

PŘÍRODNÍ POLYMERY

Polysacharidy I

škrob

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

POLYMER INSTITUTE BRNO

spol. s r.o.

| LEKCE | datum | téma |
|-----------|-----------------|---|
| 1 | 19.IX. | Úvod do předmětu - Struktura a názvosloví přírodních polymerů, literatura |
| 2 | 26. IX. | Deriváty kyselin, - přírodní pryskyřice, vysýchavé oleje, šelak |
| 3 | 3. X. | Vosky |
| 4 | 10. X. | Přírodní gummy. |
| 5 | 10. X. | Polyterpeny – přírodní kaučuk, získávání, zpracování a modifikace |
| 6 | 17. X. | Polyfenoly – lignin, huminové kyseliny, třísloviny |
| 7 | 24. X. | Polysacharidy I – škrob |
| 8 | 31. X. | Polysacharidy II – celulóza |
| 9 | 7. XI. | Bílkovinná vlákna I |
| 10 | 14. XI. | Bílkovinná vlákna II |
| 11 | 21. XI. | Kasein, syrovátka, vaječné proteiny |
| 12 | 28. XI. | Identifikace přírodních látek |
| 13 | 5. XII. | Laboratorní metody hodnocení přírodních polymerů |
| 14 | 22. XI. | EXKURZE – KLIHÁRNA |
| 15 | 12. XII. | EXKURZE – ŠKROBÁRNA, VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ ŠKROBŮ |

LITERATURA

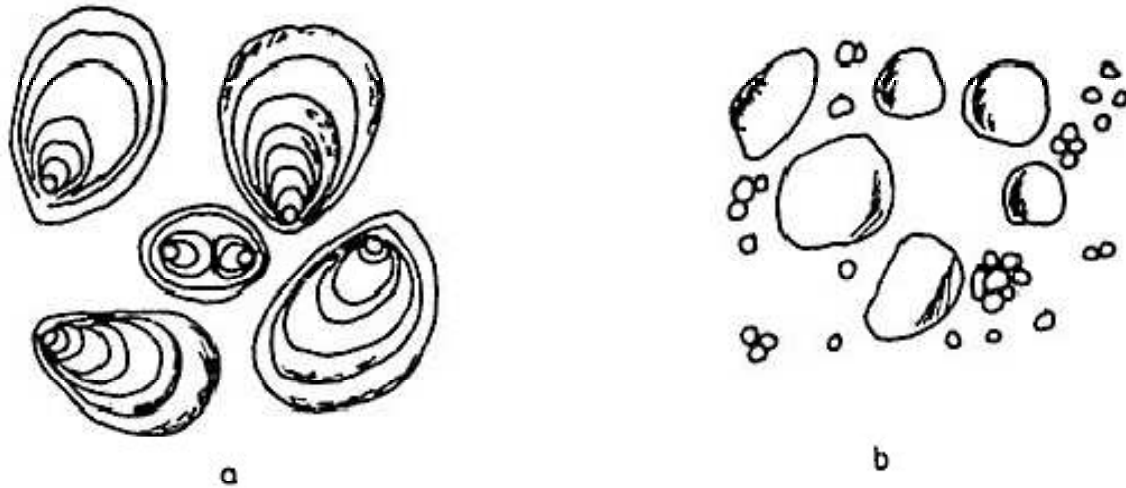
- Ing. J. Dvořáková: **PŘÍRODNÍ POLYMERY**, VŠCHT Praha, Katedra polymerů, skripta 1990
- J. Mleziva, J. Kálal: **Základy makromolekulární chemie**, SNTL Praha, 1986
- A. Blažej, V. Szilvová: **Prírodné a syntetické polymery**, SVŠT Bratislava, skripta 1985
- **J. Kodet, K. Babor: Modifikované škroby, dextriny a lepidla, SNTL Praha, 1991, ISBN 80-03-00554-X**
- **J. Kodet, S. Štěrba, L. Šlechta: Modifikované škroby, SNTL Praha, 1982,**
- P. Kadlec a kol.: **Technologie sacharidů**, VŠCHT Praha, 2000

LITERATURA zahraniční – John Willey

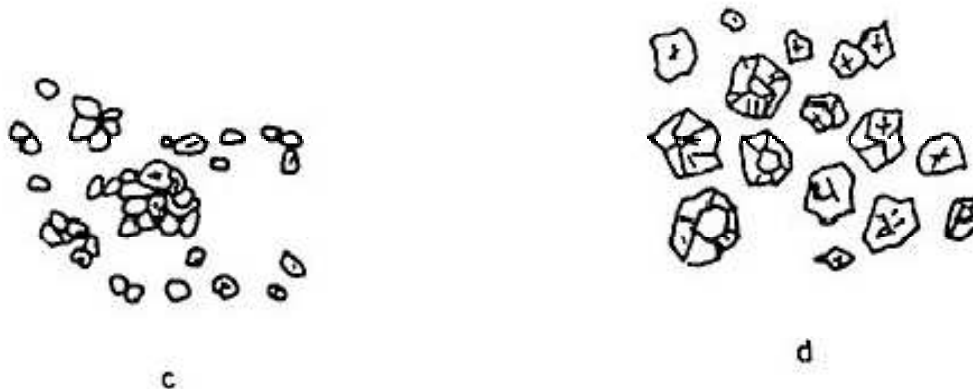
- **Starch - Stärke časopis**
- **Thermoplastic Starch**
 - Leon Janssen, Leszek Moscicki
 - ISBN: 978-3-527-32528-3
 - 255 pages
 - October 2009

- 1. Druhy škrobů**
- 2. Výroby škrobů**
- 3. Chemie škrobu**
- 4. Použití škrobu**
- 5. Modifikace škrobu**
- 6. Výroba dextrinů**
- 7. Použití dextrinů**

Druhy PRŮMYSLOVĚ VÝZNAMNÝCH škrobů



TVARY ZRN



Obr. 13. Charakteristický tvar zrn škrobu *a* – brambor, *b* – pšenice, *c* – rýže, *d* – kukuřice

Velikosti zrn škrobů

- **Brambory:** převážně 10 – 70 μm (ŠIROKÁ distribuce velikostí zrn)
- **Kukuřice:** převážně 20 μm (úzká distribuce velikostí zrn)
- **Pšenice:** dva druhy zrn
 - velikost 1 – 10 μm > **škrob B** (odpadní produkt, obsahuje proteiny)
 - velikost 10 – 25 μm > škrob A (výrobek)
- **Rýže:** převážně cca. 5 μm (úzká distribuce velikostí zrn)

Výroba a použití škrobů (data z roku 1991)

- **Světová výroba:** 22 milionů tun
- **Kukuřičný škrob:** 15 milionů tun
- **Nejvýznamnější plodiny pro výrobu škrobů:** kukuřice, brambory, rýže, maniok
- **Největší výrobci škrobů:** USA (kukuřice), státy bývalého SSSR, Nizozemsko, Německo, Polsko (brambory)
- **Použití pro výživu:** cca. 70 %
- **Modifikované škroby:** cca. 5 milionů tun

Výroba škrobů v ČR & SR

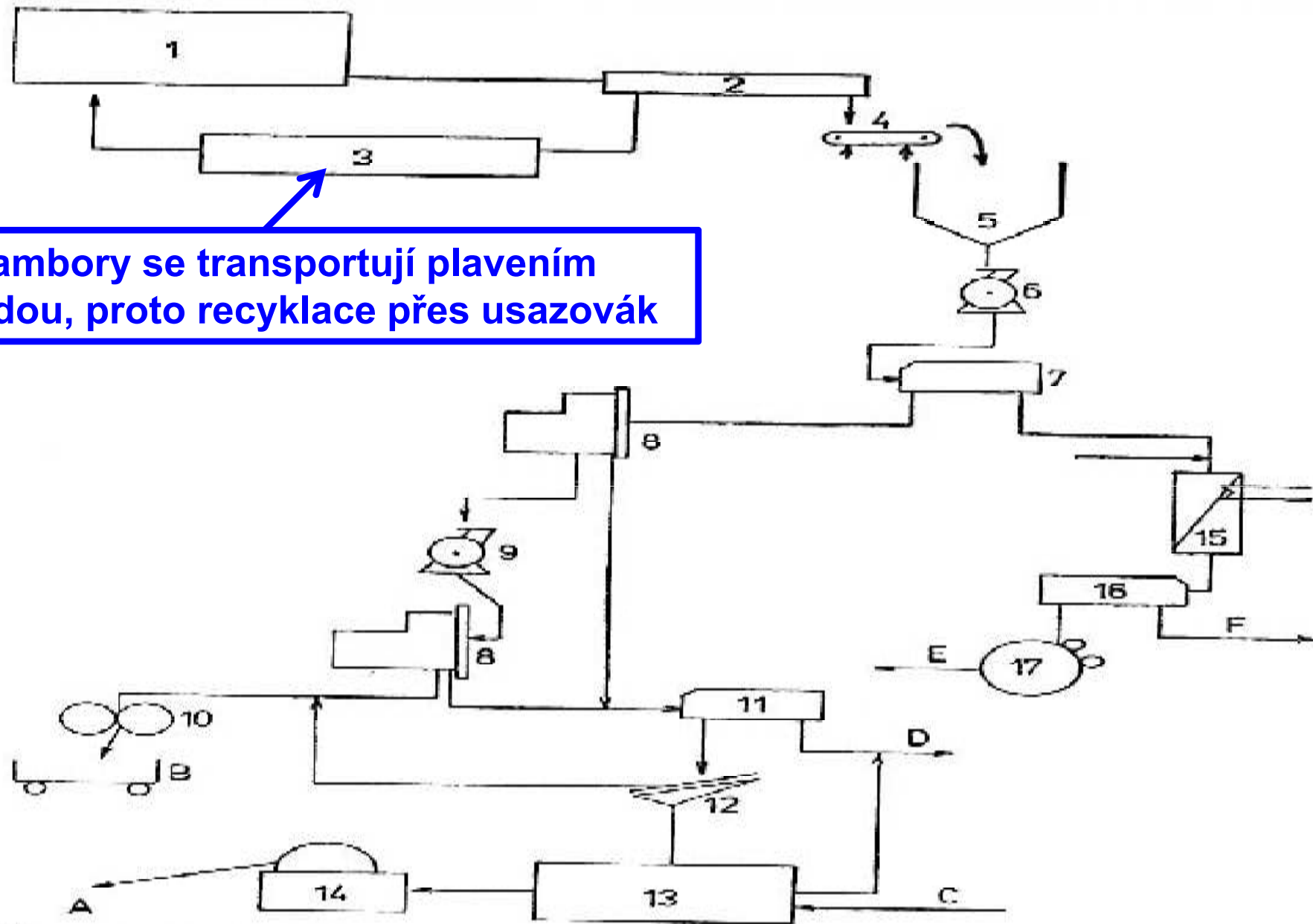
- **Brambory: ČR & SR
(MOŽNÁ)**
- **Kukuřice: SR**
- **Pšenice: ČR**
- **Rýže: ani ČR & SR**

Výroba škrobu z brambor

- Brambory obsahují 14 – 21 % hmot. škrobu, což není mnoho
- Z 1 ha lze získat průměrně 4 t škrobu
- Spotřeba vody je vysoká, 3,5 – 8 m₃/t brambor, ale moderní postupy jsou nižší
- Sušina škrobu je cca. 84 % hmot.
- Ostatní složky jsou:

| | | | |
|-------------------------------|---------|--------------------------------|---------|
| P ₂ O ₅ | 0,176 % | K ₂ O | 0,018 % |
| SiO ₂ | 0,069 % | Na ₂ O | 0,008 % |
| SO ₃ | 0,008 % | Fe ₂ O ₃ | stopy |
| CaO | 0,059 % | dusíkaté látky | 0,011 % |
| Mg | 0,001 % | lipidy | 0,040 % |

Brambory se transportují plavením vodou, proto recyklace přes usazovák

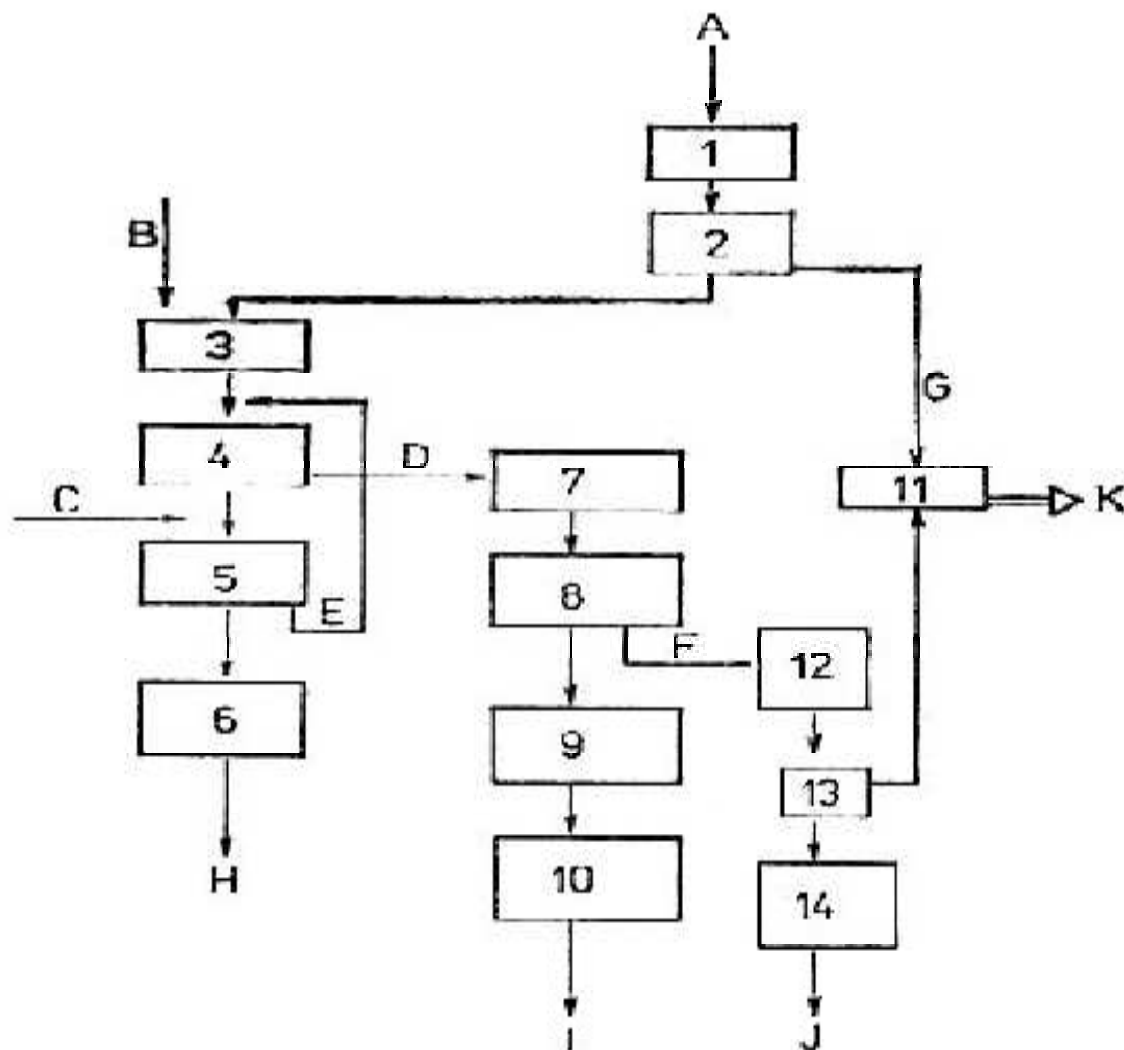


Obr. 18. Klasická bramborová škrobárna

- 1 – skládka brambor, 2 – pračka, 3 – sedimentace kalů, 4 – pásová váha,
- 5 – zásobník brambor, 6 – struhák, 7 – odstředivka, 8 – vypírače,
- 9 – přestruhovák, 10 – zdrtkolis, 11 – odšťědivka, 12 – síto, 13 – rafinace (hydrocyklóny), 14 – filtr, 15 – přehříváč, 16 – odšťědivka, 17 – válcová sušárna;
- A – škrob, B – zdrtky, C – čistá voda, D – odpadní voda, E – suchá bílkovina, F – tekuté krmivo

Výroba škrobu z pšenice

- Pšeničná mouka obsahuje cca. 68 % hmot. škrobu, což je mnoho
- Z 1 ha lze získat průměrně 4 t škrobu, tedy cca. tolik co u brambor
- Lze ale využít i škrob B a odpadní bílkovinu (lepek)
- Spotřeba vody je u nových technologií 3,5 m₃/t mouky
- Sušina škrobu je cca. 84 % hmot.



