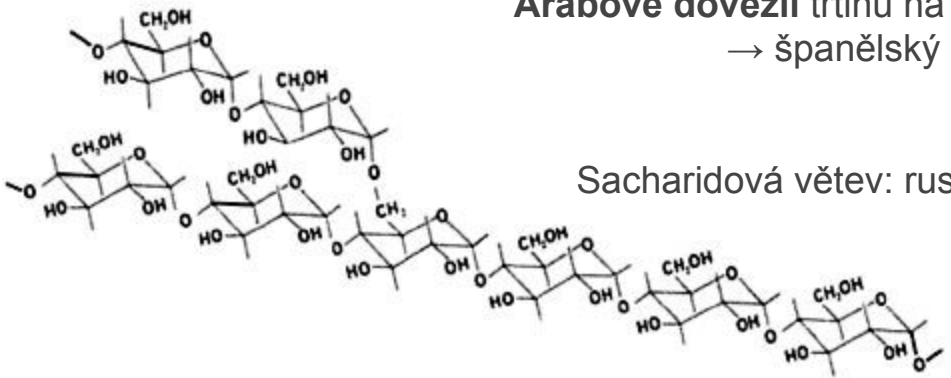
sacharidy



původ slova cukr
Postupně **z výrazu pro cukrovou třtinu** (cukr z cukrové řepy máme jen 200 let).
Arabové dovezli třtinu na Pyrnejeský poloostrov, takže **přes arabské *as-sukkar***
→ španělský *azúcar* → italské *zucchero* → německý *zucker* → cukr.
Arabové vzali *as-sukkar* z indického *šakara*.

Sacharidová větev: ruský výraz *sachar* z řeckého *sákcharon* (~cukr, sladkost)

Sacharidy

struktura sacharidů

- \- polyalkoholy (aldehydy -C=O, ketony -CO-)
- \- alespoň 3 uhlíky
- \+ deriváty

sacharidy v přírodě

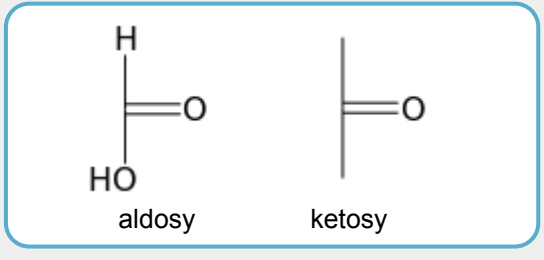
- v přírodě vznikají v buňkách fotoautotrofů (fotosyntézou), heterotrofové je získávají z autotrofů nebo glukoneogenezí
  ⇒ 90 % sušiny rostlin ❌ jen několik % živočišných tkání

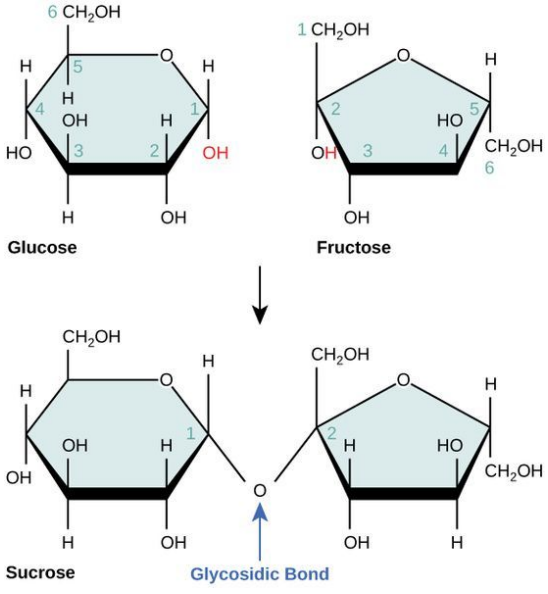
význam sacharidů

- zdroj **energie** (buněčné palivo, 17 kJ/g)
  kryjí 50-60 % denního energetického příjmu člověka
  (z toho 80-90 % by měly tvořit polysacharidy, nejvýše 20 % oligo- a monosacharidy)
  rezerva energie (škrob, glykogen, inulin)
- **strukturní složky buněk**, tkání a pletiv (celulosa, chitiny)
- **biologicky aktivní** látky
  (nukleotidy, kofaktory, oligosacharidy mléka OMM …)

klasifikace sacharidů

- monosacharidy ~~(glycidy)~~
  dle počtu uhlíků: triosy, tetrosy, pentosy, …
- oligosacharidy ~~(glycidy)~~
  2-10 monosacharidů, spojených glykosidovou (poloacetalovou) vazbou
- „z toho cukry“ = mono- a disacharidy
- polysacharidy ~~(glykany)~~
  >10 monosacharidů, počet nebývá vždy stejný
- komplexní sacharidy
  komplexní, konjugované,
  obsahují navíc peptidy, proteiny, lipidy, …



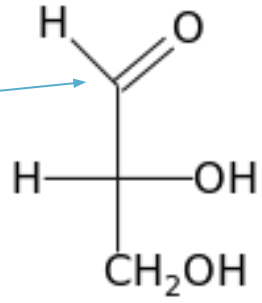


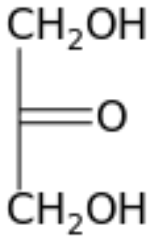
sacharidy

monosacharidy

monosacharidy
triosy

oxoskupiny jsou značně reaktivní

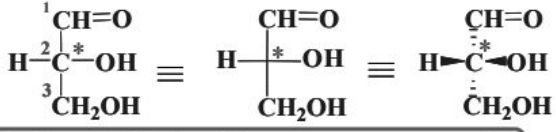




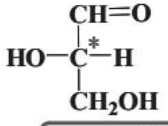
D-glyceraldehyd

stáčí rovinu polarizovaného světla doprava ⇒ (+)-glyceraldehyd

dihydroxyaceton



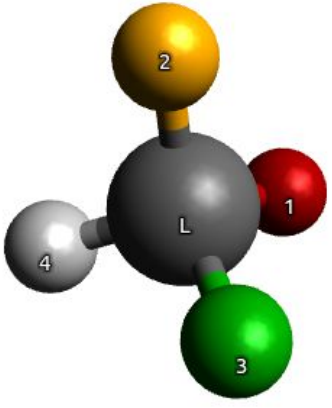
D-(+)-glyceraldehyd (D-*glycero*-triosa)

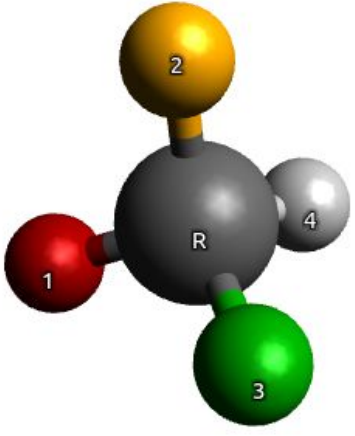


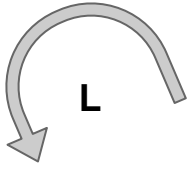
L-(-)-glyceraldehyd

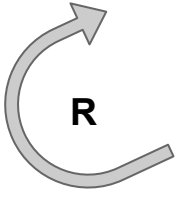
optické isomery (enantiomery) **D/L, *R/S*** **d/l, +/-**

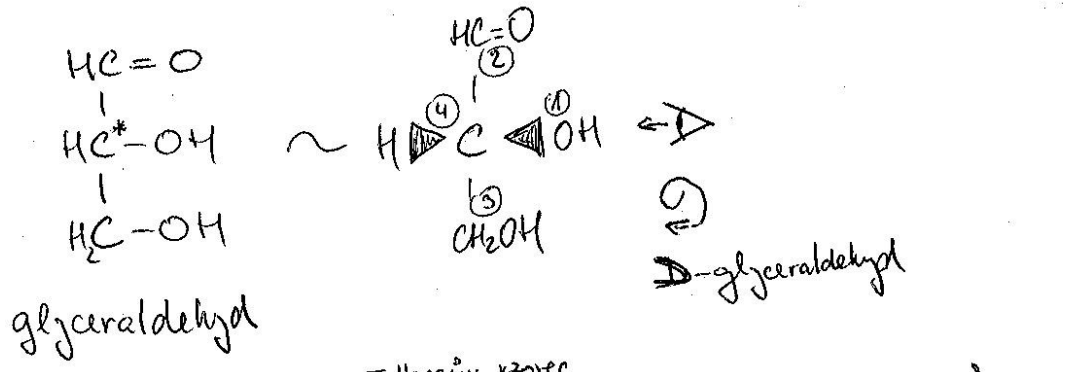
racemát ~ racemická směs = opticky neaktivní směs D + L (1:1)

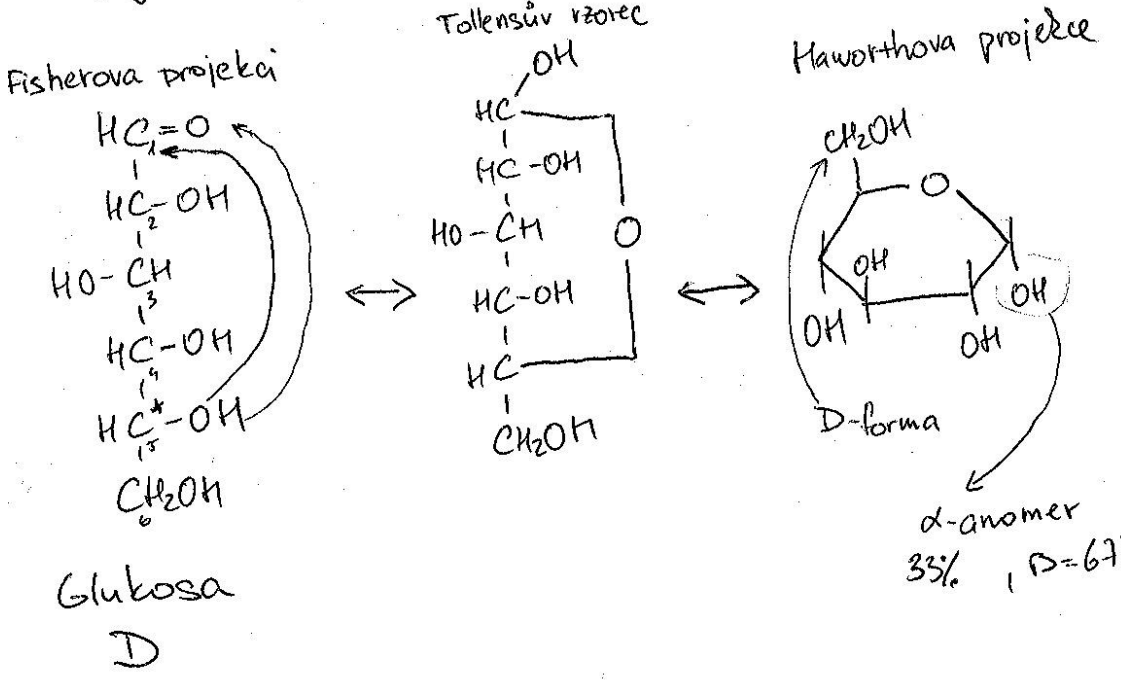

2
1
L
4
3


2
R
4
1
3

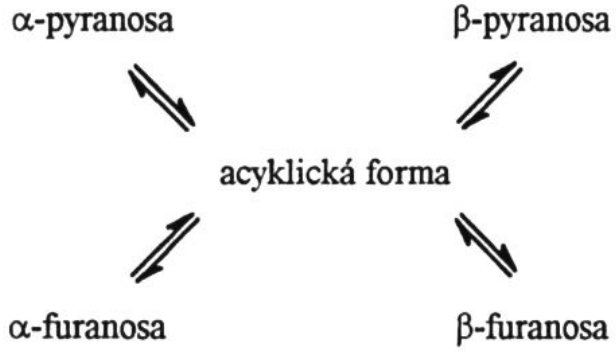

L


R


HC=O
HC*-OH
H2C-OH
glyceraldehyd
HC=O
CH2OH
D-glyceraldehyd

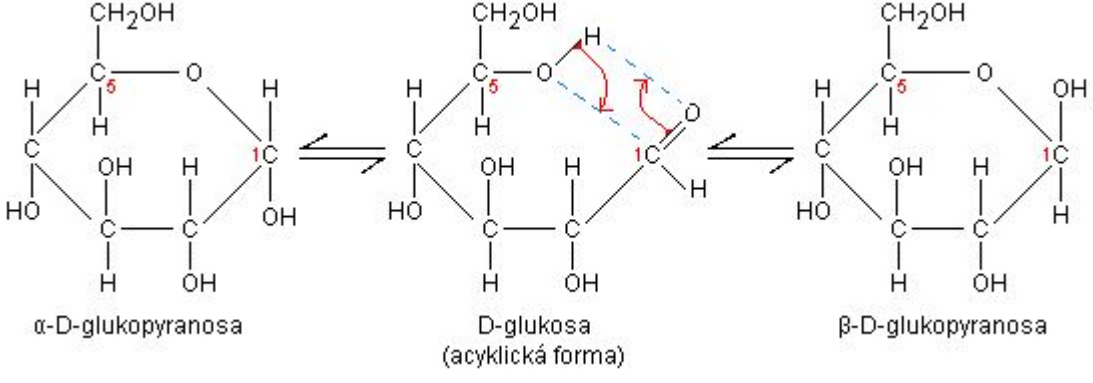

Fisherova projekci
Tollensův vzorec
Haworthova projekce
Glukosa
D
D-forma
α-anomer
35%
β=67%

mutarotace



v krystalickém stavu výhradně cyklické struktury (α- či β- anomery)

po rozpuštění se přes acyklickou formu ustavuje rovnováha



fotosyntéza

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

kyslík: z vody
světlo: 400-750 nm

zisk energie: 479 kJ/mol CO_2 (tzn. 10,8 kJ/g)

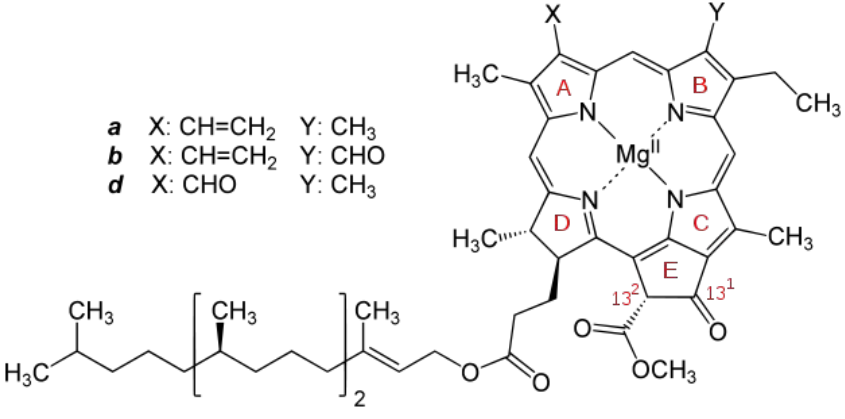
1 g CO_2 … 0,4 g sušiny

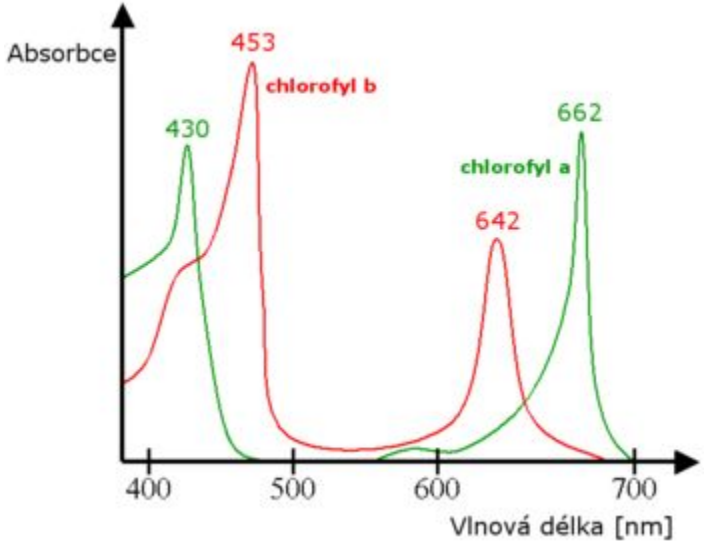
první výskyt fotosyntézy
anoxygenní: ~ 3.5 mld let
oxygenní: ~ 2 mld let

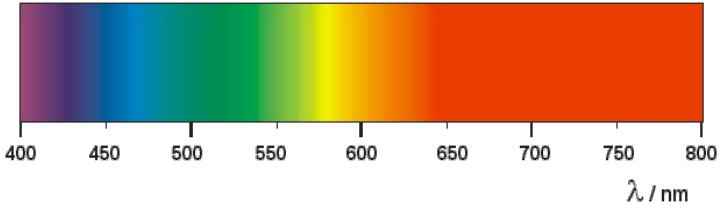
milníky výzkumu fotosyntézy

17. stol: nárůst hmotnosti zeminy při pěstování rostliny (voda)
18. století: část hmotnosti musí pocházet i ze vzduchu
1771, Priestley: rostliny napravují vzduch poškozený dýcháním – flogistonovaný
1842: Mayer: fotosyntéza přeměňuje světelnou energii na chemickou
1941: Ruben/Kamen pomocí $H_2{}^{18}O$ dokázali, že zdrojem O_2 je voda

fotosyntéza - chlorofyl







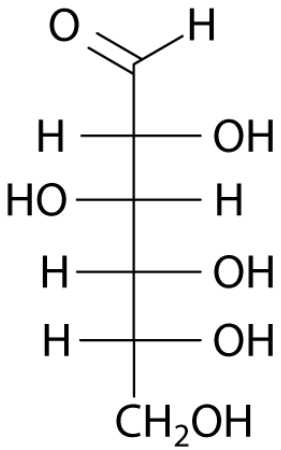
chlorofyly *a, b* a *d*

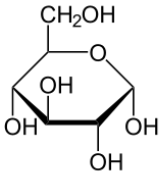
chlorofyly tvoří **~ 1 % sušiny** zelených rostlin

hemu podobná **pyrrolová struktura, Mg** místo Fe

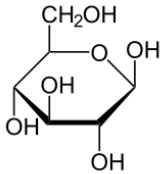
absorpce ve viditelné oblasti spektra je jedna z nejvyšších u organických sloučenin

monosacharidy
hexosy - glukóza





α-D-Glucopyranose



β-D-Glucopyranose

Glukosa

(hroznový cukr, škrobový cukr, dextrosa)

hlavní monosacharid většiny potravin (s fruktózou)

v rostlinách fotosyntézou, savci potravou a glukoneogenezí

glykémie = koncentrace D-glukózy v krvi (běžně 3,9–5,6 mmol/l nalačno)

aktivní resorpce (spolu s galaktózou ve formě P-esterů) v tenkém střevě,

do buněk pomocí inzulinu (jeho antagonista: glukagon)

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 glc-glc = maltóza

L-Glukóza
produkt kosmického výzkumu

Stejná chuť jako D-Glukóza, ale není fosforylována. Látka byla navržena spin-off firmou NASA jako nekalorické sladidlo. Bohužel sladidlo stálo víc než zlato a neprosadilo se. (citace 1, 2)

glukosa - glykémie, glykemický index

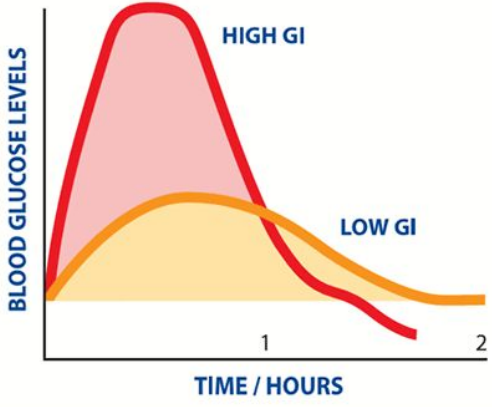
příjem glukózy a galaktózy → zvýšení hladiny glukózy v krvi

hladina glukózy v krvi (glykémie): 3,9–5,6 mmol/l nalačno

po jídle nižší než 10 mmol/l,

běžně do 30 min po jídle, po cca 2 hodiny
GI: poměr ploch pod křivkou: potravina / glukóza

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

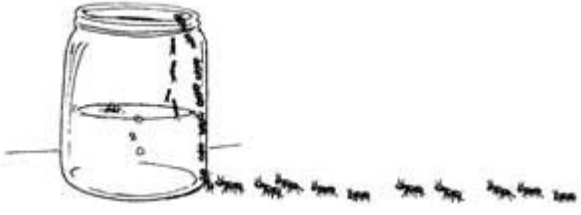


nízký GI <55	střední GI 56-69	vysoký GI 70+
jablko ovesná kaše sladká brambora jogurt hořká čokoláda	ananas pizza sýr celozrnné pečivo těstoviny	cornflakes bílé pečivo hranolky med cukr

příklad

Pokud má pacient v krvi koncentraci glukózy 5,6 mmol/l, jaká je její hmotnostní a procentuální koncentrace?

(M_{Glc} = 180,16 g/mol)



monosacharidy
důkaz cukrů

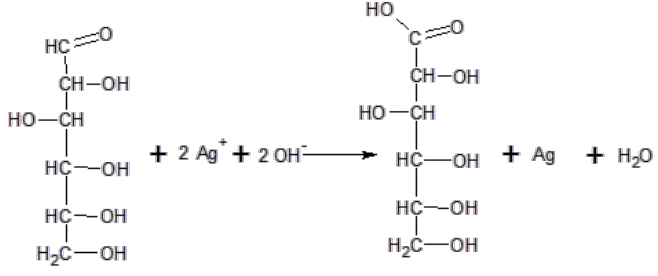
Tollensovo činidlo

redukce stříbrných iontů v amoniakálním prostředí

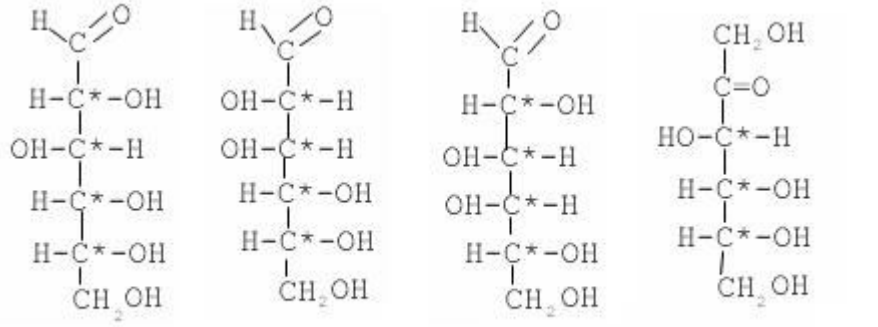
$$2AgNO_3 + 2NaOH \rightarrow Ag_2O + 2NaNO_3 + H_2O$$

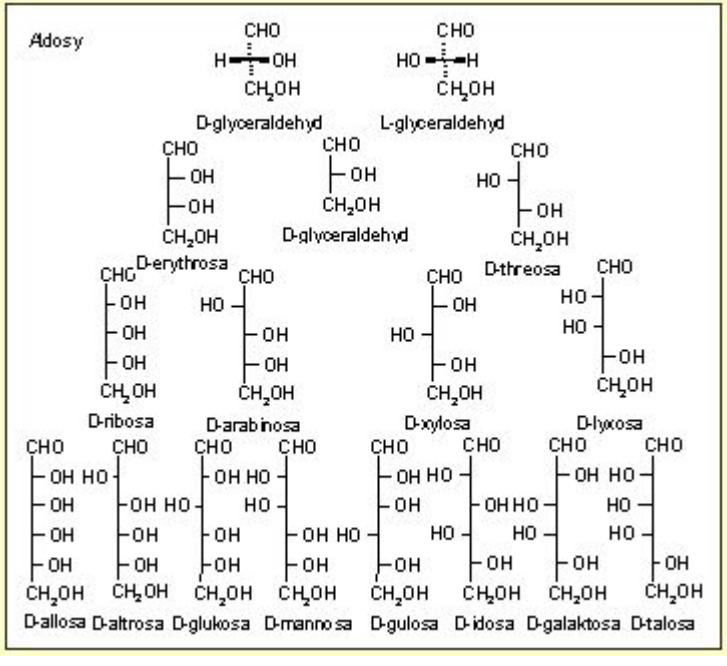
$$Ag_2O + 4NH_4OH + 2NaNO_3 \rightarrow 2\mathbf{[Ag(NH_3)_2]NO_3} + 2NaOH + 3H_2O$$

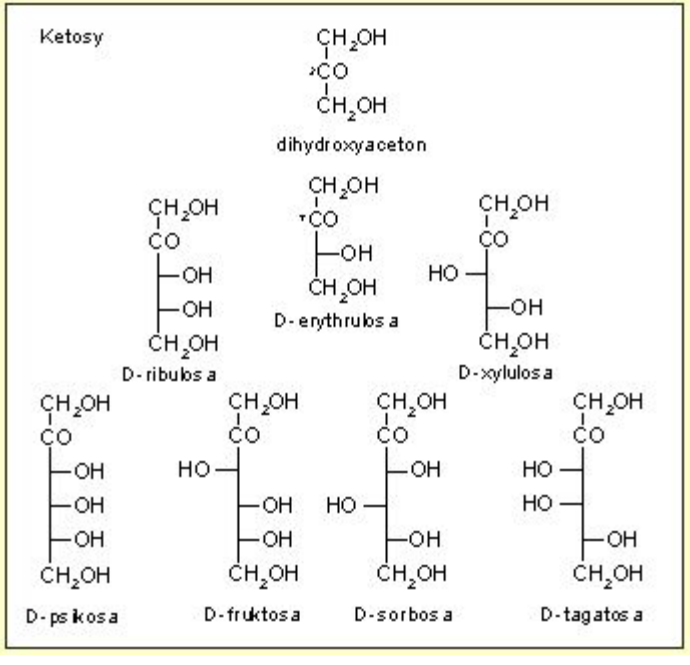
Redukující cukry redukují v amoniakálním prostředí stříbrné ionty Tollensova činidla na kovové stříbro (vzniká zrcátko).*



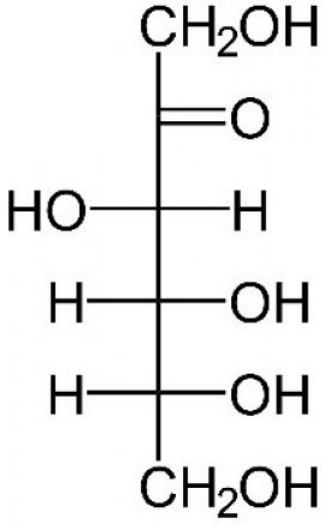
** redukující cukry obsahují alespoň jeden poloacetalový hydroxyl*
(video)


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
hexosy - fruktóza



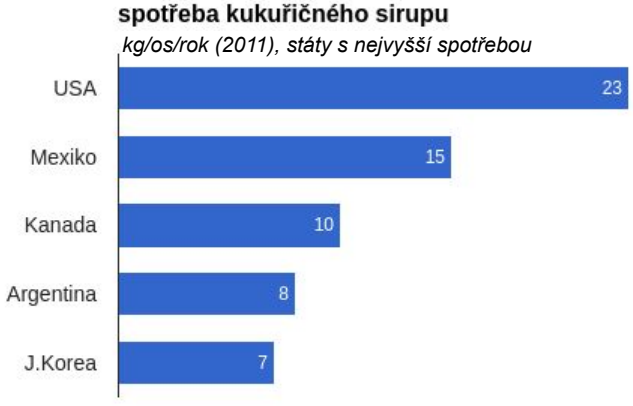
Fruktóza
(ovocný cukr, levulosa)

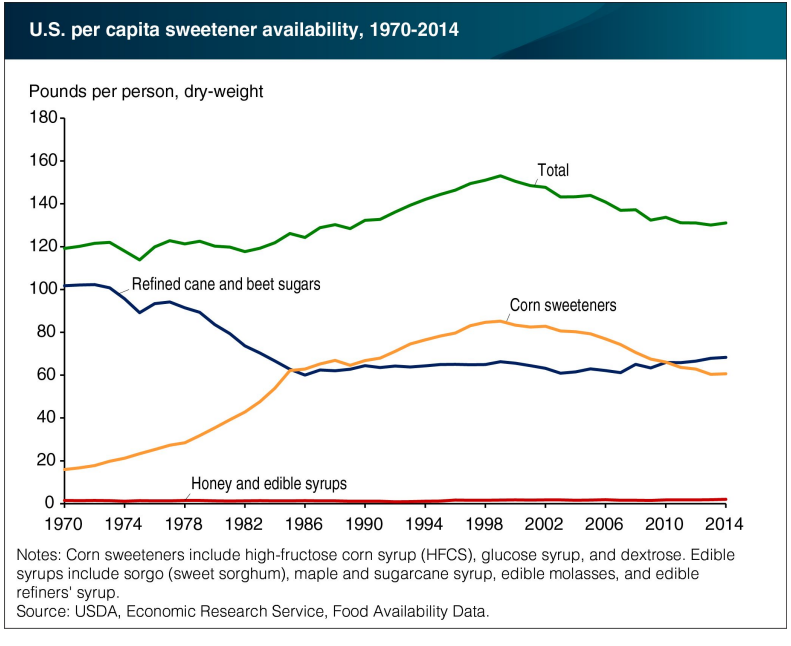
výskyt: volně v ovoci a medu, vázaná s glc v sacharóze (1:1)

sladší než glukóza (cca 1,5x)
v ovoci bohatém na vlákniny – jahodách, ostružinách, borůvkách
GI ~ 20 (dříve doporučované náhradní sladidlo)

odbourávání v játrech
- Fru-6-P → glykogen
- Acetyl-CoA → syntéza mastných kyselin

výroba: třtina, řepa, kukuřice +enzymatická přeměna Glc
polemika o její souvislosti s obezitou, diabetem





HFCS

high-fructose corn syrup

levný a sladší než sacharóza, od 70. let se postupně prosazuje

výroba **enzymatickým štěpením** kukuřičného škrobu
s následnou izomerací Glc→Fru
proměnlivé složení fruktosy (5-90%)

bez výrazného biologického rozdílu oproti cukru

polemika o souvislosti s obezitou a diabetem

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

Zpracování fruktosy

fruktóza: **GI 20**

- malý a pozvolný růst glykémie
- nestimuluje sekreci inzulinu
- přechod do krve však rychlý
- z portálního oběhu vychytávána játry

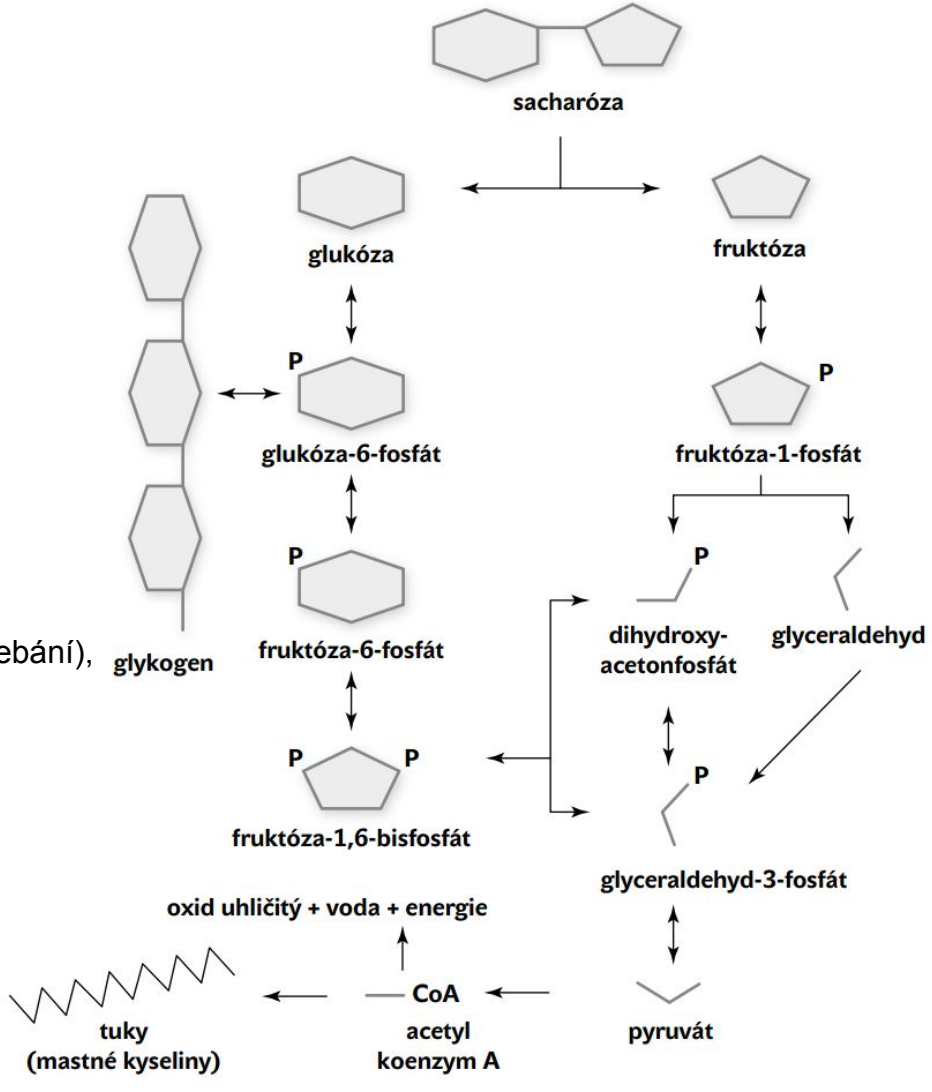
metabolizace - kam se fruktóza poděje?

