

Biochemie I
2016/2017

Makromolekuly
buňky

František Škanta

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

Cukry

Jsou sladké

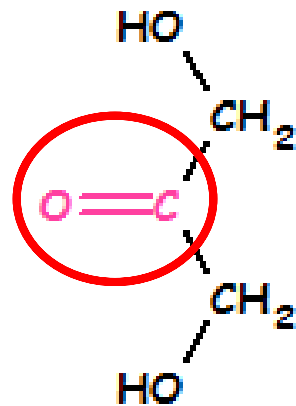
Přehled strukturních forem sacharidů

Monosacharidy

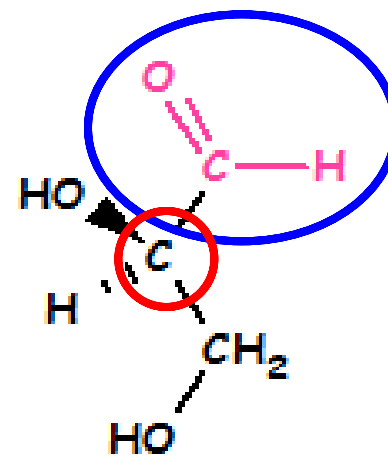
Disacharidy

Polysacharidy

Ketotriosa a aldotriosa



Dihydroxyacetone
(ketosa)



D-Glyceraldehyd
(aldosa)

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

α a β anomery

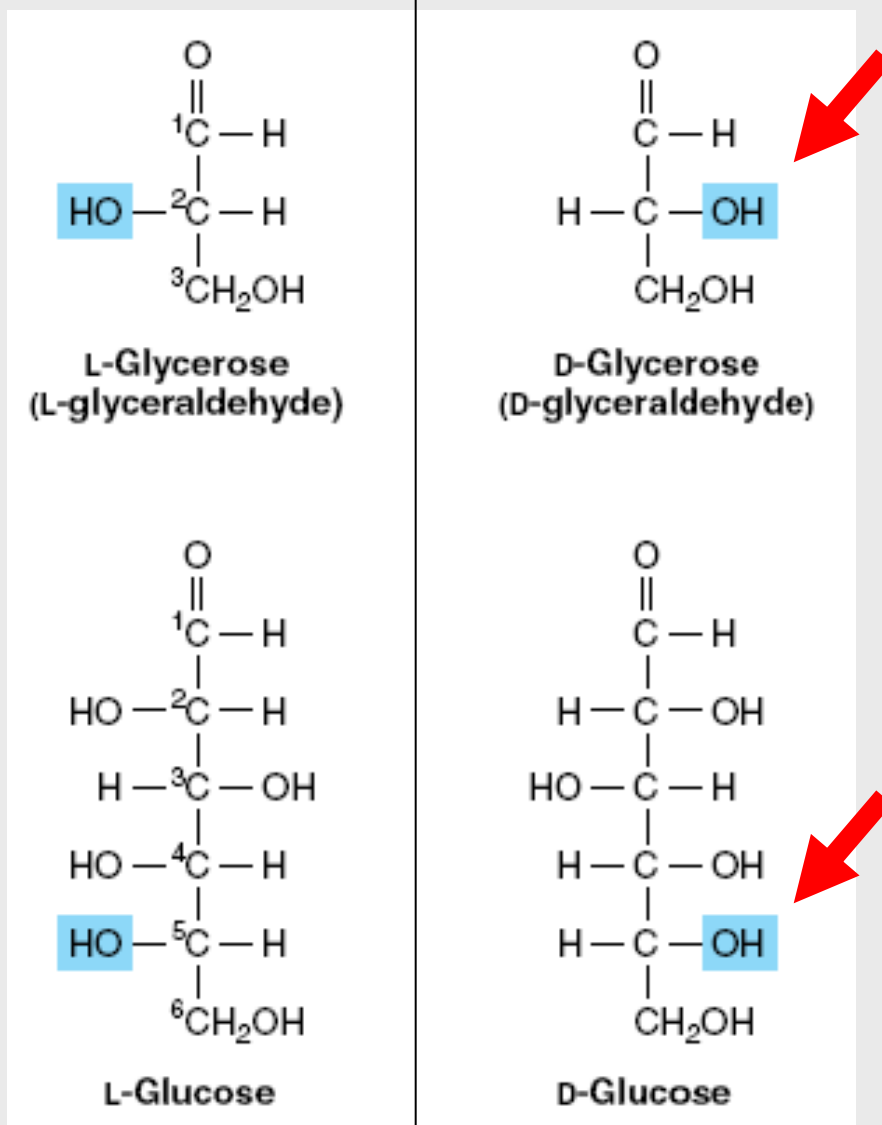
D- a L- izomery



= zrcadlové obrazy
(enantiomery)

významné jsou
D-monosacharidy

zrcadlo



Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

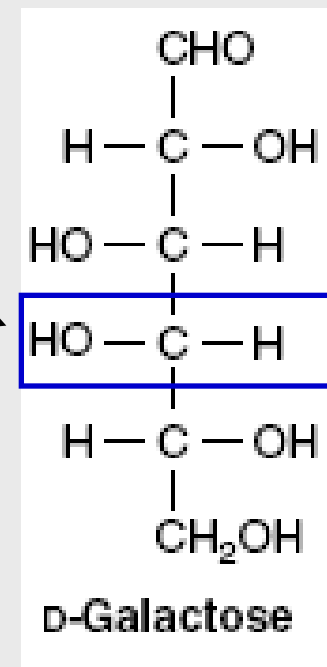
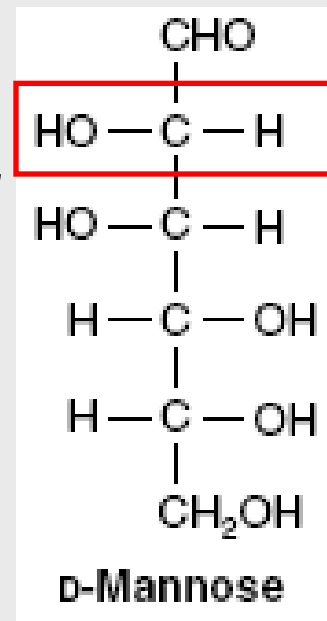
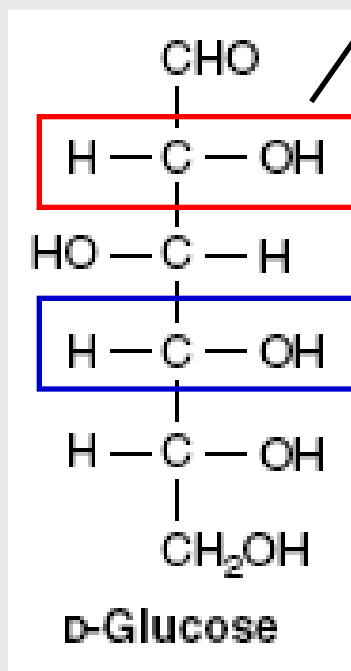
α a β anomery

Epimersy

= izomery cukrů lišící se
polohou pouze jedné
-OH skupiny

Man = 2-epimer Glc

Gal = 4-epimer Glc



Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

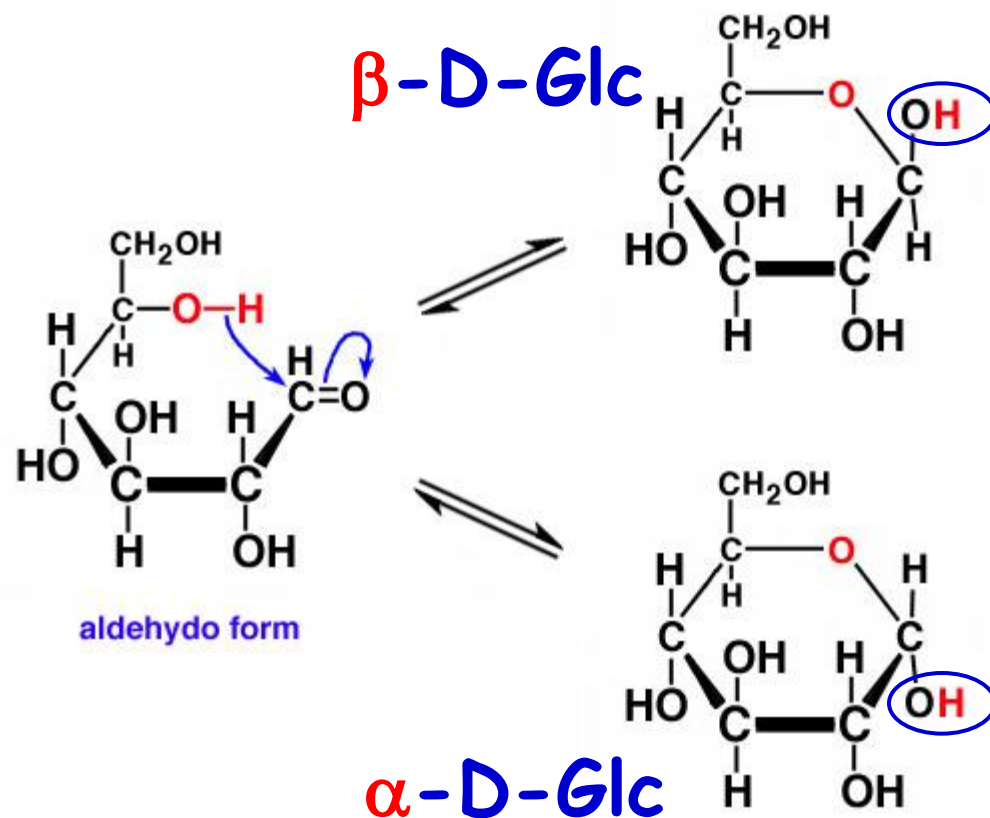
α a β anomery

α a β anomery



pouze cyklické
formy

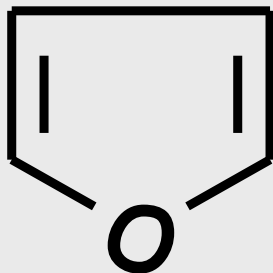
α -/ β -OH = anomerní
(poloacetalová)
hydroxylová skupina



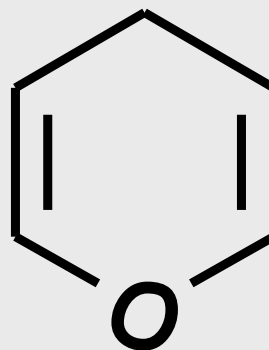
- při rozpouštění cukru ve vodě se ustanovuje rovnováha mezi anomery = **mutarotace**
(optická otáčivost anomerů se liší)

V roztoku převládají monosacharidy cukrů
v cyklické formě.

Aldehydy tvoří poloacetalové, ketony poloketalové.



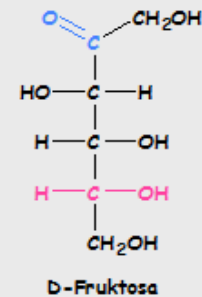
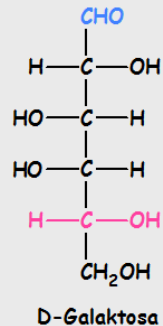
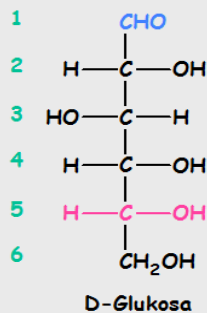
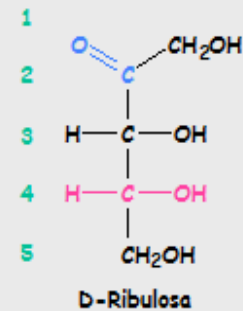
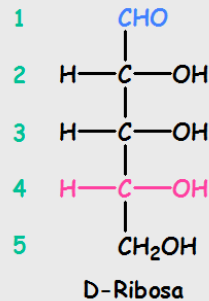
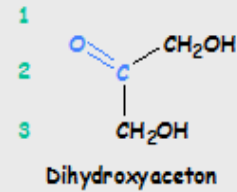
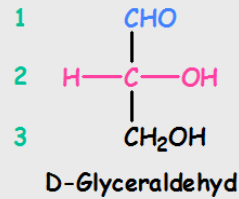
Furan



Pyran

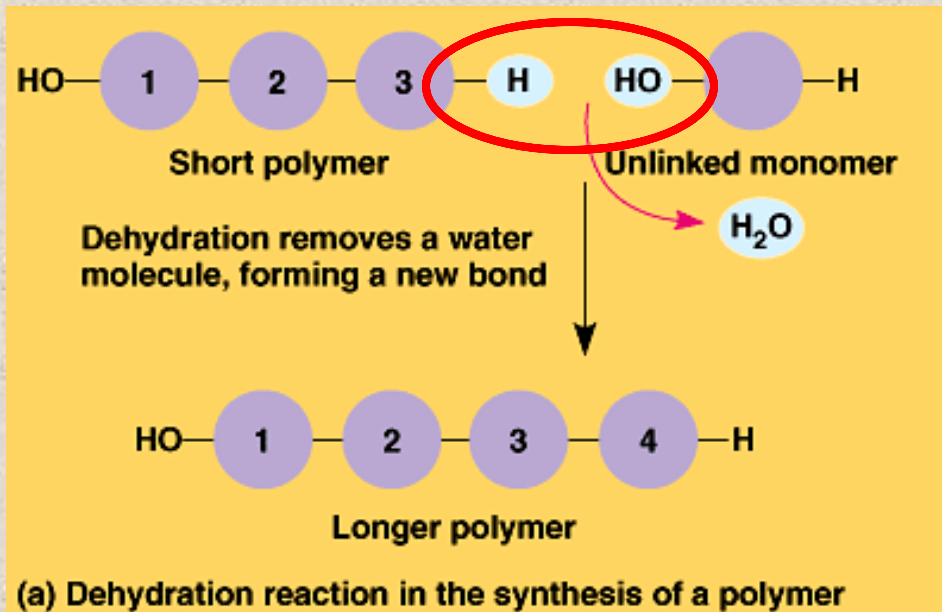
Monosacharidy

D-Aldosy a D-Ketosy - (C₃-C₆)

