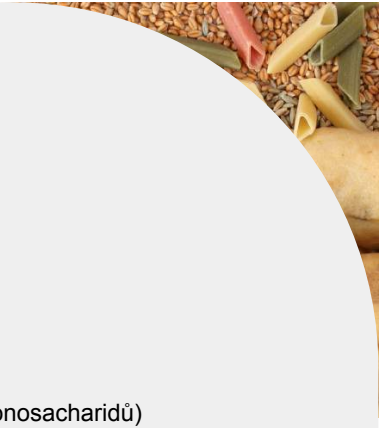
Sacharidy



struktura sacharidů

- polyalkoholy (aldehydy, ketony)
- alespoň 3 uhlíky
+ deriváty

význam sacharidů

- **50-60 % potravy** člověka
  (na osobu: 160 g škrobu, 120 g sacharosy, 30 g laktosy, 10 g monosacharidů)
- zdroj **energie** (buněčné palivo)
- zdroj **uhlík**u (syntéza buněčných složek)
- **rezerva** energie (škrob, glykogen, inulin)
- **strukturní** složky buněk, tkání a pletiv (cellosa, chitiny)
- součást **biologicky aktivní**ch složek (nukleotidy, kofaktory, …)

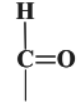
klasifikace sacharidů

- monosacharidy
- oligosacharidy

  2-10 monosacharidů
- polysacharidy (glykany)

  >10 monosacharidů
- komplexní sacharidy

  komplexní, konjgované,
  obsahují navíc peptidy, proteiny, lipidy, …



aldosy

ketosy

fotosyntéza

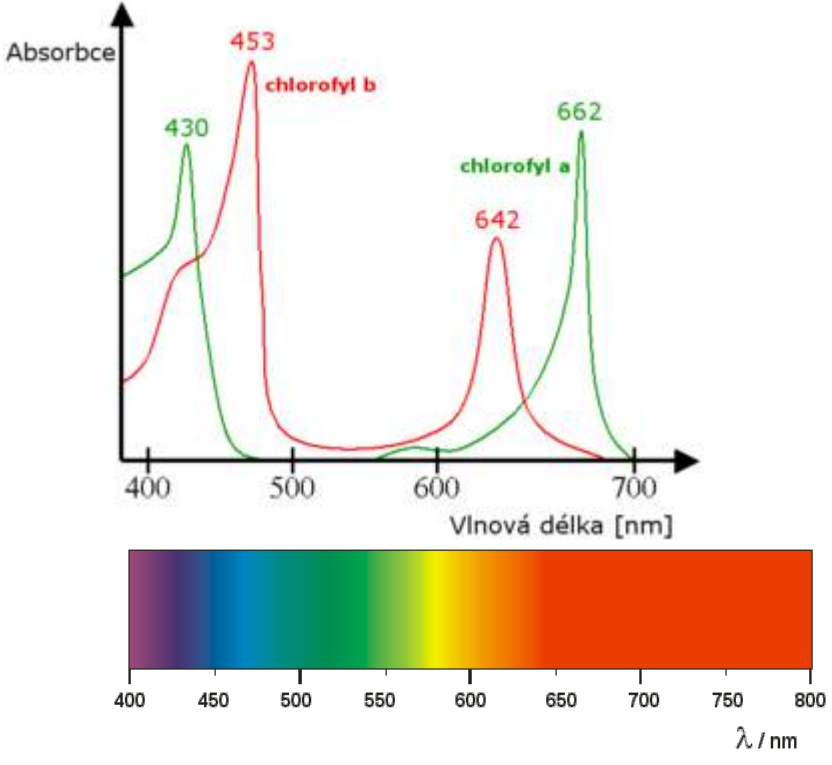
$$6\ CO_2 + 6\ H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

kyslík: z vody
světlo: 400-750 nm

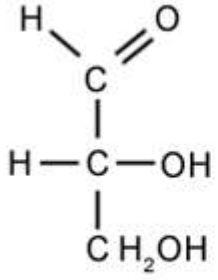
zisk energie: 479 kJ/mol
1g CO_2 … 0,4 g sušiny

první výskyt fotosyntézy
anoxická: ~ 3.5 mld let
oxická: ~ 2 mld let

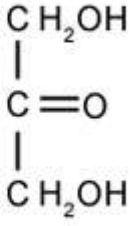
fotosyntéza - chlorofyl



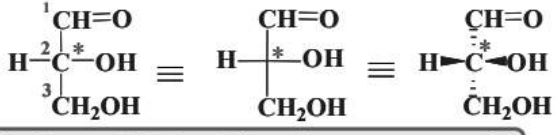
monosacharidy
triosy



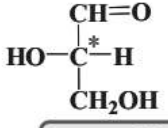
D-Glyceraldehyde



Dihydroxyacetone



D-(+)-glyceraldehyd (D-*glycero*-triosa)



L-(-)-glyceraldehyd

optické isomery (enantiomery) **D/L, *R/S*** **d/l, +/-**

ekvimolární směs D + L = racemát (opt. neaktivní)

monosacharidy
důkaz cukrů

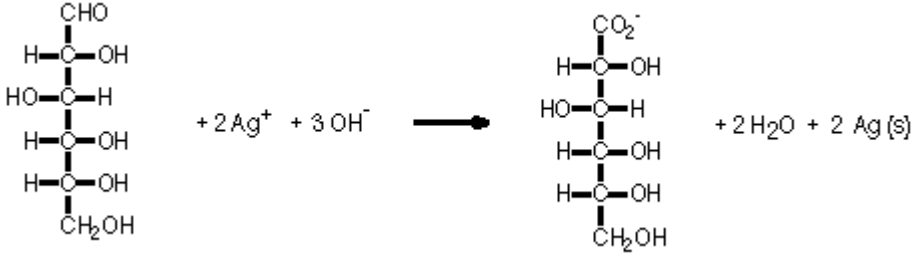
Tollensovo činidlo

redukce stříbrných iontů v amoniakálním prostředí

$NH_4OH + 2\ AgNO_3 \rightarrow Ag^+[NH_3]_2{}^0OH^-$

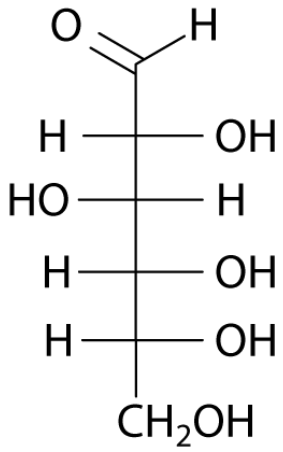
$2\ \mathbf{Ag^+}[NH_3]^0 + R\text{-}H\mathbf{CO} \rightarrow 2\ \mathbf{Ag^0} + R\text{-}\mathbf{COO}^-NH_4^+ + 2\ NH_3 + H_2O$

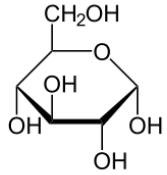
Redukující cukry redukují v amoniakálním prostředí stříbrné ionty Tollensov činidla na kovové stříbro (vzniká zrcátko).



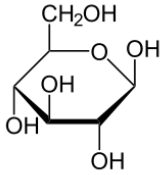
(*video*)

monosacharidy
hexosy - glukosa





α-D-Glucopyranose



β-D-Glucopyranose

Glukosa

(hroznový cukr, škrobový cukr, dextrosa)

hlavní monosacharid většiny potravin (s fruktosou)

v rostlinách fotosyntézou, savci glukoneogenezí

v krvi živočichů (glykémie) cca 0.1 %, do buněk pomocí inzulinu

základ energetického metabolismu člověka

- mozek+krvinky spořebují cca 150 g denně
- zdroje: příjem / glykogen / glukoneogeneze / bílkoviny svalů
- když v krvi málo ⇒ produkce glukagonu a adrenalinu
- ukládána: játra, svaly

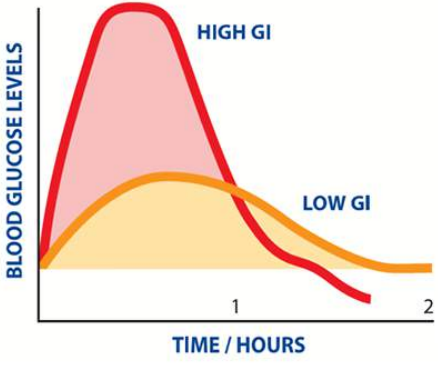
výroba fruktosy enzymaticky

disacharid glu-glu = maltóza

glukosa - glykémie, glykemický index

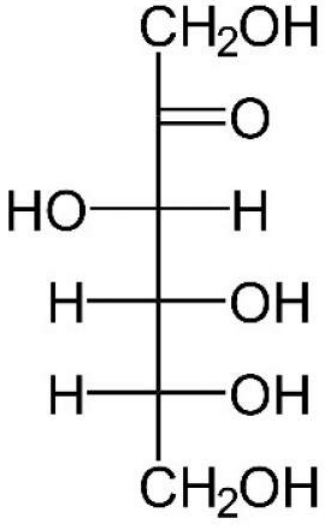
glykémie = koncentrace D-glukosy v krvi (běžně asi 5 mmol/l)
příjem glukosy a galaktosy → zvýšení hladiny glukosy v krvi
běžně do 30 min po jídle, po cca 2 hodiny
GI: poměr ploch pod křivkou potravina/glukosa

fruktosa a další přednostně metabolizovány v játrech, bez inzulinu
fruktosa ~ poloviční sekrece inzulinu



nízký GI <55	střední GI 56-69	vysoký GI 70+
jablko ovesná kaše sladká brambora jogurt hořká čokoláda	ananas pizza sýr celozrnné pečivo těstoviny	cornflakes bílé pečivo hranolky med cukr

monosacharidy
hexosy - fruktosa



Fruktosa

(ovocný cukr, levulosa)

sladší než glukosa (cca 1.5x)
v ovoci bohatém na vlákniny – jahodách, ostružinách, borůvkách
GI = 20 (dříve doporučované náhradní sladidlo)
produkce gherlinu
odbourávání v játrech
výroba: třtina, řepa, kukuřice +enzymatická přeměna Glu
polemika o její souvislosti s obezitou, diabetem

HFCS

high-fructose corn syrup

od 70. let nahrazuje sacharózu
výroba enzymatickým štěpením kukuřičného škrobu
s následnou izomerací Glu→Fru
proměnlivé složení fruktosy (5-90%)
polemika o souvislosti s obezitou a diabetem (studie neprůkazné)

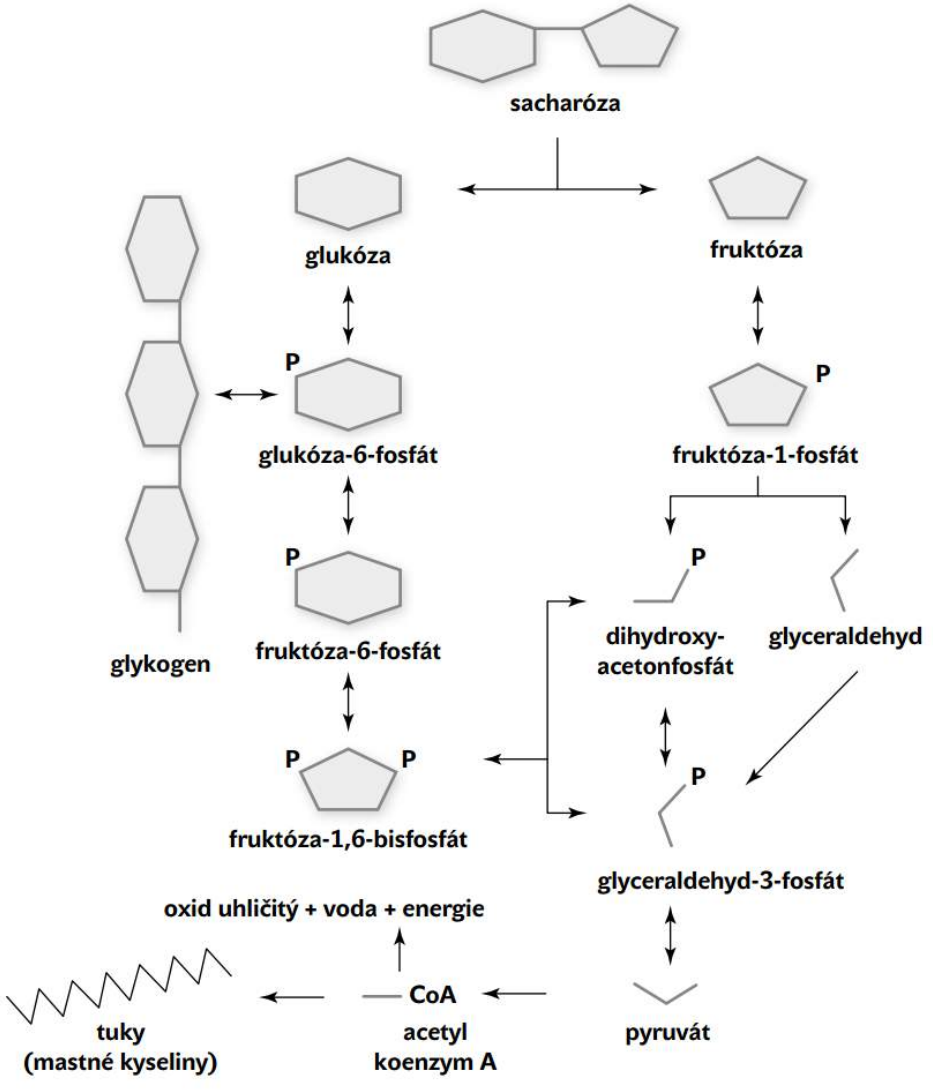
výhoda: tekutý
→ nápoje (rychlý průchod žaludkem, nedostatečný výlev leptinu -h.nasycení)

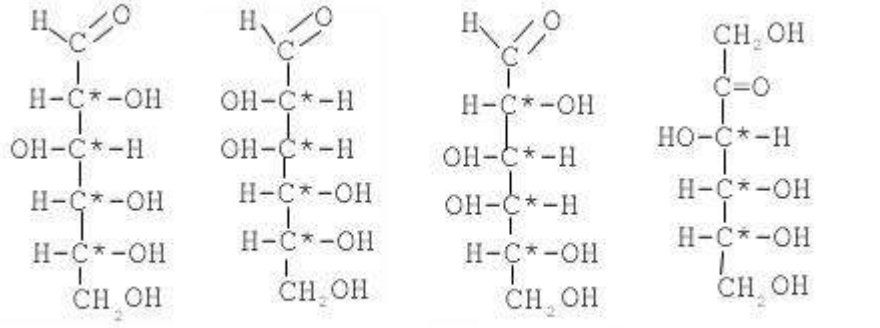
Zpracování fruktosy

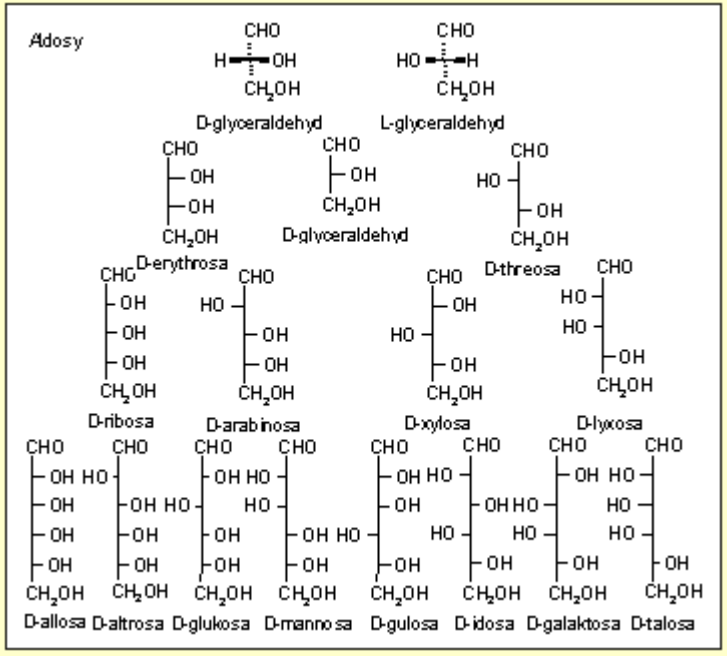
fruktosa: GI 20
⇒ pozvolný růst glykémie,
přechod do krve však rychlý
(efektivně vychytávána játry)

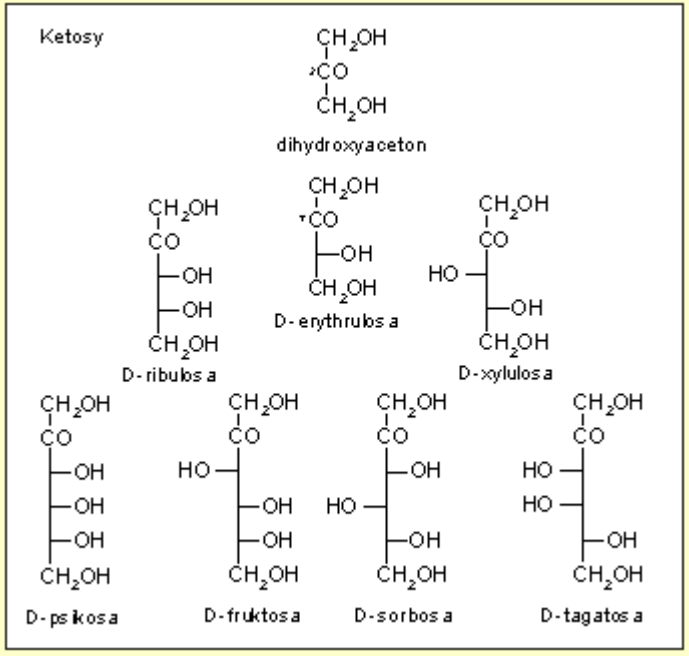
→ složitě začleněna do glykogenu
→ odbourána na laktát a acetyl-KoA
→ příp. syntéza tuku v játrech, VLDL

obavy z příliš slazených nápojů,
těžko prokazatelný vliv na zdraví




D-glukosa
D-mannosa
D-galaktosa
D-fruktosa


Aldosy
D-glyceraldehyd
L-glyceraldehyd
D-glyceraldehyd
D-erythrosa
D-threosa
D-ribosa
D-arabinosa
D-xylosa
D-lyxosa
D-allosa
D-altrosa
D-glukosa
D-mannosa
D-gulosa
D-idosa
D-galaktosa
D-talosa


Ketosy
dihydroxyaceton
D-ribulosa
D-erythrulosa
D-xylulosa
D-psikosa
D-fruktosa
D-sorbosa
D-tagatosa

monosacharidy v potravinách

téměř ve všech potravinách,
proměnlivý obsah

Ovoce

- podle zralosti, skladování
- jablka: při sklizni pouze škrob (degradace škrobu, hemicelulos, pektinu)
- glukosa a fruktosa

hrozny	~ 8 %
vinný mošt	120-250 g/l
Glu:Fru	0,5-0,9
suchá vína	< 4 g/l
sladká vína	> 45 g/l

málo obvyklé cukry:
jeřabiny (sorbosa),
jahody (heptulosy),
avokádo (heptu-, oktu-, nonulosy až 5 %)
sušené fíky ~ 60 % cukrů (bílý povlak je glukosa)

Ovoce	Glukosa	Fruktosa	Sacharosa	Cukry celkem	Sušina
jablka	1,8	5,0	2,4	11,1	16,0
hrušky	2,2	6,0	1,1	9,8	17,5
třešně	5,5	6,1	0,0	12,4	18,7
švestky	3,5	1,3	1,5	7,8	14,0
meruňky	1,9	0,4	4,4	6,1	12,6
broskve	1,5	0,9	6,7	8,5	12,9
jahody	2,6	2,3	1,3	5,7	10,2
maliny	2,3	2,4	1,0	4,5	13,9
rybíz červený	2,3	1,0	0,2	5,1	16,4
rybíz černý	2,4	3,7	0,6	6,3	19,7
hrozny [a)]	8,2	8,0	0,0	14,8	17,3
pomeranče	2,4	2,4	4,7	7,0	13,0
grapefruity	2,0	1,2	2,1	6,7	11,4
citrony	0,5	0,9	0,2	2,2	11,7
ananas	2,3	1,4	7,9	12,3	15,4
banány	5,8	3,8	6,6	18,0	26,4
datle	32,0	23,7	8,2	61,0	80,0
fíky	5,5	4,0	0,0	16,0	22,0

zelenina
převážně Glu a Fru
zřídka arabinosa, xylosa
běžně <10 %
kukuřice ale i 16 %
také v luštěninách (sója 3 %)
okopaniny a kořenová: škrob

Zelenina	Glukosa	Fruktosa	Sacharosa
brokolice	0,73	0,67	0,42
špenát	0,09	0,04	0,06
endivie	0,07	0,16	0,07
mrkev	0,85	0,85	4,24
řepa salátová	0,18	0,16	6,11
okurka	0,86	0,86	0,06
rajčata	1,12	1,34	0,01
cibule	2,07	1,09	0,89

maso
- glykogen (živočišný škrob) až 1 %
→ posmrtná degradace
→ 0,X % monosacharidy, fosforečné estery (glu-6-P)

mléčné výrobky
- monosacharidy stopově
- spíš disacharid laktosa

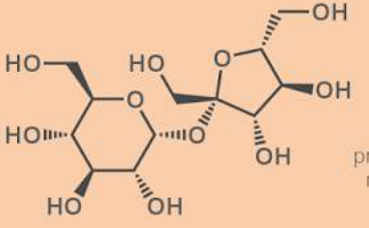
vejce
v sušině ~ 10 g/kg (tzn. 1 %)
z toho polovina glykoproteiny
zbytek galaktóza

základní složení medu

složka	obsah [%]
fruktosa	38
glukosa	31
voda	17
maltosa	7.3
vyšší cukry	1.5
sacharosa	1.3
minerální látky	0.17

THE CHEMISTRY OF HONEY

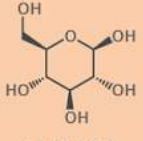
HOW DO BEES MAKE HONEY?



