

Inovace studia molekulární a buněčné biologie reg. č. CZ.1.07/2.2.00/07.0354

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

LRR/CHPB2

Chemie pro biology 2

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Sacharidy

Lucie Szüčová

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Cíle přednášky:

Monosacharidy, disacharidy, polysacharidy, Fisherova a Haworthova projekce, chemické reakce a důkazy redukujících cukrů, Fehlingova reakce, Tollensova reakce, fyzikální vlastnosti a použití cukrů

Klíčová slova:

monosacharidy, disacharidy, polysacharidy, Fehlingova reakce, Tollensova reakce, Fisherova a Haworthova projekce, aldosa, ketosa

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Otázky před přednáškou:

1. Co jsou to sacharidy a které sacharidy znáte?
2. Rozdělte sacharidy vyjmenované v otázce 1) na mono- , di- a polysacharidy.
3. Co je to Haworthova projekce sacharidů?
4. Jakým sacharidem je škrob?
5. Co je funkcí sacharidů v lidském organismu?

Investice do rozvoje vzdělávání



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Historie chemie sacharidů

D-glukosa byla prvně získána z rozinek v roce 1747, z medu v roce 1792, z hroznového vína v roce 1802 a hydrolýzou škrobu v roce 1811

sacharidy jsou alifatické hydroxyaldehydy nebo hydroxyketony s nejméně třemi uhlíkovými atomy

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Sacharidy (cukry)

Sacharidy patří do skupiny polyhydroxyderivátů karbonylových sloučenin, čili jsou odvozeny od aldehydů a ketonů. Celá řada sacharidů jsou významné přírodní látky. Sacharidy s malou molekulovou hmotností jsou dobře rozpustné ve vodě a jsou sladké. Těmto sacharidům říkáme cukry. Makromolekulární polysacharidy jsou často bez chuti a omezeně rozpustné ve vodě – je to například škrob, glykogen a celulóza.

rozdělují se na

- a) **monosacharidy** (neposkytují hydrolýzou žádný další cukr)
- b) **disacharidy** (hydrolýzou poskytují dvě až deset jednotek monosacharidu)
- c) **polysacharidy** (hydrolýzou poskytují deset a více jednotek monosacharidů)

Monosacharidy

- a) aldosity (obsahují aldehydickou skupinu a podle počtu uhlíků se dále dělí jak je uvedeno níže)
- b) ketosity (obsahují ketoskupinu a podle počtu uhlíků se dělí jak je uvedeno níže)

Aldosity (triosy, tetrosy, pentosy, hexosy, heptosy, atd.)

Ketosy (triosy, tetrosy, pentosy, hexosy, heptosy, atd.)

Kombinací pak označujeme monosacharid jako aldotriosu, ketotetrosu, aldopentosu atd.

Monosacharidy existují ve dvou strukturních formách a to alifatické a cyklické, mezi nimiž se ustavuje chemická rovnováha. Alifatickou formu zobrazujeme pomocí tzv. Fisherovy projekce, kterou uplatnil poprvé v roce 1861 Hermann Emil Fisher.

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

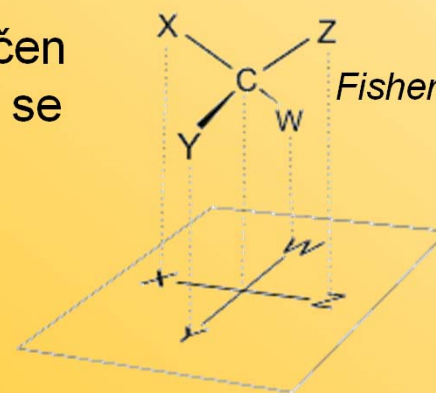
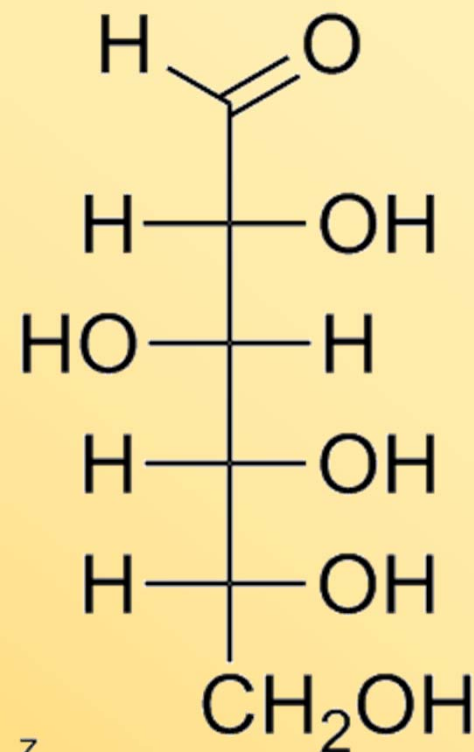
Fischerova projekce