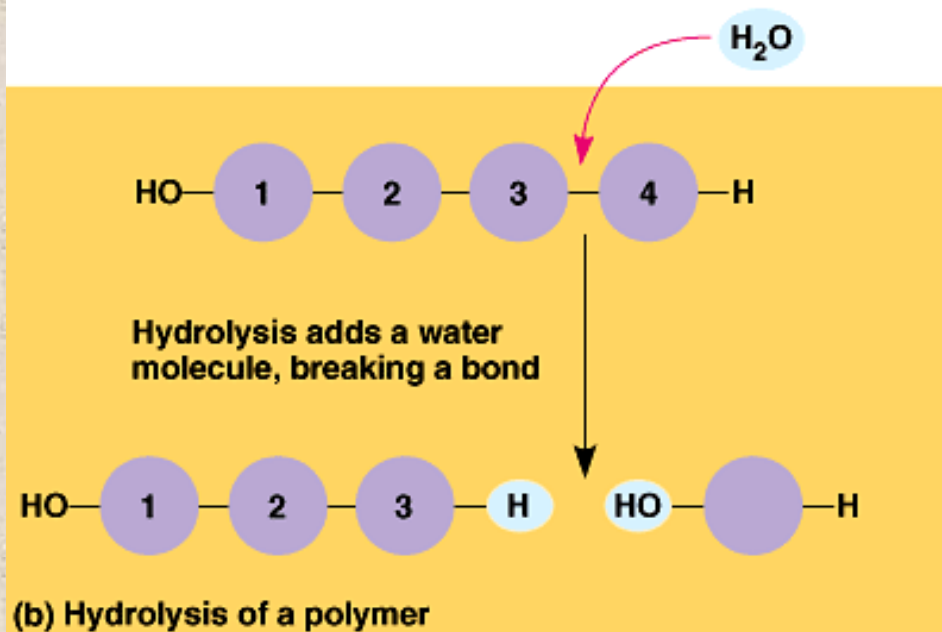


Disacharidy

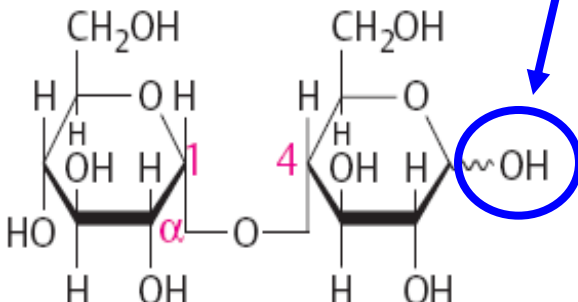
Syntéza -- kondenzace



Štěpení -- hydrolýza

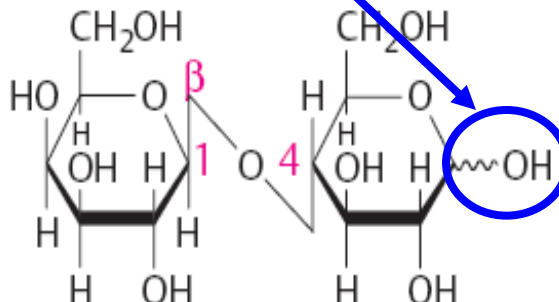
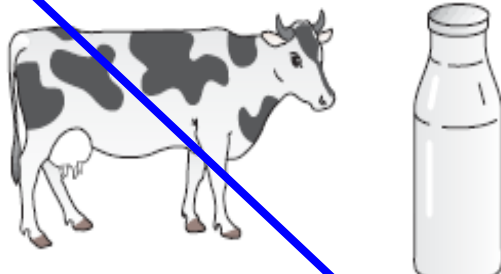


Volný anomerní (= poloacetalový) hydroxyl $\Rightarrow$ redukční účinky



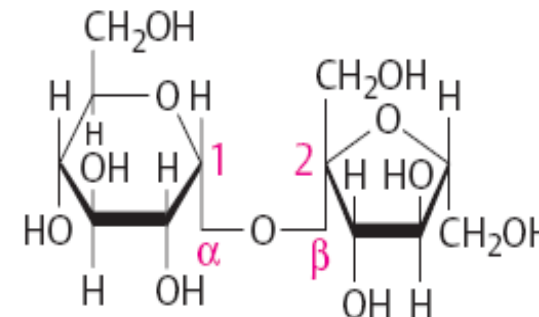
1. Maltose
 α -D-Glucopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucopyranose

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

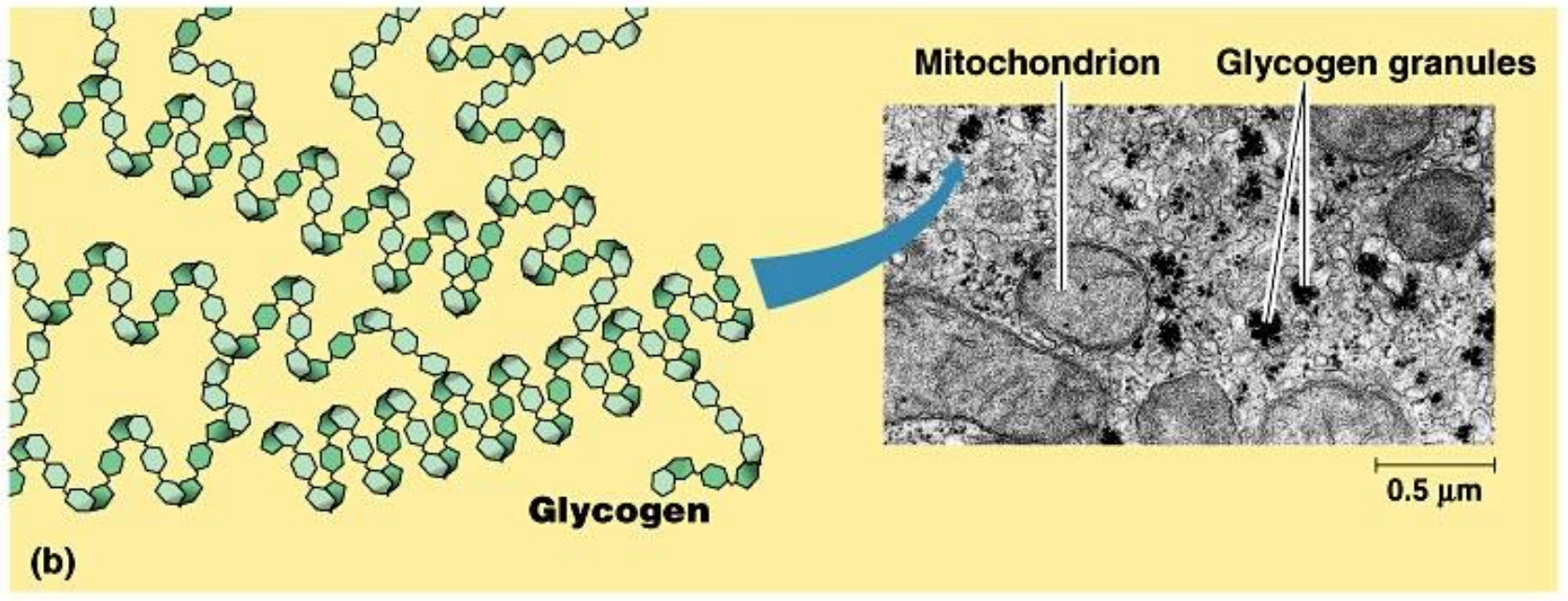
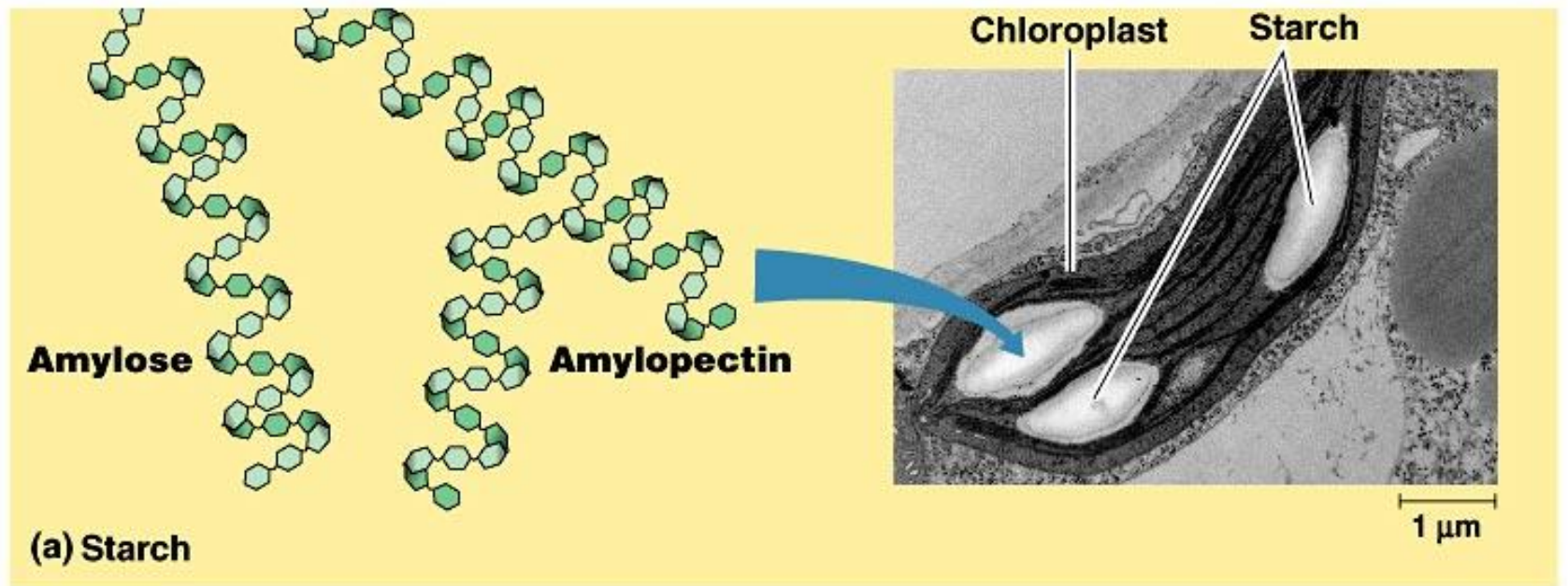
Polysacharidy

