, methionin

aminokyseliny s **aromatickým cyklem**
tryptofan, fenylalanin, tyrosin

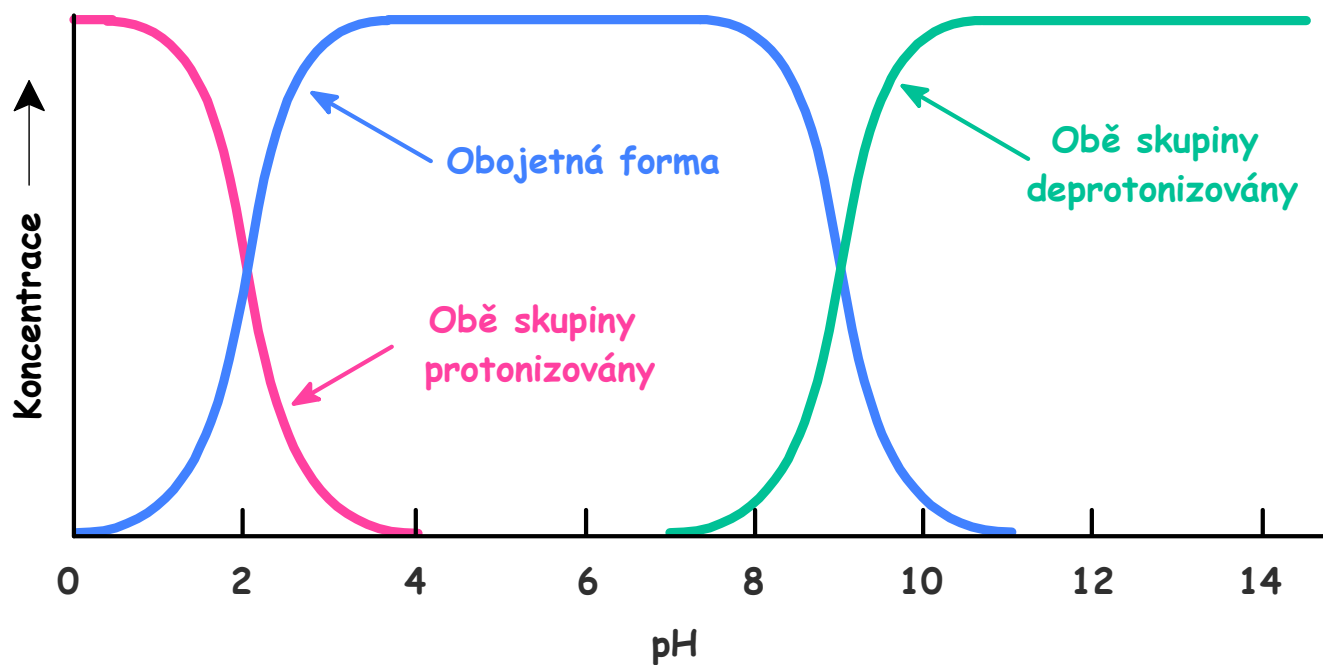
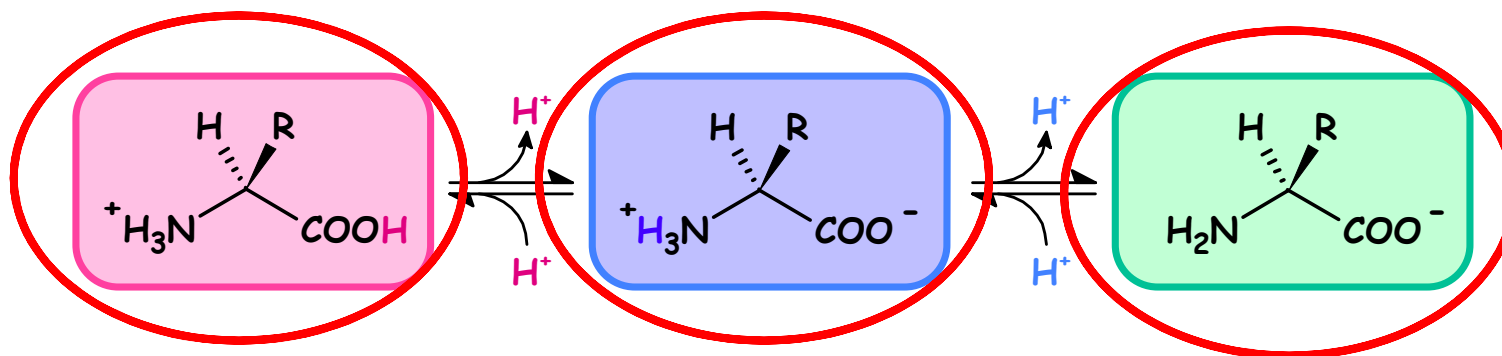
Glukogenní a ketogenní aminokyseliny

