

# **PŘÍRODNÍ POLYMERY**

## **Polysacharidy I**

### **škrob**

**RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.**

# Časový plán

<b>LEKCE</b>	<b>téma</b>
<b>1</b>	Úvod do předmětu - Struktura a názvosloví přírodních polymerů, literatura
<b>2</b>	Deriváty kyselin, - přírodní pryskyřice, vysýchavé oleje, šelak
<b>3</b>	Vosky
<b>4</b>	Přírodní gumy, Polyterpeny – přírodní kaučuk, získávání, zpracování a modifikace
<b>5</b>	Polyfenoly – lignin, huminové kyseliny
<b>25.10. &amp; 1. 11.</b>	<b>Polysacharidy I – škrob</b>
<b>8.11. &amp; 15. 11.</b>	<b>Polysacharidy II – celulóza</b>
<b>22. &amp; 22. 11.</b>	<b>Bílkovinná vlákna I</b>
<b>29. 11. &amp; 6. 12.</b>	<b>Bílkovinná vlákna II</b>
<b>13. &amp; 20. 12.</b>	<b>Kasein, syrovátka, vaječné proteiny</b>
<b>20. 12.</b>	<b>Identifikace přírodních látek</b>
	<b>Laboratorní metody hodnocení přírodních polymerů</b>

# Time schedule

LECTURE	SUBJECT
<b>1</b>	Introduction to the subject – Structure & Terminology of nature polymers, literature
<b>2</b>	Derivatives of acids – natural resins, drying oils, shellac
<b>3</b>	Waxes
<b>4</b>	Plant (vegetable) gums, Polyterpene –natural rubber (extracting, processing and modification)
<b>5</b>	Polyphenol – lignin, humic acids
<b>25.10. &amp; 1. 11.</b>	<b>Polysaccharides I – starch</b>
<b>8.11. &amp; 15. 11.</b>	<b>Polysaccharides II – cellulosis</b>
<b>22. &amp; 22. 11.</b>	<b>Protein fibres I</b>
<b>29. 11. &amp; 6. 12.</b>	<b>Protein fibres II</b>
<b>13. &amp; 20. 12.</b>	<b>Casein, whey, protein of eggs</b>
<b>20. 12.</b>	<b>Identification of natural polymers</b>
	<b>Laboratory methods of natural polymers' evaluation</b>
51. 10. 2018	PRIRODNI POLYMERY polysacharidy škrob PŘF MU 6 2018



## Emil Votoček

Emil Votoček

Narození

5. října 1872  
Hostinné,

Úmrtí

11. října 1950  
(ve věku 78 let)  
Praha,

Povolání

chemik, **hudební skladatel** a pedagog

# Zakladatel chemie cukrů v České republice

**Emil Votoček** (5. října 1872 Hostinné – 11. října 1950 Praha) byl jeden z nejvýznamnějších českých chemiků. Jeho specializací byla organická chemie, konkrétně **monosacharidy**, ale byl i spoluautorem českého chemického názvosloví a byl významně pedagogicky činný. Kromě toho byl i hudebním skladatelem a hudebním teoretikem. Významné jsou jeho učebnice chemie a mnohojazyčné slovníky – chemické i hudební.

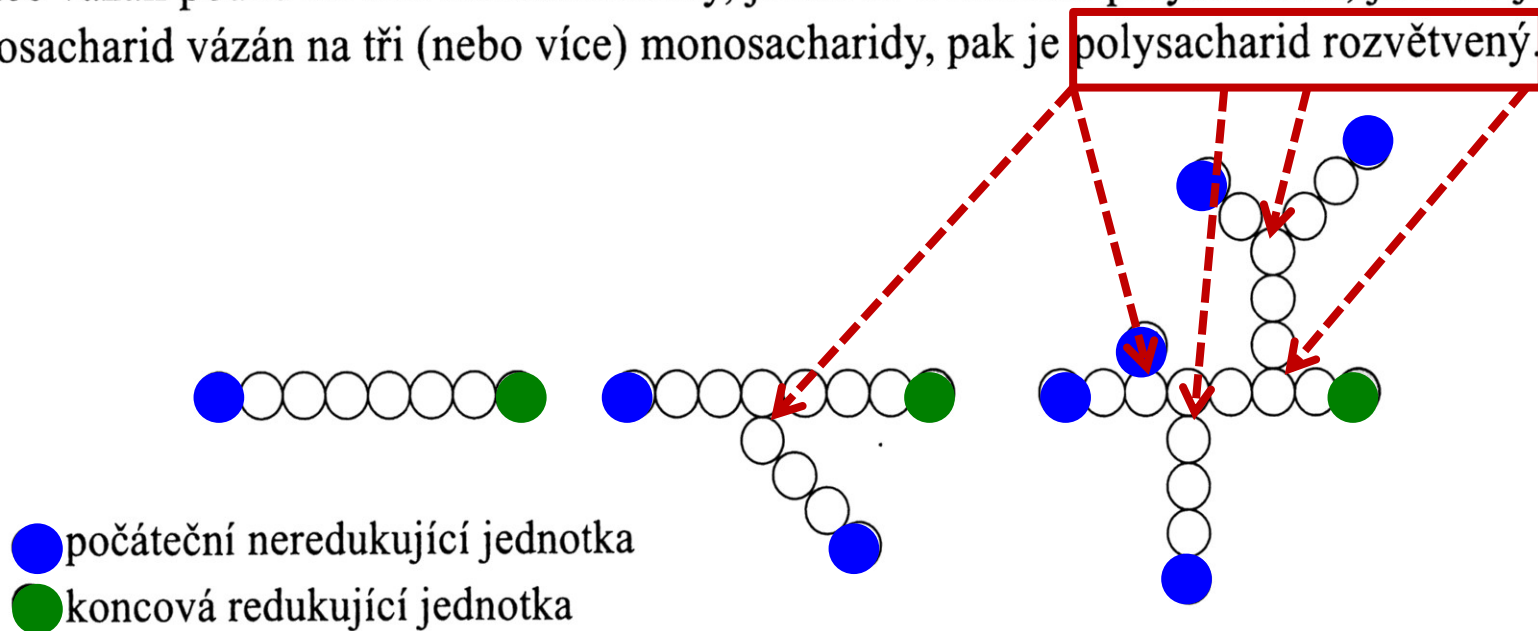
Narodil se v rodině velkoobchodníka s papírem. Přes přání otce nešel studovat obchodní akademii, ale studoval nejprve pražskou techniku, poté dva roky barvířskou školu ve francouzském Mulhouse a pak několik měsíců **chemii cukrů v Göttingenu**. V roce 1895 se stal asistentem na pražské technice, v roce 1905 docentem a od roku 1907 do roku 1939 (kdy nacisté uzavřeli české vysoké školy) byl profesorem experimentální anorganické a organické chemie. V době svého působení v Mulhouse vytvořil po něm pojmenované Votočkovu činidlo. Společně s A. Sommerem Bařkem se podílel na tvorbě českého chemického názvosloví. Sepsal *Šestijazyčný chemický slovník*, učebnice *Chemie anorganická* a *Chemie organická*, které byly používány řadu desetiletí. **Složil také asi 70 hudebních děl**

# 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. Štěřba, L. Šlechta: Modifikované škroby, SNTL Praha, 1982**
- P. Kadlec a kol.: **Technologie sacharidů**, VŠCHT Praha, 2000

# Definice POLYSACHARIDŮ

Polysacharidy jsou přírodní nebo syntetické makromolekuly složené z více než deseti monosacharidů nebo jejich derivátů (počet monosacharidových jednotek obvykle bývá mnohem větší, okolo 100). Jednotlivé monosacharidy jsou vzájemně vázány glykosidovou vazbou, běžně v cyklické pyranosové formě. Je-li v molekule polysacharidu každý monosacharid uprostřed řetězce vázán pouze na dva monosacharidy, jedná se o lineární polysacharid, jestliže je některý monosacharid vázán na tři (nebo více) monosacharidy, pak je polysacharid rozvětvený.



Každý lineární polysacharid má na začátku řetězce jednu neredukující monosacharidovou jednotku, konec řetězce tvoří redukující jednotka s hemiacetalovou hydroxylovou skupinou. Větvené polysacharidy mají  $n + 1$  počátečních neredukujících jednotek na  $n$  počet větvení.