Homopolysacharidy

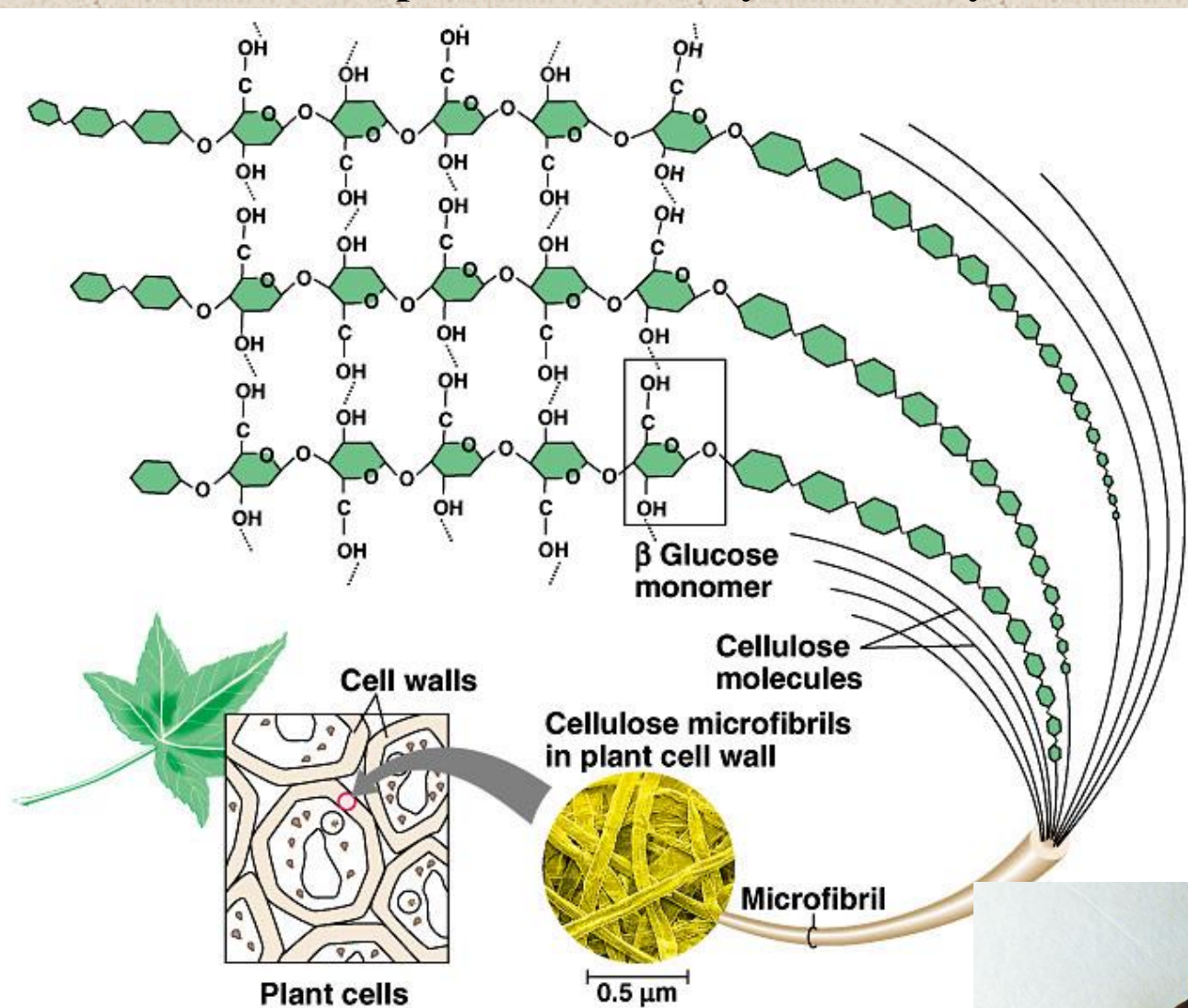
Heteropolysacharidy

Homopolysacharidy

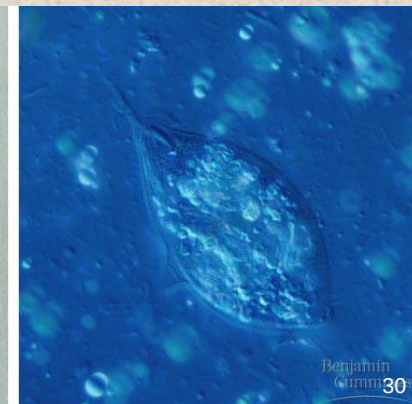
Zásobní polysacharidy



Uspořádání celulosy v buněčných stěnách rostlin

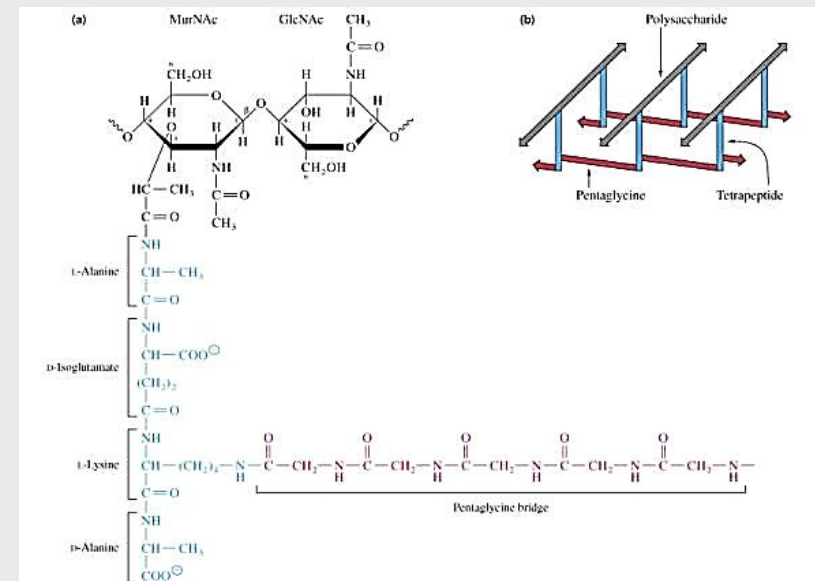
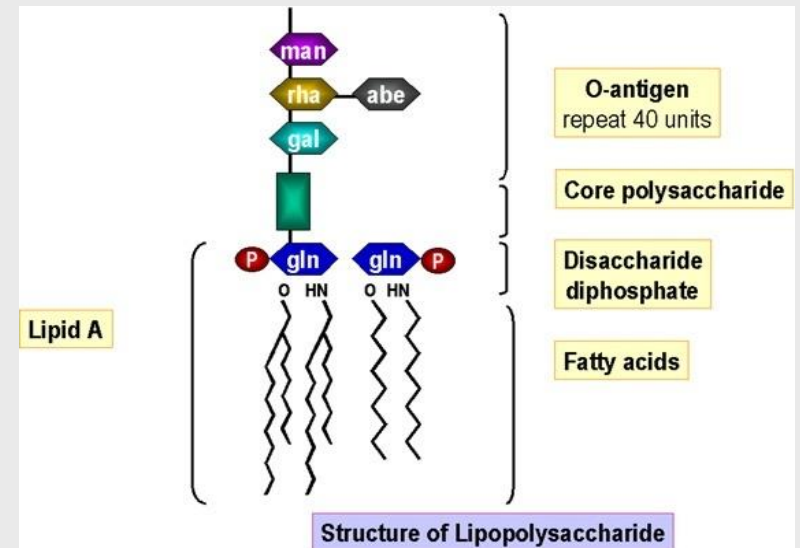
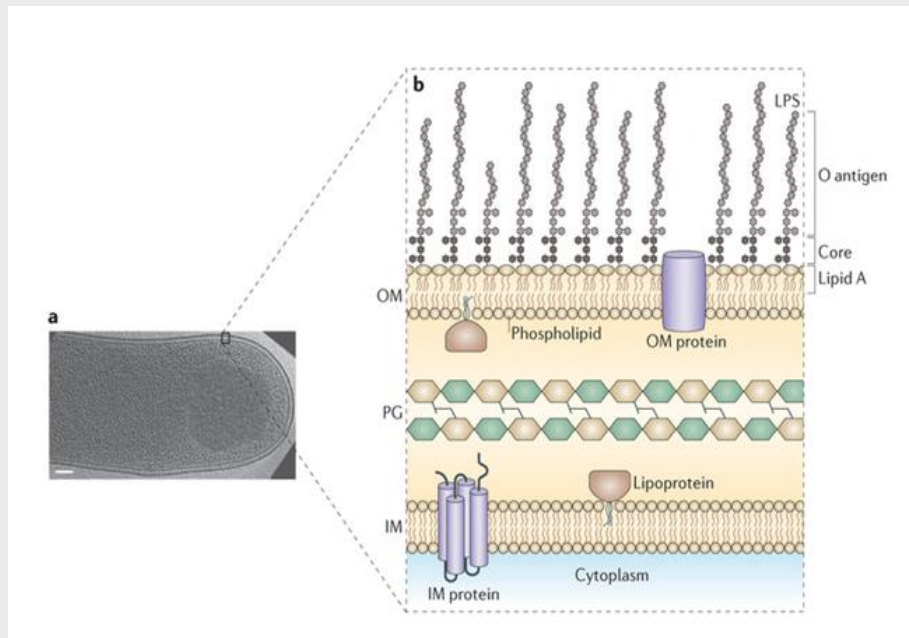


**Chitin je polymer
N-acetylglukosaminu**

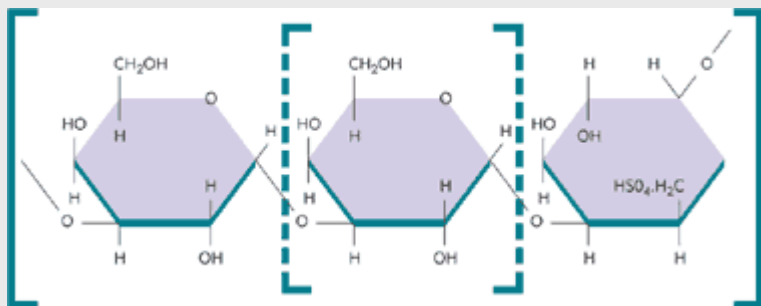
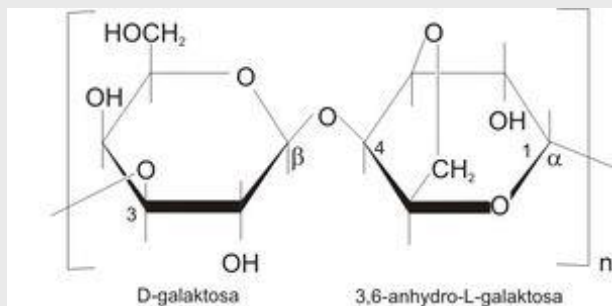


Heteropolysacharidy

Buněčná stěna bakterií

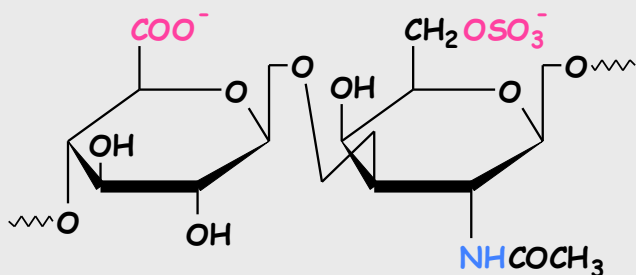


Agarósa a agar

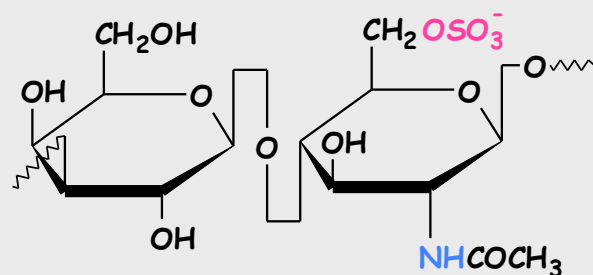


Glykosaminoglykany

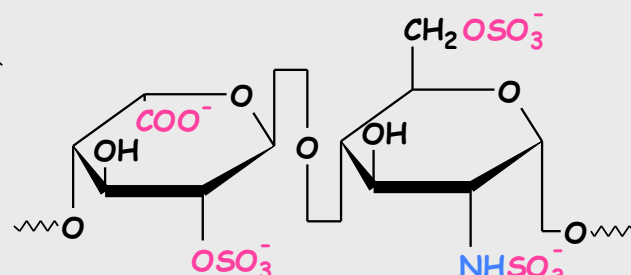
Glykosaminoglykany - aniontové polysacharidy



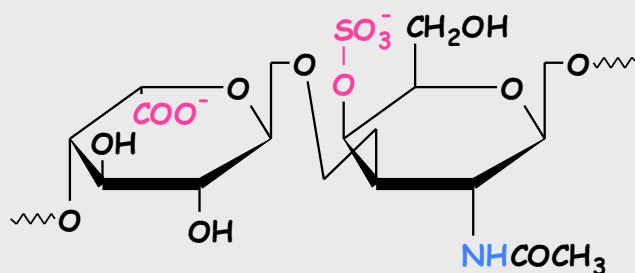
Chondroitin-6-sulfát



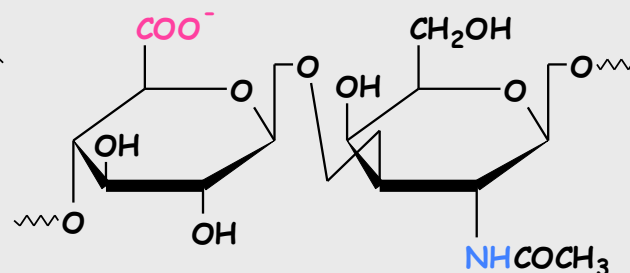
Keratansulfát



Heparin



Dermatansulfát

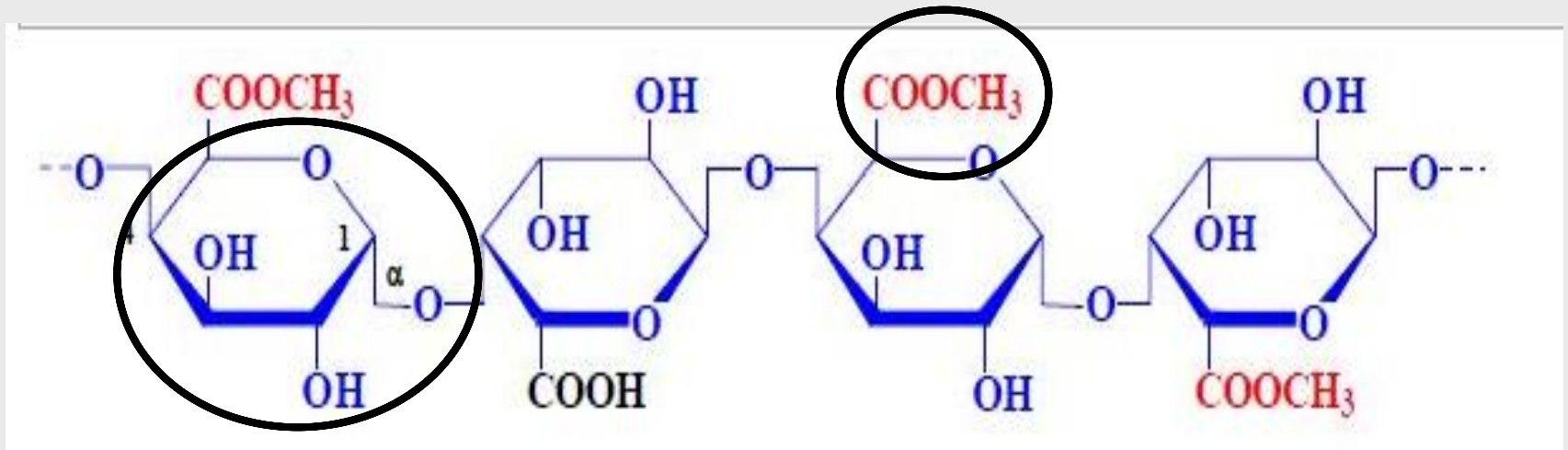


Hyaluronát

Opakující se disacharidové jednotky obsahující **glukosamin** nebo **galaktosamin**. Vazbou na proteiny tvoří proteoglykany (složky CPM a extracelulární matrix).

Heteroglykosidy

Pektiny



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

Funkce cukrů v organismu:

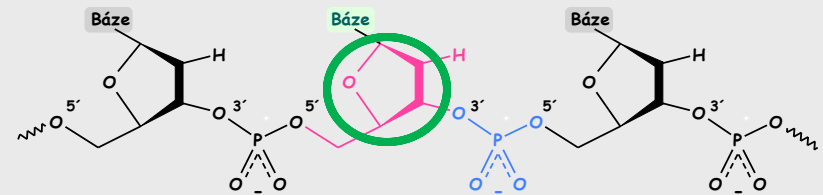
krátkodobý zdroj energie (glukóza, fruktóza)

zásobní látky (škrob, glykogen, inulin, pektiny)

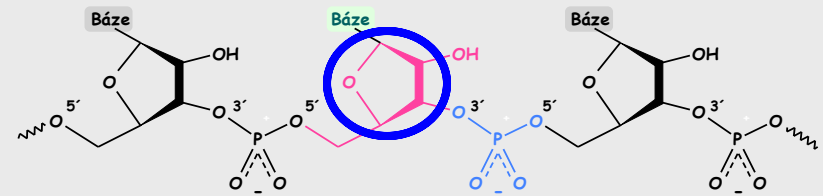
stavební materiál (celulóza, chitin, agar)

složka jiných molekul (koenzymy, proteiny, NK)