**Tuto
technologii
uvidíte na
exkurzi
Nic zde
nepřijde
nazmar!**

Obr. 19. Technologie pšeničné škrobárny Raisio Process

1 — mlýn, 2 — vysévače, 3 — směšovací zařízení, 4, 5 — odlučovač, 6 — od-
parka, 7 — směšovač, 8 — odsávač vody, 9 — sušárna, 10 — mlýn, 11 —
směšovač krmiva, 12 — hydrolyzní reaktor, 13 — koagulace proteinu,
14 — odparka; A — pšenice, B — voda, C — voda, D — mouka, E — vratný
proud vody, F — škrob B, G — otruby, H — škrob A, I — vitální lepek,
J — BC-protein, K — krmivo

Výroba škrobu z kukuřice

- Kukuřičné zrno pro výrobu škrobu má toto složení:

| | | | |
|------------|---------|-------------|--------|
| voda | 18,50 % | vláknina | 2,40 % |
| škrob | 55,50 % | popeloviny | 1,50 % |
| proteiny | 8,20 % | pentosany | 5,10 % |
| tuk (olej) | 3,00 % | nestanovené | 5,80 % |

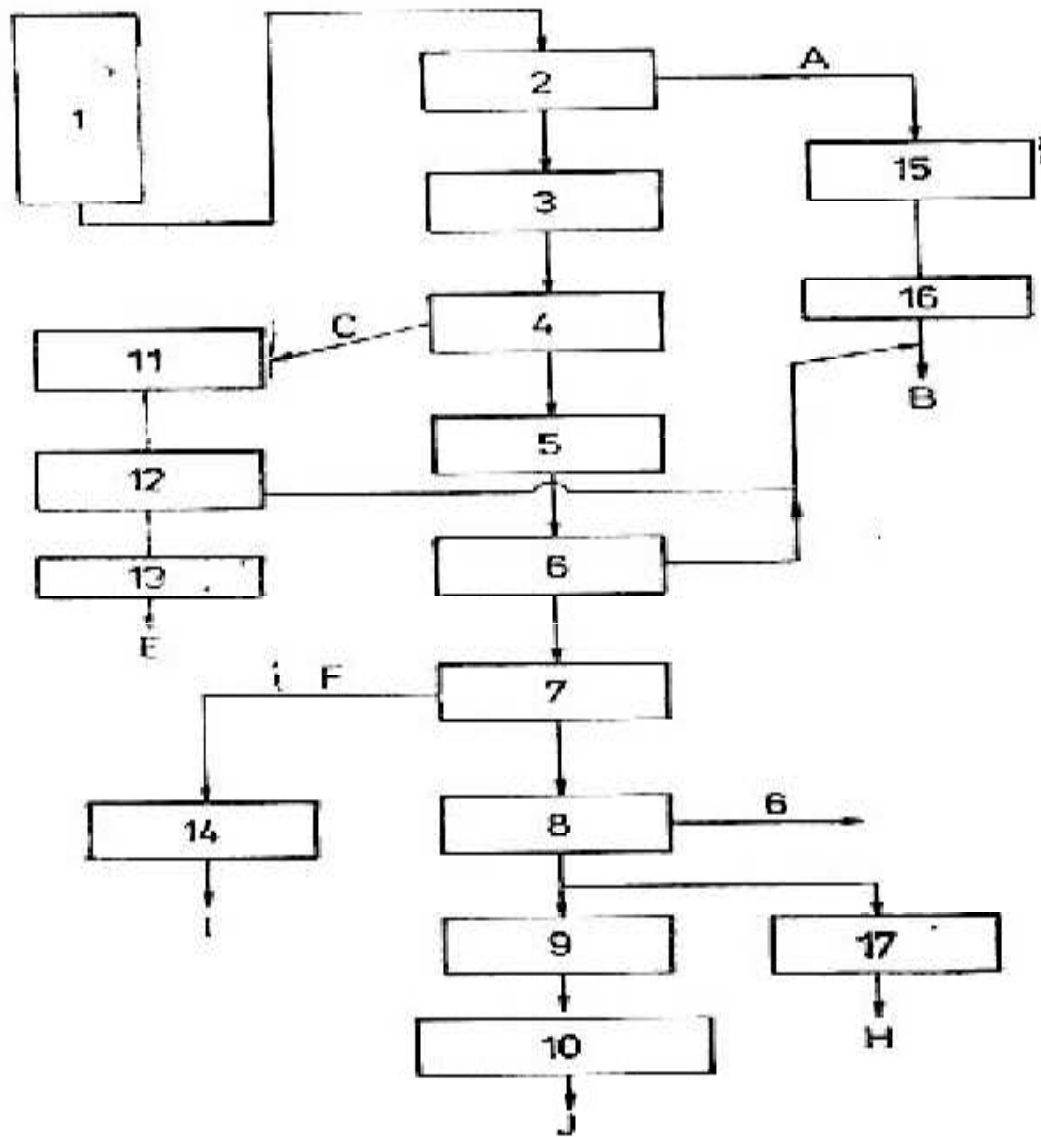
Byly vyšlechtěny odrůdy obsahují buď převážně **AMYLÓZU** nebo převážně **AMYLOPEKTIN**

Špičkové odrůdy mají v zrně až 90 % hmot.

škrobu

Spotřebu vody na 1 t zrna **NEVÍM**

Sušina škrobu je cca. 84 % hmot.



Podobné
jako výroba
z pšenice,
až
namáčení
Nic zde
nepřijde
nazmar!

Obr. 20. Technologie výroby kukuričného škrobu

1 — kukuričné silo, 2 — máčecí tanky, 3 — odklíčovací úrto, 4 — oddělení klíčků, 5 — jemné mletí, 6 — separace vlákniny, 7 — separace kapalného podílu, 8 — rafinace škrobu, 9 — filtrace, sušení, 10 — škrobové silo, 11 — praní a sušení klíčků, 12 — extrakce oleje, 13 — rafinace oleje, 14, 15 — odpadky, 16 — sušení, 17 — zásobník; A — máčecí voda, B — krmivo, C — klíčky, D — vláknina, E — kukuričný olej, F — glutenová voda, G — odpadní voda, H — škrobová suspenze na modifikace nebo na sirup, I — kukuričný výluh, J — škrob

Výrobky ze škrobu pro potravinářství

- **Cukrovinky, džemy a marmelády, nápoje, pečivo atd.**
- **Mléčné výrobky, masné výrobky, polévky, omáčky, salátové dresinky atd.**
- **Zmrzliny, kojenecká výživa, cukrovinky**

Výrobky ze škrobu pro průmysl

PAPÍRENSKÝ PRŮMYSL

- KLÍŽENÍ VNITŘNÍ VE HMOTĚ,
POVRCHOVÉ KLÍŽENÍ, NATÍRÁNÍ
PAPÍRU

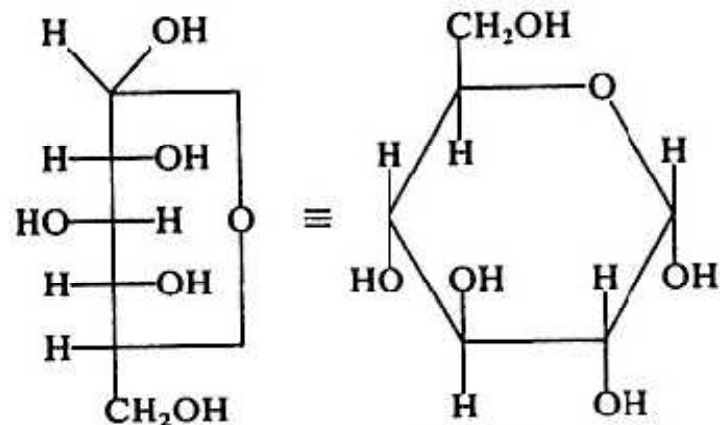
TEXTILNÍ PRŮMYSL

- ŠLICHTOVÁNÍ, TISK, KONEČNÉ
ÚPRAVY

LEPENÍ

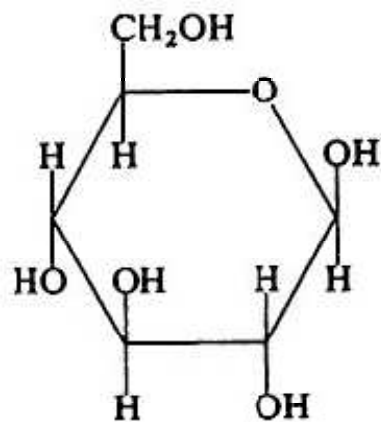
- LEPENKA, VLNITÝ PAPÍR, VÍCEVRSTVÉ
PYTLE, LAMINOVÁNÍ,

ŠKROB versus CELULÓZA



α -D-glukopyranosa
(α -glukosa)

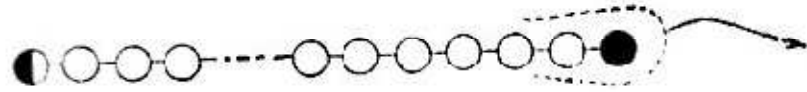
ŠKROB je polymer z α -D-glukopyranosy



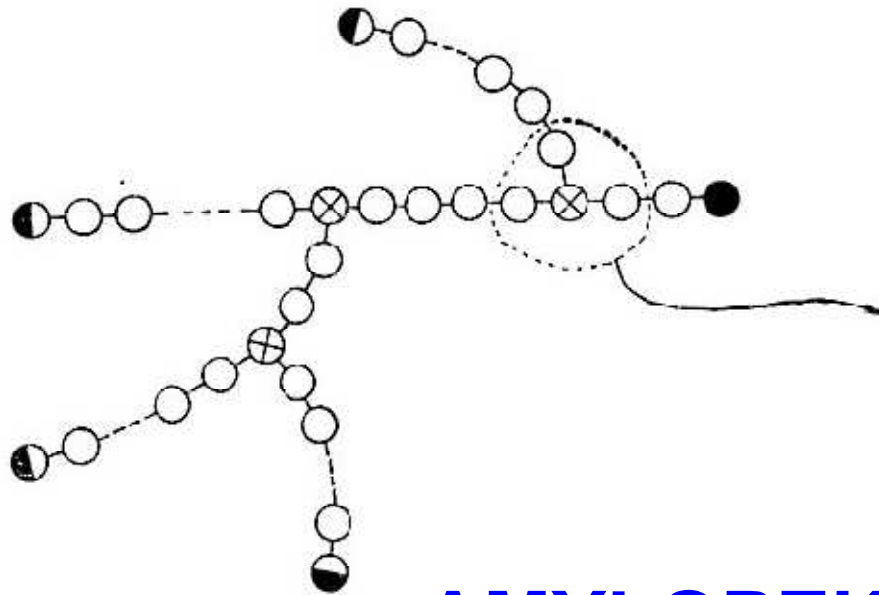
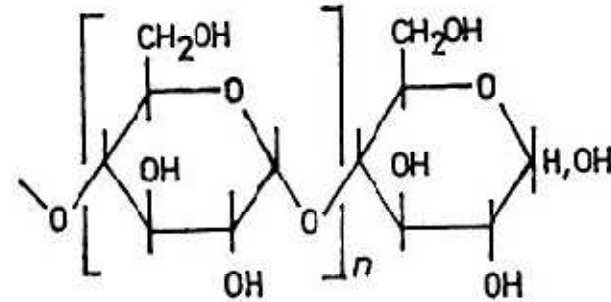
β -D-glukopyranosa
(β -glukosa)

CELULÓZA je polymer z β -D-glukopyranosy

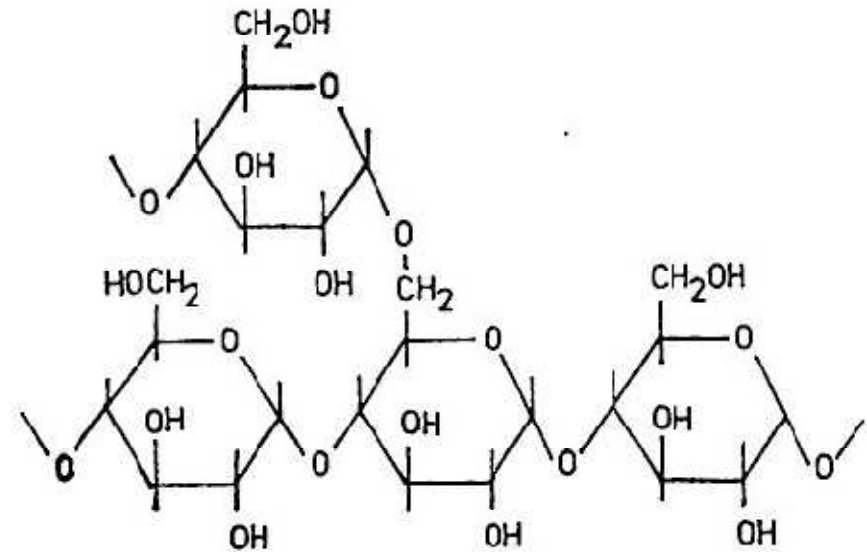
AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN



AMYLÓZA

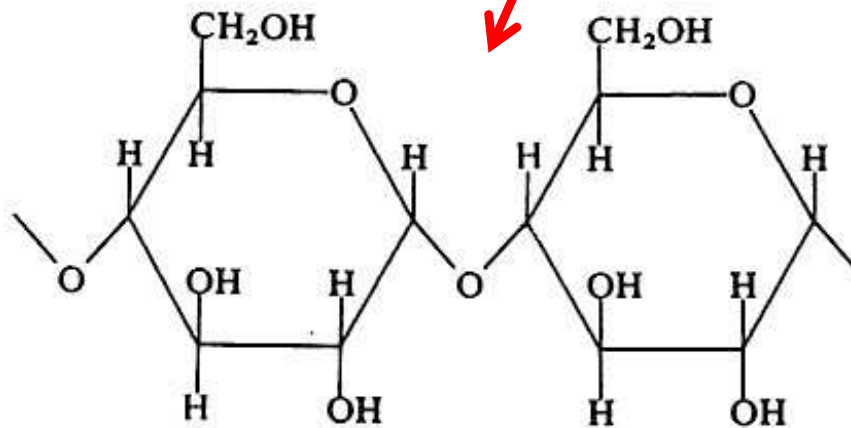


AMYLOPEKTIN

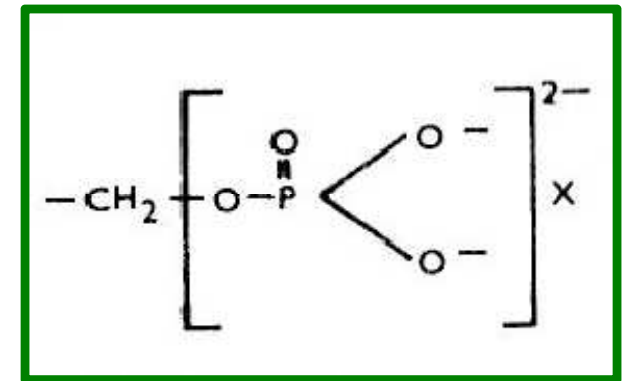


Obr. 4. Amylosa (nahoře) a amylopektin (dole). Na schematicckém obrázku kroužky znázorňují D-glukosové jednotky a jejich spojení α -glukosidovou vazbou. Plný kroužek označuje redukující koncovou jednotku a zcela zaplněný kroužek neredukující koncové jednotky, křížkem vyznačené jednotky tvoří body větvení polysacharidu. Redukující konec řetězce a prostor větvení je vyznačen příslušnými strukturálními vzorci

AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN

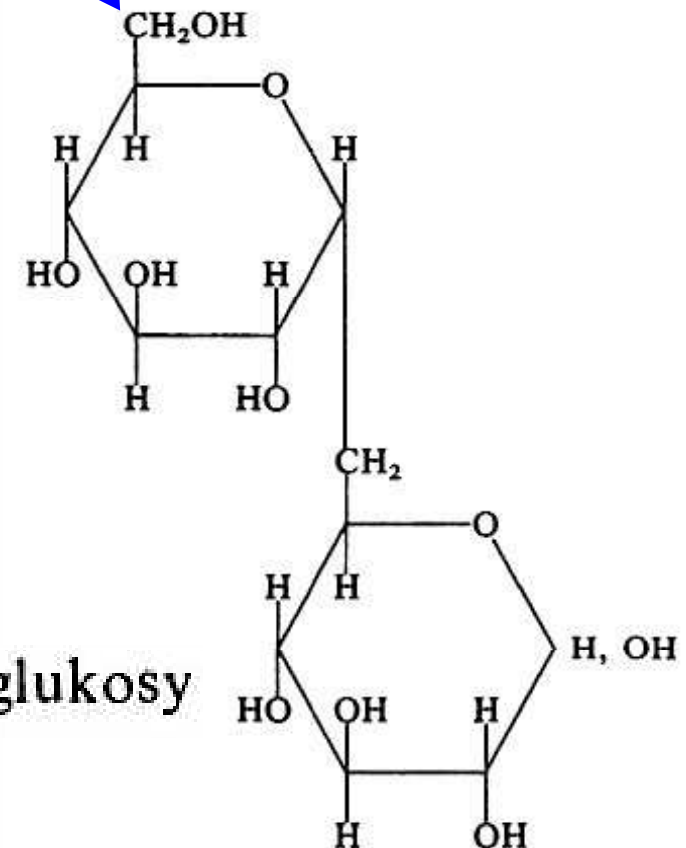


poly(1→4)- α -D-glukopyranosa (amylosa)