Glukogenní (vznik glukózy) alanin, asparagová k.
asparagin, glutamová k., glutamin a prolin

Ketogenní (vznik MK) leucin

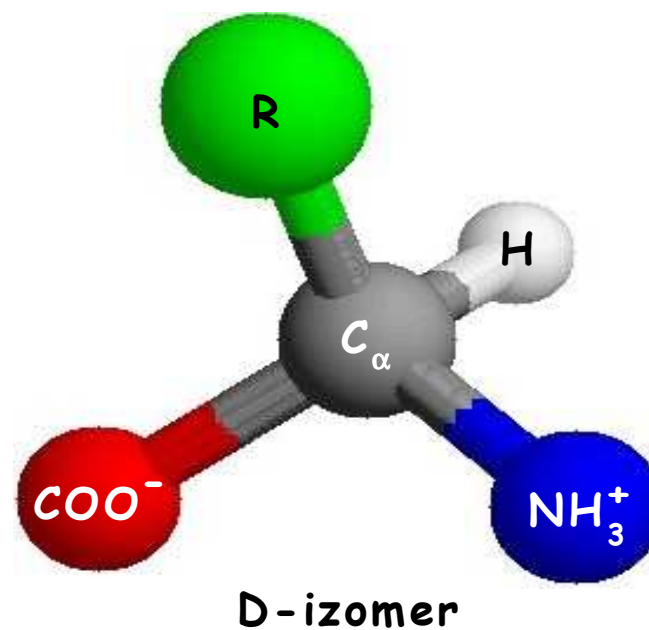
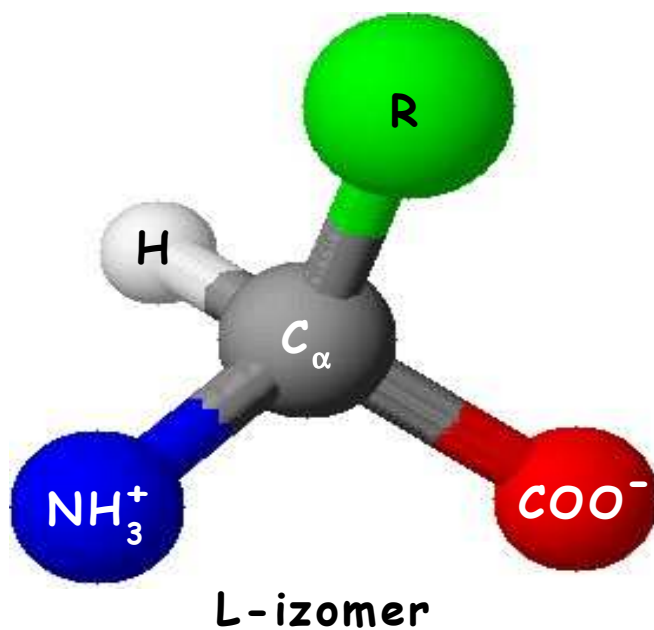
Amfolity

