

Polysacharidy

Klasifikace

- podle cukerných jednotek
 - glukany, mannany, xylany, arabany... homoglykany
 - arabino-xylany, gluko-mannany
galakto-mannany, gluko-fruktany... } heteroglykany
 - glykuronany
 - glykosaminoglykany
- podle typu glykosidické vazby: α -(1→4); β -(1→3)...
- podle zřetězení cukerných jednotek: lineární a větvené
- podle původu: rostlinné, živočišné, mikrobiální...
- podle nutričního významu: využitelné a nevyužitelné
- podle biologické funkce: zásobní, stavební...

ŠKROB

- nejběžnější zásobní polysacharid rostlin
- uvnitř buněk je soustředěn v tzv. amyloplatech (v kořenech, hlízách, semenech a plodech) a v chloroplastech (v pletivech, kde probíhá fotosyntéza)
- **škrobová zrna** (granule) – útvary, v nichž je škrob uložen
- 2 typy polymeru: **amylosa**, **amylopektin** (obvyklý poměr 1:3)
 - vyšlechtěné odrůdy plodin tvořící škrob s převahou amylosy (amyloškrob)
 - tzv. *voskové odrůdy*: tvoří škrob s velkou převahou amylopektinu

Škrobová zrna

D



bramborový
škrob
30–50 μm



pšeničný
škrob
4–6 μm
15–25 μm

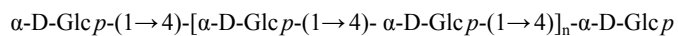
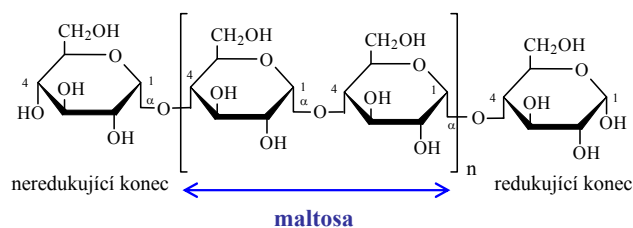


kukuřičný
škrob
cca 20 μm



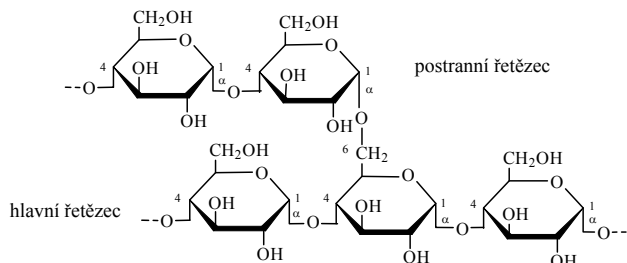
rýžový
škrob
cca 5 μm

Amylosa



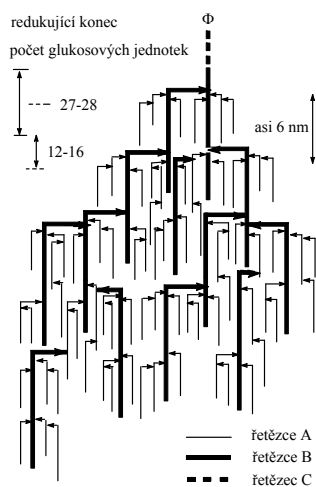
- téměř lineární polymer D-Glc p jednotek spoj. vazbou α -(1 \rightarrow 4) (velmi omezené větvení cca na 10 místech v makromolekule)
- ve vodě rozpustná, roztoky jsou velmi viskózní
- makromolekula tvoří levotočivou šroubovici
- $M \approx 180\text{--}1000$ kDa, počet Glc jednotek 1000–4500
- obsahuje stopy esterově vázané kys. fosforečné

Amylopektin



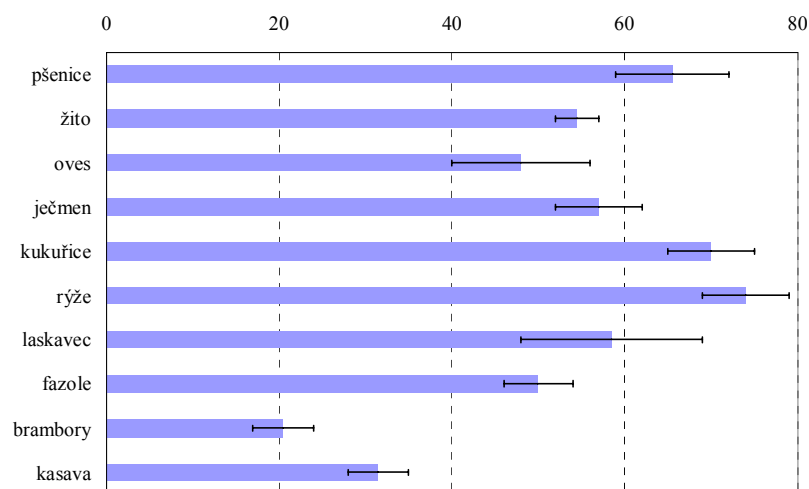
- silně rozvětvený polymer D-Glc_p jednotek
 - řetězce spojují cukerné jednotky α -(1→4) vazbou
 - větvení: α -(1→6) vazba (výjimečně α -(1→3) vazba)
- ve vodě za studena nerozpustný
- $M = 8\,000\text{--}160\,000$ kDa, počet Glc jednotek $5 \times 10^4\text{--}1 \times 10^6$
- fosforylace: cca 1 ze 400 Glc jednotek