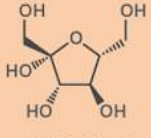
SUCROSE
primary sugar in many nectars

When bees harvest nectar, it is stored in their honey stomachs, separate from their normal stomach. The nectar is mixed with enzymes which break down the larger sugars in the nectar, such as sucrose, into the smaller sugars glucose and fructose.

The forager bee then passes it on to a house bee, who regurgitates and re-drinks the nectar over a 20 minute period, breaking down the larger sugars further.



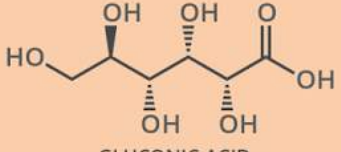
GLUCOSE



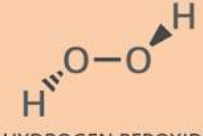
FRUCTOSE

The nectar is deposited in the honeycomb, and the bees fan it to hasten water evaporation, until the water concentration falls to around 17%.

WHY DOESN'T HONEY GO OFF?



GLUCONIC ACID



HYDROGEN PEROXIDE

Honey has such a low water content, it draws water from its surrounding environment, meaning it can dehydrate bacteria, thus preventing spoilage.

Gluconic acid is the dominant acid in honey, produced by the action of bee secretions on glucose. It, and other acids, give honey a low pH of between 3 and 4; this, along with the fact it also contains small amounts of hydrogen peroxide, makes it too hostile for bacterial growth.

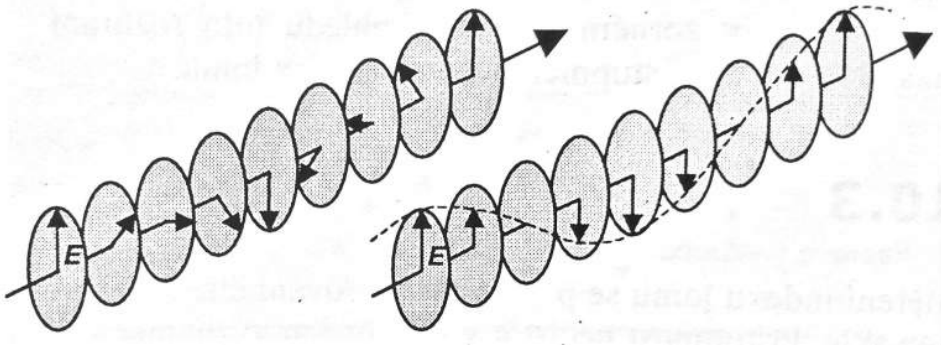
invertní cukr
“umělý med”

ekvimolární směs glukosy a fruktosy
vyráběn kyselou hydrolýzou / enzymaticky
sladší než sacharosa (1.25x)

využití:
cukrovinky, zmrzliny
výroba umělých sladidel

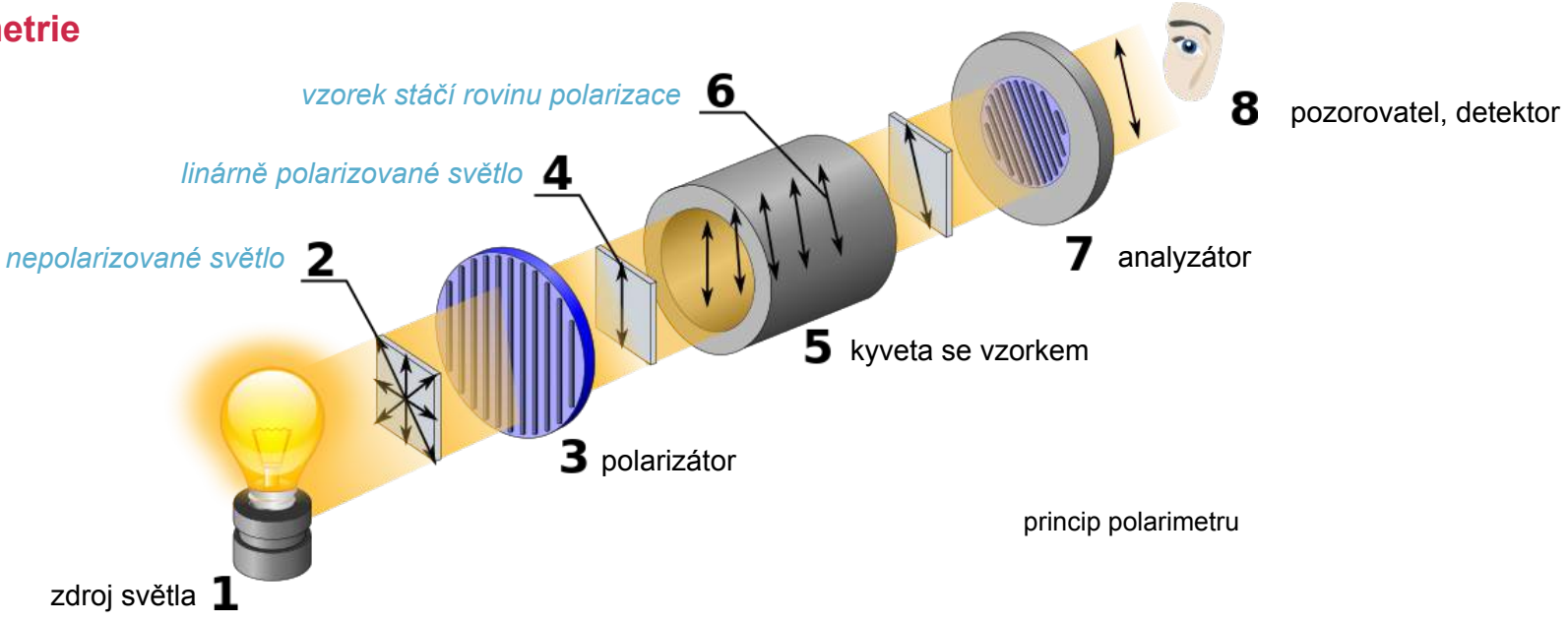
proč je invertní?

Polarimetrie



Paprsek kruhově polarizovaný a lineárně polarizovaný

Polarimetrie



princip polarimetru

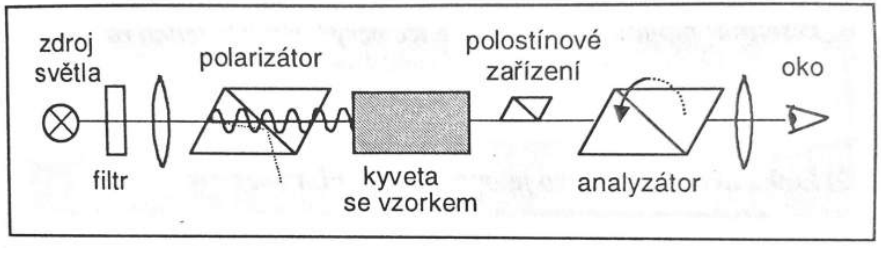
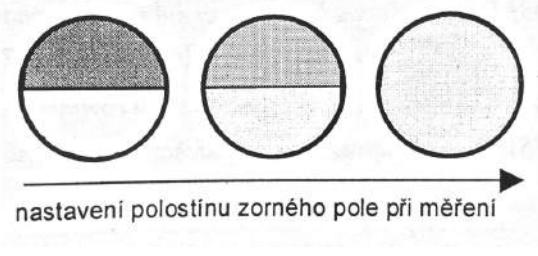


schéma subjektivního polarimetru



Polarimetrie

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^{t} \cdot l \cdot \rho$$

$[\alpha]_{\lambda}^{t}$ ....měrná otáčivost látky při dané teplotě a vlnové délce,

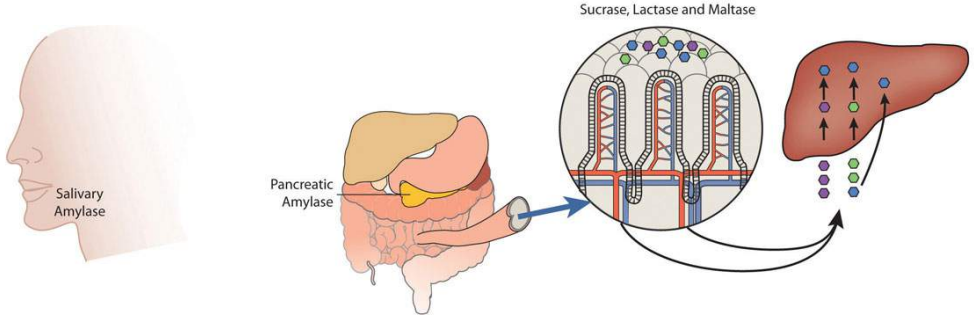
α.....optická otáčivost nebo úhel otočení,

l.....tloušťka roztoku (dm),

ρ .....koncentrace ($g.cm^{-3}$).

fyziologie, výživa

sacharidy celkově ~ 55 % energie
z toho jednoduché ideálně <20 %



zpracování sacharidů

polysacharidy: štěpení amylosami
→ oligosacharidy: hydrolyzovány glykosidasami
→ monosacharidy
→ resorpce (glukosa a galaktosa aktivně, ostatní difúzí)
→ transformace na glukosu v játrech
→ glukosa metabolizována ve svalech
→ voda, CO_2 (přebytek: glykogen)

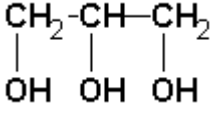
Agávový sirup

-ze sukulentů Jižní Ameriky
-sladivost ~2krát vyšší než cukr
-nízký glykemický index (20-30)
-vysoký poměr fruktózy (až 97%)
-problémy spojené s vysokým obsahem fruktózy

Deriváty sacharidů

sacharidy jsou díky kyslíku reaktivní → množství derivátů
redukcí karbonylové skupiny → cukerné alkoholy (alditoly, cyklitoly)

glycerol



- sladký
- přirozeně (i nepřirozeně) ve víně: třetí hlavní složka, 5-20 g/l, vytváří plnou a jemnou chuť.
- jedovatý jen ve vyšších dávkách (LDLo = 1,5 g/kg)
- kosmetika (zvlhčující účinek)

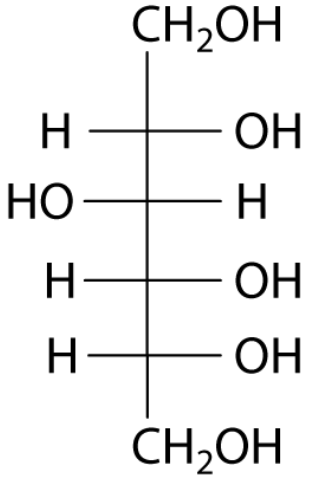
Víno Mikulov prodávalo víno s glycerolem, inspekce ho stáhla z prodeje

Víno Mikulov prodávalo víno s glycerolem, inspekce ho stáhla z prodeje | Foto: profimedia.cz

19.06.2014 14:00 - text: ČTK, bah

Státní zemědělská a potravinářská inspekce nařídila stáhnout 500 lahví vína Müller Thurgau, našla v něm syntetický glycerol. Ačkoliv v běžné míře konzumace není nebezpečný, přidávání glycerolu do vína je zakázáno. Z oběhu bylo staženo 500 lahví. Výrobce tvrdí, že byl podveden dodavatelem

D-glucitol (sorbitol)



náhradní sladidlo, cca 50% sladivost (E420),
přirozeně v ovoci (jeřabiny)
výroba ze sacharózy
využití: léky, zubní pasty (nekariogenní)

obsah **D-glucitol**u (sorbitolu) v ovoci

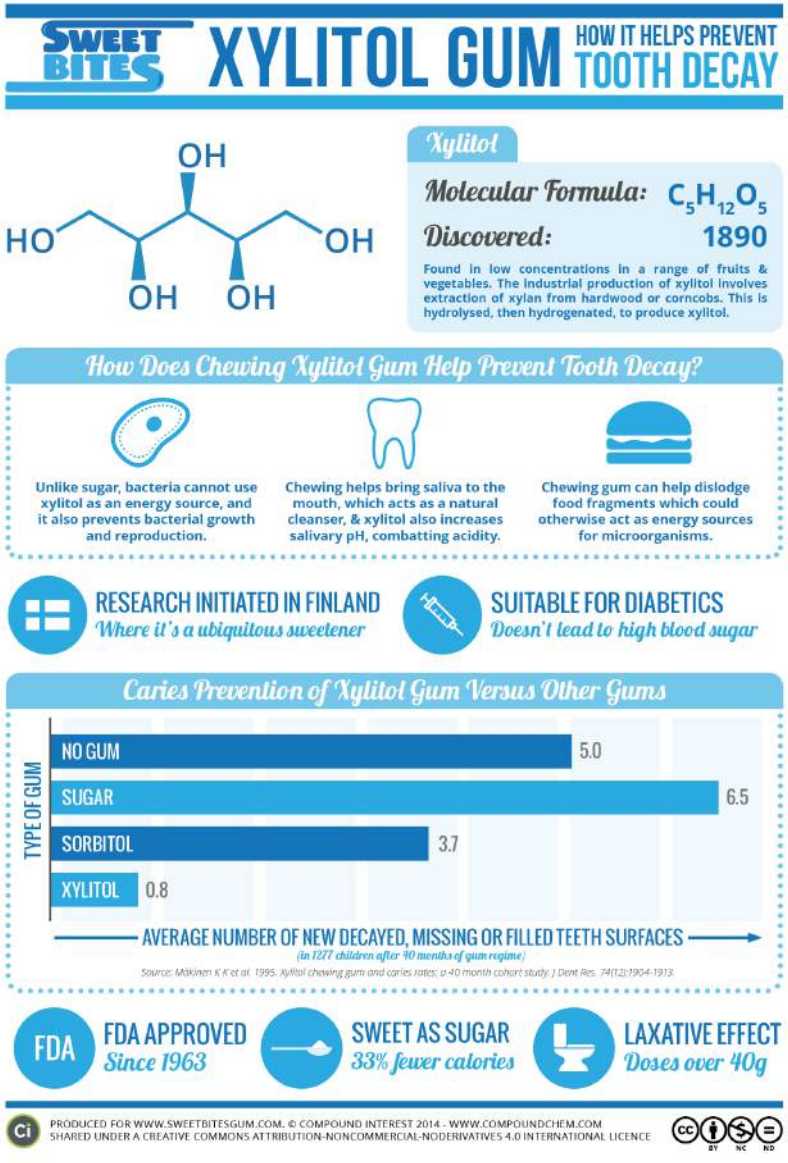
Ovoce	Obsah v % hmotnosti čerstvého ovoce
jablka	0,2-0,8
hrušky	1,2-2,8
švestky a pološvestky	0,6-13,9
třešně	0,1
broskve	0,03-0,47
meruňky	0,05-0,46
hroznové víno	stopy

Xylitol

březový cukr, v ovoci a zelenině
nekariogenní (naopak prevence)
vysoká hodnota endotermní rozpouštěcí entalpie

praktické využití:
- potravinářství (žvýkačky)
- farmacie (zubní pasty, ústní vody)

nevýhody:
- projímavé účinky (>40 g)
- nebezpečný pro psy



Obsah hlavních alditolů **ve vínu**

Alditol	Obsah [mg/l]
glycerol	4000-10000
erythritol	35-292
D-arabinitol	10-577
xylitol	4-11
D-glucitol	9-277
D-mannitol	6-152

cyklitoly

skupina odvozená od cyklohexanu

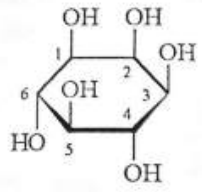
většinou šest hydroxyskupin, ale i pět, čtyři a tři skupiny

nejvýznamější skupina:

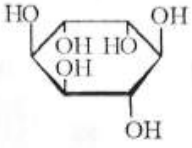
inositoly (dříve cyklosy)

8 stereoisomerů

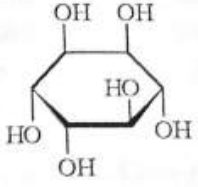
Myo-inositol:
běžně v potravinách
dřív *vitamin B8*



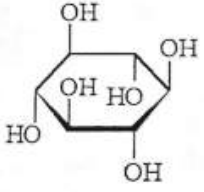
4-63, *myo*-inositol (*meso*-inositol)



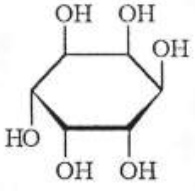
4-64, 1D-(+)-*chiro*-inositol



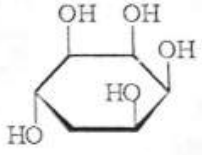
4-65, 1L-(-)-*chiro*-inositol



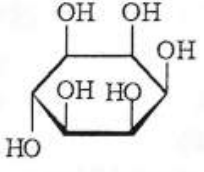
4-66, *scyllo*-inositol (scyllitol)