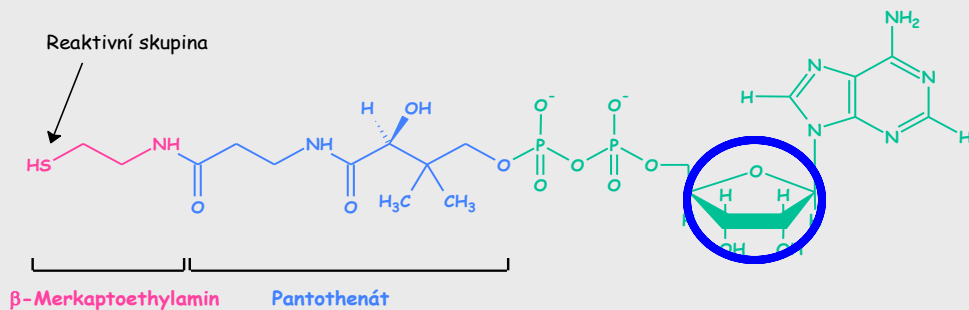
Cukr jako složka jiných biomolekul



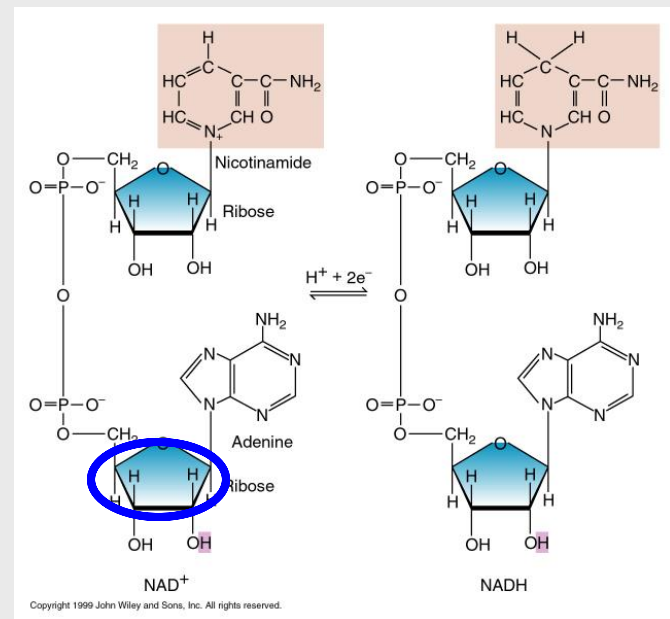
DNA



RNA



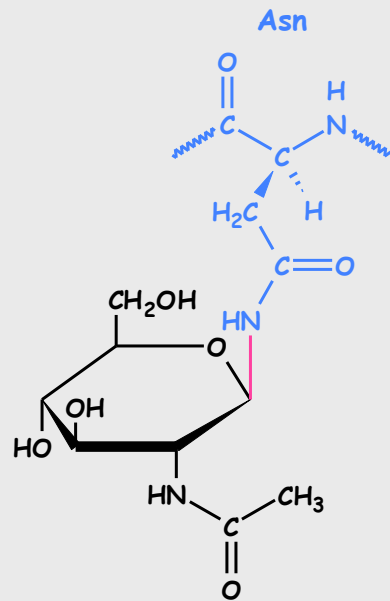
Koenzym A



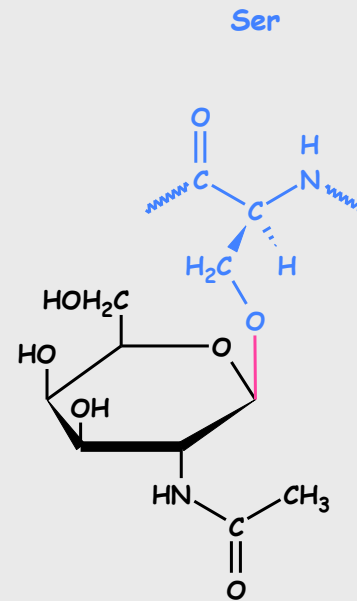
Glykoproteiny

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

Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

- Zásobní
- Strukturní

Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

- Zásobní
- Strukturní

Tuky

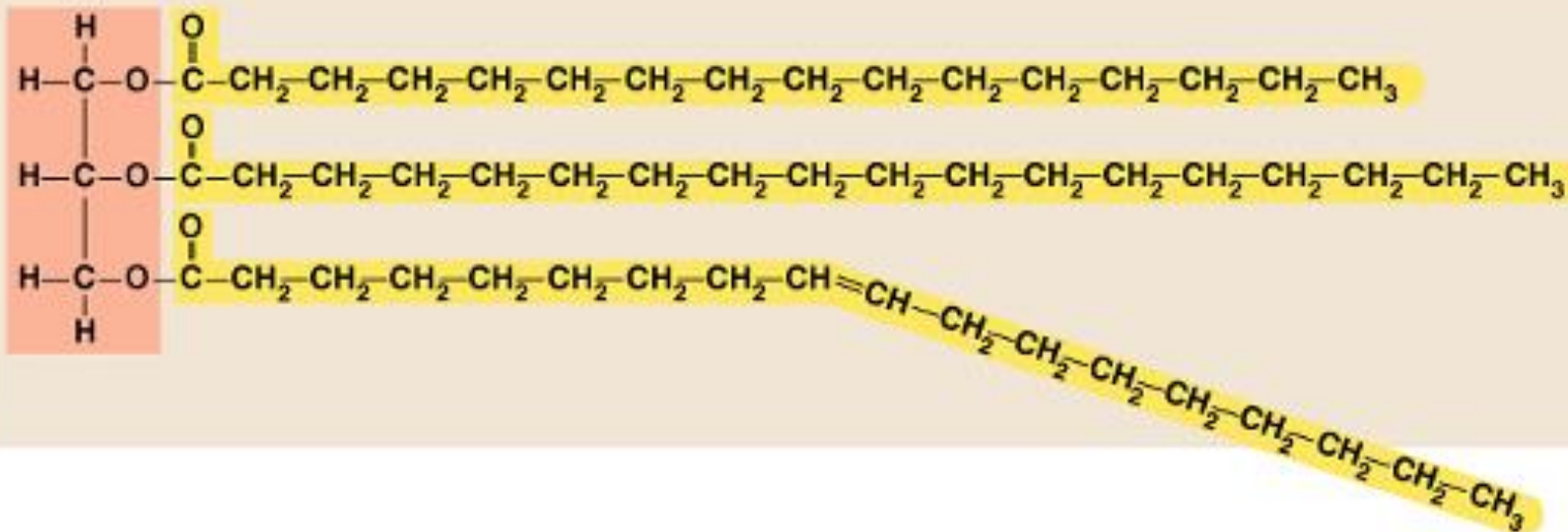
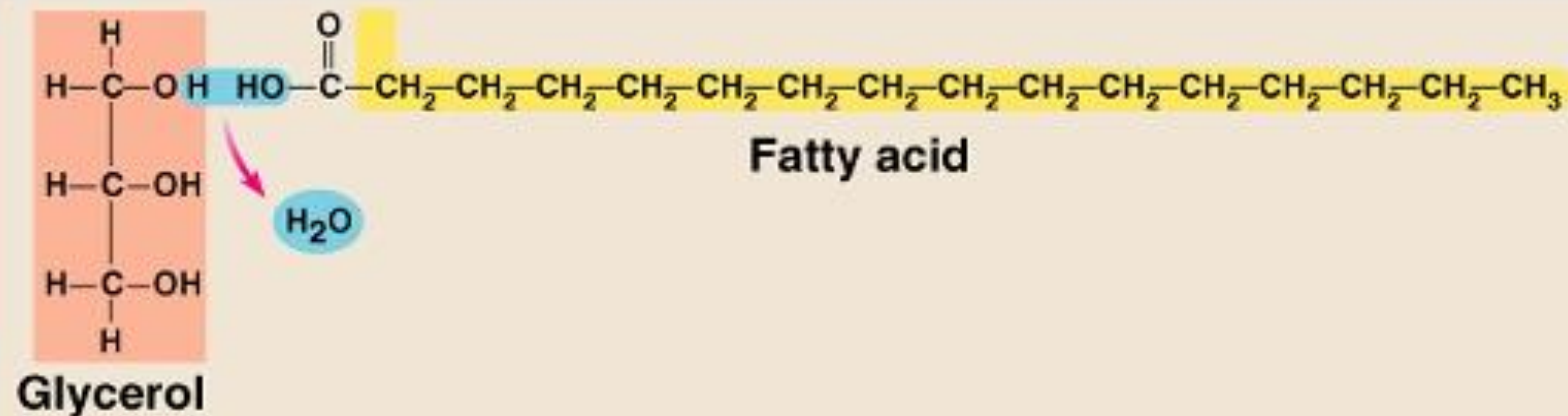
Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

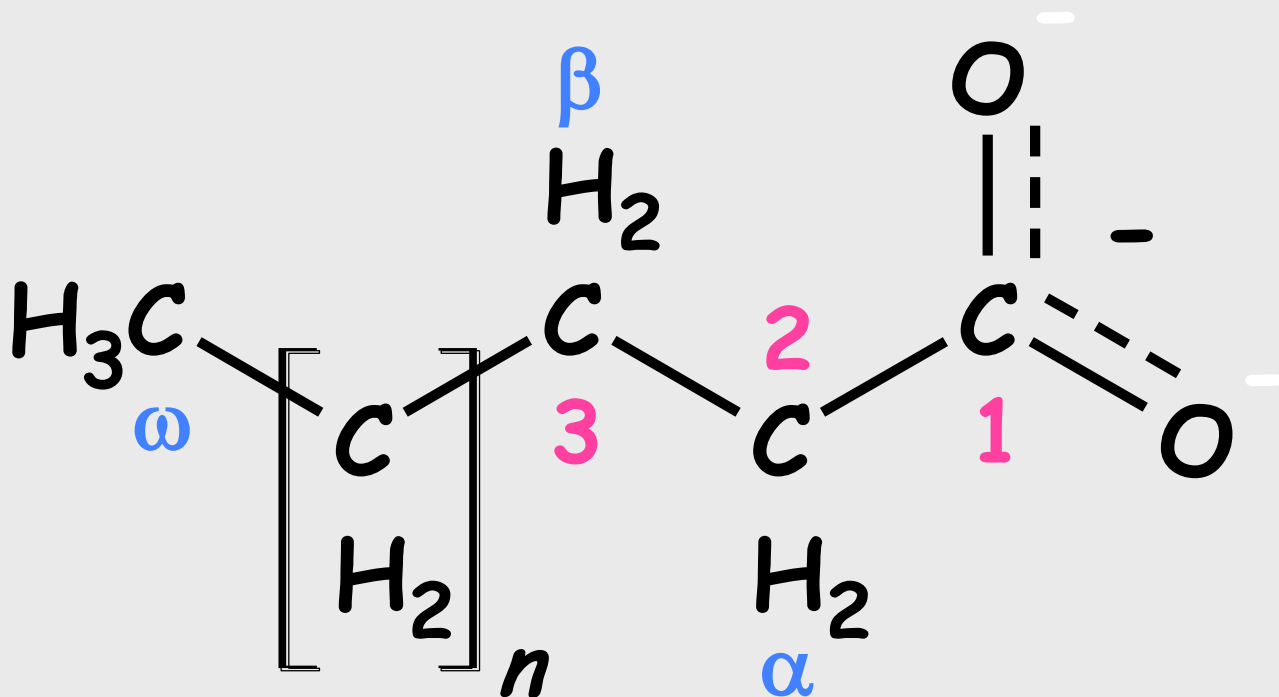
- Zásobní
- Strukturní

Syntéza triacylglycerolu

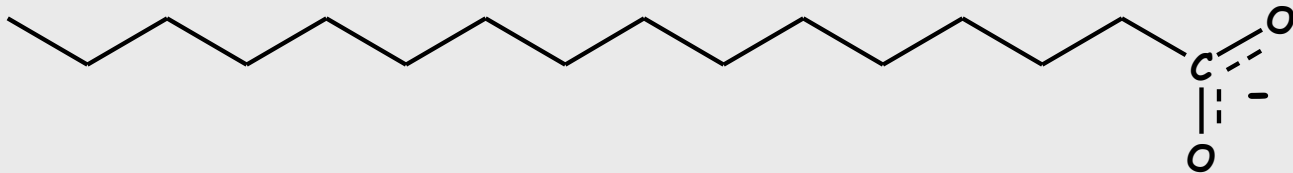


STRUKTURA LIPIDŮ

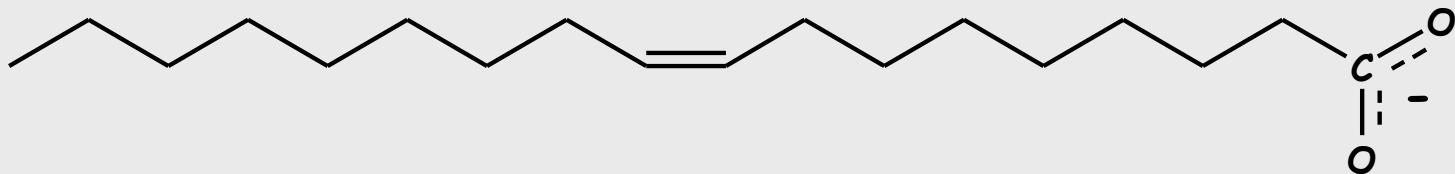
Značení uhlíkových atomů mastných kyselin



Mastné kyseliny - nositelky hydrofobních vlastností

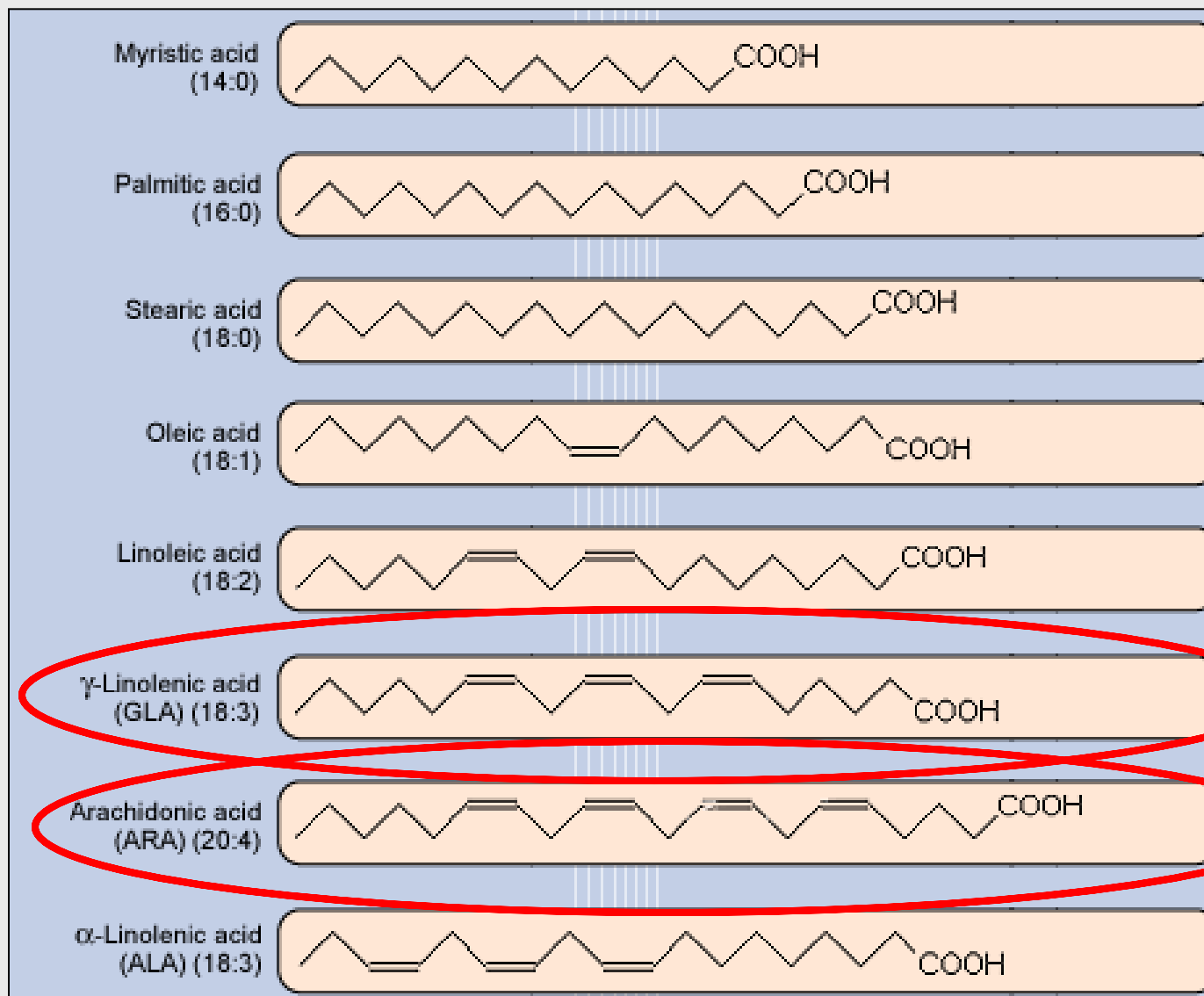


Palmitát
(ionizovaná forma kyseliny palmitové)



Oleát
(ionizovaná forma kyseliny olejové)

Mastné kyseliny



Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

- Zásobní
- Strukturní

Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

- Zásobní

- Strukturní

Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

- Zásobní

- Strukturní

Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

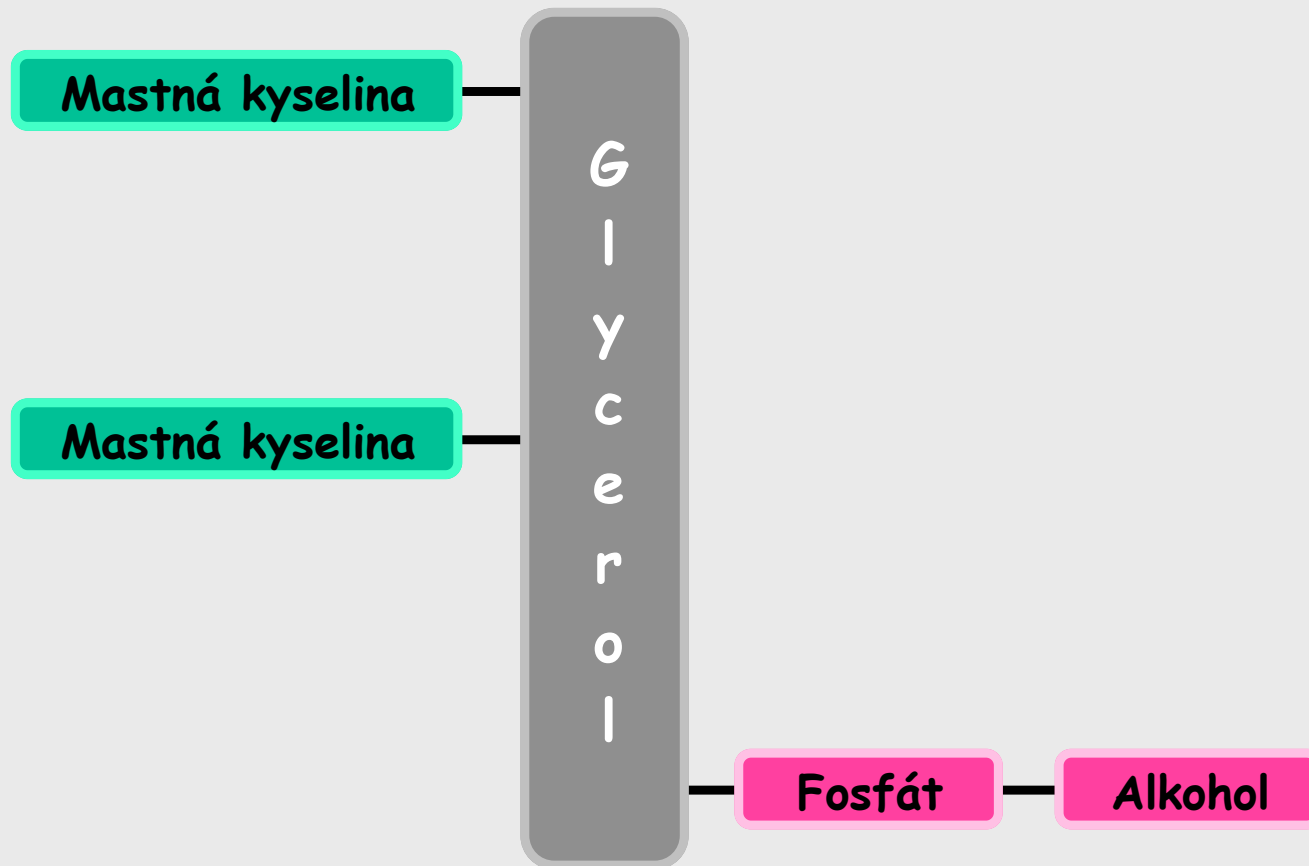
Esterifikace

- Zásobní
- Strukturní

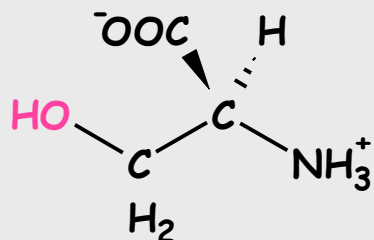
Tři typy membránových lipidů

- Glycerolfosfolipidy
 - Sfingolipidy
 - Glykolipidy
 - Cholesterol
-
- **Glycerolfosfolipidy** jsou odvozeny od glycerolu a jsou esterifikovány kyselinou fosfatidovou.
 - **Sfingolipidy** jejich základem je sfingosin (nenasycený aminoalkohol). Jsou esterifikováni kyselinou fosfatidovou a nějakým alkoholem.
 - **Glykolipidy** jejich základem je také sfingosin. Druhá hydroxylová skupina nese glykosidickou vazbu s cukrem.

