

Biochemie I 2013/2014

Makromolekuly buňky

František Škanta

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

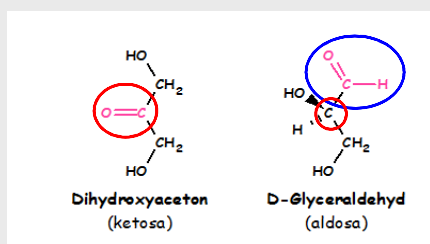
Cukry

Jsou sladké

Přehled strukturních forem sacharidů

Monosacharidy
Disacharidy
Polysacharidy

Ketotriosa a aldotriosa



Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery
Epimery
 α a β anomery

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

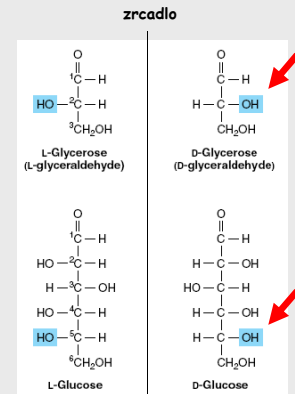
Epimery

α a β anomery

D- a L- izomery

= zrcadlové obrazy
(enantiomery)

významné jsou
D-monosacharidy



Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

α a β anomery

Stereoizomerie cukrů

D- a L- izomery

Epimery

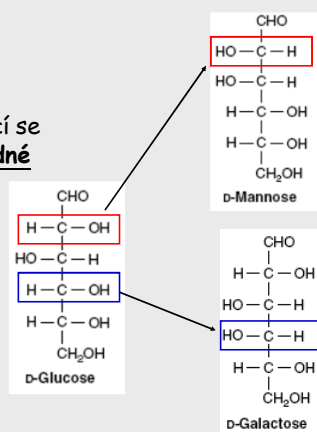
α a β anomery

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

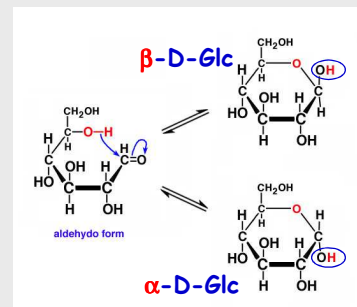
Epimery

α a β anomery

α a β anomery

pouze cyklické
formy

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



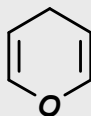
- při rozpouštění cukru ve vodě se ustanovuje rovnováha mezi anomery = **mutarotace**
(optická otáčivost anomerů se liší)

V roztoku převládají monosacharidy cukrů
v cyklické formě.

Aldehydy tvoří poloacetalové, ketony poloketalové.