Na AMYLOPEKTIN může být vázána jako ester kyselina fosforečná, hlavně ve škrobu bramborovém

(1 → 6)- α -D-glukopyranosyl-D-glukosy



AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN

Tabulka 2. Porovnání vlastností amylosy a amylopektinu [8]

| Vlastnost | Amylosa | Amylopektin |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Barva komplexu s jodem | modrá | červenofialová |
| Vazba jodu (%) | 19—20 | 1 |
| β -amylolýza (%) | 70—96 | 50—60 |
| Relativní molekulová hmotnost | 10^5 — 10^6 | 10^7 — 10^8 |
| CL/GU* | 2 000 i více | 19—28 |
| ECL/GU* | — | 12—17 |
| ICL/GU* | — | 5—8 |
| Rentgenová analýza | vysoký stupeň krystalinity | amorfní |
| Rozpustnost ve vodě | různá | rozpustný |
| Stabilita vodného roztoku | retrograduje | stabilní |
| Vlastnosti acetylderivátu | vláknitý, tuhé filmy | amorfní prášek, křehké filmy |

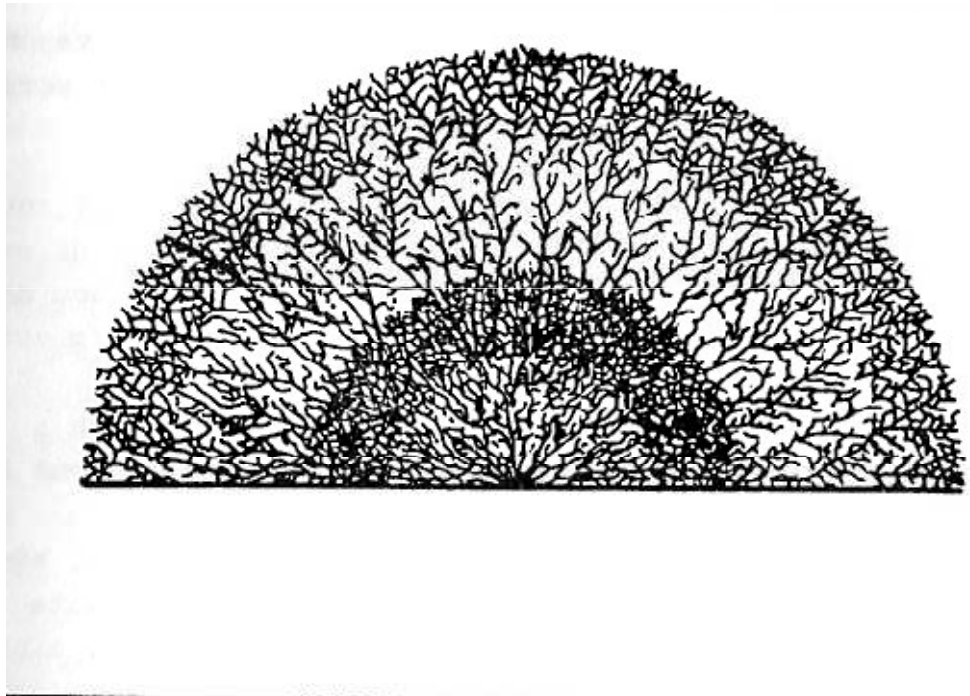
* průměrné délky základních (CL), vnějších (ECL) a vnitřních (ICL) řetězců v počtu D-glukosových jednotek (GU).

AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN

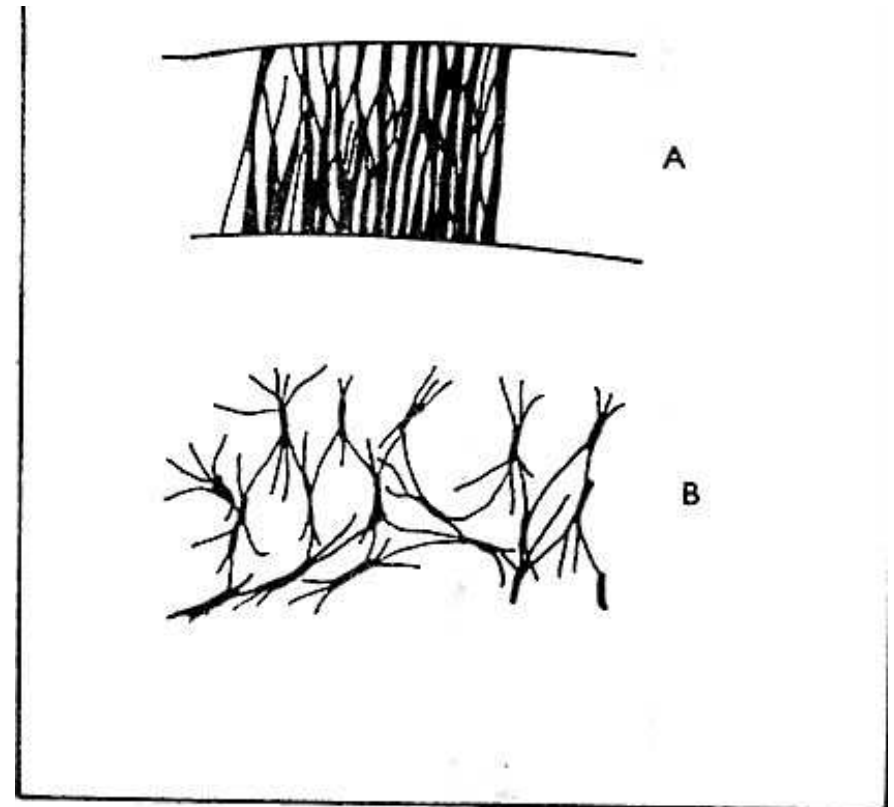
| Relativně střední molekulová hmotnost | AMYLÓZA | AMYLOPEKTIN | Zdroj, poznámka |
|---------------------------------------|---------------|---------------|------------------------|
| M_n | $10^5 - 10^6$ | 10^7 | Kálal |
| M_w | | | <i>Nebylo nalezeno</i> |
| M bez udání zda se jedná o n či w | $10^5 - 10^6$ | $10^7 - 10^8$ | Kodet |

Každopádně se jedná o VYSOKÉ HODNOTY, na úrovni syntetických polyolefinů (PE, PP)

NADMOLEKULÁRNÍ STRUKTURA škrobu



Obr. 4. Sférokrystalická struktura částice škrobu



Obr. 3. Model submikroskopické struktury škrobu dle Meyera
a) struktura škrobu (vrstvy),
b) kostra rozvětvené složky po vy-
mytí amylózy

Lineární AMYLOZA krystalizuje –
vodíkové můstky
Rozvětvený AMYLOPEKTIN je
amorfní

Chování škrobu ve vodě

- **Laboratorní teplota:** pouze vratné zaplnění kapilár v zrně škrobu
- **Zvyšování teploty:** postupná hydratace a rozpad vodíkových můstků, **rozpuštění AMYLÓZY, AMYLOPEKTIN pouze bobtná**
- **Zvyšující se teplota & míchání:** rozpad hydratovaných zrn a dosažení „**BODU MAZOVATĚNÍ ŠKROBU (peptizace)**“
- **BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU je charakteristický pro různé škroby**

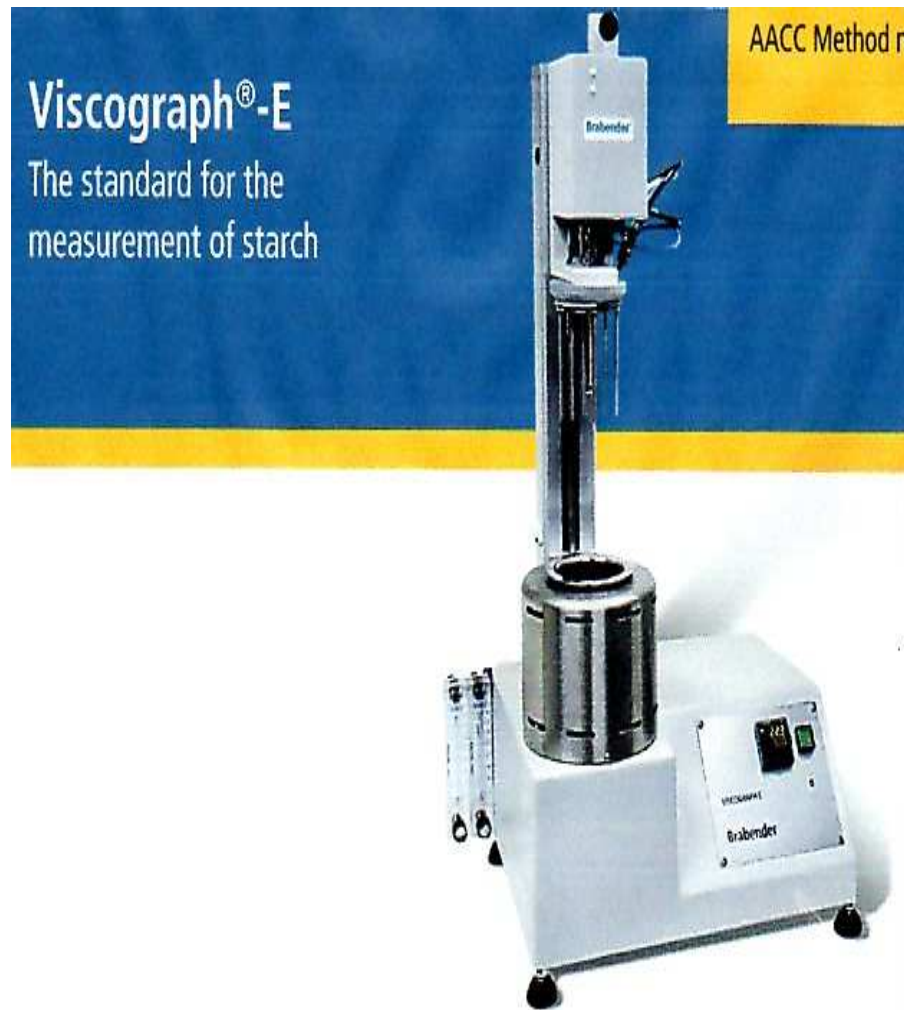
Křivky MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě



- Suited for starch and flour
- Usage for acid and lye
- Small sample size (5 - 15 g)
- Short measuring times
- Speed (0 - 300 min⁻¹)
- Temperature measurement within the sample
- Heating / cooling rates of up to 10°C / min
- No follow-up costs
- Evaluation in **BU**, mPas, cP or cmg

Upravený ROTAČNÍ VISKOZIMETR

ROTAČNÍ VISKOZIMETR



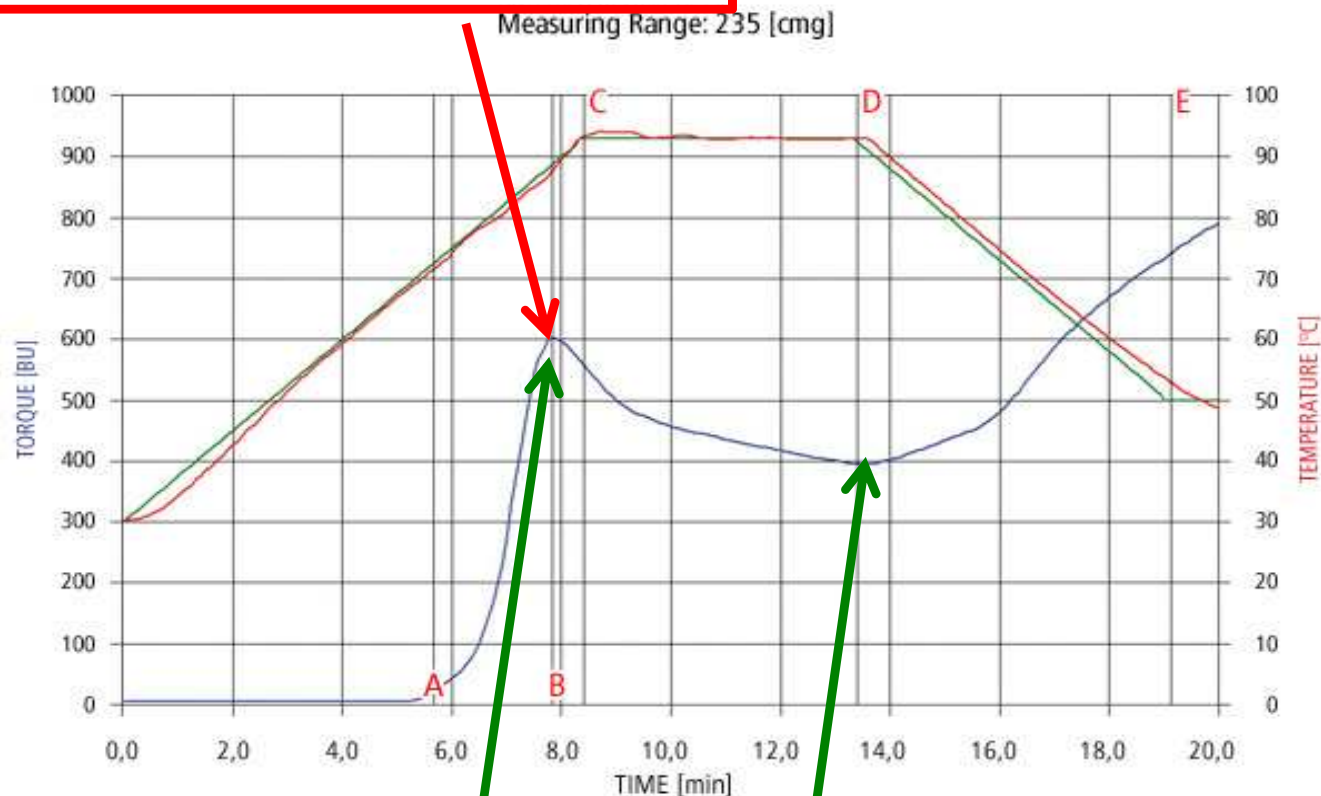
**Upravený ROTAČNÍ
VISKOZIMETR**



**Standardní ROTAČNÍ
VISKOZIMETR**

Křivky MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě

BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU



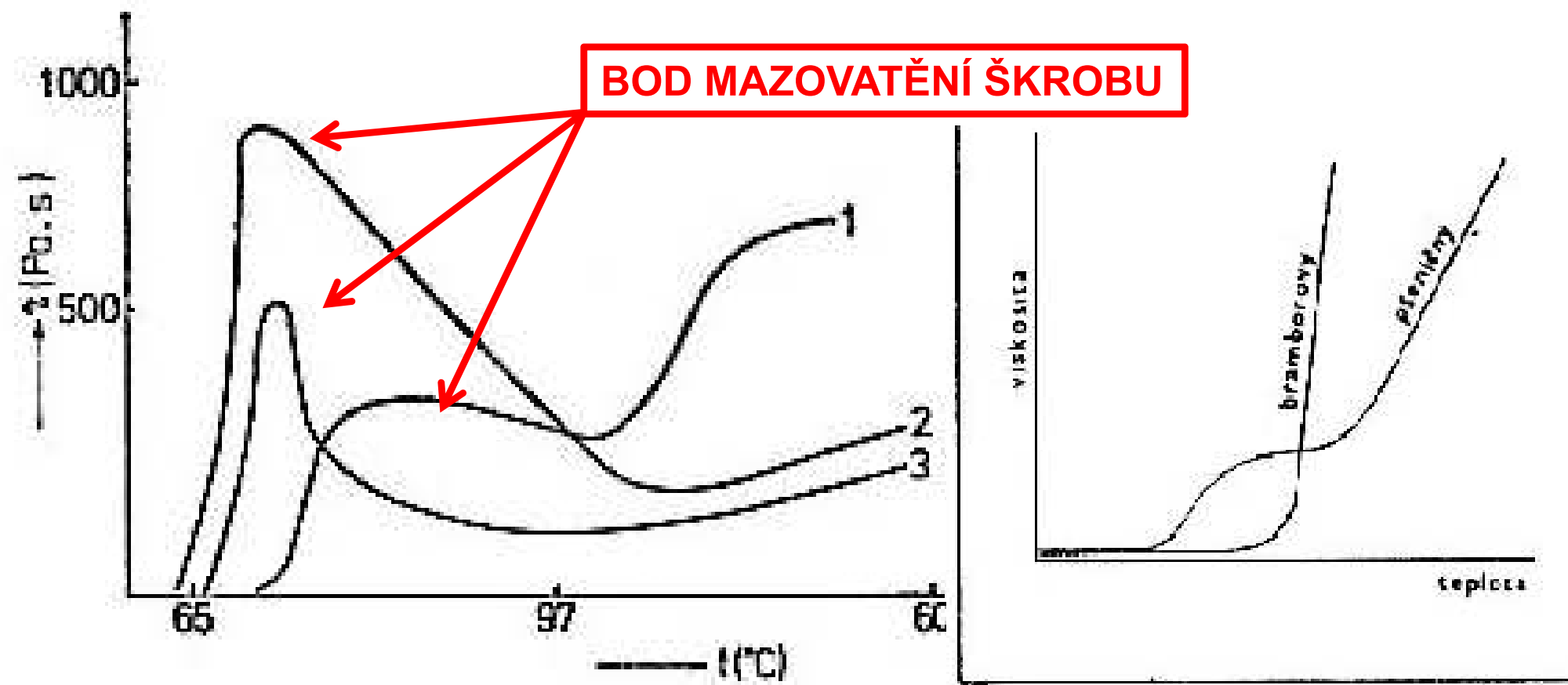
Všimněte si PRŮBĚHU
TEPLOTY MĚŘENÍ a bodů jejich
změn!