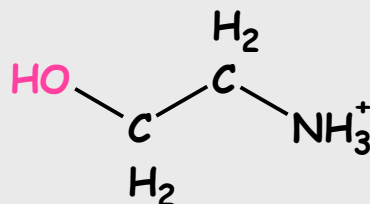
Schematická struktura fosfoglyceridu



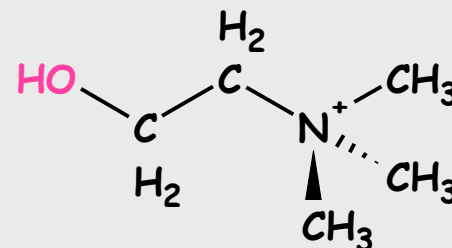
Alkoholy, které se váží esterovou vazbou na fosfatidát



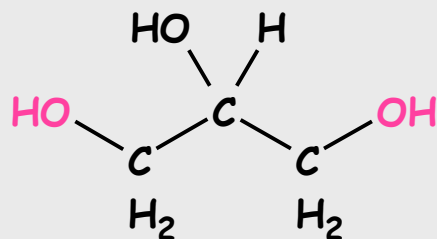
Serin



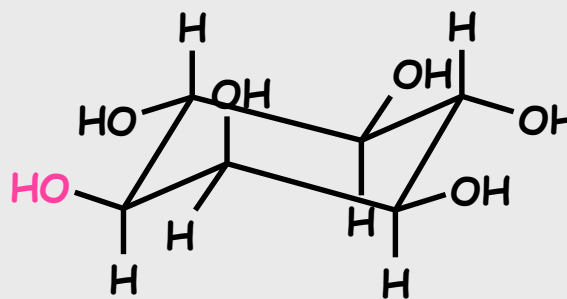
Ethanolamin



Cholin



Glycerol

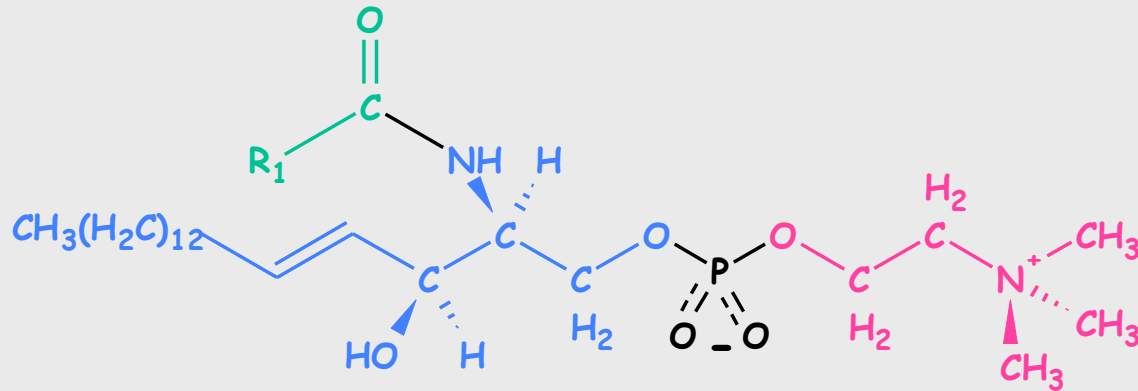


Inositol

Struktura sfingosinu a sfingomyelinu



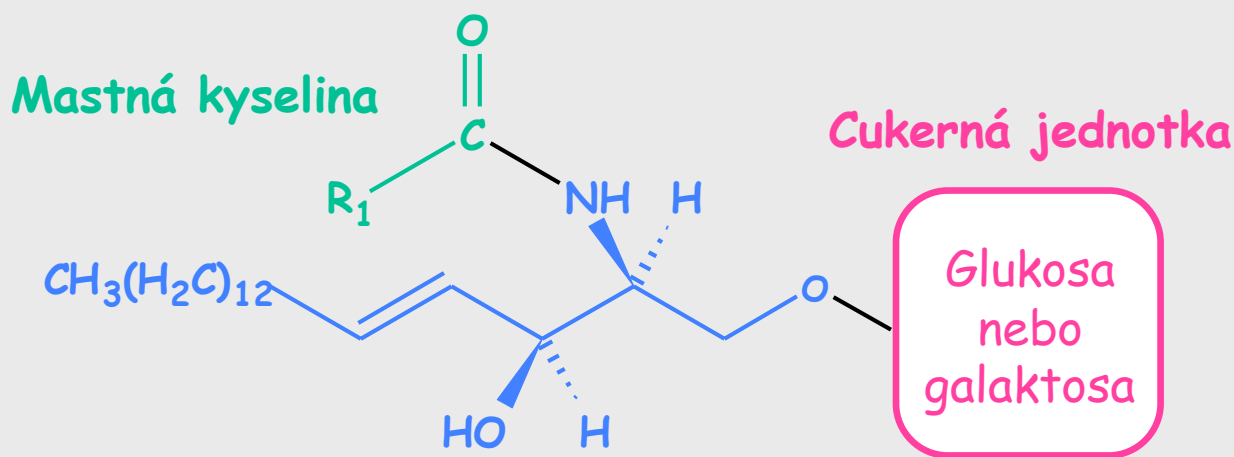
Sfingosin



Sfingomyelin

Glykolipidy - sacharidy obsahující lipidy

Glykolipidy jsou odvozeny od sfingosinu, jehož aminoskupina je acylována jako ve sfingomyelinu mastnou kyselinou. Na rozdíl od sfingomyelinu je na hydroxylu sfingosinu vázán sacharid.

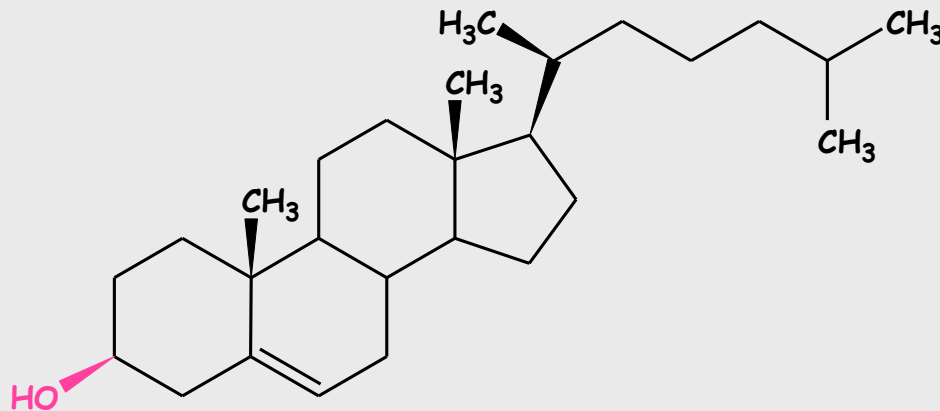


Cerebrosid
(glykolipid)

Cholesterol

Cholesterol je lipid na bázi steroidního skeletu - steranu.

V membránách je cholesterol orientován rovnoběžně se řetězcem mastných kyselin. Je až 25 % součástí membránových lipidů nervových buněk, ale je nepřítomen v intracelulárních membránách. Cholesterol neobsahují prokaryotní membrány.



Cholesterol

Funkce v organismu

Funkce v organismu

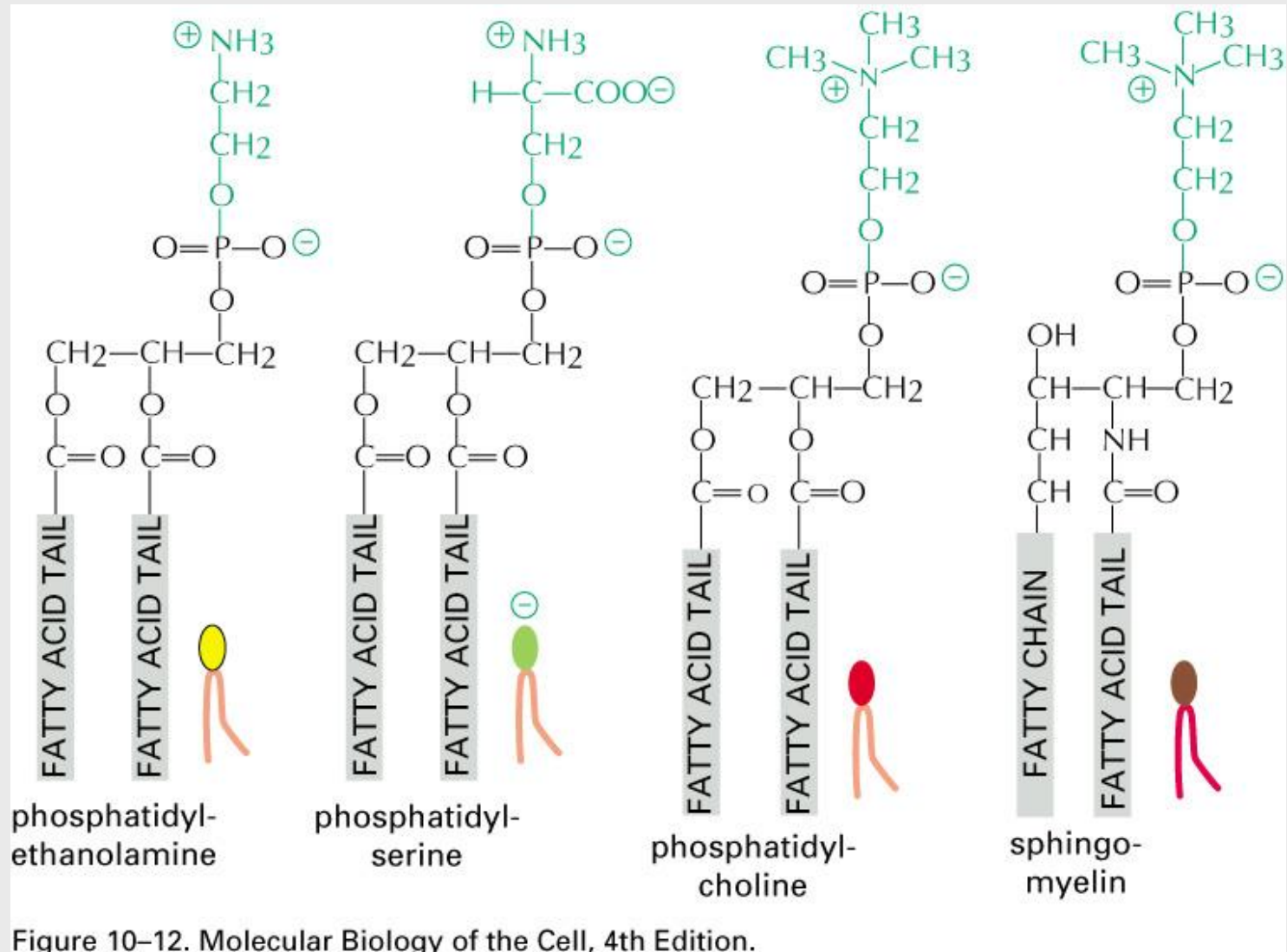
Nejvýhodnější skladování energie (triacylglyceroly)

Struktura membrán (fosfolipidy)

Vitaminy, hormony, signální molekuly

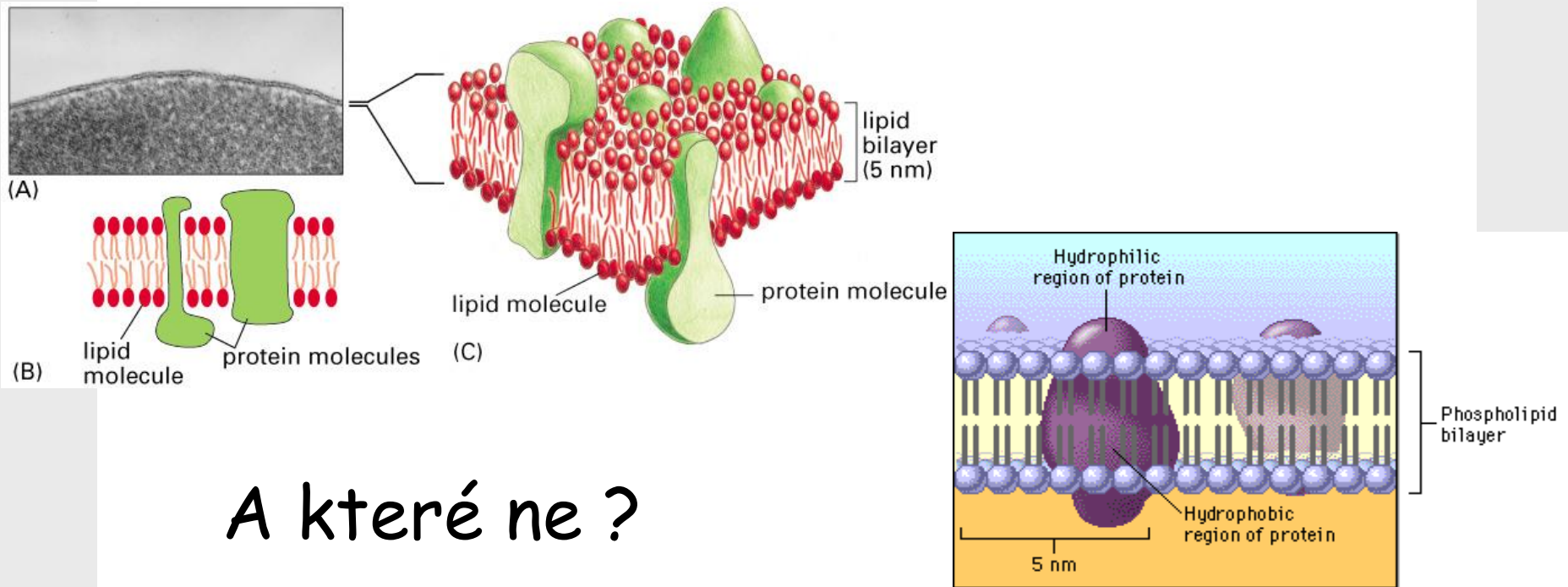
Žlučové kyseliny (emulgace tuků)