→ buď: složitě začleněna do glykogenu

→ nebo: odbourána na laktát a acetyl-KoA

→ příp.: syntéza tuku v játrech, VLDL

obavy ze slazených nápojů (rychlý průchod a vstřebání), (přitom těžko prokazatelný vliv na zdraví)



Fruktóza – nadějné sladidlo, nebo hazard se zdravím? Petr Zouhar | Vesmír 91, 624, 2012/11

monosacharidy v potravinách

běžně ve většině potravin, **proměnlivý** obsah, nejčastěji **hexosy a pentosy**
často **přidávány** (ve formě glukózo/fruktózových sirupů)

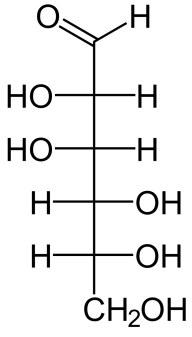
Ovoce

- podle zralosti, skladování
- např. jablka: při sklizni stopy škrobu (postupná degradace škrobu, hemicelulóz, pektinu)
- glukóza, fruktóza, v menší míře manóza, galaktóza

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

málo obvyklé cukry:
jeřabiny (sorbóza),
jahody (heptulózy),
avokádo (heptu-, oktu-, nonulózy až 5 %)
sušené fíky ~ 60 % cukrů (bílý povlak je glukóza)

monosacharidy
hexosy - manóza



Manóza

optický epimer glukózy (=liší se konfigurací jediného uhlíku)

- optický izomer glukózy
- Stavební blok rostlinných polysacharidů (pektin, celulózy, hemicelulózy)
- volně ve víně a dalších ovocných šťávách (desítky ppm)
- chutná hořkosladce (sladivost 59 %).

Ripe grapes contain equal amounts of glucose and fructose, while fructose predominates in overripe or botrytised berries.
In addition L-arabinose (ca. 1 g/l), rhamnose (up to ca. 400 mg/l), galactose (up to ca. 200 mg/l), D-ribose (ca. 100 mg/l), D-xylose (ca. 100 mg/l) and mannose (up to ca. 50 mg/l) are present. Saccharose (ca. 10 g/l) is detectable only if the saccharase is inhibited during pressing. Other oligosaccharides present are: raffinose (up to ca. 200 mg/l), maltose (ca. 20 mg/l), melezitose (ca.

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 Glc a Fru
zřídka arabinosa, xylosa
běžně <10 %
kukuřice ale i 16 %
také v luštěninách (Fru v sóji až 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) 0,02 až 1 %
→ rychlá posmrtná degradace
→ 0,x % monosacharidy, fosforečné estery (glc-6-P)

mléčné výrobky
- monosacharidy stopově
- spíš disacharid laktóza

vejce
v sušině ~ 1 % (hlavně v bílku)
většina volných monosacharidů = glukóza
cca. polovina vázaná na glykoproteiny (hl. galaktóza)

Med

základní složení

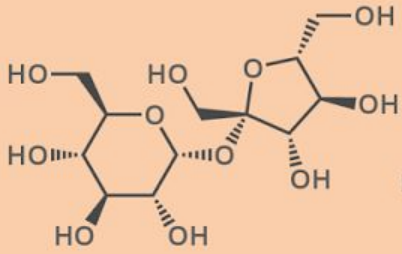
složka	obsah [%]
fruktóza	38
glukóza	31
voda	17*
maltóza	7,3
vyšší cukry	1,5
sacharóza	1,3
minerální látky	0,17

*obsah vody je významný parametr kvality medu, neměla by překročit 18 % (fermentace)

důležité fyzikálně-chemické vlastnosti medu

- **voda** < 18 % - refraktometricky
- **hydroxymetylfurfural** - aldehyd vznikající rozkladem sacharidů medu (signalizuje nešetrné zahřívání)
- obsah aminokyselin (zejména **prolin**u, ukazuje vyzrálost, malý obsah naopak falšování) - ninhydrinová reakce
- **vodivost** (dána obsahem minerálních látek, lesní medy vyšší)
- **enzymatická aktivita** (invertáza, diastáza), nízká aktivita značí nevhodné zahřívání nebo skladování
- obsah volných kyselin (vysoký ~ známka fermentace)

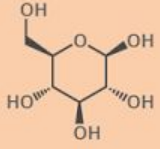
HOW DO BEES MAKE HONEY?



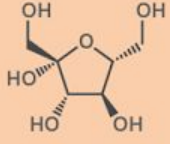
SUCROSE
primary sugar in many nectars

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.



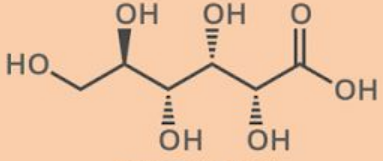
GLUCOSE



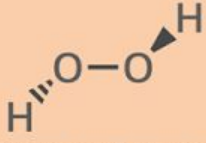
FRUCTOSE

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.

aktivita vody a_w *(water avalability)*

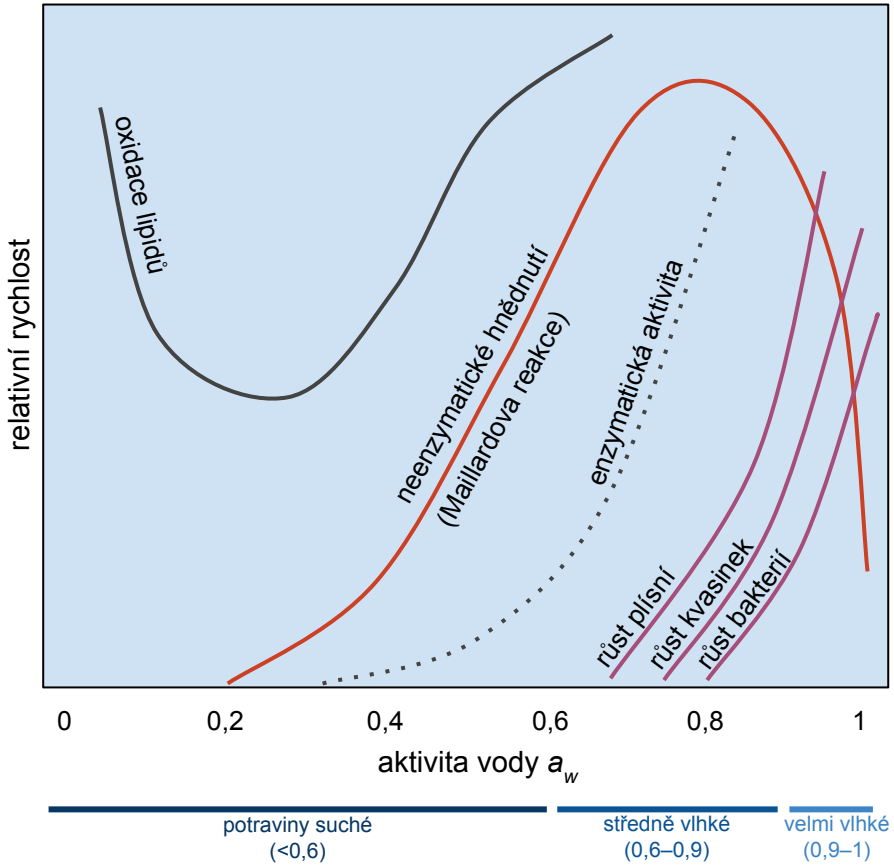
„dosažitelná voda, která není chemicky vázaná“

poměr tlaku vodních par nad potravinou
ku tlaku par nad čistou vodou
$0 < a_w < 1$
potraviny: velmi vlhké > 0,9 > středně vlhké > 0,6 > suché
znalost a_w umožňuje odhadnout, kdy potravina
vlhne/vysychá (závisí na rel. vlhkosti vzduchu)

aktivita vody v potravinách

potravina	**a_w**
čerstvé maso, vejce, zelenina, ovoce	0,97-0,98
sýry, chléb	0,97
trvanlivé výrobky obecně	< 0,93
marmelády	0,82-0,94
uzeniny	0,82-0,85
med	0,6
chipsy a extrudáty	0,35-0,5
cukr	0,1

Aktivitu vody lze snížit za účelem prodloužení trvanlivosti:
sušení (ovoce, zelenina, maso), proslazování (sirupy) nebo solení potravin (solené maso, ryby, zelenina, houby). Proto, aby mohl být masný výrobek označen jako trvanlivý, musí být jeho aktivita vody nižší nebo rovna 0,93.



aktivita vody potřebná k růstu:
bakterie >0,94
kvasinky >0,9
plísně >0,75
máloco roste při $a_w < 0,6$

k dalšímu čtení: aktivita vody na bezpečnostpotravin.cz, přehled aktivit vody

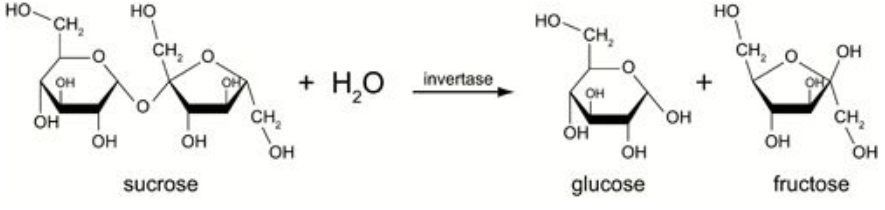
invertní cukr

„umělý med“

ekvimolární směs glukózy a fruktózy
vyráběn kyselou hydrolýzou/enzymaticky
mírně sladší než sacharóza
nižší aktivita vody než původního cukerného roztoku

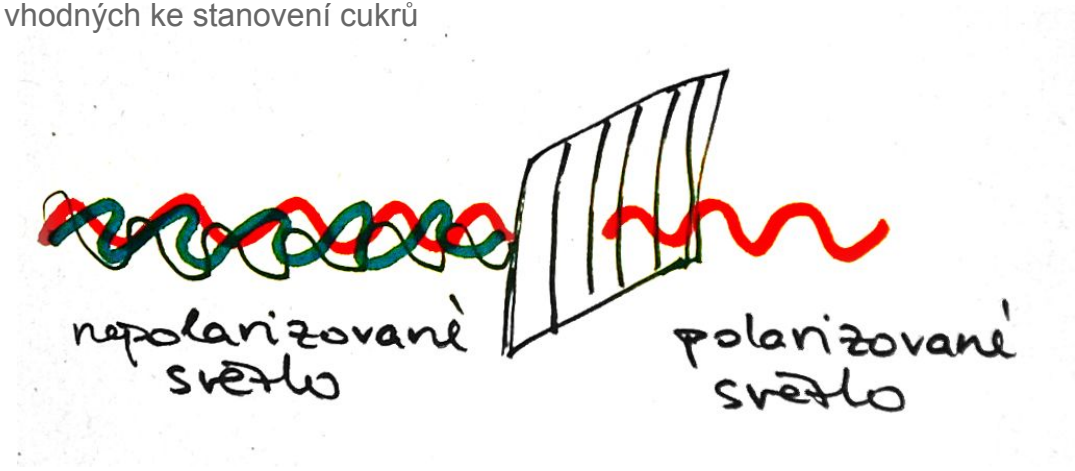
využití

- cukrovinky (hygroskopický → vláčnost)
- zmrzliny (zvyšuje jemnost)
- výroba umělých sladidel
- falšování medu (odhalitelné)
  - kontrola: hydroxymethylfurfural, prolin, el. vodivost, enzymatická aktivita



Polarimetrie

jedna z metod vhodných ke stanovení cukrů

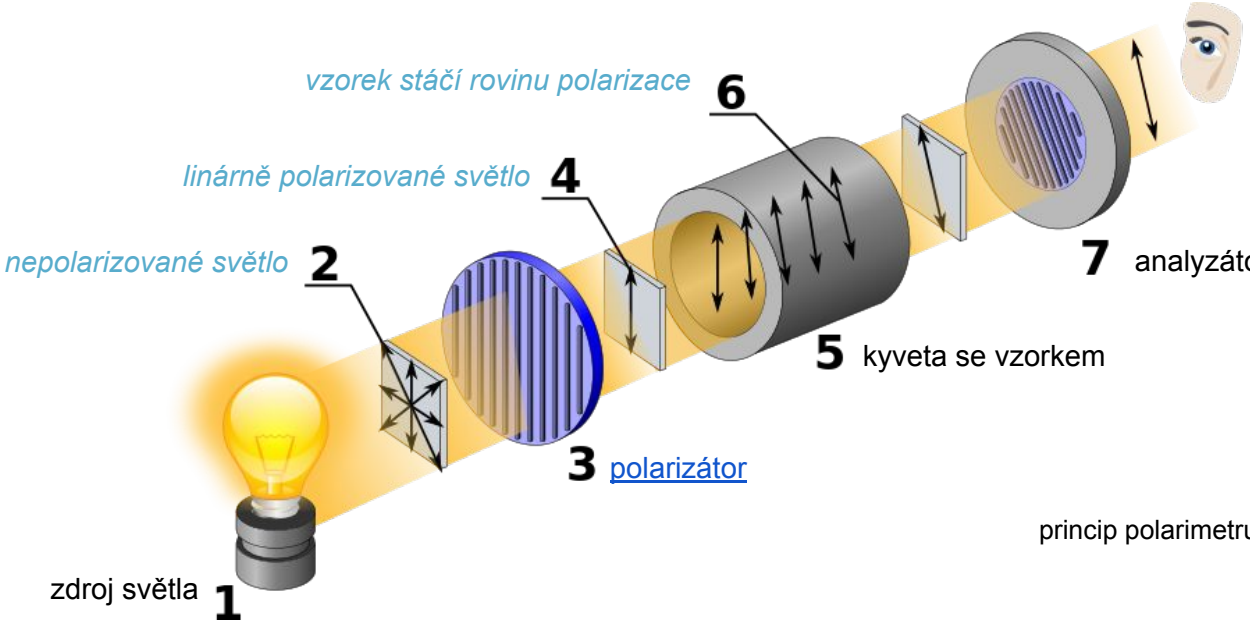


běžné světlo je nepolarizované (kmitá všemi směry)

polarizace světla může nastat:

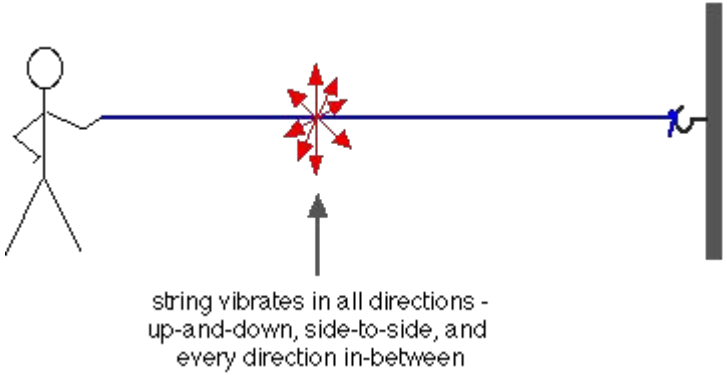
- odrazem
- dvojlomem
- polaroidem

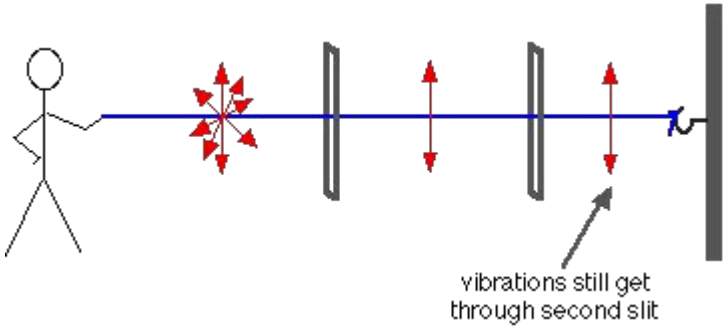
Polarimetrie

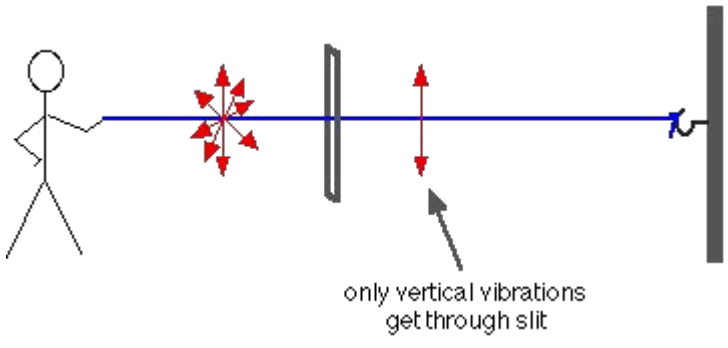


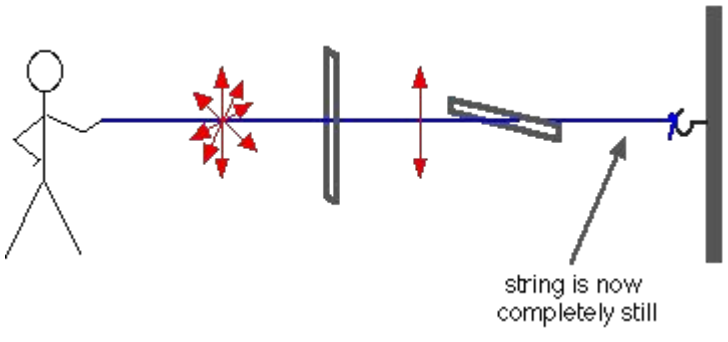
princip polarimetru

další materiály k polarimetrii: ped.muni.cz/wchem/sm/hc/fchlab/polarimetr.htm


string vibrates in all directions -
up-and-down, side-to-side, and
every direction in-between


vibrations still get
through second slit


only vertical vibrations
get through slit


string is now
completely still

Polarimetrie

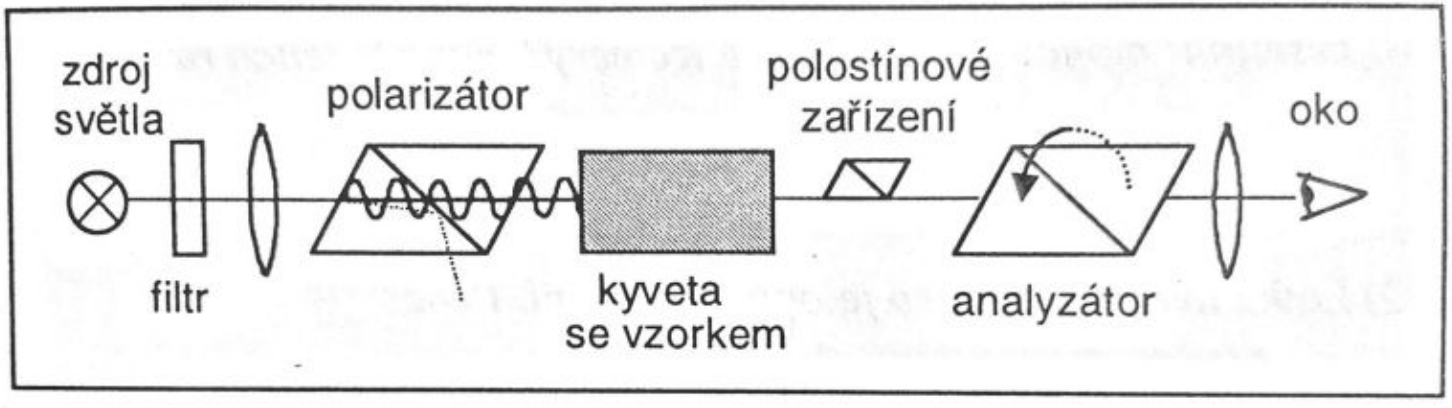
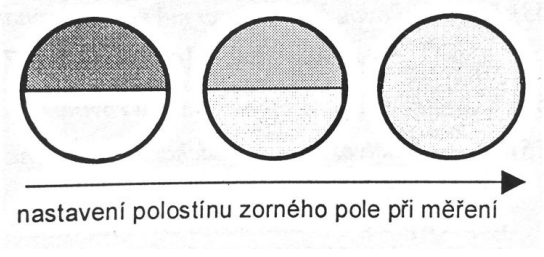


schéma subjektivního polarimetru



Polarimetrie

$$\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot l \cdot c$$

$[\alpha]_D^{20}$	*měrná otáčivost (20 °C, vlnová délka sodíkového dubletu, 589 nm)*
α	*úhel otočení roviny polarizovaného světla*
l	*tloušťka vrstvy opticky aktivní látky v dm*
c	*koncentrace látky v g/cm^3*

Polarimetrie: Příklad

Při stanovení procentuálního obsahu glukózy v sirupu byl naměřen úhel otočení 12,86º. Navážka vzorku 20 g byla rozpuštěna a doplněna v odměrné baňce na objem 100 ml, polarimetrická trubice měla délku 20 cm.

α = [α] . l . c
*12,86 = 52,74 * 2 * c*
12,86/52,74/2 = c
*c = 0,122 g/cm3 ~ 12,2 % *5*
(zředění) = 61 % glc v sirupu

specifická otáčivost cukrů

cukr	$[\alpha]_D^{20}$
fruktóza	-93,78
glukóza	+52,74
sacharóza	+66,53
invertní cukr	-20,59

Polarimetrie

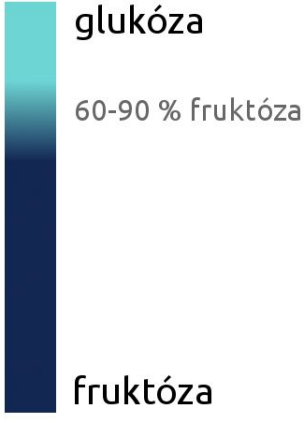
využití polarimetrie

- studium opticky aktivních látek
- cukrovarnictví

  (sacharimetry - přímo uzpůsobené pro stanovení sacharózy)
- kontrola chirální čistoty látek
- bílkoviny v moči, steroidy, ...

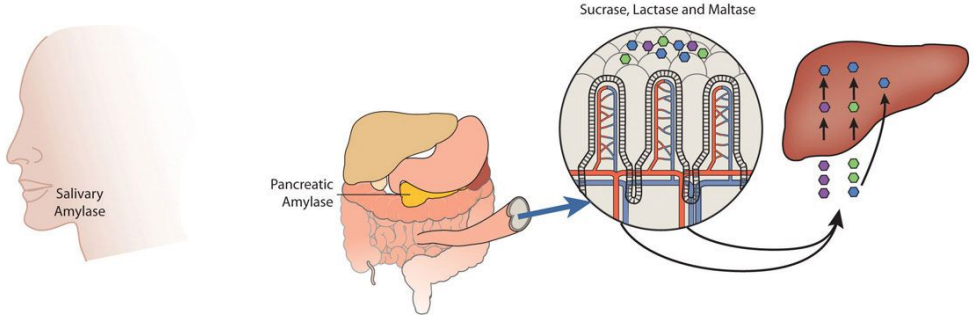
Agávový sirup

- ze sukulentů Jižní Ameriky
- sladivost ~2krát vyšší než cukr
- nízký glykemický index 20-30 (protože neobsahuje tolik glukózy)
- vysoký poměr fruktózy (z inulinu)
- problémy spojené s vysokým obsahem fruktózy
- obsah dalších látek, např. minerálních, vyšší než v cukru, ale stále zanedbatelný



fyziologie, výživa

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



zpracování sacharidů

polysacharidy: štěpení amylasami
→ oligosacharidy: hydrolyzovány glykosidasami
→ monosacharidy
→ resorpce v tenkém s. (glukóza-P a galaktóza-P aktivně, ostatní difúzí)
→ transformace na glukózu v játrech
→ glukóza metabolizována ve svalech
→ oxidací až na vodu a CO_2 (přebytek: glykogen)

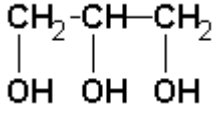
Glukóza (i galaktóza, která se na ni metabolizuje) má výrazný vliv na hladinu krevní glukózy. Fruktóza a ostatní metabolizovány hlavně v játrech bez účasti inzulinu.