# LITERATURA KNIHY 1

- **Thermoplastic Starch**
  - ISBN: 978-3-527-32528-3
- **Chemie a analytika sacharidů**
  - ISBN: 80-7080-306-1
- **Starches**
  - ISBN: 978-1-4200-8023-0
- **Starch – Chemistry and Technology**
  - ISBN: 978-0-12-746275-2



# LITERATURA KNIHY 2

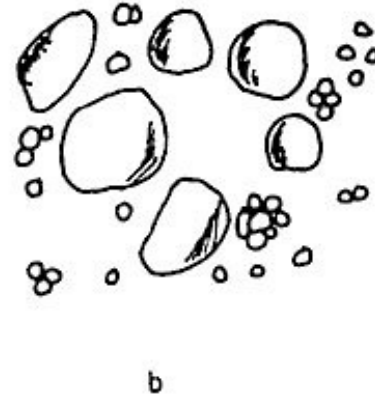
- **Modifikované škroby, dextriny a lepidla**
  - **ISBN: 80-03-00554-X**
- **Modifikované škroby (Kodet J., Štěrba S., Šlechta L.)**
  - **ISBN nemá, je to příručka pro pracovníky škrobáren**

# LITERATURA zahraniční – ČASOPISY

- **Starch - Stärke**
- **Journal of Carbohydrate Chemistry**
- **Carbohydrate Polymers (IF: 5,1 !!!)**

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

# Druhy PRŮMYSOVĚ VÝZNAMNÝCH škrobů



**Dva druhy  
zrn!**

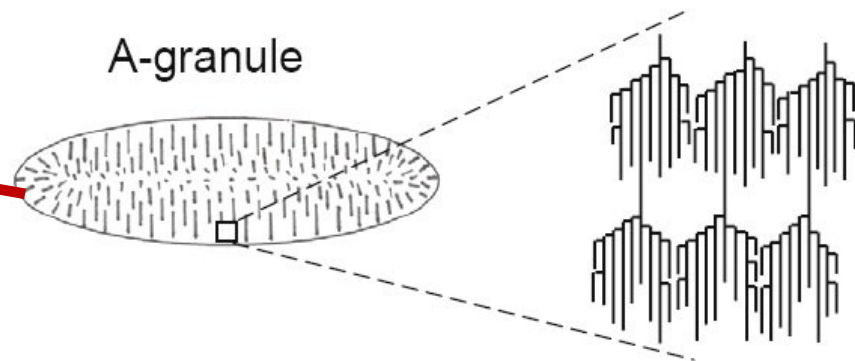
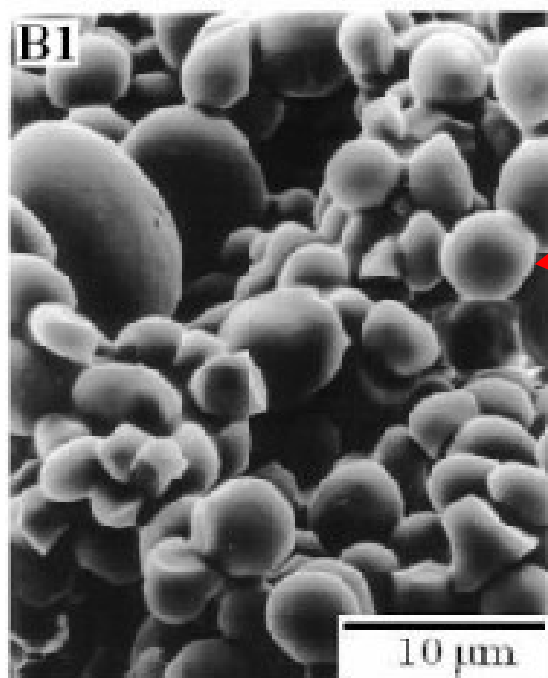
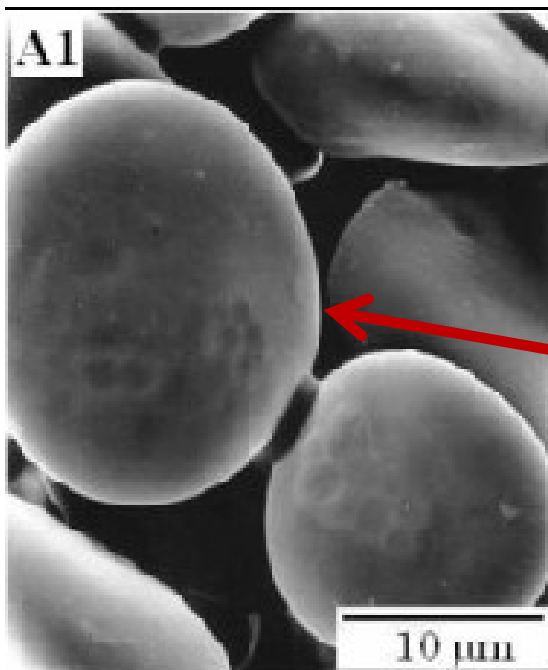
## TVARY ZRN



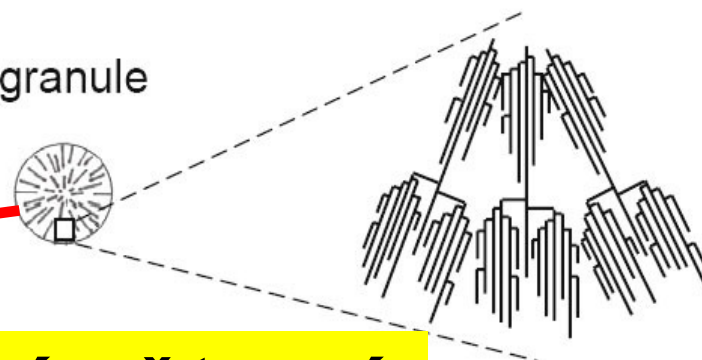
Obr. 13. Charakteristický tvar zrn škrobu *a* – brambor, *b* – pšenice, *c* – rýže, *d* – kukuřice

# PŠENIČNÝ škrob

Dva  
druhy  
zrn!