Ionizační stavy aminokyselin jako funkce pH



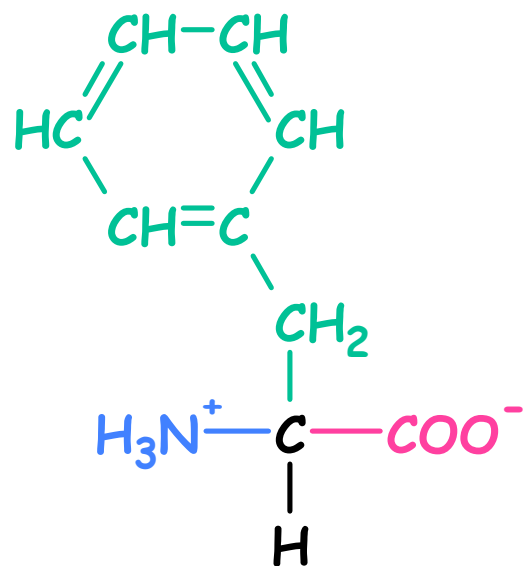
Izomerie a optická aktivita

Třírozměrná struktura aminokyseliny

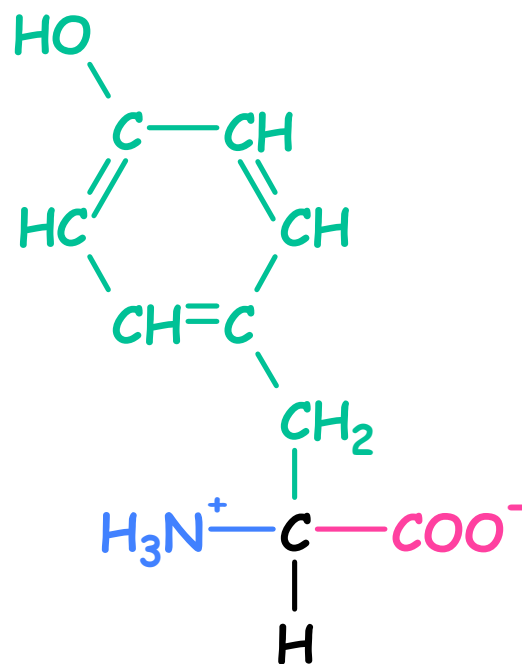


Bílkoviny jako fluorofory

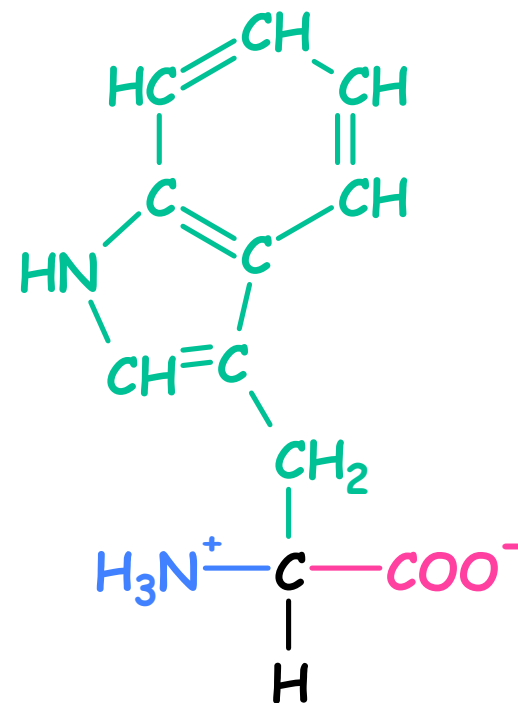
Aromatické aminokyseliny absorbují světlo v UV oblasti



Fenylalanin
(Phe, F)



Tyrosin
(Tyr, Y)



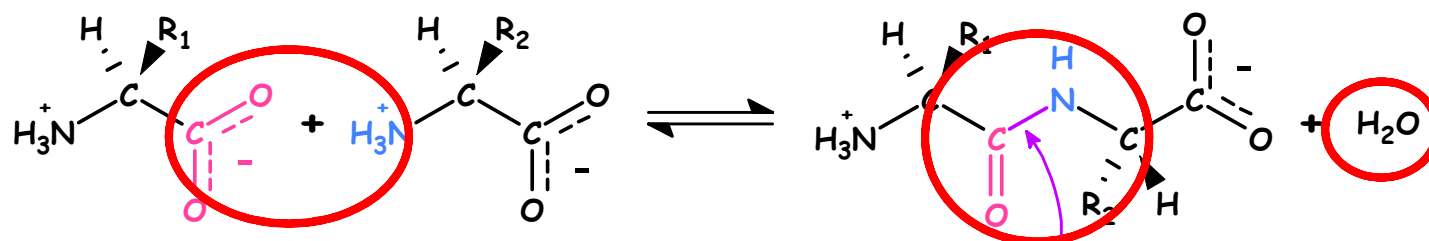
Tryptofan
(Trp, W)