Furan



Pyran

Stereoizomerie cukrů

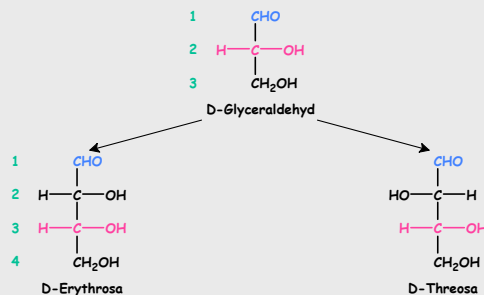
D- a L- izomery

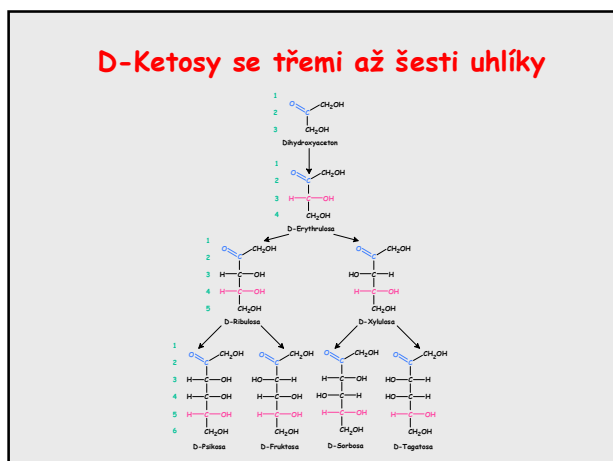
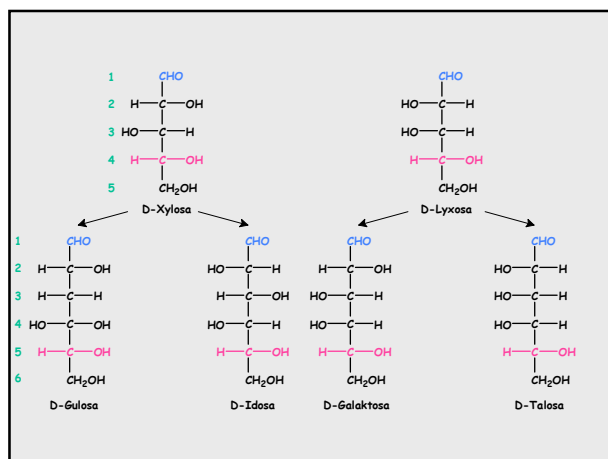
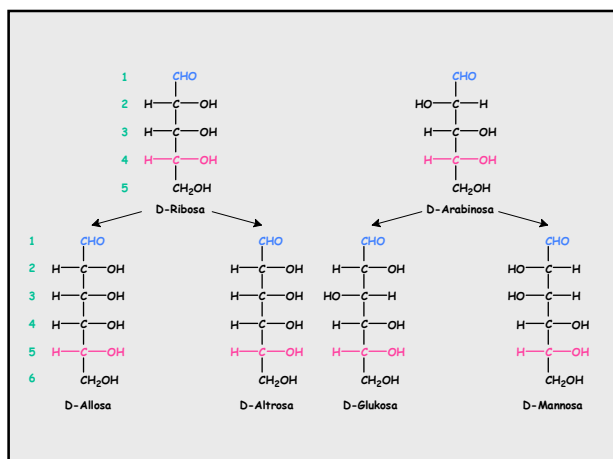
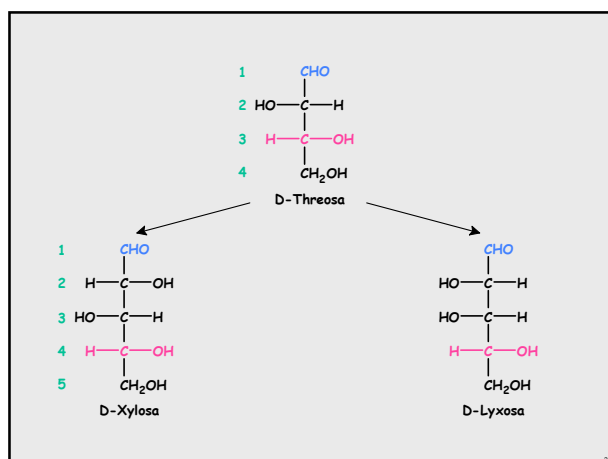
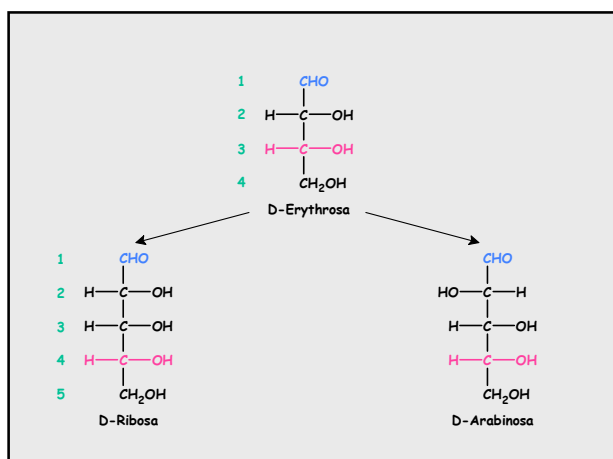
Epimery