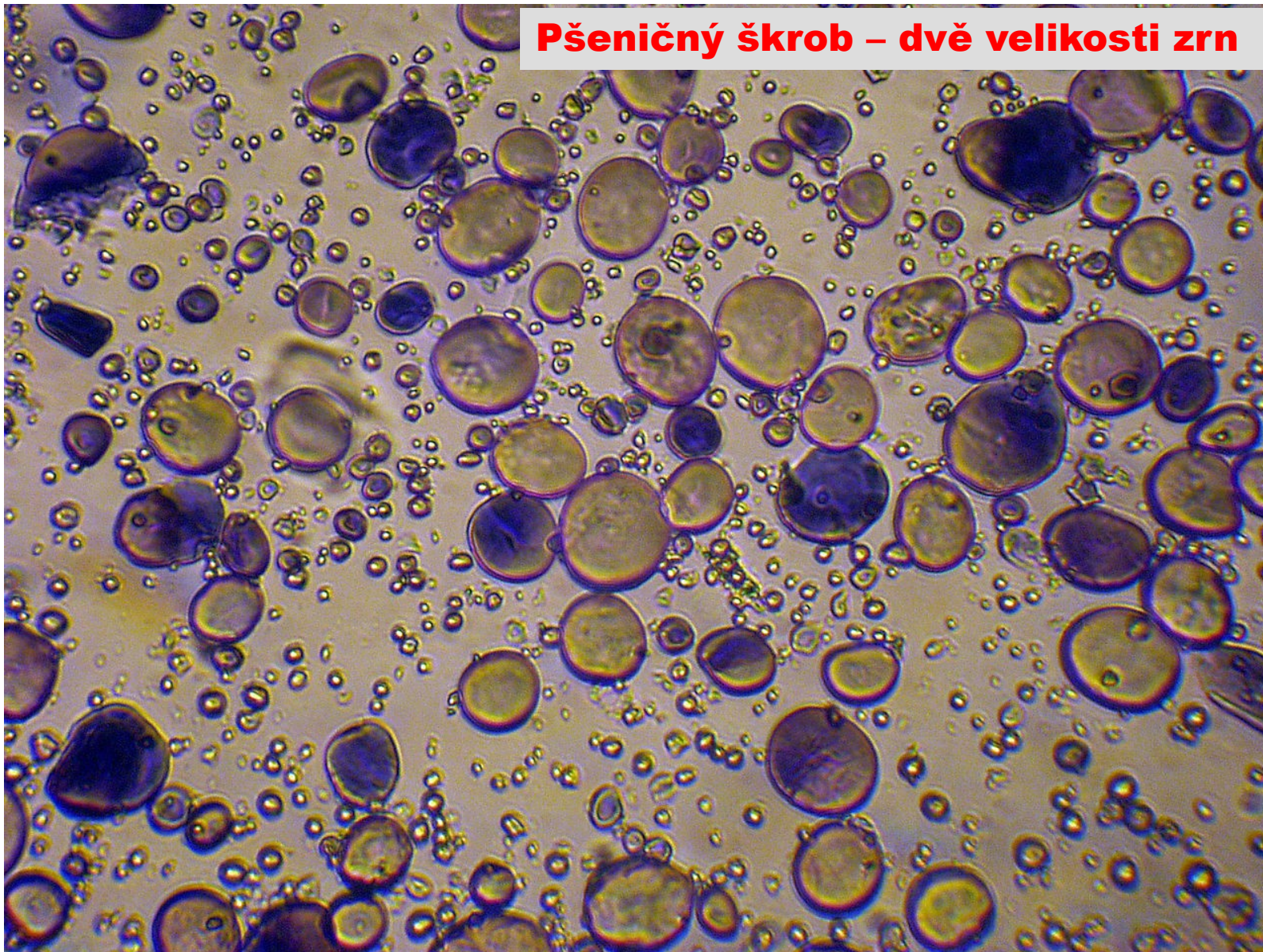
B-granule



**Jiné větvení**

**TVARY ZRN**

**Pšeničný škrob – dvě velikosti zrn**



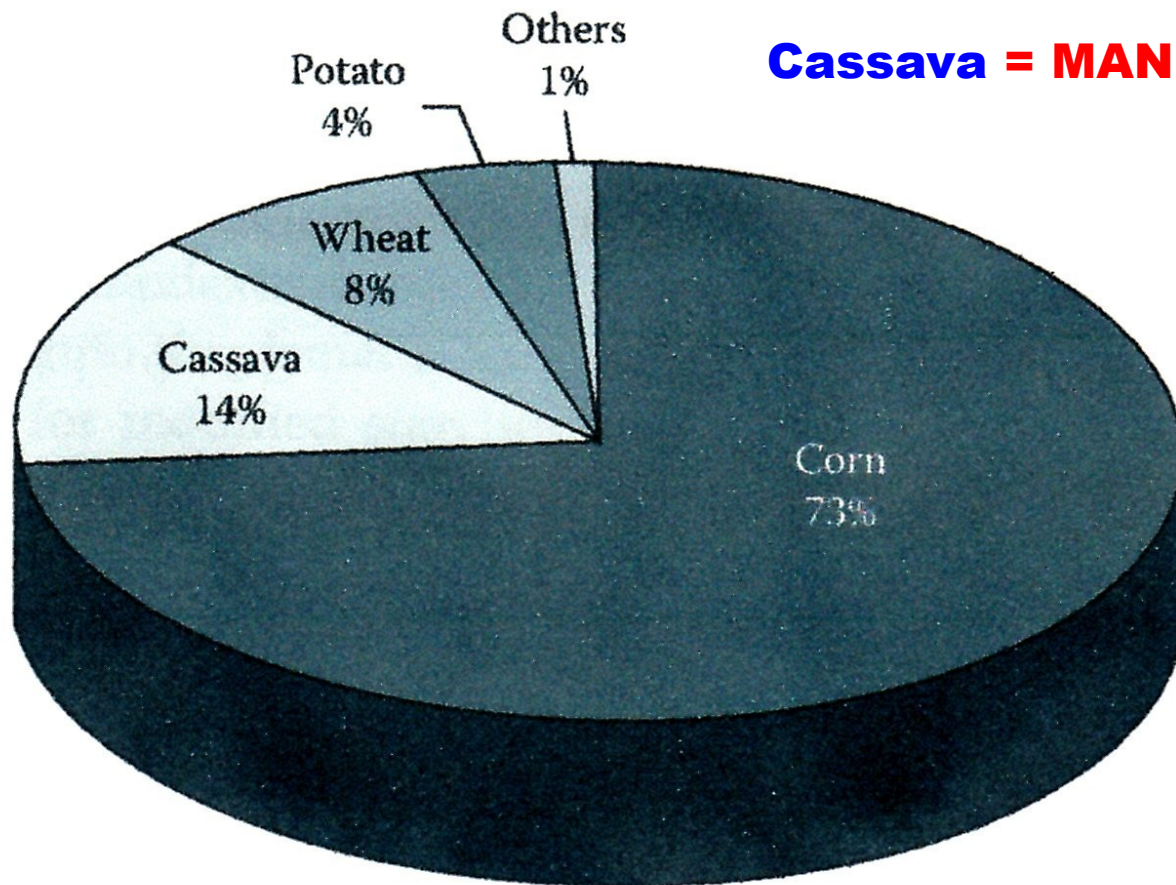
## Velikosti zrn škrobů

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

## Výroba a použití škrobů (data z roku 1991 & 2011)

- Světová výroba(1991): 22 milionů tun
- **Světová výroba(2011): 70 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**