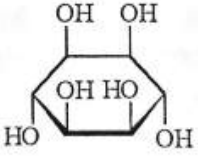
4-67, *neo*-inositol



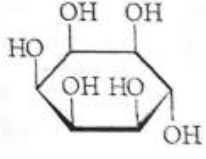
4-68, *allo*-inositol



4-69, *epi*-inositol

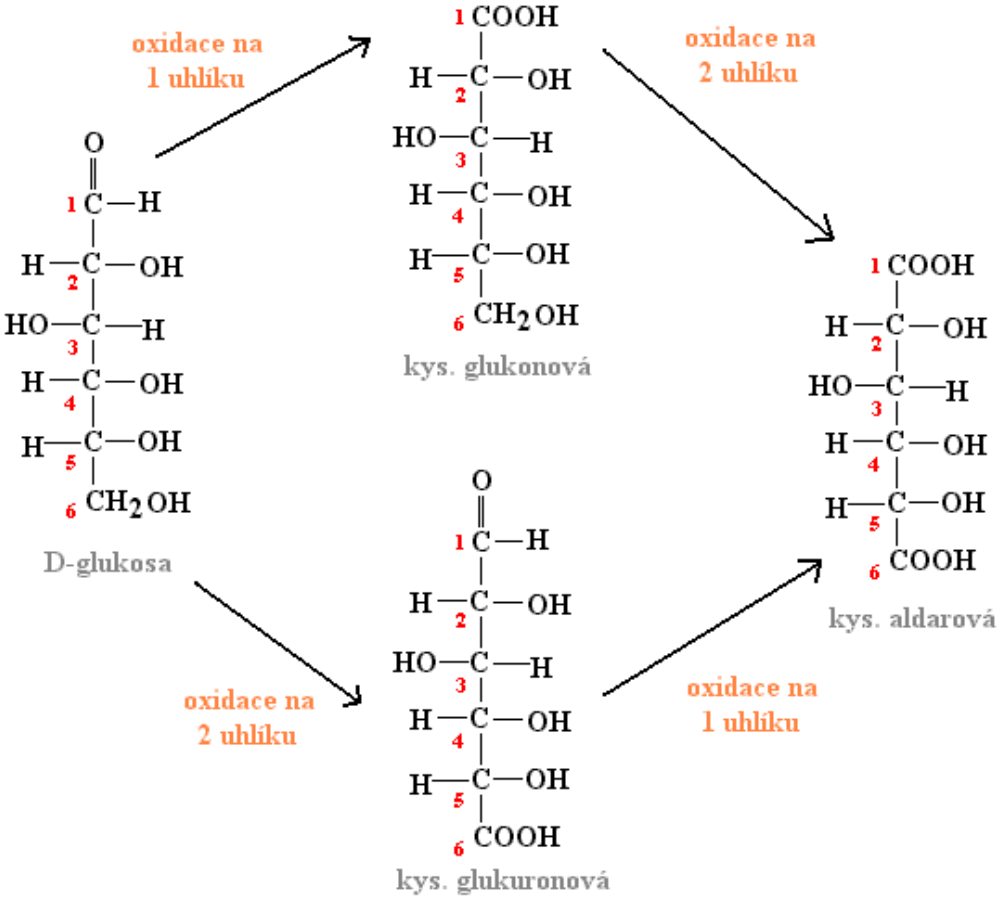


4-70, *muko*-inositol

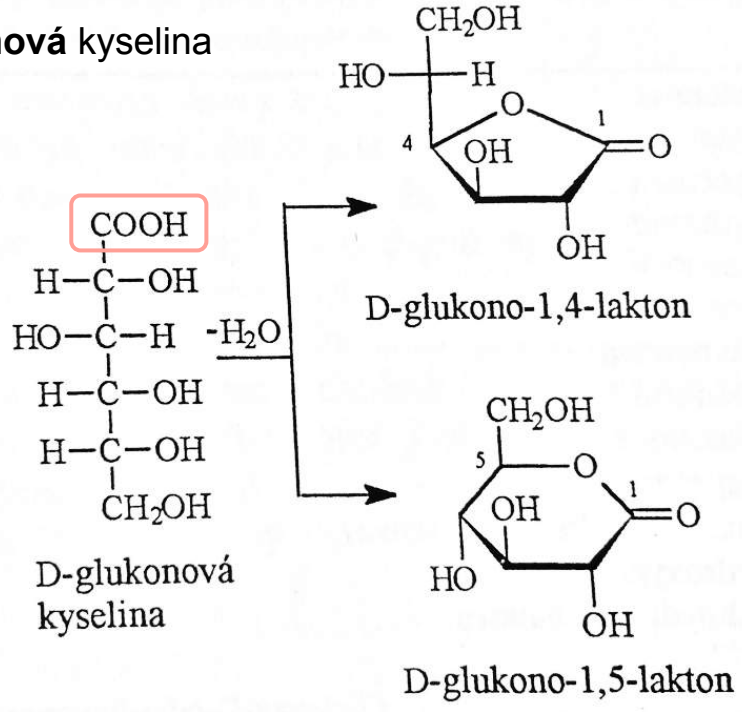


4-71, *cis*-inositol

cukerné kyseliny

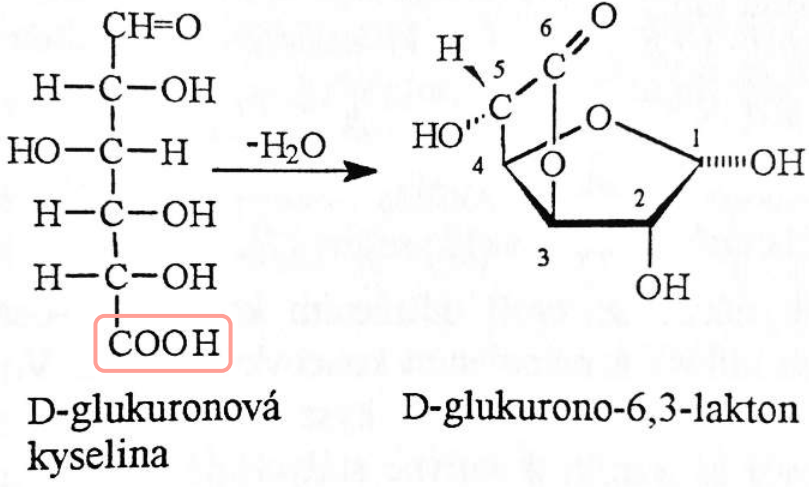


cukerné kyseliny
(aldonové kyseliny) - **glukonová** kyselina



Vznik laktonů D-glukonové kyseliny

cukerné kyseliny
(uronové kyseliny) - **glukuronová** kyselina



Obrázek 4.4 Vznik laktonů D-glukuronové kyseliny

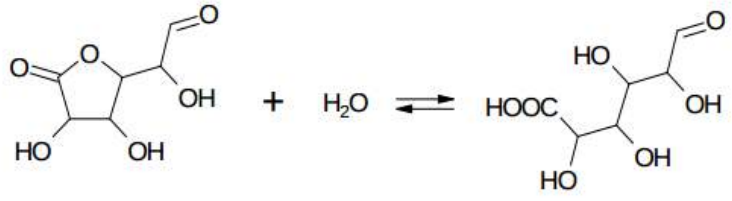
výskyt, využití cukerných kyselin a laktonů

kys. glukonová a mannonová: v rostlinách, potravinách po reakci neenzymovém hnědnutí

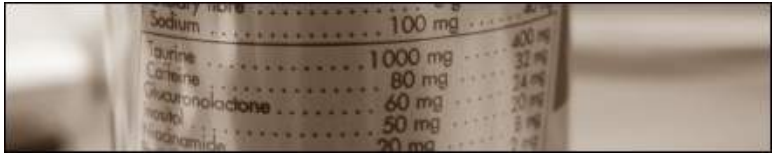
alduronové kyseliny: v polysacharidech

6,3-Glukuronolakton:
výživa sportovců (zrychluje tvorbu a zpomaluje odbourávání svalového glykogenu)
EFSA popírá obavy z taurinu i 6,3-G-L. (NOAEL 1 g/kg)
běžný lidský metabolit

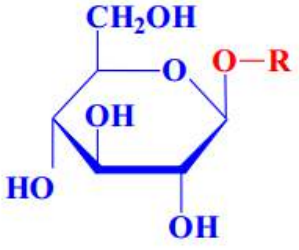
γ-lakton glutamové kys.: konzervace salámů



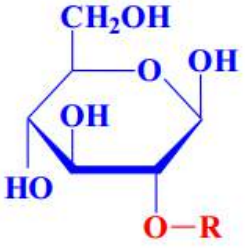
6,3-Glukuronolakton



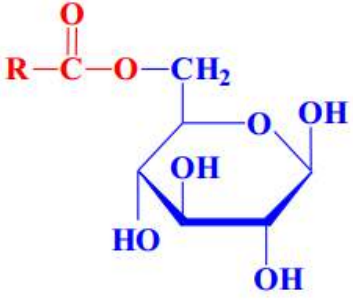
další deriváty:
glykosidy (cukr + aglykon),
ethery,
estery



O-glykosid



ether



ester

cukr + aglykon → heteroglykosid

cukr + cukr → homoglykosid

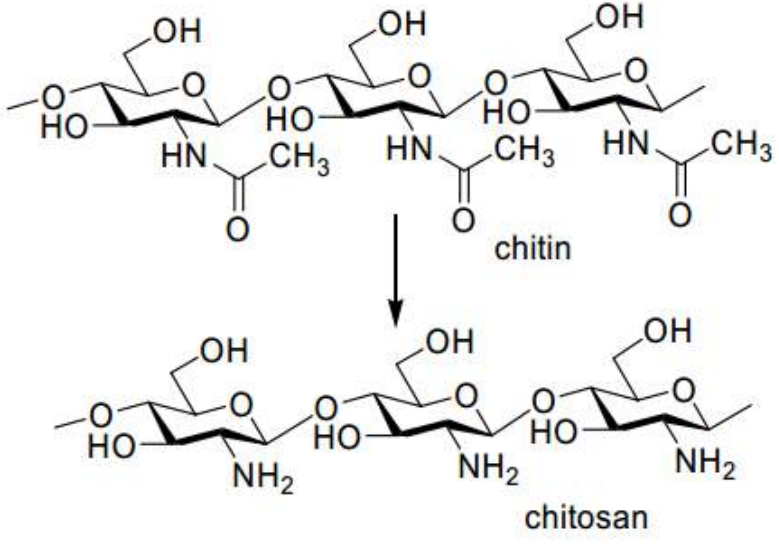
minoritní stavební složky, hydrokoloidy

běžné, hlavně PO_4^{3-} nukleotidy od kys. sírové, octové

chitin - z jednotek N-acetylglukosaminu

stavební polysacharid bezobratlých a hub
2. nejrozšířenější na zemi (po celulose)

deacetylací ⇒ chitosan (doplněk k hubnutí)



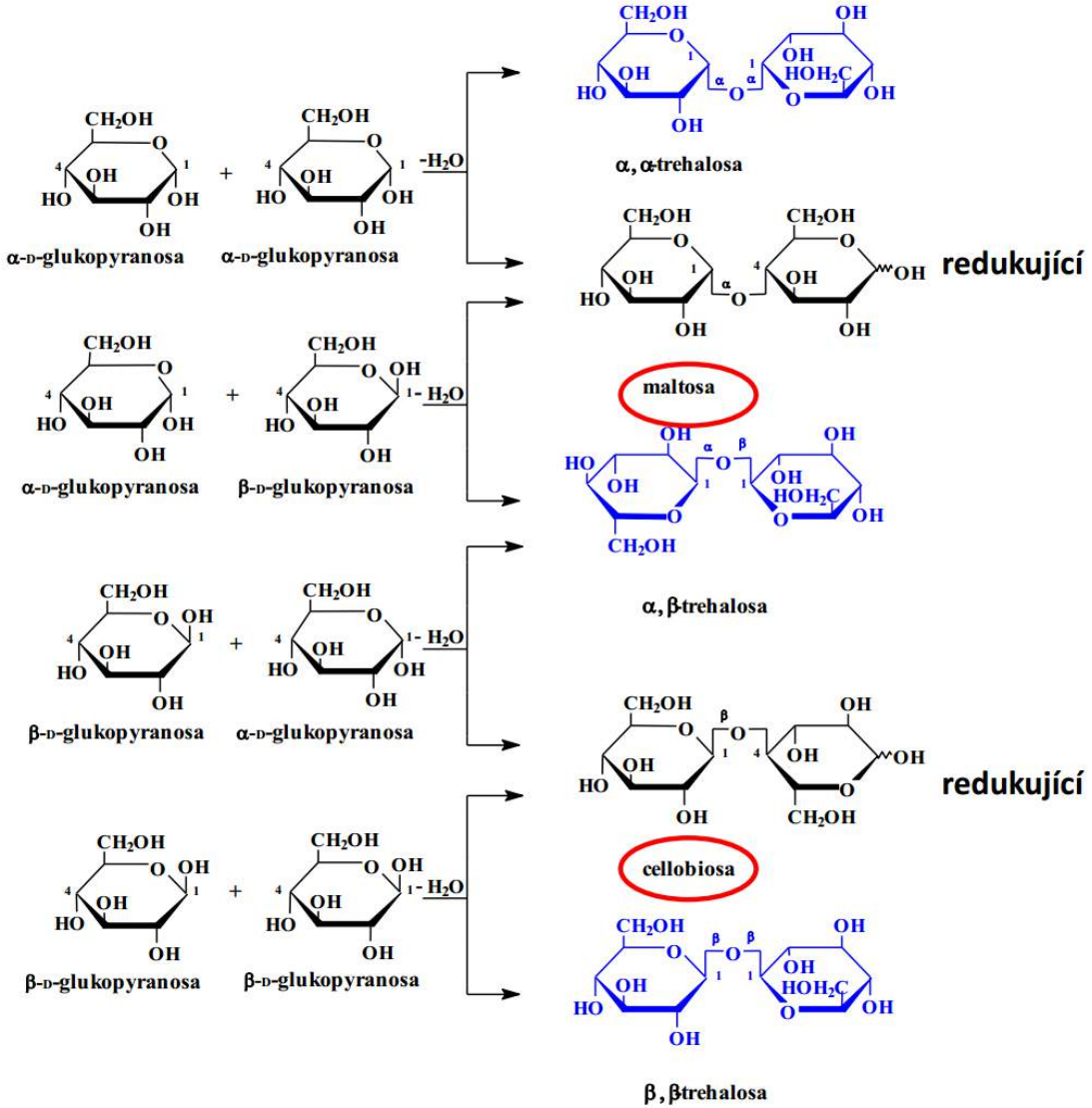
disacharidy

neredukující
(kondenzují spolu dvě poloacetalové hydroxyskupiny. Neobsahuje anomerní hydroxylovou skupinu.)

redukující
(každý jiný případ)

Obr.: možnosti vazby dvou molekul glukosy

sacharosa (glukosa+fruktosa)
maltosa (glukosa+glukosa)
laktosa (glukosa+galaktosa)



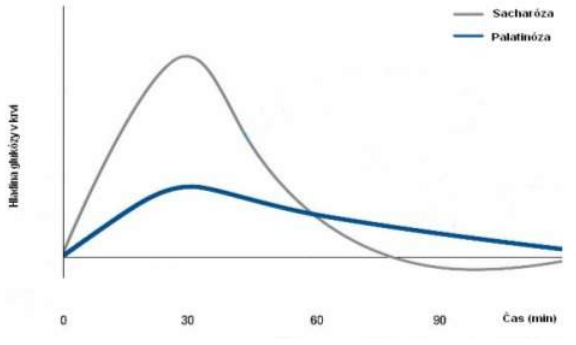
disacharidy
výskyt, využití

V potravinách
běžná součást: ovoce, zelenina, med, mléko
hlavní komponenty: D-monosacharidy (Glu, Fru, Gal, Man)

Zpracování v těle
enzymatická hydrolýza
některé kariogenní účinky (sacharosa, maltosa)

Průmyslové využití
ze škrobů výroba oligosacharidů
hydrogenace disacharidů → **alkoholické cukry**

fyziologické vlastnosti umělých oligosacharidů:
- vesměs nekariogenní
- mnohé nestravitelné (nízkoE potraviny)
- často prebiotické, probiotické a synbiotické účinky



palatinosa *(isomaltulosa): umělý oligosacharid pro výživu sportovců. Ze sacharosy. glukosa+fruktosa vázané glykosidickou vazbou 1,6*

snížení potřeby cukrů pomocí polyolů

hydrolyzáty a alkoholické cukry,
náhrada cukrů
hydrolýzou škrobů, i přirozeně
nekariogenní, bez vlivu na glykémii
sladká chuť
laxativní účinky

sladidlo	sladivost (rel. k sacharóze 100%)	kalorie na gram
Sacharóza	100	4
Polyglycitoly	40 – 90	3
Sorbitol	60	2,6
Xylitol	100	2,4
Maltitol	90 (prášek), 40 – 90 (sirup)	2,1
Isomalt	45 – 65	2
Lactitol	40	2
Mannitol	70	1,6
Erythritol	70	0,2

maltóza

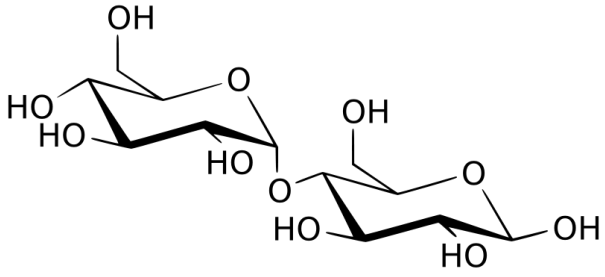
disacharid glukózy
strukturní jednotka škrobu
cca ½ sladivost

V potravinách

- hydrolýzou škrobu: chlebové těsto
- v klíčících semenech (slad) → stupňovitost piva

Využití

maltózové sirupy, maltooligosacharidy
hydrogenace → glukopyranosyl-glucitol (90% sladivost, nekariogenní, malý vliv na krevní cukr)

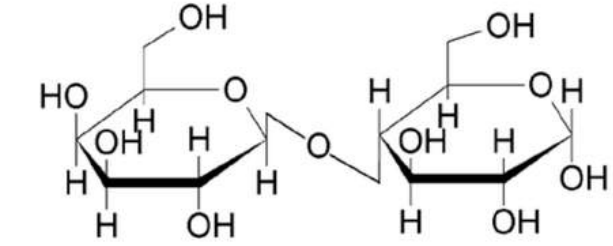


α-D-glukopyranosyl-(1→4)-D-glukopyranosa

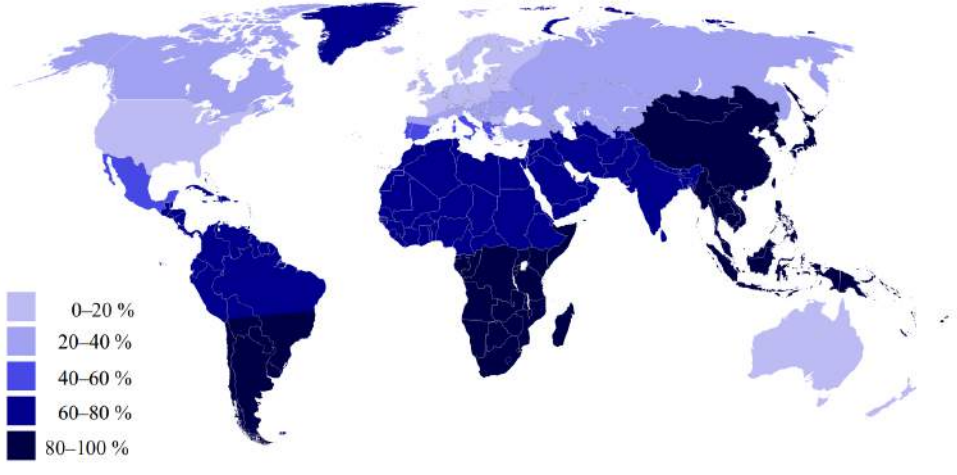
laktóza

mléčný cukr
pouze v savčím mléce ~ 5 %
jen málo kariogenní
v těle zpracován laktasou

intolerance laktózy
-neschopnost produkovat laktasu -
vrozená/prvotní/druhotná



Laktosa (mléčný cukr)



výskyt intolerance laktosy

laktóza

snížení obsahu laktózy v syrovátce během fermentace

Sledování obsahu laktosy (%) během fermentace syrovátky jogurtovou kulturou (počet měření $n = 6$)

Čas [h]	Průměr [%]	SD [%]
0	5,10	0,04
0+	5,15	0,03
1	5,04	0,06
2	4,22	0,05
3	4,69	0,26
4	4,35	0,35

Vyhláška 157/2008 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití, která stanovuje limit laktosy v potravinách s nízkým obsahem laktosy na 10 g.kg^{-1} a bezlaktosové potraviny mohou obsahovat pouze 100 mg laktosy na 1 kg.