Struktura amylopektinu a interakce s amylosou



- blízké řetězce A vytvářejí dvoušroubovice – krystalické struktury
- asociované spirálové molekuly amylosy tvoří inklusní sloučeniny s lipidy

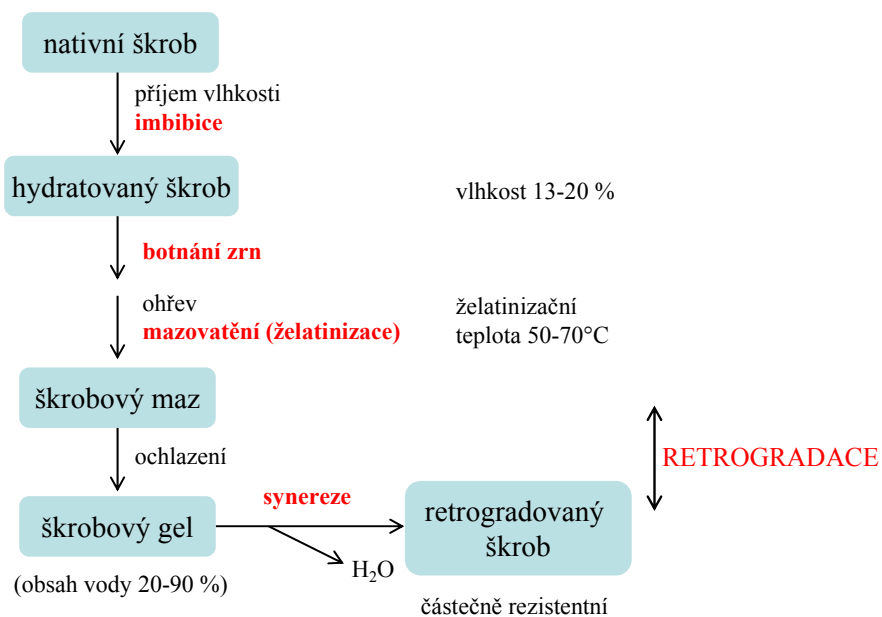
Výskyt škrobu v potravinách



Potraviny s menším obsahem škrobu:

banány, jedlé kaštiny, ořechy, nezralá jablka

Změny škrobu při interakci s vodou

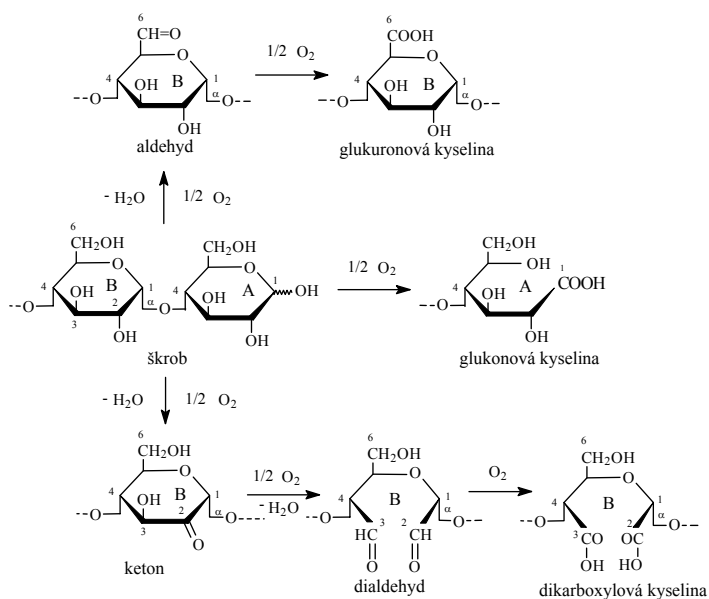


Modifikované škroby

- konvertované (přeměněné)
 - oxidací \longrightarrow větší rozpustnost
 - kyselou hydrolyzou \longrightarrow nižší viskozita
 - záhřevem (dextrinované škroby)
- zesítné
 - adipáty \longrightarrow zahušťovadla,
 - fosfodiesterly \longrightarrow pastovité hmoty
 - lépe tvarovatelné
- stabilizované
 - acetylované, fosforylované
 - sukcinylované \longrightarrow botnání za studena
 - nižší
 - etherifikované (reakcí s ethylenoxidem, propylenoxidem) \longrightarrow želatinizační teplota
- jinak upravené

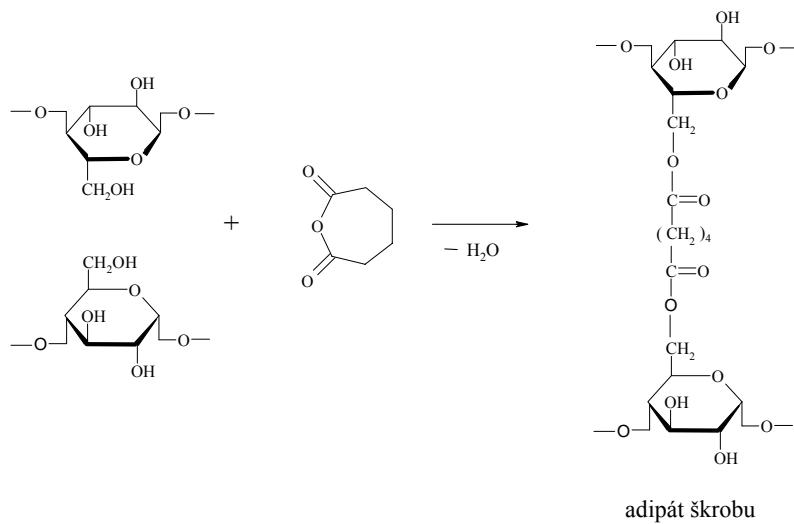
Produkty oxidace škrobu chlornanem sodným

