

VODA

Živé bytosti jsou závislé na vodě. Souvisí to s tím, že neživá hmota se začala přeměňovat na živou ve vodě.

Voda proniká všemi částmi každé buňky a je základním prostředím, v němž probíhá veškeré dění v buňce. není však při tom inertní kapalinou, ale vysoce reaktivní látkou:

- je výborným rozpouštědlem polárních a iontových sloučenin
- účastní se řady hydrolytických a hydratačních reakcí a acidobazických dějů
- interakcemi s biomakromolekulami a biomembránami určuje jejich tvar.

Tyto biologické funkce vody jsou podmíněny jejími neobvyklými fyzikálními a chemickými vlastnostmi.

Fyzikální vlastnosti vody:

- vyšší body tání a varu než by odpovídalo její nízké molekulové hmotnosti
- vysoká relativní permitivita

Chemické vlastnosti vody:

- schopnost tvorby vodíkových vazeb
- vyvolání hydrofobního efektu
- schopnost autoionizace

Základní biologické funkce vody:

a) Voda je rozpouštědlo a transportér

Většina organických a anorganických složek buněk je rozpustná ve vodě. U mnohobuněčných organismů existuje nejen voda v buňkách (= intracelulární voda), ale je tu i voda v tělních tekutinách (= extracelulární voda) – zde funguje hlavně jako transportér rozvádějící rozpuštěné látky po organismu.

b) Voda se účastní chemického dění v buňkách

- Některé reakce by v bezvodém prostředí nemohly probíhat. Voda se ale většinou v chemických rovnicích popisujících průběh těchto reakcí nevyskytuje.
- Důležitými prvky v reakcích jsou atomy vodíku, mnohé z nich pocházejí z vody.

c) Voda vytváří stálost vnitřního prostředí

- Voda udržuje stálost hladiny protonů, tedy stálé $\text{pH}=7$, při němž probíhá většina procesů v organismech.
- Pronikání vody do roztoků rozpuštěných látek v buňce má vliv na udržování stálosti koncentrace rozpuštěných látek.

Roztoky o stejné koncentraci rozpuštěných látek (a tedy i o stejném osmotickém tlaku) jsou **isotonické** (např. tekutiny v organismu).

X

hypertonické = roztoky s vyšším obsahem látek

X

hypotonické = roztoky s nižším obsahem látek

Buňka v hypertonickém prostředí → voda z ní uniká ven → buňka zmenšuje svůj objem ⇒ **plasmolýza**.

Buňka v hypotonickém prostředí → přijímá vodu z okolí → zvětšuje svůj objem, může dojít k prasknutí ⇒ **plasmoptýza**.

Vyšší organismy mají mechanismy realizované specifickými hormony centrální nervovou soustavou na regulaci isotonie svého vnitřního prostředí ⇒ ⇒ **homeostáza**.

Voda se také podílí na udržování konstantní teploty organismů. Umožňuje jí to její velká tepelná kapacita.

Tabulka:

Nejdůležitější subcelulární struktury a v nich probíhající děje

Buněčná struktura	Metabolický děj
jádro	Biosyntéza DNA, biosyntéza RNA a modifikace RNA
cytoplasma	Glykolýza, pentosový cyklus, biosyntéza sacharidů a mastných kyselin
mitochondrie	Dýchací řetězec a oxidativní fosforylace, citrátový cyklus, odbourávání mastných kyselin, metabolismu aminokyselin
ribosomy	Biosyntéza bílkovin
endoplasmatické retikulum	Syntéza, modifikace a transport některých bílkovin, syntéza cholesterolu, fosfolipidů a triacylglycerolů, detoxikace
Golgiho komplex	Modifikace, třídění, transport a vylučování některých bílkovin
lysosomy	Odbourávání opotřebovaných biomakromolekul a cizorodých struktur
peroxisomy	Oxidace za vzniku peroxidu vodíku, fotorespirace
chloroplasty	Fotosyntéza, syntéza mastných kyselin
glyoxysomy	Glyoxylátový cyklus