poprvé uplatnil Hermann Emil Fisher v roce 1861

je to dvojrozměrná reprezentace 3D struktury

ve Fischerově projekci jsou všechny horizontální vazby projektovány k pozorovateli, zatímco vertikální vazby od pozorovatele

Fischerova projekce nemůže být stočen o 90° v rovině podkladu, protože by se opticky molekula změnila v druhý enantiomer



Fischerova projekce D-glukozy

Investice do rozvoje vzdělávání

Konformace monosacharidů

monosacharidy obsahují **chirální (asymetrický) uhlík** a proto se dělí na sloučeniny řady D (dextro, pravotočivé) a L (levo, levotočivé) podle toho, o který optický antipod se jedná

U alifatické i cyklické formy monosacharidů představují jednotlivé uhlíky asymetrická centra, která jsou zodpovědná za optickou aktivitu.

U monosacharidů tedy rozlišujeme L a D stereoizomery, přičemž základními sloučeninami jsou oba možné antipody glycerinaldehydu.

Z D-glycerinaldehydu, který má hydroxylovou skupinu orientovanou směrem doprava a z L-glycerinaldehydu, který má hydroxylovou skupinu orientována směrem doleva, je možno odvodit dvě tetrosy, lišící se konfigurací na uhlíkovém atomu C2.

E. Votoček navrhl označit takové dvojice jako epimery.

Investice do rozvoje vzdělávání



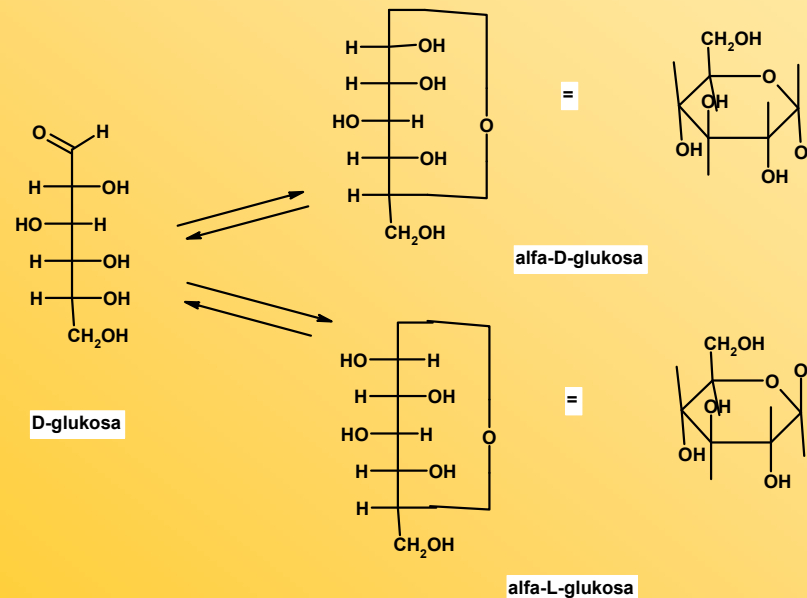
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Haworthova projekce

pojmenoval anglický chemik Walter N. Haworth
je cyklické zobrazení zjednodušené 3D struktury cukrů
Atomy v příkladu vpravo jsou číslovány 1-6, C1 je nazván anomerní uhlík

v uváděném příkladu nejsou všechny vodíkové atomy zakresleny (chybí –H)

C2 a C3 jsou v tomto případě blíže pozorovateli, stejně jako jejich OH skupiny, C5 a O jsou od pozorovatele dále



Fyzikální vlastnosti monosacharidů

monosacharidy jsou rozpustné ve vodě, v nižších alkoholech, v kyselině octové, v pyridinu

mají často sladkou chuť

za chemickou podstatou sladké chuti stojí zřejmě uskupení -O-CH-CH-OH (také u glycerolu)

monosacharidy jsou hojně obsaženy v přírodě, hlavně v rostlinném materiálu, méně v živočišném
rostliny často využívají monosacharidů k lákání zvířat - např. opylovačů, pro roznos semen...