α a β anomery

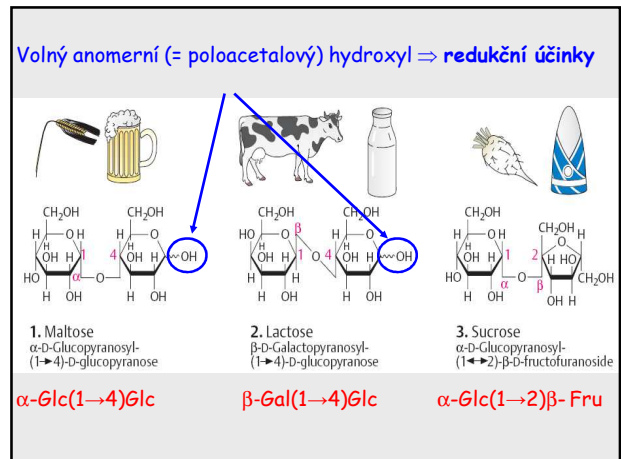
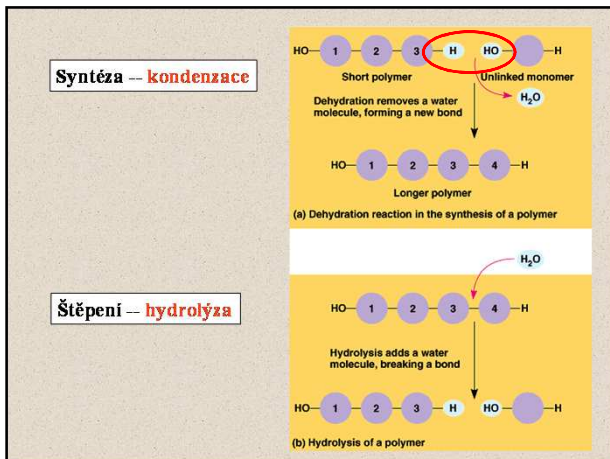
Monosacharidy

D-Aldosy - se třemi až šesti uhlíky





Disacharidy



Polysacharidy

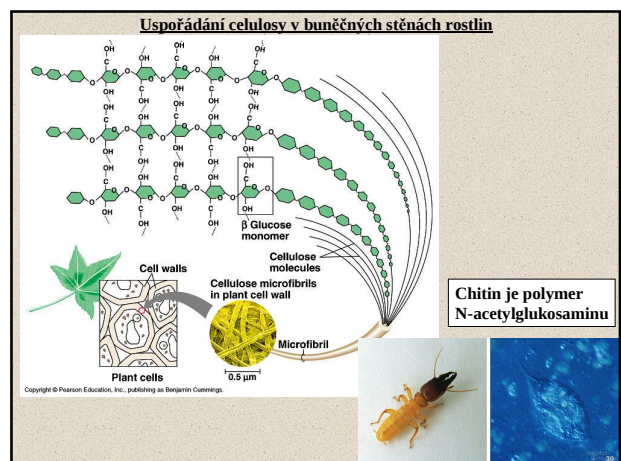
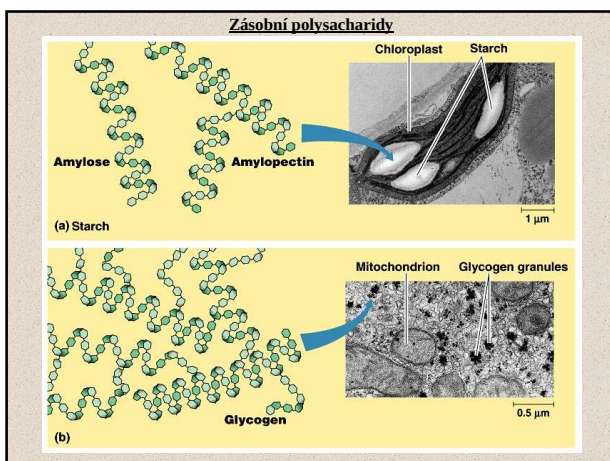
Homopolysacharidy