Deriváty sacharidů

sacharidy jsou díky kyslíku reaktivní → množství derivátů

redukcí karbonylové skupiny → **cukerné alkoholy** (alditoly, cyklitoly)

glycerol, nejjednodušší alditol



- sladký
- přirozeně (i nepřirozeně) ve víně: třetí hlavní složka, 5-20 g/l, vytváří plnou a jemnou chuť.
- v potravinách jako E422
- jedovatý jen ve vyšších dávkách (orální LD_{50} několik gramů/kg)
- kosmetika (zvlhčující účinek – pouze zředěný), nemrznoucí směs

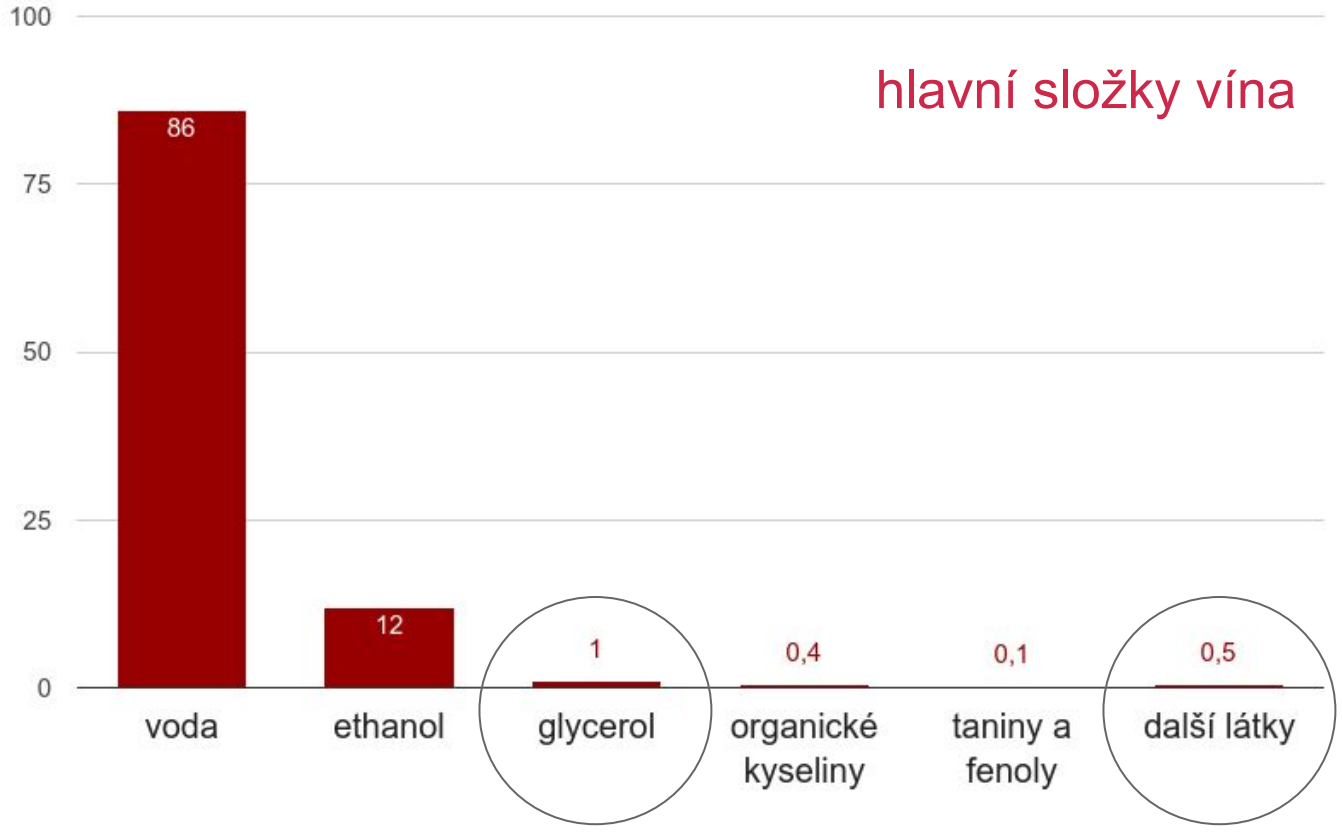
Víno Mikulov prodávalo víno s glycerolem, inspekce ho stáhla z prode

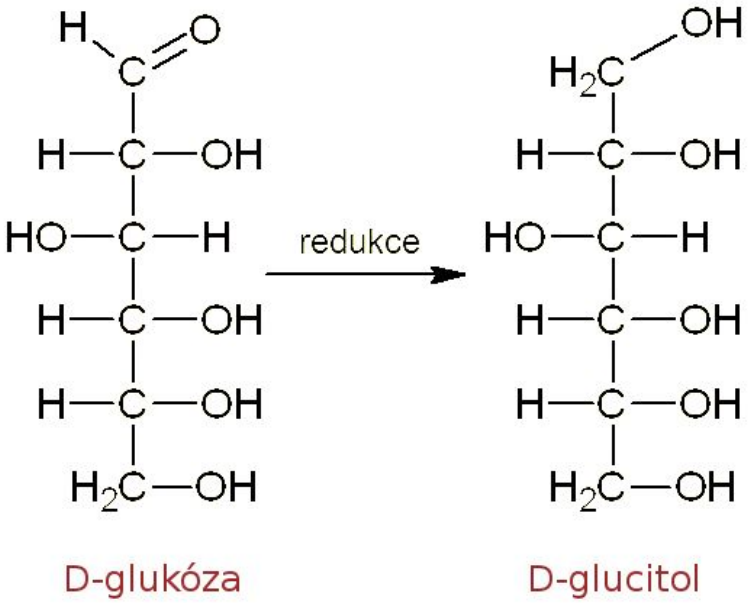
Víno Mikulov prodávalo víno s glycerolem, inspekce ho stáhla z prodeje | Foto: profimedia.cz

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

hlavní složky vína





D-glucitol spolu s D-mannitolem nejrozšířenější alditoly

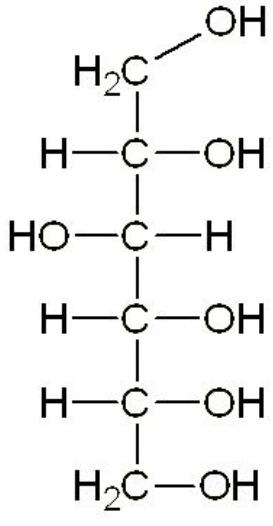
V potravinách:

- přirozeně
  glucitol a ribitol v ovoci, glycerol ve víně, erythritol v moštech, ...
- přídatné látky
  cukrovinky (sladké a vláčné dezerty), nápoje, léčiva, sladidla pro diabetiky (malý vliv na glykémii), snižují aktivitu vody a_w, ...

vznik glucitolu redukcí glukózy

podobně mnohé další (přípona -itol);
erythritol z erythrosy, ribitol z ribosy, xylitol z xylosy, …..

D-glucitol (=sorbitol)



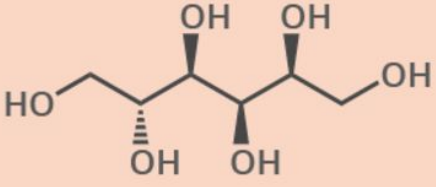
D-glucitol

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

obsah D-glucitolu (sorbitolu) v ovoci

ovoce	obsah % (čerstvé hmotnosti ovoce)
švestky	0,6–13,9
hrušky	1,2–2,8
jablka	0,2–0,8
třešně	0,1
broskve	0,03–0,047
hroznové víno	<0,03

WHY DO PRUNES HELP WITH CONSTIPATION?



SORBITOL

PRUNES **15g** VS CHEWING GUM **30g**

(SORBITOL CONTENT PER 100 GRAMS)

Prunes are dried plums, and are often cited as a home remedy for constipation. This is due to their relatively high natural levels of the known laxative compound sorbitol (approximately 15g per 100g). Sorbitol is also responsible for the laxative effect of some chewing gums. Phenolic compounds, such as neochlorogenic acids, and the high fibre content of prunes may also aid the laxative effect.

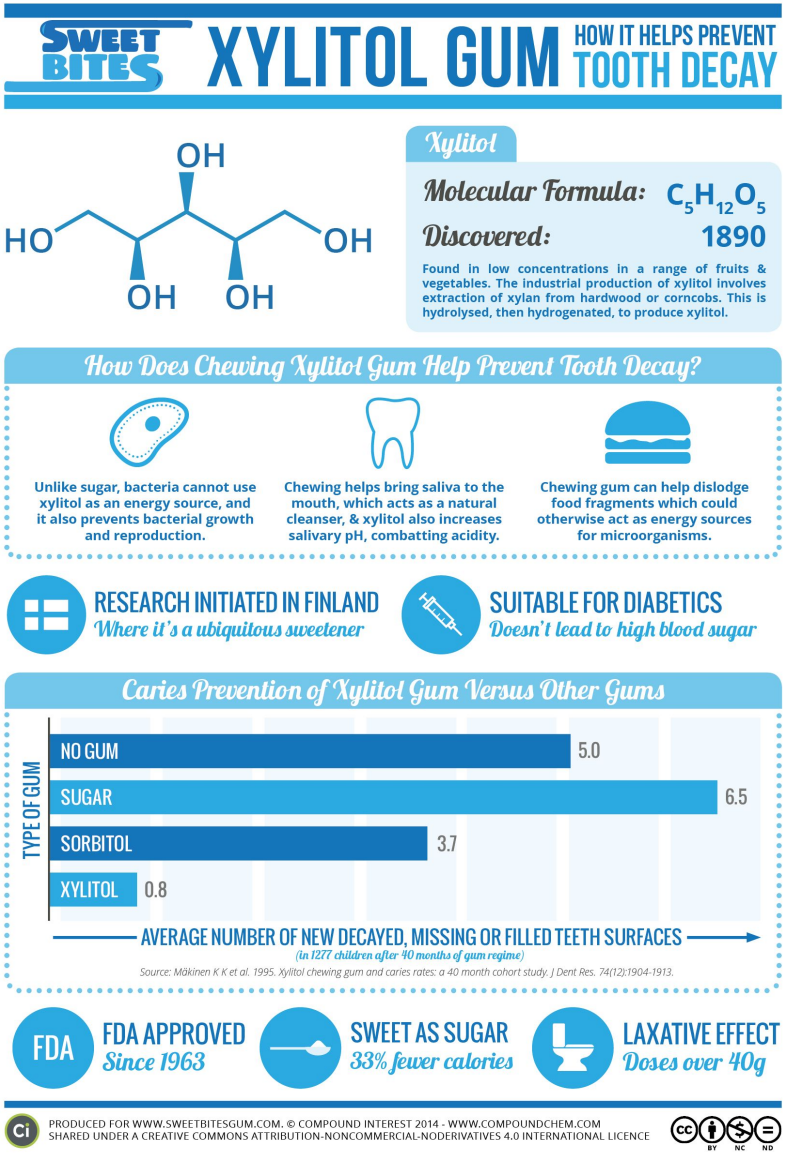
Sacharidy

Xylitol

březový cukr, v ovoci a zelenině
nekariogenní (naopak prevence zubního kazu) – bakterie zubního povlaku ho neumí zpracovat;
vysoká hodnota endotermní rozpouštěcí entalpie
= *chladivý pocit při rozpouštění v puse*

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

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



Březová **míza** vs. březový **sirup** vs. březový **cukr**

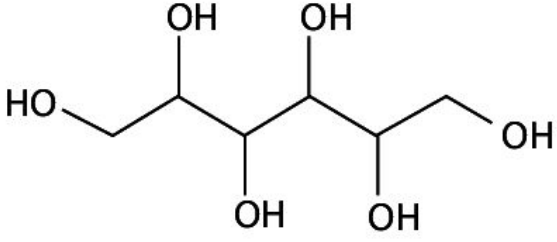
- Xylitol, přestože nazýván březový cukr, není obsažený v březové míza.
- Míza obsahuje relativně malé množství Fru a Glc, je jen mírně sladký a pro výrobu sirupu je nutné ho velmi zahustit.
- Xylitol se vyrábí hydrogenací xylanu, který se často získává právě z březové kůry.

Mannitol

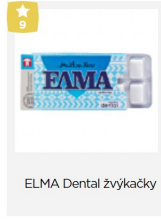
aditivní l.: E421
sladivost: 0,5–0,7
přirozeně: kořenová zelenina (celer 0,5 %), káva (1 %), houby (žampiony 15–26 %)

glykemický index: 2
energetická hodnota: 10 kJ/g
laxativní práh: 20 g/den

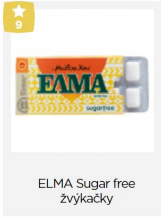
Výskyt: víno, káva, houby
Vznik: činností plísní a bakterií ⇒ vysoký obsah ve víně signalizuje napadení hroznů
Výroba: z odpadu po zpracování káv, kvašením glukózy



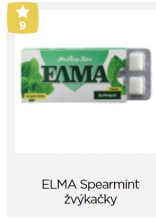
Potraviny obsahující toto éčko



ELMA Dental žvýkačky

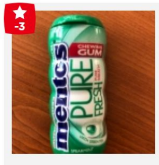


ELMA Sugar free žvýkačky

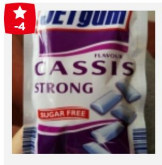


ELMA Spearmint žvýkačky

ELMA Lemon žvýkačky



Mentos Gum pure fresh spearmint žvýkačky



Žvýkačky - černý rybíz

obsah hlavních alditolů ve vínech	
alditol	**obsah [mg/l]**
glycerol	10 000
erythritol	35-292
D-arabinitol	10-577
xylitol	4-11
D-glucitol	9-277
D-mannitol	6-152

cyklitoly

skupina odvozená od cyklohexanu

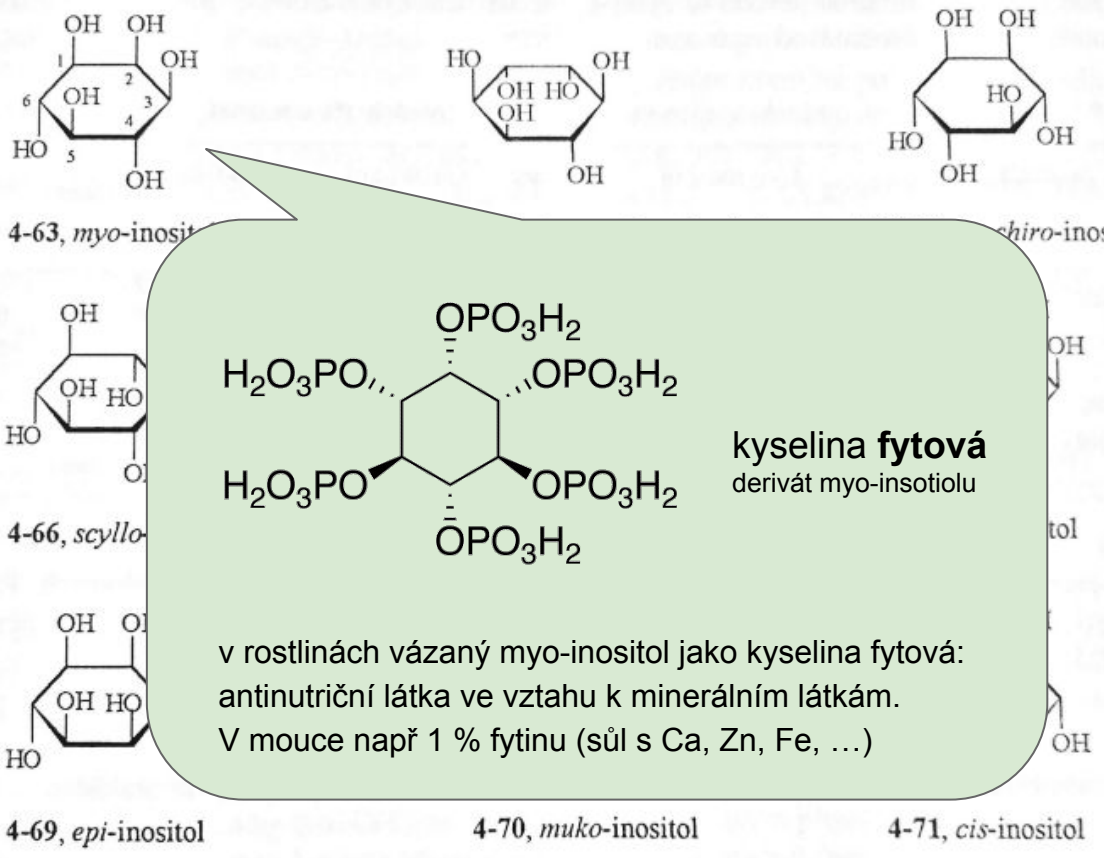
většinou šest hydroxyskupin,
ale i pět, čtyři a tři skupiny

nejvýznamější skupina:

inositoly (dříve cyklosy)

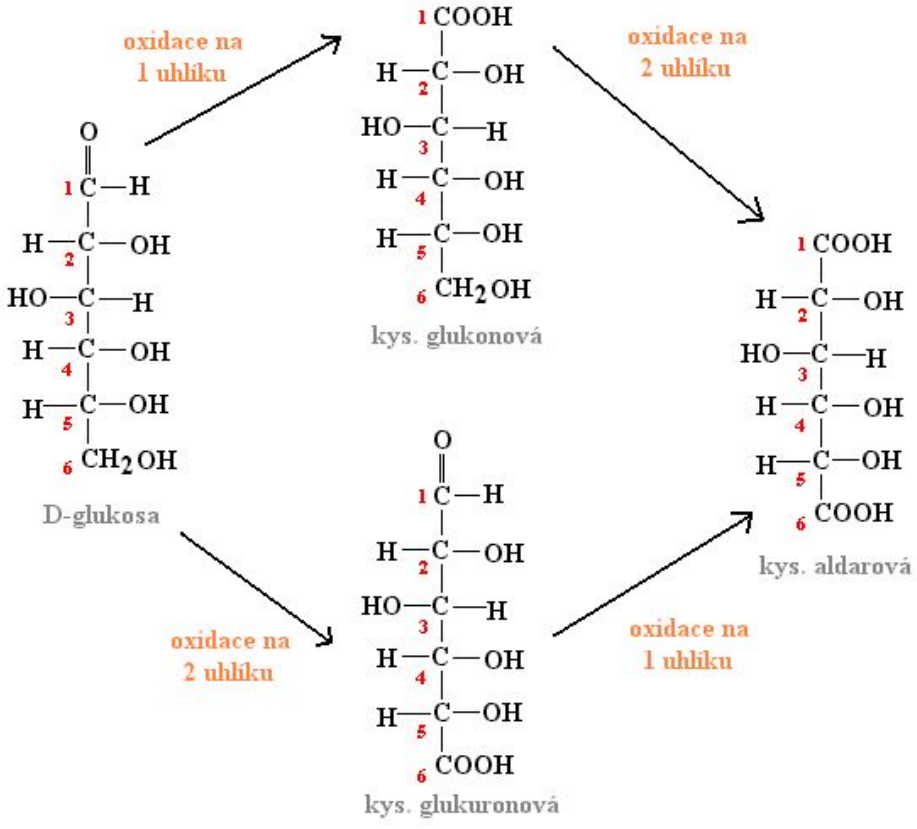
8 stereoisomerů

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



kyselina **fytová**
derivát myo-insotiolu

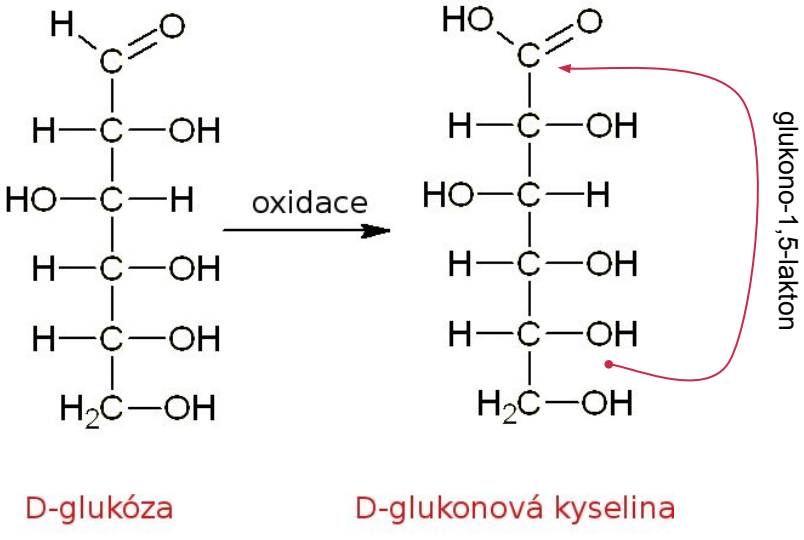
v rostlinách vázaný myo-inositol jako kyselina fytová:
antinutriční látka ve vztahu k minerálním látkám.
V mouce např 1 % fytinu (sůl s Ca, Zn, Fe, …)



cukerné kyseliny

součástí mnoha složek potravin

vznikají oxidací aldehydové skupiny (-onové) nebo primární alkoholové (-uronové). Přirozeně vznikají enzymaticky, ale také Maillardovou reakcí.



Kyselina glukonová
běžná složky rostlinných materiálů, produkt neenzymového hnědnutí.
Součást medu bránící jeho kažení.

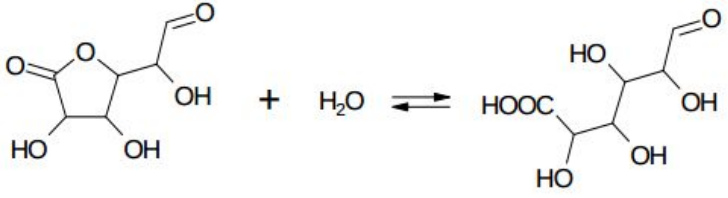
lakton k.glukonové v potravinářství
potlačuje růst hnilobných MO (postupně totiž hydrolyzuje na volnou kyselinu)

⇒ v malém množství jako konzervant masných výrobků - postupně hydrolyzuje na kyselinu a brání rozvoji nežádoucí mikroflóry

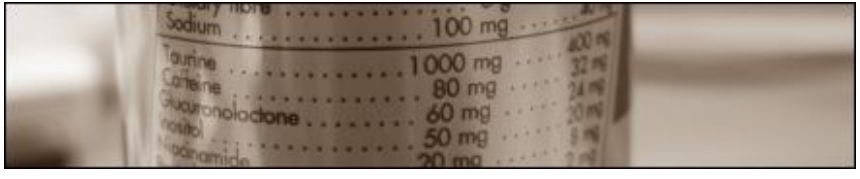
výskyt, využití cukerných kyselin a laktonů

často v energy drincích v kombinaci s taurinem a kofeinem

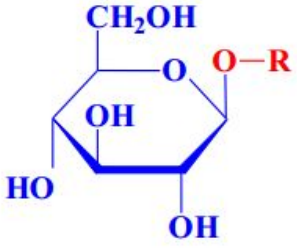
6,3-Glukuronolakton:
výživa sportovců (zrychluje tvorbu a zpomaluje odbourávání svalového glykogenu)
EFSA popírá obavy z taurinu i 6,3-G-L. (NOAEL 1 g/kg)
běžný lidský metabolit



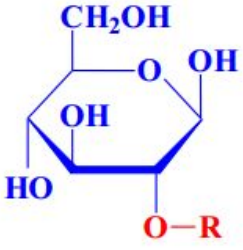
6,3-Glukuronolakton



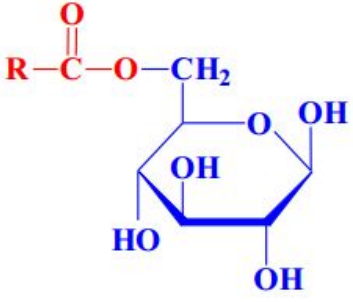
další deriváty:
glykosidy (cukr + aglykon),
ethery,
estery



O-glykosid



ether



ester

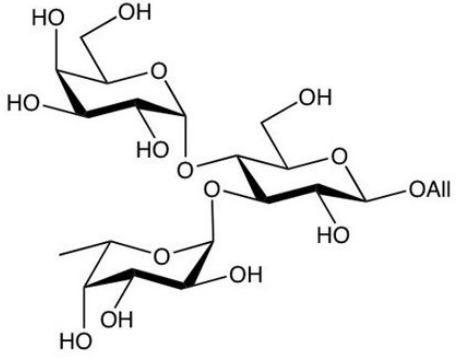
cukr + aglykon → heteroglykosid

cukr + cukr → homoglykosid

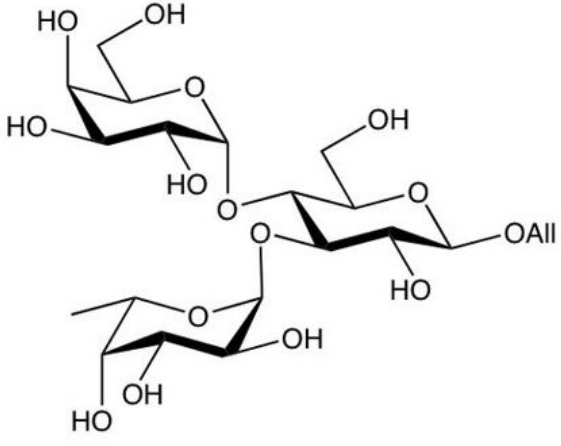
minoritní stavební složky, hydrokoloidy

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

Oligosacharidy



oligosacharidy

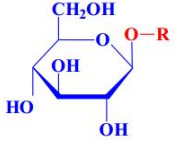


oligomery 2-10 sacharidů

(di-, tri-, tetra, penta-, hexa-, hepta, okta-, nona-, dekasacharidy)

glykosidy (aglykon je další sacharid)

→ homoglykosidy



O-glykosid

disacharidy

glykosidy, kde aglykon = jiný sacharid
~ homoglykosidy

většinou hexózy

kondenzací α- nebo β-anomerní -OH sk.
↳kondenzují dvě poloacetalové ⇒ neredukující s.

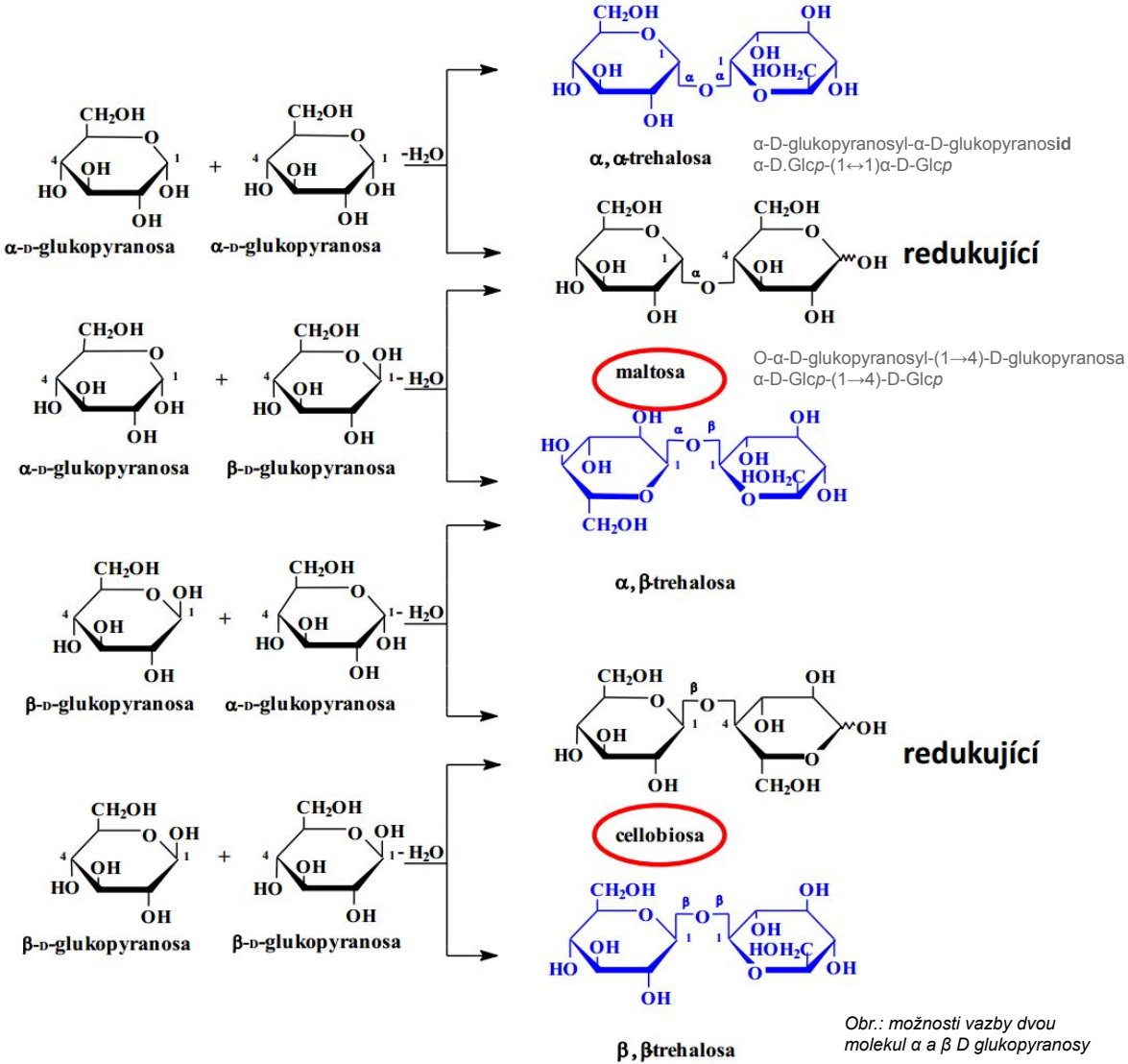
neredukující

- neobsahuje anomerní hydroxylovou skupinu ⇒ α/β anomer
- dvojnásobné glykos**idy**
  (glykosylglykosid)

redukující

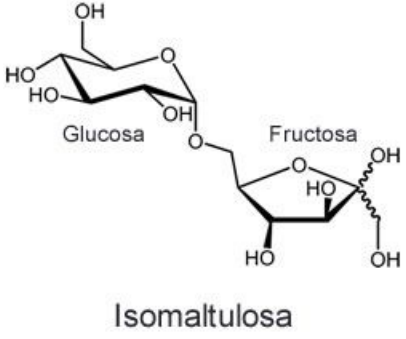
- každý jiný případ
- vykazují mutarotaci

většinou triviální názvy, systematicky glykosylglykóza (základ názvu sacharid s volným poloacetalem)

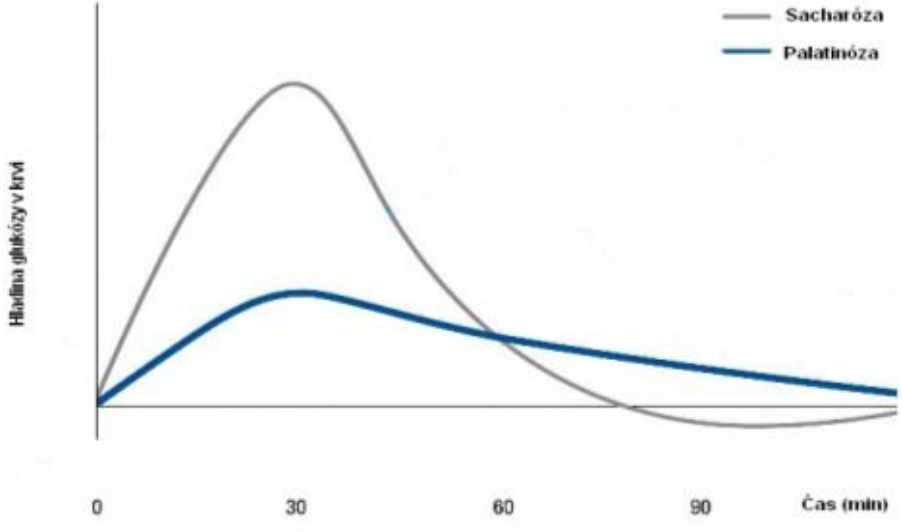


Obr.: možnosti vazby dvou molekul α a β D glukopyranosy

disacharidy: výskyt, využití



Isomaltulosa



palatinosa (isomaltulóza):

jeden z cca desítky současně vyráběných oligosacharidů

glukóza+fruktóza vázané glykosidickou vazbou 1,6

Výroba ze sacharózy. 40% sladivost, nekariogenní, stimuluje růst bifidogenní mikrobioty

Umělý oligosacharid pro výživu sportovců.