monosacharidy jsou přímé produkty fotosyntézy a je v nich nahromaděna energie slunečního záření (D-glukosa, zdroj energie)

mohou být buď volné nebo vázané na sloučeniny zcela jiného typu ve formě tzv. glykosidů

běžně se vyskytující látkou je D-glukosa, vzácně se izoluje D-galaktosa, z ketohexoz je v ovocných šťávách obsažena D-fruktosa

Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

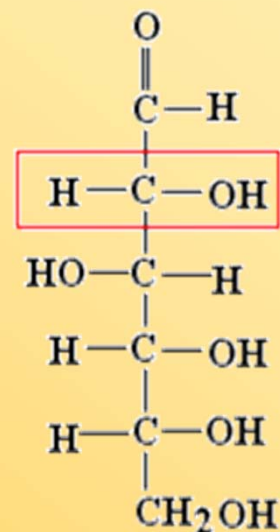
Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Zástupce monosacharidů: glukosa

glukosa: (hroznový, krevní cukr),
aldohexosa,
bílá krystalická látka sladké chuti, lze
připravit krystalizací rostlinných šťáv
nebo hydrolýzou rostlinného škrobu

existuje ve dvou enantiomerech: D-
(v přírodě, nazývá se také dextrosa) a
L- je stavební podjednotkou řady
oligosacharidů (maltosy, sacharosy,
galaktosy) a polysacharidů (škrob,
glykogen)

Důležitá je hladina glukosy v krvi jako
okamžitého zdroje energie



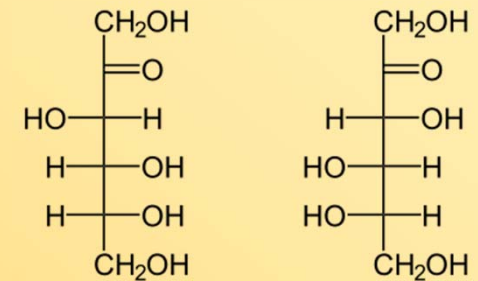
Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Zástupce monosacharidů: fruktosa

fruktosa je hexoketosa
nachází se v medu (38%), ovoci (jahody,
borůvky) a některé zelenině (melouny,
sladké brambory)



doplňuje glukosu coby stavební jednotka
sacharosy

k její izolaci se nejčastěji užívá
polysacharidu inulinu

fruktosa je bílá krystalická látka sladké
chuti a byla objevena jako štěpný produkt
sacharosy

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Chemické chování monosacharidů

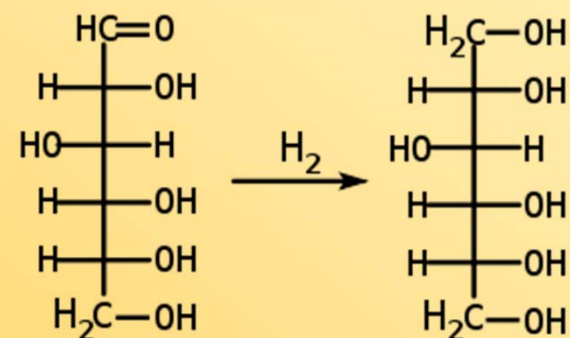
nejvýznamnější reakcí je redukce na karbonylové skupině:

Redukcí monosacharidů vznikají cukerné alkoholy neboli **alditoly**.

Funkční karbonylová skupina -CH=O nebo >C=O se redukuje na hydroxylovou skupinu -OH .

Redukcí aldosa vzniká jeden typ alditolu, redukací ketosa vznikají dva alditoly, protože přibývá jedno chirální centrum

Alditoly jsou alkoholické cukry, které jsou často opticky aktivní a vyskytují se v přírodě v rostlinách, mají sladkou chuť



Chemické chování monosacharidů

další reakce, které monosacharidy podléhají je oxidace a to kvůli přítomnosti aldehydové skupiny v aldosaích

Důkaz se provádí Fehlingovým činidlem (Cu^{2+}), které se zredukuje na Cu^+ , zatímco aldosa je oxidována na příslušnou kyselinu
další důkazní reakcí je reakce s Tollensovým činidlem, Ag^+ , které je redukováno až na elementární stříbro Ag , za vzniku tzv. stříbrného zrcátka

tyto reakce neprobíhají u ketos (fruktosa), protože je to reakce s aldehydickou skupinou a u fruktos se tato skupina nevyskytuje, naopak, je tam skupina keto.