Úrovně proteinové struktury

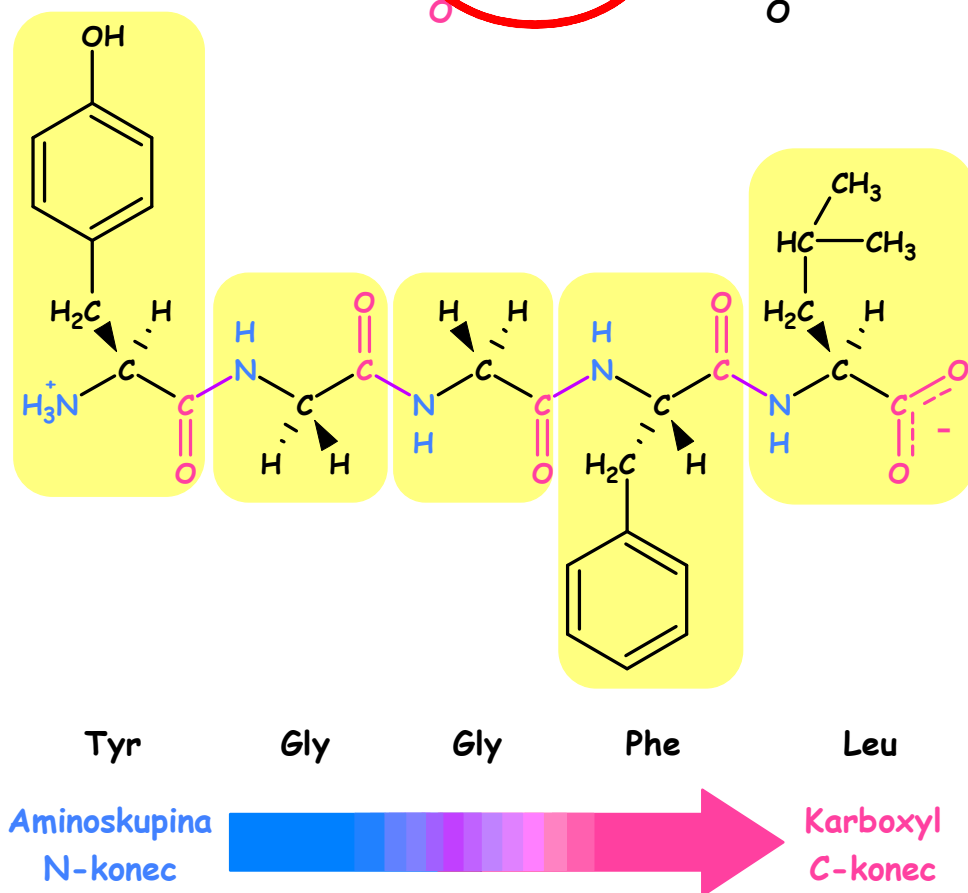
- | | |
|------------|--------------------------------|
| Primární | - sekvence (N-konec...C-konec) |
| Sekundární | - lokální struktury - H-vazby |
| Terciární | - celková 3-D struktura |
| Kvarterní | - podjednotky |