Pomalé štěpení, úplné využití, stabilita v kyselém prostředí

oligo/disacharidy: výskyt, využití

V potravinách

běžná součást: ovoce, zelenina, med, mléko

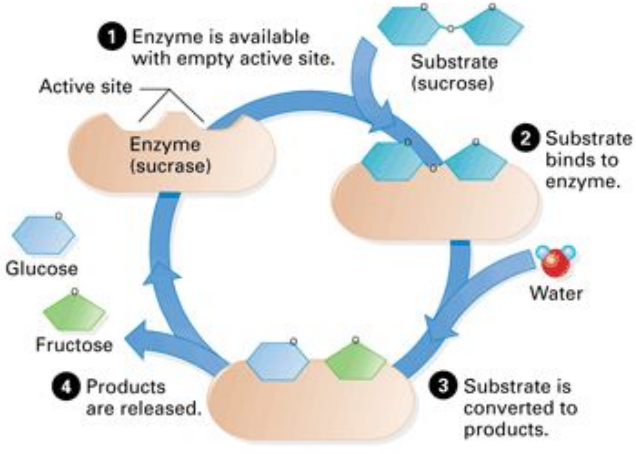
hlavní komponenty oligosacharidů D-monosacharidy (Glc, Fru, Gal, Man)

aldosy jako pyranosy, fruktóza jako furanosa

nejčastěji ze D-Glc ⇒ glukooligosacharidy, případně Glc/Fru

oligosacharidy v těle

- enzymatická **hydrolýza na monosacharidy**
  - ➢ *invertasa ~ sacharasa, laktasa, maltasa*
- vliv na glykémii: podobný jako příslušné monosacharidy
  (platí pro využitelné)
- některé mají kariogenní účinky (sacharóza, maltóza, slabší má laktóza)



funkce enzymu sacharasa, resp. invertasa (eng.: sucrase)

disacharidy: výskyt, využití

Využití v potravinářství

výroba oligosacharidů (ze škrobů [škrob, inulin, xylan] nebo z běžných oligosacharidů [sacharóza, laktóza])
fyziologické **vlastnosti umělých** oligosacharidů:

- většinou nekariogenní (nevyužitelné ústními bakteriemi)
- mnohé nestravitelné (nízkoE potraviny)
- často prebiotické účinky (oligofruktóza, galaktooligosacharidy a laktulóza)
  např. i mateřské mléko (15 g nestravitelných oligosacharidů v litru)
  Nekompletní strávení → citliví lidé mohou pociťovat stavy jako po luštěninách a podobných potravinách s vysokým obsahem vlákniny.

hydrogenace disacharidů → **alkoholické cukry**

- rozpustné, slabě sladké (30-60 % sacharózy)
- vysokoviskózní roztoky, vaznost vody
- ⇒ snížení spotřeby cukrů
- prevence vysychání
- někdy laxativní účinky (nad 50 g sorbitolu)

Přehledový článek k dalšímu studiu:
Náhradní sladidla, jejich místo v současné diabetologii.
Eva Račická. Interní medicína pro praxi, 2012.

sladidlo	sladivost (rel. k sacharóze 100%)	kJ/g
Sacharóza	100	17
Polyglycitoly	40 – 90	13
Sorbitol	60	11
Xylitol	100	10
Maltitol	90 (prášek), 40–90 (sirup)	9
Isomalt	45–65	8
Lactitol	40	8
Mannitol	70	7
Erythritol	70	1

jediný nekalorický polyol. Vstřebává se ve střevě (90 %) a nepřeměněný je vyloučen močí. Střevní bakterie ho nefermentují (ani ty v ústech)

sladivost polyolů
(Food Technology, 9/2012)

prebiotika

nestravitelné oligosacharidy, které **stimulují** růst a aktivitu bakterií.
Např: inulin, oligofruktóza, laktulóza

prebiotika musí
1) být rezistentní vůči žaludečním kyselinám a vůči hydrolytickým enzymům
2) být fermentovatelné střevními bakteriemi
3) selektivně stimulovat růst/aktivitu střevních bakterií, které mají příznivý vliv na hostitelovo prospívání a zdravotní stav.

první a nejlepší prebiotika: OMM oligosacharidy mateřského mléka
- 15 g/l,
- rozmanité (130+),
- nenapodobitelné

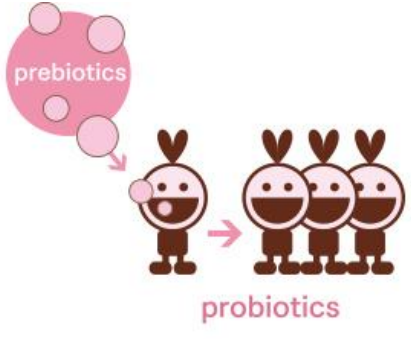
probiotika

Nejčastěji **bakterie**, které přirozeně obývají lidská trávicí trakt, pozitivně ovlivňují střevní peristaltiku.
Např. *Lactobacillus, Bifidobacterium*

původně termín pro látku produkovanou jedním prvokem, stimulující růst druhého. Později krmné a potravní doplňky. probiotika×antibiotika. Současná definice: „Probiotika jsou **živé mikroorganizmy**, které jsou-li podávány v adekvátním množství, přispívají ke zlepšení zdravotního stavu hostitele.“

synbiotika

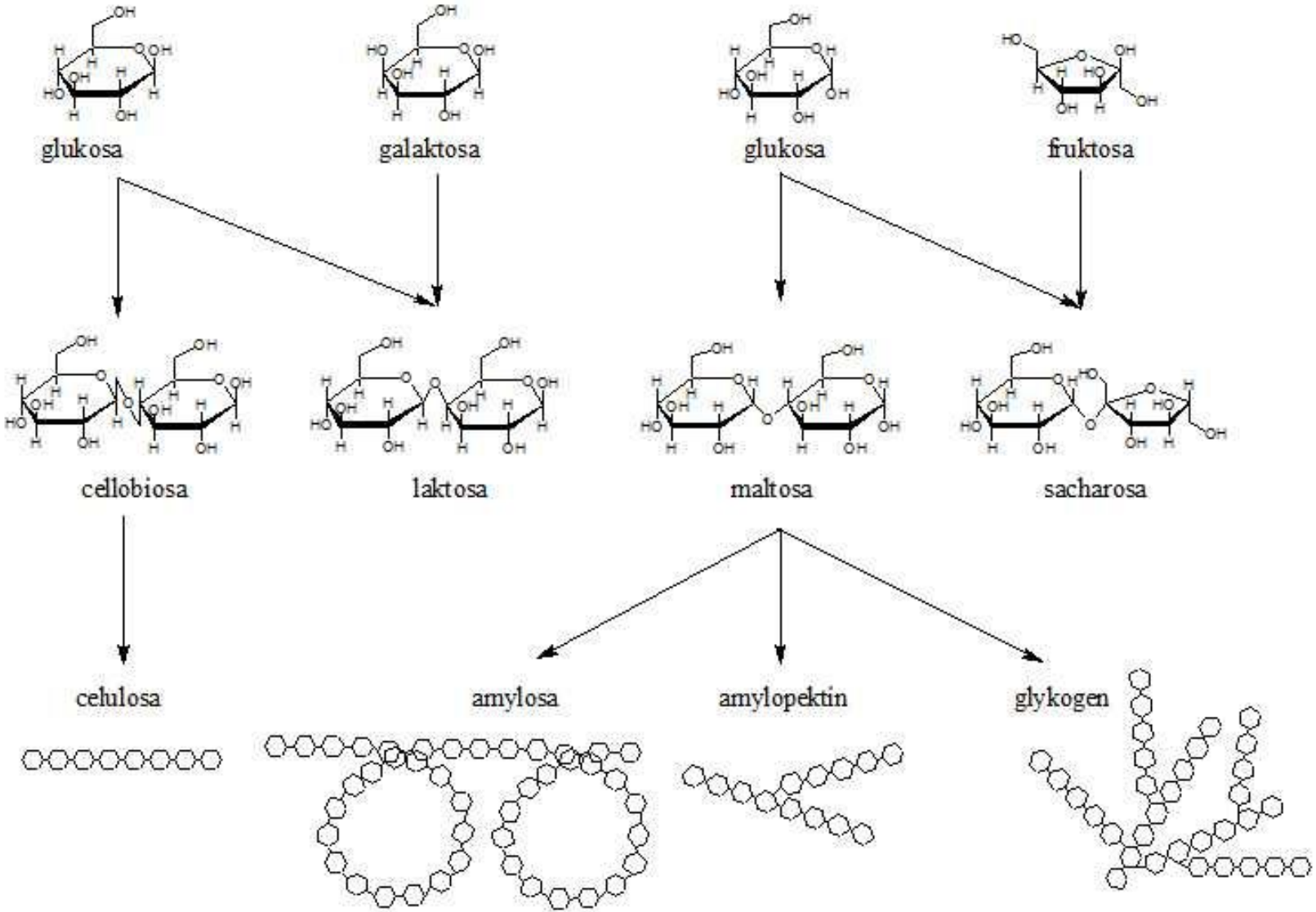
kombinace probiotik a prebiotik
například jogurt s obsahem probiotických bifidobakterií a prebiotickou oligofruktózou



prebiotický efekt různých oligosacharidů

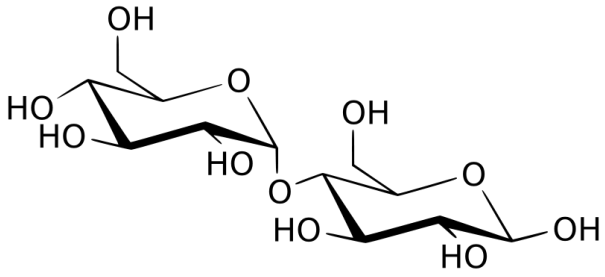
Prebiotikum	Nestravitelnost příjemcem	Fermentace bakteriemi	Selektivita	Statut prebiotika
inulin a oligofruktóza	ano	ano	ano	ano
galaktooligosacharidy	pravděpodobně	???	ano	ano
laktulóza	pravděpodobně	???	ano	ano
isomaltooligosacharidy	částečně	ano	spíš ano	ne
laktosacharóza	ND	ND	spíš ano	ne
xylooligosacharidy	ND	ND	spíš ano	ne
sojové oligosacharidy	ND	ND	ND	ne
glukosacharidy	ND	ND	ND	ne

ND – nedostupná data, ??? – předběžné výsledky, nutný další výzkum


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

maltóza

disacharid glukózy
strukturní jednotka škrobu
sladivost 30-60 % sacharózy



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

V potravinách

hydrolýzou škrobu: chlebové těsto
hydrolýzou škrobu kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae* a enzymaticky. Nejdřív obsah roste, když kvasinky spotřebují Glc a Fru, začne klesat). V chlebu až 4 %.

v klíčících semenech (slad) → produkt en. hydrolýzy
stupňovitost piva; extrakt původní mladiny EPM

v medu (3-16 %) a maltózových sirupech

maltóza je nazývána **sladový cukr**
(vzniká ve sladu hydrolýzou škrobu)

Využití

maltózové sirupy, maltooligosacharidy
hydrogenace → glukopyranosyl-glucitol (*maltitol*)

maltóza

proč ***sladový cukr***?
slad = naklíčené a usušené zrno ječmene

během klíčení dochází působením enzymů k štěpení zásobního škrobu na jednodušší cukry, především maltózu

stupňovitost piva (°) = EPM = extrakt původní mladiny
12° znamená 12 % extraktivních látek, tzn. sacharidů - především zkvasitelných - před proběhnutím kvasného procesu

stupňovitost ovlivňuje výsledný obsah alkoholu
(12° mívá přibližně 4-5% obj. alkoholu)

stupňovitost původní mladiny se měří pomocí ponorného hustoměru, případně ***refraktometricky***

maltóza

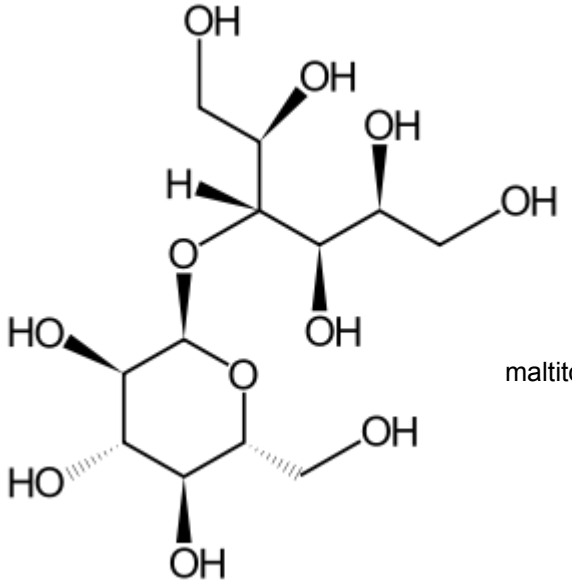
redukce na maltitol

Maltitol = produkt hydrogenace maltózy
α-D-glukopyranosyl-(1→4)-D-glucitol

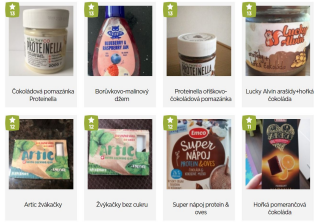
sladivost 90%, avšak jen malý vliv na hladinu krevního cukru (GI 36).

nekariogenní, slabé laxativum, stimuluje růst střevní mikroflóry, zvlhčující látka

E965: ve žvýkačkách, sladkostech, sladidlech, zmrzlinách



maltitol



ukázky potravin s obsahem maltitolu

sacharóza

řepný cukr, třtinový cukr

produkt fotosyntézy → ve vegetativních částech rostlin je mobilizována (enzym *invertasa*) při klíčení semen a zrání ovoce

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

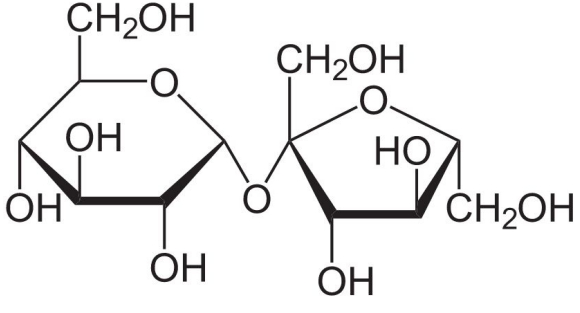
v některém ovoci ano (jablka) v jiném ne (hrozny)

hlavní průmyslový zdroj: cukrová **třtina**

u nás: cukrová **řepa** (*Beta vulgaris)*

jinde: **datle** (Irák, Alžírsko), **palmový cukr** (Indie, Kambodža, Filipíny), **javor** (Kanada, USA, Jap)

cukrová třtina (*saccharum officinarum*)



α-D-glukopyranosyl-β-D-fruktofuranosid

HISTORIE CUKRU

Nová Guinea
domestikace curkové třtiny 10 000 let
pochoutka i součást rituálů
pozvolné šíření mezi ostrovy
→ do Asie: 1000 př.n.l.

Indie
zpracování na prášek (lék na křeče, bolesti hlavy): 500 n.l.
rafinace tajná věda předávaná z mistra na učně

Persie
cca 600: sladkosti
Arabské armády si po dobytí odnesly cukr i znalosti

Arabové šířili cukr dál
zdokonalili rafinaci, 15. stol: těžká práce v rafinériích pro zajatce

Evropa poznala cukr od britských a francouzských křižáků
cukrové třtině se ale v mírných podmínkách nedaří
→ závislost na dodávkách od muslimských obchodníků
⇒ cukr vzácný (koření)

HISTORIE CUKRU #2

ostrovy v Atlantském oceánu
mořeplavci (Portugalsko, Španělsko) hledali oblasti vhodné k pěstování třtiny:

→ Madeira (1425), Kanárské o., Kapverdy
→ Karibské ostrovy (1493) - Hispaniola

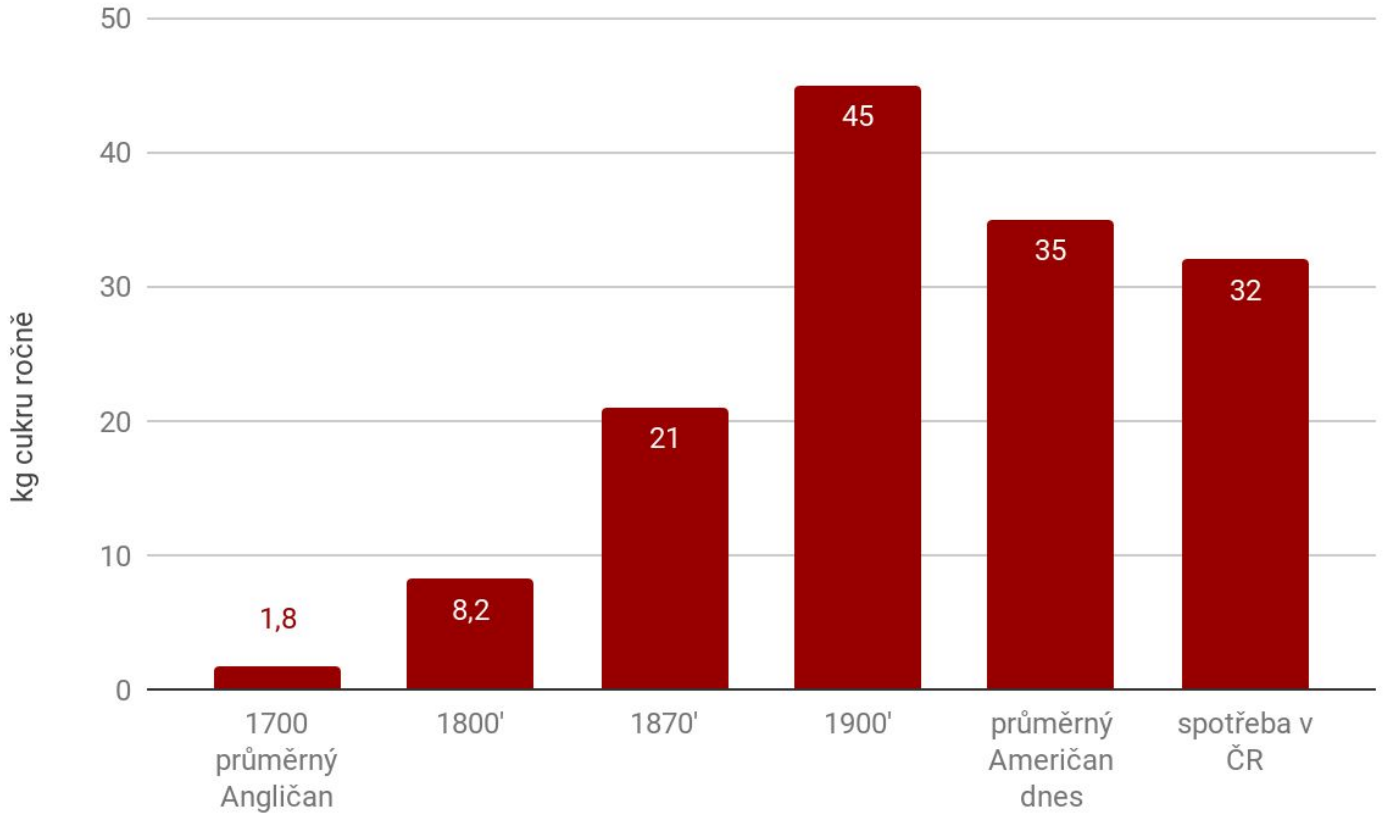
mlýn na cukr. Santa Cruz (stř. Amerika), 18.stol

HISTORIE CUKRU #3

kolonializmus
17. století cukr už běžné zboží
na vznikajících plantážích otroci z Afriky
cca 11 milionů Afričanů (½ na třtinu)

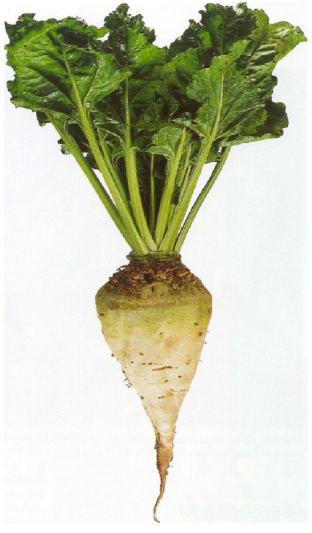
trojúhelník

cukr → Londýn, Amsterodam, Paříž:
výměna za hotové výrobky
→ západní pobřeží Afriky
→ výměna výrobků za další otroky



historická spotřeba cukru

sacharóza



cukrová řepa

výroba cukru z cukrové řepy

1. řepa → řepné řízky, **extrakce** *(resp. difuze)*
2. epurace - **čiření**: $Ca(OH)_2$
   odstraní se: bílkoviny, red.cukry, aminokyseliny, ionty
3. odstranění hydroxidu → **lehká šťáva**
   saturace CO_2, filtrace
4. zahuštění → **těžká šťáva** (60+% sacharózy)
5. **krystalizace**

→ **melasa**

96 % sacharóza (surový cukr)

1–2% voda
1% anorganické ionty
1% organické ionty

→ afinace → afináda
odstředění, promytí vodou/párou

→ rafinace →rafinovaný cukr
rekrystalizace

sacharóza

melasa

zbytek po vycukernění řepy či třtiny
~ 60% sacharosy
~ 40% necukrů
(org.+anorg. ionty, aminokyseliny-Glu, další)
liší se řepná/třtinová(obsahuje akonitovou kys.)

- využití v likérnictví, výroba lihu
- výroba rumu (rhum *melasse* = melasový (většina), vs *agricole* nebo *cane juice rhum* = z „celého“ cukru)
- krmivo pro zvířata
- substrát pro výrobu droždí

22 Pages Today

The Boston Post

EXTRA

THURSDAY, JANUARY 16, 1919

HUGE MOLASSES TANK EXPLODES IN NORTH END; 11 DEAD, 50 HURT

Giant Wave of 2,300,000 Gallons of Molasses, 50 Feet High, Sweeps Everything Before It—100 Men, Women and Children Caught in Sticky Stream—Buildings, Vehicles and L S

35 STATES ON DRY LAW LIST

Amendment Ratified by Five Yesterday—One More Needed—Predict Nation Dry July 1

SECRECY IN PEACE CONGRESS

France, Italy and Japan Outvote U. S. and Britain

BOY'S STORY AID

KNOWN DEAD

Sugar	Recognition threshold	
	mol/l	%
Fructose	0.052	0.94
Glucose	0.090	1.63
Lactose	0.116	4.19
Maltose	0.080	2.89
Saccharose	0.024	0.81

Sacharóza je referenční sladká látka pro sladivost.
Práh jejího rozpoznání odpovídá cca 2 kostkám cukru v litru.

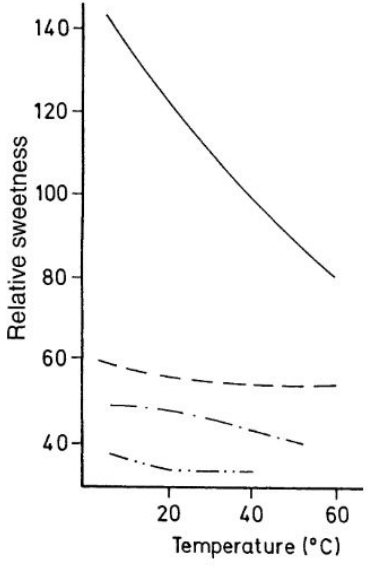


Fig. 4.4. Temperature dependence of the relative sweetness of some sugars (based on saccharose ≙ 100 at each temperature; — D-fructose, – – – D- glucose, –·–·– D-galactose, –··–··– maltose) (according to *Shallenberger* and *Birch*, 1975)

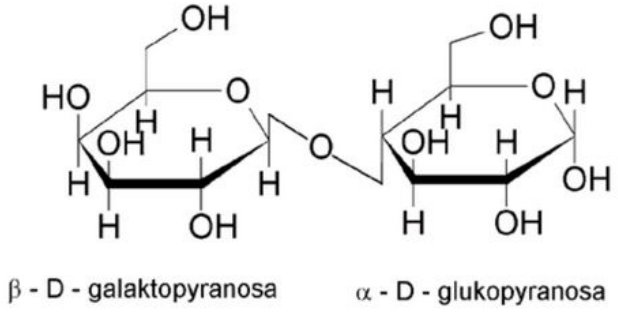
Kvalita a intenzita chuti závisí i na teplotě, pH a přítomností dalších (ne)sladkých složek.

laktóza

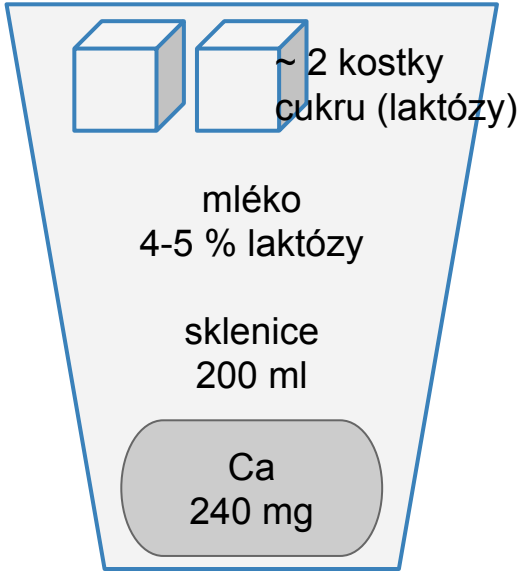
mléčný cukr
jen málo kariogenní a laxativní.
40% sladivost
v těle zpracována laktasou

výskyt: v savčím mléce (doprovázena Glc)
výroba: filtrací syrovátky kravského mléka

výživa
dobře využitelný zdroj energie
silně ovlivňuje **glykémii**



Laktosa (mléčný cukr)

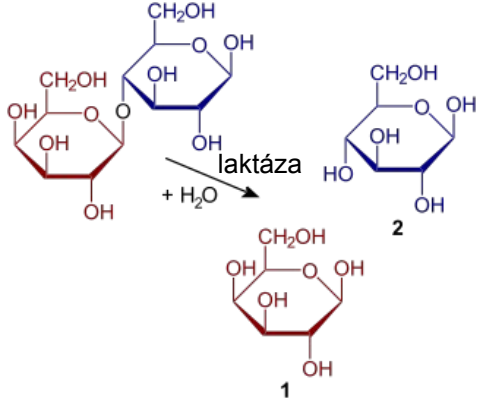


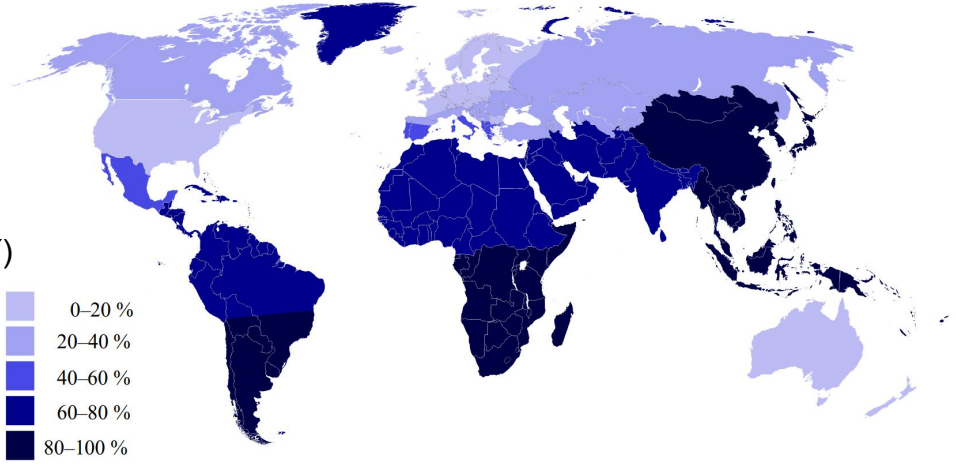
laktóza

intolerance laktózy

laktóza štěpana laktázou (β-galatosidasou) v tenkém střevě

- řada lidí neschopnost produkovat laktasu v dospělosti
- vrozená / prvotní (postupný úbytek laktázy, nejčastější) / druhotná





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

zralé tvrdé sýry neobsahují téměř žádnou laktózu

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.

laktóza je štěpena bakteriemi mléčného kvašení → vzniká mléčná kyselina

⇒ kvašené výrobky (jogurty, acidofilní mléko) obsahují snížené množství laktózy

⇒ v tvrdých sýrech (obzvlášť těch déle zrajících) je už obsah laktózy prakticky zanedbatelný

odkaz: Společnost pro výživu / laktózová intolerance

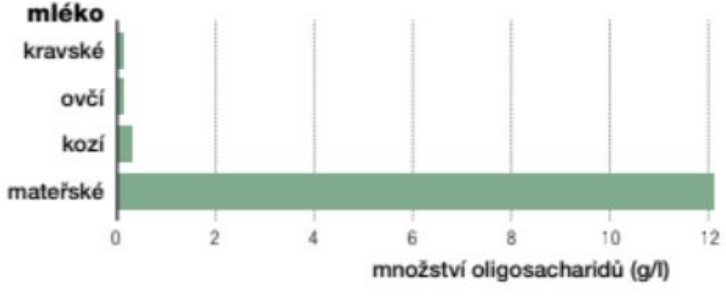
galaktooligosacharidy: **Oligosacharidy mateřského mléka**

mikrobiologie —

Zázračná složka mléka

Savci svá mláďata připravují na drsné podmínky života zázračnou žlutobílou tekutinou, vznikající v mléčné žláze matek. Jednou ze složek mléka jsou oligosacharidy – cukry složené ze 3 až 10 jednoduchých cukrů (monosacharidů). Výzkumy posledních let ukazují, že právě tato složka mléka je nenahraditelnou v boji proti infekcím a patogenním bakteriím nejen u člověka, ale pravděpodobně i u ostatních savců. A ačkoliv najdeme oligosacharidy v každém mléce, jejich složení a koncentrace se liší nejen druh od druhu, ale i jedinec od jedince.

text **ŠÁRKA MUSILOVÁ**



Z HLEDISKA množství oligosacharidů je mateřské mléko v porovnání s mléky ostatních savců nejbohatší.