zralé tvrdé sýry neobsahují téměř žádnou laktózu

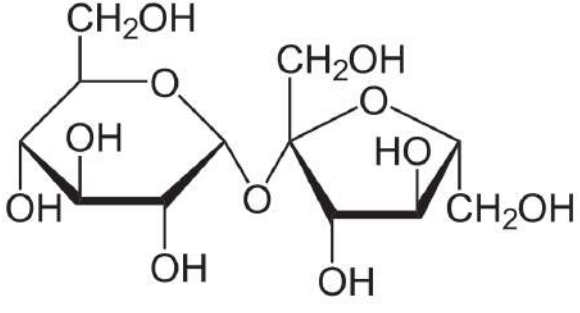
sacharóza

řepný cukr, třtinový cukr

produkt fotosyntézy → ve vegetativních částech rostlin

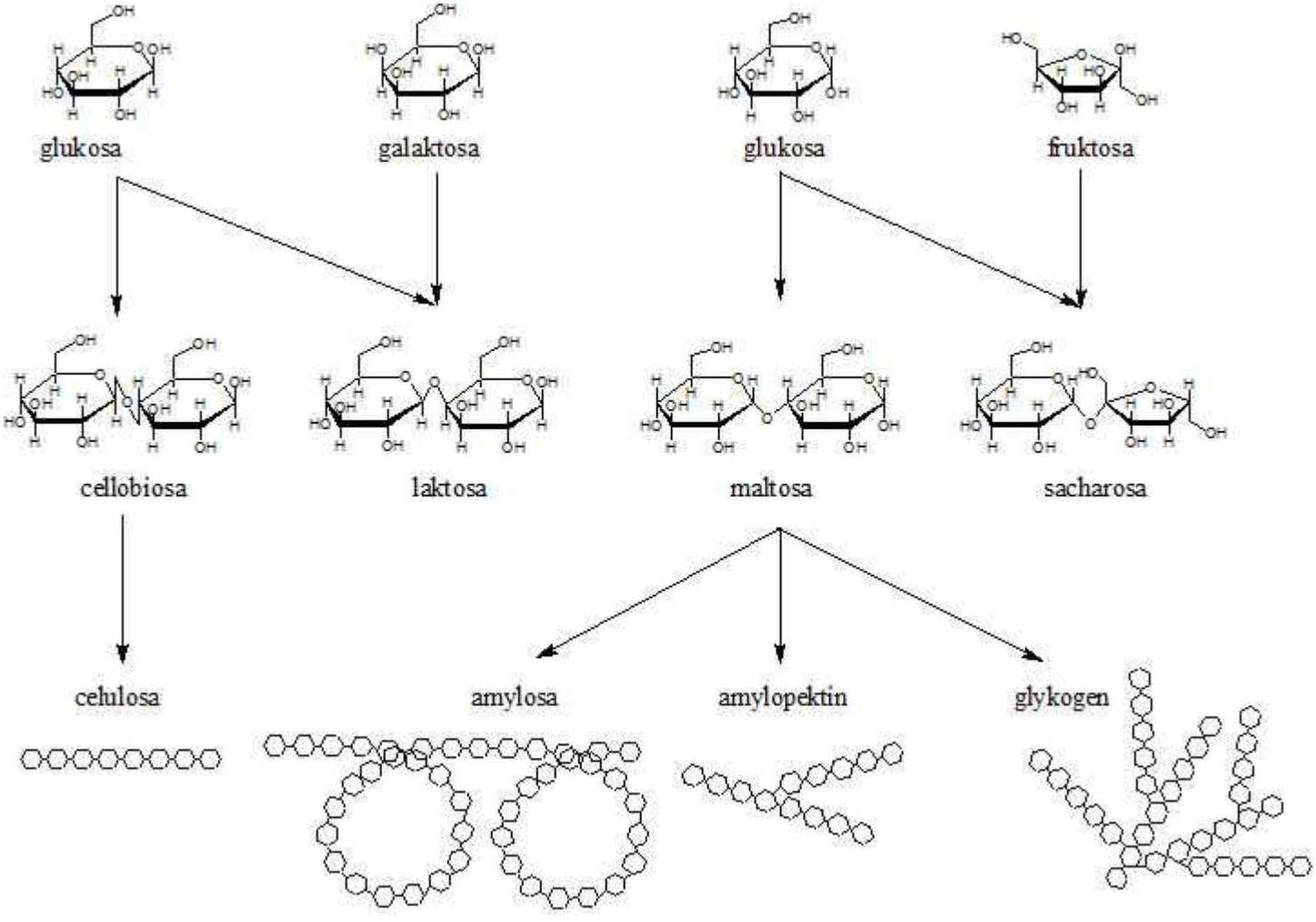
cukrová třtina	až 26 %
cukrová kukuřice	až 17 %
ovoce	až 8 %
řepa	až 20 %

průmyslový zdroj: cukrová **třtina**
u nás: cukrová **řepa** (*Beta vulgaris)*
lokálně: **datle** (Irák, Alžírsko), **palmový cukr** (Indie, Kambodža, Filipíny), **javor** (Kanada, USA, Jap)



α-D-glukopyranosyl-β-D-fruktofuranosid

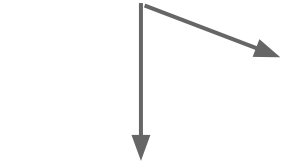
https://youtu.be/6NMQ9niBB2s


glukosa
galaktosa
glukosa
fruktosa
cellobiosa
laktosa
maltosa
sacharosa
celulosa
amylosa
amylopektin
glykogen

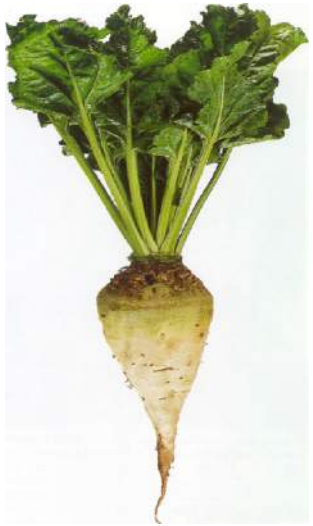
sacharóza

výroba cukru

1. řepa → řepné řízky, **extrakce**
2. epurace - **čiření**: $Ca(OH)_2$
3. odstranění hydroxidu- **saturace**: CO_2
4. **krystalizace** (těžká šťáva, lehká šťáva)



96 % sacharóza



cukrová řepa

https://youtu.be/6NMQ9niBB2s

sacharóza

melasa

zbytek po vycukernění řepy či třtiny
~ 50 % cukru
využití v likérnictví, výroba lihu

https://youtu.be/6NMQ9niBB2s

polysacharidy

klasifikace - struktura řetězců

10 až milion jednotek

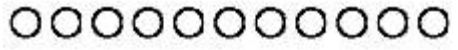
polydisperzní molekuly

podle složení

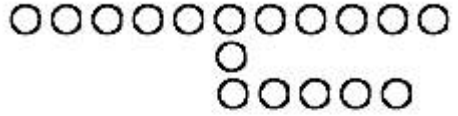
- homopolysacharidy
- heteropolysacharidy

podle struktury

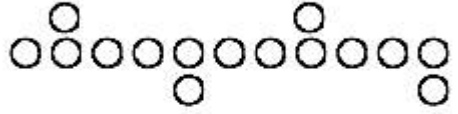
- lineární
  - větvené
  - nevětvené
- cyklické



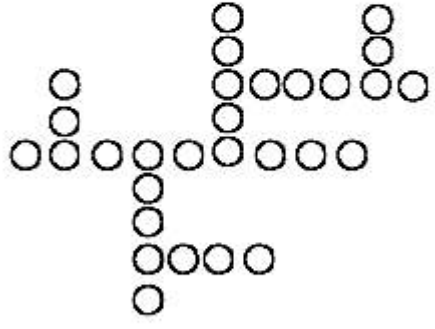
lineární polysacharid



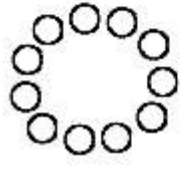
jednou větvený lineární



substituovaný lineární



několikrát větvený lineární

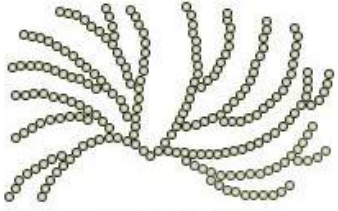


cyklický

polysacharidy

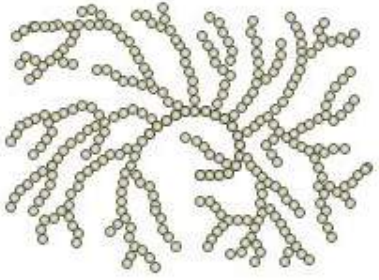
klasifikace - struktura řetězců

Amylose



Amylopectin

dextran



Glycogen

polysacharidy

klasifikace - funkce

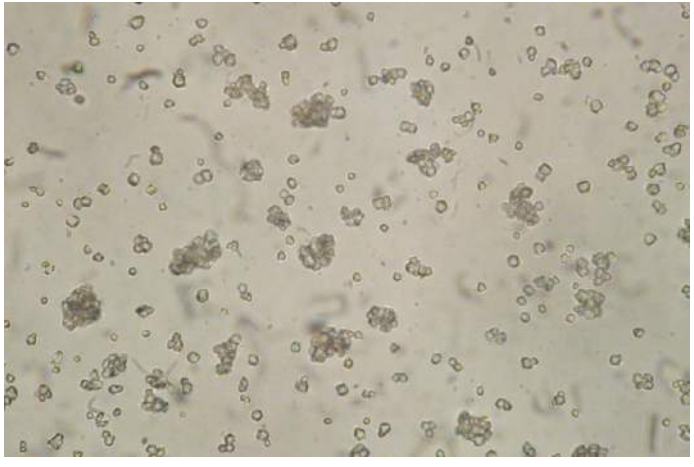
dle původu

polysacharidy rostlin

polysacharidy živočichů

podle funkce

zásobní (rezervní)	glykogen, škrob
stavební (strukturní)	chitin, celulosa
ostatní	arabská guma, okra, slizy



škrobová zrna rýže

polysacharidy

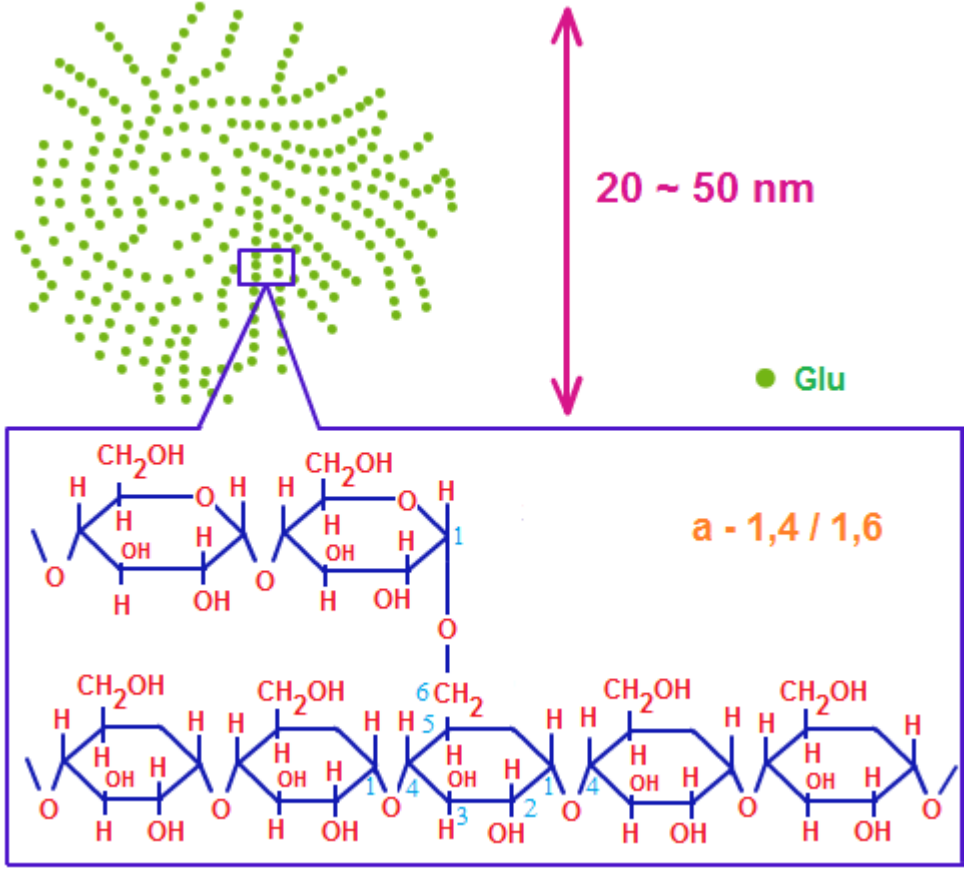
glykogen

granule v cytoplazmě

průměrně 250 - 800 g

jaterní: ⅓ , glykémie

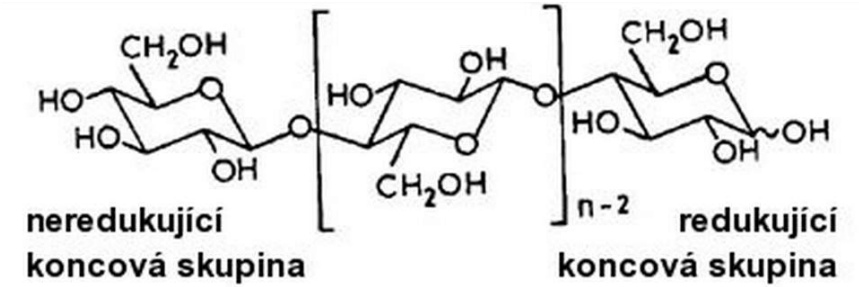
svalový: ⅔ , zdroj E



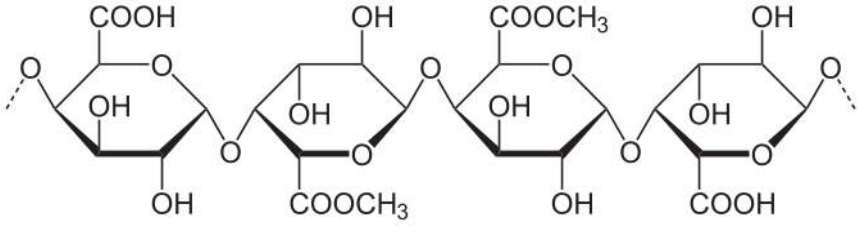
polysacharidy

stavební polysacharidy rostlin

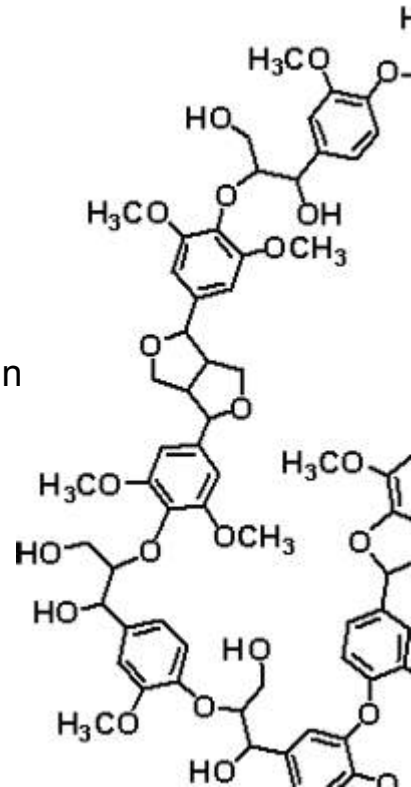
celulóza



pektin



lignin



polysacharidy

výskyt v potravinách

ovoce

pektin, celulosa, lignin

škrob ubývá během zrání

(jablka 3 % → 0 %)

zelenina

celulosa, pektin, lignin

škrob převládá, zráním přibývá

obiloviny

hlavně škrob, otruby: lignin

OBSAH POLYSACHARIDŮ V PŠENIČNÉ MOUCE

Polymer	Obsah v %
škrob	60-80
neškrobové polysacharidy	3-11
celulosa	0,2-3
hemicelulosy	2-7
arabinoxylany	1-3
β-glukany	0,5-2
xyloglukany	0,2-0,4
pektiny	0,3-0,5
glukofruktany (fruktany)	1-4

silně závisí na stupni vymletí (endosperm 83 % hmotnosti zrna, otruby 15 %, klíček 2 %)

polysacharidy

fyziologie a výživa

využitelné

(škroby, gylkogen)

částečně využitelné

nevyužitelné

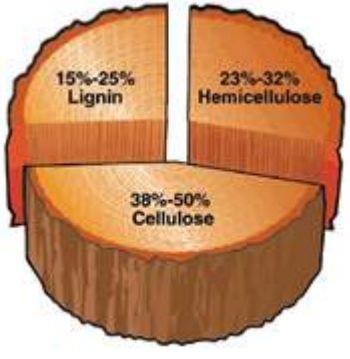
(celulosa, pektin, aditivní škroby)

1. Využitelné sacharidy	
Polysacharidy	■ škrob ■ dextriny (vzniklé hydrolýzou škrobu) ■ glykogen jaterní a svalový
Oligosacharidy (hlavně disacharidy)	■ sacharóza (řepný či třtinový cukr) ■ maltóza (sladový cukr) ■ laktóza (mléčný cukr)
Monosacharidy	■ glukóza (hroznový cukr) ■ fruktóza (ovocný cukr) ■ ribóza
Deriváty sacharidů	■ aminocukry (glukozamin) ■ alkoholické cukry (sorbitol)
2. Špatně využitelné sacharidy	
Monosacharidy	■ xylóza ■ arabinóza
Oligosacharidy	■ rafinóza, stachyóza, galaktoinozitol
Polysacharidy	■ inulin (polyfruktosan)
3. Sacharidy nevyužitelné (balastní)	
Monosacharidy	■ mannóza, sorbóza
Polysacharidy	■ celulóza, hemicelulózy, pentózany ■ rezistentní škrob ■ pektiny ■ chitin

polysacharidy

vláknina

- rostlinný původ
- neštěpitelná trávicím aparátem ⇒ nestravitelná
- nevyužitelná jako přímý zdroj E
- prebiotikum
- polysacharidy + nepolysacharidové polymery



dřevo je vláknina

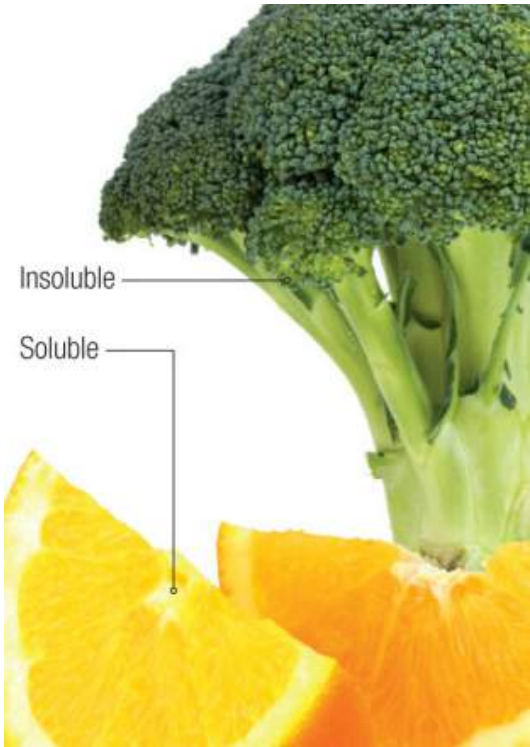
Neškrobové polysacharidy a rezistentní oligosacharidy	
Celulóza	
Hemicelulóza	■ Arabinoxylany ■ Arabinogalaktany
Polyfruktózy	■ Inulin ■ Fruktooligosacharidy
Galaktooligosacharidy	
Gumy	
Slizy	
Pektiny	
Analogní polysacharidy	
Nestravitelné dextriny (škroby)	■ Rezistentní maltodextriny ■ Rezistentní bramborový dextrin (škrob?)
Syntetické komponované polysacharidy	■ Polydextróza ■ Metylcelulóza ■ Hydroxypropylmetyl celulóza
Rezistentní škroby	■ Lignin

polysacharidy

vláknina

- **rozpustná vláknina**
  - *měkká*, bobtnavá
  - absorbuje vodu
  - substrát sacharolytických bakterií
  - pektiny, gumy, slizy, polysacharidy řas, část hemicelulos
  - zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev (ovlivňuje absorpci látek)