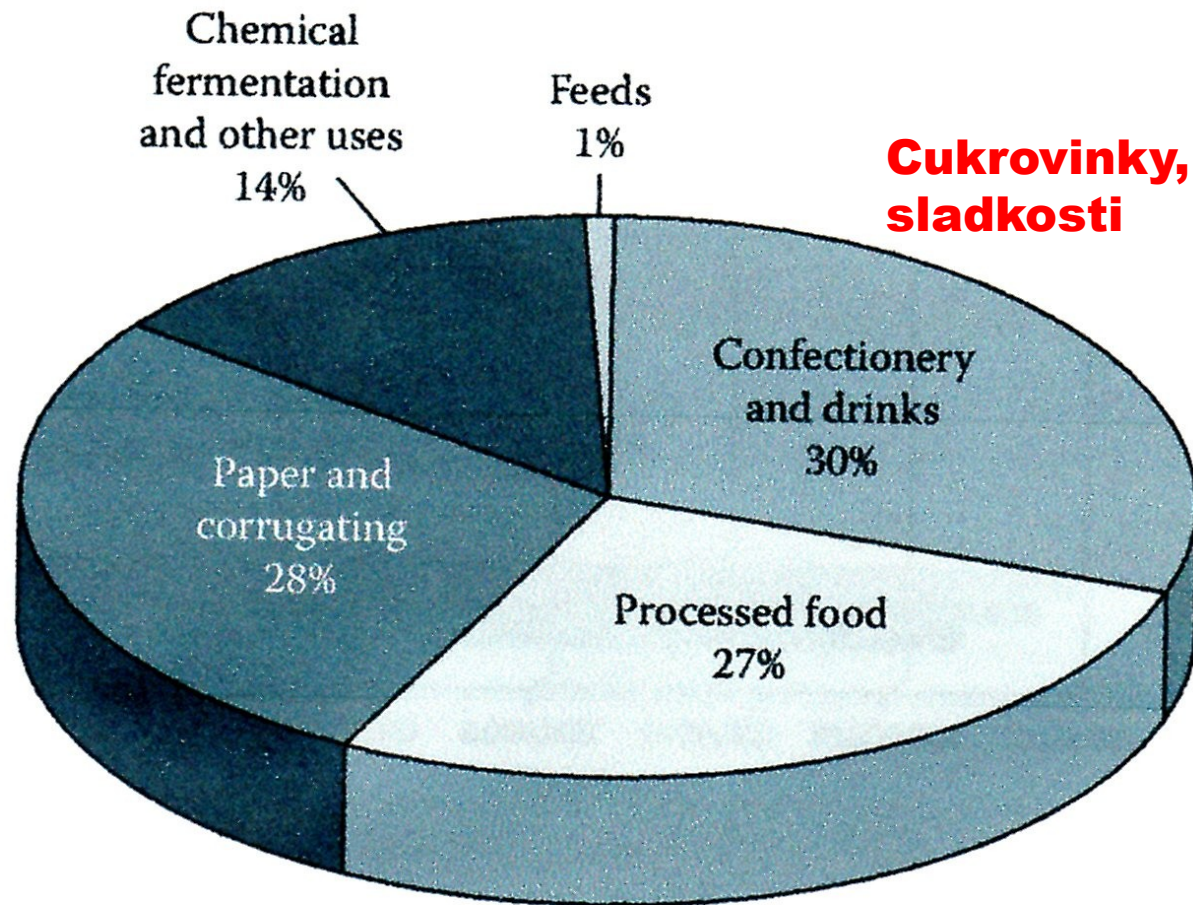




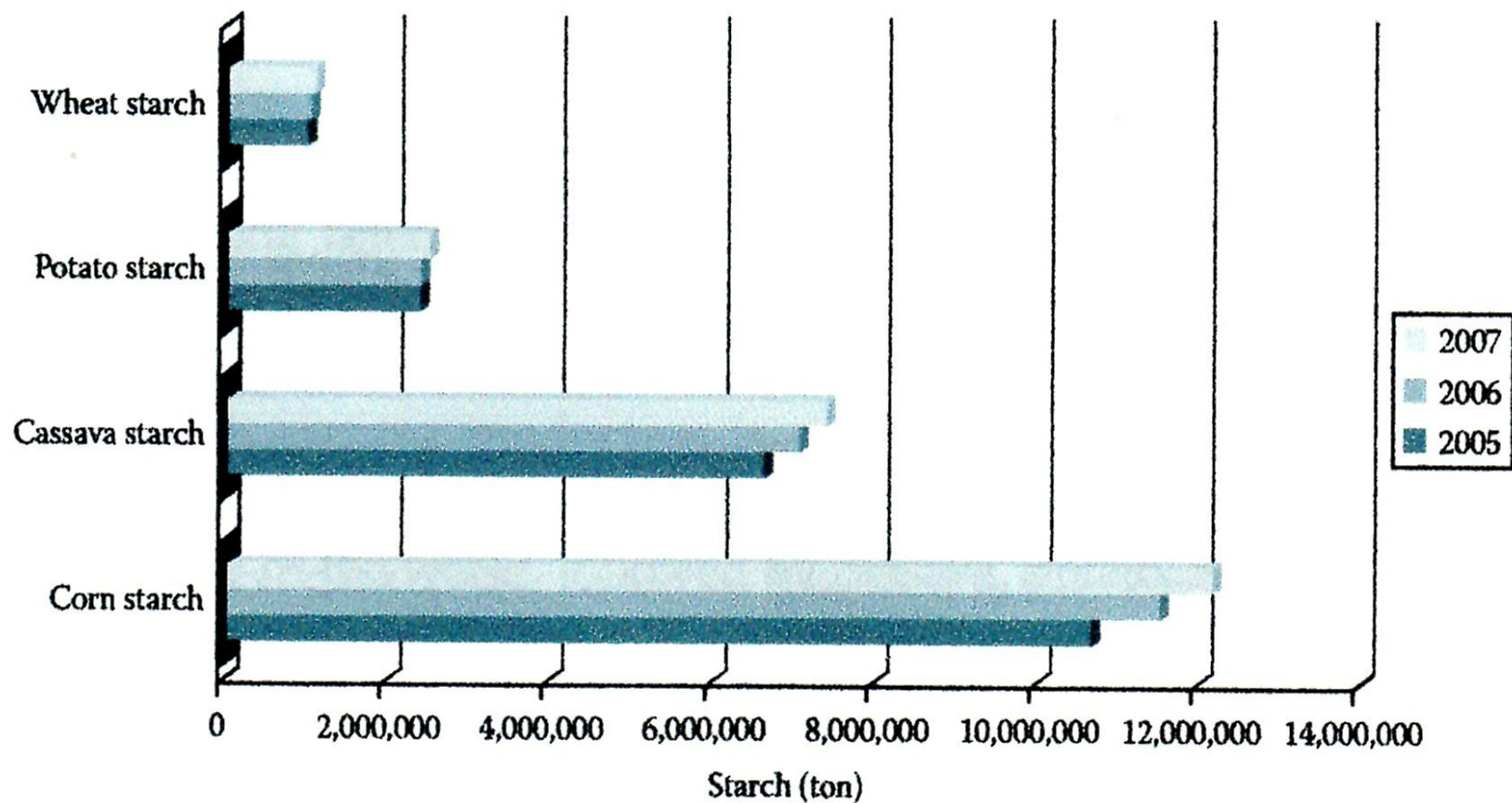
**Cassava = MANIOK český**

*Figure 1.3* Starch production according to botanic sources. Source: Röper and Elvers (2008).

**Wheat = PŠENICE český**



*Figure 1.5* Use of starches and their derivatives by European industries. Source: Röper and Elvers (2008).



**Figure 1.4** Amounts of starches used as food ingredients, dextrins, paper coatings, and adhesives between 2005 and 2007. Source: LCM (2008).

## Výroba škrobů v ČR & SR

- **Brambory: ČR & SR**
- **Kukuřice: SR**
- **Pšenice: ČR**
- **Rýže: ani ČR & SR**

# Výroba škrobu z brambor 1

- 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 m<sup>3</sup>/t brambor, ale moderní postupy jsou nižší
- Sušina škrobu je cca. 84 % hmot.
- Ostatní složky jsou:

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

Brambory se transportují plavením vodou, proto recyklace vody přes usazovák hlíny a písku

Drť se nazývá **TŘENKA**

Další mletí > **PŘESTRUHOVÁNÍ**

**PLODOVÁ VODA**

**KOAGULACE bílkovin**

**ZDRTKY**

**Malozrnný škrob**

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 — odstředivka, 12 — síto, 13 — rafinace (hydrocyklóny), 14 — filtr, 15 — přehříváč, 16 — odstředivka, 17 — válcová sušárna; A — škrob, B — zdrtky, C — čistá voda, D — odpadní voda, E — suchá bílkovina, F — tekuté krmivo

# OD ŠKROBU K ETHANOLU

## • ŠKROB

– ENZYMY z obilného sladu

- jednoduché cukry

– ENZYMY z kvasinek

# » ETHANOL

# OD ŠKROBU K POLYETHYLENU

- **ŠKROB**

- ENZYMY z obilného sladu

- jednoduché cukry

- ENZYMY z kvasinek

- » ETHANOL

- » ETHYLEN

- » POLYETHYLENU



# Většina dílů stavebnice LEGO je ale z ABS terpolymeru

## Slavné kostky už nebudou jen z ropy

Ještě letos se k dětem dostanou kostičky LEGO vyrobené z tzv. bioplastu.

„Vlády a firmy po celém světě se pouští do boje se závislostí na plastech,“ píše stránka *iflscience.com*. Britská královna zakázala plasty na jedno použití na všech svých panstvích a v Keni odmítli plasty úplně – za jejich použití vám hrozí pokuta v přepočtu až 800 tisíc korun nebo dokonce vězení.

Boj s plasty je zkrátka v módě. A na ekologickou kartu sází i výrobce těch vůbec nejznámějších kousků plastu: LEGO. Dosud se tento plast vyráběl z ropy.

Ještě letos se však k zákazníkům dostanou kousky vyrobené z tzv. bioplastu, konkrétně polyethylenu, jenž vzniká na základě cukrové třtiny. Tímto způsobem se nejdříve budou vyrábět jen určité dílky lega: listy, keře nebo stromy. Je možné je opakovaně recyklovat, ekologičtější je i výroba.

Firma už v roce 2015 vyhlásila, že do roku 2030 se budou takto vyrábět všechny její klíčové produkty a obaly. Už v roce 2015 vyhradila na tento účel miliardu dánských korun (přes 3,4 miliardy Kč). Každá válka, i ta s ropnými produkty, zkrátka něco stojí.