Heteropolysacharidy

Polysacharidy

Homopolysacharidy

Heteropolysacharidy



Polysacharidy

Homopolysacharidy

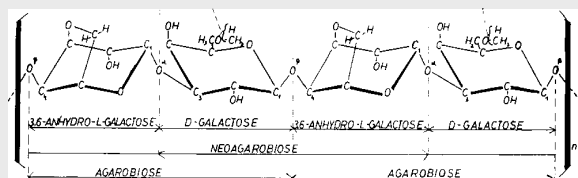
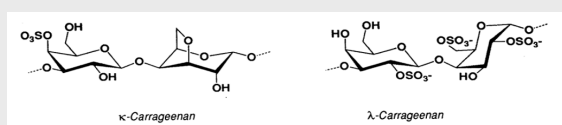
Heteropolysacharidy

Polysacharidy

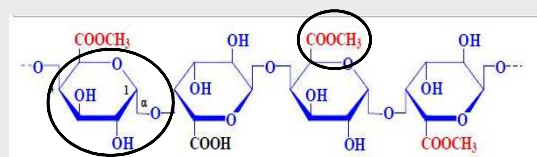
Homopolysacharidy

Heteropolysacharidy

Agarósa a agar



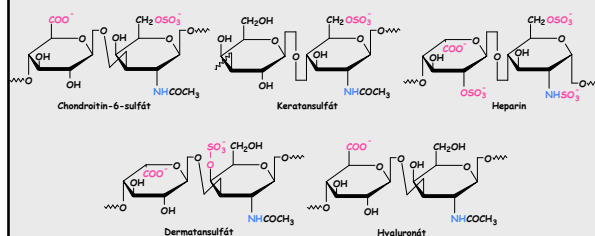
Pektiny



300 až 1000 jednotek kyseliny galakturonové a jejího methylesteru spojených vazbou 1 α →4

Glykosaminoglykany

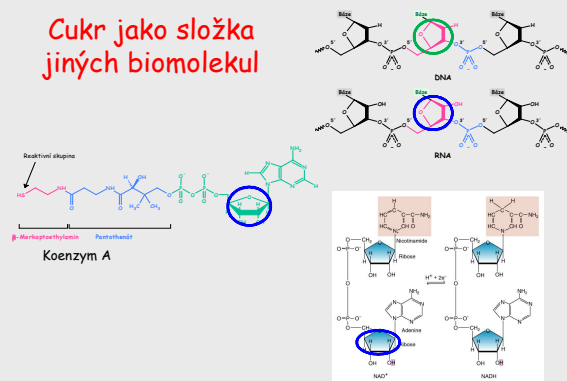
Glykosaminoglykany - aniontové polysacharidy



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

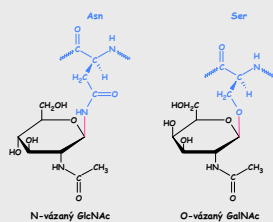
Heteroglykosidy

Cukr jako složka jiných biomolekul



Glykoproteiny

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



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

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)

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)

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)

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)

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)

Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

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

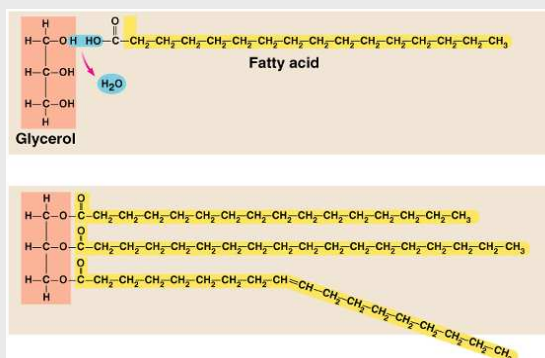
Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