- **nerozpustná vláknina**
  - *hrubá*, plnidla
  - nerozpustná ve vodě
  - celulosa, lignin, část hemicelulos
  - zvětšuje objem potravy
  - zkracuje dobu průchodu, zlepšuje peristaltiku



polysacharidy

vláknina

Potravina	Vláknina (% sušiny)		
	rozpustná	nerozpustná	celkem
ovoce			
jablka	5,6-5,8	7,2-7,5	12,8-13,3
broskve	4,1-7,1	3,4-6,4	7,5-13,5
jahody	5,1-7,7	6,8-10,6	11,9-18,3
pomeranče	6,5-9,8	3,9-5,2	10,4-15,0
zelenina			
mrkev	4,4-14,9	10,4-11,1	14,8-26,0
zelí	13,5-16,6	4,2-20,8	27,6-37,4
rajčata	0,8-3,5	3,2-12,8	6,7-13,6
zelený hrášek	5,9	15,0	20,9
luštěniny			
fazole	7,2-12,4	9,1-9,6	16,8-21,5
brambory			
syrové	2,8-3,5	2,4-3,2	5,2-6,7
vařené	4,8	2,6	2,2
cereální výrobky			
mouka pšeničná bílá	2,0	1,2	3,2
mouka pšeničná celozrnná	2,6	7,7	10,3
chléb pšeničný	1,6-2,7	1,1-2,9	2,7-5,6
chléb žitný	6,7	6,6	13,3

polysacharidy

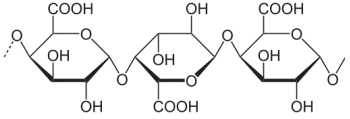
vláknina - energie vlákniny

- v potravinách jako “sacharidy”, avšak E nevyužitelná
- rozpustná: částečně štěpena
- nerozpustná: odolává
- obojí hlavně mikroorganismy (→ krátké mastné kyseliny)
- zisk cca 3 kJ/g (škrob 17)
- ovlivnění glykemického indexu

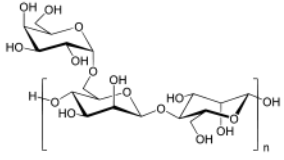
polysacharidy

zdroje a využití vlákniny

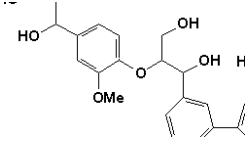
pektin
v ovoci, do marmelád, jogurtů



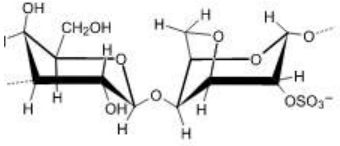
gumy (guarová, …)
v rostl. šťávách
zahušťování, mražené výr.



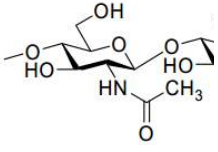
Lignin
dřevnatá vláknina, nepolys.
stvoly, semena, zrna
proti rakovině?



polysacharidy řas (carrageenan)
stabilizátory, zahušťovadla
pudinky, zmrzliny



chitin
exoskelety, houby, řasy
hypocholesterolemický efekt



funkce vlákniny	rozpustná	nerozpustná
regulace digesce a absorpce sacharidů v tenkém střevě	★	
regulace absorpce tuků a cholesterolu v tenkém střevě	★	
vazba žlučových kyselin na přechodu tenkého-tlustého střeva	★	★
vazba vody a zvětšení střevního obsahu	★	
substrát pro sacharolytické bakterie (které ji fermentují na krátké mastné kyseliny)	★	
naředění toxického obsahu střeva	★	★
úprava doby průchodu tráveniny	★	★

polysacharidy

příjem vlákniny

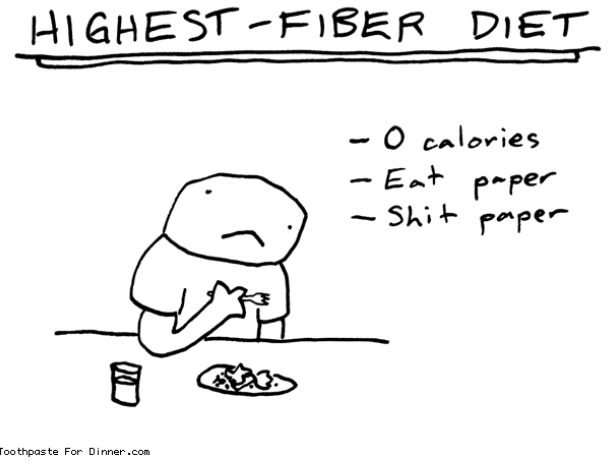
nízký příjem do jisté míry civilizační choroby

průměrný příjem v Česku 12 g/den
(98 % populace < 25 g)
v USA: 15 g

doporučený denní příjem: **30 g**
rozpustná:nerozpustná **1:3**

během 20. století velká proměna stravovacích návyků

Studie: vláknina je hlavním faktorem nižšího výskytu střevních chorob africké oproti evropské populaci



Doporučená	30 g/den
Aktuální příjem	do 20 g/den
Čínský venkovan	80 g/den
Paleolitický člověk	nad 100 g/den
Původní Američané (před 100 lety)	nad 100 g/den
Africký venkovan	120 g/den
Lovci/sběrači	127 g/den
Šimpanzi	nad 200 g/den

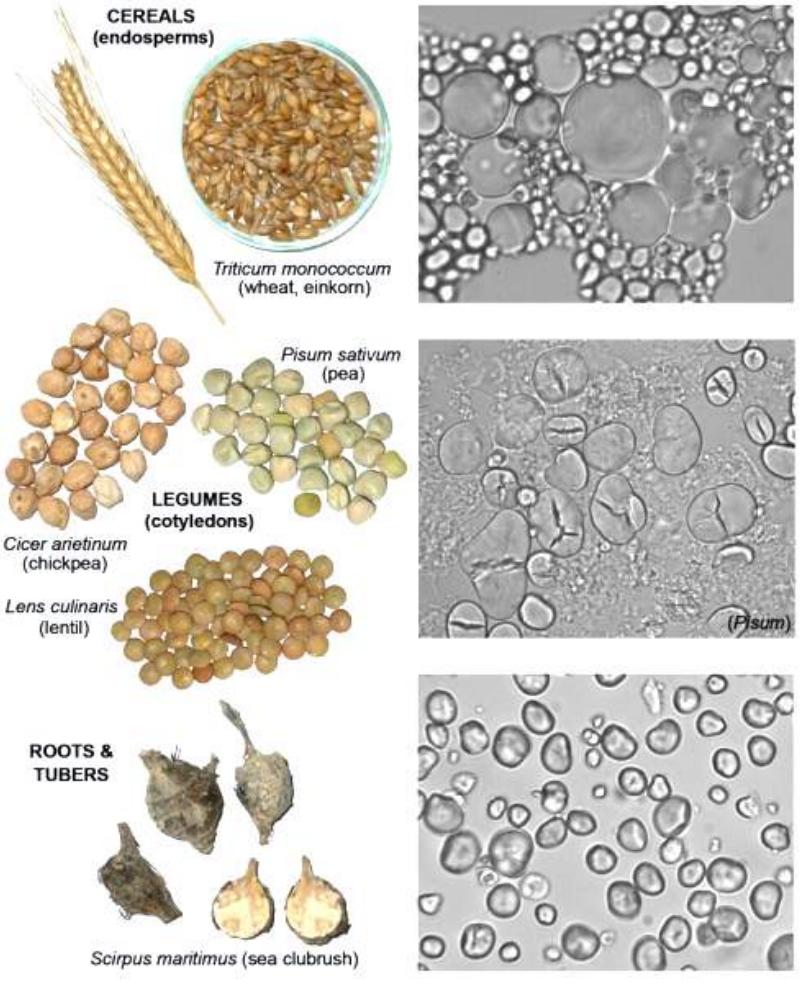
škrob

amylum, starch

- hlavní zásobní PS rostlin
- v plastidech
- pletiva: přechodný škrob, ukládání v amyloplastech
  → škrobová zrna

struktura škrobu

- amylosa
- amylopektin
- obvykle v poměru 1:3
- ale i speciální odrůdy



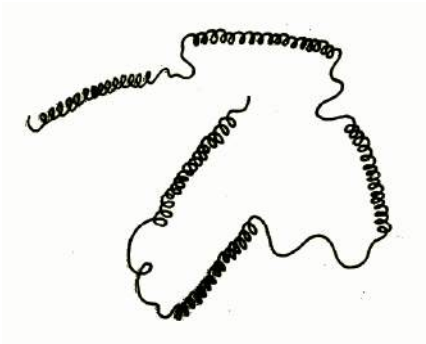
škrob

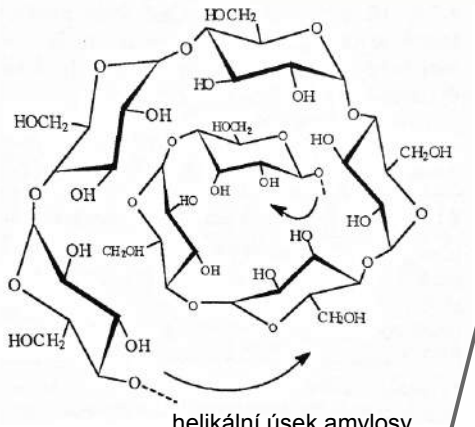
základní složky škrobu

Amylosa

α-D-(1→ 4)-glukan
lineární molekula

částečně esterifikována



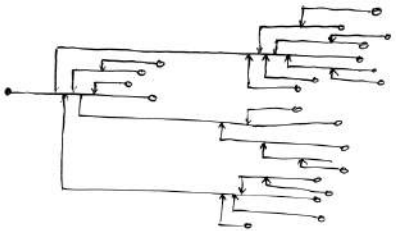


helikální úsek amylosy

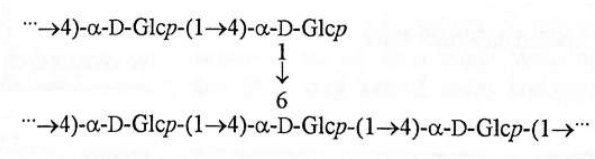
Amylopektin

D-glukosa (1,4) a (1,6)
větvení po 10-100 jedn.

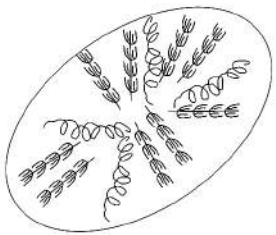
částečně esterifikován



stupeň polymerace 50k až 1M
větvená struktura A,B,C



větvení amylopektinu



ukládaná forma: [škrobová zrna]

škrob

zdroje a výroba škrobu

u nás:
brambory, obiloviny

jinde také:
sladké brambory, tapioka

ovoce, semena:
banány, kaštany, oříšky

Rostlina	obsah škrobu (%)
Rýže	89
Brambory	82
Maniok	77
Ječmen	75
Čirok	74
Pšenice	74
Batáty	72
Žito	72
Kukuřice	71
Hrách	40

maniok jedlý

škrob

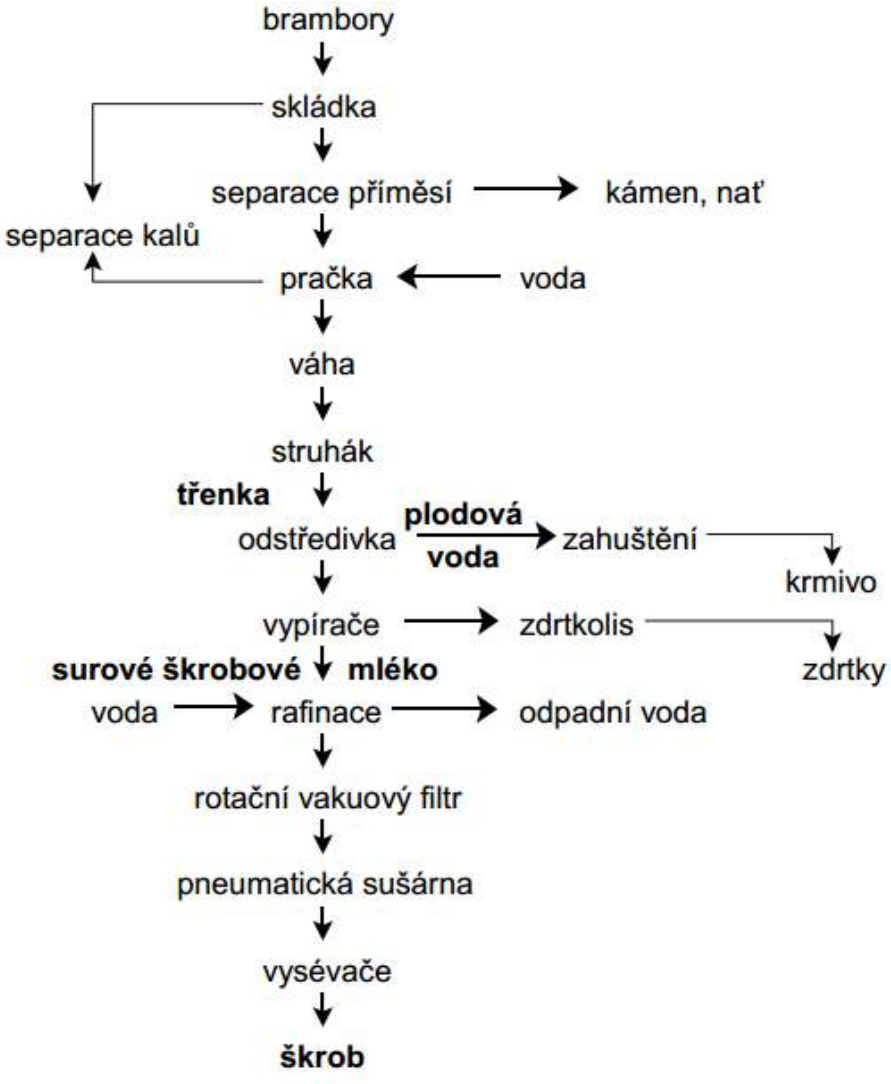
výroba z brambor

zrna nevázaná

hustota ~ 1,6 g/cm^3

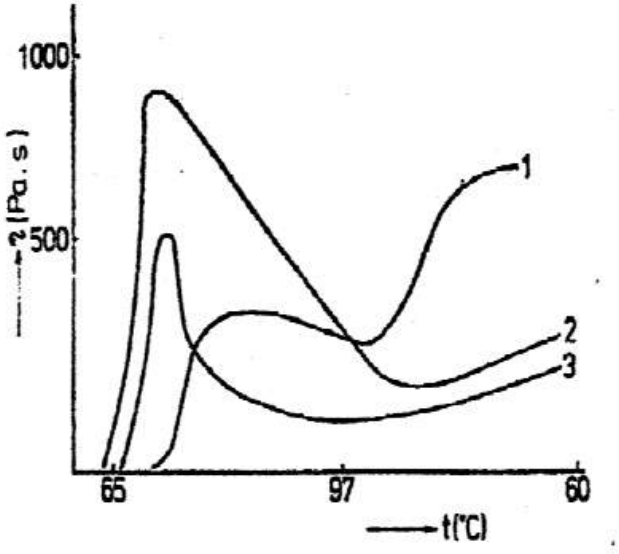
→ dekantace

→ čistý škrob



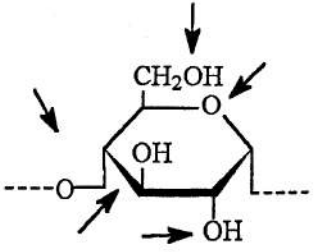
škrob

mazovatění, želatinace



viskogram:
pšeničný (1), bramborový (2), kukuřičný škrob (3)

imbibice: cca 0,2 g vody na 1 g škrobu beze změny objemu



místa interakce glukanů s vodou

záhřev: roste absorpce vody, než nastané botnání
po dosažení teploty cca 60 °C rozrušování mezimolekulárních vodíkových můstků
→ **želatinace**

prudké zvětšování objemu zrn, hydratace nových skupin, amylosa difunduje do roztoku → škrobový maz (=kolapsovaná zvětšená zrna obklopená amylosou)

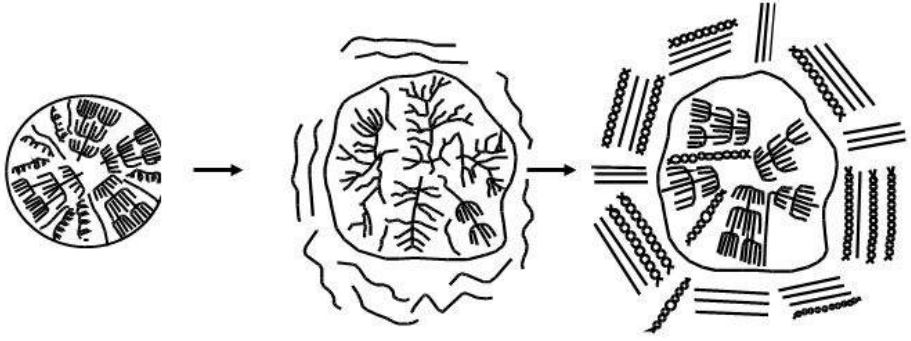
se zvyšující teplotou pokračuje hydratace, zrna ztrácejí integritu (rozmezí teplot 10–15 °C)

zchlazení: škrobový gel (podle stupně degradace, poměru PS, ..)

nad teplotou mazovatění hydratace pokračuje natolik, že vodíkové můstky jsou zpřetrhány a dochází k desintegraci zrna

škrob

*mazovatění, želatinace - **retrogradace***



nativní škrob želatinace retrogradace

Ochlazování

• vzniká škrobový gel: spojitá, pevná trojrozměrná síť, obsahující velké množství vody, viskozita roste (viskózní pasty)

Retrogradace

• škrobový gel po čase mění strukturu a reologické vlastnosti, vznik dvoufázového systému pevná látka-kapalina

• další tvorba intermolekulárních vodíkových vazeb (přednostně u amylopektinu)