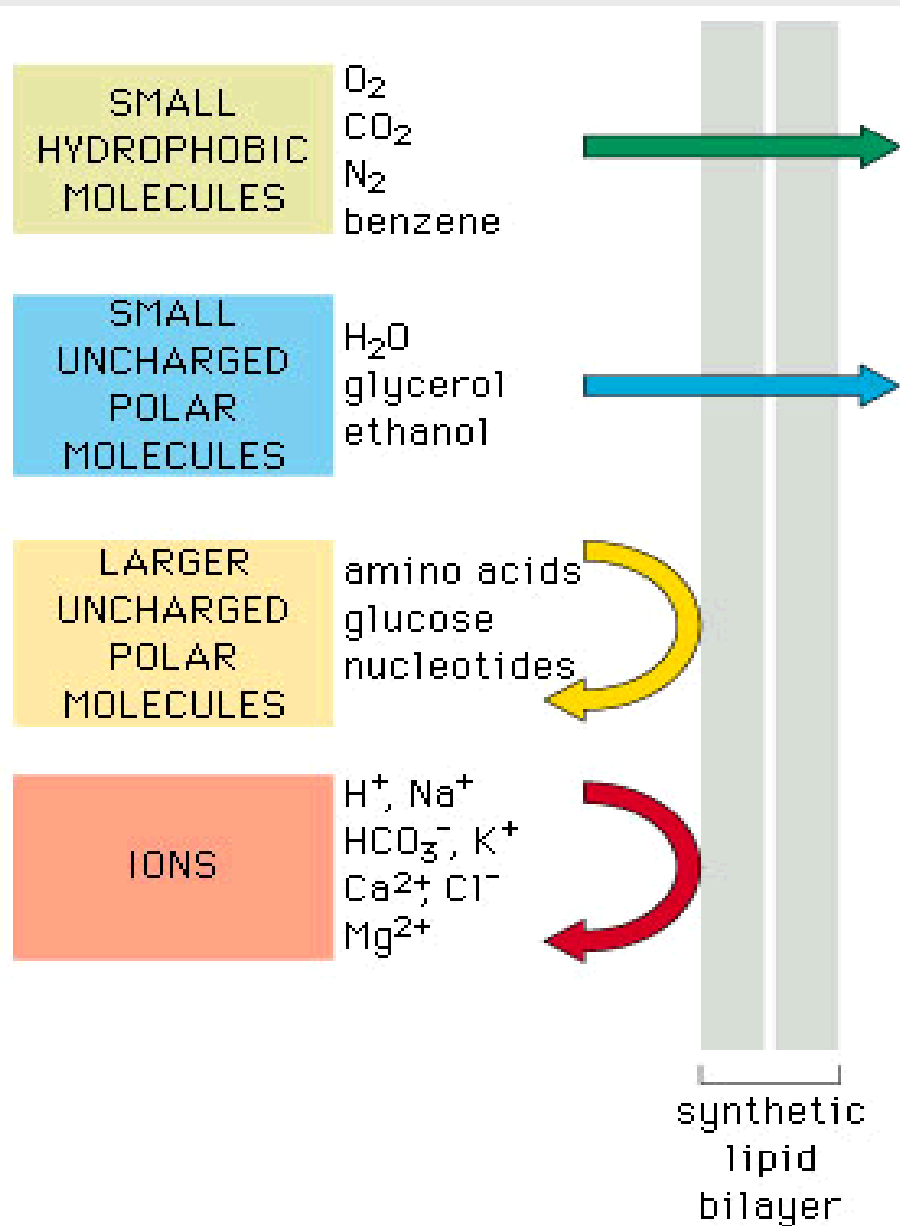
Strukturní lipidy v plasmatické membráně savčí buňky



Propustnost membrán

Které typy molekul mohou procházet volně přes membránu ?





Funkce v organismu

Nejvýhodnější skladování energie (triacylglyceroly)

Struktura membrán (fosfolipidy)

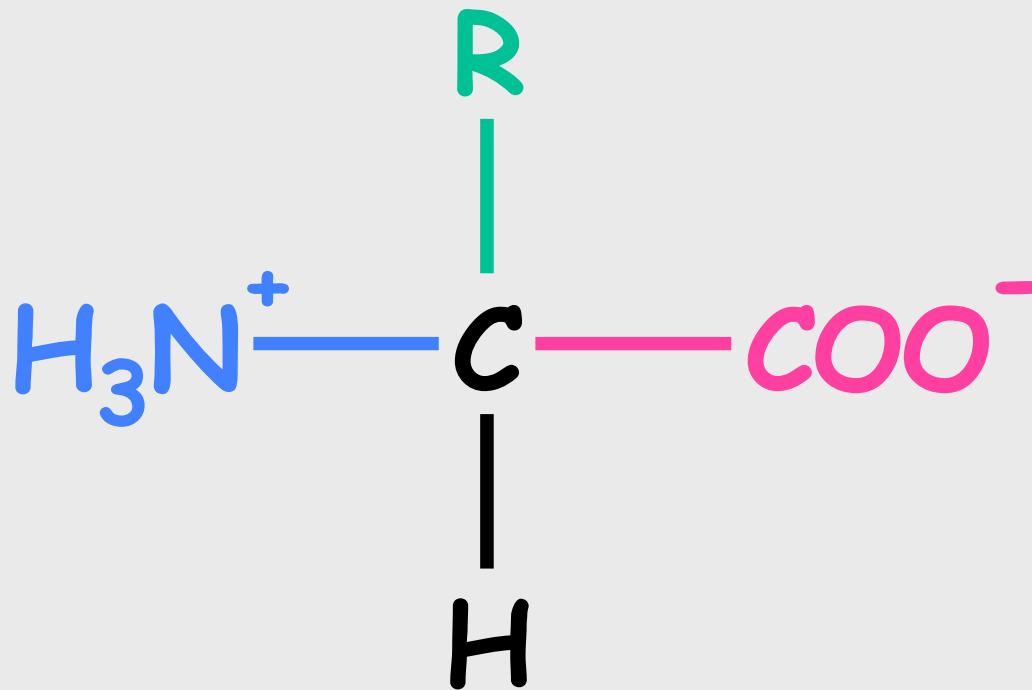
Vitaminy, hormony, signální molekuly

Žlučové kyseliny (emulgace tuků)

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

Základní struktura α -aminokyselin.



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštěnost v polárních rozpouštědlech

Rozdělení aminokyselin podle vlastností vedlejšího řetězce

Nepolární řetězec

glycin, alanin, valin, leucin, izoleucin, prolin, fenylalanin.

Polární řetězec -OH, -SH, -CONH₂ nebo heterocyklus
tyrosin, tryptofan, serin, threonin, cystein, methionin,
asparagin a glutamin

Kyselé dikarboxylové

kyselina asparagová a glutamová.

Zásadité - více než jedna aminová skupina
lysin, arginin, histidin

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

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

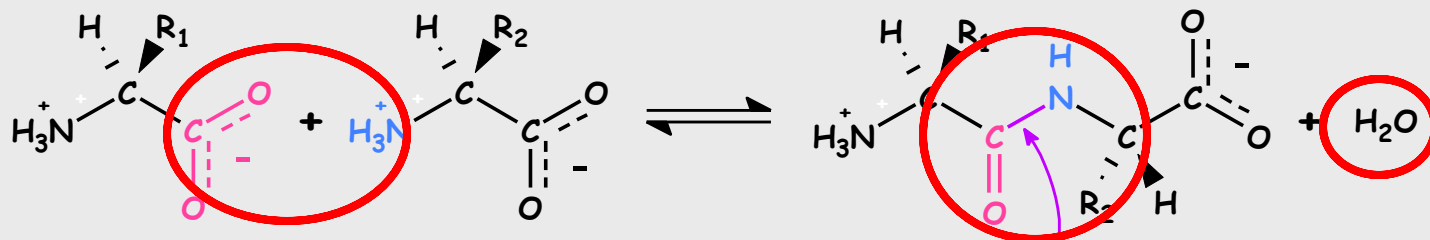
amfolyty

optická aktivita a izomerie

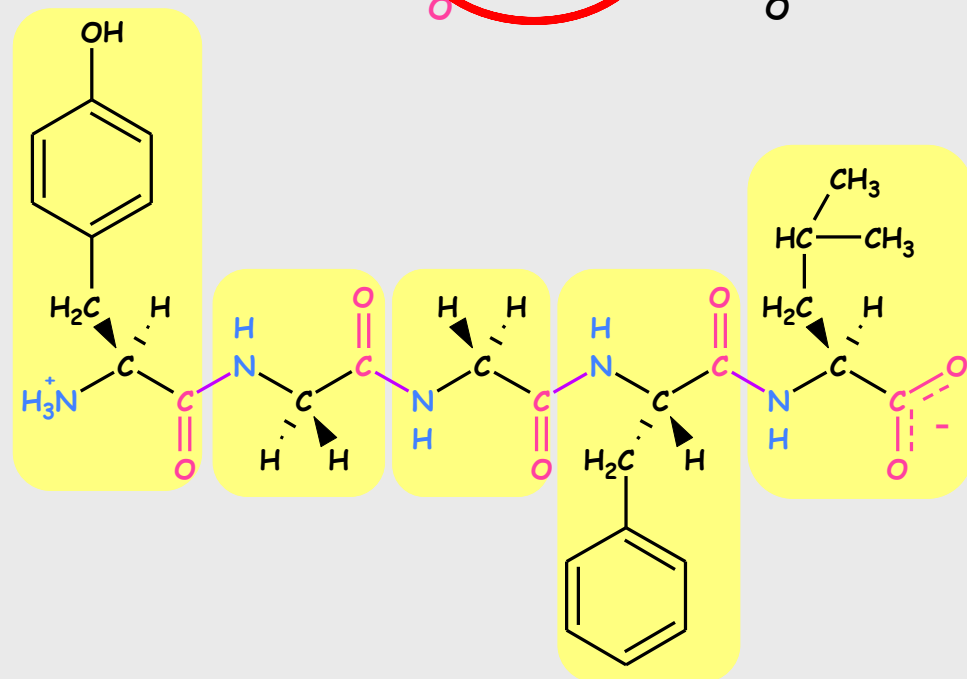
absorbce světla v UV oblasti

rozpuštěnost v polárních rozpouštědlech

Peptidická vazba



Peptidová vazba



Tyr

Gly

Gly

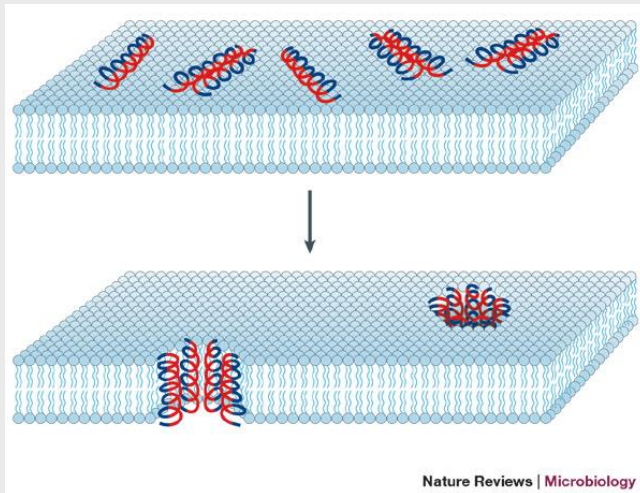
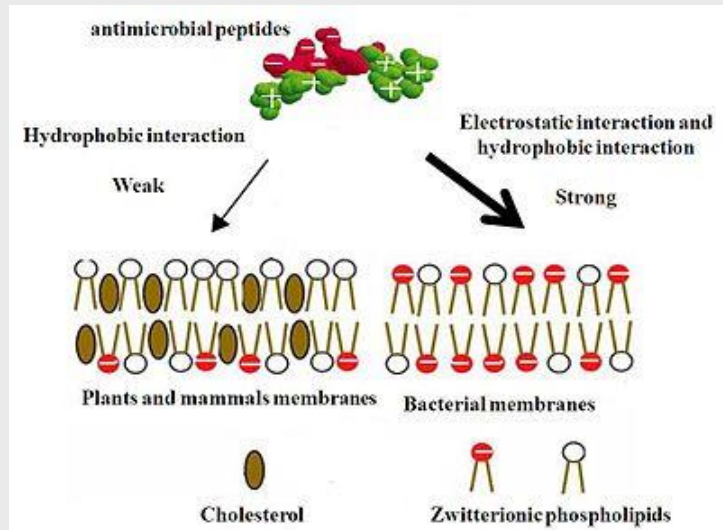
Phe

Leu

Aminoskupina
N-konec

Karboxyl
C-konec

Oligopeptidy a peptidy



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

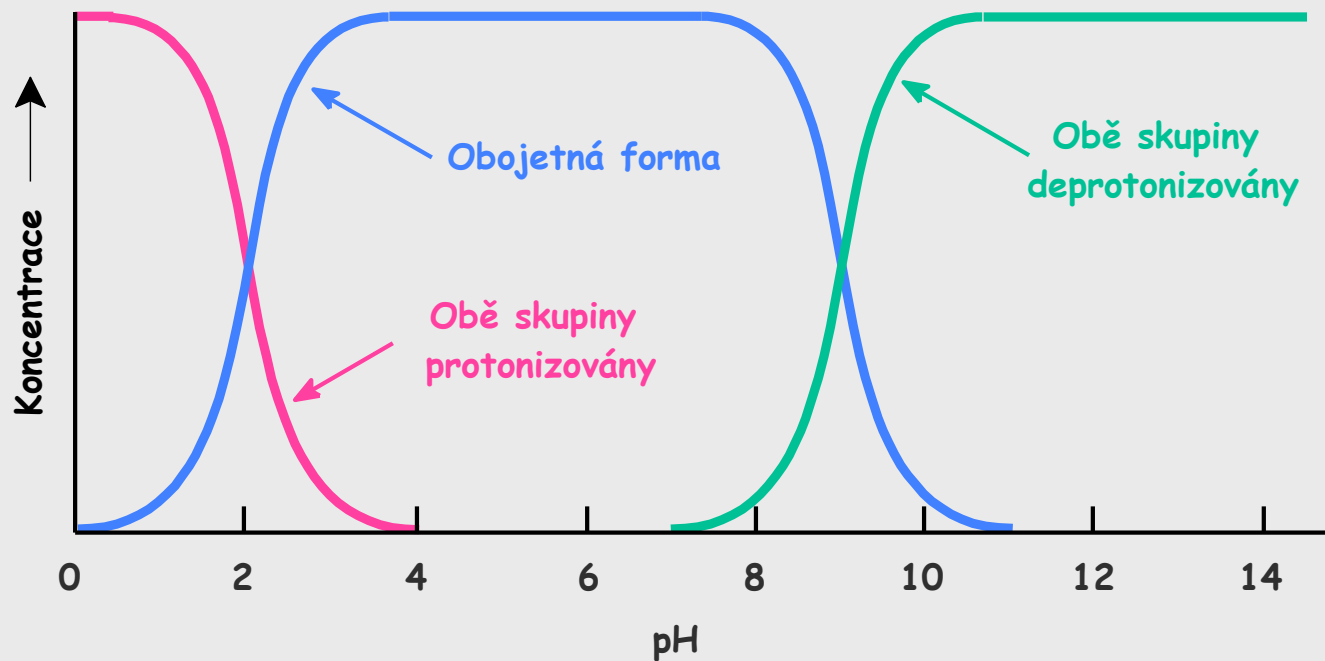
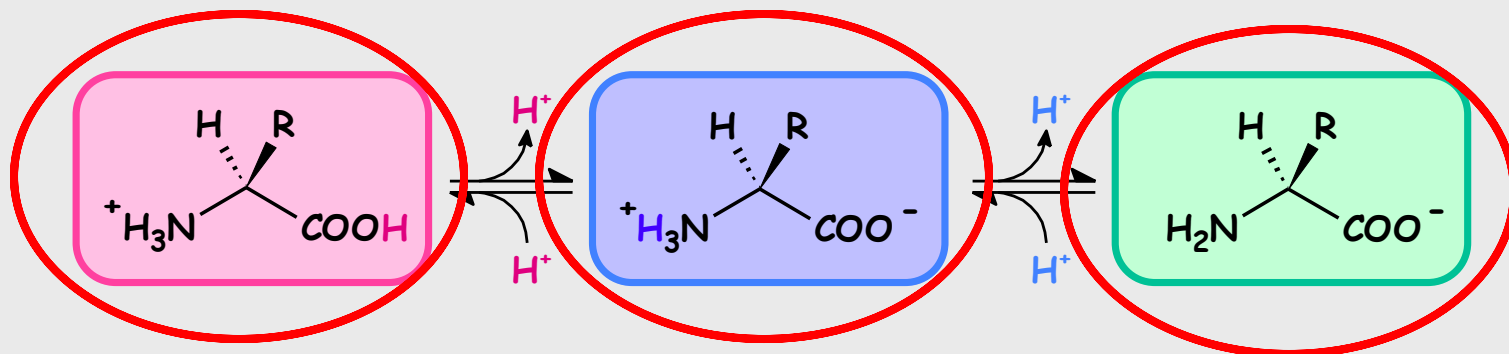
amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštěnost v polárních rozpouštědlech