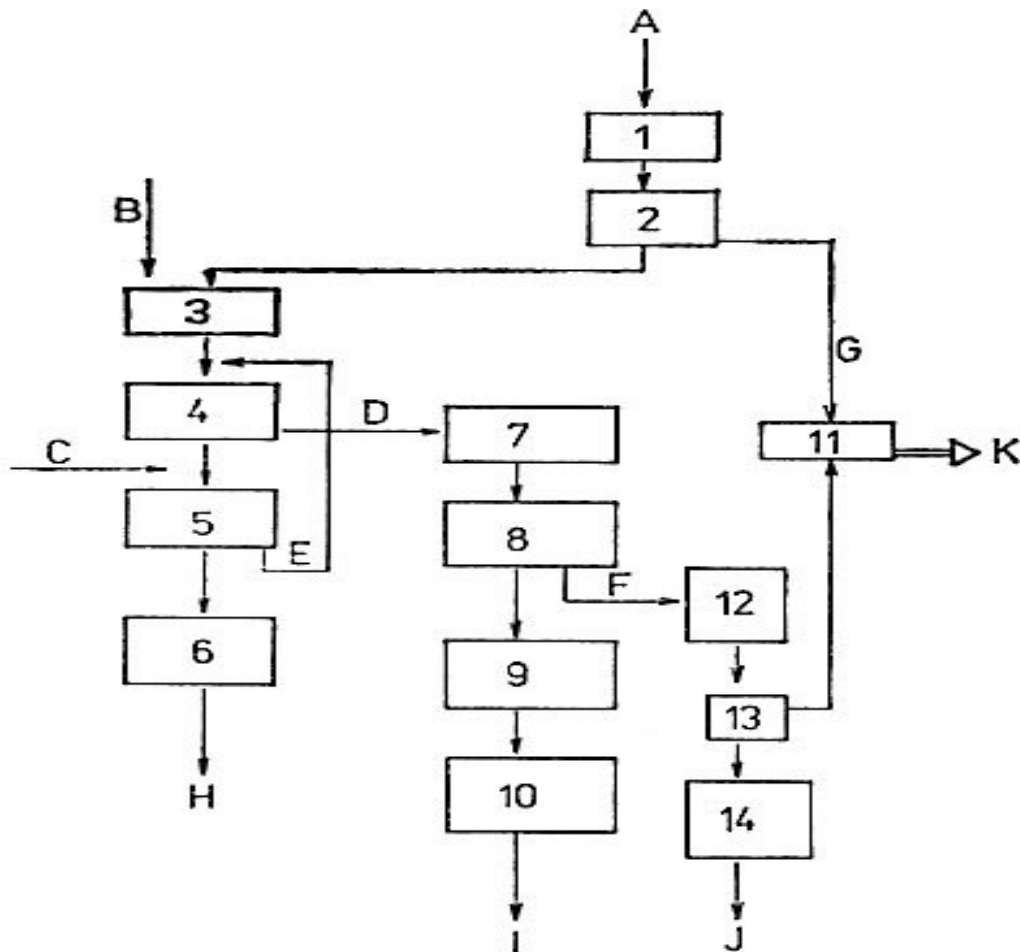
## Výroba škrobu z brambor 2

- **Bramborová škrobárna se obvykle kombinuje s lihovarem**
- **LIHOVARNICKÉ SUROVINY (v tomto případě):**
  - **Jemná frakce škrobu získaná tzv. RAFINACÍ ŠKROBU**
  - **Buněčná šťáva získaná při odstředování škrobu**
  - **Bramborové zdrtky - po očištění a nastrouhání brambor se vypírá škrob pomocí vody. Po oddělení škrobových zrn od ostatní hmoty zůstávají jako krmné zbytky bramborové zdrtky**

# 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 m<sup>3</sup>/t mouky
- Sušina škrobu je cca. 84 % hmot.

**Nic zde  
nepřijde  
nazmar!**



**Malá zrna B  
škrobu se  
separují a  
zpracovávají v  
oddělených  
větších I a J**

Obr. 19. Technologie pšeničné škrobárny Raisio Process

1 – mlýn, 2 – vysévače, 3 – směšovací zařízení, 4, 5 – odlučovač, 6 – odparka, 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 %

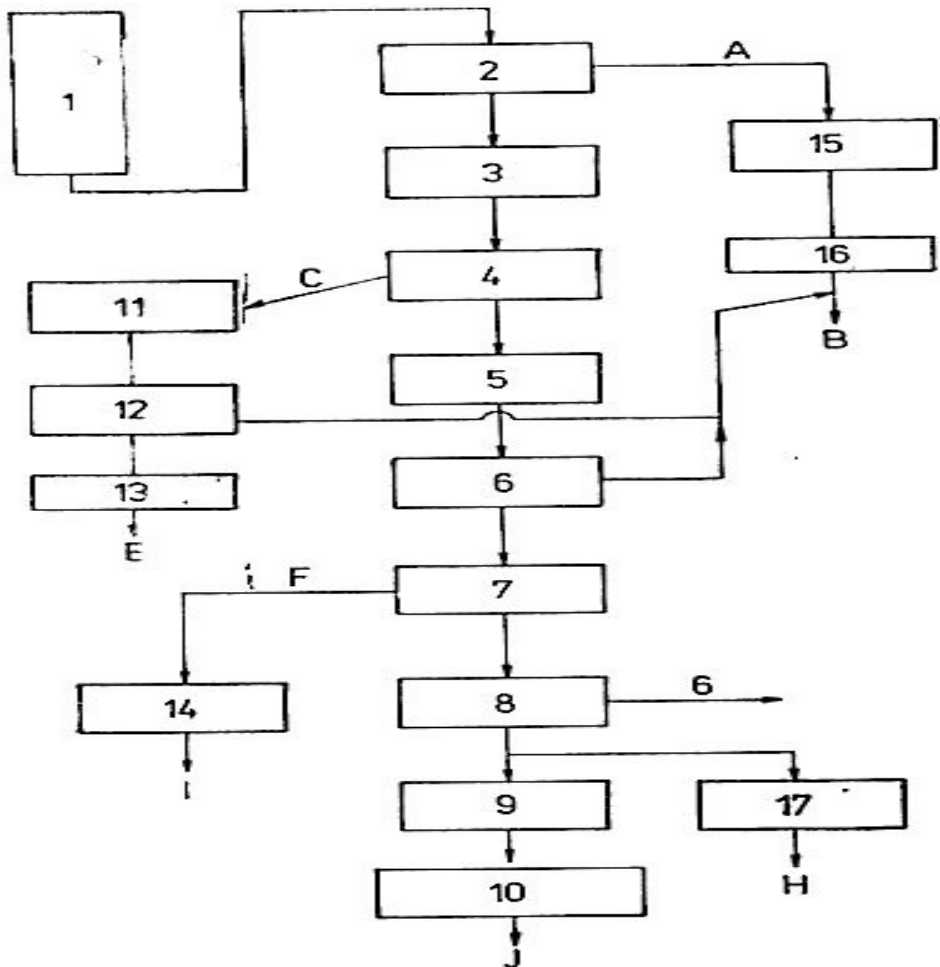
Byly vyšlechtěny odrůdy obsahují buď převážně **AMYLÓZU** nebo převážně **AMYLOPEKTIN**

**Špičkové odrůdy mají v zrnu 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 kukuřičného škrobu

1 — kukuřičné silo, 2 — máčecí tanky, 3 — odkličovací drtec, 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 — odpadka, 16 — sušení, 17 — zásobník; A — máčecí voda, B — krmivo, C — klíčky, D — vláknina, E — kukuřičný olej, F — glutenová voda, G — odpadní voda, H — škrobová suspenze na modifikace nebo na sirup, I — kukuřičný 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

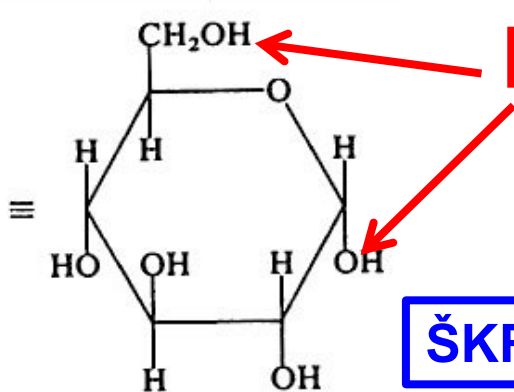
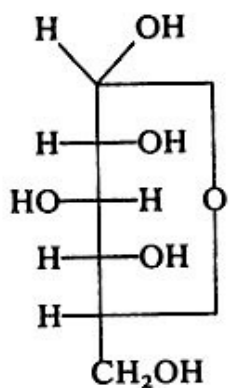
- ŠLICHTOVÁNÍ, TISK, KONEČNÉ ÚPRAVY