- Suited for starch and flour
- Usage for acid and lye
- Small sample size (5 - 15 g)
- Short measuring times
- Speed (0 - 300 min⁻¹)
- Temperature measurement within the sample
- Heating / cooling rates of up to 10°C / min
- No follow-up costs
- Evaluation in BU, mPas, cP or cmg

BU = Brabender Unit

Brabender je název VÝROBCE přístrojů v Německu

Křivky MAZOVATĚNÍ různých škrobů ve vodě



Obr. 21. Viskogramy nativních škrobů

1 — pšeničný škrob, 2 — bramborový škrob, 3 — kukuřičný škrob

Obr. 8. Charakteristika bobtnání škrobů

Vliv sacharidů a solí na teplotu mazovatění – PROČ ASI?

Tabulka 15

Teplota mazovatění škrobů

| Škrob | Teplota (°C) | | |
|----------------------------------|--------------|--------------|---------|
| | počáteční | končná | střední |
| bramborový | 59 | 68 | 63,5 |
| kukuřičný | 62 | 72 | 67 |
| ječmenový | 50 | 64 | 61 |
| ječmý | 51,5 | 59,5 | 57 |
| žitný | 57 | 70 | 61 |
| ryžový | 68 | 78 | 74,5 |
| hrachový | 55 | 70 | 65 |
| voskové kukurice (amylpektinová) | 63 | 72 | 68 |
| oxylozová kukurice | 47 | | |
| | | ve vroucí 80 | |
| | | voda nebo | |
| | | úplná zmr- | |
| | | azovatění | |
| kukuřičný ve vodných roztocích: | | | |
| 5 % sacharózy | 60,5 | 72,5 | 67 |
| 10 % sacharózy | 60 | 74 | 67 |
| 20 % sacharózy | 65,5 | 78 | 74 |
| 30 % sacharózy | 69,5 | 81 | 74 |
| 40 % sacharózy | 72 | 85 | 79,5 |
| 50 % sacharózy | 76 | 85 | 79,5 |
| 60 % sacharózy | 84 | 98,5 | 90,5 |
| 0,2 % hydroxidu sodného | 55,5 | 69,5 | 64 |
| 0,3 % hydroxidu sodného | 49 | 65 | 58 |

Vliv sacharidů a solí na teplotu mazovatění – PROČ ASI?

pokračování tabulky 15

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------|------|------|------|
| 1,5 % chloridu sodného | 67,5 | 77 | 72 |
| 3 % chloridu sodného | 69,5 | 78,5 | 74 |
| 6 % chloridu sodného | 75 | 82,5 | 79,5 |
| 5 % uhličitanu sodného | 64 | 72 | 70 |
| 10 % uhličitanu sodného | 67 | 76 | 72 |
| 20 % uhličitanu sodného | 77,5 | 87 | 82 |
| 30 % uhličitanu sodného | 92 | 103 | 98 |

**Kukuřičný škrob má normálně hodnoty:
62 – 72 – 67 °C**

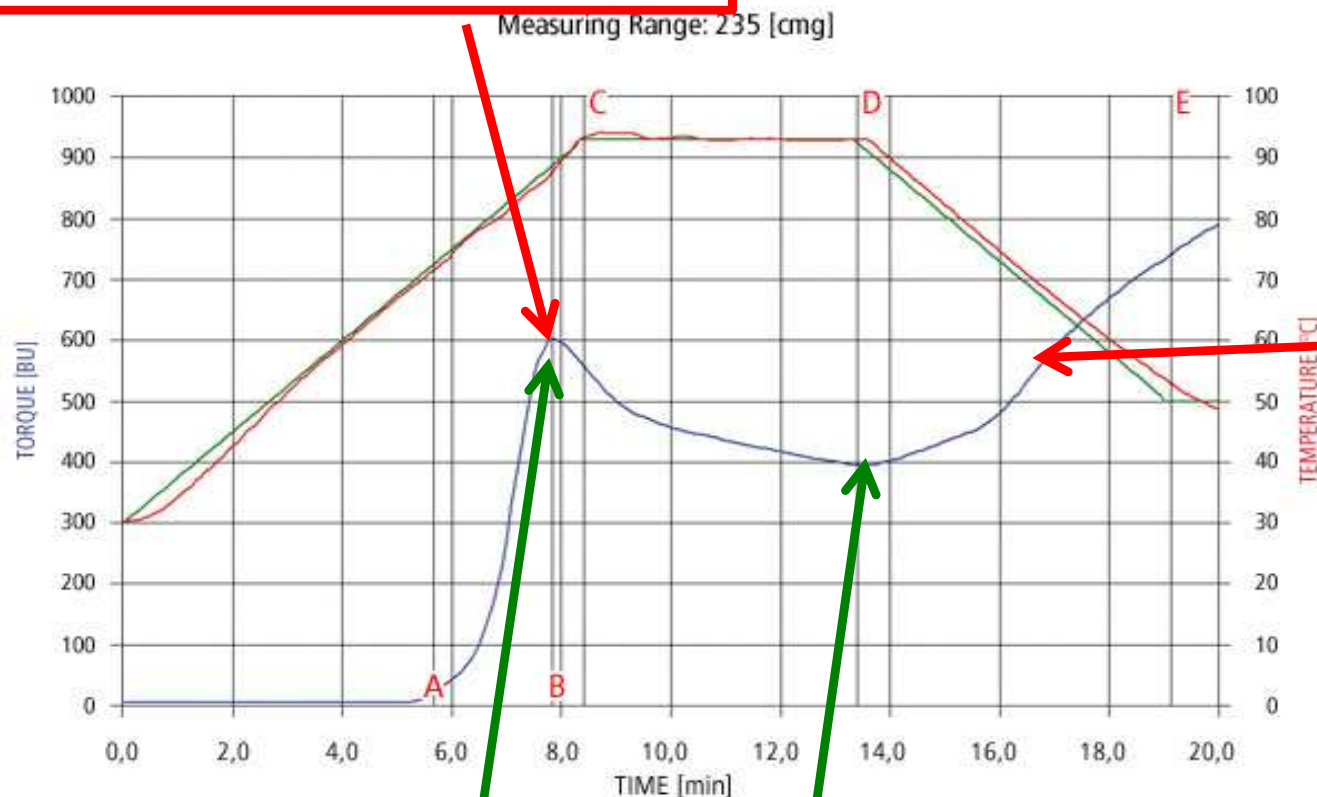
Chování škrobového mazu ve vodě

- **Snižování teploty:** postupné obnovování vodíkových můstků, hlavně u **AMYLÓZY**, škrob s vysokým podílem **AMYLOPEKTINU** má menší tendenci k **RETROGRADACI**
- **U nízkých koncentrací do cca. 3 %** vypadávání z roztoku ve formě vloček
- **U vyšších koncentrací vznik GELU** s vysokou viskozitou
- Tento proces se nazývá **RETROGRADACE** a lze ho omezit přidavkem glukózy, tuků, **NaNO₃**

Křivky MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě

BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU

RETROGRADACE
= zvyšování
viskozity se
snižující se
teplotou > VZNIK
GELU

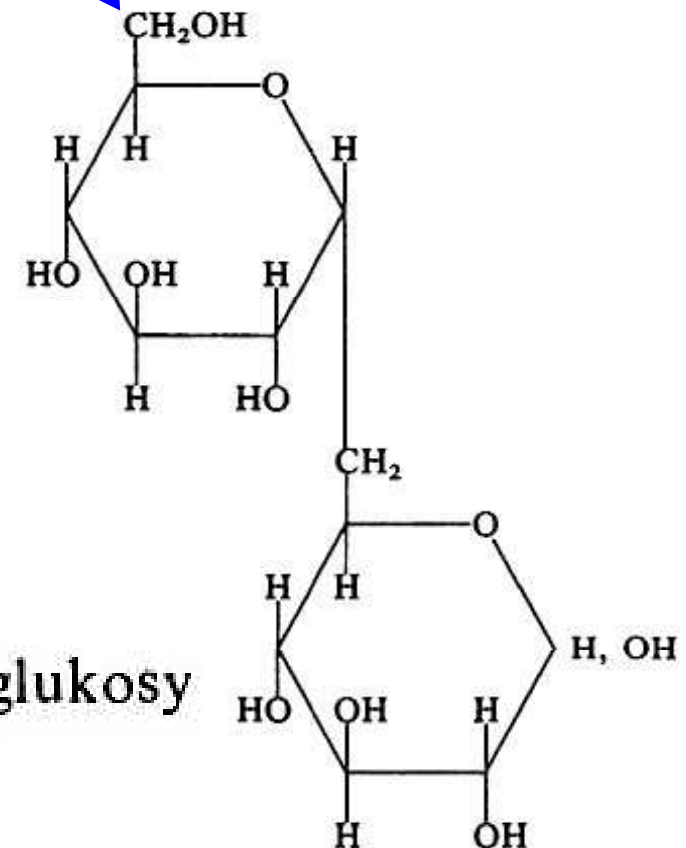
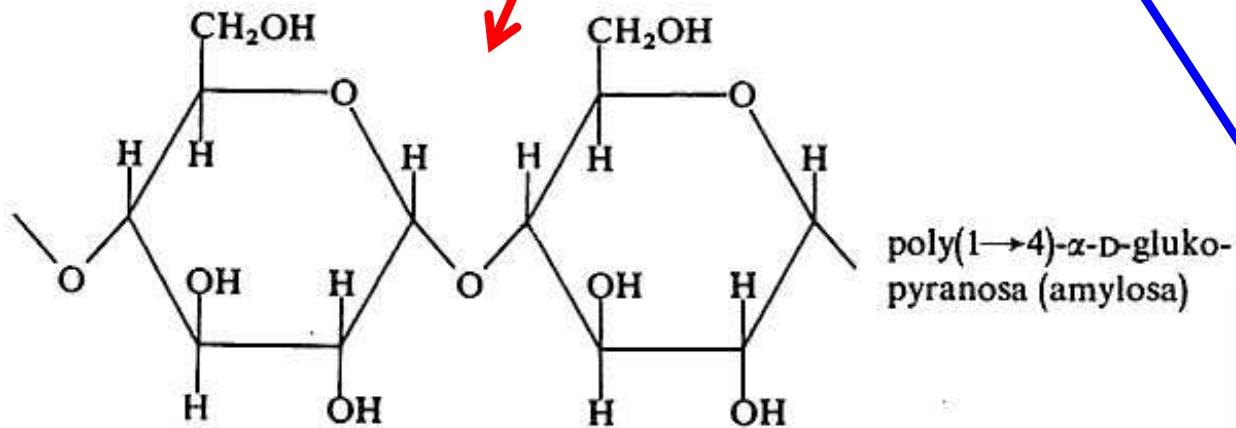


**Všimněte si PRŮBĚHU
TEPLOTY MĚŘENÍ a bodů jejich
změn!**

Proč modifikujeme škrob

- **Vysoká viskozita i při nízkých koncentracích**
- **Nízká dispergovatelnost a rozpustnost škrobových zrn**
- **Silná tendence vytvářet tuhý, trojrozměrně provázaný gel (někdy je toto ale výhodné > PUDINK)**

AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN

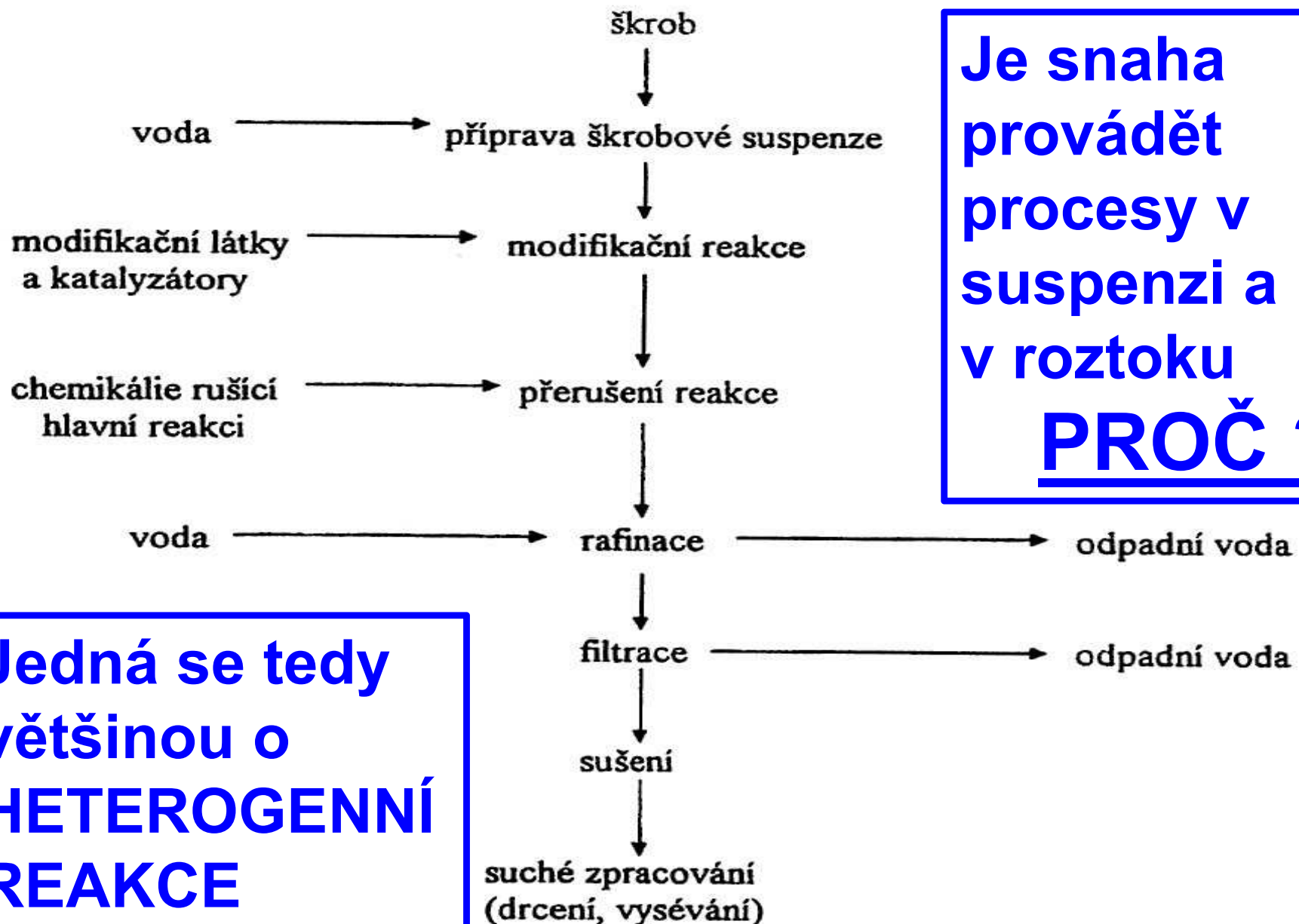


**KDE JSOU POTENCIÁLNÍ
REAKČNÍ CENTRA V
TĚCHTO
MAKROMOLEKULÁCH?**

Postupy modifikace škrobu

- **Enzymatický**
- **Termický**
- **Chemický**
 - **Hydrolýza**
 - **Oxidace**
 - **Esterifikace (několik variant)**
 - **Xantace**
 - **Karbamace**
 - **Škrobové étery**
- **Sít'ování**
- **Roubování**