D



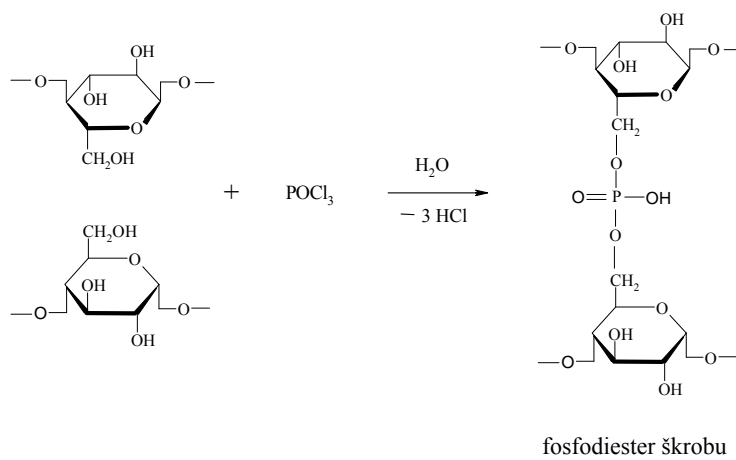
Zesíťení škrobu reakcí s anhydridem adipové kyseliny

D



Zesíťení škrobu reakcí s oxidem-chloridem fosforečným

D



Enzymové štěpení škrobu

- **α -amylasa** (dextrinogenní enzym)
štěpí α -(1 \rightarrow 4) vazbu uprostřed řetězce
→ dextriny, limitní dextriny
- **β -amylasa** (sacharogenní enzym)
odštěpuje od neredukujícího konce maltosu
Waldenův obrat na C₁ \rightarrow β -maltosa
- maltasa
štěpí maltosu na glukosu
- pullulanasa
štěpí α -(1 \rightarrow 6) vazby, degraduje limitní dextriny
- glukoamylasa (amyloglukosidasa)
odštěpuje glukosovou jednotku od neredukujícího konce,
v místě větvení se hydrolyza zpomaluje
produktem je β -D-Glc

Kyselá hydrolyza škrobu pro průmyslové účely

D

- suspenze obsahující 40 % škrobu + 0,02-0,03 M HCl
- teplota 135-150 °C po dobu 5-8 min

Hydrolyzáty škrobu

Dextrosový ekvivalent (DE)

- charakteristika stupně hydrolyzy
- procentuální podíl glukosy
(volné nebo redukující části vázané v maltose, maltotriose...)
glukosa DE = 100, maltosa DE = 50, škrob DE → 0

Druhy hydrolyzátů

- maltodextriny DE < 20
- škrobové sirupy DE 20 až 38
- maltosové sirupy DE 38 až 73
- glukosové sirupy DE > 73

D

Termické štěpení škrobu

D

- záhřev potravin
(pečení, pražení...)
→ hydrolyza a následné spojování glukosových jednotek
(α -(1→6) glykosidové vazby, 6↔6 etherové vazby)
- produkty: **pražné dextriny**

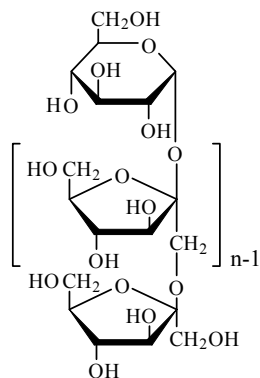
GLYKOGEN

- zásobní polysacharid živočišných tkání (svalovina, játra)
- analogická struktura jako amylopektin
- $M \approx 1000$ kDa (svalový glykogen)
16000 kDa (jaterní glykogen)
- významnější obsah (jednotky %) pouze v játrech jatečných zvířat – vliv postmortálních změn

Vláknina (vláknina potravy, *dietary fiber*)

- nevyužitelné (balastní) oligo- a poly-sacharidy + lignin
- obvyklé dělení: nerozpustná vs. rozpustná vláknina
- k polysacharidovým složkám vlákniny patří
 - celulosa
 - hemicelulosa
 - xyloglukany (v zelenině a luštěninách)
 - arabinoxylany a β -glukany (v obilovinách)
 - galaktomannany (v luštěninách)
 - pektinové látky
 - rostlinné gumy a slizy
 - (polysacharidy řas užívané jako přídatné látky)
 - rezistentní škrob, inulin
 - glykosaminoglykany živočišných tkání a hub

INULIN



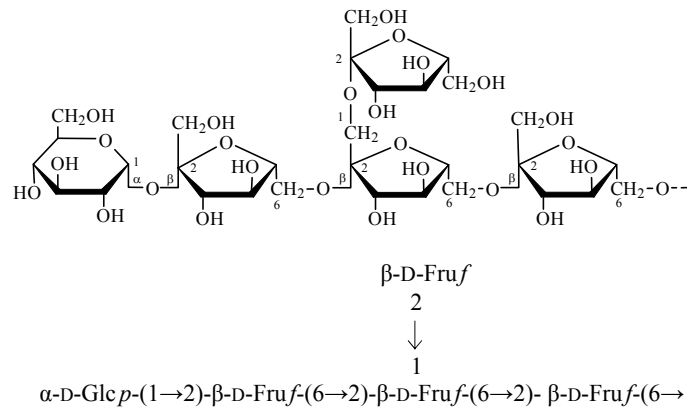
- zásobní polysacharid některých rostlin
- řetězec fruktofuranosových jednotek (vazba β -(1 \rightarrow 2)) zakončený glukosou
- počet cukerných jednotek cca 30
velká variabilita: několik jednotek až 200
- krystalická látka za horka rozpustná ve vodě
- výskyt:
kořen čekanky,
hlízy topinambur,
artičoky
chřest...