SACHARIDY

- v těle člověka jen 2 % (v sušině)
- v rostlinách 85 – 90 %

Funkce sacharidů v buňce:

- zdroj energie (např. glukosa)
- zásobní energetická surovina (škrob, glykogen)
- zpevnění a ochrana buňky (celulosa, chitin)
- složky biologicky účinných látek (koenzymy, hormony, antibiotika)

Vznik sacharidů – v přírodě v buňkách autotrofů asimilací CO_2

v přítomnosti $\text{H}_2\text{O} \Rightarrow$ FOTOSYNTÉZA

Prvkové složení sacharidů: C, H, O

Základem je C-řetězec s 3 – 9 atomy C (3 - triosy, 4 – tetrosy, 5 – pentosy, 6 – hexosy, 7 – heptosy, 8 – oktosy, 9 – nonosy).

Deriváty sacharidů obsahují navíc: P = fosforečné estery sacharidů

N = aminocukry

S = sirné heteroglykosidy

Dělení sacharidů:

1. monosacharidy
2. oligosacharidy
3. polysacharidy
4. heteroglykosidy – je zde vázána necukerná složka, tzv. aglykon

MONOSACHARIDY

Monosacharidy obsahují:

- 3 – 9 atomů C
- alkoholické skupiny
- aldehydickou nebo ketonickou skupinu

Vlastnosti monosacharidů:

- bezbarvé krystalické látky
- dobře rozpustné ve vodě, částečně ve zředěném ethanolu
- nerozpustné v organických rozpouštědlech
- sladkost

Nejjednodušší sacharid: glyceraldehyd

Tabulka:

Porovnání údajů sladkosti různých sacharidů

Sacharid	Sladkost
Sacharosa	100
Fruktosa	173
Glukosa	74
Invertní cukr	130
Sorbitol	48
Glycerol	48
Sylosa	40
Maltosa	32
Ramnosa	32
Galaktosa	32
Rafinosa	23
Laktosa	16

Důležité pojmy týkající se sacharidů

Stereoizomerie – 2 izomery se k sobě mají jako předmět a jeho zrcadlový obraz, jsou neztotožnitelné. Více chirálních C → více opticky aktivních izomerů $\Rightarrow n = 2^C$
n počet opticky aktivních izomerů
C počet asymetrických uhlíků v molekule sacharidu

Optická aktivita – monosacharidy otáčejí rovinu polarizovaného světla
+ doprava
optické antipody
- doleva
(Nemá spojitost s L- a D-.)

D- a L- forma

Racemická směs – směs stejných množství optických antipod \Rightarrow opticky neaktivní

Vzorce monosacharidů:

Fischerovy – v lineární formě

Tollensovy – projekční vzorce

Haworthovy – perspektivní vzorce

Konformace – uspořádání v prostoru

- ❖ furanosy → rovinný tvar
- ❖ pyranosy → 2 krajní formy: vanička a židlička (stabilnější)

Monosacharidy označujeme:

- podle počtu atomů C: triosy, tetrosy, pentosy atd.
- podle funkční skupiny: aldosa, ketosa

- podle velikosti kruhu u cyklických vzorců: furanosa, pyranosa

- podle formy: α -D-....., β -D-....., α -L-....., β -L-.....

Výskyt monosacharid v přírodě:

- volné
- vázané v oligosacharidech, polysacharidech, heteroglykosidech

VĚTŠINA MONOSACHARIDŮ JE ODVOZENA OD ŘADY D- !

DŮLEŽITÉ MONOSACHARIDY

Triosy

Ve formě fosforečných esterů jsou meziprodukty odbourávání a biosyntézy sacharidů v organismech.

Aldopentosy

β -L-arabinopyranosa

Je rozšířena v rostlinách ve formě polysacharid zvaných arabany: arabská guma, třešňová guma.

β -D-arabinosa

Je součástí některých heteroglykosidů.

α -D-xylosa

Je obsažena ve zdřevnatělých rostlinných buňkách.