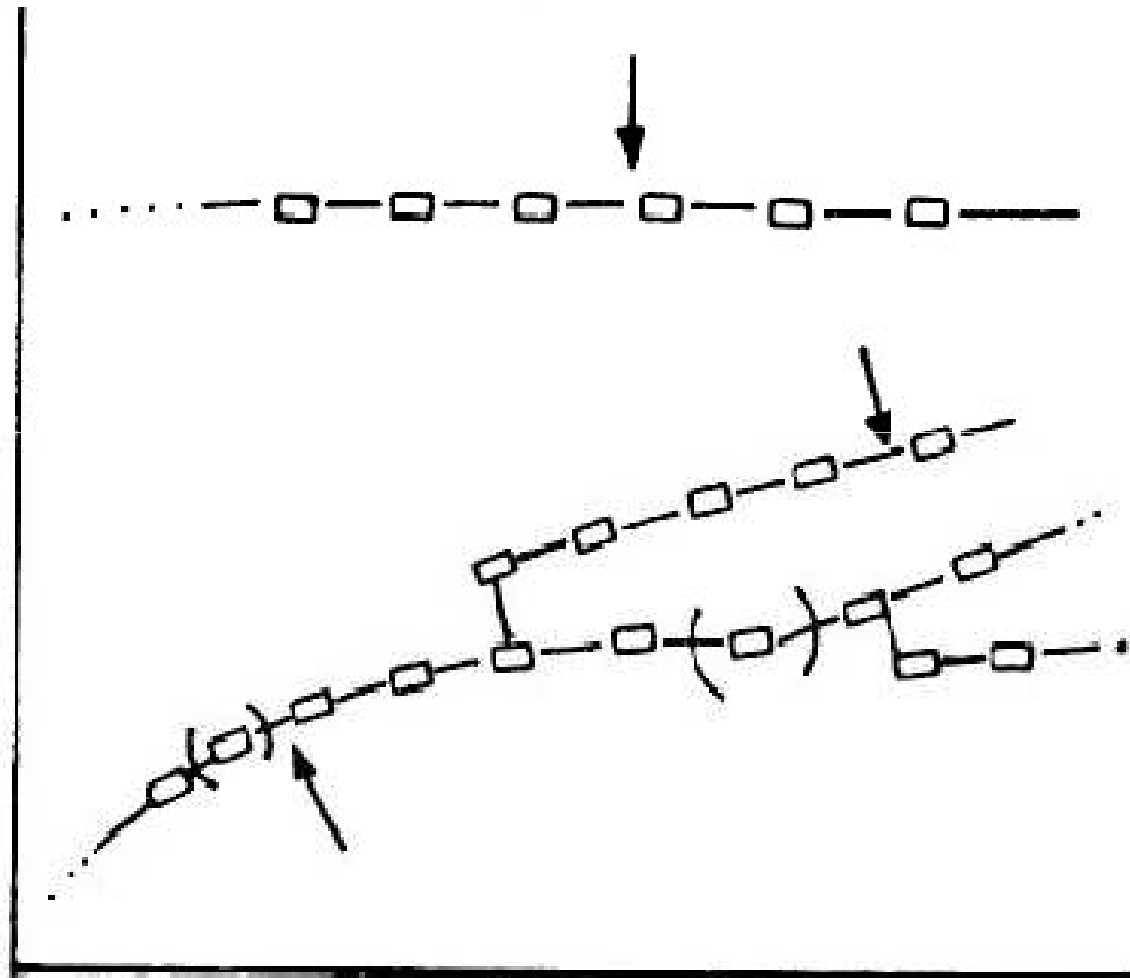
Obecné schéma modifikace škrobu



Je snaha
provádět
procesy v
suspenzi a ne
v roztoku
PROČ ?

Jedná se tedy
většinou o
**HETEROGENNÍ
REAKCE**

Postupy ENZYMATICKÉ modifikace škrobu

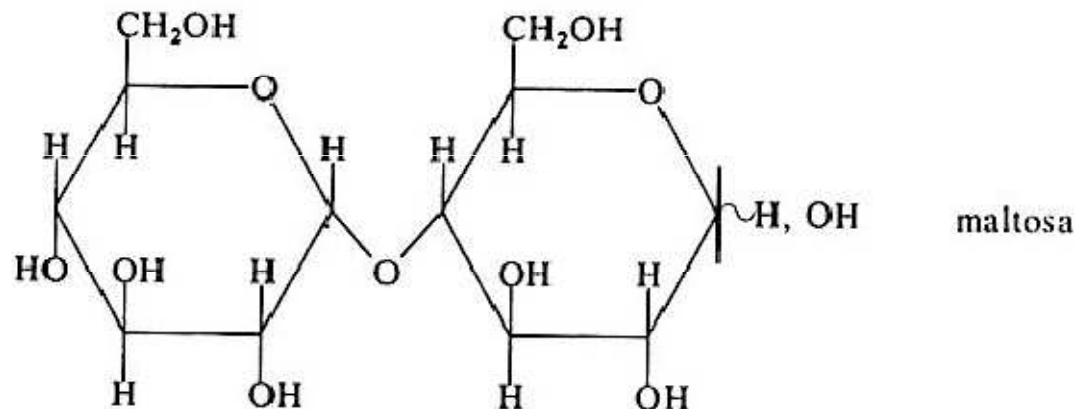


**PRUDKÝ
POKLES
VISKOZITY
ROZTOKU
(MAZU)**

Obr. 13. Štěpení škrobu - **amylázou**

Postupy ENZYMATICKÉ modifikace škrobu

Štěpení na MALTÓZU enzymy
 α a β AMYLÓZAMI



**MALTÓZU lze dále rozštěpit
enzymem MALTÓZOU na
GLUKÓZU**

Podle stupně
konverze
dělíme
produkty na:

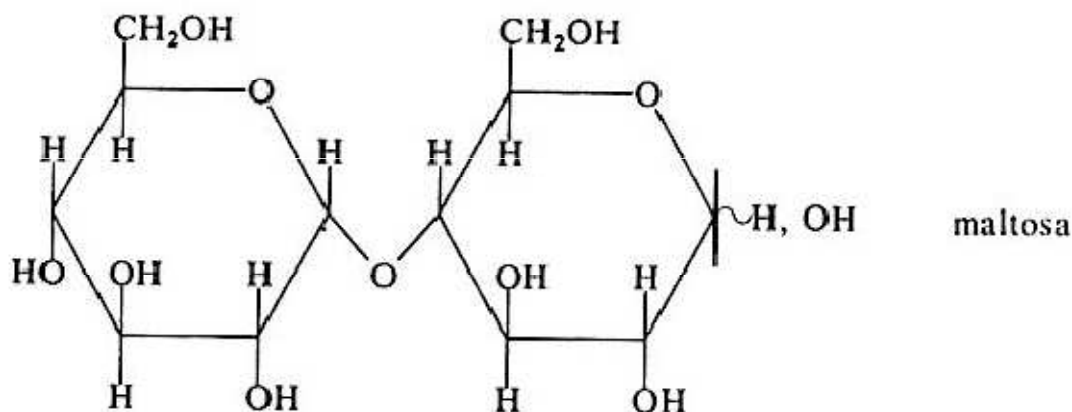
1. Kapalné sirupy
2. Sušené nebo zahuštěné sirupy
3. Glukózu

Postupy **HYDROLYTICKÉ** modifikace škrobu

Katalýza pomocí HCl nebo H₂SO₄ s
neutralizací na konci procesu

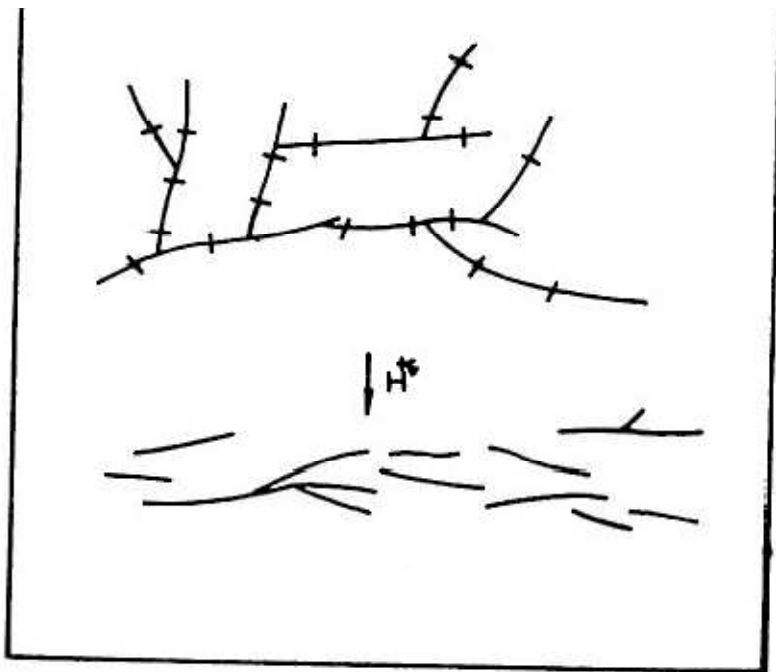
Podle stupně
konverze
dělíme
produkty na:

1. Kapalné
sirupy
2. Sušené
nebo
zahuštěné
sirupy
3. Glukózu



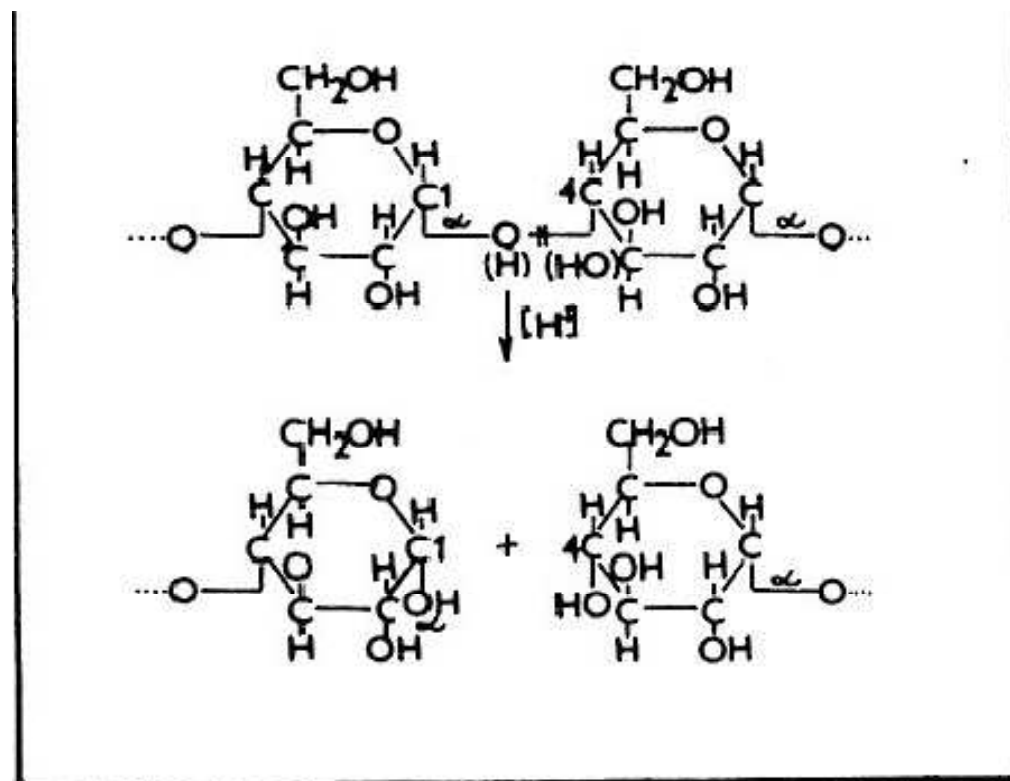
Lze kombinovat s
enzymatickým procesem a
dostat se na **GLUKÓZU**

Postupy **HYDROLYTICKÉ** modifikace škrobu



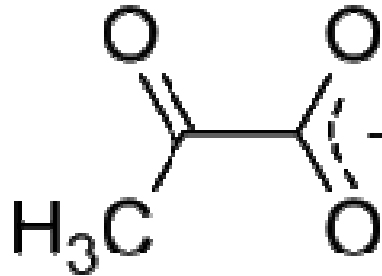
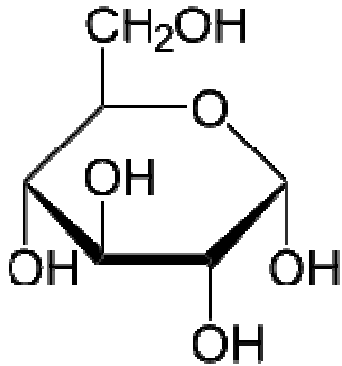
Obr. 12. Štěpení amylopektinu chemickou katalýzou

Nejsou informace o tom, zda proces probíhá náhodně či zda je některé místo v řetězci při hydrolýze preferováno

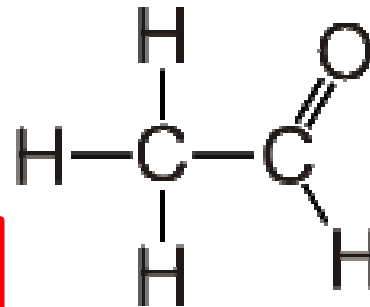


Obr. 11. Štěpení škrobu protonovou katalýzou

ENZYMATICKÉ VYUŽITÍ GLUKÓZY



Pyruvát konjugovaná báze
od kyseliny pyrohroznové



Vodka

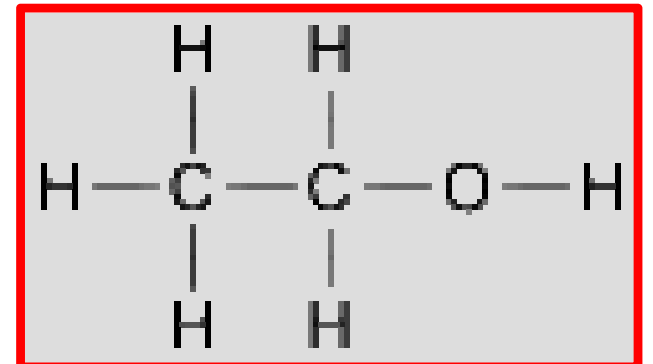
Gorilka

Schnaps

Prostějovská starorežná

Whisky

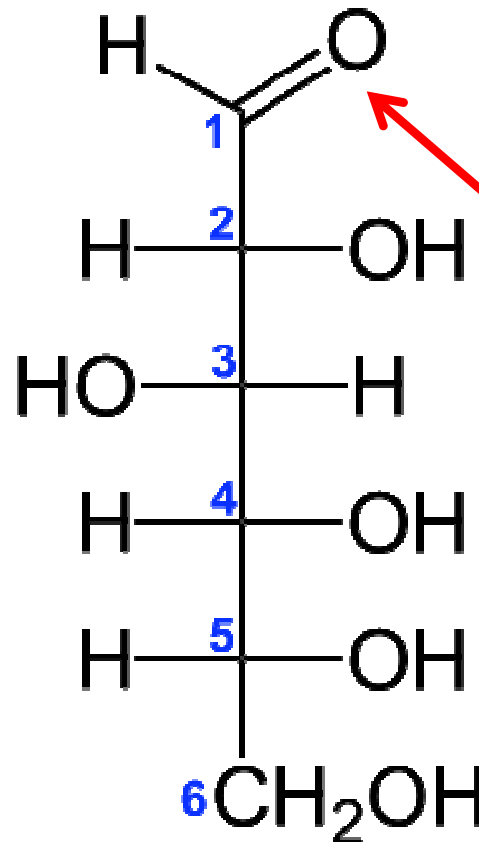
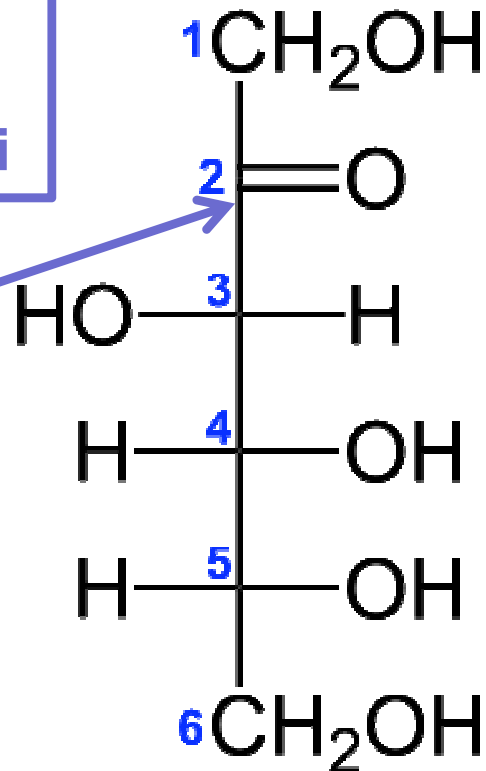
Bramborový líh > TUZEMSKÝ RUM



ENZYMATICKÁ (Xylose isomerase) izomerizace **GLUKÓZY** na **FRUKTÓZU**

Fruktóza je asi
o 1/5 sladší
než glukóza
Vyskytuje se
hlavně v ovoci

FRUKTÓZU
(KETÓZA)