## LEPENÍ

- LEPENKA, VLNITÝ PAPÍR, VÍCEVRSTVÉ PYTLE, LAMINOVÁNÍ,



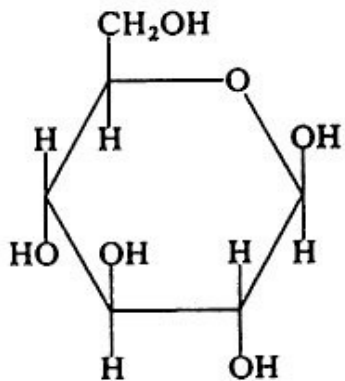
# ŠKROB versus CELULÓZA 1



$\alpha$ -D-glukopyranosa  
( $\alpha$ -glukosa)

**LIŠÍ SE POLOHOU  
-CH<sub>2</sub>OH VŮČI -OH**

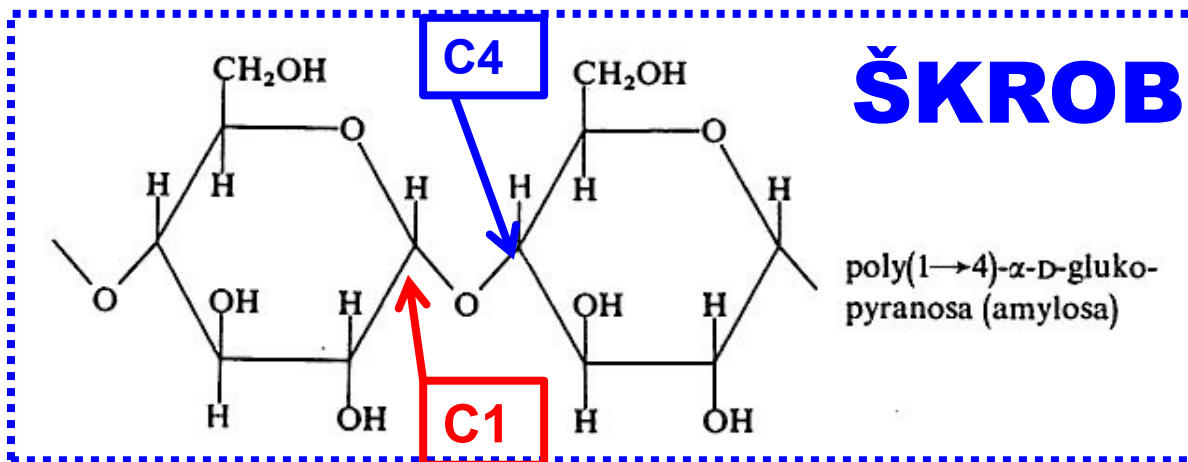
**ŠKROB je polymer z  $\alpha$ -D-glukopyranosy**



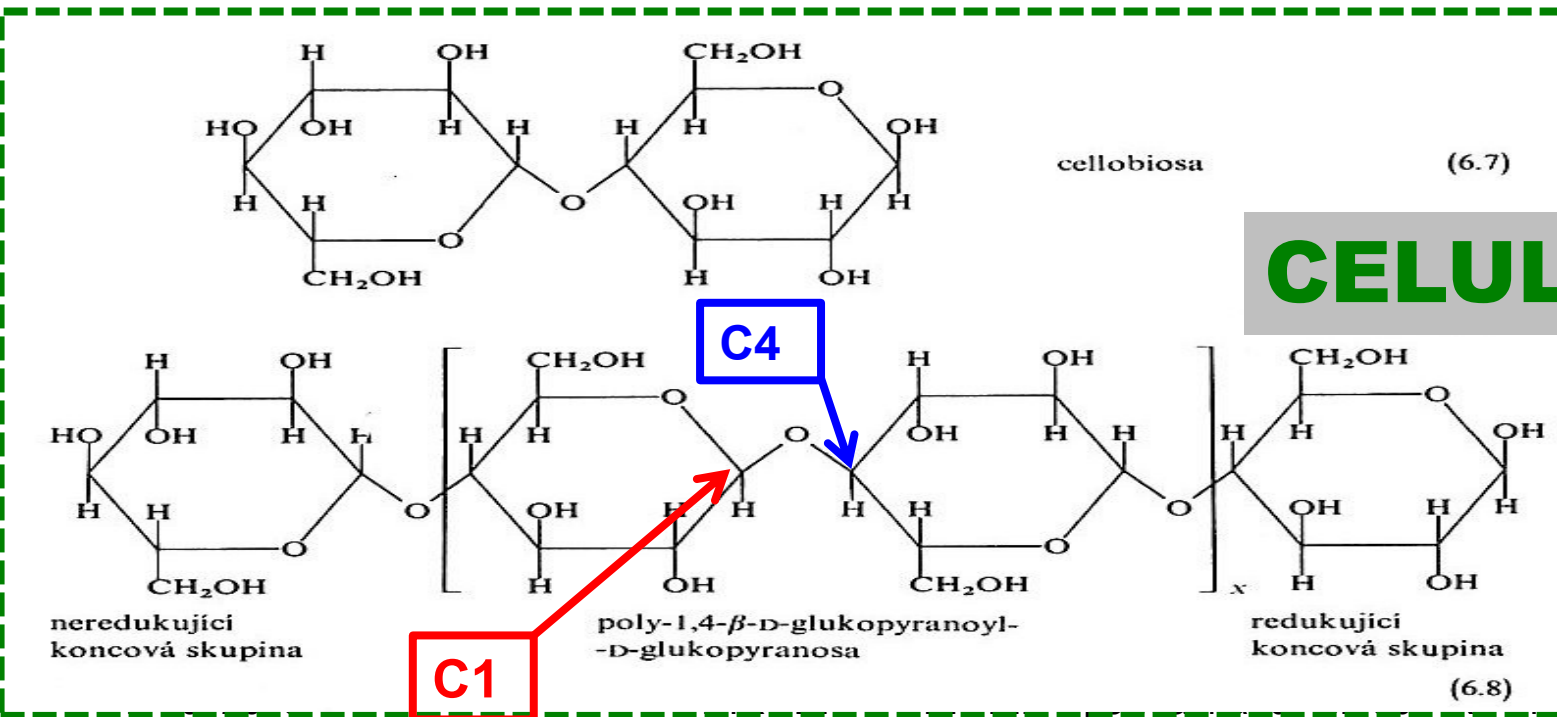
$\beta$ -D-glukopyranosa  
( $\beta$ -glukosa)