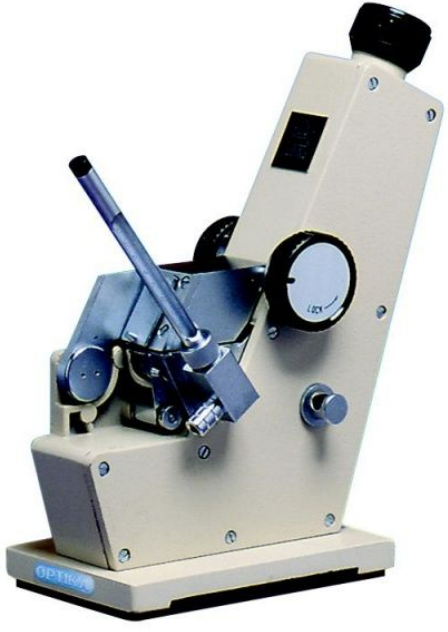
Schéma Giorgio et al., Small Ruminant Research 2018, DOI: 10.1016/j.smallrumres.2018.01.006

[přečíst]


Brix %
60
55
50
45
40
35
30
60
55
50
45
40
35
30
20℃

Refraktometrie

Abbeho refraktometr



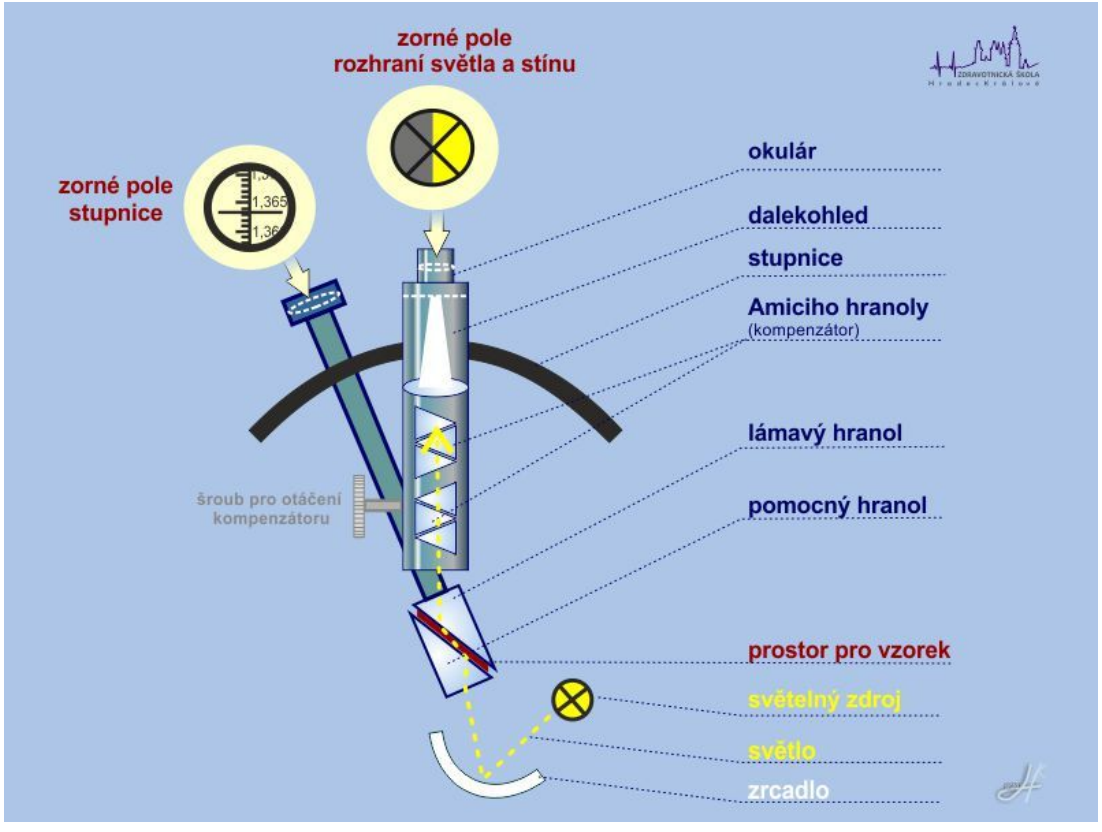


schéma Abbeho refraktometru
(z http://anl.zshk.cz/vyuka/refraktometrie.aspx)

The fish that SPITS to kill

Archerfish uses complex physics to accurately 'shoot down' flying prey with jets of water

Read more: http://www.dailymail.co.uk/

jak se co dělá: cukr

poučné čtení: [DTest: Jak chutná sirup]

polysacharidy

klasifikace - struktura řetězců

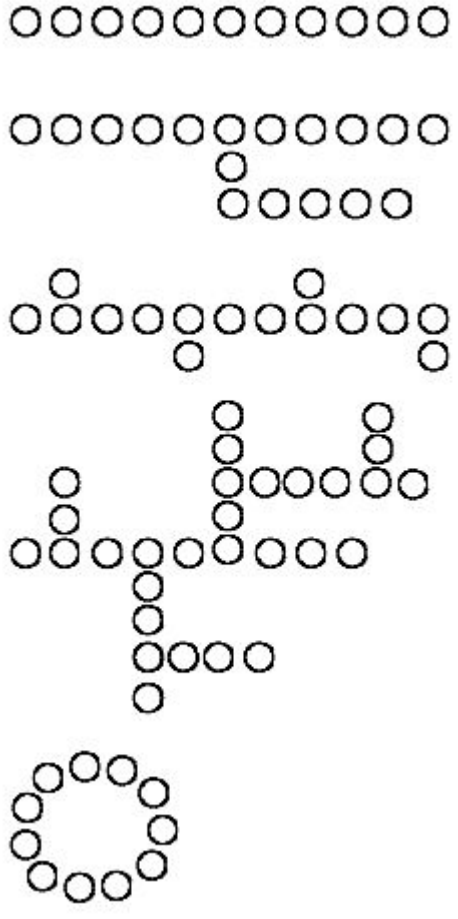
deset až milion jednotek

podle složení

- homopolysacharidy (např. škrob)
- heteropolysacharidy (většina)

podle struktury

- lineární
  - větvené
  - nevětvené
- cyklické



lineární polysacharid
amylosa, celulosa

jednou větvený lineární
dextran

substituovaný lineární
guarová guma

několikrát větvený lineární
amylopektin, glykoge

cyklický
cyklodextrin

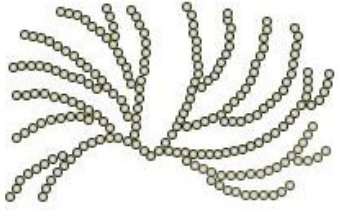
polysacharidy

struktura polysacharidů

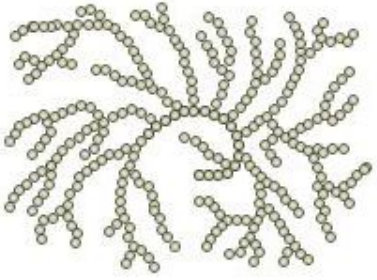
- primární - pořadí monosacharidů
  pravidelná (amylosa, arabinoxylany), ale i nepravidelná (pektin)
- sekundární
  konformace, vzájemná vazba. Lineární molekuly často vzájemné H-vazby, či dokonce šroubovicové konformace (karagenany)
- terciální
  kombinace sekundárních struktur - krystalické mikrofibrily celulosy, šroubovice karagenanu

polysacharidy jsou **polydisperzní**

Amylose



Amylopectin



Glycogen

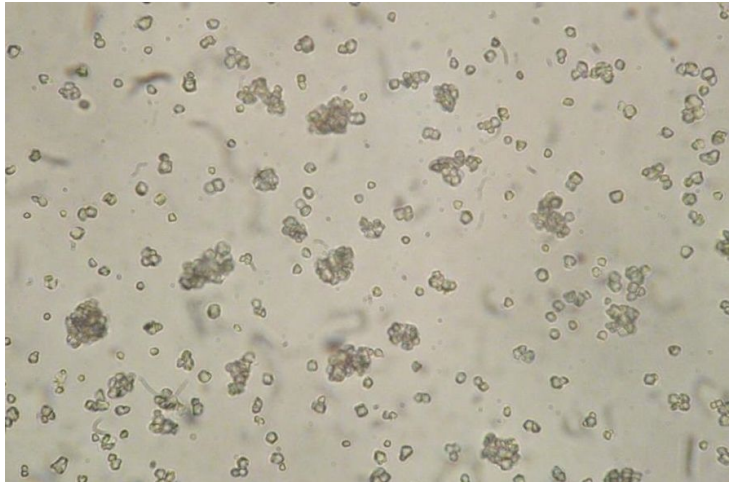
dextran

polysacharidy

klasifikace - dle původu

polysacharidy rostlin — významné pro výživu
také jako aditiva (přirozená i modifikovaná):
např. gumy, agary, algináty

polysacharidy živočichů — malý význam ve výživě



škrobová zrna rýže

podle funkce

- zásobní (rezervní) — glykogen, škrob
  - škroby (hlízy, obiloviny, …)
  - neškrobové polysacharidy (fruktany, xyloglukany, polysacharidy luštěnin, gumy semen)
- stavební (strukturní) — chitin, celulosa + necelulosové polys. (hemicelulosa [β-glukany, arabinoxylany obilovin], pektiny)
- ostatní (hydrofobizace, ochrana) — rostlinné exudáty (arabská guma) a slizy (okra)

Nutriční hledisko

využitelné — rostlinné škroby, glykogen

nevyužitelné (vláknina, dříve ~~balastní~~) — celulosa, hemicelulosa, pektin (relativně využitelný), modifikované škroby, slizy, gumy, chitin

Potravinářství: zejména stavební polysacharidy rostlin (agar, karagenany, algináty) a polysacharidy MO: xanthan

polysacharidy

výskyt v potravinách

ovoce

pektin > celulosa + hemicelulózy (zejm. xyloglukany) > lignin

škrob ubývá během zrání (jablka 3→0 %; banán výjimka: 3%)

zelenina

škrob převládající polysacharid, zráním naopak přibývá

další: celulosa (a hemi-), pektin, lignin

u některých druhů převažují fruktany (topinambury, česnek, cibule)

obiloviny

hlavně škrob, dále hemicelulózy (arabinosylany ječmene a ovsa, β-glukany ovsa)

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, glykogen)

částečně využitelné

nevyužitelné (dříve balastní)

alespoň pro monogastrické

(celulosa, hemicelulosy, pektin, lignin, aditivní škroby)

= vláknina (vláknina potravy)

~ roughage, dietary fiber

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

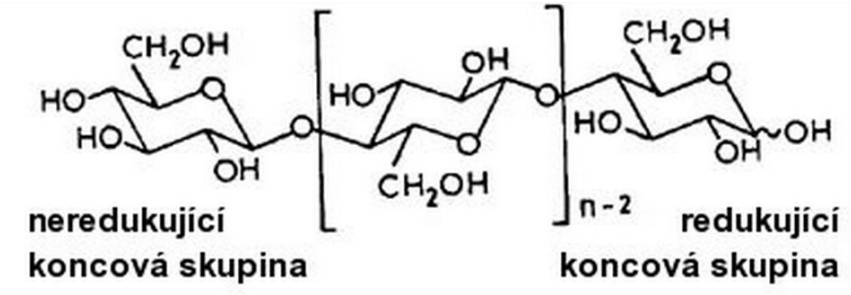
použití polysacharidů v potravinářství

- **textura potravin**, organoleptické vlastnosti
  (plnidla, zahušťovadla, stabilizátory, gelotvorné látky)
- význam roste s popularitou výrobků **se sníženým obsahem tuku**
- dříve hlavně nativní škrob, dnes **na vzestupu modifikované škroby**
  (modifikované škroby, celulosy, gumy, polysacharidy MO)
- **neškrobové polysacharidy**: gumy (guarová, lokustová), karagenany, agary, pektiny, algináty
- populární přírodní **rozpustná vláknina** (např. *Psyllium - rozp. vláknina ze semen jitrocele*), chitosan

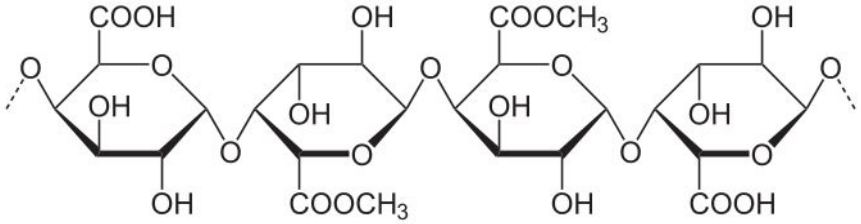
polysacharidy

stavební polysacharidy rostlin

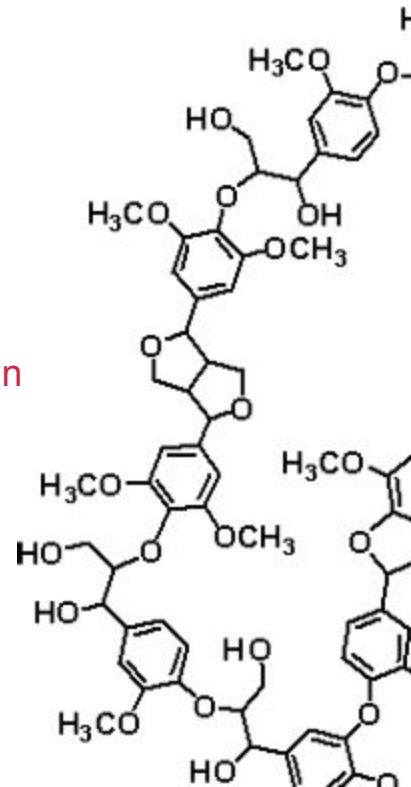
celulóza



pektin



lignin



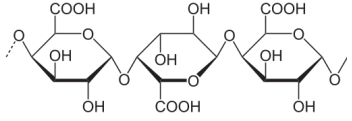
polysacharidy

zdroje a využití vlákniny

pektin

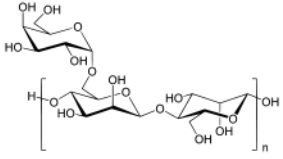
v ovoci, do marmelád, jogurtů

kys.galakturonová botná→gel



gumy (guarová, …)

podobná struktura jako pektin,
v rostl. šťávách
zahušťování, mražené výrobky

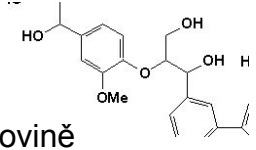


lignin

dřevnatá vláknina, nepolys.

stvoly, semena, zrna

zkoumají se jeho účinky proti rakovině

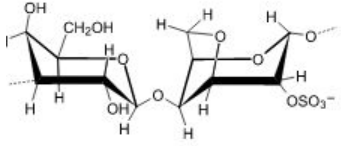


polysacharidy řas

stabilizátory, zahušťovadla

(agar, alginát, karagenan, …)

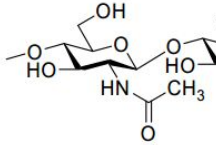
pudinky, zmrzliny

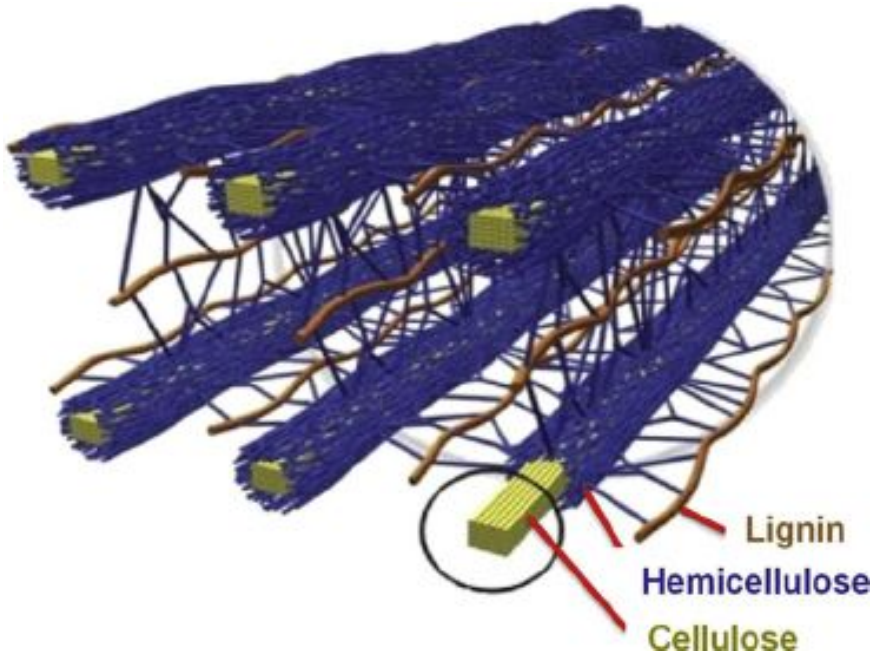


chitin

exoskelety, houby, řasy

hypocholesterolemický efekt



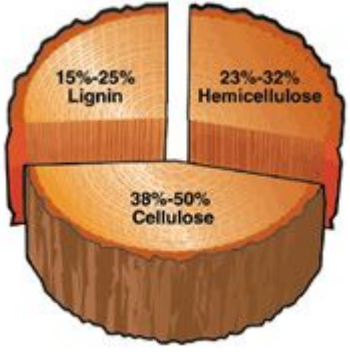


zajímavost z muni

polysacharidy

vláknina

- rostlinný původ
- neštěpitelná trávicím aparátem ⇒ nestravitelná
- nevyužitelná jako přímý zdroj E
- pr**e**biotikum
- 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

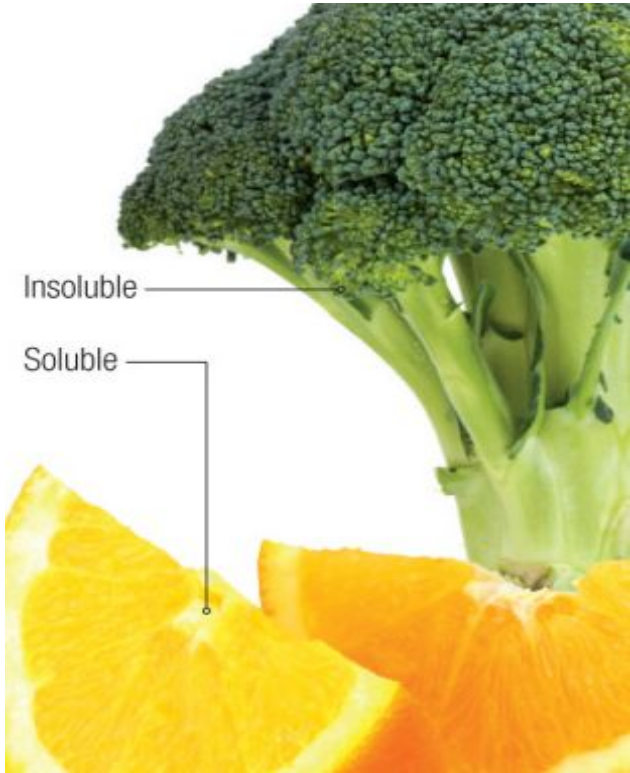
polysacharidy

vláknina

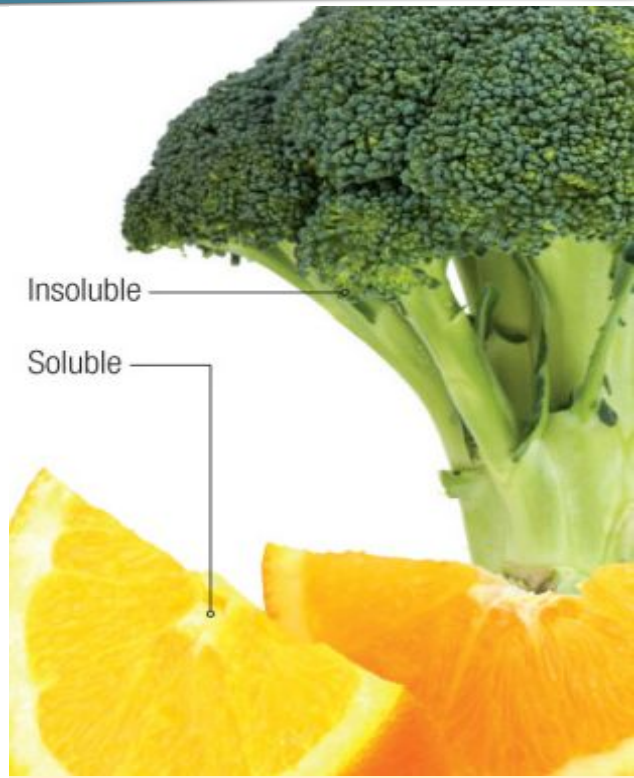
- **rozpustná vláknina**
  - *měkká*, bobtnavá, absorbuje vodu
  - substrát sacharolytických bakterií
  - pektiny, gumy, slizy, polysacharidy řas, část hemicelulos
  - zvyšuje viskozitu obsahu žaludku a střev (ovlivňuje absorpci látek)

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

ideální poměr 1 : 3



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



WHO nedoporučuje dělit vlákninu na rozpustnou a nerozpustnou.

- rozdělení platí jen pro některé ze složek obou skupin
- vždy směs různých složek vlákniny. Nelze tedy říci, že některá potravina obsahuje pouze rozpustnou či pouze nerozpustnou vlákninu.

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	★	★

Table 1. In vitro studies on the effect of fiber on mineral availability.

Type of fiber	Source	Type of study	Effect on mineral
Cellulose	Modified cellulose	Binding	Zn binding
	Rice bran	Solubility	↑Ca and Zn solubility due to cellulase treatment but no ↑ in Fe
Hemicellulose	Wheat bran	Binding	Fe, Zn binding
Water soluble hemicellulose	Rice (isolated/ purified)	Binding	Ca, Mg binding
Alkali soluble hemicellulose	Pearl millet		Liberation upon hemicellulase treatment ↑ in Fe with xylanase treatment
Hemicellulose			No effect on Zn
Pectin	Semi-purified, mostly galacturonic acid	$^{59}FeSO_4$ binding/ solubility-dialysis	Minimal binding
Highly esterified pectin	Low methoxylpectin (citrus)	Binding	Strong Fe^{3+}, Ca, Zn binding
Low esterified pectin	Citrus	Dialysis	↓10% Ca availability ↓37% Fe No effect on Zn

polysacharidy

vláknina - energie vlákniny

- v potravinách jako „sacharidy“, avšak málo využitelná
- částečně trávena ve střevě
  - rozpustná: částečně štěpena již v tenkém střevě
  - nerozpustná: odolává, částečně až v t.s.
- obojí hlavně mikroorganismy (→ krátké mastné kyseliny: 2-4C)
- zisk cca 3 kJ/g (vs. škrob 17)
- ovlivnění glykemického indexu

Vysoký obsah vlákniny	Střední obsah vlákniny	Nízký obsah vlákniny
Zelenina		
Zelený hrášek (12) Listový špenát (7) Mangold	Srdíčka artyčoků Výhonky fazolí Fazolky zelené (3) Brokolice (4) Růžičková kapusta (3) Mrkev (3) Lilek Kukuřice cukrová Kapusta, zelí (3) Kedlubna Rebarbora Brambory se slupkou Pórek (4)	Výhonky vojtěšky Chřest (1) Květák (2) Celer (2) Okurka, salát (2) Cibule, česnek, houby (2) Brambory bez slupky (2) Ředkvička (1) Rajče, paprika (1) Cuketa
Ovoce		
Neloupané jablko Avokádo Ostružiny (8) Borůvky Maliny Rybíz (9) Fíky, datle Hrušky Sušené švestky (17) Rozinky (35)	Oloupané jablko Kiwi Mango Pomeranč, mandarinka Švestky (4) Jahody	Meruňky (2) Banány (1) Třešně (1) Grapefruity Hroznové víno (1) Broskev (2) Ananas (1) Meloun (0)
Chléb		
	Žitný chléb 100% Celozrnný chléb nebo pečivo (7)	Částečně celozrnný chléb Bílý chléb nebo pečivo Pita chléb Tortilla
Těstoviny		
Celozrnné těstoviny		Ostatní těstoviny
Zrna		
Otruby (44) Ječmen Popkorn	Hnědá rýže	Bílá rýže
Ořechy a semena		
Mandle (15) Lněné semínko (14) Sója	Arašídy (5), arašídové máslo (7) Vlašské ořechy (5) Kokos Pistácie Lískové ořechy (6) Slunečnicové a sezamové semínko	
Luštěniny		
Všechny druhy fazolí (7) Všechny druhy čočky (8)		

zdroj:
GROFOVÁ, Zuzana. Vláknina. *Medicína pro praxi*, 2009, 206-208.

polysacharidy

vláknina - metody stanovení

více možností

(ne)enzymaticko-gravimetrické metody

enzymaticko-chemické (kolorimetrické/chromatografické)

nejčastější postup

enzymaticko-gravimetrický postup podle AOAC
(Association of Official Analytical Chemists)

umožňuje stanovit: polysacharidy buněčných stěn, část rezistentního škrobu, gumy, slizy a lignin.

TOTAL DIETARY FIBER ASSAY

Heat Stable, α-Amylase, incubation at pH 6.0, 15 min., 95 °C
↓
Protease incubation at pH 7.5, 30 min., 60 °C
↓
Amyloglucosidase incubation at pH 4.5, 30 min., 60 °C
↓
Ethanol Precipitation
↓
Alcohol and Acetone Washes
↓
Drying
↙ ↘
Kjeldahl Protein Determination | Ash Determination 5 hour, 525 °C
↘ ↙
Calculation of Total Dietary Fiber

Summary of Procedure

This assay determines the total dietary fiber content of food using a combination of enzymatic and gravimetric methods. Samples of dried, fat-free foods are gelatinized with heat stable α-amylase and then enzymatically digested with protease and amyloglucosidase to remove the protein and starch present in the sample. Ethanol is added to precipitate the soluble dietary fiber. The residue is then filtered and washed with ethanol and acetone. After drying, the residue is weighed. Half of the samples are analyzed for protein and the others are ashed. Total dietary fiber is the weight of the residue less the weight of the protein and ash.

sigma-aldrich

polysacharidy

příjem vlákniny

vláknina dříve *balastní látka* → snahy o omezení,

Napoleonův kuchař Parmentier: omezení vlákniny v chlebu na přelomu 18/19.stol. (*menší objem, energeticky bohatší, méně se kazí*)

Bílý chléb získal převahu až v minulém století.