Ionizační stavy aminokyselin jako funkce pH



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

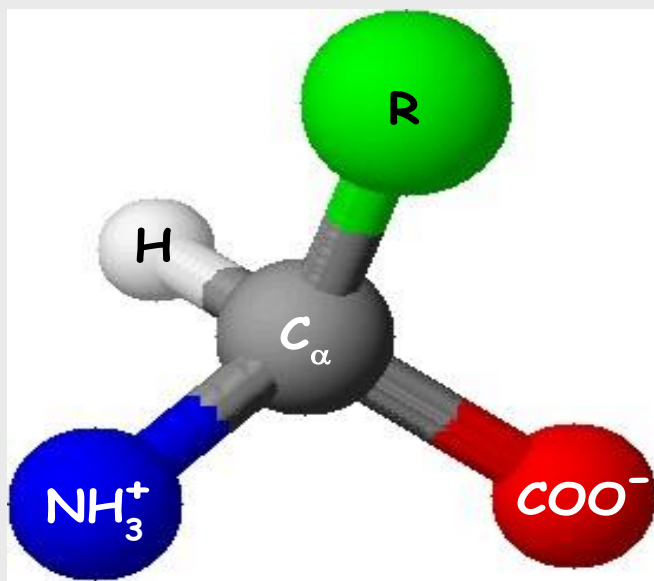
amfolyty

optická aktivita a izomerie

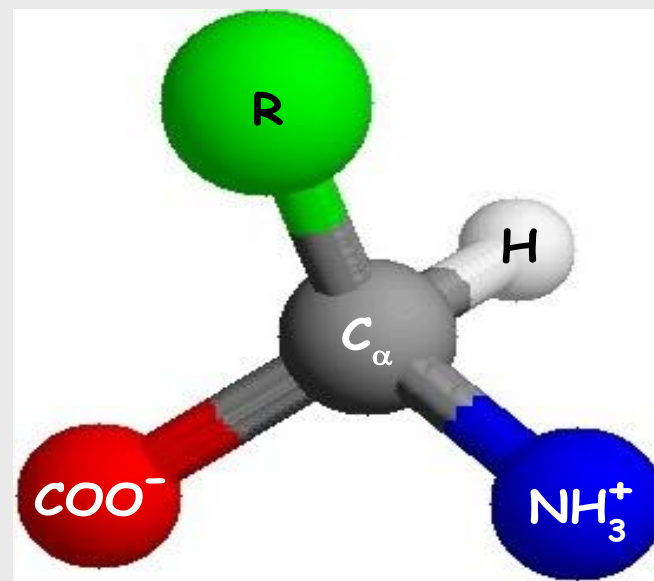
absorbce světla v UV oblasti

rozpuštěnost v polárních rozpouštědlech

Třírozměrná struktura aminokyseliny



L-izomer



D-izomer

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

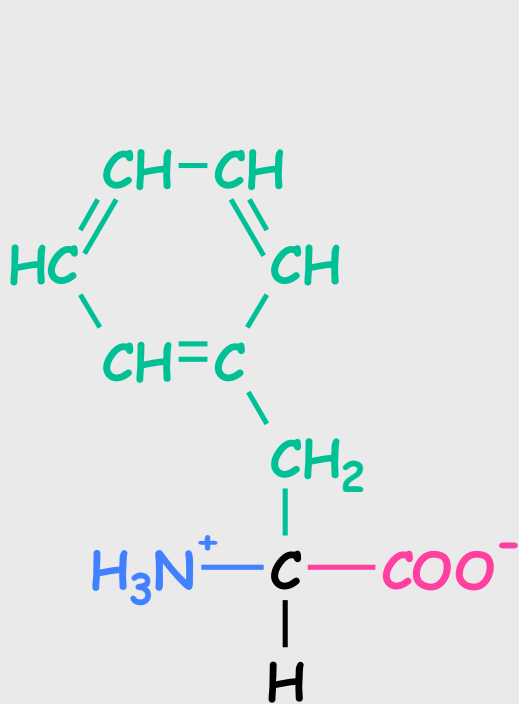
amfolyty

optická aktivita a izomerie

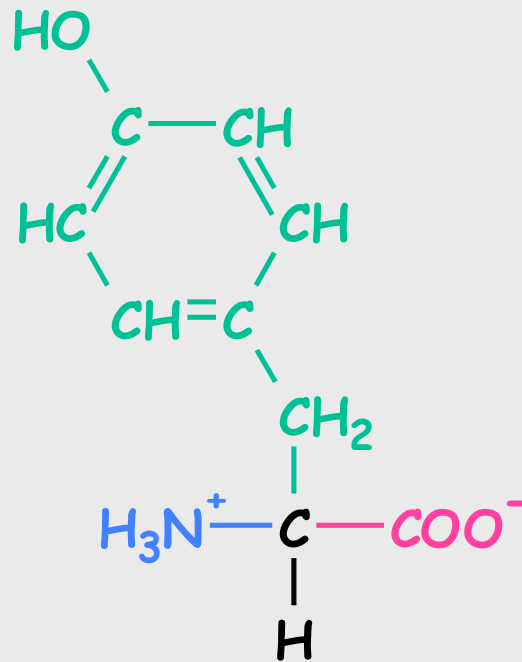
absorbce světla v UV oblasti

rozpuštěnost v polárních rozpouštědlech

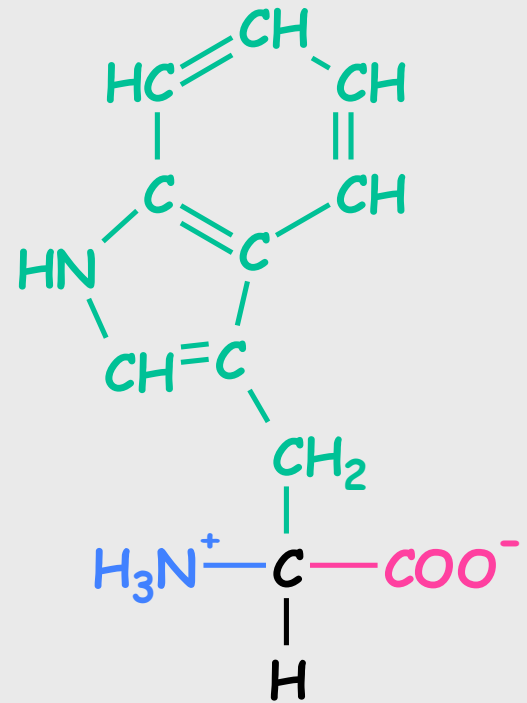
Aromatické aminokyseliny absorbují světlo v UV oblasti



Fenylalanin
(Phe, F)



Tyrosin
(Tyr, Y)



Tryptofan
(Trp, W)

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

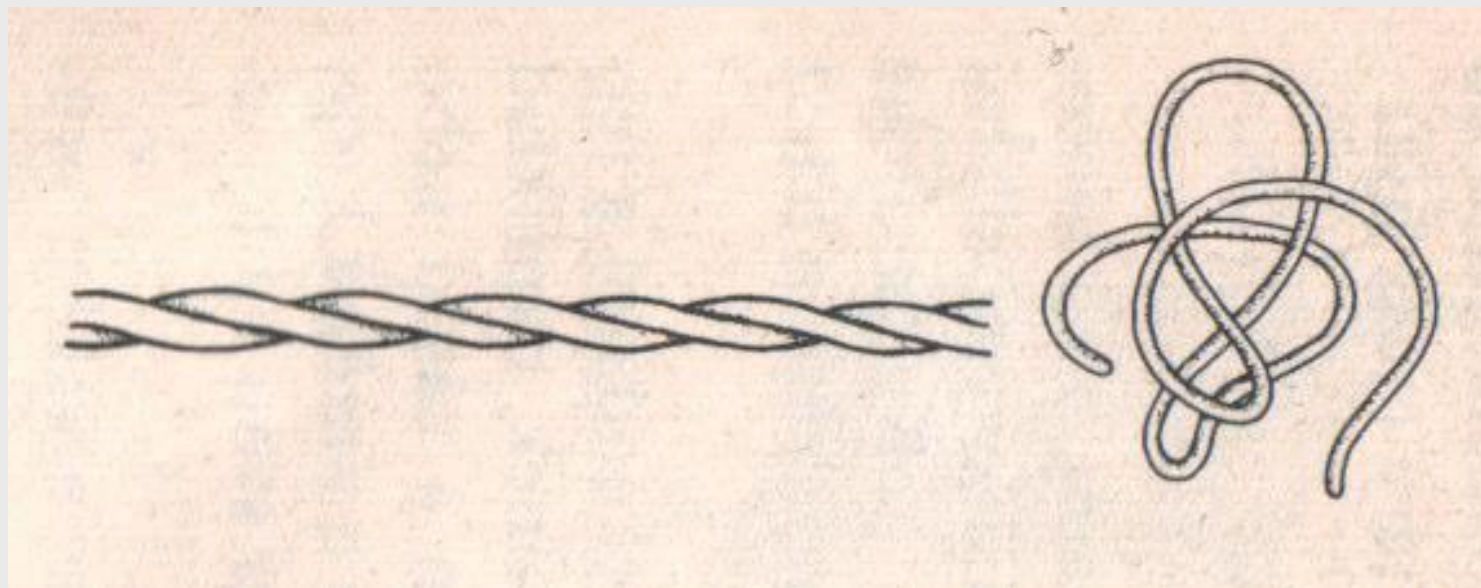
amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštěnost v polárních rozpouštědlech

Terciární struktura



fibrilární

globulární

Bílkoviny

Funkce v organismu

Bílkoviny

Funkce v organismu:

Stavební (kolagen, elastin, keratin)

Transportní a skladovací (hemoglobin, transferin)

Zajišťující pohyb (aktin, myosin)

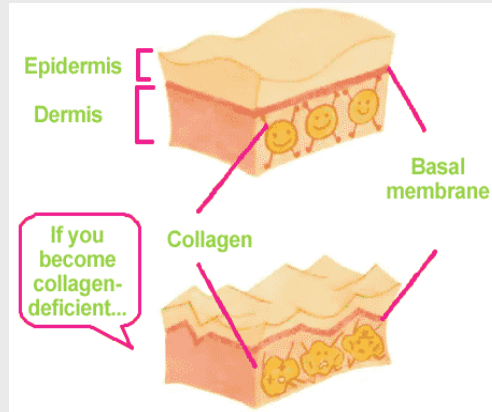
Katalytické, řídící a regulační (enzymy, hormony, receptory...)

Ochranné, obranné (imunoglobulin, fibrin, hadí jedy...)

Udržování osmotického tlaku a pH krve (albumin)



Keratin



Kolagen



Fibroin

Bílkoviny

Funkce v organismu:

Stavební (kolagen, elastin, keratin)

Transportní a skladovací (hemoglobin, transferin)

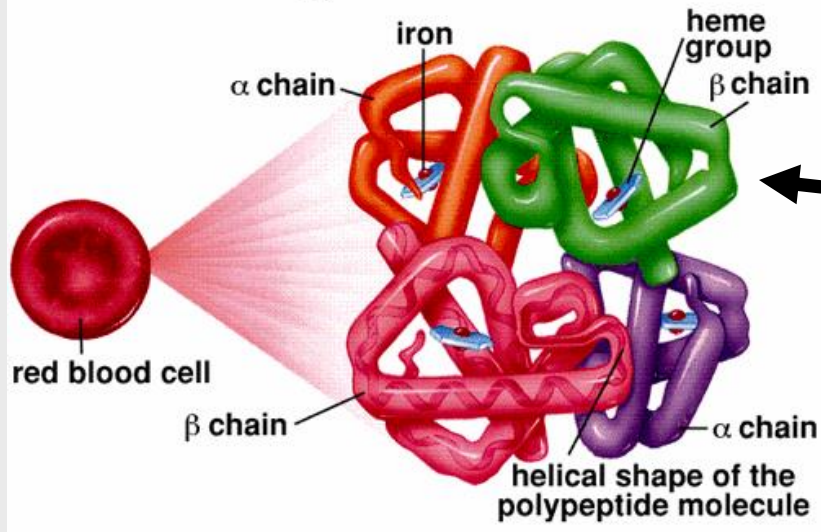
Zajišťující pohyb (aktin, myosin)

Katalytické, řídící a regulační (enzymy, hormony, receptory...)

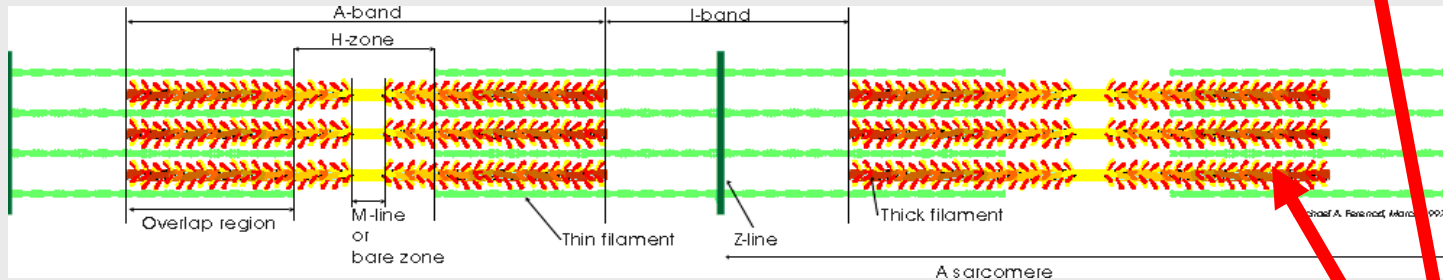
Ochranné, obranné (imunoglobulin, fibrin, hadí jedy...)