Primární struktura

Peptidická vazba



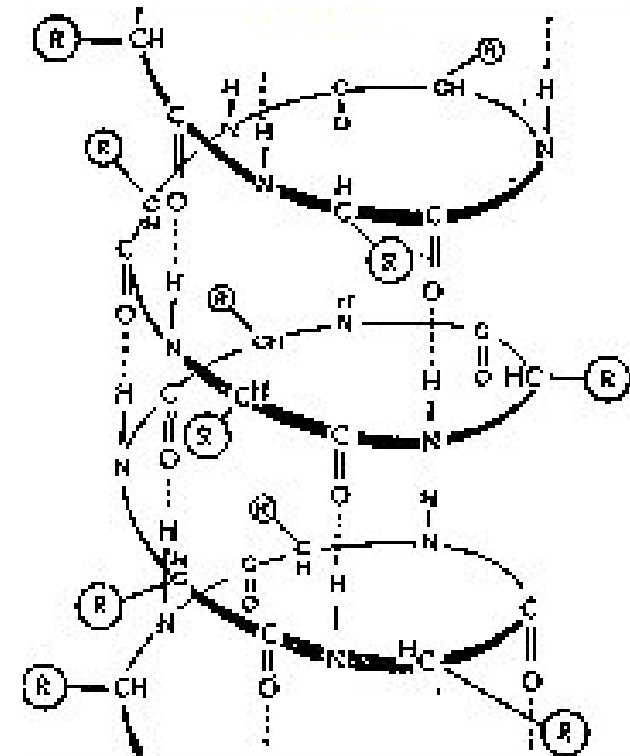
Peptidová vazba



Sekundární struktura

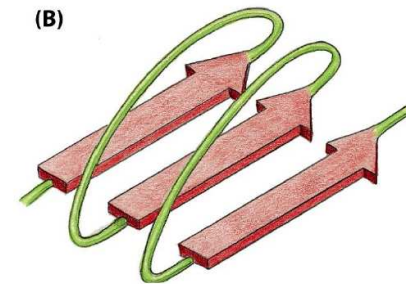
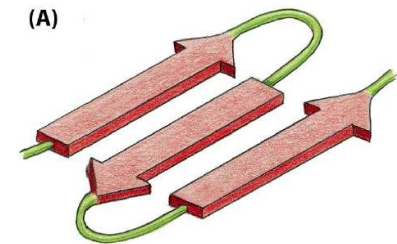
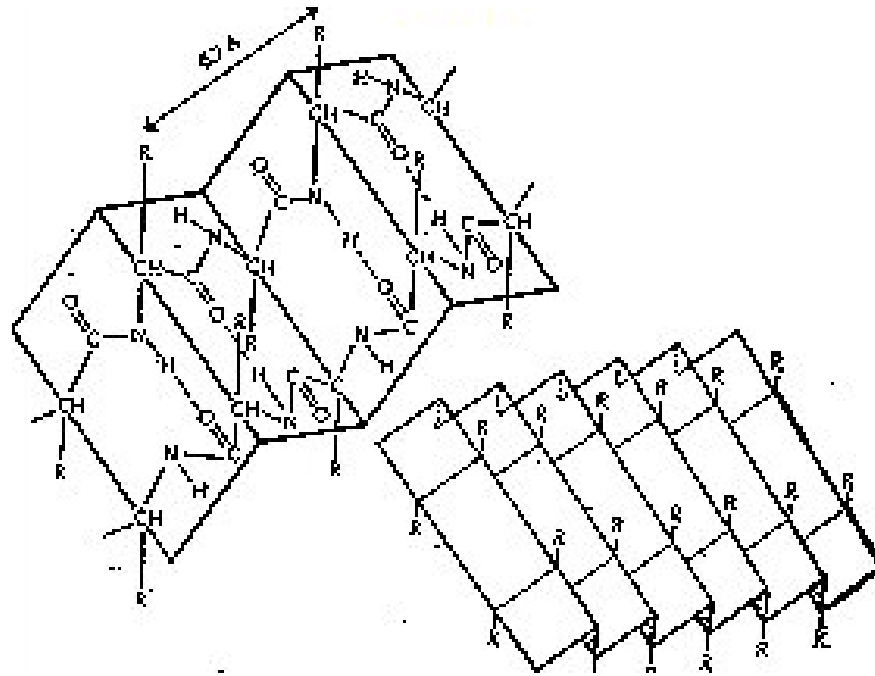
Alfa-helix

- o Strukturu předpověděli [Linus Pualing](#) a [Robert Corey](#), 1951
- o Identifikována v keratinu ([Max Perutz](#))
- o Všudypřítomná složka proteinů
- o Stabilizována H-vazbami
- o Residuí na otočku: 3.6
- o Stoupání na jedno residuum: 1.5 Å