**CELULÓZA je polymer z  $\beta$ -D-glukopyranosy**

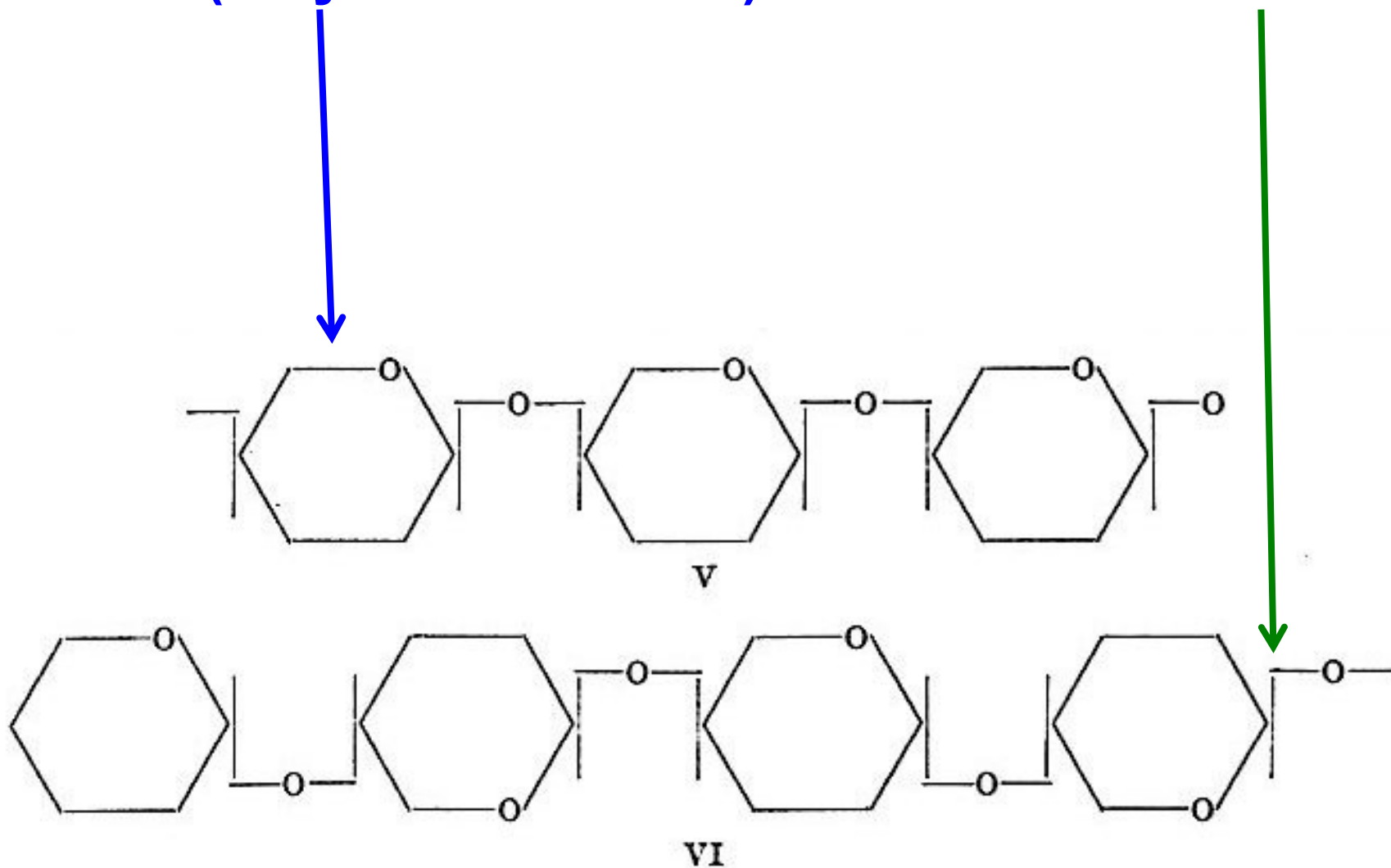
# ŠKROB versus CELULÓZA 2



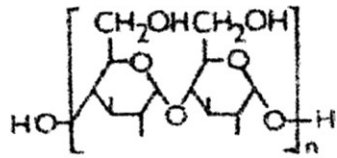
**Všimněte si polohy vazby přes kyslík mezi jednotkami glukózy**



# ŠKROB (amylósa - lineární) versus CELULÓZA 3



# ŠKROB versus CELULÓZA 4 ŠKROB



n=1:

(1→4)- $\alpha$ -D-glukopyranosyl- $\alpha$ -D-gluko-  
pyranosa (maltosa)

n= 150...500 : amyloza

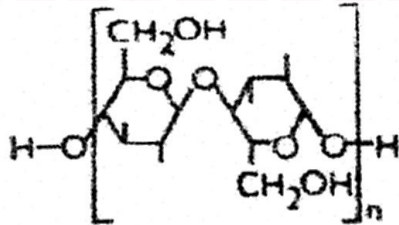
n=250...7500, na každém 8. až 10.

jednotce glukosy (1→6) větvení:

amylopektin

n=300...3000000, na každém 3. až 2.

**GLYKOGEN**

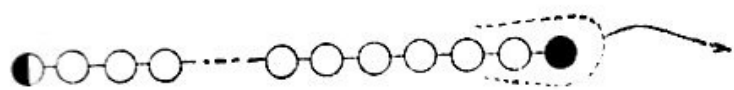


n=1: (1→4)- $\beta$ -D-glukopyranosyl- $\beta$ -  
D-glukopyranosa (celobiosa)

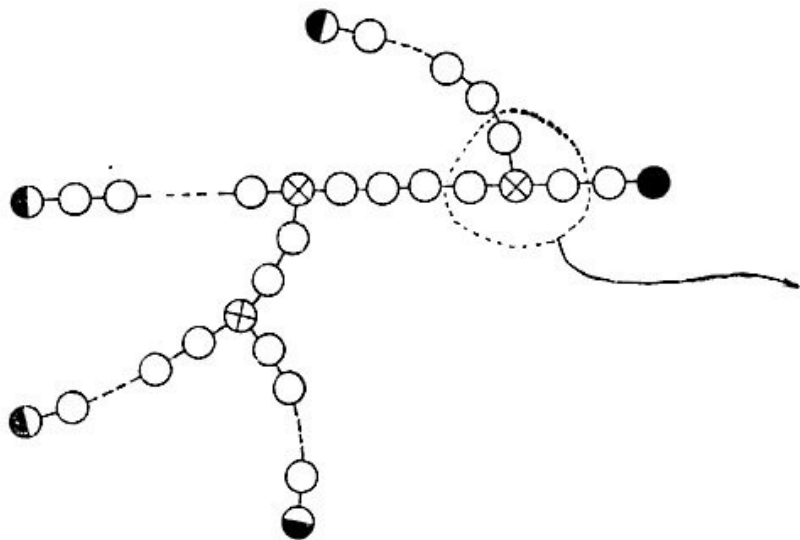
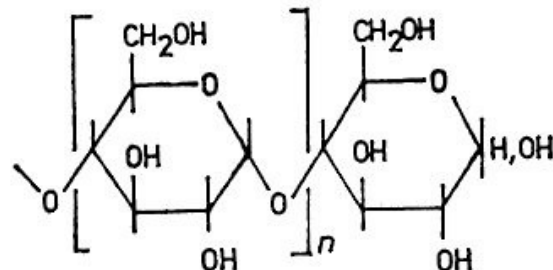
n=1000...7000: celuloza

**CELULÓZA**

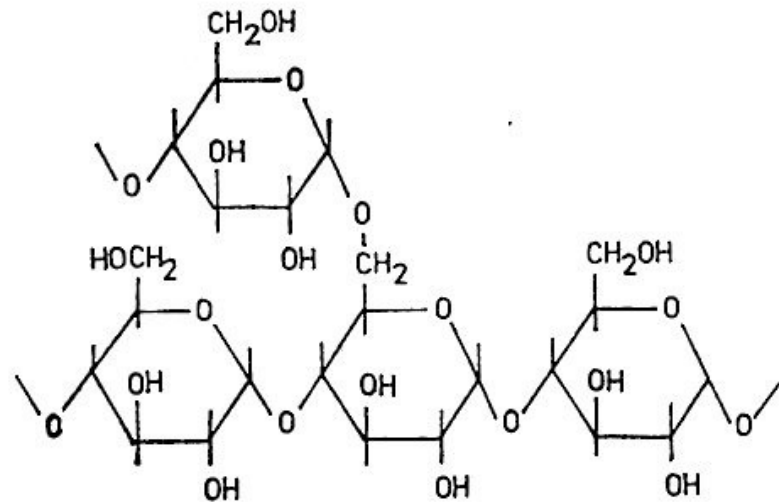
# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 1



**AMYLÓZA**



**AMYLOPEKTIN**



Obr. 4. Amylosa (nahore) a amylopektin (dole). Na schematicém obrázku kroužky znázorňují D-glukosové jednotky a jejich spojení  $\alpha$ -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

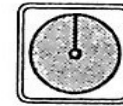
# Dělení 1

## **AMYLÓZA** - **AMYLOPEKTIN 2**

- Selektivní enzymatické rozštěpení **AMYLOPEKTINU** na cukry
- Rozdílná rozpustnost **AMYLOPEKTINU** a **AMYLÓZY**
  - Směs **DMSO + voda** > **rozdílné rozpustnosti**
  - **Voda + NaOH** > **vysolit NaCl** > **AMYLÓZA v roztoku** a **AMYLOPEKTIN gel (oddělení trvá delší dobu)**

### Princip

Škrob je univerzálním zásobním polysacharidem rostlin, v nichž se vyskytuje v podobě škrobových zrněk. V některých částech rostlin je ve vysoké koncentraci (v bramborových hlízách tvoří až kolem 20 % jejich hmotnosti). Zrnka jsou tvořena amylosou (lineární polysacharid) a amylopektinem (rozvětvený polysacharid). Tyto polysacharidy je od sebe možné oddělit na základě jejich rozdílné rozpustnosti.



ponechat  
stát  
20 hodin



### Dělení amylosy od amylopektinu

Do kádinky o objemu 1 000 cm<sup>3</sup> nalijeme 360 cm<sup>3</sup> 0,2 mol.dm<sup>-3</sup> roztoku NaOH, 75 cm<sup>3</sup> vody, přidáme 5,3 g suchého škrobu rozmíchaného ve 35 cm<sup>3</sup> vody a při teplotě 25 °C mícháme špičkou do vyjasnění roztoku. Přidáme 125 cm<sup>3</sup> 5% roztoku NaCl a zneutralizujeme roztokem HCl do hodnoty pH 6 – 7 (použijeme indikátorový papírek). Necháme stát při laboratorní teplotě 20 hodin, preparát přitom chráníme před světlem. Amylopektin se vyloučí dně v podobě gelu, amylosa zůstává v roztoku.