Během 20. století velká proměna stravovacích návyků

nízký příjem do jisté míry civilizační choroby

Vláknina je faktorem nižšího výskytu střevních chorob (např. kolorektálního karcinomu) africké oproti evropské populaci

průměrný příjem v Česku 12 g/den*

(98 % populace < 25 g)

v USA: 15 g

doporučený denní příjem: **30 g**

rozpustná:nerozpustná **1:3**

* snad jediný podobný zdroj: P. Kohout: Vláknina: proč, jak a kdy? (online)

	Daily fiber consumption
Recommended	>30 g/d
Actual intake	<20 g/d
Rural Chinese	80 g/d
Paleolithic ancestors	>100 g/d
Native Americans > 100 years ago	>100 g/d
Rural Africans	120 g/d
Hunters/gathers	123 ± 7
Chimpanzee	>200 g/d

Bengmark, S., & Martindale, R. (2005). Prebiotics and synbiotics in clinical medicine. *Nutrition in clinical practice*, *20*(2), 244-261.

ZDROJ VLÁKNINY

Tvrzení, že se jedná o potravinu, která je zdrojem vlákniny, a jakékoli tvrzení, které má pro spotřebitele pravděpodobně stejný význam, lze použít pouze tehdy, obsahuje-li produkt alespoň 3 g vlákniny na 100 g nebo alespoň 1,5 g na 100 kcal.

S VYSOKÝM OBSAHEM VLÁKNINY

Tvrzení, že se jedná o potravinu s vysokým obsahem vlákniny, a jakékoli tvrzení, které má pro spotřebitele pravděpodobně stejný význam, lze použít pouze tehdy, obsahuje-li produkt alespoň 6 g vlákniny na 100 g nebo alespoň 3 g na 100 kcal.

SZPI: Výživová a zdravotní tvrzení

chitin (a chitosan)

2. nejrozšířenější polysacharid na zemi (po celulose).
lineární polymer z jednotek N-acetylglukosaminu a glukosaminu

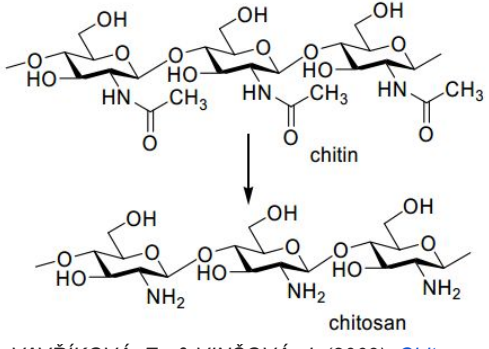
stavební polysacharid bezobratlých, hub (žampiony), plísní (*Aspergillus oryzae, A.sojae, např. fermentované sójové boby*)
a kvasnic (*Saccharomyces cerevisiae*)

Ve stravě:

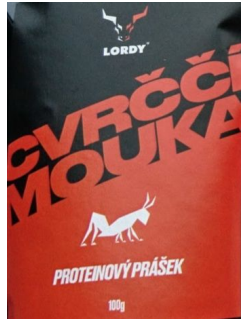
- houby,
- některé fermentované potraviny (sója),
- hmyz, celí korýši, stopově v pečivu (z kvasnic)

Komerčně z krunýřů mořských bezobratlých (po odstranění bílkovin)

deacetylací ⇒ **chitosan**



VAVŘÍKOVÁ, E., & VINŠOVÁ, J. (2009). Chitosan a jeho farmaceutické aplikace. Chemické listy, 103, 56-65.



chitosan
hlavní podíl glukosaminu
⇒ rozpustný ve vodě, nerozpustný v zásadách

tvoří viskózní disperze;
stejně jako chitin nestravitelný, navíc snižuje hladinu cholesterolu a tuků v séru;
emulgátor margarínů, zahušťovadlo, farmacie, kosmetika

doplněk k hubnutí, ale také nosič léčiv

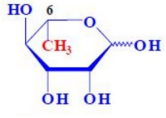
pektiny

- značně **polydisperzní polysacharidy**
- obsaženy **v pletivech vyšších rostlin**
- **ovlivňují texturu** ovo-zel
  - ovoce ~1 % (hodně: jablka, slívy, rybíz; brusinky, málo: třešně, borůvky <0.5 %)
  - zelenina max 0.5 % (mrkev, rajčata)
- gely málo viskózní (nevyužívá se k zahušťování), viskozitu zvýší sacharóza a Ca^{2+}

Strukturu tvoří **tři domény:**

a) **polygalakturonát**, částečně esterifikovaný methanolem a acetátem (25-100 jedn., až 75 % esterifikováno)

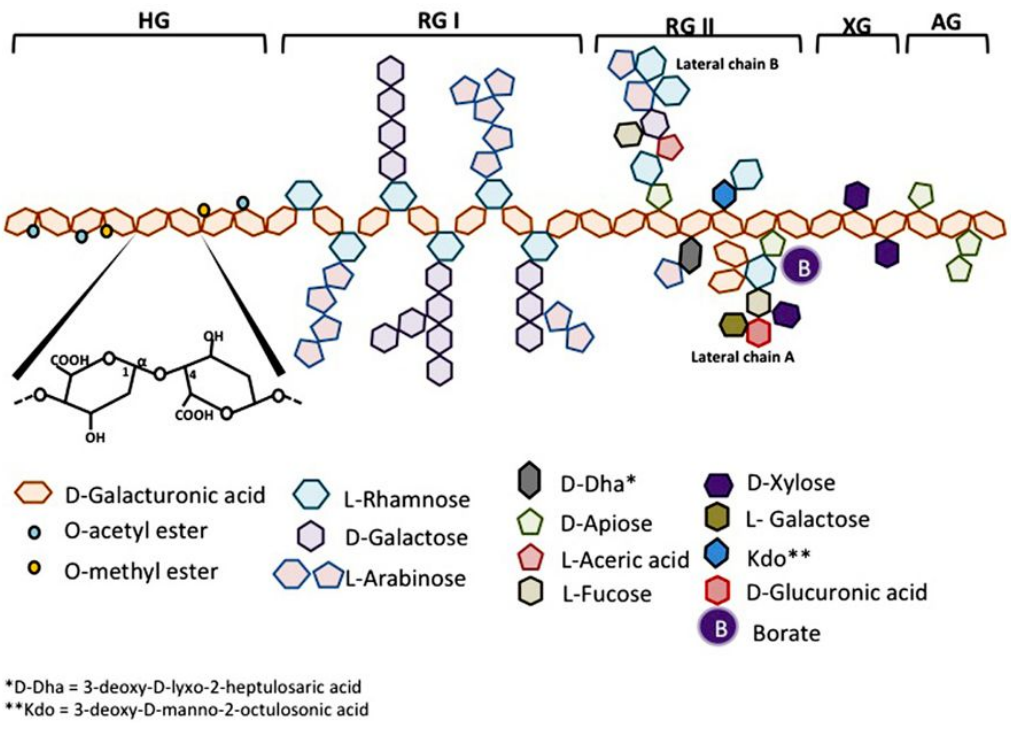
b) **rhamnogalakturonan I**



slepé větve zakončene rhamnózou (její celk. obsah 1-4 %).
Také arabinóza a galaktóza.

c) **rhamnogalakturonan II**

obsahuje navíc další další cukerné zbytky, řetězce zesítěny kyselinou boritou



Anti-cancer activities of pH- or heat-modified pectin.
Lionel Leclere, Pierre Van Cutsem and Carine Michiels.
Front. Pharmacol. 2013

pektiny

Enzymatická hydrolýza pektinových látek

nativní enzymy ovoce i zeleniny (pektinesterasy, pektindepolymerasy), v kyselém i alkalickém prostředí
hydrolýza esterových vazeb → nízkoesterifikované pektiny (**pektové kyseliny**),
reagují s Me^{2+} kationty → **spontánní želírování** (ovocné šťávy), tvrdnutí (brambory, květák)

enzymy lze inaktivovat teplem, za cenu změny chuti

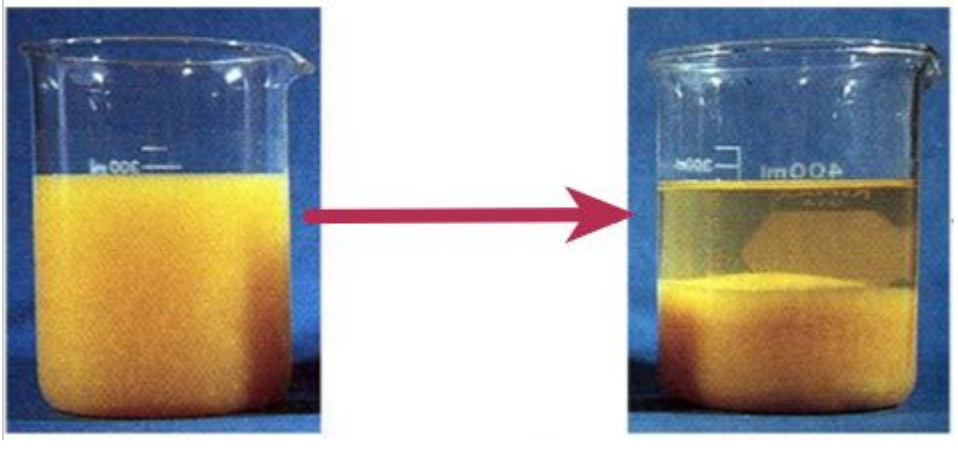
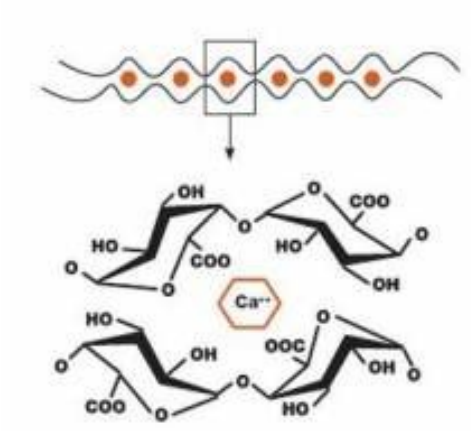


foto: Food chemistry (lecture). Dr Boominathan.

pektiny

nízkoesterifikovaný pektin
(množství -COOH skupin)

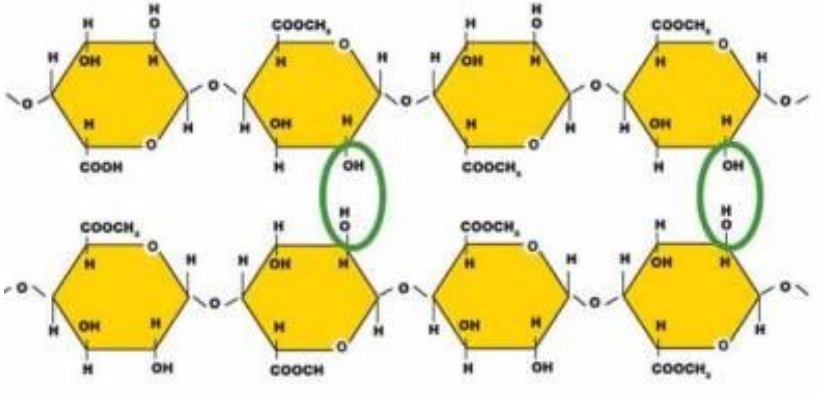


Tvorba gelů závisí na esterifikaci pektinu. Vysoceesterifikované pektiny (>50%) tvoří **gely s cukrem v kyselém prostředí**. Uchovávají strukturu i po ochlazení.

Tvorba pektinových gelů:

- **cukr** váže vodu, dehydratuje pektin
- **kyseliny** potlačují disociaci COOH skupin. Čím více skupin esterifikováno, tím méně kyselin je k tvorbě gelu třeba.
  - rychle želírující pektiny tvoří gely při pH ~3.3
  - pomalu želírující při ~2.8
  - nízkoesterifikované (<50 %) pektiny vyžadují k želatinaci přítomnost Ca^{2+} iontů. Jsou však termoreverzibilní.

vysoceesterifikovaný pektin



grafika: silvateam.com

Zásadní složky marmelády

Pektiny

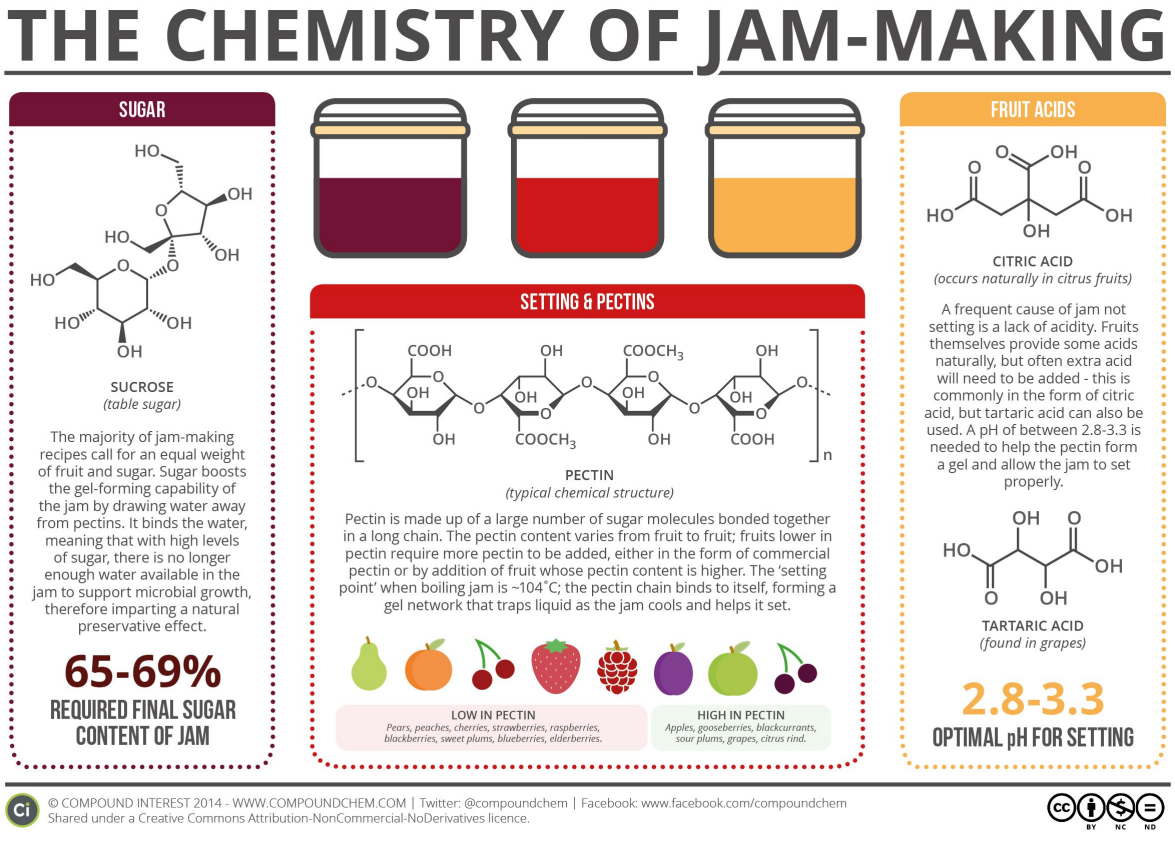
Vařením jsou uvolněny ze slupek a jader a vzájemně se spojují do gelové sítě. Gel váže vodu a zůstává stabilní i po ochlazení (není termoreverzibilní). Obsah pektinu v ovoci se různí (někdy třeba přidat jiný druh či želírovací směs)

Cukr

Důležitý pro chuť i samotný vznik marmelády. Poměr s ovocem asi 1:1. Váže vodu, což vede k většímu síťování pektinu (nejsou rozpuštěny). Snížení aktivity vody také zabraňuje bakteriálnímu růstu.

Kyseliny

Ionizace pektinových COOH skupin působí repulzi molekul → snížení pH ji omezuje. Množství přirozených kyselin (citronová, jablečná, vinná) často nestačí.



polysacharidy

glykogen

jeden z mála živočišných polysacharidů

významných ve výživě (obsah v mase cca 0,1–0,2 %)

zásobní zdroj Glc pro buňky

(živočišné, bakteriální, plísně i houby)

v těle 250 až 800 g

- svalový: ⅔ , zdroj E (díky množství redukujících konců)
- jaterní: ⅓ , granule v cytoplazmě ,
  udržuje glykémii (pokles → glukogenolýza)

role **post-mortem**

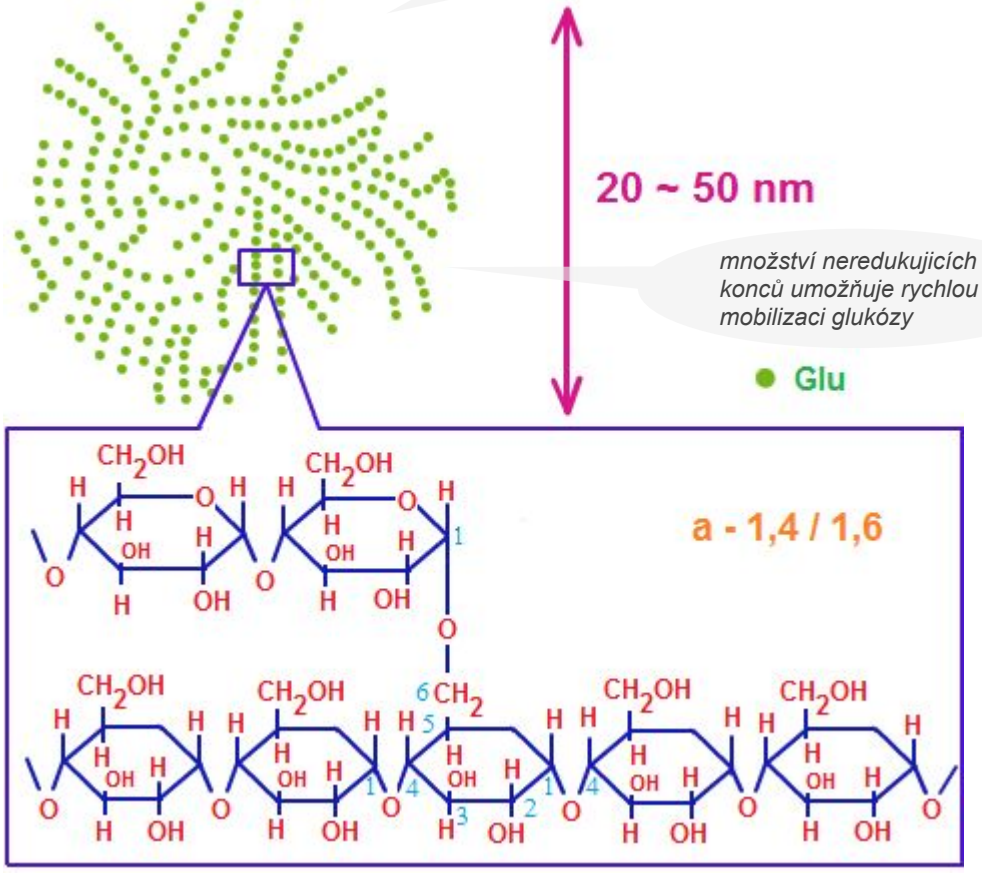
(anaerobní glykolýzou → kys. mléčná → zrání)

⇒ množství glykogenu vliv na kvalitu masa

v potravě zpracován α- a β-amylasou

→ dextriny → Glc, maltóza

strukturou se glygoken velmi podobná složce škrobu amylopektinu ⇒ „živočišný škrob“



množství neredukujících konců umožňuje rychlou mobilizaci glukózy

>10^6 Glc vázaných α-(1→4) , jednou za 8-12 jednotek vazba α-(1→6)

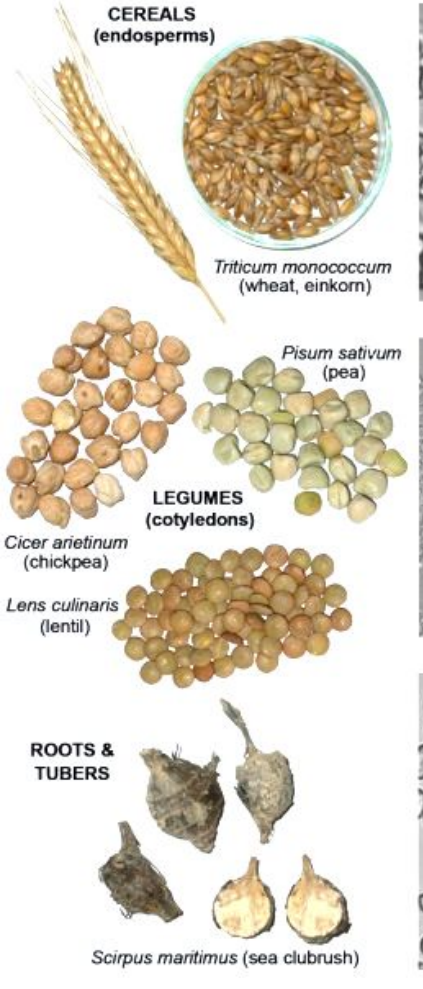
škrob

amylum, starch

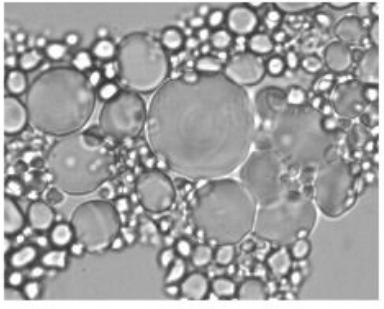
- hlavní zásobní polysacharid rostlin
- v plastidech - organelách v cytoplazmě(zde i biosyntéza)
  → přes den v pletivech fotosyntézou *přechodný škrob*,
  → v noci je zdrojem sacharózy → semen, plodů, hlíz, kořenů,
  → tam syntéza zásobního škrobu v amyloplastech
  → skladování: *škrobová zrna* (granule)

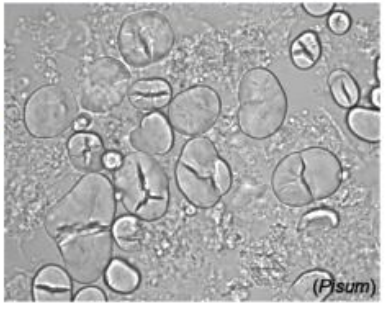
struktura škrobu

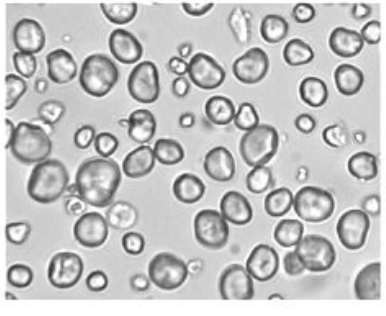
- **amylosa**
- **amylopektin**
  obvykle v poměru 1:3, ale i speciální odrůdy
  - amyloškroby
  - voskové odrůdy (víc amylopektinu)



bimodální distribuce granulí cereálních škrobů 20 a 5 μm







škrob

základní složky škrobu: homopolysacharidy amylosa a amylopektin

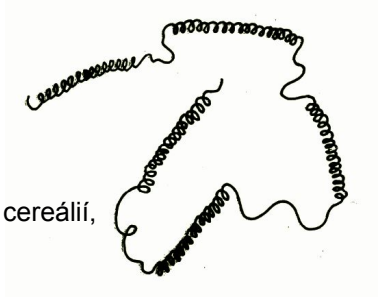
Amylosa

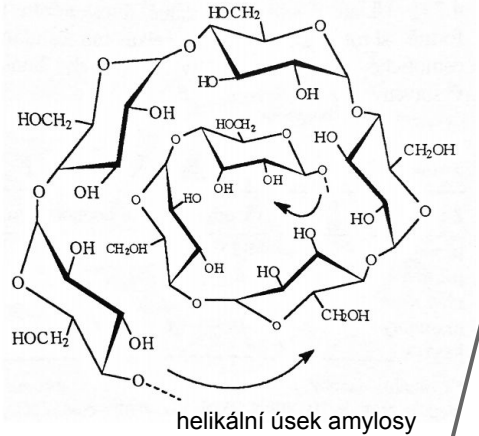
α-D-(1→ 4)-glukan

lineární molekula

částečně esterifikována P (0,0x%)

polydisperze: 1000-2000 jednotek u cereálií,
4500 brambor



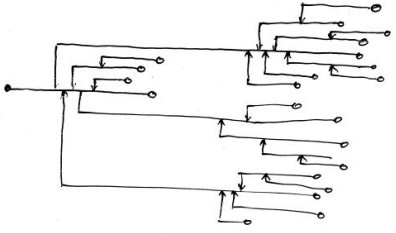


helikální úsek amylosy

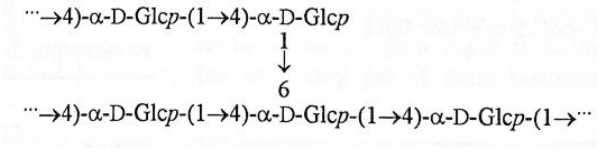
Amylopektin

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

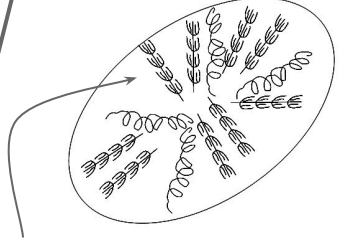
částečně esterifikován



stupeň polymerace 50k až 1M
větvená struktura A(vnější řetězec),B(vnitřní),C(hlavní)



větvení amylopektinu



radiálně amylopektin, kolem **asociovaná amylosa**, v helikálních částech amylos **inkluze lipidů**, v povrchových vrstvách granulí **malé množství bílkovin** (např. friabilin, mající vliv na pevnost zrn)

ukládaná forma: škrobová zrna

škrob

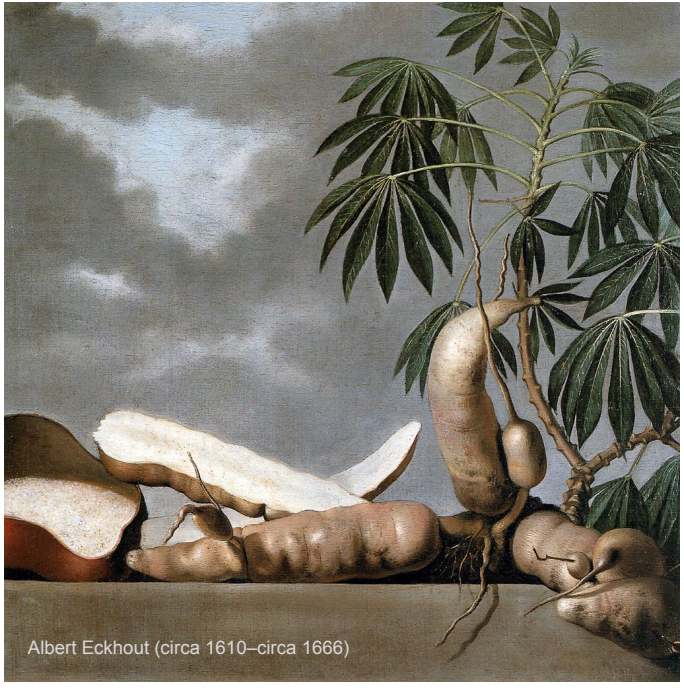
zdroje a výroba škrobu

u nás:
brambory, obiloviny

jinde také:
sladké brambory,
maniok

ovoce, semena:
banány, kaštany, oříšky

Rostlina	obsah škrobu (%)
rýže	70-80
brambory	17-24 (v sušině až 85 %)
ječmen	52-62
pšenice	59-72
žito	52-57
kukuřice	65-75
fazole, čočka, hrách	46-54