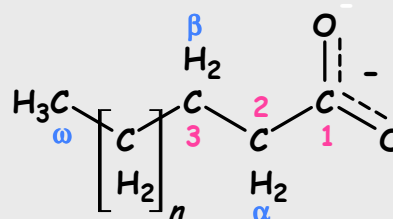
- Zásobní
- Strukturní

Syntéza triacylglycerolu

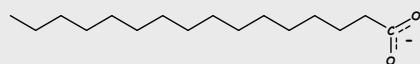


STRUKTURA LIPIDŮ

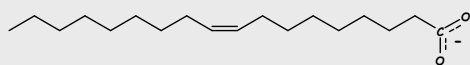
Značení uhlíkových atomů mastných kyselin



Mastné kyseliny - nositelky hydrofobních vlastností

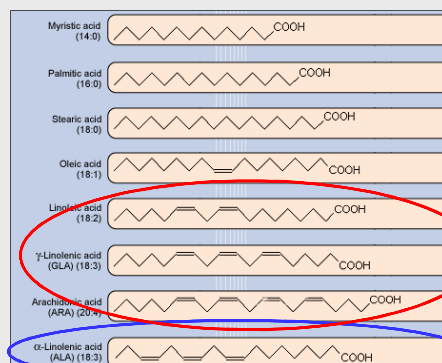


Palmitát
(ionizovaná forma kyseliny palmitové)



Oleát
(ionizovaná forma kyseliny olejové)

Mastné kyseliny



Tuky

Látky extrahovatelné organickými rozpouštědly

Estery vyšších MK a alkoholu (glycerol aj.)

Esterifikace

- Zásobní
- Strukturní

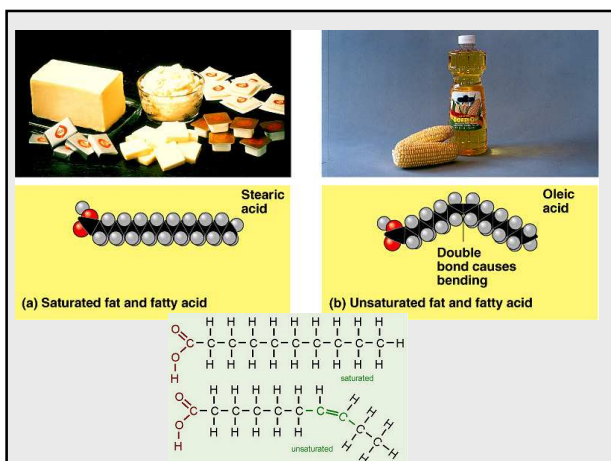
Tuky

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.)