α -D-ribofuranosa

Je obsažena v nukleoproteinech, kde tvoří součást ribonukleových kyselin. Je komponentou i některých enzymů.

2-deoxy-D-ribosa

Je obsažena v nukleoproteinech, kde tvoří součást deoxyribonukleových kyselin.

Ketopentosy

**Mají význam ve formě
fosforečných esterů jako intermediární
metaboliy.**

D-ribulosa D-xylulosa

Aldohexosy

β -D-mannosa

**Je obsažena ve svatojánském
chlebu. Mannan je rezervní látkou
mnohých semen.**

α -D-galaktosa

**Je vázána s glukosou v mléčném
cukru (\Rightarrow laktosa).**

**α -D-glukosa (= dextrosa = hroznový
cukr, = škrobový cukr)**

**Ve zralém ovoci se nachází buď
volná nebo častěji ve směsi s D-
-fruktosou. U živočichů se nachází
v krvi v koncentraci 100 mg/100g. Bývá
vázána v polysacharidech (celulosa, škrob).**

Ketohexosy

β -D-fruktosa (= levulosa = ovocný cukr)

Nachází se ve zralém ovoci, též v inulinu v čekankových kořenech nebo v hlízách jiřinek. S glukosou jsou vázány v disacharidu sacharose.

α -L-sorbosa

Je obsažena např. v jeřabinové šťávě. Je meziproduktem při výrobě kyseliny L-askorbové (vitamin C).

Ketoheptosy

D-sedoheptulosa

Ve formě fosforečného esteru je důležitým meziproduktem fotosyntézy.

DERIVÁTY MONOSACHARIDŮ

Fosforečné estery monosacharidů

α -D-glukosa -1-fosfát
(Coriho ester)

D-glukosa-6-fosfát
(Robinsonův ester)

D-fruktosa-6-fosfát
(Neubergův ester)

D-fruktosa-1,6-bisfosfát
(Harden-Yongův ester)

Kyseliny – vznikají oxidací monosacharidů (např. kys. glukonová, kys. glukuronová, kys. cukrová)

Alditoly (alkoholové cukry) – vznikají redukcí monosacharidů. Např. redukcí D-glukosy vzniká D-glucitol. Některé redukcí ztrácejí asymetričnost molekuly, takže nejsou opticky aktivní, nemají formy D- či L-, ale meso-.

Aminocukry – vznikají náhradou skupiny –OH za –NH₂

D-glukosamin

D-galaktosamin

OLIGOSACHARIDY

Rozdělení oligosacharidů:

- volné – vyskytují se samostatně
- vázané – jsou složkou polysacharidů

Nejvýznamnější disacharidy:

sacharosa (= cukr třtinový = cukr řepný)

Je rozšířena v celé rostlinné říši, ale průmyslově se zpracovává pouze cukrovka a cukrová třtina. Směs po hydrolýze (invertní cukr) je vedle sacharosy hlavní složkou medu.

maltosa (= sladový cukr)

Vzniká při odbourávání škrobu a je přítomna ve sladu.

isomaltosa

Získává se hydrolýzou škrobu.

cellobiosa

Je složkou celulosy u rostlin.

laktosa (= mléčný cukr)

Je nejdůležitějším cukrem v mléce všech savců (mateřské mléko = 6 % , kravské = 4,5 %).

trehalosa

Vyskytuje se v rostlinách a jako krevní cukr hmyzu.

Nejvýznamnější trisacharid: raffinosa

POLYSACHARIDY

Nejvýznamnější polysacharidy:

Škrob

V rostlinách je ve formě škrobových zrn v kořenech, plodech a semenech. Průmyslovým zdrojem škrobu jsou brambory a obiloviny.

Degradací škrobu kyselinami nebo zahříváním na vyšší teplotu vznikají dextriny užívané k výrobě lepidel.

Glykogen

Je rezervním polysacharidem savců, v jejichž játrech z něho vzniká v případě potřeby D-glukosa.