Význam a použití inulinu

- nevyužitelný polysacharid
není štěpen digestivními enzymy
(hydrolyzuje se pouze rostlinnými inulinasami)
- prebiotické účinky
- možnost využití k výrobě fruktosových sirupů

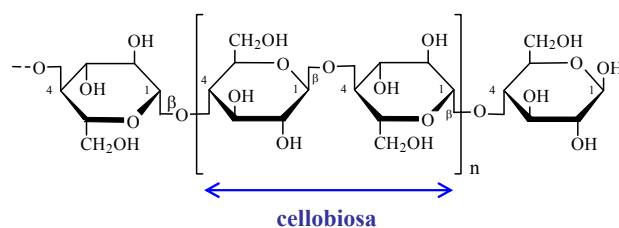
LEVANY

(glukofruktany fleinového typu)



- rozvětvený glukofruktan
- výskyt: mikroorganismy, obiloviny

CELULOZA



- lineární polymer D-Glc *p* jednotek spojených vazbou $\beta\text{-(1}\rightarrow\text{4)}$
- stupeň polymerace až 15 000
- funkce: hlavní polysacharid buněčných stěn rostlin, řas
- výskyt
 - ovoce a zelenina 1–2 %
 - luštěniny a obiloviny 2–4 %

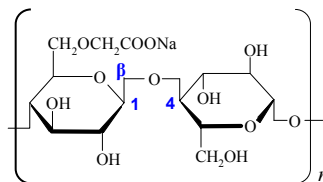
Struktura a vlastnosti celulosy

- spojením makromolekul nevazebnými interakcemi v rostlinné hmotě vznikají vlákna – *mikrofibrily* (délka jednotky μm , tloušťka 10–20 nm)
- v mikrofibrilách nativní celulosy jsou amorfní i kryst. oblasti
- mikrofibrily buněčných stěn jsou asociovány s hemicelulosami, pektiny, ligninem a proteiny
- celulosa je nerozpustná ve vodě, ve zředěných roztocích kyselin a zásad
- je rezistentní vůči většině enzymů
štěpí se účinkem mikrobiálních enzymů nebo enzymů hub
 - celulasy (endo-glykosidasy)
 - cellobiohydrolasy (odštěpují z nered. konce cellobiosu)
 - cellobiasy (štěpí cellobiosu na glukosu)

Modifikované celulosy

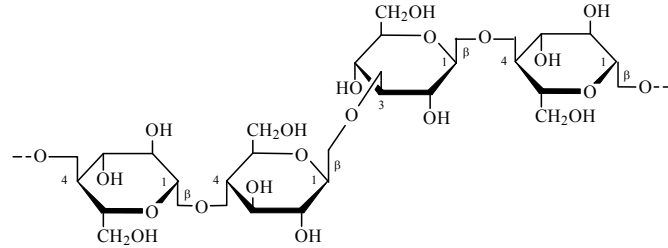
D

- **mikrokrystalická celulosa**
výroba částečnou kyselou hydrolyzou celulosy
- **karboxymethylcelulosa, sodná sůl**
výroba reakcí s ClCH_2COOH
v alkalickém prostředí
je rozpustná, tvoří viskózní roztoky
nebo gely
použití: zahuš'ovadlo
- **methylcelulosa**
methylace OH v poloze 2
reakcí s CH_3I v alk. prostředí
- **hydroxypropylcelulosa**
hydroxypropylace OH v poloze 6
reakcí s propylenoxidem



β-GLUKANY

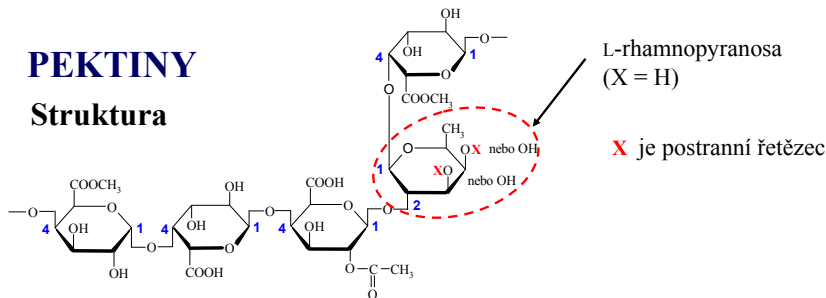
(β-glukany se smíšenými vazbami)



- D-Glcp jednotky, vazby β-(1→3) a β-(1→4)
- řadí se mezi hemicelulose částečně rozpustné ve vodě (rozpustnost klesá s rostoucím podílem vazeb β-(1→4))
- výskyt: obiloviny (pšenice, žito, rýže < 2 %, oves, ječmen 3–7 %) houby, kvasinky