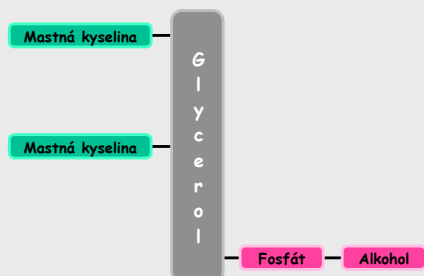
Esterifikace

- Zásobní
- Strukturní

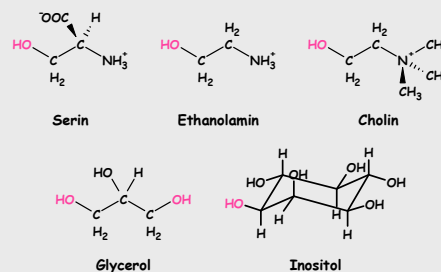
Tři typy membránových lipidů

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

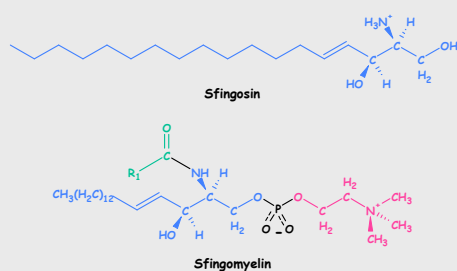
Schematická struktura fosfoglyceridu



Alkoholy, které se váží esterovou vazbou na fosfatidát

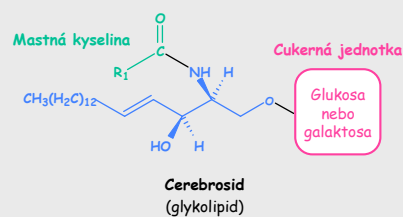


Struktura sfingosinu a sfingomyelinu



Glykolipidy - sacharidy obsahující lipidy

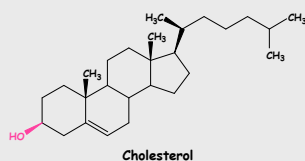
Glykolipidy jsou odvozeny od sfingosinu, jehož aminokupina je acylována jako ve sfingomyelinu mastnou kyselinou. Na rozdíl od sfingomyelinu je na hydroxyly sfingosinu vázán sacharid.



Cholesterol

Cholesterol je lipid na bázi steroidního skeletu – steranu.

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



Funkce v organismu

Funkce v organismu

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

Funkce v organismu

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

Funkce v organismu

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

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

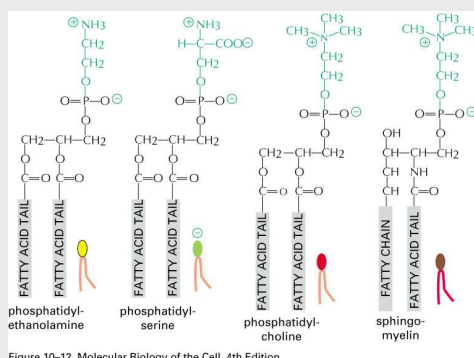
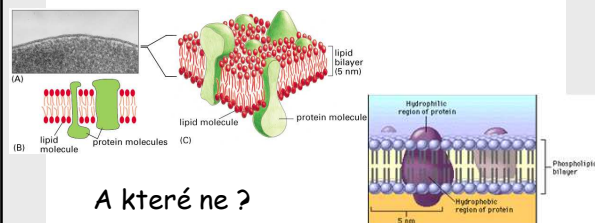


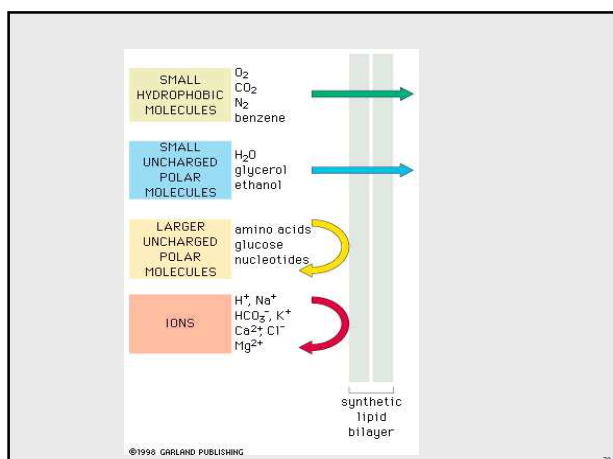
Figure 10-12. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

Propustnost membrán

Které typy molekul mohou procházet volně přes membránu ?



A které ne ?



Funkce v organismu

Nejvýhodnější skladování energie (triacylglyceroly)

Struktura membrán (fosfolipidy)

Vitaminy, hormony, signální molekuly

Žlučové kyseliny (emulgace tuků)

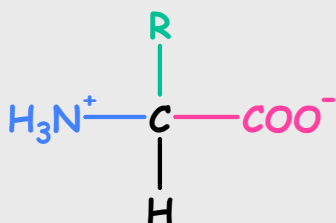
Makromolekuly buňky

- Cukry
- Tuky
- Bílkoviny

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

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

- amfolity
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Rozdělení aminokyselin podle vlastností vedlejšího řetězce