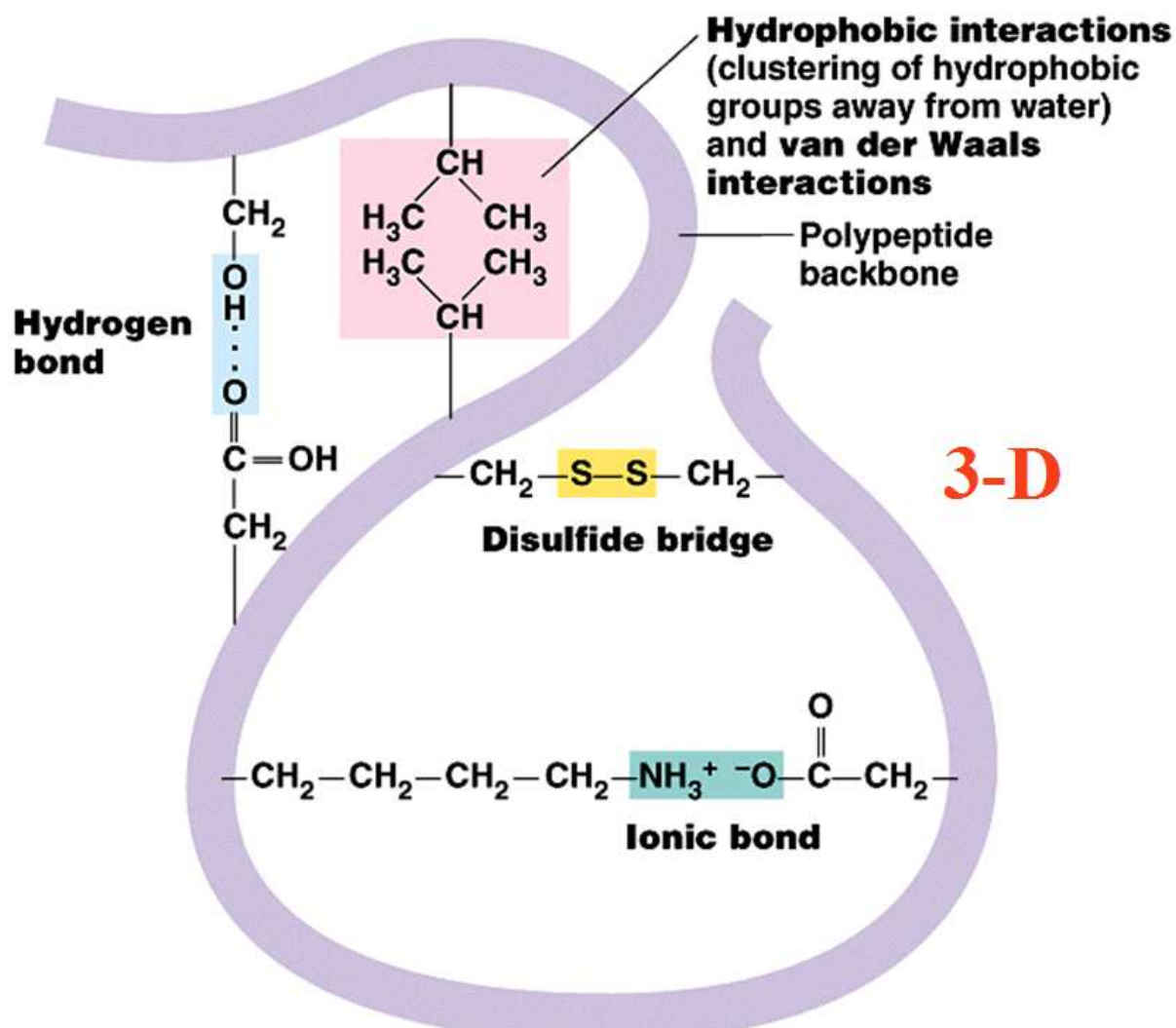
Beta-skládaný list

- o Také navrhli Pualing a Corey , 1951
- o Vlákna mohou být paralelní nebo antiparalelní