Udržování osmotického tlaku a pH krve (albumin)

Hemoglobin Molecule



Hemoglobin



Aktin

Myosin

Bílkoviny

Funkce v organismu:

Stavební (kolagen, elastin, keratin)

Transportní a skladovací (hemoglobin, transferin)

Zajišťující pohyb (aktin, myosin)

Katalytické, řídící a regulační (enzymy, hormony, receptory...)

Ochranné, obranné (imunoglobulin, fibrin, hadí jedy...)

Udržování osmotického tlaku a pH krve (albumin)

Struktura bílkovin

Primární - lineární pořadí aminokyselin v řetězci
(N-konec C-konec)
- určuje chemické vlastnosti bílkovin

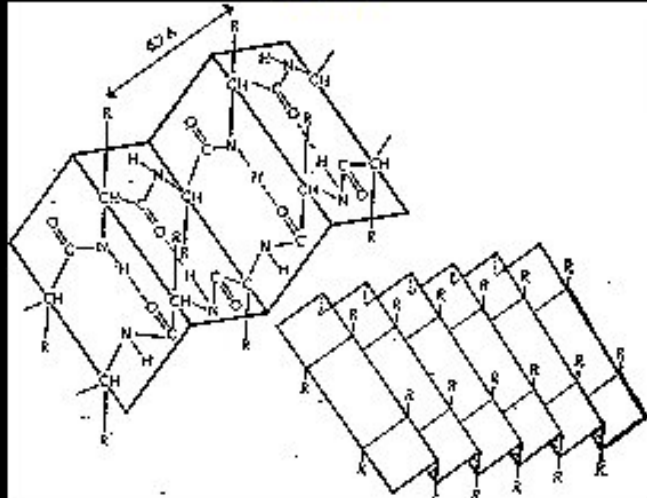
Sekundární - prostorové uspořádání **části řetězce**
- alfa šroubovice, struktura skládaného listu,
otočka, neuspořádaná struktura

Terciární - trojrozměrné uspořádání **celého peptidového řetězce**

Kvartérní - proteinový aglomerát, tvořící funkční bílkovinu
- spojeny nekovalentními interakcemi

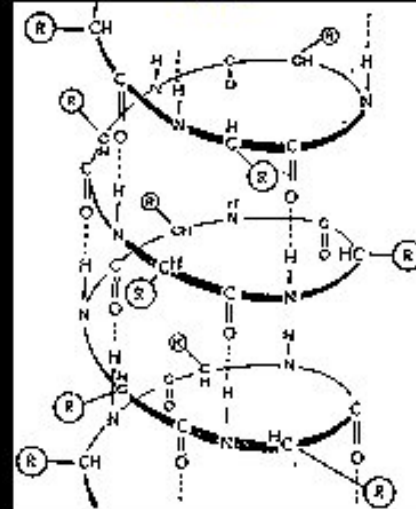
Sekundární struktura

Beta list



Beta-skládaný list

Helix



Alfa-helix

Struktura bílkovin

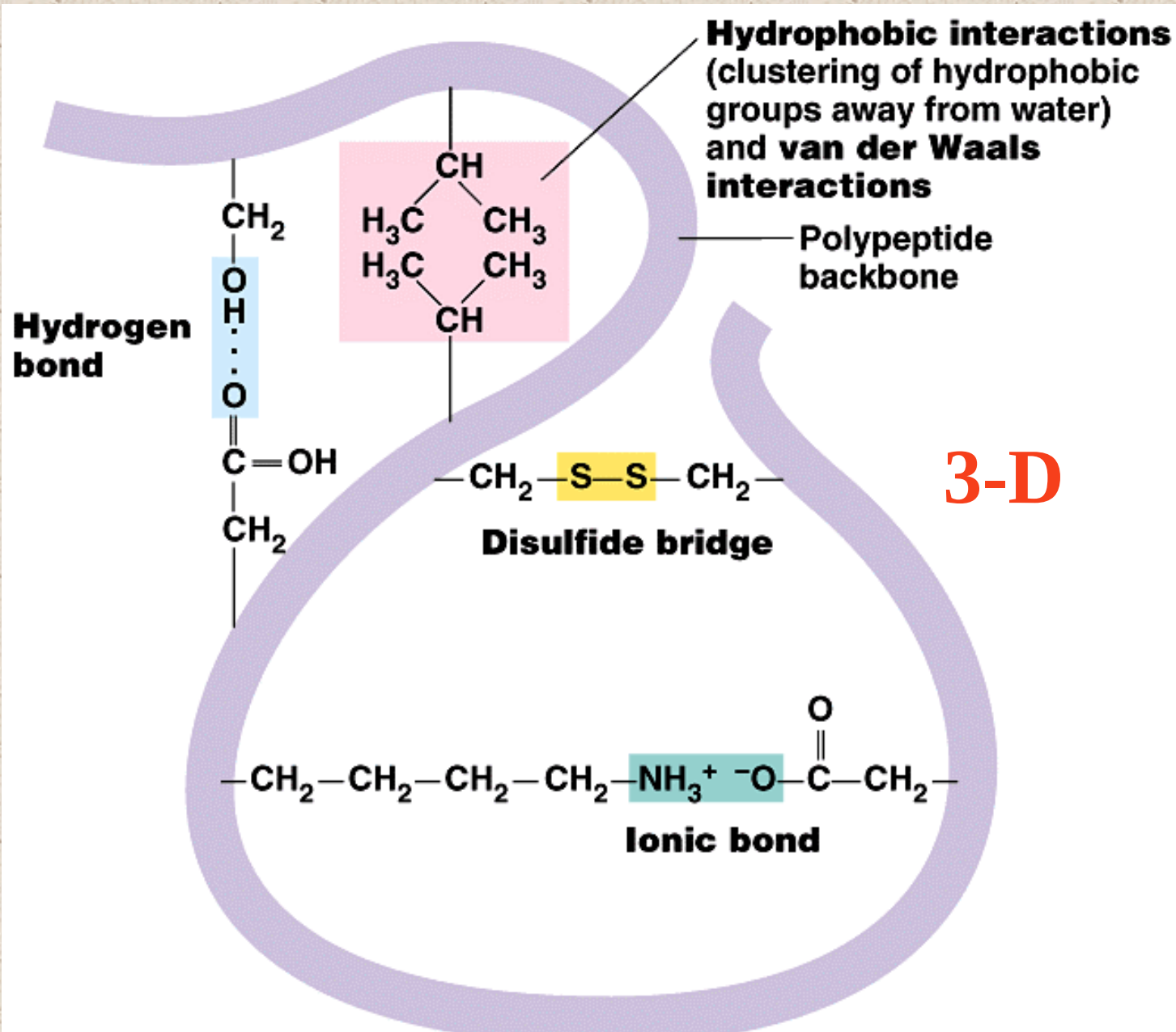
Primární - lineární pořadí aminokyselin v řetězci
(N-konec C-konec)
- určuje chemické vlastnosti bílkovin

Sekundární - prostorové uspořádání **části řetězce**
- alfa šroubovice, struktura skládaného listu,
otočka, neuspořádaná struktura

Terciární - trojrozměrné uspořádání **celého peptidového řetězce**

Kvartérní - proteinový aglomerát, tvořící funkční bílkovinu
- spojeny nekovalentními interakcemi

Interakce vedoucí k terciárnímu uspořádání proteinu



Struktura bílkovin

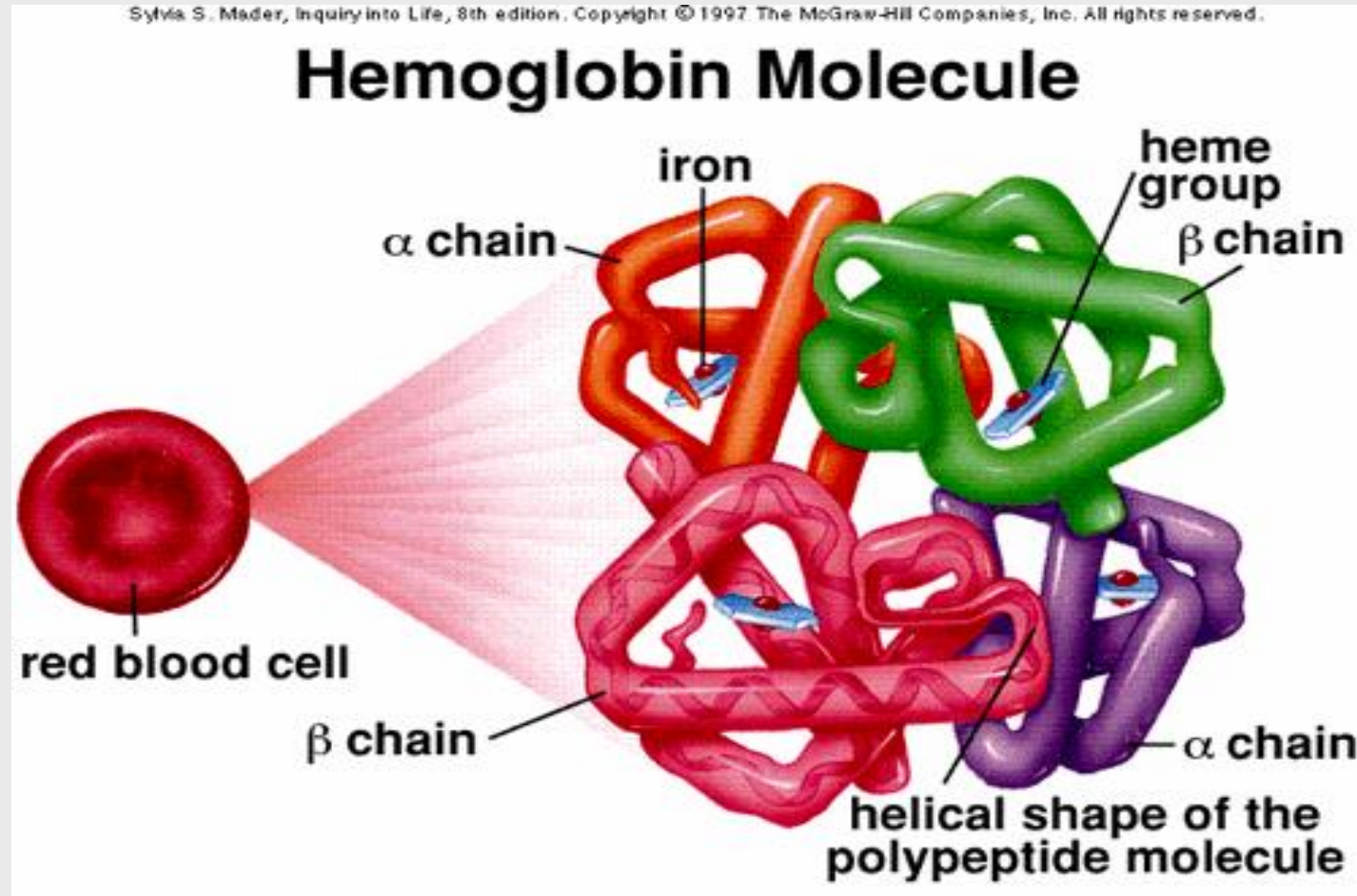
Primární - lineární pořadí aminokyselin v řetězci
(N-konec C-konec)
- určuje chemické vlastnosti bílkovin

Sekundární - prostorové uspořádání **části řetězce**
- alfa šroubovice, struktura skládaného listu,
otočka, neuspořádaná struktura

Terciární - trojrozměrné uspořádání **celého peptidového řetězce**

Kvartérní - proteinový aglomerát, tvořící funkční bílkovinu
- spojeny nekovalentními interakcemi

Kvarterní struktura

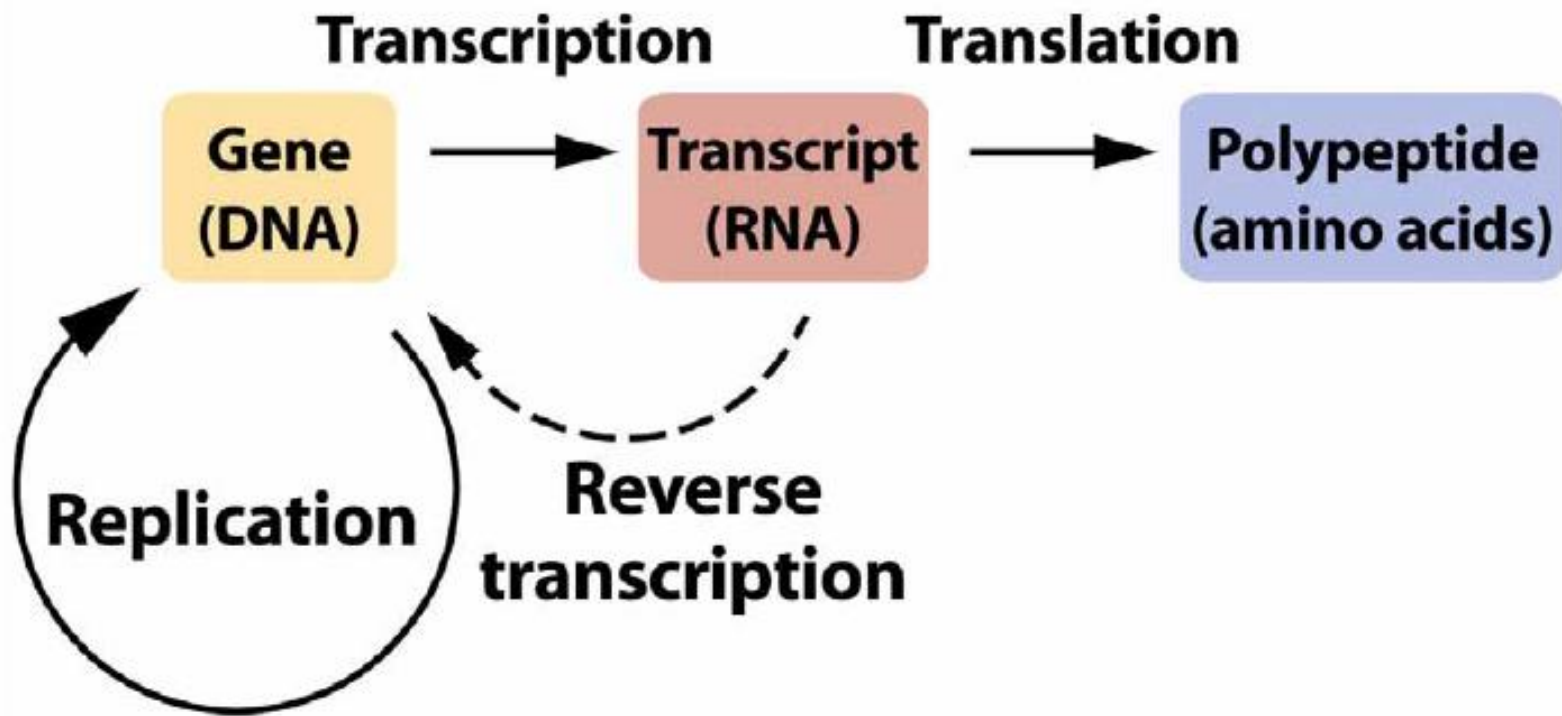


Molekula hemoglobinu složená ze čtyř podjednotek



Biosyntéza bílkovin

Centrální dogma molekulární biologie



Proteosyntéza