PEKTINY

Struktura



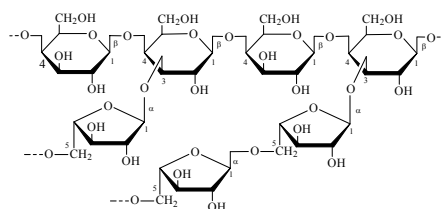
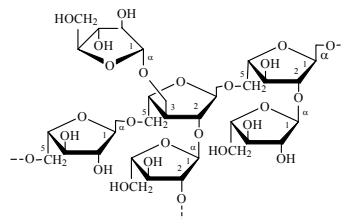
Hlavní řetězec

- jednotky D-galaktopyranuronové kyseliny (D-GalpA) spojené vazbou α-(1→4)
- karboxylové skupiny jsou v některých jednotkách esterifikovány methanolem
- hydroxylové skupiny v poloze 2 některých jednotek jsou acetylovány
- skupiny $-\text{COO}^-$ mohou být asociovány s ionty Ca^{2+} nebo Mg^{2+}
- počet jednotek v řetězci 25–100
- do řetězce jsou vloženy jednotky L-Rha připojené vazbou α-(1→2) s předchozí D-GalpA a vazbou α-(1→4) s následující D-GalpA

Postranní řetězce pektinů

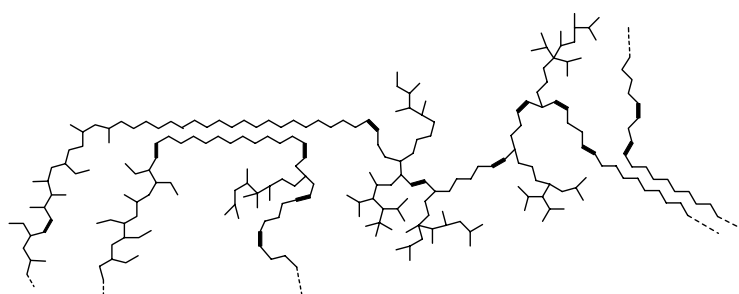
D

- jsou připojeny přes hydroxylovou skupinu v poloze 3 nebo 4 v jednotkách L-rhamnosa (méně často přes OH v polohách 2 nebo 3 galakturonové kys.)
- postranní řetězce mají charakter
 - **větvených arabinanů**, v nichž jsou jednotky L-Araf spojeny vazbami α -(1→5), α -(1→2) a α -(1→3)
 - **větvených arabinogalaktanů**, ve kterých jsou D-Galp jednotky spojeny navzájem β -(1→4) vazbami a k nim jsou připojeny L-Araf jednotkami spojenými vazbou α -(1→5)



Celkové uspořádání molekul pektinu

D



- ≈ vazebná oblast polygalakturonanu
- Y vlasová oblast arabinanů a arabinogalaktanů
- rhamnosa

Výskyt a zdroje pektinu

- ovoce a zelenina
hlavní zdroje pro izolaci
 - jablečné výlisky
 - slupky citrusových plodů
- luštěniny
- olejnatá semena
- cukrová řepa

Obsah pektinů v čerstvém ovoci a zelenině

Zdroj	Obsah (%)
jablka	0,5–1,6
broskve	0,1–0,9
jahody	0,6–0,7
angrešt	0,3–1,4
rybíz	0,1–1,8
hrozny	0,1–0,9
pomeranče	0,6
slupky pomerančů	3,5–5,5
banány	0,7–1,2
mrkev	0,2–0,5
rajčata	0,2–0,6
cibule	0,5
brambory	0,4

Druhy pektinových látek

- protopektin – nativní komplex pektinu s nerozpustnými polysacharidy buněčných stěn
- pektinové kyseliny a jejich soli (pektináty) – polygalakturonáty s větším podílem methoxylových skupin
- pektové kyseliny a jejich soli (pektáty) – neesterifikované polygalakturonáty

V technické praxi rozlišujeme

- vysokoesterifikované pektiny – podíl esterifikovaných karboxylů nad 50 %
- nízkoesterifikované pektiny

Důležité vlastnosti pektinů

- ve vodě rozpustné
rozpustnost klesá s mol. hmotností a stupněm esterifikace
- kyselé polymerní látky
 - polygalakturonová kyselina $pK_a \approx 3,5$
 - v neutrálním a slabě kyselém prostředí mají pektiny záporný náboj
 - interakce s kationty (Ca^{2+})
 - interakce s bílkovinami (kasein)
- tvoří gely a používají se jako želírující činidla

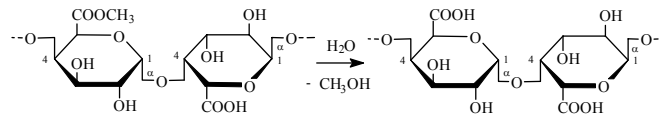
Tvorba pektinových gelů

D

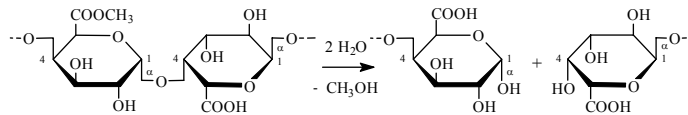
- **vysokoesterifikované pektiny**
vznik gelů s cukrem (sacharosu) v kyselém prostředí
vyšší stupeň esterifikace → menší množství kyselin
potřebných k vytvoření gelu
rychle želírující pektiny tvoří gel již při pH cca 3,3
(pomalu želírující vyžadují pH cca 2,8)
tyto gely nejsou termoreverzibilní
s přídavkem alginátu sodného vznikají gely i s menším
množstvím cukru (gely jsou termoreverzibilní)
- **nízkoesterifikované pektiny**
vznik gelů s Ca^{2+} (případně i s cukrem)
nižší pH → vyšší potřebné množství Ca^{2+}
gely jsou termoreverzibilní