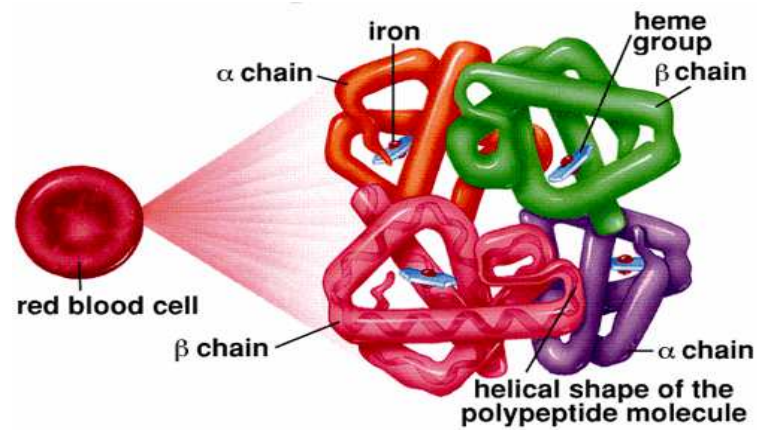
Terciární struktura

Interakce vedoucí k terciární struktuře

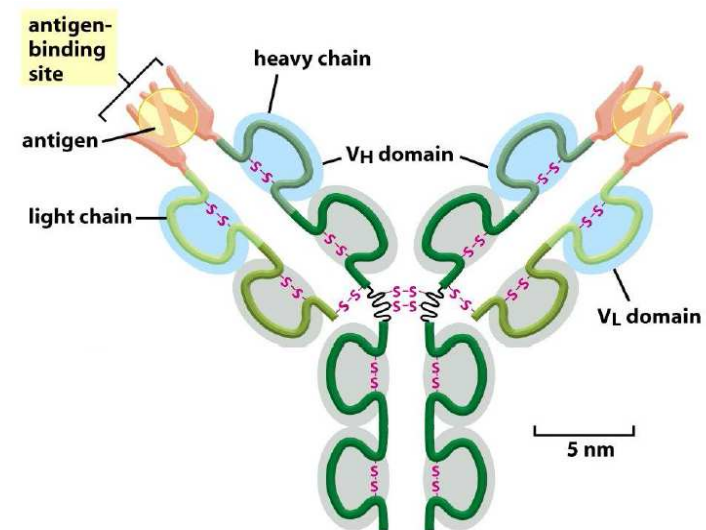


Kvarterní struktura

Kvarterní struktura



Molekula hemoglobinu složená ze čtyř podjednotek



Molekula imunoglobulinu složená ze dvou lehkých a ze dvou těžkých řetězců

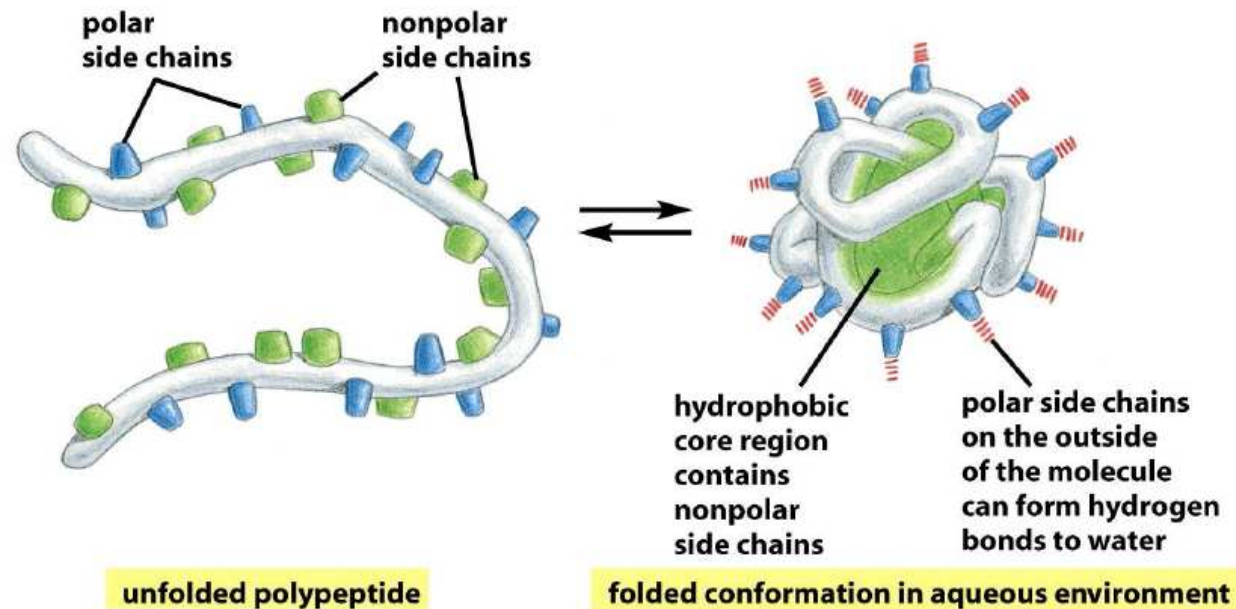
Úrovně proteinové struktury

- | | |
|------------|--------------------------------|
| Primární | - sekvence (N-konec...C-konec) |
| Sekundární | - lokální struktury - H-vazby |
| Terciární | - celková 3-D struktura |
| Kvarterní | - podjednotky |

Tvar - globulární nebo fibrilární

Globulární proteiny

- o Většina **polárních residuí** směřuje **vně proteinu** a je v kontaktu s rozpouštědlem
- o Většina **hydrofobních residuí** se nachází **uvnitř proteinu**, kde dochází k jejím vzájemným interakcím



Fibrilární proteiny

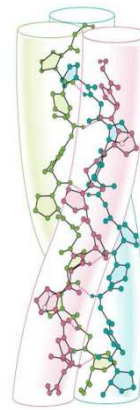
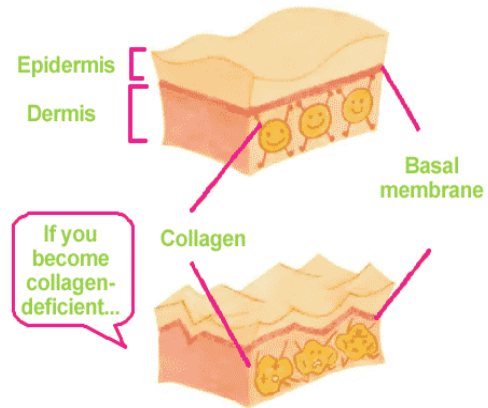
- o Většina polypeptidového řetězce je organizována paralelně k jediné ose
- o Fibrilární proteiny jsou často mechanicky pevné
- o Fibrilární proteiny jsou často nerozpustné
- o V přírodě zastávají strukturní funkce
 - o α -keratin - vlasy, nehty, drápy, rohy a zobák
 - o Kolagen - klouby, kosti, zuby
 - o β -keratin - hedvábí, pavoučí síť