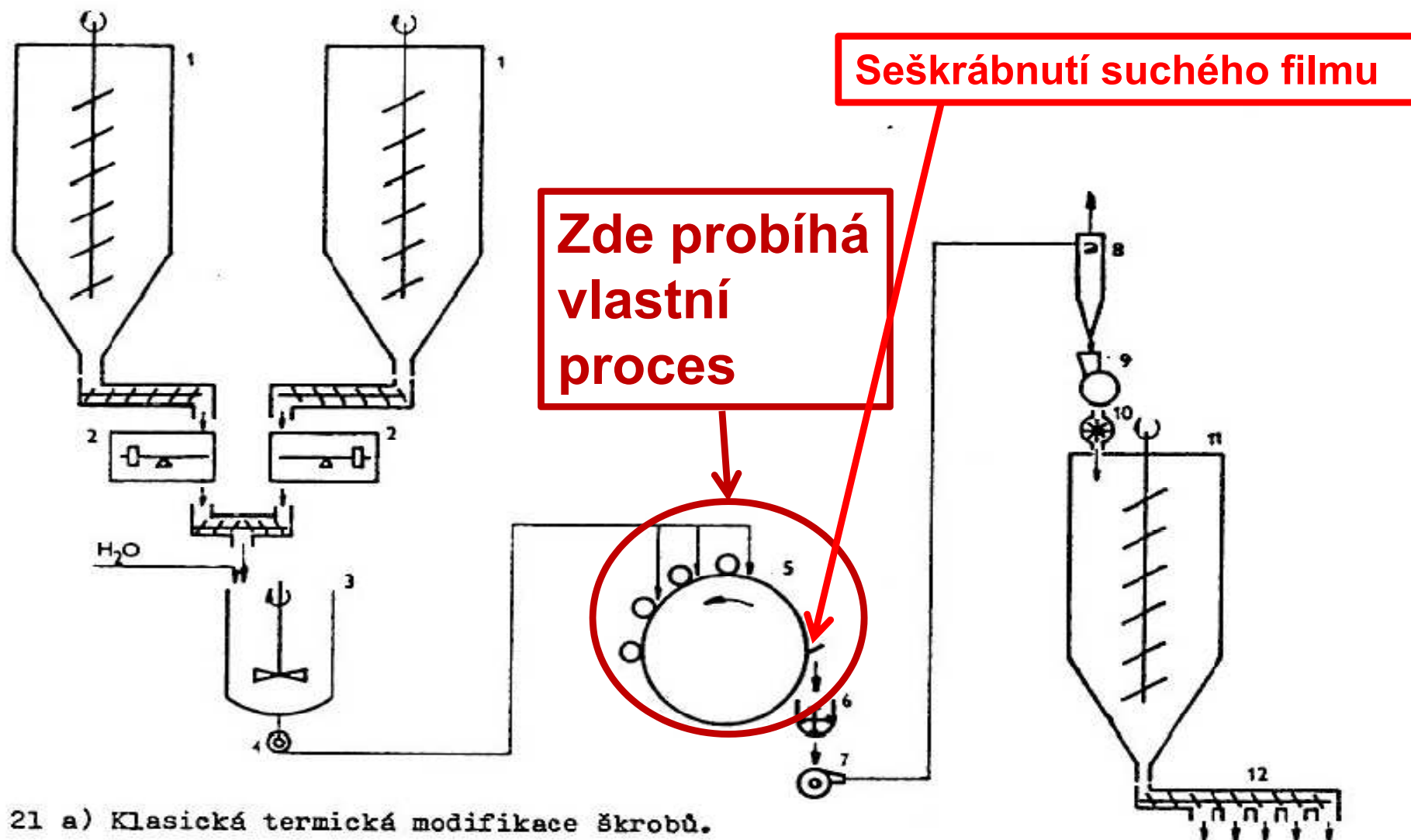
GLUKÓZY
(ALDÓZA)

D-xylose aldose-ketose-isomerase

Termická modifikace škrobu

- **Nános škrobové suspenze na vyhřívaný válec**
- **Vznik mazu a rozrušení vodíkových můstků mezi molekulami škrobu**
- **Voda se tak rychle odsuší, že nestačí dojít ke vzniku (obnovení) vodíkových můstků mezi molekulami škrobu**
- **Suchý škrob složený z neasociovaných molekul**
- **Snadná rozpustnost i ve studené vodě**

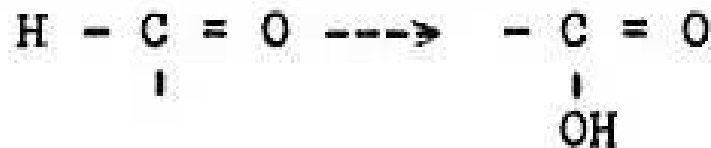
Termická modifikace škrobu



Obr. 21 a) Klasická termická modifikace škrobů.

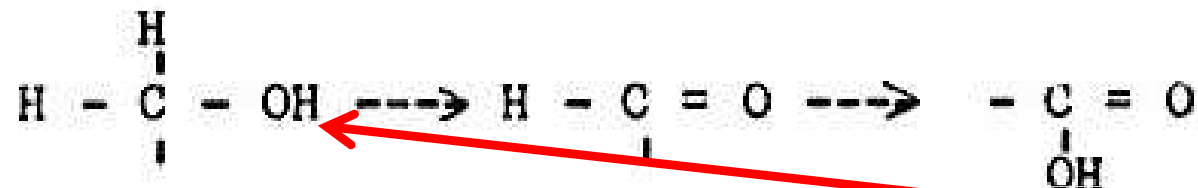
1 - zásobníky na suchý škrob; 2 - průtočná váha; 3 - míchačka; 4 - dávkovací čerpadlo; 5 - sušicí válec; 6 - předrtič; 7 - ventilátor; 8 - cyklón; 9 - úderový mlýn; 10 - turniket; 11 - zásobník na suchý výrobek

NESELEKTIVNÍ Oxidace škrobu



Oxidace
KARBONYLU v
otevřené formě
glukózy

Oxidace aldehydových skupin na karboxylové

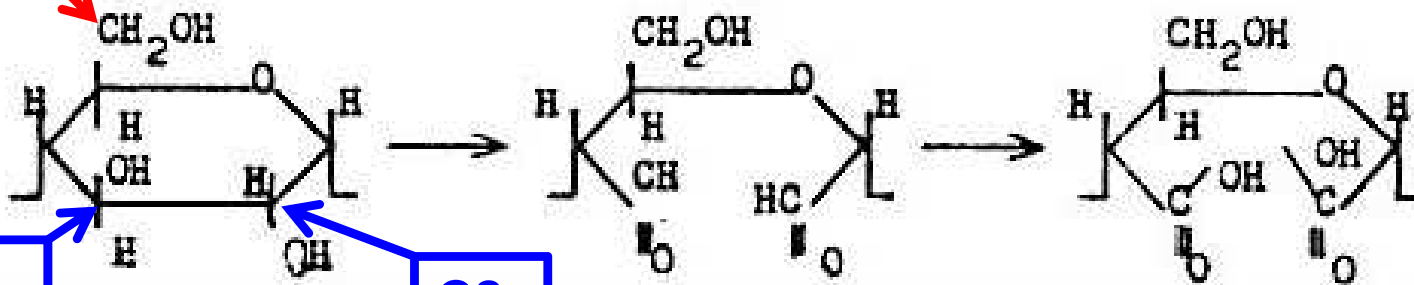


Oxidace primárních alkoholických skupin



Oxidace - OH v
CYKLICKÉ formě
glukózy

C6 Oxidace sekundárních alkoholických skupin

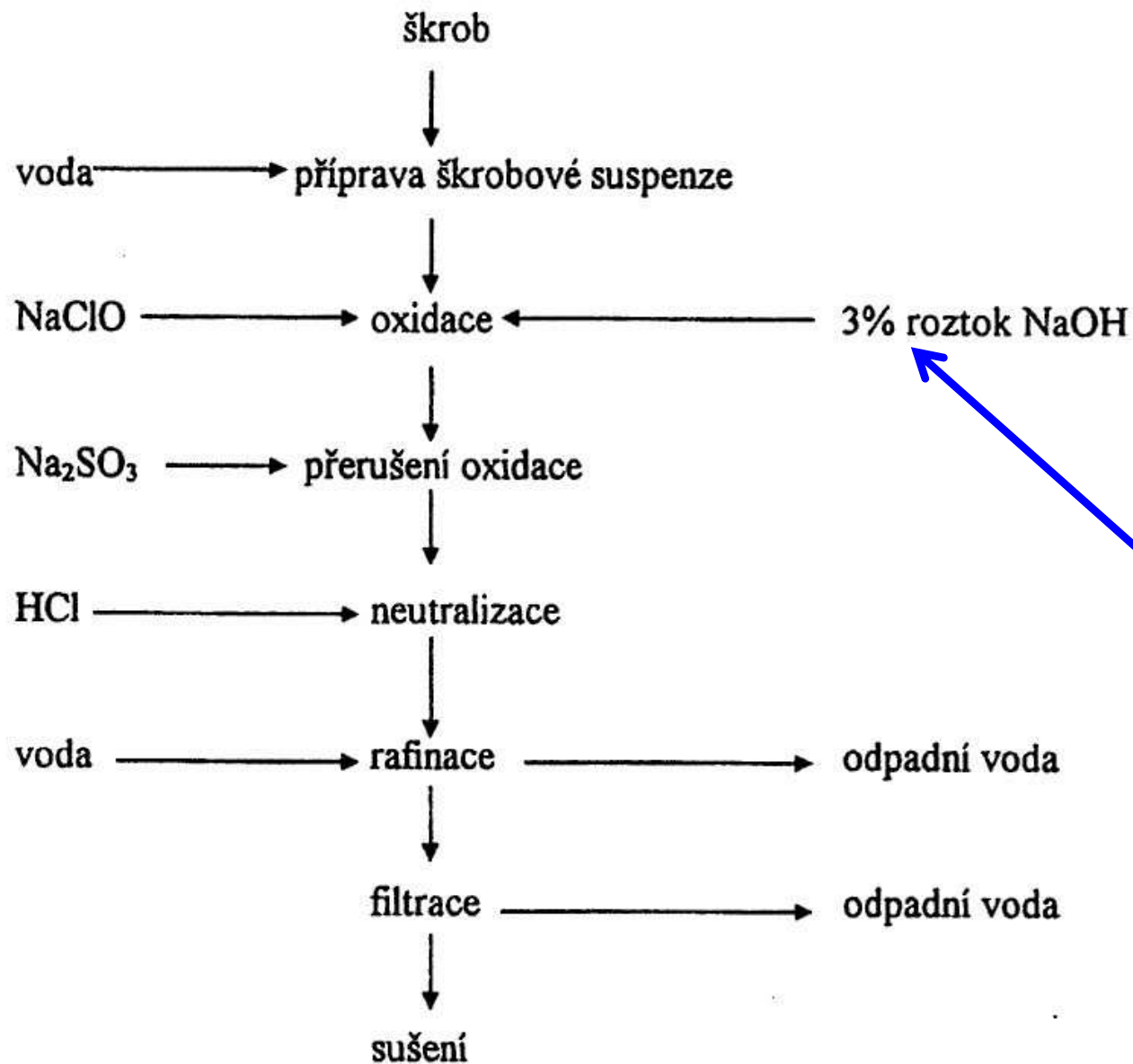


Oxidace v
CYKLICKÉ formě
glukózy
otevřením mezi
C2 a C3

Oxidace škrobu

- Nejdůležitější z modifikačních reakcí
- Může probíhat v oblasti nízkých nebo vyšších pH
- Nejdůležitější je oxidace chlornanem sodným v oblasti pH cca. 8 – 9 (mírně zásadité prostředí)
- Používají se hlavně **bramborové škroby** (*kapilarita zrna*), s malým sklonem k **RETROGRADACI**

NESELEKTIVNÍ Oxidace škrobu - schéma



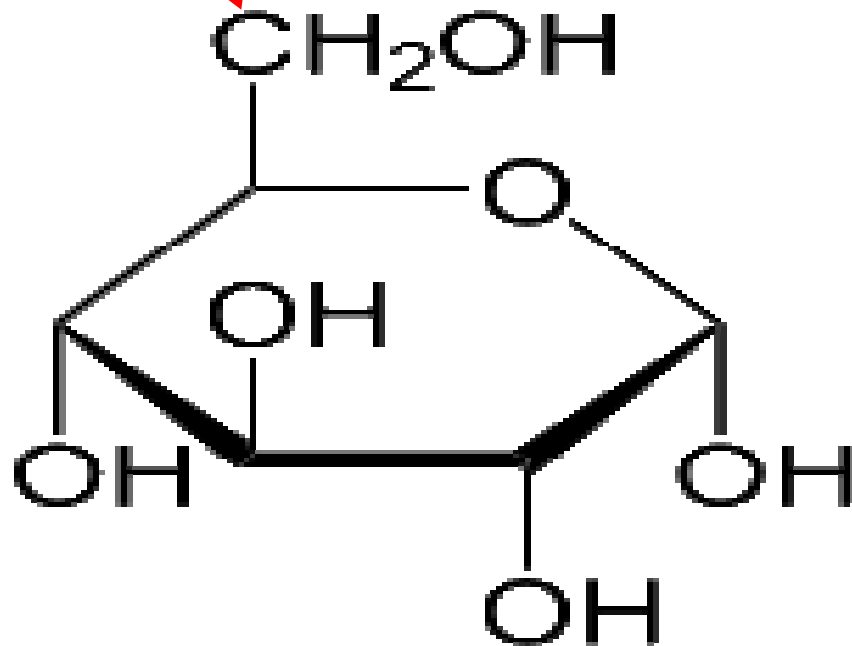
TYPICKÁ RECEPTURA

- pH = 8 – 9
- Teplota = 35 – 43 °C
- reakční doba = 2 – 8 hodin
- aktivní chlór (NaClO) = 3 – 45 g/kg škrobu

DEPOLYMERACE
V ALKALICKÉM
PROSTŘEDÍ >
SNIŽOVÁNÍ
MOLEKULOVÉ
HMOTNOSTI

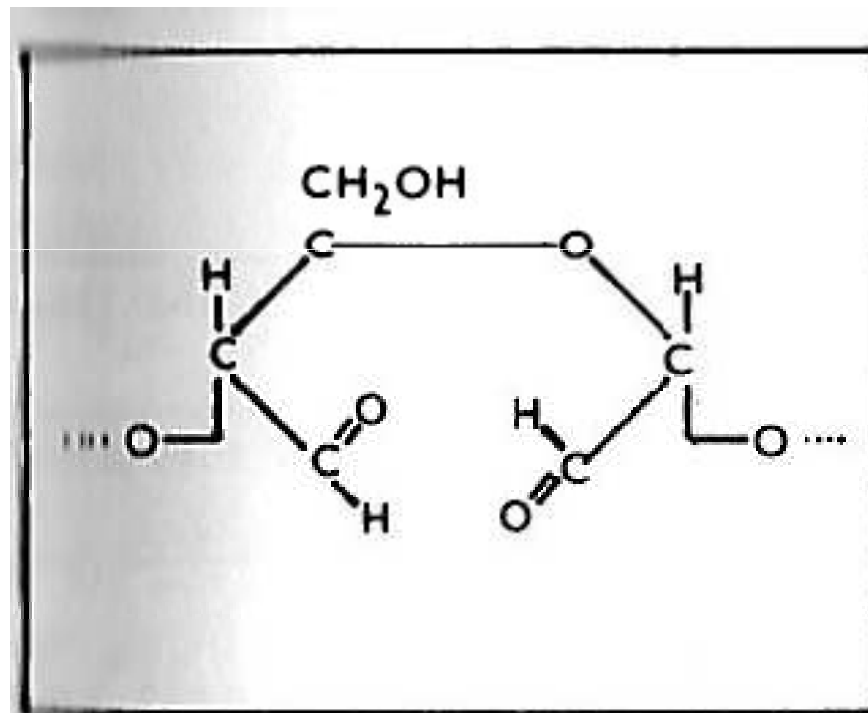
SELEKTIVNÍ Oxidace škrobu na C 6 z -OH na -COOH pomocí HNO_3