Enzymové štěpení pektinových látek

- protopektinasa – souhrnné pojmenování enzymů, které štěpí protopektin na rozpustný pektin
- pektinesterasy (pektinmethylesterasy) – katalyzují hydrolýzu esterových vazeb a vznik methanolu



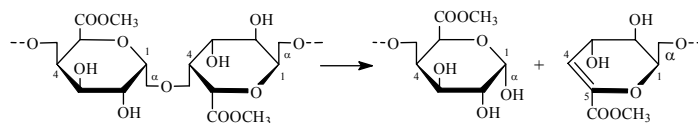
- pektinacetylerasa – katalyzuje odštěpení acetylové skupiny
- polygalakturonasy – katalyzují štěpení glykosidické vazby i esterové vazby za vzniku menších fragmentů a postupně až monomerní α -D-GalpA



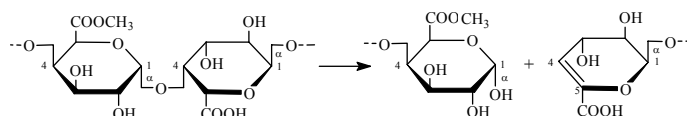
Enzymové štěpení pektinových látek

D

- pektinlyasy – katalyzují štěpení esterifikovaných polygalakturonátů tzv. β -eliminací za vzniku nenasycené slouč. pektinlyasy jsou produkovány plísněmi



- pektátlyasy – katalyzují β -eliminální štěpení u esterifikovaných i neesterifikovaných pektinů pektátlyasy jsou bakteriálního původu



- **pektinasy** – technické označení všech enzymů, které katalyzují štěpení pektinů

Důsledky změn pektinových látek

- nerozpustné pektinové látky – příčina tvrdosti a pevnosti nezralého ovoce a zeleniny
- postupná depolymerace při zrání → měknutí
- posklizňové měknutí plodů → zhoršení údržnosti
opatření ke zpomalení měknutí:
 - tepelná inaktivace pektolytických enzymů
 - přídavek solí bivalentních kationtů (CaCl_2)
(přídavek solí monovalentních kationtů působí opačně)

Rostlinné gummy a slizy

D

- rostlinné gummy – pevné gumovité látky vznikající vysycháním rostlinných šťáv (klovatin) vytékajících z rostlinných pletiv
- rostlinné slizy – slizovité hmoty různých částí některých rostlin

Guma / sliz	Rostlina	Chemické složení
Arabská guma	<i>Accacia senegal</i> <i>A. arabica...</i>	arabino-galaktany vazby β -(1→3), β -(1→6)
Modřínová guma	<i>Larix occidentalis...</i>	arabino-galaktany vazby β -(1→3)
Tragant	<i>Astragalus gumifer...</i>	arabino-galaktany vazby β -(1→4), β -(1→6)...

Rostlinné gummy a slizy

D

Guma / sliz	Rostlina	Chemické složení
Indická guma (karaja)	<i>Sterculia urens...</i>	glykano-rhamno-galakturonany vazby α -(1→4), α -(1→2), β -(1→3), β -(1→4)
Guma ghati	<i>Anogeissus latifolia...</i>	glykano-glukurono-manno-glykany vazby α -(1→4), α -(1→2), β -(1→3)...
Sliz okra	<i>Hibiscus esculentus</i>	glykano-rhamno-galakturonany
Baobabový sliz	<i>Adansonia digitata</i>	vazby α -(1→4), α -(1→2)

Polysacharidy mořských řas

Druhy

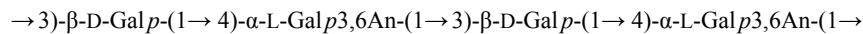
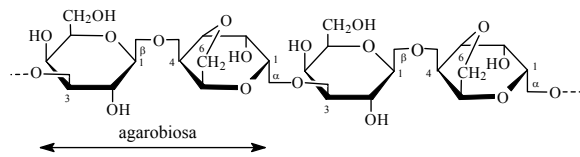
- agary
 - karagenany
 - furcellaran
 - alginy – z hnědých řas (*Phaeophyceae*)
- } z červených řas (*Rhodophyceae*)

Použití v potravinářství

- gelotvorné látky
- zahuš'ovadla
- stabilizátory
- emulgátory

AGARY

D

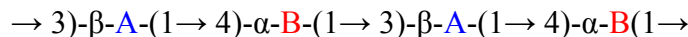


- lineární polysacharid **agarosa** (stavební jednotka je disacharid **agarobios**)
- **agaropektin**
 - složitější struktura (obsah sulfátových skupin v L-Galp, vázaná pyrohroznová kys. jako ketal, D-Xylp, D-GalpA)
- $M \approx 80$ až 420 kDa
- makromolekuly tvoří dvojité pravotočivé šroubovice
- rozpustné v horké vodě
- ochlazením roztoků vznikají termoreverzibilní gely