Celulosa

Je hlavním stavebním materiálem vyšších rostlin. V přírodě se vyskytuje ve velmi čisté formě jako bavlna, ve dřevě je provázena dalšími látkami, především ligninem a hemicelulosami.

Pektiny

Jsou to velmi složité polysacharidy přítomné zejména v mladých tkáních vyšších rostlin. Získávají se ze slupek ovoce a slouží např. k výrobě džemů.

Polysacharidového charakteru jsou i:

rostlinné slizy

klovatiny

aminopolysacharidy,

které mají důležitou funkci v různých fyziologických procesech v tělech živočichů.

Chitin

Polysacharid obsahující dusík. Je obsažen v houbách a tvoří i součást kostry členovců.

LIPIDY

Lipidy jsou nesourodá skupina látek, které mají podobné vlastnosti:

- nerozpustnost ve vodě
- rozpustnost v organických rozpouštědlech

Podle chemického složení se lipidy dělí na:

- lipidy jednoduché (tuky, vosky a isoprenoidní lipidy)
- lipidy složené

Hlavní stavební složky lipidů: - vyšší mastné kyseliny

- alkoholy (glycerol, sfingosin)

často: - dusíkaté báze

- esterově vázaná kyselina fosforečná

někdy: - cukry

Podle struktury a chování se lipidy dělí do 5-ti tříd:

1. neutrální lipidy = tuky, triacylglyceroly
2. vosky
3. polární lipidy
4. isoprenoidní lipidy = isoprenoidy
5. lipoproteiny

Funkce lipidů v organismu:

- zdroj energie a rezervní funkce – neutrální lipidy a triacylglyceroly (energie pro hibernující zvířata a tažné ptáky)
- stavební funkce – polární lipidy (biomembrány)
- ochranná funkce: podkožní tuk a vnitřní tuk
- katalytická funkce: např. vitaminy A a D, pohlavní hormony a kortikoidy

Ad 1) NEUTRÁLNÍ LIPIDY = TUKY

Jsou to triacylglyceroly s vyššími mastnými kyselinami. Mastné kyseliny obsažené v tucích mívají obvykle nerozvětvený řetězec a sudý počet C. Mastné kyseliny mohou být nasycené nebo nenasycené.

monoacylglycerol

diacylglycerol

triacylglycerol

Mastné kyseliny nejčastěji obsažené v tucích:

- nasycené: máselná = butanová (4C), kapronová = hexanová (6C), kaprylová = oktanová (8 C), kaprinová = dekanová (10 C), laurová (12 C), myristová (14 C), palmitová (16 C), stearová (18 C), arachová (20 C), behenová (22 C), lignocerová (24 C), cerotová (26 C), ...

- nenasycené: palmitoolejová (16 C): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

olejová (18 C): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

linolová (18 C): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

linolenová (18 C): $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

arachidonová (20C):

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$

eruková (22 C): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$

tuhé (živočišné)
TUKY

Dřívější dělení – podle konzistence při pokojové teplotě:

kapalné (rostlinné)
OLEJE

Nyní: vše je TUK bez ohledu na konzistenci.

Ad 2) VOSKY

Jsou to estery mastných kyselin s vyššími jednosytnými alifatickými alkoholy.



Složky vosků:

- **kyseliny: palmitová, stearová a olejová**
- **alkoholy: nejběžnější je cetylalkohol**

Vosky bývají v přírodě často doprovázeny parafiny.

Vlastnosti vosků:

- ❖ **ve vodě nerozpustné**
- ❖ **v alkoholu málo rozpustné**
- ❖ **v organických nepolárních rozpouštědlech dobře rozpustné**

Výskyt vosků v přírodě:

- **v rostlinách: na povrchu listů a plodů (palmový vosk, lněný vosk)**
- **v živočišných tkáních: lanolin z ovčí vlny, včelí vosk**

Užití vosků: při výrobě svíček, krémů, mýdel a různých náplastí

Ad 3) POLÁRNÍ LIPIDY

Mají amfipatickou (=amfifilní) povahu. Obsahují kromě alkoholu a mastných kyselin ještě složku, která jim dodává polární charakter. Nejčastěji je to kyselina fosforečná, na níž bývá vázán cholin, ethanolamin nebo serin, popř. i sacharid.