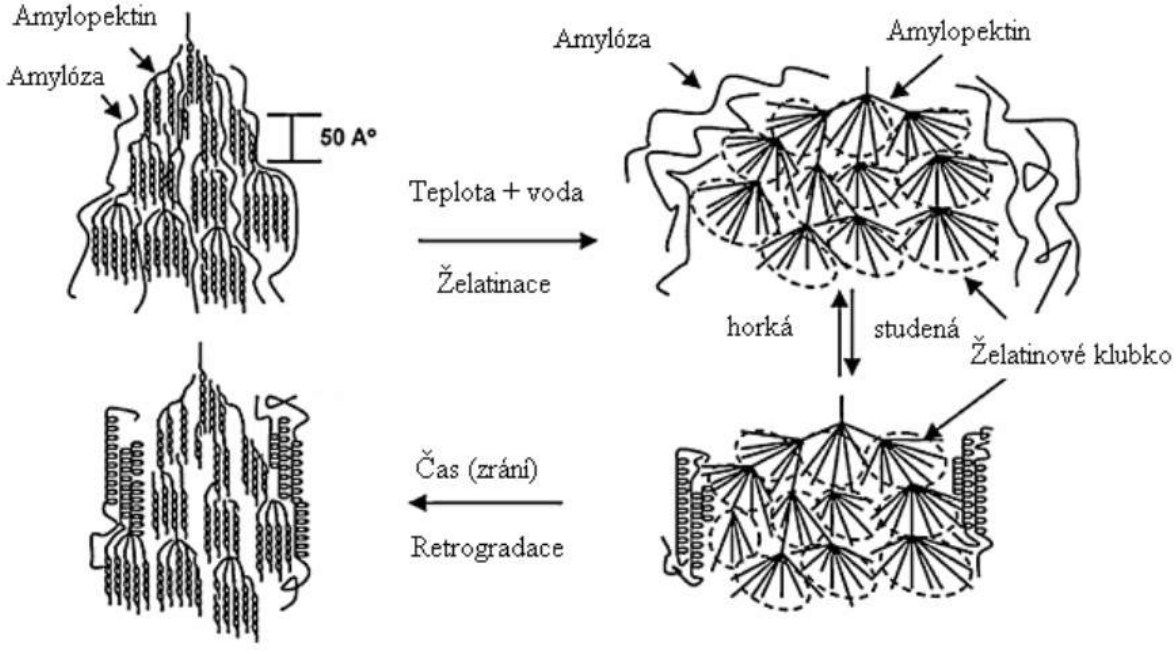
Podle teploty:

pod -5 °C	retrogradace inhibována
-5 až 25 °C	vysoká míra retrogradace
> 30 °C	potlačení retrogradace

mražené potraviny: vysoký poměr amylopektinu

škrob

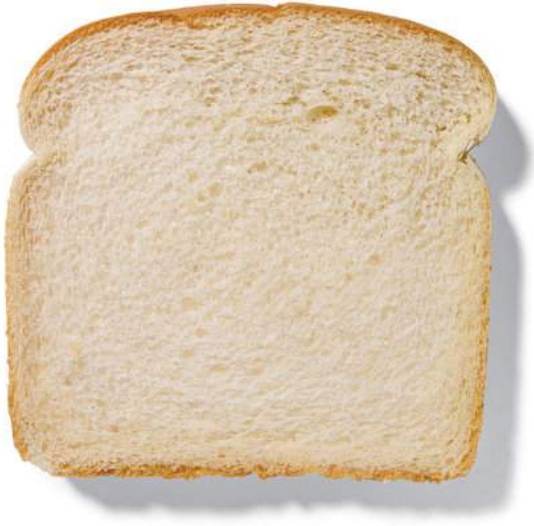
mazovatění



škrob

změny při pečení

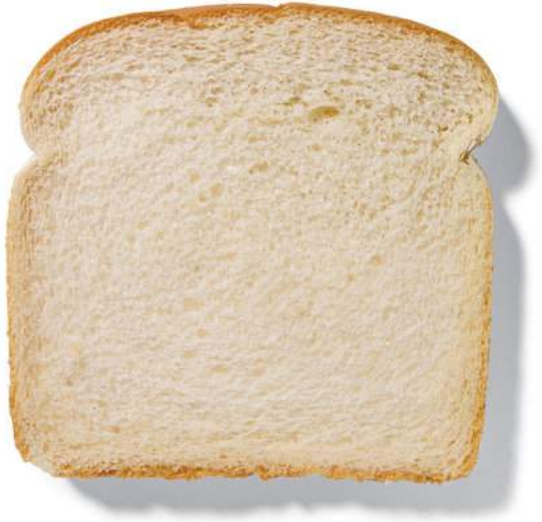
?



škrob

změny při pečení chleba

- část škrobových zrn poškozena mletím



- **enzymová hydrolýza** při kynutí: α a β amylasy
  - **amylosa**

    α-amylasa (dextrinogenní) štěpí 1→ 4 vazby

    → Glu, maltosa, limitní α-dextriny

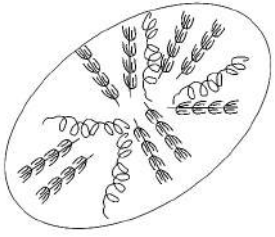
    β-amylasa (sacharogenní) odštěpuje maltosu
  - **amylopektin**

    α i β-amylasy: → limitní β-dextriny (dále pullulanasa, isoamylasa)

- **želatinace** (rozsah podle obsahu vody, lipidů, emulgátorů)
- vliv obsahu tuku a oleje: zpomaluje botnání a želatinaci (bílý chleba želatinuje víc)
- kůrka: **pražné dextriny**: α-(1→ 6) a etherové (6→ 6) vazby
- **retrogradace → tvrdnutí chleba** (krátkodobá reželatinace rozpečením)

škrob

vaření těstovin, rýže



vařením těstovin se amylosa uvolňuje do roztoku

→ slepování

prevence:

přídavek monoacylglycerolu či emulgátoru (emulgace amylosy)

proprání po uvaření (odstranění přebytečného škrobu)

malé množství soli (omezení želatinace)

škrob

další potraviny

konzervace nezralého ovoce a zeleniny

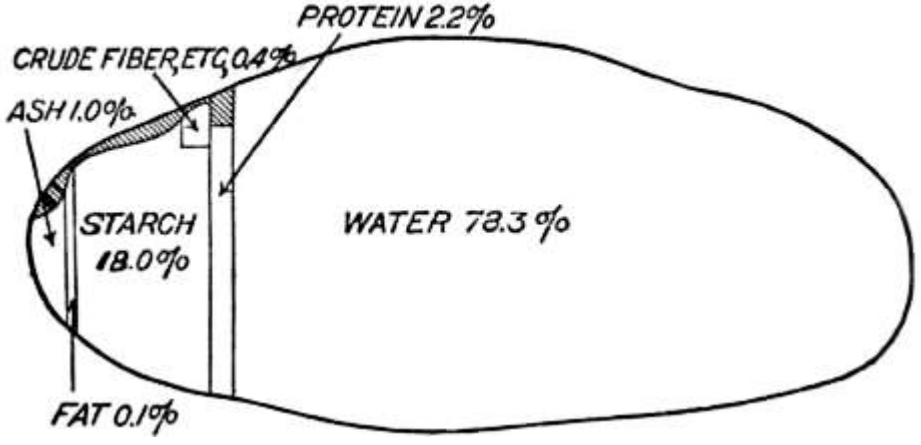
jablka, hrášek: často husté **kalné nálevy**

kyselé prostředí: hydrolýza škrobu → méně viskózní roztoky

delší ohřev okyselených pudinků s ovocem → **řídnutí pudinku**

ztekucování dresinků, majonéz: enzymy zeleniny

konzervace nezralého ovoce může způsbit zakalení kvůli obsahu škrobu

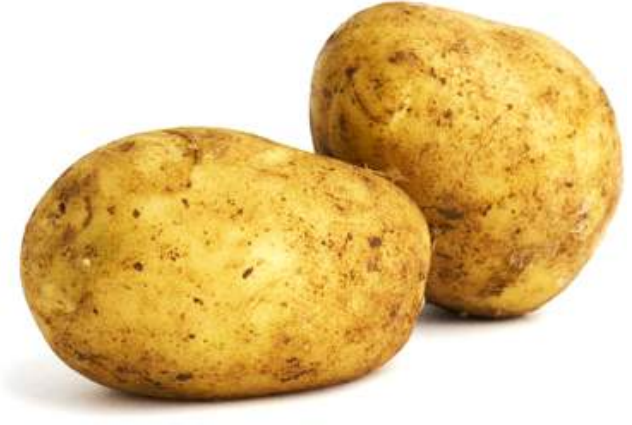

PROTEIN 2.2%
CRUDE FIBER, ETC. 0.4%
ASH 1.0%
STARCH
18.0%
WATER 78.3 %
FAT 0.1%

škrob

brambory

1 porce (170 g) ~ 6 % denní doporučené energie ze sacharidů

nativní b.škrob málo stravitelný



složení

hlavní polysacharid: **škrob**

vláknina (převážně ve šlupce)

bílkoviny cca 10 %, vhodné složení (83 % EAI)

vitaminy (**vit.C** ~ 50 % v jedné porci)

minerální látky (hlavně **K**)

škrob

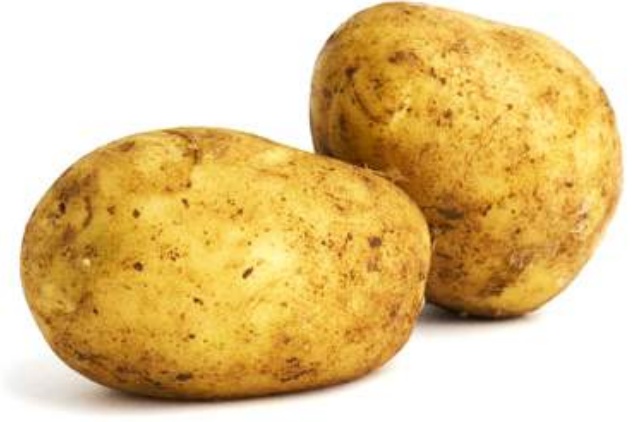
přemrzlé brambory

skladování kolem bodu mrazu ⇒ **enzymová hydrolýza**

škrob → oligo- a monosacharidy (až 7 %)

sladká chuť, hnědnutí při smažení

odstranění sladké chuti: skladování několik dní při **~ 20 °C**



škrob

výživové hledisko

škrob = využitelný sacharid

enzymy

α-amylasa: sliny, pankreatická

isoamylasa α-(1→ 6)

trávení v tenkém střevě

většina škrobů rychle nebo pomalu stravitelná

neakceptovatelné pro enzymy: nevyužitelné (vláknina)

retrogradací škrobu +1% rezistence (→ MO)

klasifikace a příklady stravitelných a rezistentních škrobů:

Typ škrobu	Trávení v tenkém střevě	Zdroj
rychle stravitelný	úplné	čerstvě vařené škrobnaté potraviny
pomalu stravitelný	pomalé, ale úplné	většina syrových cereálií
rezistentní		
fyzikálně nedostupný	pomalé, částečné	částečně rozemletá zrna a semena
rezistentní granule	pomalé, částečné	syrové brambory a banány
retrogradovaný	částečné nebo zcela rezistentní	tvrdý chléb, staré vařené brambory, kukuřičné lupínky

škrob

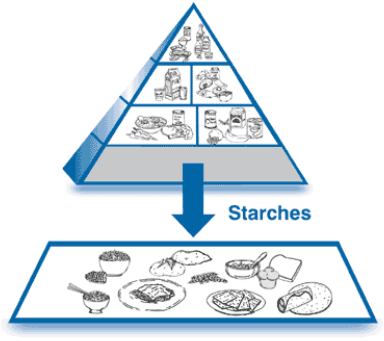
využití škrobu

v potravinách (textura, funkční vlastnosti)

- zahušťovadla a plnidla
- želírující látky
- poutače vody
- náhrada tuků
- nosič vonných látek
- stabilizátor emulzí a pěn

používané formy: nativní zrna, dispergované, sušené disperze

surovina pro výrobu **cukrů** a jejich derivátů, **modifikovaných škrobů**



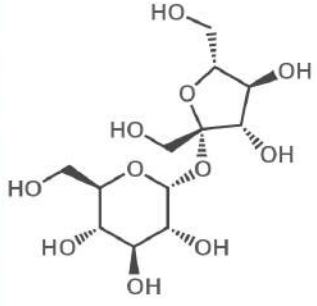
50:50 potravinářství : průmysl

průmyslové aplikace škrobů

- papírenství
- textilnictví
- farmaceutika
- stavebnictví
- kosmetika

THE CHEMISTRY OF JAM-MAKING

SUGAR

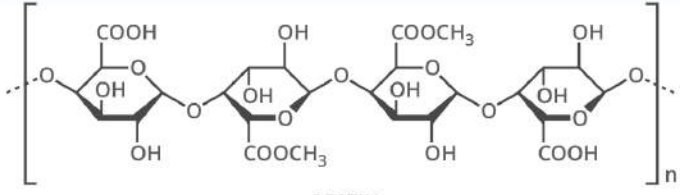


SUCROSE
(table sugar)

The majority of jam-making recipes call for an equal weight of fruit and sugar. Sugar boosts the gel-forming capability of the jam by drawing water away from pectins. It binds the water, meaning that with high levels of sugar, there is no longer enough water available in the jam to support microbial growth, therefore imparting a natural preservative effect.

65-69%
REQUIRED FINAL SUGAR CONTENT OF JAM

SETTING & PECTINS



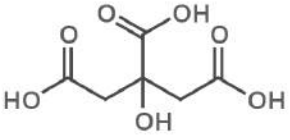
PECTIN
(typical chemical structure)

Pectin is made up of a large number of sugar molecules bonded together in a long chain. The pectin content varies from fruit to fruit; fruits lower in pectin require more pectin to be added, either in the form of commercial pectin or by addition of fruit whose pectin content is higher. The 'setting point' when boiling jam is ~104˚C; the pectin chain binds to itself, forming a gel network that traps liquid as the jam cools and helps it set.

LOW IN PECTIN
Pears, peaches, cherries, strawberries, raspberries, blackberries, sweet plums, blueberries, elderberries.

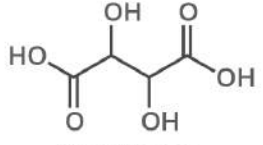
HIGH IN PECTIN
Apples, gooseberries, blackcurrants, sour plums, grapes, citrus rind.

FRUIT ACIDS



CITRIC ACID
(occurs naturally in citrus fruits)

A frequent cause of jam not setting is a lack of acidity. Fruits themselves provide some acids naturally, but often extra acid will need to be added - this is commonly in the form of citric acid, but tartaric acid can also be used. A pH of between 2.8-3.3 is needed to help the pectin form a gel and allow the jam to set properly.



TARTARIC ACID
(found in grapes)

2.8-3.3
OPTIMAL pH FOR SETTING

škrob
modifikované škroby

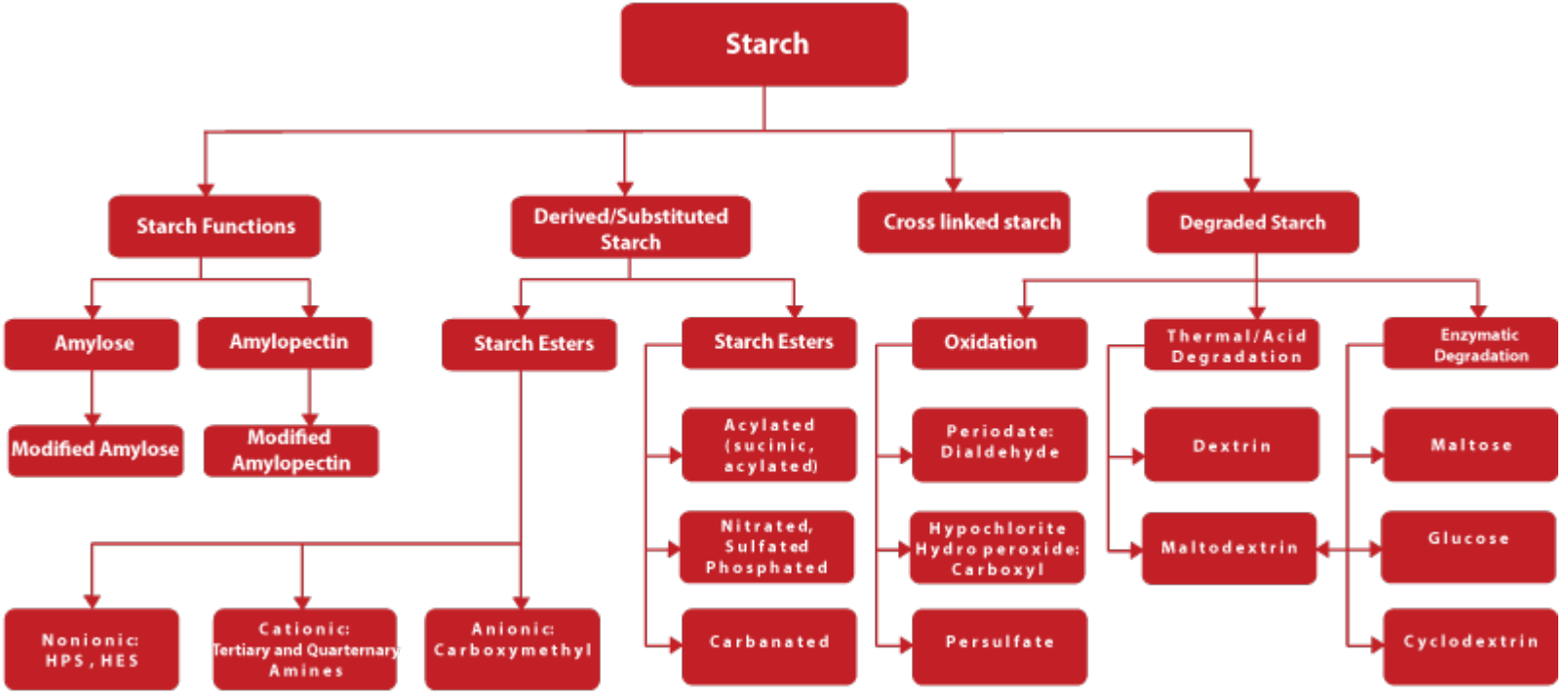
omezující vlastnosti nativních škrobů

- nerozpustné ve studené vodě
- v kyselém prostředí hydrolyzují
- viskozita mazů je vysoká
- amylosové gely rigidní, kalné, retrogradující
- voskové gely jsou zase měkké

modifikované škroby

- přeměněné
  hydrolyzované, oxidované
- zesítěné
- substituované
  estery, ethery

škrob
modifikované škroby



škrob

modifikované škroby - přeměněné

kyselá hydrolýza

zahřívání koncentrovaných disperzí se zředěnými kyselinami (HCl, sírová)

štěpení části amylosy i amylopektinu

→ **rozpustný škrob**,
granule botnají i ve studené vodě

hydrolyzované škroby:

- méně viskózní disperze (možno větší c)
- plnidla, náhrady tuků
- cukrovinky, pudinky

oxidace a bělení

malým množstvím peroctové / peroxidu / chlornanu sodného / manganistanu draselného

spíše **odstranění doprovodných barevných látek**
+ oxidace na C-6 → karbonyly až karboxyly
příp. oxidace C-2 a 3 → dikarboxylová kyselina

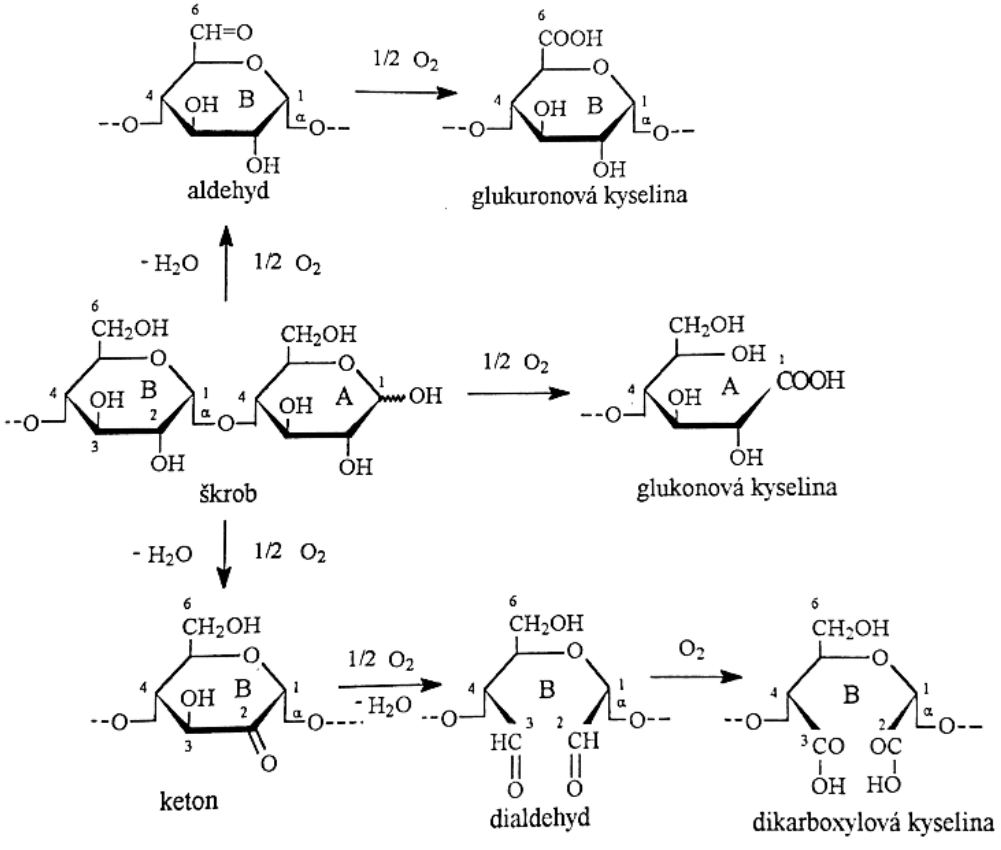
oxidované škroby:

- čiré tekuté soly
- nižší viskozita
- snížená tendence retrogradovat

použití jako hydrolyzované, + lepší adheze

škrob

modifikované škroby - přeměněné - oxidace



E 1404
oxidovaný škrob

Moramyl OXB (=bramborový)
papírenství: klížení, vytvrzování, úprava povrchů

Moramyl OXP (=pšeničný)
sádrokartonové desky, zahušťovadlo, stabilizátor, želé cukrovinek, obalování masa a ryb, textilní průmysl (šlichtování)


Sojanéza Kalma


Linecké rohlíčky polomáčené s ovocnou náplní


Veganline rostlinný sýr uzený

škrob
modifikované škroby - přeměněné

dextrinované škroby

zahříváním nativních a mírně okyselených škrobů (HCl, fosforečná, sírová) na 100-200 °C

reakce: hydrolýza, transglukosidace, desintegrace

→ bílé dextriny
- nejkyselejší prostředí, krátký ohřev
- viskózní, tendence retrogradovat

→ žluté dextriny
- rozpustné ve studené vodě
- transglukosylace, hydrolýza, polymerace

→ britské gumy (nejméně kyselé prostředí)
- nejméně kyselé prostředí, transglukosidace
- rozpustné ve studené vodě, adhezivní látky, povrchy
- cukroví, enkapsulace

škrob

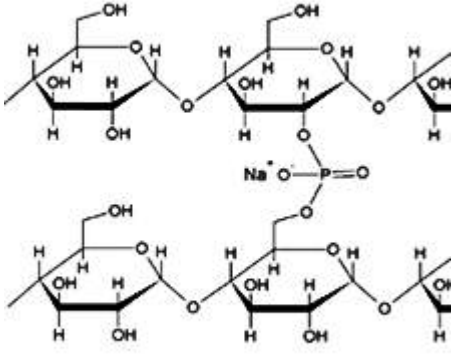
modifikované škroby - zesíťované

zesíťované škroby

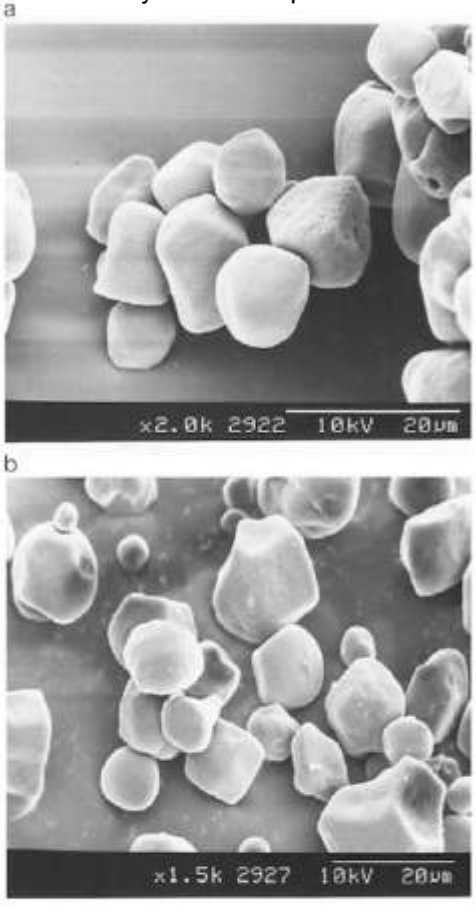
dva hlavní typy:
-adipáty (od kys. adipové)
-fosfáty

reakce → **příčné vazby**
příčná vazba za 1-2k glu jednotek
přesto **rheologické změny**
integrita zbotnalých granulí

tvoří **nekohezní** pasty
→ zahušťování omáček, polévek
→ náplně pečiva
+ textilní průmysl



a) nativní, b) zesíťovaný škrob pod elektronovým mikroskopem



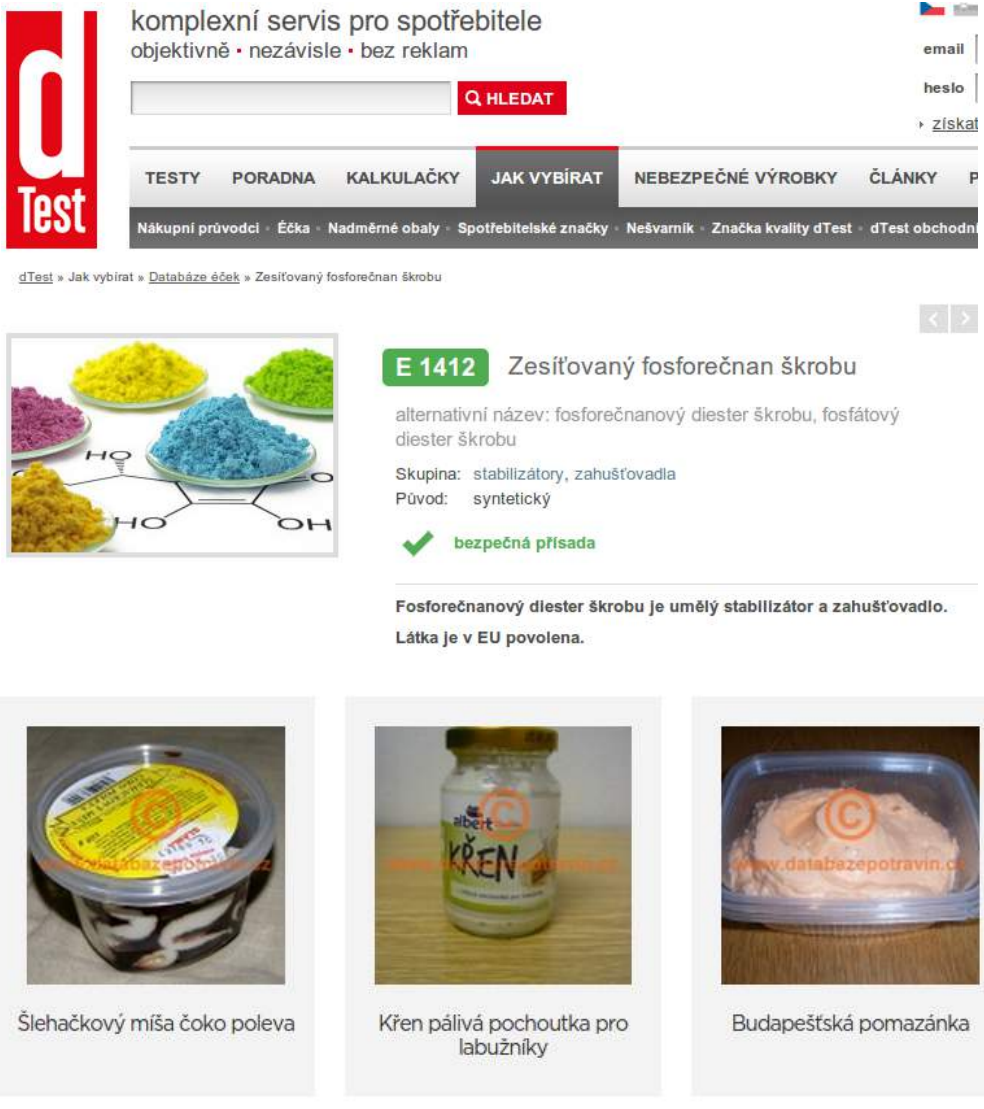
škrob

modifikované škroby - zesíťované

E 1412
fosforečnanový diester škrobu
diškrobfosfát

Moramyl ZB (=bramborový)
mod. škrob rozpustný za studena, masové konzervy, paštiky, majonézy, náplně

Moramyl ZBH (=bramborový)
mod. škrob rozpustný za tepla, marmelády, dresingy, masná výroba



škrob
modifikované škroby - stabilizované

stabilizované škroby

substituce -OH skupin:
estery (acetáty, fosfáty, estery vyšších MK)
ethery (hydroxyalkylethery)

z nativních nebo modifikovaných škrobů

~ 2.5 % acetylových skupin
snížení želatinační teploty, stabilita vůči retrogradaci, stabilita v kyselém prostředí

ethery

stabilizace emulzí o/v - majonézy
ethery s vyššími MK

oblíbená modifikace:
hydroxypropylované škrobové fosfáty

škrob
modifikované škroby - stabilizované

E 1442
hydroxypropyl - škrobový difosforečnan

TRECOMEX AET4

paštiky, masové konzervy
(zabraňuje uvolňování masové šťávy)

palačinky, těstoviny
(hladká textura, vodoodpudivý povrch)

Holešovská výzva

Navigace: Holešovská výzva > Čtení pro zdraví > Actimel obsahuje E1442 !!

Actimel obsahuje E1442 !!

Actimel, jako mnoho dalších produktů Danone, obsahuje E1442 - geneticky modifikovaný kukuřičný škrob, zahušťovadlo.... ničí slinivku... Nebezpečné

E 1442 Hydroxypropylester zesíťovaného fosforečnanu škrobu

alternativní název: hydroxypropylškrobový fosforečnan

Skupina: stabilizátory, zahušťovadla
Původ: syntetický

bezpečná přísada

Hydroxypropylester zesíťovaného fosforečnanu škrobu je umělý stabilizátor a zahušťovadlo.

Látka je v EU povolena.


Šáteček s náplní povidlovou

Zárubova tatarka


Čokoládový dort

Sýrová omáčka

Toping s příchutí karamel

Lahůdka medovník

Prima Jogurt Lesní směs


Hermelínová pomazánka

značení modifikovaných škrobů

Kód	Látka
E 1404	Oxidované škroby
E 1410	Fosforečnan škrobu (Fosforečnanový monoester škrobu, Fosfát škrobu)
E 1413	Fosforečnan zesíťovaného fosforečnanu škrobu (Monofosforečnan škrobového difosforečnanu)
E 1414	Acetylovaný zesíťovaný fosforečnan škrobu (Acetát zesíťovaného fosfátu škrobu)
E 1420	Acetylovaný škrob (Acetát škrobu)
E 1422	Acetylovaný zesíťovaný adipan škrobu (Acetát zesíťovaného adipátu škrobu)
E 1440	Hydroxypropylester škrobu (Hydroxypropylškrob)
E 1442	Hydroxypropylester zesíťovaného fosforečnanu škrobu (Hydroxypropylether zesíťovaného fosfátu škrobu)
E 1450	Sodná sůl oktenyljantaranu škrobu (Sodná sůl oktenylsukcinátu škrobu, SSOS)
E 1451	Acetylovaný oxidovaný škrob

škrob
modifikované škroby

výživové hledisko

přeměněné škroby:
normální složky potravy
(analogické produkty *in vivo*)

stabilizované škroby:
estery - stravitelnost srovnatelná s nativními
ethery - nižší stravitelnost

zesítěné škroby:
nižší stravitelnost oproti nativním

škrob
hydrolyzáty škrobu

dříve hydrolýza kyselinami, dnes také enzymově

řada produktů (dlouhé řetězce, jednoduché cukry, větvení)

řada využití (sladidla, náhražky tuků a cukru)

kyselá hydrolýza škrobu
HCl v suspenzi škrobu
150 °C, několik minut

enzymová hydrolýza škrobu
α-(1→ 4): amylasy (exo-, endo-)
α-(1→ 6): pullulanasy

obdobné produkty jako kyselá hydrolýza,
avšak lépe definované a regulovatelné.
Možno vytvářet speciální produkty (Fru, cyklo).

produkty
směs sacharidů charakterizuje:
glukosový ekvivalent (dextrosový ekvivalent, DE)

DE 0	nativní škrob
DE 100	glukosa

DE <20 **maltodextriny**
nesladké viskózní roztoky
viskozita, hladkost, lest → cukrovinky
brání krystalkům → zmrzliny

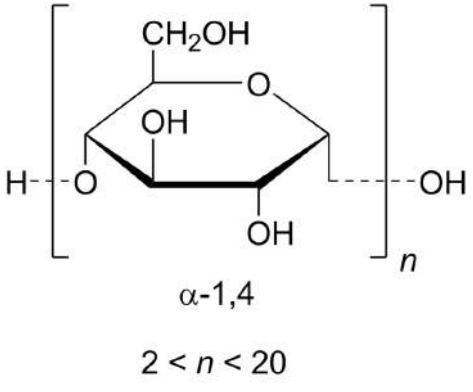
škrobové sirupy

DE 20-38	typ I	
DE 38-58	typ II	maltosový sirup
DE 58-73	typ III	maltosový sirup
DE 73+	typ IV	glukosový sirup

výroba cukrovinek, nealko, sirupy, zkvasitelné

škrob
hydrolyzáty škrobu

maltodextriny



$2 < n < 20$

Maltodextrin 1,5 Kg

popis produktu

Cena: 56 Kč/kg

Počet dávek: 35

Profil sacharidů Maltodextrinu:

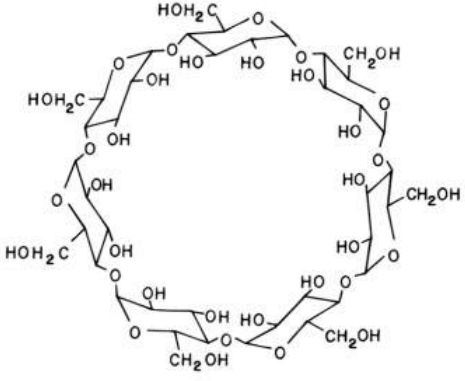
Glukóza 1% z obsahu
Maltóza 4% z obsahu
Trisacharidy 7% z obsahu
Polysacharidy 88% z obsahu

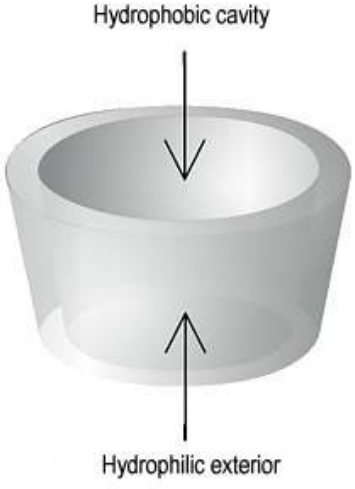
DE (dextrose equivalent Maltodextrinu) 15 g/100g

Složení: kukuřičný maltodextrin DE 15

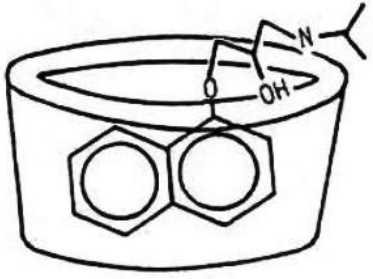
Hmotnost výrobku : 1500g

škrob
hydrolyzáty škrobu: cyklodextriny





vzorec a kuželovitá struktura β-cyklodextrinu (7 jednotek glukosy)

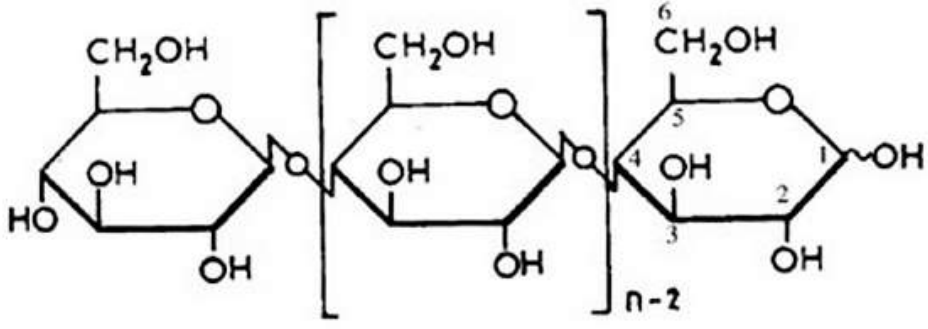


enkapsulace

tvorba inkluzních komplexů
omezení těkavosti, zvýšení stability.
→ nosiče vonných látek

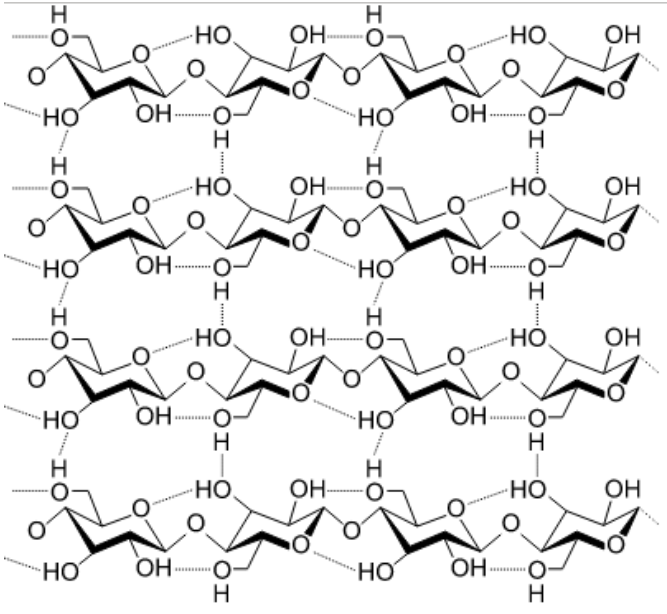
celulosa

D-Glukosa β(1 → 4)

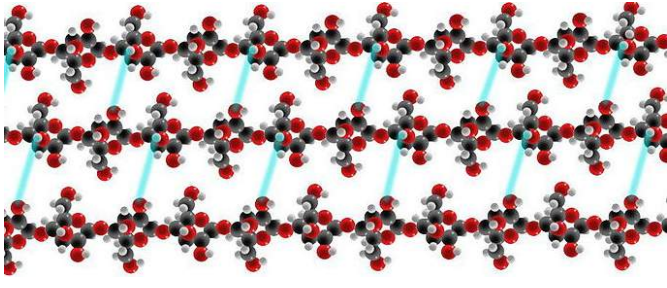


neredukující konec

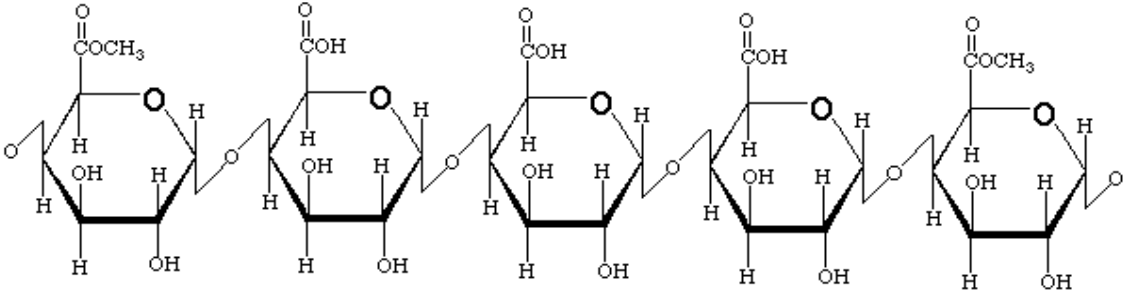
redukující konec



celulosové mikrofibrily



Pektiny poly**galakturonová** kyselina
(částečně esterifikovaná methanolem)



Pektiny (**E440**) například v:


Aprikot Džem extra

Arabesky želé polomáčené

AVE Perník - jahodový


Azzuro Jahoda

Babiččin jogurt meruňkový

Babiččin jogurt višňový


Babydrink ovocný

Ballerina jogurt třešeň

Banán v čokoládě


Banány v čokoládě

Banány v čokoládě

Banány v čokoládě XXL

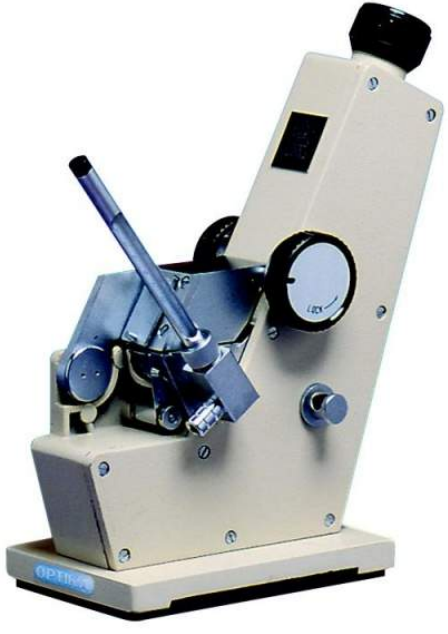

Bären - Family

BeBe Brumík jahodová náplň

Bebe Dobré ráno - s jogurtem

Refraktometrie

Abbeho refraktometr



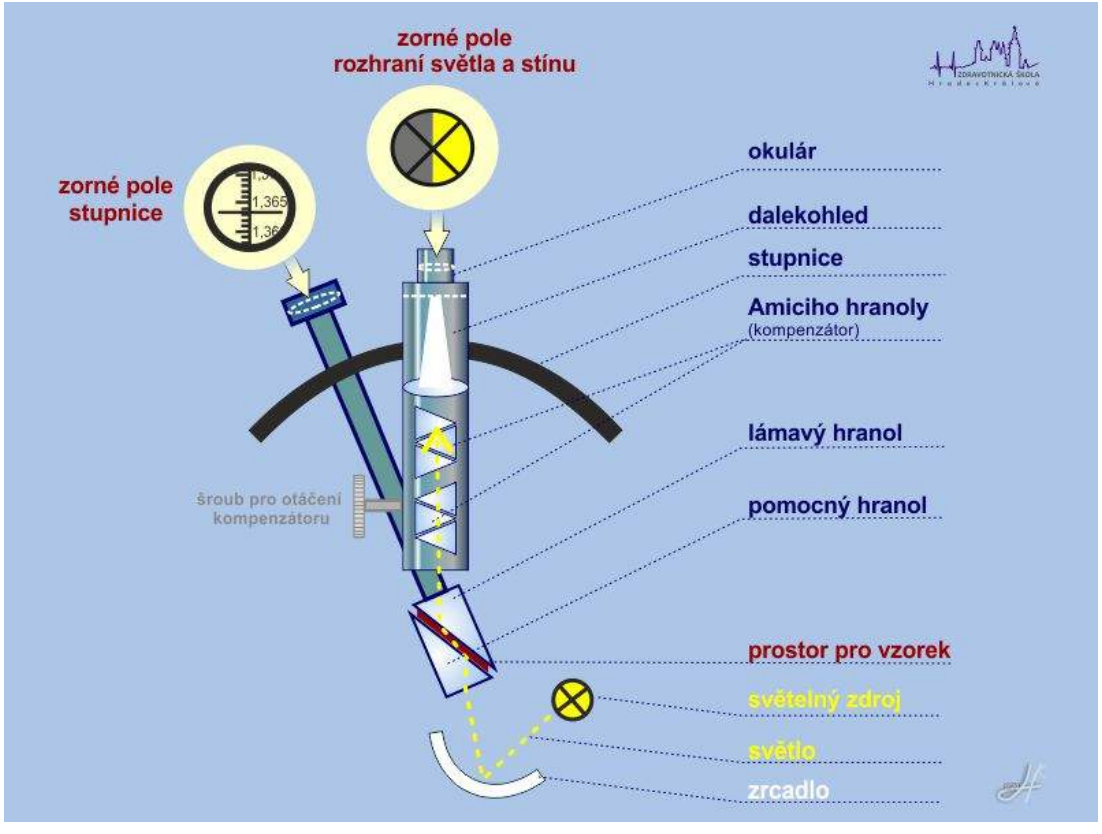


schéma Abbeho refraktometru
(z http://anl.zshk.cz/vyuka/refraktometrie.aspx)


°C
1.40
1.35
1.30
1.25
1.20
1.15
1.10
GOOD
EAIR
REPLACE
Kg/L
-50
-40
-30
-20
-10
G13
PROPYLENE
G12/11
ETHYLENE
SRF1
WATERLINE

Stanovení volných sacharidů

- chemické metody: reakce funkčních skupin: -OH, -CHO, CO
- fyzikálně-chemické a fyzikální metody

Izolace cukrů z matrice

1. **homogenizace** vzorku
2. **extrakce** vodou nebo 80% ethanolem, 80 °C, 30 min
3. přečištění: **čiření** extraktů, neutralizace kyselin, …

čiřidla:
musí: odstranit opticky aktivní látky (AMK), odstranit koloidní látky (proteiny), nesmí adsorbovat cukry,
nejčastější: - PbO v CH_3COOH
- Carrezovo činidlo $Zn_2[Fe(CN)_6]$

Důkazy cukrů

kyselina jodistá + **Schiffovo činidlo** (fuchsin)

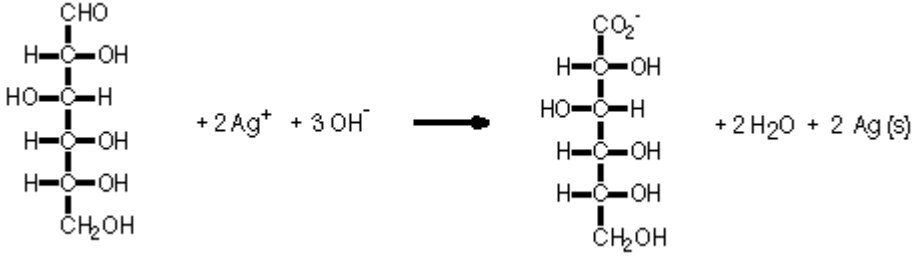
→ purpurové zbarvení

Tollensovo činidlo

redukce stříbrných iontů v amoniakálním prostředí

$NH_4OH + 2\ AgNO_3 \rightarrow Ag^+[NH_3]_2{}^0OH^-$

$2\ \mathbf{Ag^+}[NH_3]^0 + R\text{-}H\mathbf{CO} \rightarrow 2\ \mathbf{Ag^0} + R\text{-}\mathbf{COO^-}NH_4{}^+ + 2\ NH_3 + H_2O$

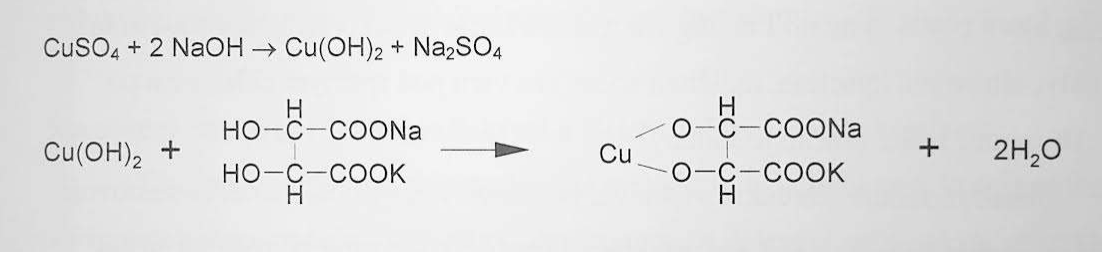


(*video*)

Stanovení cukrů - Titrační metoda

Manganometrické stanovení dle Bertranda

princip:
- pomocí Fehlingova činidla ($CuSO_4$ a další) tvorba **Fehlingova komplexu:**



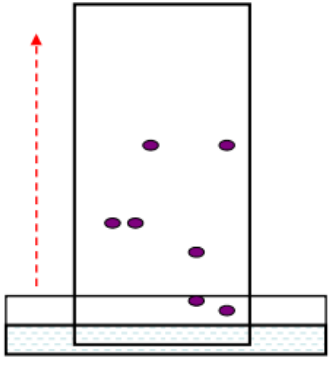
- přidání vzorku → vysrážení červeného **Cu_2O** *(video)*
- přídavek $Fe_2(SO_4)_3$ → vyloučení ekvivalentní množství **Fe^{2+}**

stanovení **ekvivalentního** Fe^{2+} manganometricky:

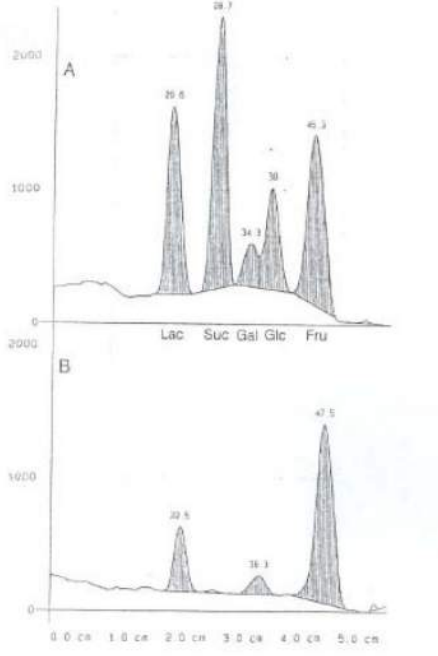
$$5\ Fe^{2+} + MnO_4^- + 8\ H^+ \rightarrow 5\ Fe^{2+} + Mn^{2+} + 4\ H_2O$$

***gravimetrická metoda**:*
vyloučená sraženina se vysuší (105 °C, 45 min) a váží

TLC - tenkovrstvá chromatografie



vyvíjecí směs:
butanol : kys. octová : voda
4 : 1 : 5

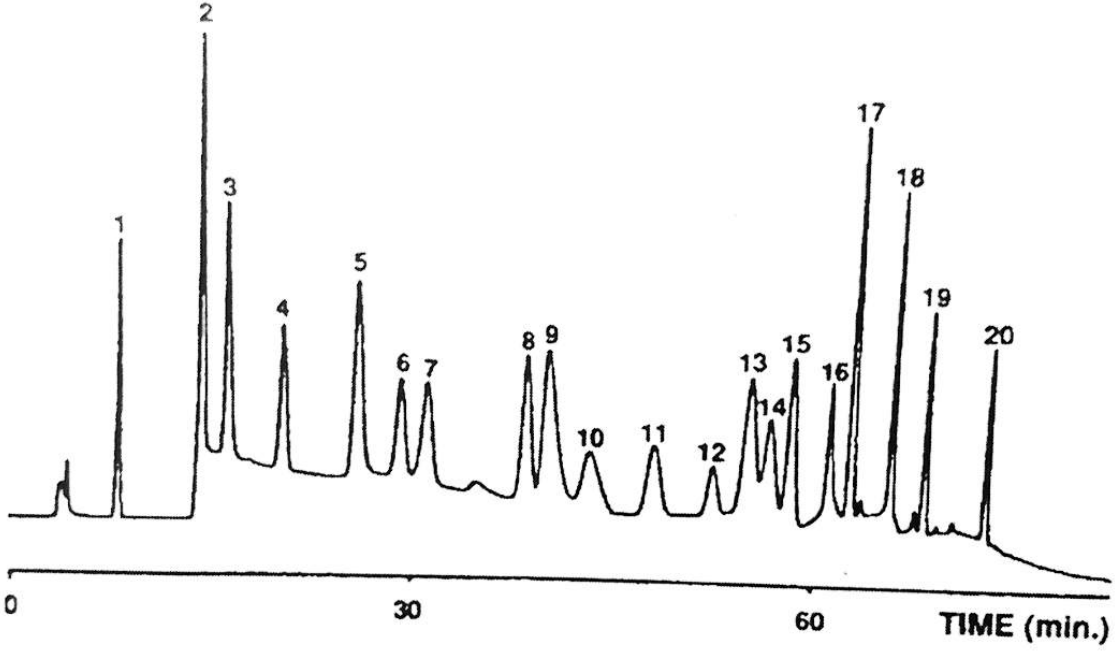


Denzitometrický záznam HPTLC dělení cukrů
(A roztoky standardů,
B extrakt z jogurtu)

Podmínky: silikagel / acetonitril-fosfátový pufr pH 5,9 (85:15) + 0,05% 2-aminoethyl-difenylborinát,

dvojí vyvíjení, detekce: anilin-difenylamin-H_3PO_4, aktivace 5 min 120°C, měření log 1/R , $\lambda = 560$ nm

HPLC - kapalinová chromatografie

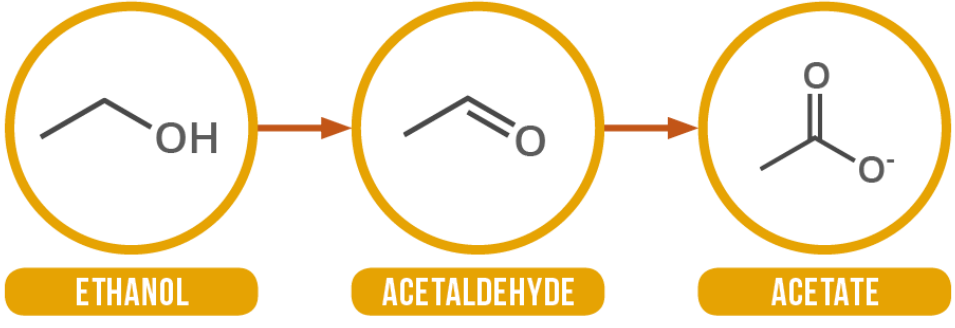


Obrázek 24. Stanovení cukrů HPLC s amperometrickou detekcí. 1-neotrehalosa, 2-glukosa, 3-fruktosa, 4-melibiosa, 5-isomaltosa/maltulosa, 6-sacharosa, 7-kojibiosa, 8-turanosa/gentiobiosa, 9-platinosa, 10-meleyitosa, 11-isomaltotriosa, 12-nigerosa, 13-maltosa/1-kestosa, 14-theamderosa, 15-laminaribiosa, 16-isopanosa, 17-erlosa, 18-panosa, 19-maltotriosa, 20-laminaritriosa. (Zdroj: S. S. Nielsen: Food Analysis, 2nd Ed. 1998).

ALCOHOL METABOLISM

IN THE BODY, ETHANOL IS CONVERTED INTO ACETALDEHYDE BY THE ALCOHOL DEHYDROGENASE ENZYME, WHICH IS SUBSEQUENTLY CONVERTED INTO ACETATE BY THE ALDEHYDE DEHYDROGENASE ENZYME. ACETATE CAN BE BROKEN DOWN INTO CARBON DIOXIDE AND WATER, THEN ELIMINATED FROM THE BODY.

ACETALDEHYDE HAS BEEN LINKED AS A POSSIBLE CONTRIBUTOR TO THE SYMPTOMS OF A HANGOVER, ALONG WITH DEHYDRATION AND THE METABOLISM OF OTHER MOLECULES IN ALCOHOLIC DRINKS.



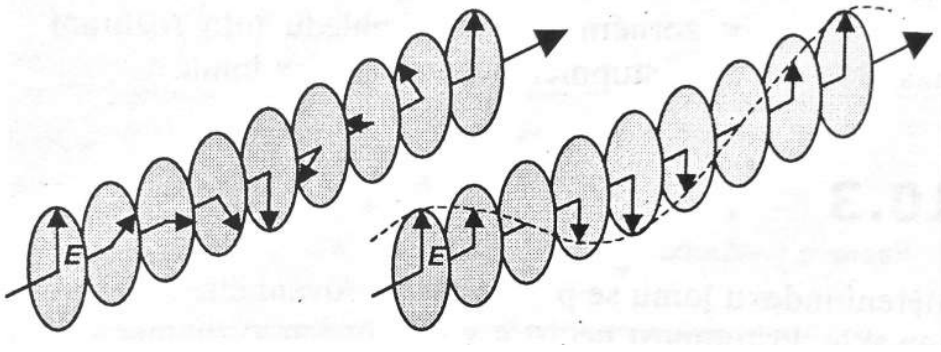
stanovení polysacharidů (gravimetricky)

Glykogen
izolace, vysrážení, gravimetrie

Vláknina
Henneberger-Stohmannova metoda

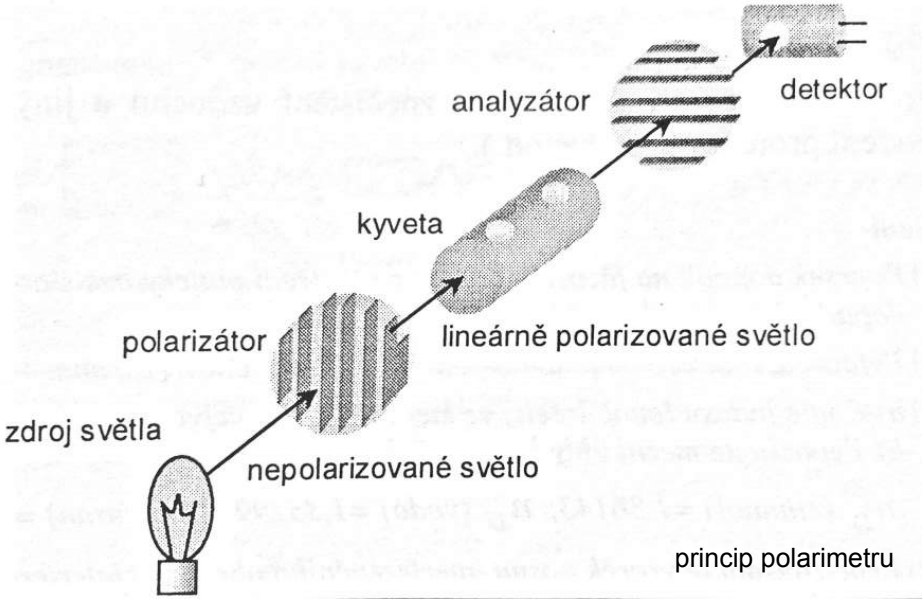
1.25 % H_2SO_4
1.28 % KOH

Polarimetrie



Paprsek kruhově polarizovaný a lineárně polarizovaný

Polarimetrie



princip polarimetru

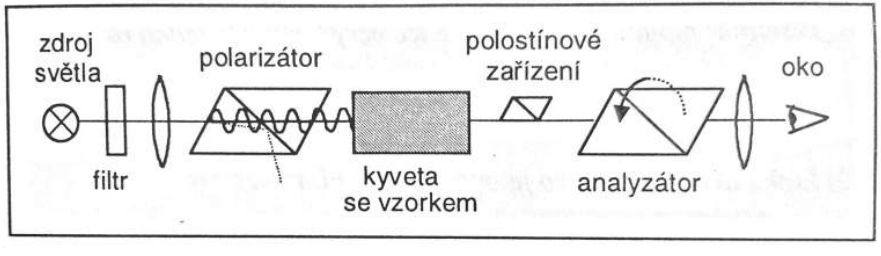
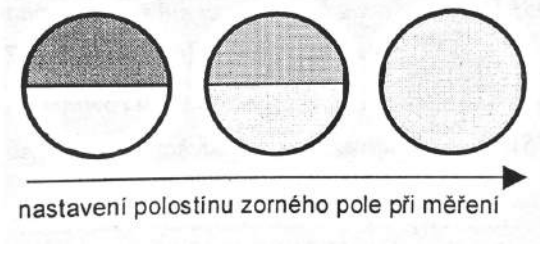


schéma subjektivního polarimetru



Polarimetrie

$$\alpha = [\alpha]_{\lambda}^{t} \cdot l \cdot \rho$$

$[\alpha]_{\lambda}^{t}$ ....měrná otáčivost látky při dané teplotě a vlnové délce,

α.....optická otáčivost nebo úhel otočení,

l.....tloušťka roztoku (dm),

ρ .....koncentrace ($g.cm^{-3}$).