KARAGENANY

D

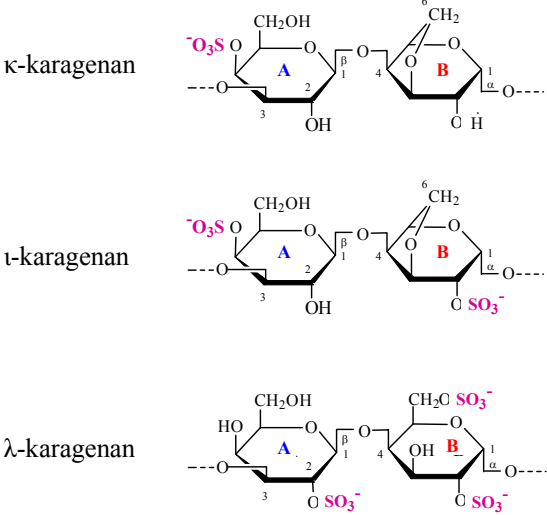
- 8 typů polysacharidů získávaných z řas rodu *Euchema*, *Chondrus*, *Gigantina*...
- v řetězci se střídají dvě cukerné jednotky A, B:



Typ	Jednotka A	Jednotka B
κ-karagenan	β-D-Galp-4-sulfát	3,6-anhydro-α-D-Galp
ι-karagenan	β-D-Galp-4-sulfát	3,6-anhydro-α-D-Galp-2-sulfát
λ-karagenan	β-D-Galp-2-sulfát	α-D-Galp-2,6-bis sulfát

- $M \approx 100$ až 1000 kDa
- jednotlivé typy se liší rozpustností a podmínkami vzniku gelů
- tvoří komplexy s mléčnými bílkovinami

D D



FURCELLARAN

D D

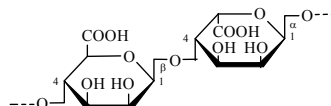
- získává se z řas rodu *Furellaria*
- strukturně podobný κ -karagenanu
 - menší počet sulfátových skupin
- tvoří pružné termoreverzibilní gely, zvláště současně s cukrem a ionty K^+ , NH_4^+

ALGIN

(alginová kyselina a algináty)

D

část M-G úseku alginové kyseliny



- lineární kopolymery β -D-mannuronové kyseliny (M) a α -L-guluronové kyseliny (G) spojené vazbami 1 \rightarrow 4
- řetězce obsahují střídavé úseky M-G i delší úseky M-(M)_x-M a G-(G)_y-G
- získávají se z řas rodů *Macrocystis*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Sarrgasum* extrakcí roztoky NaOH, srážením přidavkem CaCl₂, rozpuštěním sráženiny v kyselině a konverzí kyseliny na sodnou sůl uhličitánem sodným (vysrážení CaCO₃)
- použití: gelotvorné látky a stabilizátory konzistence, zejména v kombinaci s pektiny

Bakteriální polysacharidy

D

- **extracelulární** – vytvářejí slizovitý obal buněk
xanthan (xanthanová guma) – použití: zahušťovadlo
gellan (gellanová guma) – tvorba gelů za studena
dextran – stabilizátor emulzí
- **intracelulární** – mají stavební nebo zásobní funkci

Polysacharid	Bakterie	Chemické složení
Xanthan	<i>Xanthomonas campestris</i>	větvené glukany s obsahem D-GlcpA, D-Man a kys. pyrohroznové (jako ketal) vazby β -(1 \rightarrow 4), α -(1 \rightarrow 3)
Gellan	<i>Pseudomonas elodea</i>	heteroglykan obsahující acetylovanou D-Glcp s esterově vázanou glycerovou kys., D-GlcpA a L-Rha, vazby β -(1 \rightarrow 4)

Bakteriální polysacharidy

D

Polysacharid	Bakterie	Chemické složení
Dextran	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	α -D-glukan vazby α -(1→6), α -(1→3), α -(1→4), α -(1→2),
Kurdlan	<i>Alcaligenes</i> také kvasinky a houby	β -D-glukan vazby β -(1→3)

Polysacharidy kvasinek a hub

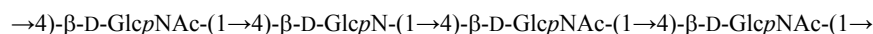
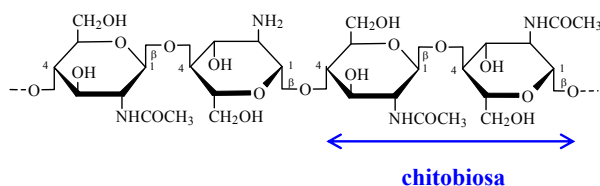
D

- elsinan
 - z houby *Elsinoe leucospila*, která roste na listech čajovníku
 - nízkenergetické plnidlo, gelové filmy pro jedlé obaly potravin
- pullulan
 - z houby *Aureobasidium pullulans*
 - lineární glukan s α -(1→4) a α -(1→6) vazbami
 - použití v farmácii a papírenství
- skleroglukan
 - z houby *Sclerotium glutamicum*...
- β -glukany z různých kvasinek a vyšších hub
 - D-Glc p jednotky spojené vazbami β -(1→3), β -(1→6)...
 - imunostimulační a protinádorové účinky

Glykosaminoglykany

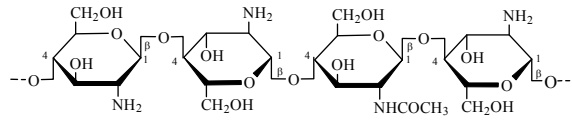
- polysacharidy obsahující jednotky aminodeoxycukrů nebo jejich acetylderivátů
- výskyt v živočišných tkáních a houbách
- skupina zahrnuje
 - **chitin a chitosan**
 - tzv. **mukopolysacharidy**
obsahují kromě aminocukru také jinou cukernou jednotku (hexosu nebo alduronovou kyselinu) a často sulfátovou skupinu
mukopolysacharidy tvoří s peptidy a bílkovinami složené sloučeniny (proteoglykany, mukoproteiny)
vyskytují se v epitelových a pojivových tkáních (chondroitinsulfáty, keratansulfát, kys. hyaluronová...),
očních tkáních (kys. hyaluronová), játrech, plicích (heparin)