Manihot esculenta
maniok jedlý ~ cassava ~ yuka ~ tapioka

škrob

výroba z brambor

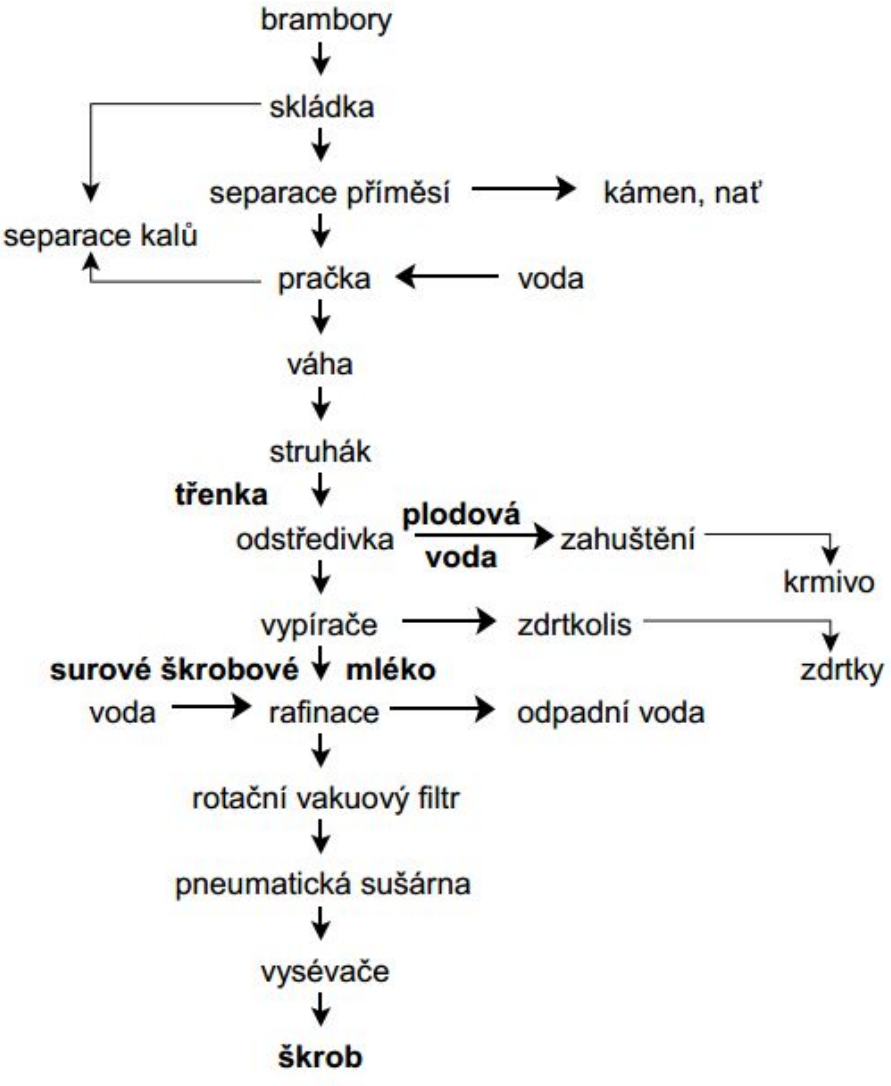
zrna v amyloplastech volná, nevázaná

⇒ jednoduchý postup

hustota ~ 1,6 g/cm^3

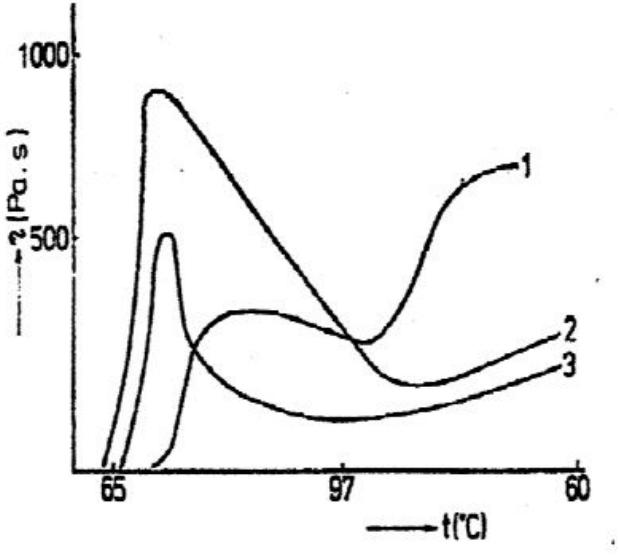
→ dekantace

→ čistý škrob



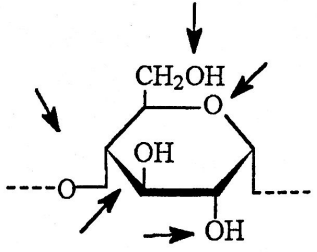
škrob

mazovatění, želatinace



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

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



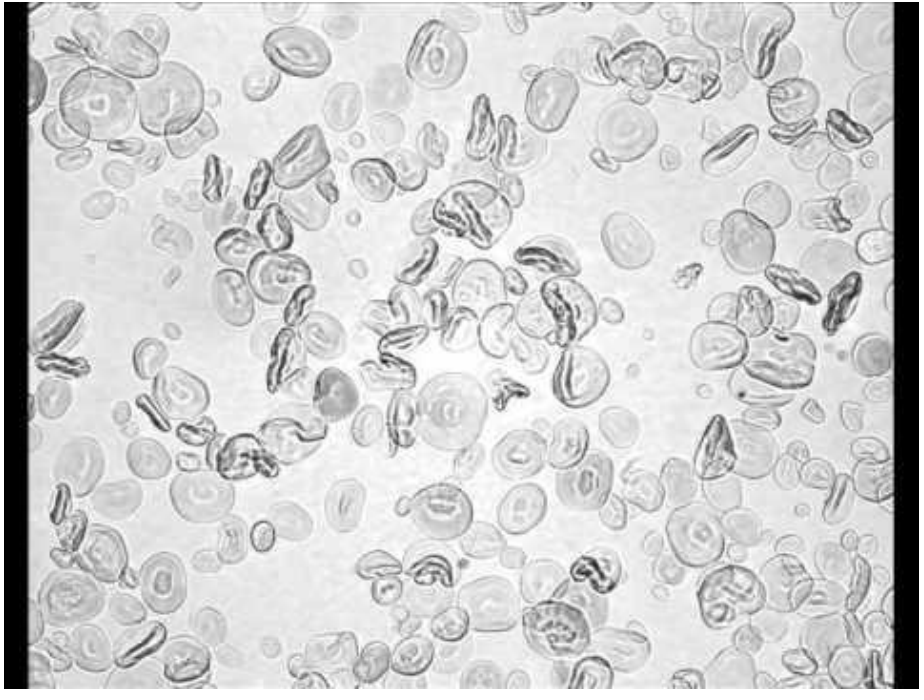
místa interakce glukanů s vodou.
Na 1 Glc připadá 1,5 vody

Záhřevem roste absorpce vody (vratná), než nastane **botnání**.
Po dosažení teploty cca 60 °C rozrušování mezimolekulárních vodíkových můstků (počáteční **želatinační teplota**)
→ **želatinace**

nevratný proces: prudké zvětšování objemu zrn, hydratace nových skupin, amylosa difunduje do roztoku → **škrobový maz** (=kolapsovaná, mnohonásobně zvětšená zrna [1g až 200ml] obklopená amylosou)

se zvyšující teplotou pokračuje hydratace, zrna ztrácejí integritu (rozmezí teplot 10–15 °C). Nad teplotou mazovatění hydratace pokračuje natolik, že vodíkové můstky jsou zpřetrhány a dochází k **desintegraci zrna**

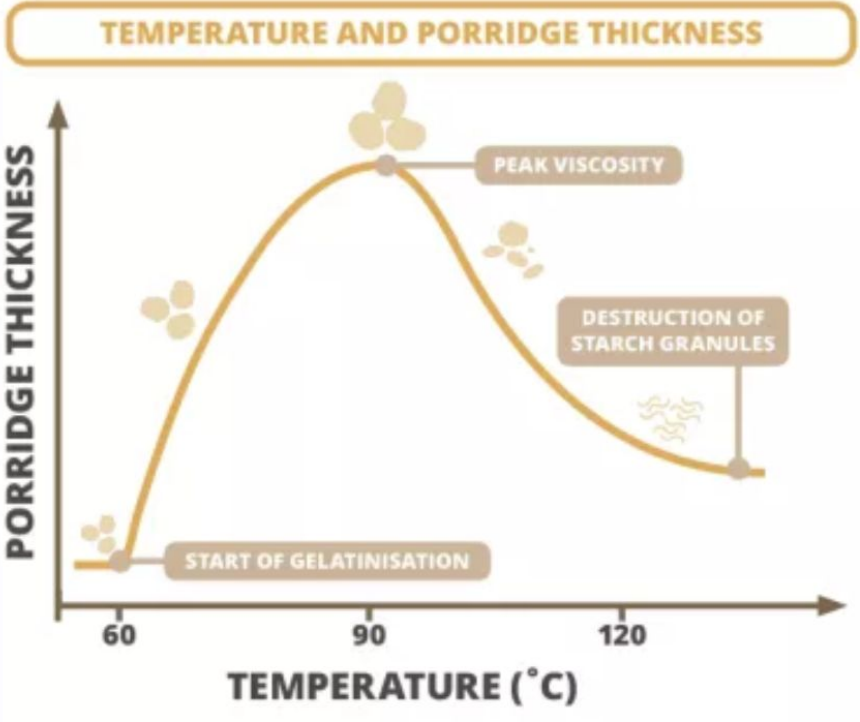
zchlazení: **škrobový gel** (obnova H-vazeb, podle stupně degradace, poměru PS, =želatinované granule v matrici tvořené amylosou)



Heat Gelatinization of Wheat Starch (low iodine)

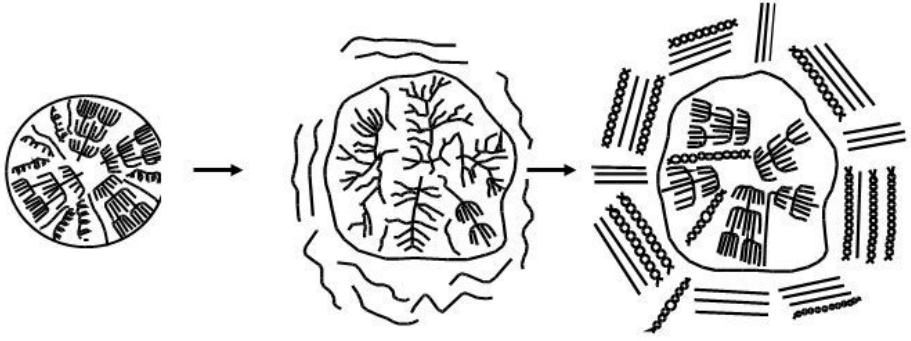
GuelphCerealLab

Odebírat 40



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 amylosy)
• závislá na obsahu vody (20-90%, nejvíc ~50)

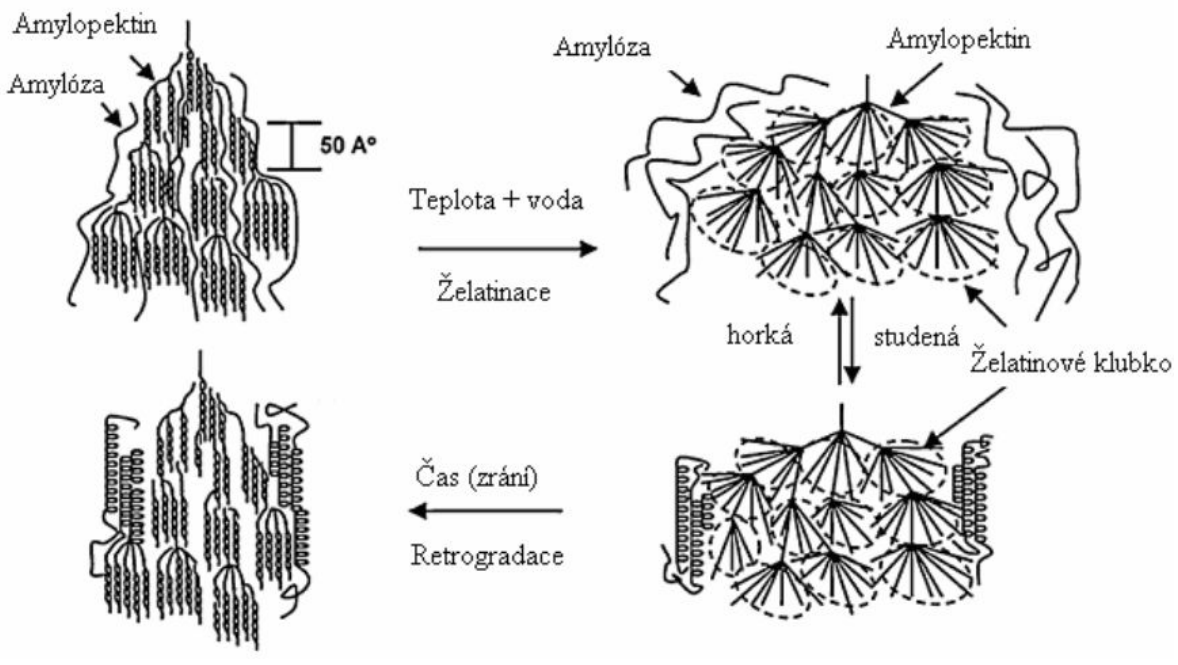
Podle teploty:

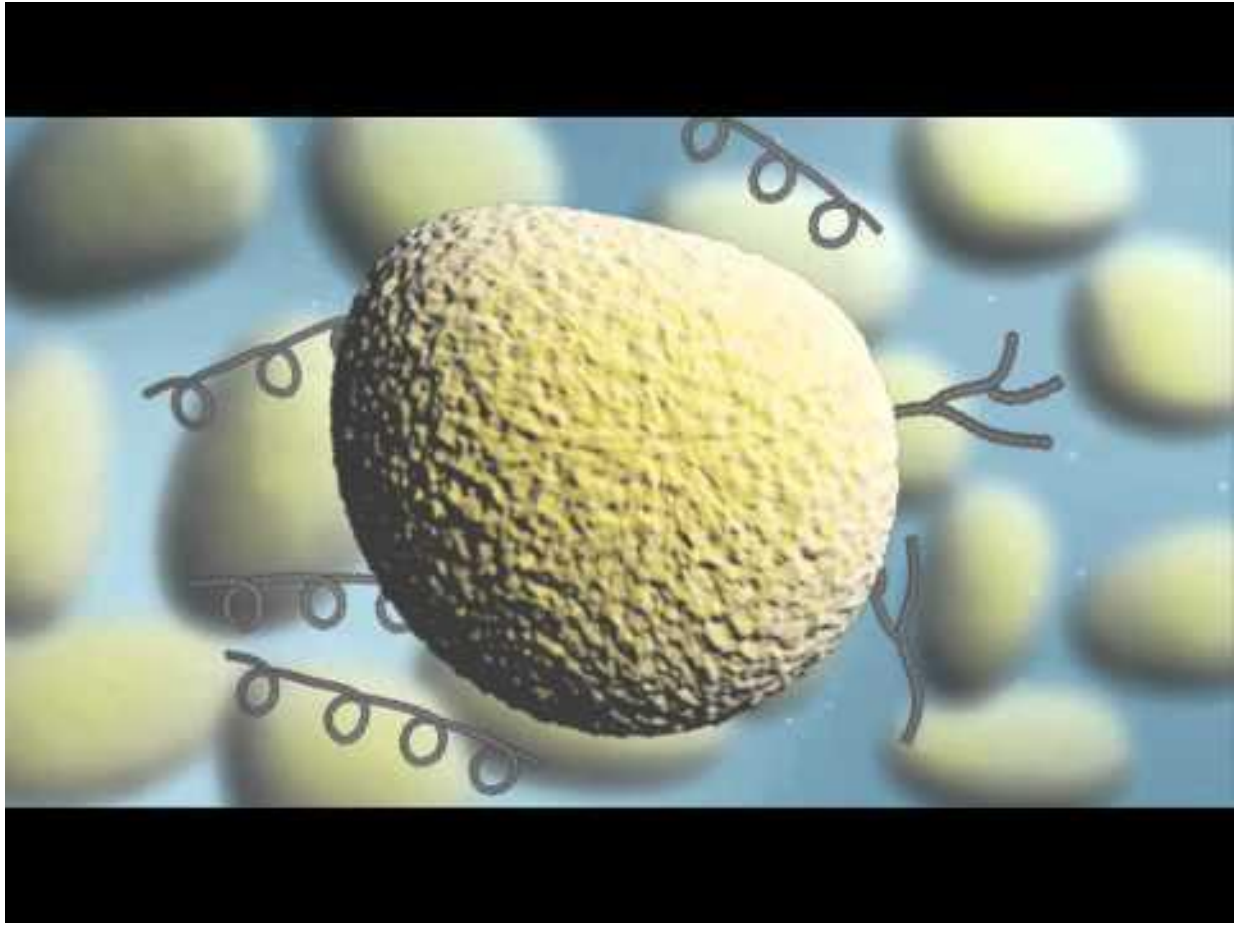
pod -5 °C	retrogradace inhibována
-5 až 25 °C	vysoká míra retrogradace
> 30 °C	potlačení retrogradace
> 65 °C	žádná retrogradace

mražené potraviny:
→ vhodnější vysoký poměr amylopektinu

škrob

mazovatění





A Tasting of Culinary Science—Starch

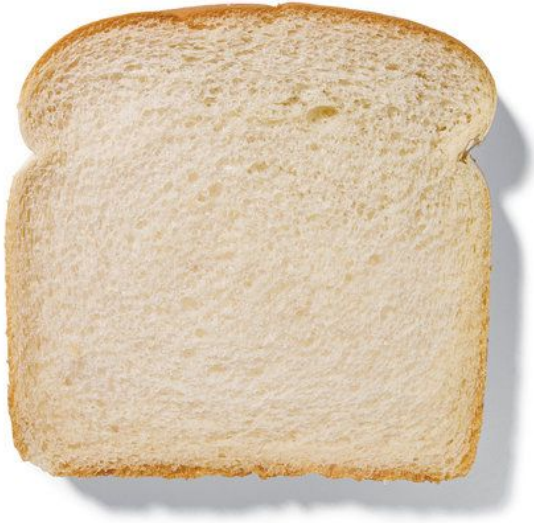
The Culinary Institute of America

Odebírat 74 154

škrob

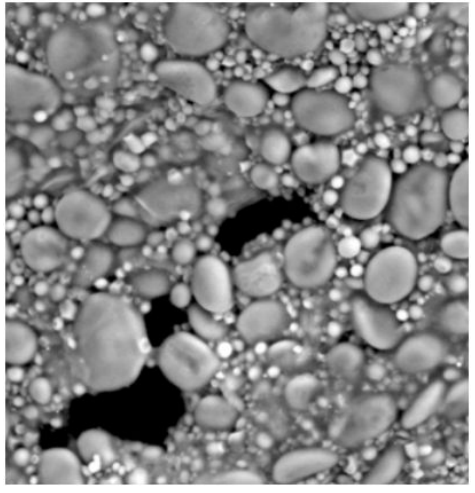
změny při pečení

?



škrob

změny při pečení chleba



škrobová zrna v pšeničném těstě

- cca desetina škrobových zrn poškozena mletím
- **enzymová hydrolýza** při kynutí působí α- a β-amylasy
  - **amylosa**

    α-amylasa (endoglykosidasa ~ dextrinogenní) štěpí 1→ 4 vazby

    → Glc, maltosa, limitní α-dextriny

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

    α i β-amylasy: cca z poloviny; jen do míst větvení

    vazby α(1→6) nejsou štěpeny → neštěpitelné dextriny (postupně hydrolyzovány pullulanasou a isoamylasou)

- rheologické vlastnosti těsta řídí **lepek** (v případě pšenice gel z gliadinu a gluteninu),

  interakce granulí s bílkovinami a mazovatění škrobu
- **štěpení polysacharidů amylasami i při teplotách** ~ 90 °C (déle při nižší teplotě→víc cukrů, např. pumpernickel)
- **želatinace** omezena nedostatkem vody
- tuk, olej a emulgátory zpomalují botnání a omezují želatinaci (bílé pečivo obsahuje méně tuku a želatinuje víc)
- kůrka: **pražné dextriny**: α-(1→ 6) a etherové (6→ 6) vazby. (160°C+: neenzymová hydrolýza a následná kondenzace)
- **retrogradace → tvrdnutí chleba** (krátkodobá reželatinace rozpečením)

Stárnutí a tvrdnutí pečiva

zahrnuje **různé děje**:

- kůrka tuhne a stává se žmoulavá
  vlhkost prochází z chleba ven skrze kůrku
- chléb celkově schne
- ztrácí se aroma
  vonné látky vytěkají a/nebo jsou vázány na škrob, částečně uvolnitelné zahřátím
- střídka bělá a průhlední
  škrob retrograduje (urychleno nižší teplotou, avšak zastaveno zmražením)

měkké pečivo bývá běžně v plastu - dobře uchová vlhkost

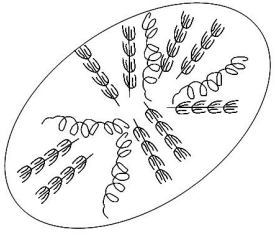
Křupavé pečivo se prodává v papíru. Francouzská bageta vydrží do večera křupavá v papírovém pytlíku, během pár dní ale zkamení.

možnosti uchování pečiva

- papírový pytlík
  pečivo zůstává křupavé, ale brzy tvrdne, nemožnost rozpéct
- plastový obal
  uchová vlhkost za cenu ztráty křupavosti, lze rozpéct
- mraznička
  dlouho uchová, pomalá retrogradace, lze rozpéct 150 °C → jako nové; pozvolna rozmrazit, v předehřáté troubě rozpéct, rozkroje zakrýt
- lednička: nezplesniví, ale zretrograduje

škrob

vaření těstovin, rýže



vařením těstovin se amylosa uvolňuje do roztoku

→ slepování

prevence:

těstoviny: přídavek emulgátoru (emulgace amylosy)

rýže: proprání (odstranění přebytečného škrobu)

želatinaci omezí malé množství soli (trochu)

škrob

další potraviny

konzervace nezralého ovoce / zeleniny s vyšším obsahem škrobu,

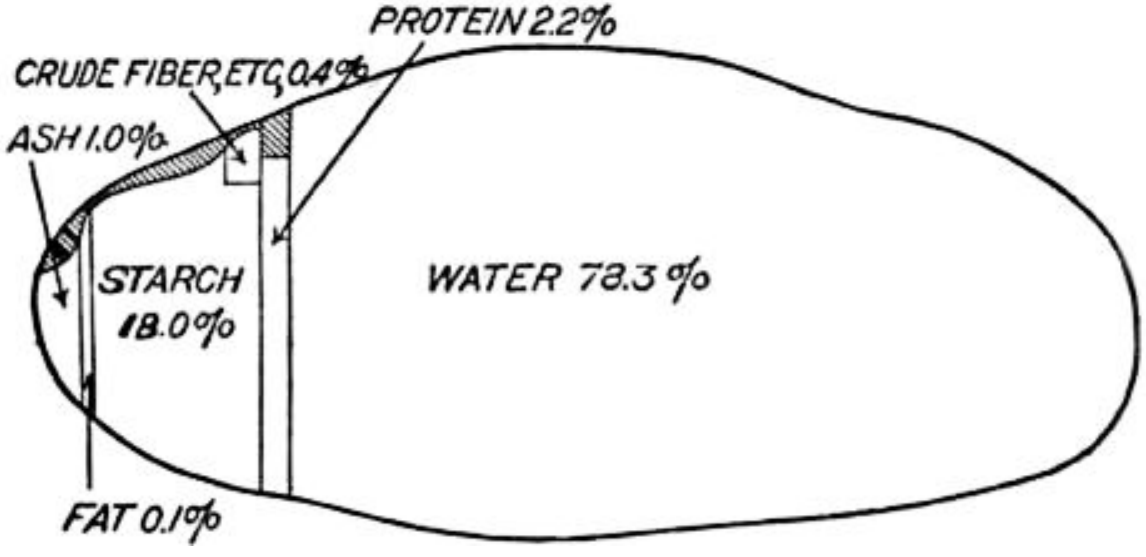
např. jablka, hrášek: často husté **kalné nálevy**

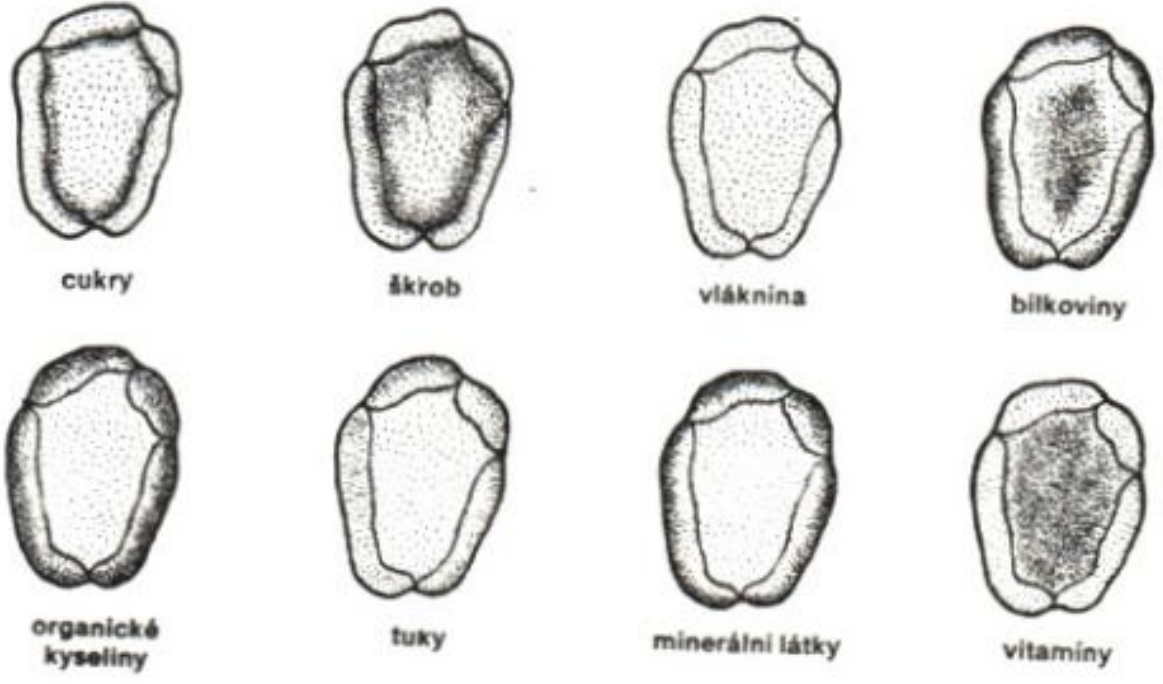
kyselé prostředí: hydrolýza škrobu → méně viskózní roztoky

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

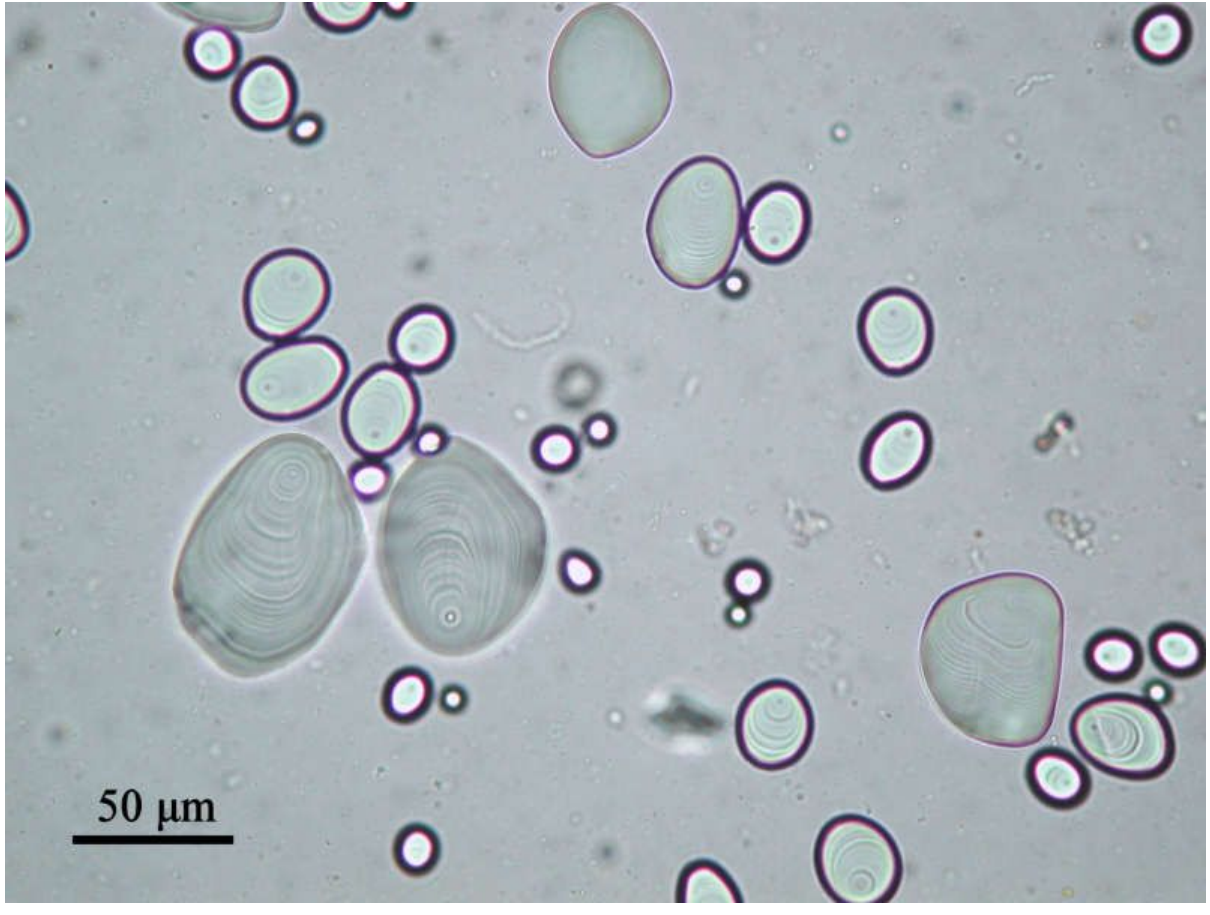
ztekucování dresinků, majonéz: enzymy zeleniny

konzervace nezralého ovoce může způsobit zakalení kvůli obsahu škrobu


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



zdroj: mendelu



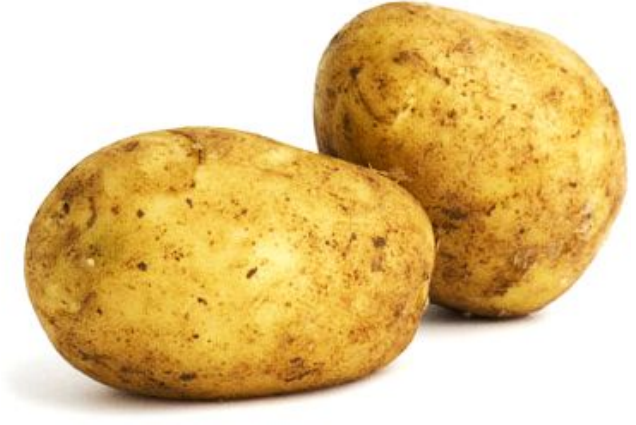
Škrobová zrna brambor mají velikost 15 až 50 µm. Nativní škrob poměrně rezistentní, mazovatěním při vyšších teplotách se stravitelnost výrazně zvyšuje.