Nepolární řetězec

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

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, fenyloalanin, 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

- amfolity
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Bílkoviny

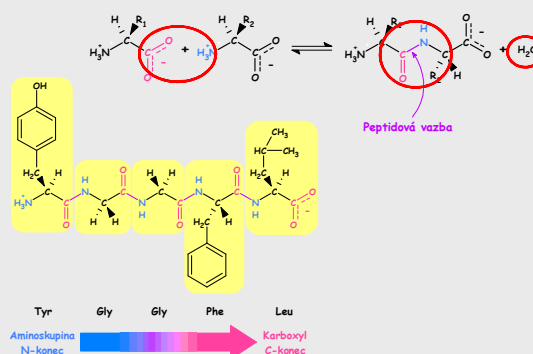
Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

- amfolity
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Peptidická vazba



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

- amfolyty
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Bílkoviny

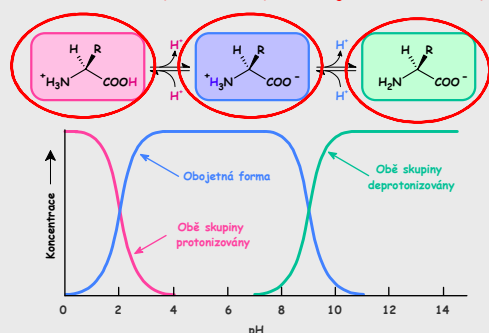
Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

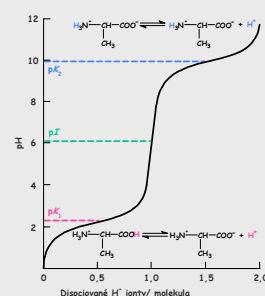
- amfolyty
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Ionizační stavy aminokyselin jako funkce pH



Určení pK_1 , pK_2 a pI alaninu

$pI = (pK_1 + pK_2) / 2$ (izoelektrický bod, $pI = 6,11$)



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

- amfolyty
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Bílkoviny

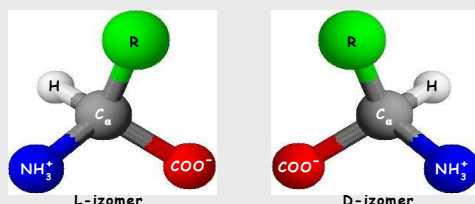
Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

- amfolyty
- optická aktivita a izomerie
- absorbce světla v UV oblasti
- rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Třírozměrná struktura aminokyseliny



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

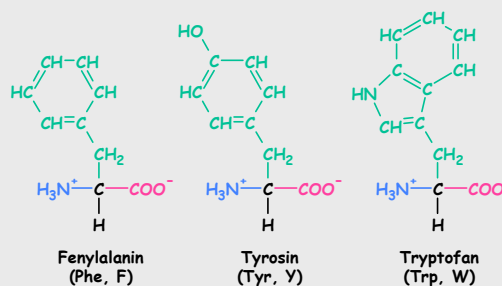
amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Aromatické aminokyseliny absorbují světlo v UV oblasti



Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštnost v polárních rozpouštědlech

Bílkoviny

Stavební jednotka - aminokyseliny (20)

Kondenzace (trans - amidická vazba)

Chemické a fyzikální vlastnosti

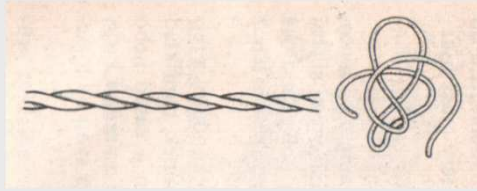
amfolyty

optická aktivita a izomerie

absorbce světla v UV oblasti

rozpuštnost 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, řídicí a regulační (enzymy, hormony, receptory...)
 Ochranné, obranné (imunoglobulin, fibrin, hadí jedy...)
 Udržování osmotického tlaku a pH krve (albumin)