CHITIN



- lineární polymer *N*-acetyl-D-glukosaminu (70–90 %) a D-glukosaminu spojený β-(1→4) vazbami
- $M \approx 1000$ kDa
- výskyt: korýši, měkkýši, hmyz, houby, kvasinky, bakterie...
- přírodní zdroj pro výrobu: lastury mořských mlžů
- je nerozpustný a nestravitelný
- částečně se štěpí účinkem lysozymu

CHITOSAN

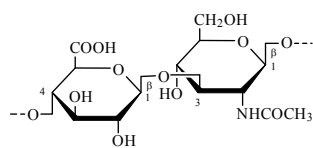


$\cdots \rightarrow 4\text{-}\beta\text{-D-GlcpN-(1}\rightarrow 4\text{)-}\beta\text{-D-GlcpN-(1}\rightarrow 4\text{)-}\beta\text{-D-GlcpNAc-(1}\rightarrow 4\text{)-}\beta\text{-D-GlcpN-(1}\rightarrow$

- chemicky upravený chitin s nižším podílem acetylových skupin (5-25 %)
- rozpustný ve vodě a v roztocích kyselin (roztoky jsou viskózní), nerozpustný v alkalickém prostředí
- koaguluje v přítomnosti bílkovin, alginátu
- použití: emulgátor a stabilizátor disperzí
- je nestravitelný
- snižuje hladinu tuků a cholesterolu v krevním séru

HYALURONOVÁ KYSELINA

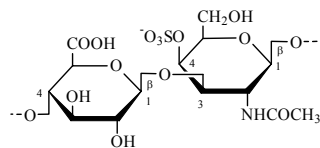
D



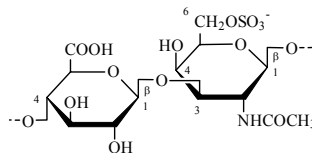
- řetězce střídajících se jednotek D-glukopyranuronové kys. a N-acetyl-D-glukosaminu spojených vazbou $\beta\text{-}(1\rightarrow 3)$
- $M \approx 5$ až 500 kDa
- výskyt: kůže, chrupavky, sinuviální (kloubní) kapalina, oční sklivce
- rozpustná ve vodě, roztoky velmi viskózní (značný nárůst objemu po rozpuštění)
- štěpí se účinkem hyaluronidasy (produkována bakteriemi, obsažena v hadích jedech a jedech hmyzu)

CHONDROITINSULFÁTY

D



chondroitin-4-sulfát

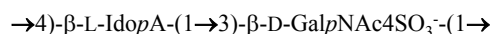
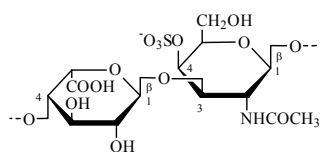


chondroitin-6-sulfát

- řetězec obsahuje střídající se jednotky D-glukopyranuronové kys. a *N*-acetyl-D-galaktosaminu s vázanou sulfátovou skupinou v poloze 4 nebo 6
- jednotky jsou spojeny β -(1 \rightarrow 3) vazbami
- výskyt: pokožka, chrupavky, glykoproteiny slin

DERMATANSULFÁT

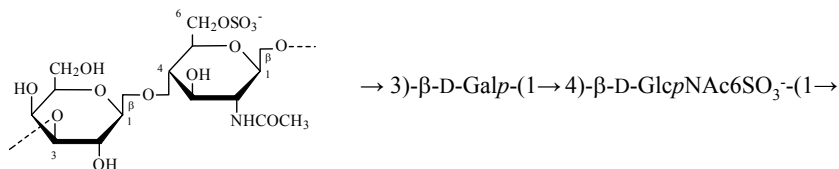
D



- řetězec obsahuje střídající se jednotky L-idopyranuronové kys. a *N*-acetyl-D-galaktosamin-4-sulfátu spojené vazbou β -(1 \rightarrow 3)
- výskyt: pokožka, šlachy, cévy

KERATANSULFÁT

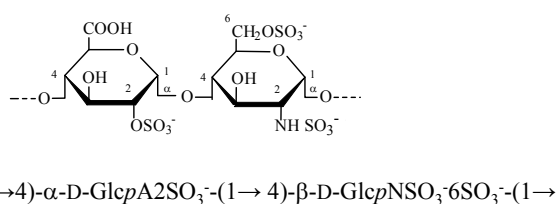
D



- obsahuje střídající se jednotky D-Galp a N-acetyl-D-glukosamin-6-sulfátu vázané $\beta\text{-(1}\rightarrow 3)$ a $\beta\text{-(1}\rightarrow 4)$ vazbami
- v řetězci se vyskytuje menší podíl dalších jednotek (L-Fuc, D-Man, N-acetyl-D-glukosamin, sialová kyselina)
- výskyt: chrupavky, rohovka

HEPARIN

D



- řetězce spojují D-glukurono-2-sulfát a N-sulfo-D-glukosamin-6-sulfát vazbou $\alpha\text{-(1}\rightarrow 4)$, poloha sulfátových skupin se může u různých typů heparinu lišit
- $M \approx 18$ kDa
- výskyt: játra, plíce
- zabraňuje srážení krve