Polární lipidy se dělí z několika hledisek.

1. Podle hlavního alkoholu:

- fosfoacylglyceroly – základem je glycerol
- sfingolipidy – základem je aminoalkohol sfingosin

2. Podle obsahu kyseliny fosforečné:

- fosfolipidy – mají v molekule kyselinu fosforečnou:
 - fosfoacylglyceroly
 - sfingomyeliny (nejpočetnější skupina sfingolipidů)
- nemají v molekule kyselinu fosforečnou (je jich méně)

3. Podle obsahu cukerné složky

- glykolipidy:
 - cerebrosidy
 - gangliosidy
- ostatní

Nejhojnější skupinou polárních lipidů jsou FOSFOLIPIDY. Jsou přítomny v každé buňce, zejména v mozku a myelinových obalech nervových buněk, v semenech a vejcích. Nejznámější fosfoacylglyceroly: lecitin, kefalin, fosfatidylserin, fosfatidylinositol.

Funkce v organismu:

- základní stavební jednotky všech biomembrán
- některé se účastní přenosu vzruchu v nervové tkáni

Ad 4) ISOPRENOIDY (=isopreny, dříve terpenoidy)

Jsou odvozeny od isoprenu

Za zvláštní skupinu je považována skupina triterpenů odvoditelná od tetracyklického uhlovodíku steranu \Rightarrow steroidy. U ostatních isoprenoidů převládá lineární isoprenoidní řetězec.

Steroidní látky dělíme na několik skupin:

1. Steroidní hormony

- **kortikoidy (=hormony kůry nadledvinek)**
 - **glukokortikoidy – regulují metabolismus sacharidů**
 - **mineralokortikoidy – kontrolují metabolismus
minerálních látek**
- **gonadální (pohlavní) hormony**
 - **mužské: androgeny, např. testosteron**
 - **ženské**
 - **estrogeny (folikulární hormony); estradiol**
 - **gestageny (hormony žlutého tělíska); progesteron**

2. Žlučové kyseliny = steroidní karboxylové kyseliny

- jsou to bezbarvé krystalické látky, hořké chuti
- ve vodě málo rozpustné
- ve žluči se nevyskytují volné, ale vázané na glycin nebo taurin

3. Vlastní steroly:

- zoosteroly (např. cholesterol)
- fytoosteroly (např. sitosterol, stigmatosterol)
- mykosteroly (např. ergosterol z nižších hub)
- mořské steroly = steroly mořských živočichů a rostlin

4. Steroidní vitaminy – sem patří vitaminy skupiny D – tzv. kalciferoly.

Vznikají ozařováním některých sterolů UV paprsky.

- vitamin D₂ – ergokalciferol
- vitamin D₃ – cholekalciferol

5. Geniny – jsou v rostlinách vázány na cukerné složky ve formě

heteroglykosidů. Patří sem:

- srdeční jedy
- saponiny

6. Steroidní alkaloidy – byly nalezeny v rostlinách. Z potravinářského hlediska je významná skupina steroidních alkaloidů z čeledi *Solanaceae* (=lilkovité):

- solanin (= solanin T) z bramboru (*Solanum tuberosum*)
- demissin – z divokého bramboru (*Solanum demissum*)
- tomatin (=lycopersicin) z rajských jablíček (*Lycopersicon esculentum*)

BÍLKOVINY (=PROTEINY)

V biosféře existuje $10^8 - 10^{10}$ bílkovin. Mají stejnou základní stavbu a liší se jen pořadím 20-ti různých stavebních jednotek – jednotlivých aminokyselin.