Bílkoviny

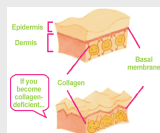
Funkce v organismu:

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

100



Keratin



Kolagen



Fibroin

Bílkoviny

Funkce v organismu:

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

Bílkoviny

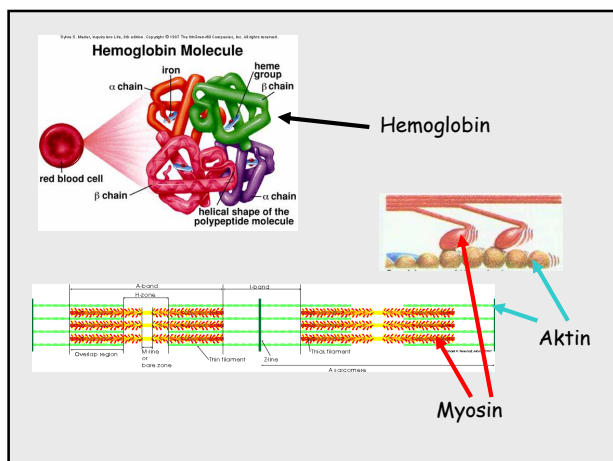
Funkce v organismu:

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

Bílkoviny

Funkce v organismu:

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



Bílkoviny

Funkce v organismu:

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

Bílkoviny

Funkce v organismu:

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

Bílkoviny

Funkce v organismu:

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

Bílkoviny

Funkce v organismu:

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

Bílkoviny

Funkce v organismu:

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

110

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

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

Struktura bílkovin

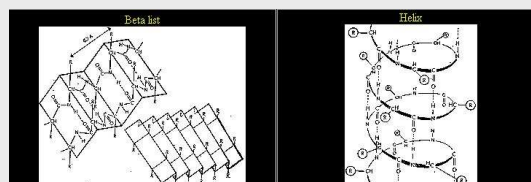
Primární - lineární pořadí aminokyselin v řetězci
 (N-konec C-konec)
 - určuje chemické vlastnosti bílkovin

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-skládaný list

Alfa-helix

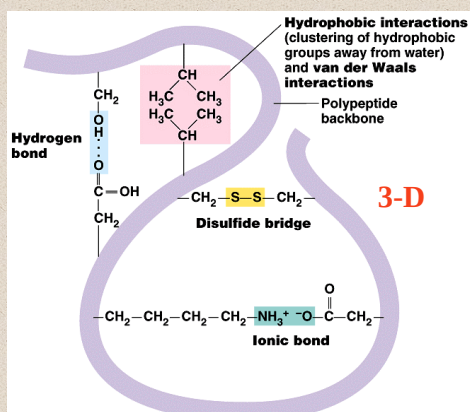
Struktura bílkovin

- 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

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



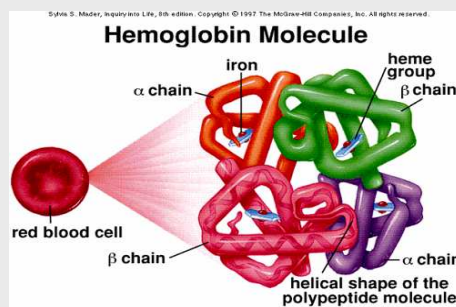
Struktura bílkovin

- 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

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

Kvartérní struktura

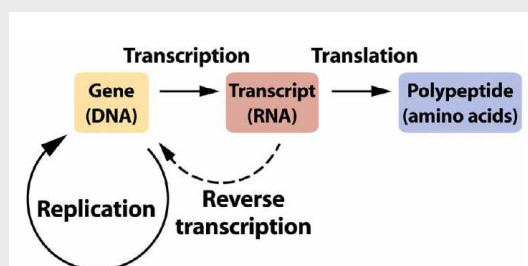


Molekula hemoglobinu složená ze čtyř podjednotek



Biosyntéza bílkovin

Centrální dogma molekulární biologie



Proteosyntéza