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Chemické chování monosacharidů: důkaz glukosy v moči

glukosa obsažená v krvi (krevní cukr) je za normální situace absorbována ledvinami zpět do krevního oběhu

jestliže však hladina krevního cukru překročí určitou koncentraci, ledviny nestíhají odfiltrovat do krevního oběhu a objeví se v moči

je to symptom onemocnění diabetes mellitus

důkaz v moči se provádí redukcí Cu^{2+} na Cu^+ , tzn. tzv. Fehlingovou reakcí a podle míry změny zbarvení se určí množství glukosy v moči

jiný způsob používá enzym glukosa oxidázu a je pro glukosu v moči selektivnější

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Fyzikální vlastnosti disacharidů

Disacharidy jsou tvořeny dvěma jednotkami monosacharidů, které jsou spojeny glykosidickou vazbou

zpravidla se jedná o bílé krystalické látky, které se vyskytují v přírodě, jsou často sladké

patří k nim nejznámější cukr sacharosa a také mléčný cukr laktosa

Investice do rozvoje vzdělávání



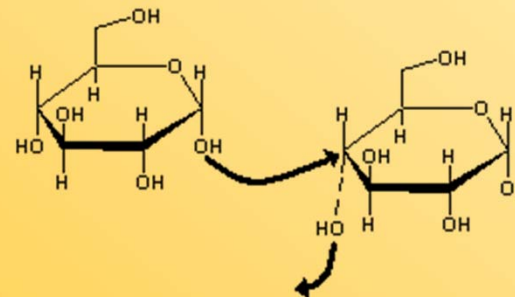
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Glykosidická (acetalová) vazba

Glykosidovou vazbou se označuje acetalová vazba sacharidů s hydroxylovou skupinou (-OH) postranního řetězce jiného sacharidu (O-glykosidová vazba)

V biochemii se také často používá termínu N-glykosidová vazba pro obdobné sloučení, ve kterých je -OH skupina nahrazena amino skupinou (-NH₂) (např. vazba bazí k (deoxy)ribose v DNA, resp. RNA)



Vybraní zástupci disacharidů: sacharosa

nejběžnější disacharid
označován jako řepný cukr, třtinový cukr, stolní
cukr

bílá sladká krystalická látka

skládá se z jedné molekuly glukosy a jedné
molekuly fruktosy

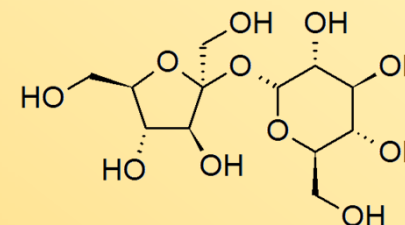


Schéma struktury sacharosy.

uplatnění: v potravinářství, sladidlo
Systematický název *α-D-glukopyranosyl-β-D-fruktofuranosid*,
Monosacharidy jsou v molekule spojeny
glykosidickou vazbou, která vzniká mezi
hydroxylovými skupinami na 1. uhlíku α-D-glukosy
a 2. uhlíku D-fruktosy, proto je sacharosa
neredukující disacharid (nereaguje na Fehlingovo
činidlo)

Investice do rozvoje vzdělávání

Vybraní zástupci disacharidů: laktosa

laktosa: je tvořena molekulou glukosy a galaktosy

vyskytuje se v mléce a tvoří až jeho 8 váhových procent

v lidském organismu se laktosa enzymaticky štěpí (enzym laktáza) na své základní složky, u některých lidí (a zejména u dětí) se však není tělo schopno vyrovnat s příjmem laktosy (laktosová intolerance) a to způsobuje řadu problémů, jedinou obranou je dieta chudá na laktosu, tato porucha je dána geneticky

Investice do rozvoje vzdělávání



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Chemické chování disacharidů

k nejdůležitějším reakcím je u některých redukce:

Redukující disacharidy jsou pospojovány glykosidickými vazbami na 1,4 a 1,6 koncích, mají tedy redukční účinky, a proto se dají dokázat Tollensovým a Fellingovým činidlem, patří zde např. maltosa, laktosa

Neredukující disacharidy jsou pospojovány glykosidickými vazbami na 1,1 a 1,2 koncích, na tyto vazby byly spotřebovány obě poloacetalové skupiny -OH, nemají redukční účinky, patří sem sacharosa

Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Důkaz redukujících cukrů: Fehlingova reakce

reakce s $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a vinanem sodnodraselným v prostředí KOH využívá se k důkazu redukujících sloučenin, zejména sacharidů v případě pozitivní reakce dochází ke vzniku červenohnědé sraženiny Cu_2O
(tato reakce již byla uváděna u aldehydů)

aromatické aldehydy a ketony takto nereagují (tedy ani glukosa, což je ketosa)

reagují tak **jen některé** (redukující) disacharidy! a to ty, které díky glykosidické vazbě na určitých uhlících neztrácejí acetalovou skupinu (maltosa, laktosa)

Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Důkaz redukujících cukrů: Tollensova reakce

k určení redukujících cukrů lze použít i tzv. Tollensovo činidlo (AgNO_3 s vodným roztokem amoniaku NH_4OH)

sloučenina obsahující volnou aldehydickou skupinu vytvoří po zahřátí s Tollensovým činidlem stříbrné zrcátko

Tollensova reakce byla popsána u aldehydů

Investice do rozvoje vzdělávání



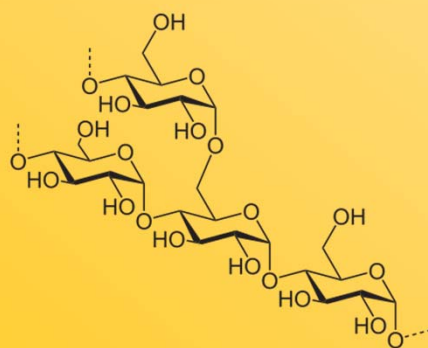
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

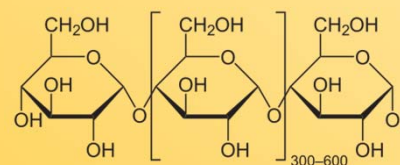
Fyzikální vlastnosti polysacharidů

tvořeny polymerními karbohydrátovými strukturami opakujících se jednotek mono a disacharidů mají odlišné vlastnosti než jejich stavební jednotky, jsou zpravidla amorfni a nerozpustné ve vodě polysacharidy tvořené jedním typem monomerní jednotky: homopolysacharidy, ty, které tvořeny různými stavebními jednotkami: heteropolysacharidy

Investice do rozvoje vzdělávání



mylóza



amylopektin

Vybraní zástupci polysacharidů: škrob

Škrob (*amylum*) je makromolekulární látka syntetizovaná rostlinami

Je to bílý prášek bez chutě a vůně, nerozpustný ve studené vodě

Jedná se o konečný produkt fotosyntézy rostlin

$(C_6H_{10}O_5)_n$ je vzorec škrobu

tento je složen z dvou různých polysacharidů: amylosy a amylopektinu, tvořených několika tisíci až desetitisíci molekulami glukosy. Škrob kromě glukosy obsahuje v malém množství lipidy, proteiny a zhruba 25–35 % vody.

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Vybraní zástupci polysacharidů: celuloza

$(C_6H_{10}O_5)_n$, polysacharid sestávající z lineárního řetězce několika stovek až tisíc spojených D-glukosových jednotek
strukturní složka buněčných stěn zelených rostlin, řas a oomycetes

Celuloza je nejběžnější organická sloučenina na (obsah celulosy v bavlně je 90%, ve dřevu 50%)

používá se k výrobě papíru, celofánu atd.
konverze celulosy z energeticky bohatých surovin na biopaliva je v současnosti v hledáčku výzkumu o alternativních palivech

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Vybraní zástupci polysacharidů: glykogen

zásobní polysacharid v tělech živočichů
vysoce větvený polymer tvořený glukosami, jež jsou navzájem
spojeny

uložen v cytoplazmě buněk živočichů, zejména tedy v játrech
Při poklesu koncentrace glukosy v krvi se jaterní glykogen štěpí
na glukosu (glukosa-1-fosfát → glukosa-6-fosfát) pomocí
procesu glykogenolýzy - vzniklá glukosa je pak uvolňována do
krve

tato glykogeneze je řízena hormony inzulínem a adrenalinem.

Investice do rozvoje vzdělávání



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Kontrolní otázky:

- 1) co je to amylosa?
- 2) *Jak byste dokázali glukosu v krvi?*
- 3) *Jak se dokazují redukující cukry?*
- 4) *Co je to glykogen?*
- 5) *Co jsou to disacharidy?*
- 6) *Z jakých stavebních jednotek je složena celulosa?*

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost
INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Děkuji Vám za pozornost

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.