Bílkoviny se dělí na:

- **jednoduché bílkoviny – obsahují pouze aminokyseliny**
- **složené bílkoviny – obsahují i neaminokyselinovou strukturu = prostetickou skupinu**

AMINOKYSELINY

Rozdělení aminokyselin:

I. kódované aminokyseliny – je jich 20

1. aminokyseliny alifatické

- monoaminomonokarbonové AMK: glycin, alanin, valin, leucin, isoleucin
- monoaminodikarbonové AMK (kyselé AMK): kys. asparagová, kys. glutamová, asparagin, glutamin
- diaminomonokarbonové AMK (bazické AMK): arginin, lysin
- hydroxideriváty AMK: serin, threonin
- sírné deriváty AMK: cystein, methionin

2. aminokyseliny aromatické: phenylalanin, tyrosin

3. aminokyseliny heterocyklické: tryptofan, histidin, prolin

II. vzácné aminokyseliny – není pro ně genetický kód: 4-hydroxyprolin, 5-hydroxylysin, ornithin, citrulin, penicylamin

III. nebílkovinné aminokyseliny – nikdy se nenašly v bílkovinách, ale jsou v živých organismech: β -alanin, χ -aminomáselná kyselina

Biologické vlastnosti a význam aminokyselin:

- stavební jednotky bílkovin
- stavební jednotky enzymů, proteohormonů, antibiotik atd.
- z hlediska výživy:
 - 8 esenciálních AMK → plnohodnotné: val, leu, ile, thr, met, lys, fen, try (8 x 1g = 8 g denně pro člověka)
 - relativně postradatelné → lze je vytvořit, je-li dostatek esenciálních aminokyselin
- významné pro syntézu mnohých biologicky aktivních látek nebílkovinného charakteru: vznik některých vitaminů, rostlinných barviv, alkaloidů.

PEPTIDY

Jádrem struktury peptidů i bílkovin je peptidový řetězec.

Peptidy:

- oligopeptidy – do 10 AMK (dipeptidy, tripeptidy, ...)
- polypeptidy (do 100 AMK)

nad 100 AMK → bílkoviny

Nejvýznamnější oligopeptidy:

Dipeptidy

karnosin = β -alanylhistidin

nacházejí se ve svalové tkáni, jejich

anserin

význam je zatím nejasný

Tripeptid

glutathion = γ -L-glutamoyl-L-cystylglycin

Nonapeptidy

oxytocyn

vasopresin

Dekapeptidy: antibiotika, např. gramicidin S

bacitraciny – antibiotika produkovaná mikroorganismy

Cyklické peptidy: např. gramicidin S

Polypeptidy: nisiny – směs polypeptidů produkovaná mléčnými baktériemi

BÍLKOVINY

Struktura bílkovin:

1. primární – sled AMK v peptidickém řetězci
2. sekundární – vzájemné prostorové pozice sousedních nebo blízkých stavebních jednotek molekuly \Rightarrow α -helix = α -šroubovice nebo β -list
3. terciární – prostorová relace vzdálených stavebních prvků
4. kvartérní – uspořádání molekul bílkoviny v nadmolekulárních soustavách. Bílkovinné molekuly tvoří agregáty, jejichž molekulová hmotnost je násobkem základní jednotky. Tvorba mycel.

Tvar bílkovin:

- globulární = sféroproteiny (z řeč.: sfaíra = koule)
 - peptidový řetězec je svinutý do klubíčka:
 - hydrofóbní nepolární skupiny \rightarrow do nitra globule
 - hydrofilní polární skupiny \rightarrow k povrchu globule
- fibrilární = vláknité – jejich molekuly vytvářejí vláknité útvary

Existují i různé přechodné typy.

Podle rozpustnosti se dělí bílkoviny na:

- nerozpustné: většina fibrilárních bílkovin zvaných skleroproteiny (z řeč.: scléros = tuhý) a globulární bílkoviny obilných zrn
- rozpustné:
 - v čisté vodě – globulární bílkoviny zvané albuminy
 - silně bazické histony
- jen ve zředěných roztocích solí - globuliny