C 6



Při takové oxidaci
se nemění
polymerační
stupeň

SELEKTIVNÍ Oxidace škrobu na dialdehyd škrobu



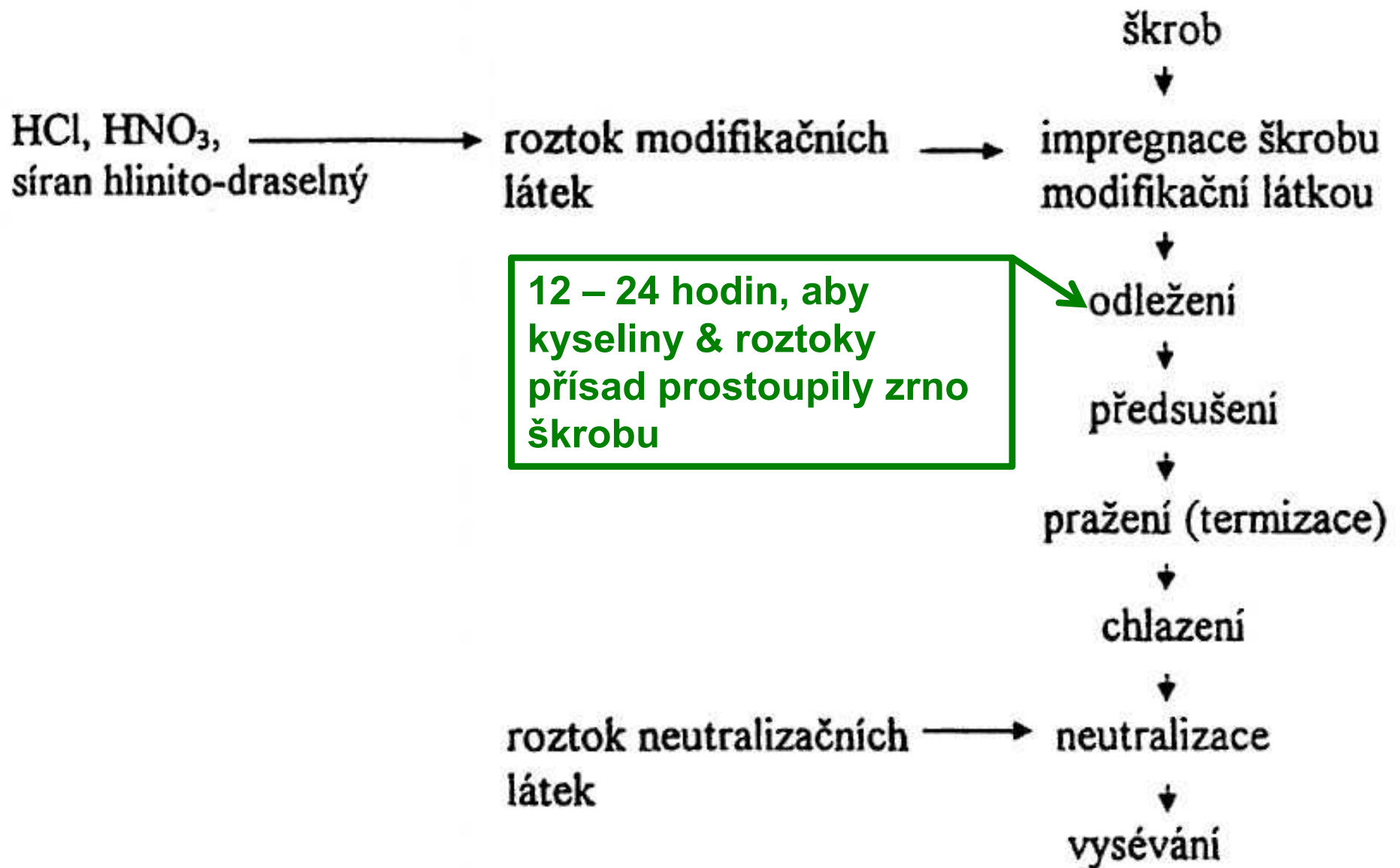
Obr. 14. Dialdehydový škrob

V praxi se oxidace škrobu kyselinou jodistou provádí ve speciálním uspořádání tak, že se vznikající kyselina jodičná regeneruje elektrolytickou reoxidací.

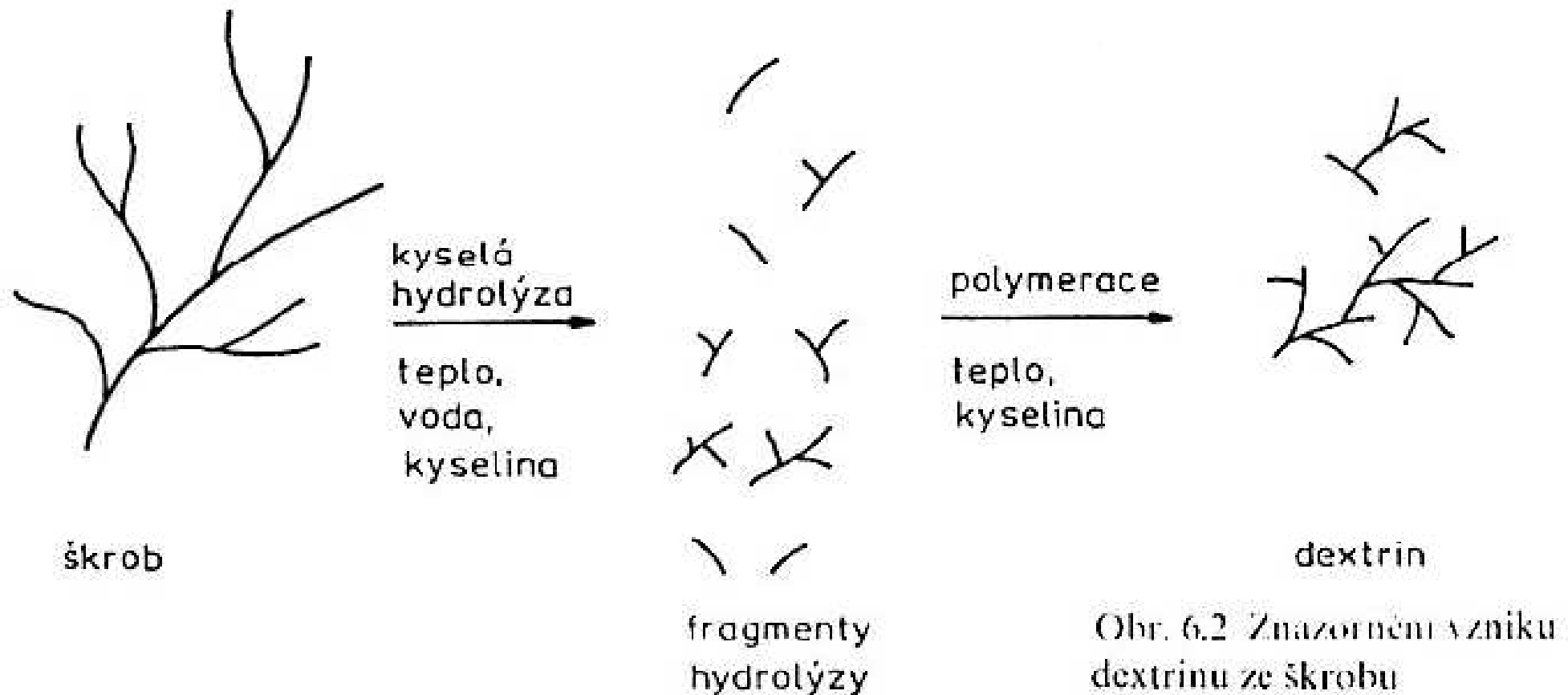
Oxidace škrobu - SHRNUTÍ

- **Vyšší míra oxidace > vyšší je i míra štěpení řetězců > nižší viskozita**
- **Vyšší je míra štěpení řetězců > NIŽŠÍ POJIVÁ SCHOPNOST**
- **Vyšší míra oxidace > vyšší disperzní stabilita, tj. nižší sklon k RETROGRADACI**
- **Pro heterogenní reakci jsou vhodné škroby s velkým počtem kapilár > vyšší povrch**

VÝROBA DEXTRINŮ 1

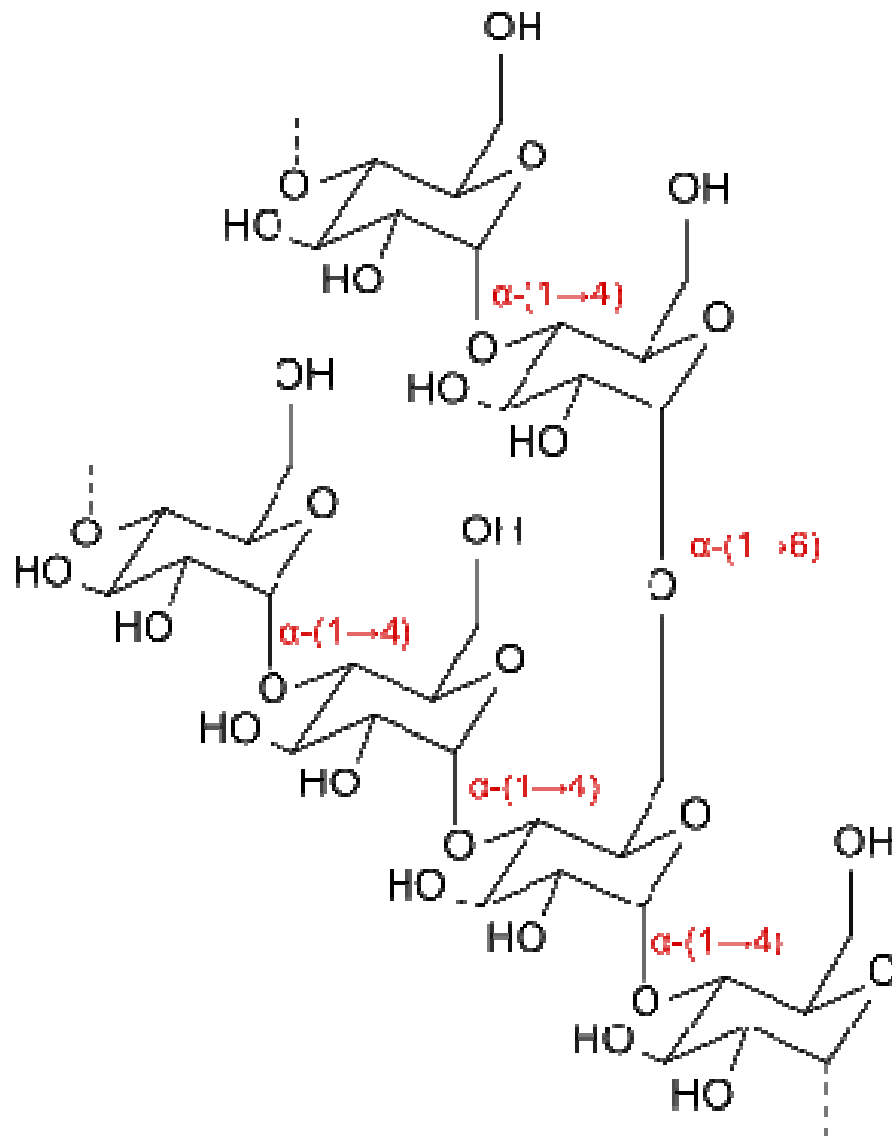


VÝROBA DEXTRINŮ 2



**Je to vlastně HYDROLÝZA ŠKROBU následovaná
POLYMERACÍ (KOMBINACÍ) FRAGMENTŮ**

STRUKTURA DEXTRINŮ



**Proces
DEXTRINACE
nastává i při
pečení např.
chleba a je to
ona hnědá
kůrka**

VLASTNOSTI DEXTRINŮ & DALŠÍ TYPY DEXTRINŮ

- Barva od bílé přes žlutou po hnědou
- Většinou zcela rozpustné ve vodě

Energetické gely a tyčinky

DALŠÍ TYPY DEXTRINŮ

Maltodextrin

is a shortchain starch sugar used as a food additive. It is produced also by enzymatic hydrolysis from gelled starch and is usually found as a creamy-white hygroscopic spraydried powder. Maltodextrin is easily digestible, being absorbed as rapidly as glucose, and might either be moderately sweet or have hardly any flavor at all.

Cyclodextrin

The cyclical dextrans are known as cyclodextrins. They are formed by enzymatic degradation of starch by certain

bacteria, for example, *Bacillus macerans*. *Cyclodextrins have toroidal structures formed by 6-8 glucose residues.*

POUŽITÍ DEXTRINŮ

Yellow dextrans

- **water-soluble glues in remoistable envelope adhesives and paper tubes,**
- **in the mining industry as additives in froth flotation, in the foundry industry as green strength additives in**
- **sand casting, as printing thickener for batik resist dyeing, and as binders in gouache paint.**

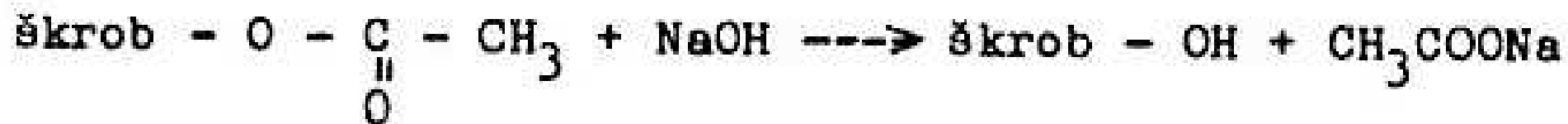
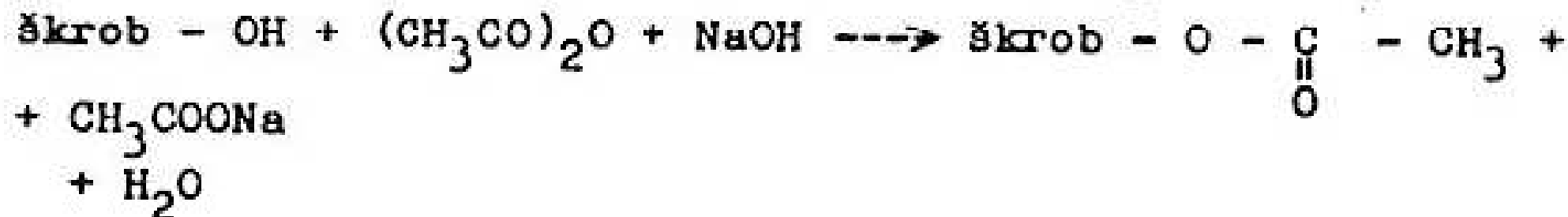
White dextrans

- **a crispness enhancer for food processing, in food batters, coatings, and glazes, (E number 1400)**
- **a textile finishing and coating agent to increase weight and stiffness of textile fabrics**
- **a thickening and binding agent in pharmaceuticals and paper coatings.**
- **As pyrotechnic binder and fuel, they are added to fireworks and sparklers, allowing them to solidify as pellets or "stars."**
- **Due to the rebranching, dextrans are less digestible; indigestible dextrin are developed as soluble fiber supplements for food products.**

DEXTRINY - SHRNU TÍ

- **PATR N Ě nejrozšířenější produkt modifikace škrobu**
- **Hluboká chemická přeměna škrobu**
- **Široká škála typů a použití**
- **Dobře propracované kontinuální i diskontinuální technologie**
- **Proces je používáný již minimálně od 19. století**

Acetylace škrobu

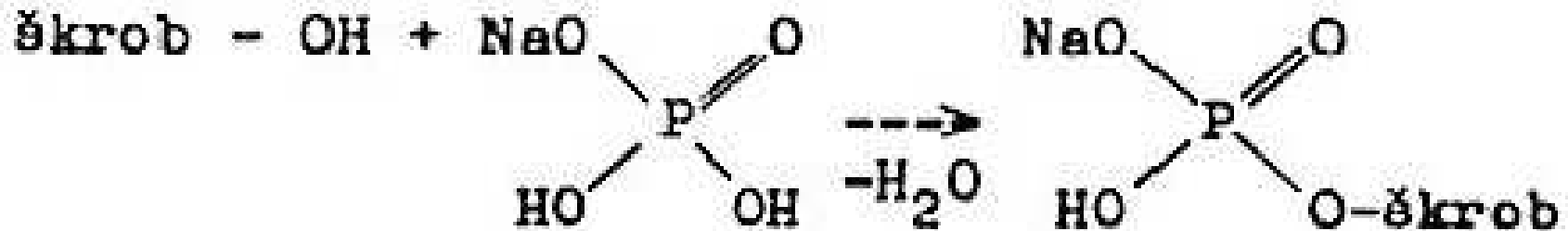


**Vedlejší reakce
snižující výtěžek**

Monofosfát škrobu

Škrobový monofosfát

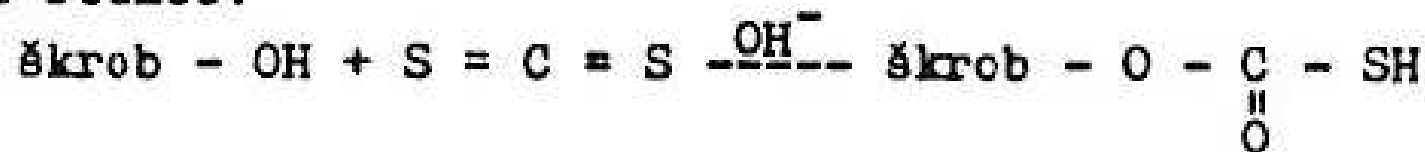
Škrobový monofosfát vzniká reakcí:



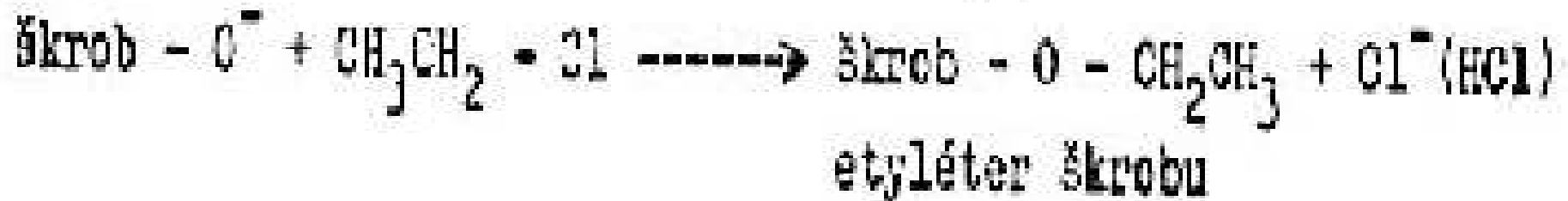
Xantát škrobu

Škrobový xantát

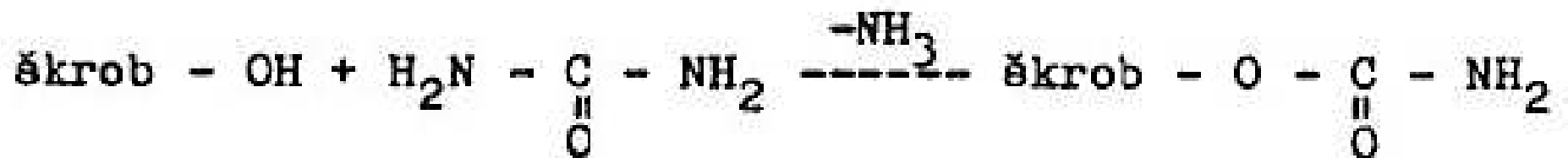
Škrobový xantát vzniká reakcí mezi škrobem a sirouhlíkem podle reakce:



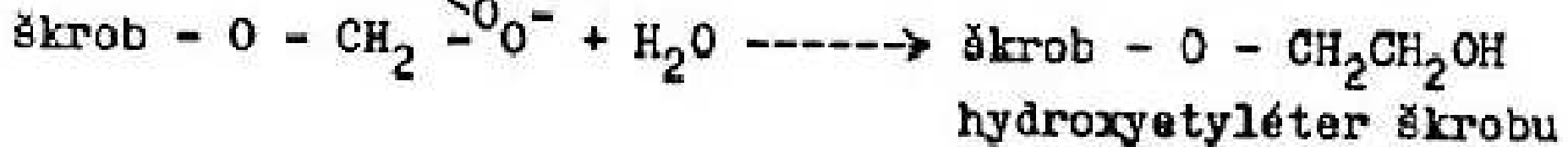
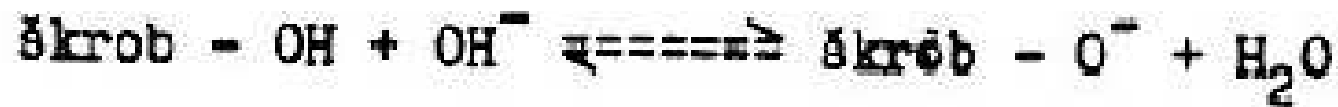
Alkylétery škrobu



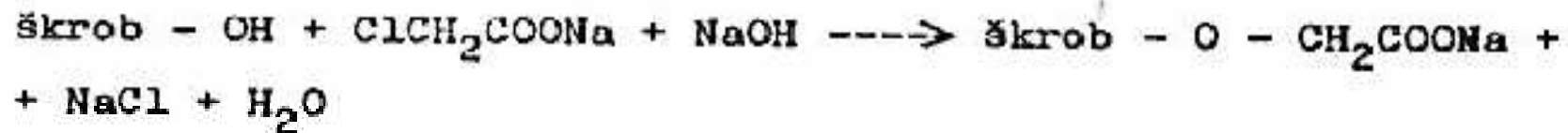
Karbamát škrobu



Hydroxymetyléter škrobu



Karboxymetyléter škrobu



Mechanismus této reakce vystihuje rovnice:

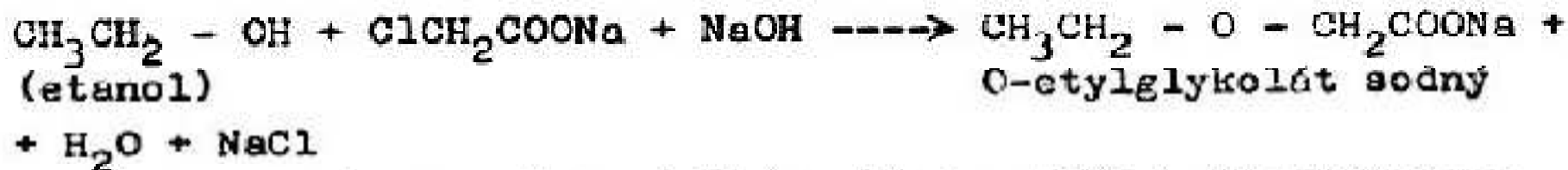


lakton kyseliny glykonové

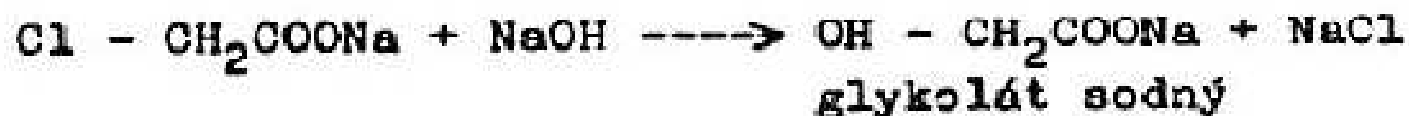
Kyanoéter škrobu



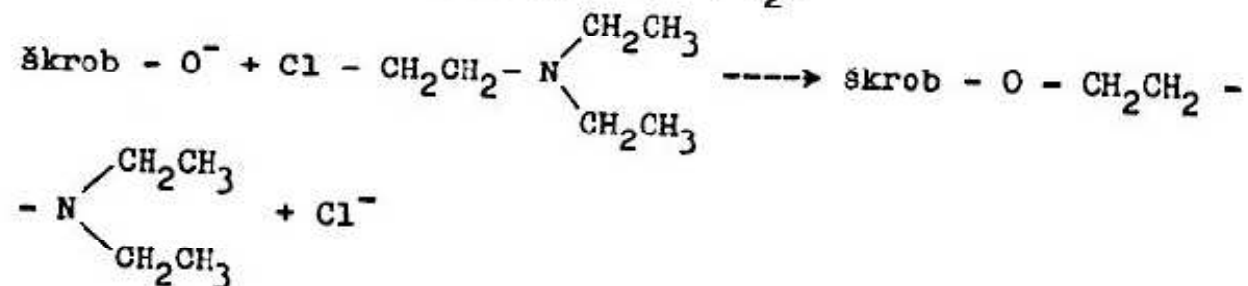
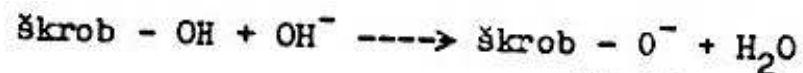
Karboxymetyléter škrobu – reakce v ethanolu



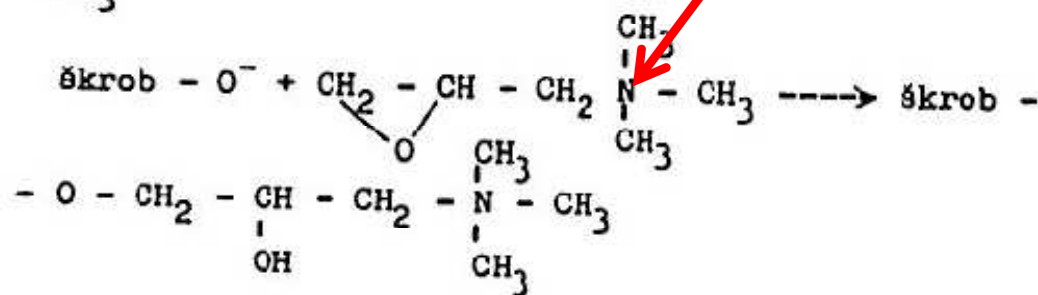
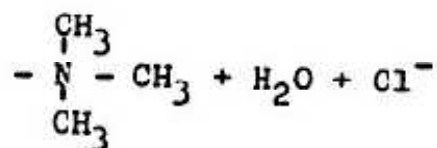
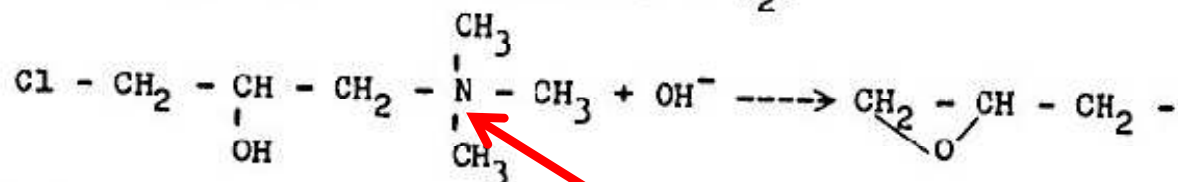
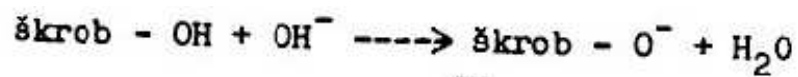
Tyto reakce spolu s další snižuje výtěžek éterifikace:



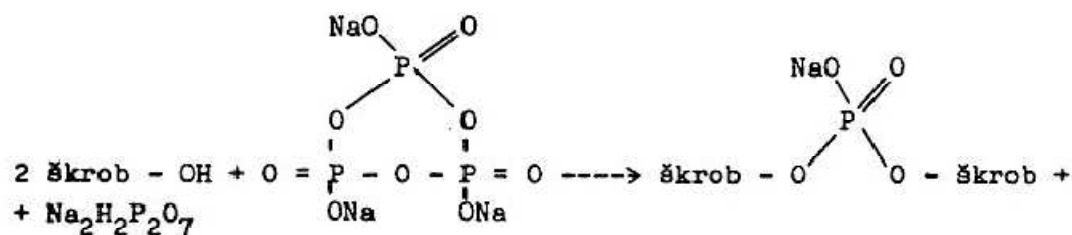
Kationtové škroby



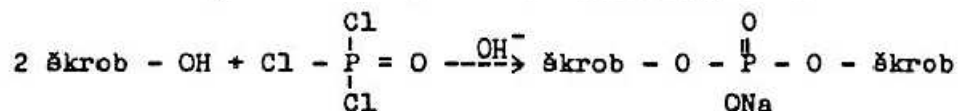
Kvartérní derivát škrobu vzniká reakcí mezi škrobem a halogenderivátem kvartérní amoniové zásady:



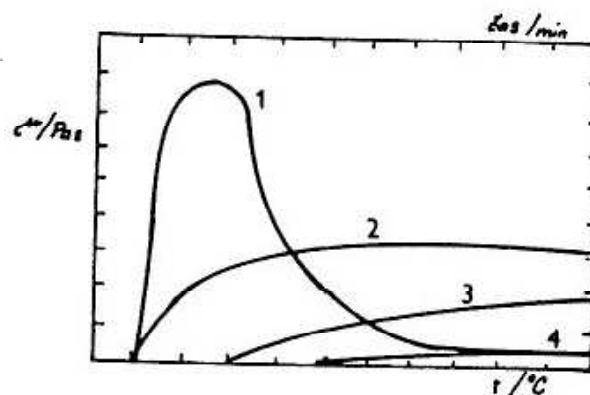
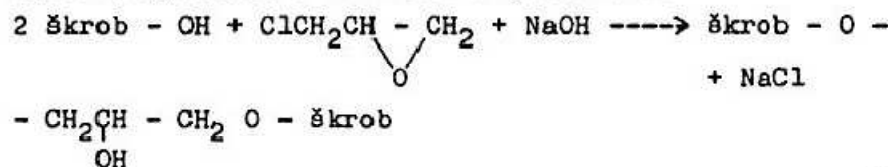
Sesít'ované škroby



Škrobový difosfát také může vzniknout reakcí:



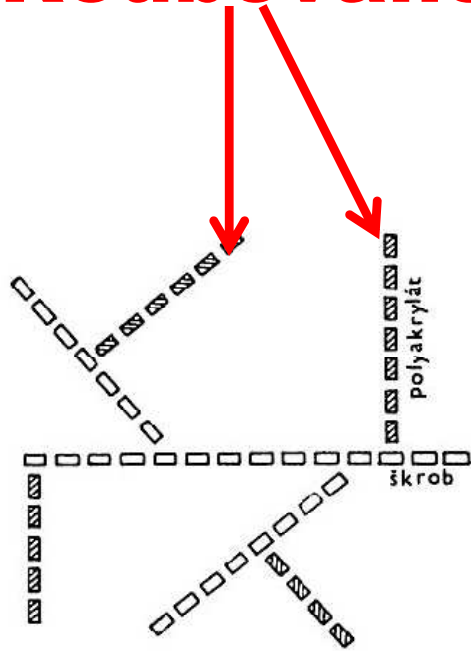
Škrobový diéter vytváří např. tato reakce mezi škrobem a epichlorhydrinem v alkalickém prostředí:



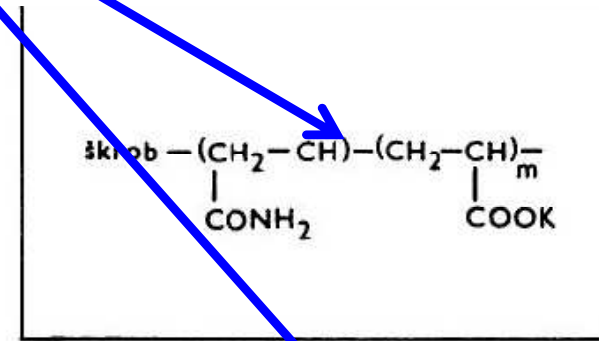
- 1 0,05%
- 2 0,1 %
- 3 0,5 %
- 4 1 %

Obr. 15. Hydratace škrobů zesíťovaných epichlorhydrinem (Brabenderovy křivky)

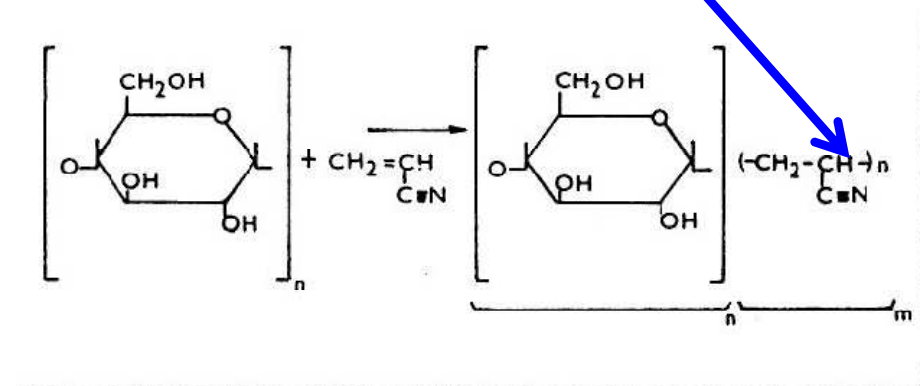
Roubované & blokové kopolymery škrobů



Obr. 16. Schéma roubovaného kopolymery



Obr. 18. Produkt "Super-Slurper"



Obr. 17. Schéma roubování škrobu

Použití modifikovaných škrobů

- **Výroba a úpravy papíru**
- **Potraviny**
- **Textilní průmysl**
- **Lepidla**
- **Farmacie**
- **Flokulanty při čištění vod**
- **.....**

ŠKROBY JAKO BIODEGRADABILNÍ ADITIVA DO SYNTETICKÝCH TERMOPLASTŮ

- **VĚTŠINOU NUTNO „POPOHNAT“
termooxidací**
- **LDPE fólie**
- **Části brokového střeliva**
- **Vlákna**
- **.....**

TERMOPLASTICKÉ ŠKROBY

- ZPRACOVÁNÍ TECHNOLOGIEMI PRO SYNTETICKÉ TERMOPLASTY, ale velmi náročné (zatím)
- Nutno ale použít změkčovadla – voda & glycerol
- Výrobky jsou BIODEGRADOVATELNÉ
- Ve spojení s PŘÍRODNÍMI VLÁKNY (např. len) > BIODEGRADOVATELNÉ KOMPOZITY

Škrob v práci konzervátora a restaurátora

| Typ škrobu nebo jeho derivátu | Fyzikální forma | Použití | poznámka |
|-------------------------------|-----------------|---|---|
| Nativní škrob | Maz | Rentoaláž | Přídavek formalínu proti napadení plísněmi Emulgace s balzámy > vyšší lepidivost |
| Dextrin | Roztok | Lepidlo na papír a knihy (UMĚLÁ KLOVATINA) | Křehké filmy > MĚKČENÍ GLYCERINEM NEBO MEDEM |
| Dextrin | Roztok | Pojivo barev | |
| Nativní škrob | Maz | Pojivo barev (kvaš, tempera) | Přídavek formalínu proti napadení plísněmi |