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 % sušiny (sušina cca 25 %), (složení 83 % IEAA),

hodně Lys na rostlinu

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

minerální látky (% čerstvé hm.: **K** 0,45; P 0,35; Mg 0,1; Ca 0,05, Na 0,01 %)

škrob

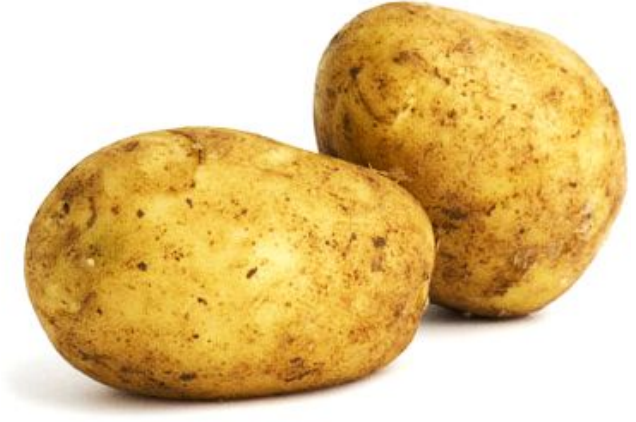
přemrzlé brambory

skladování kolem bodu mrazu ⇒ **enzymová hydrolýza**

škrob → oligo- a monosacharidy (až několik %)

sladká chuť, hnědnutí při smažení

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



škrob

výživové hledisko

škrob = využitelný sacharid, snadno štěpen v t. střevě

enzymy

pankreatická amylasa i ve slinách,

pankreatická isoamylasa α-(1→ 6) škrobu a glykogenu

většina škrobů **rychle či pomaleji strávena** v tenkém střevě

Některé však nezpracovatelné (nebo nedostupné)

pro enzymy → nevyužitelné

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)

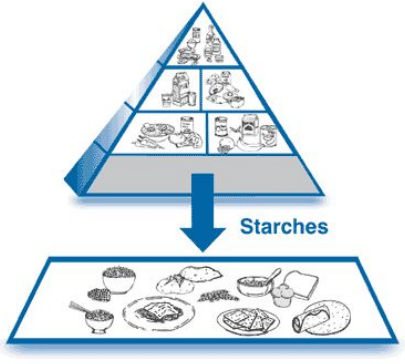
- zahušťovadla a plnidla
- želírující látky
- poutače vody
- náhrada tuků
- nosič vonných látek
- stabilizátory emulzí a pěn

používané formy:

nativní zrna, dispergovaná zrna, sušené disperze

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

surovina pro výrobu **modifikovaných škrobů**



50:50 potravinářství : průmysl

průmyslové aplikace škrobů

- papírenství
- textilnictví
- farmaceutika
- stavebnictví
- kosmetika

škrob
modifikované škroby

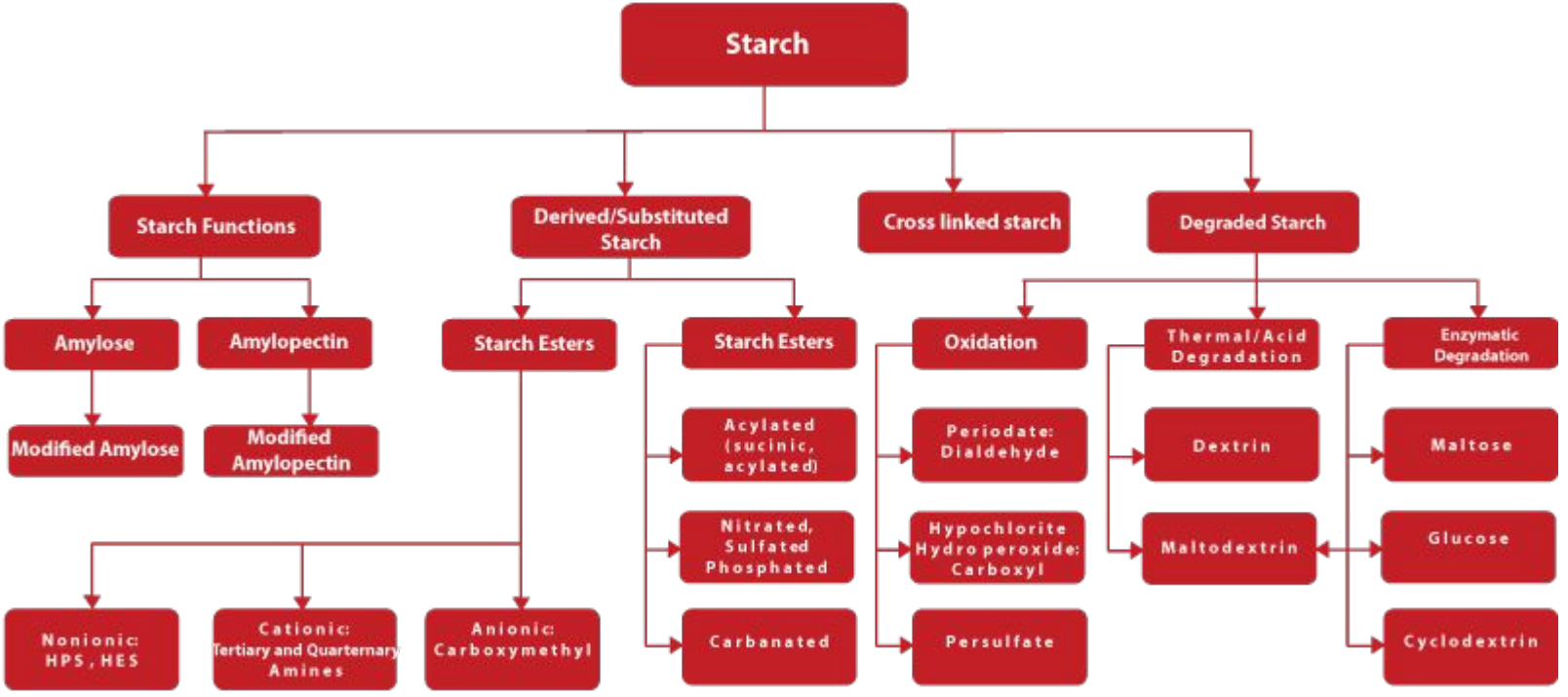
omezující vlastnosti nativních škrobů

- nerozpustné ve studené vodě
- ✖ v kyselém prostředí hydrolyzují
- ✖ viskozita mazů je vysoká → gumovité
- ✖ 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

příprava z nativních:

a) kyselou hydrolýzou: škroby modifikované kyselinami
b) oxidací: bělené a oxidované škroby
c) záhřevem: dextrinované škroby

kyselá hydrolýza

zahřívání koncentrovaných disperzí se zředěnými kyselinami (HCl, H_2SO_4) < želatinační teplota

štěpení části amylosy i amylopektinu

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

hydrolyzované škroby:

- méně viskózní disperze (možno větší konc.)
- plnidla, náhrady tuků
- cukrovinky, pudinky, dropsy

oxidace a bělení

malým množstvím peroctové / peroxidu / chlornanu sodného / manganistanu draselného
→ **bělení**: odstranění doprovodných barevných látek

oxidace:
stejná činidla, alkalické prostředí

-OH na C-6 → karbonyly až karboxyly
na C-2 a 3 → dikarboxylová kyselina

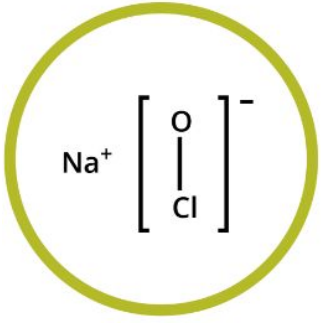
vznikají oxidované škroby:

- čiré tekuté soly
- nižší viskozita
- omezená retrogradace (repulze COOH sk.)

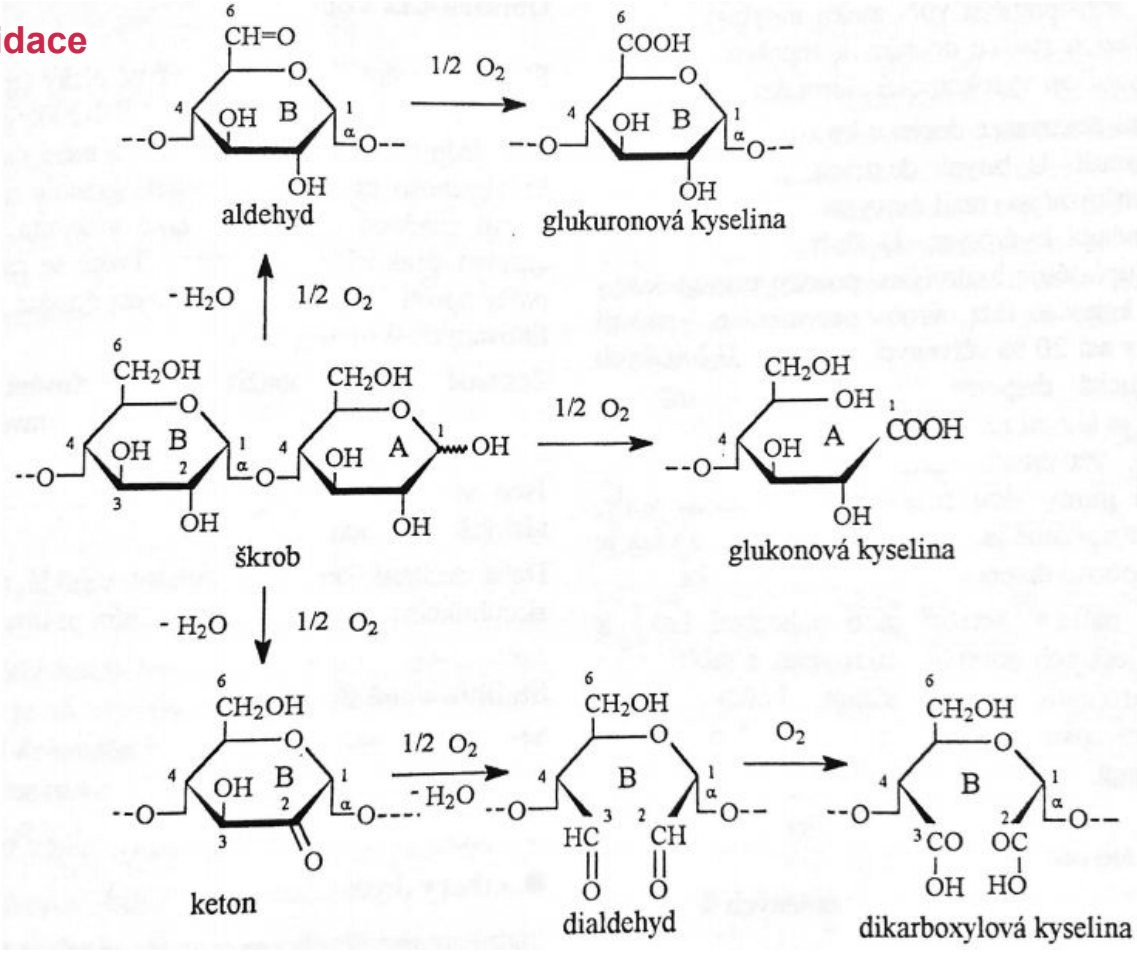
použití jako hydrolyzované, +lepší adheze (obalování masa)

škrob

modifikované škroby - přeměněné - oxidace



Chlornan sodný NaClO je silné oxidační činidlo. Je součástí dezinfekcí, bělicích prostředků i bazénové chemie. Po smíchání s vodou vytváří silně oxidující kyselinu chlornou.
(reakce s kyselinou močovou → chlorkyan)



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, min.-hod.

reakce: hydrolýza, transglukosidace, desintegrace

→ bílé dextriny

nejkyselejší prostředí, krátký ohřev, převládá hydrolýza
viskózní, tendence retrogradovat

→ žluté dextriny

rozpustné ve studené vodě
hydrolýza→transglukosylace→polymerace (→20% větv.)

→ britské gumy (nejméně kyselé prostředí)

nejméně kyselé prostředí, transglukosidace (→25% větv.)
rozpustné ve studené vodě, adhezivní látky, povrchy cukroví, enkapsulace

K čemu? adhezivní látky (lesklé povrchy cukrářských výrobků), nosiče aromat a nerozp. aromat

škrob

modifikované škroby - zesíťené

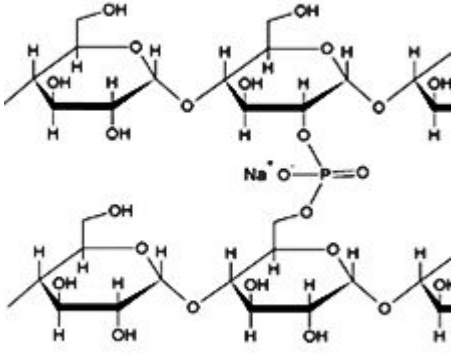
zesítěné škroby

dva hlavní typy:

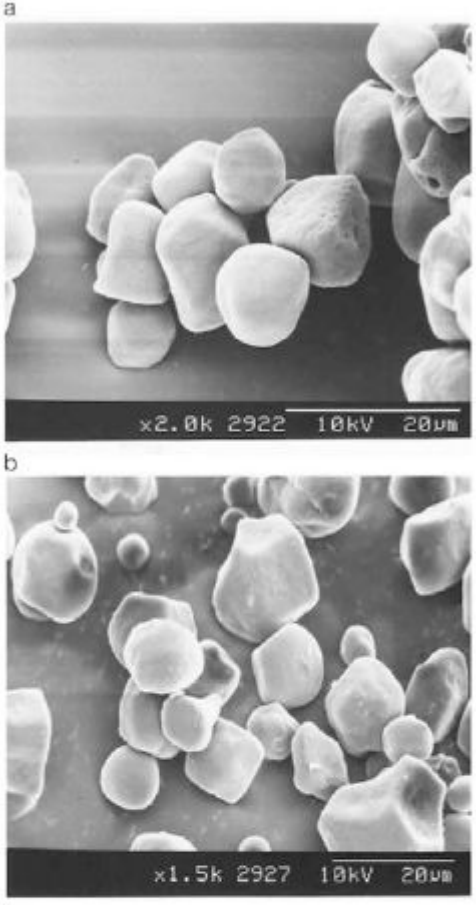
- adipáty (od kys. adipové)
- fosfáty

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

tvoří **nekohezní** pasty (méně gumové)
→ zahušťování omáček, polévek
→ náplně pečiva
+ textilní průmysl



a) nativní, b) zesíťovaný škrob pod elektronovým mikroskopem

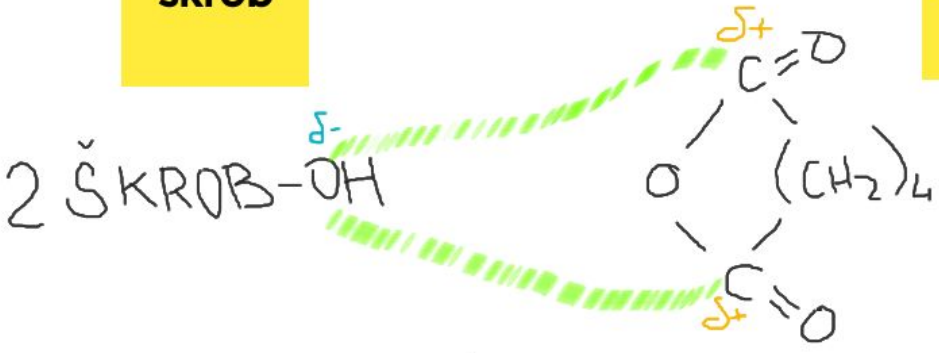


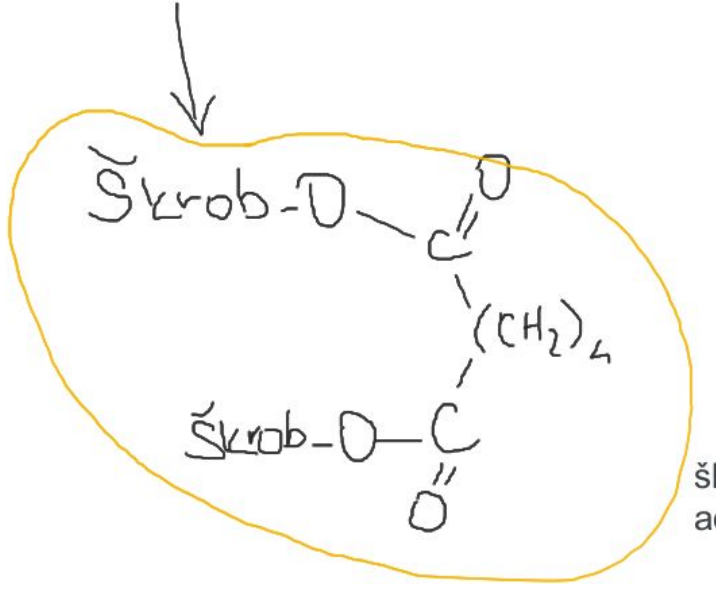
škrobové adipáty

škrob

adipanhydrid

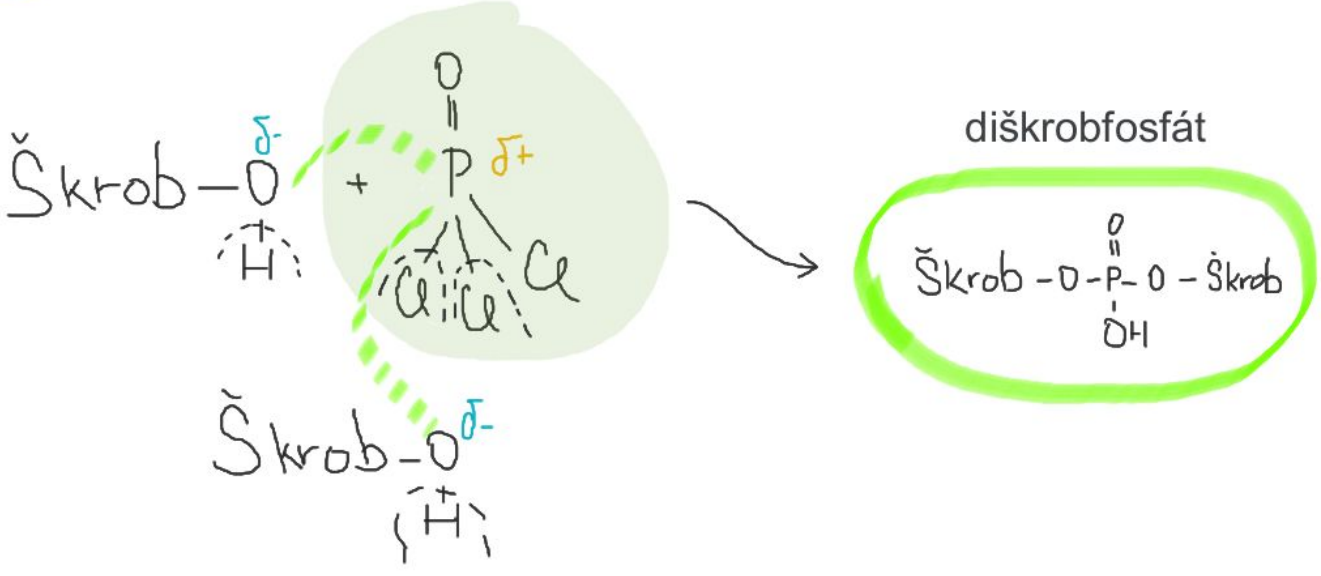
kys. adipová





škrobový adipát

škrobové fosfáty



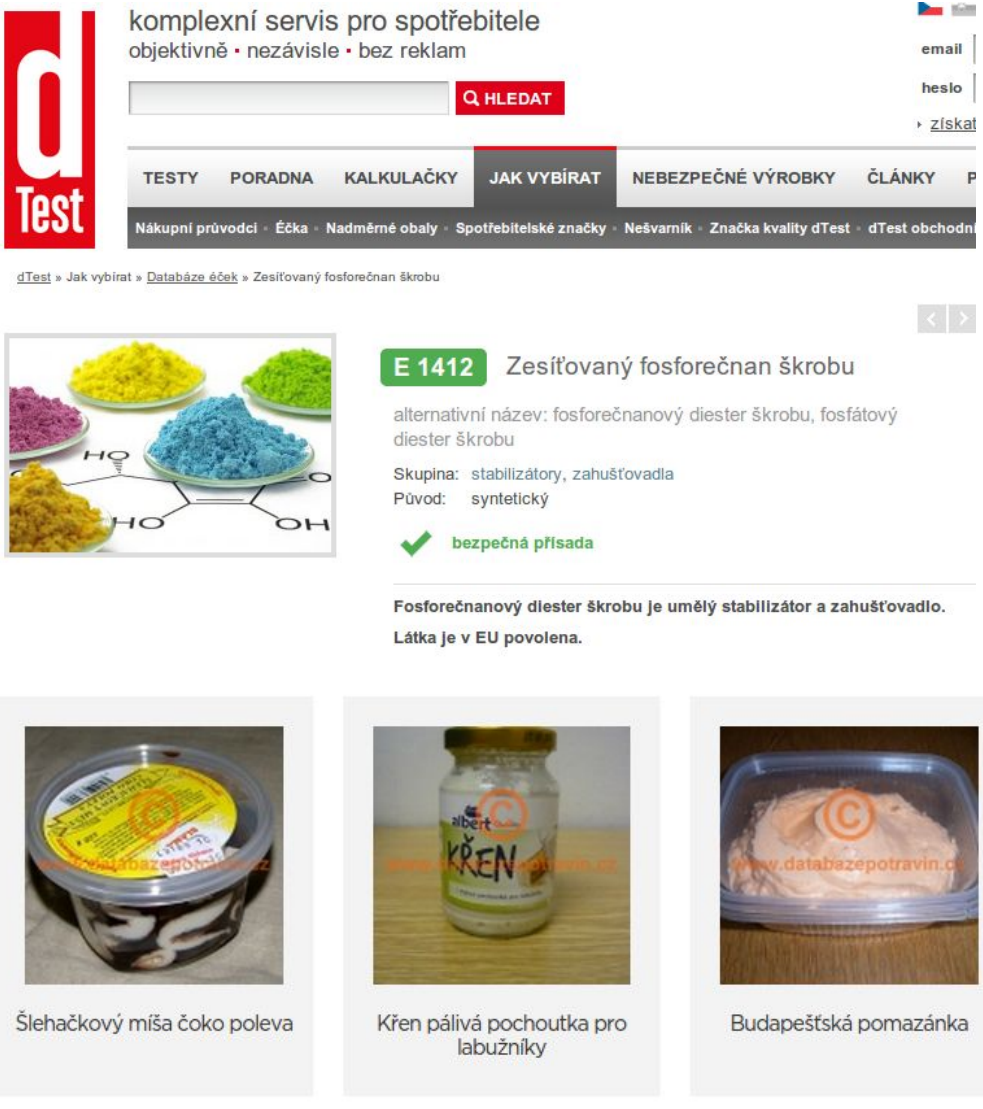
škrob

modifikované škroby - zesítěné

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 diškrobové fosfáty
(pro nízké teploty, kyselé pH)

škrob
modifikované škroby - stabilizované

E 1442
hydroxypropyl diškrobový fosfosfát

TRECOMEX AET4

paštiky, masové konzervy
(zabraňuje uvolňování masové šťávy)

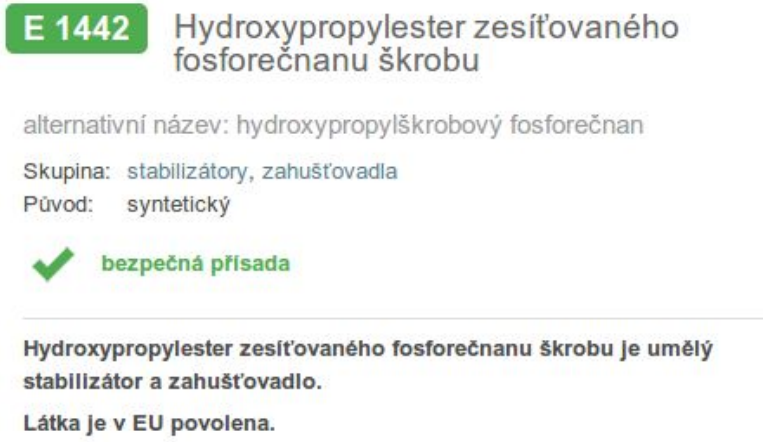
palačinky, těstoviny
(hladká textura, vodoodpudivý povrch)

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:
glukózový ekvivalent (dextrosový ekvivalent, DE)

DE 0	nativní škrob
DE 100	glukóza

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

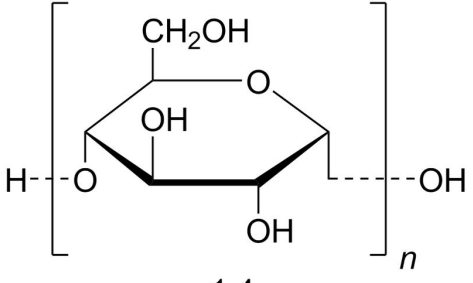
škrobové sirupy

DE 20-38	typ I	
DE 38-58	typ II	maltózový sirup
DE 58-73	typ III	maltózový sirup
DE 73+	typ IV	glukózový sirup

výroba cukrovinek, nealko, sirupy, zkvasitelné

škrob
hydrolyzáty škrobu

maltodextriny



α-1,4

$2 < n < 20$

Maltodextrin 1,5 Kg

popis produktu

Cena: 56 Kč/kg

Počet dávek: 35

Profil sacharidů Maltodextrinu:

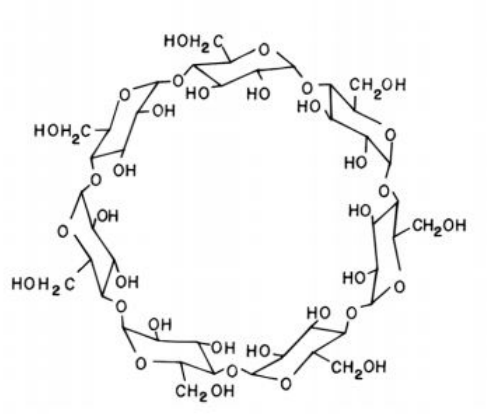
Glukóza 1% z obsahu
Maltóza 4% z obsahu
Trisacharidy 7% z obsahu
Polysacharidy 88% z obsahu

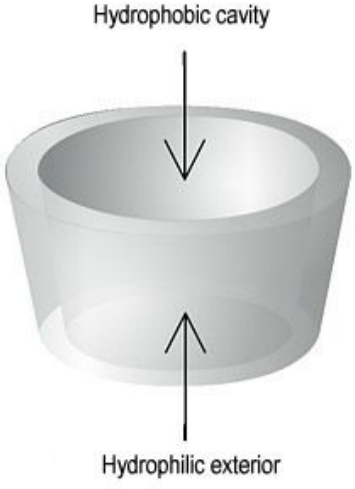
DE (dextrose equivalent Maltodextrinu) 15 g/100g

Složení: kukuřičný maltodextrin DE 15

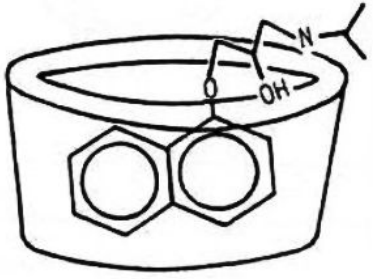
Hmotnost výrobku : 1500g

škrob
hydrolyzáty škrobu: cyklodextriny





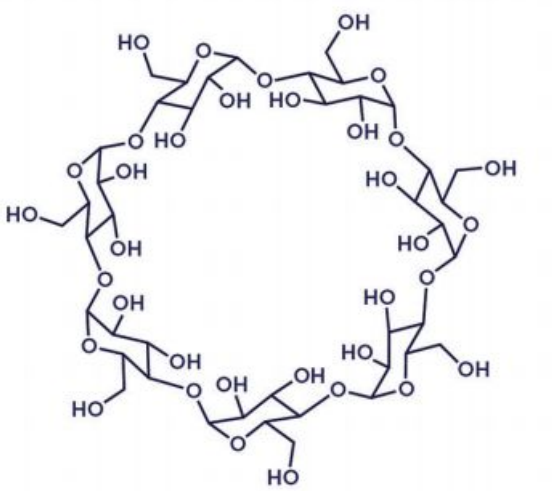
vzorec a kuželovitá struktura β-cyklodextrinu (7 jednotek glukosy)



enkapsulace

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

Využití cyklodextrinů v osvěžovačích vzduchu



pohlcování zápachu

Cyklodextriny jsou kruhové molekuly, tvořené škrobem. Těkavé molekuly mohou pronikat do jejich kavity, kde jsou drženy a izolovány od okolí.

Nepolární pachové molekuly se zachycují v hydrofobním centru cyklodextrinu