α -keratin



Kolagen



β -keratin



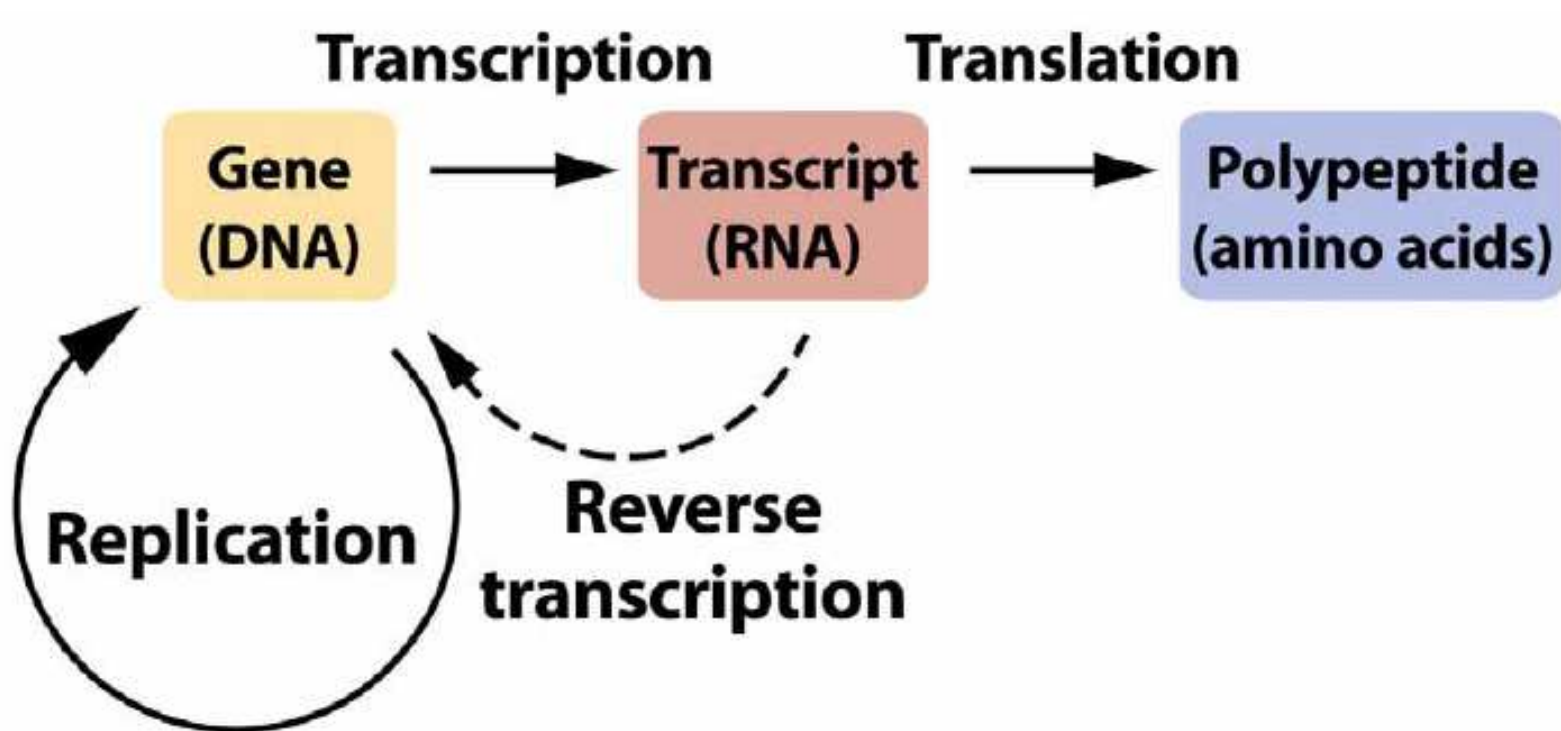
Funkce v organismu

Funkce v organismu

- o Stavební (kolagen, elastin, keratin)
- o Transportní a skladovací (hemoglobin, transferin)
- o Zajišťující pohyb (aktin, myosin)
- o Katalytické, řídící a regulační (enzymy, hormony, receptory...)
- o Ochranné, obranné (imunoglobulin, fibrin, hadí jedy...)
- o Udržování osmotického tlaku a pH krve (albumin)

Biosyntéza bílkovin

Centrální dogma molekulární biologie



Proteosyntéza