### Poznámky

*Uvolněný amylopektin je možno odfiltrovat, amylosu pak z filtrátu vysrážet jako komplex s butanolem. Přidáváme 12,5 cm<sup>3</sup> butanolu na 100 cm<sup>3</sup> roztoku amylosy, necháme stát asi 2 hodiny.*

**Lze to nazvat „VYSOLENÍ“. Je vidět vliv iontů na rozpustnost polymerů různé struktury**

# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 3

## podobnost s polyetylénem

### LDPE

- **Větvený**
- **Větší elasticita taveniny**

### AMYLOPEKTIN

- ***Větvený***
- ***Větší elasticita taveniny ve směsi škrob - glycerol***

### HDPE

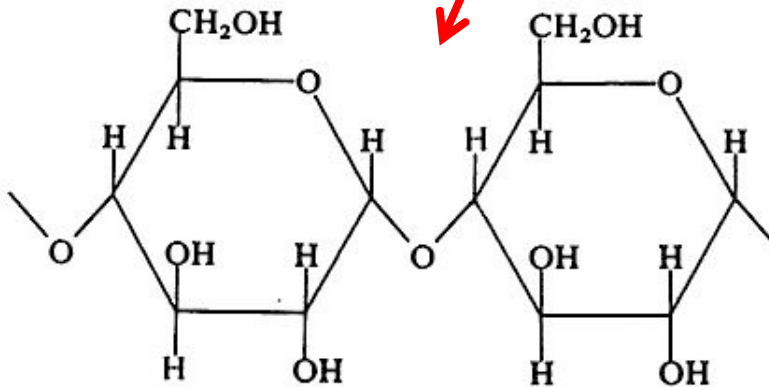
- **Lineární**
- **MENŠÍ elasticita taveniny**

### AMYLÓZA

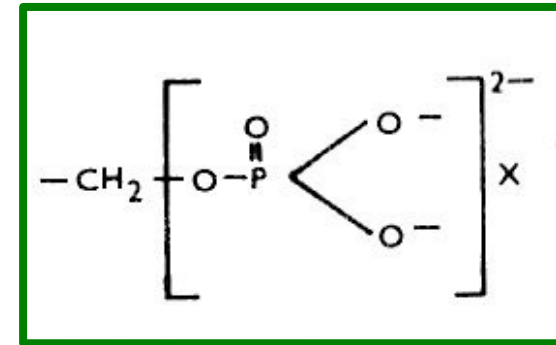
- ***Lineární***
- ***Menší elasticita taveniny ve směsi škrob - glycerol***



# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 4

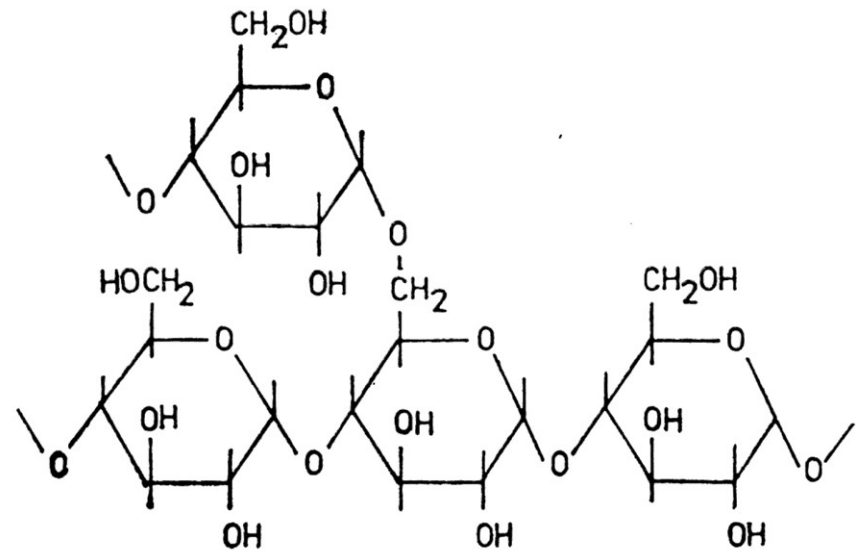


poly(1→4)- $\alpha$ -D-glukopyranosa (amylosa)



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

**Na viskozitu vodných roztoků a/nebo gelů má pak vliv kationt ( $K^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  atd.)**



# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 5

Tabulka 2. Porovnání vlastností amylosy a amylopektinu [8]

Vlastnost	Amylosa	Amylopektin
Barva komplexu s jodem	modrá	červenofialová
Vazba jodu (%)	19—20	1
$\beta$ -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*	—	3—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

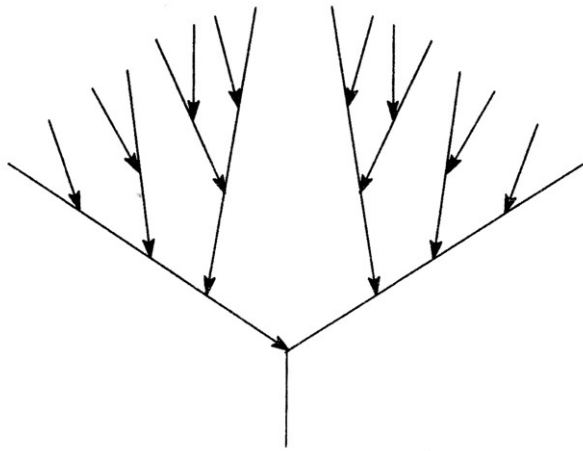
\* průměrné délky základních (CL), vnějších (ECL) a vnitřních (ICL) řetězců v počtu D-glukosových jednotek (GU).

# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 6

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)**

# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 7



Obr.1.6.12 Schéma možného větvení amylopektinu

## Tento obrázek se týká VODNÝCH ROZTOKŮ



Amylosa

Amylopektin

Typ vazby:

$\alpha(-\rightarrow 4)$

$\alpha(-\rightarrow 4)$  a  $\alpha(-\rightarrow 6)$

$M_r$ :

100 tis. - 1 000 tis.

1 00 tis. - 10 000 tis.

DP

< 7 000

> 7 000

Morfologie

krystalická

amorfní, příp.krystalická  
struktura

A, B, V - struktura

Komplexační

vysoká

schopnost

s jodem modrá b.

s jodem červená b.

retrogradace

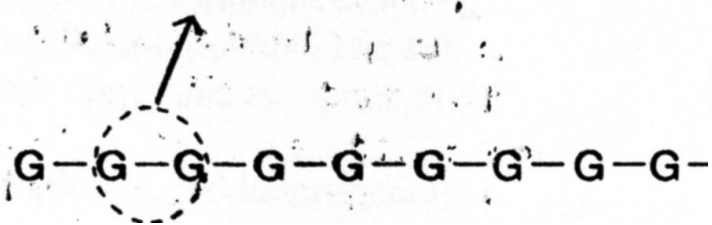
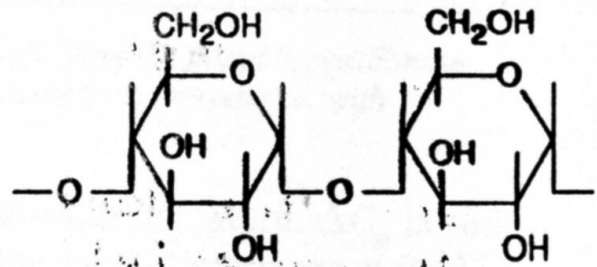
značná

malá

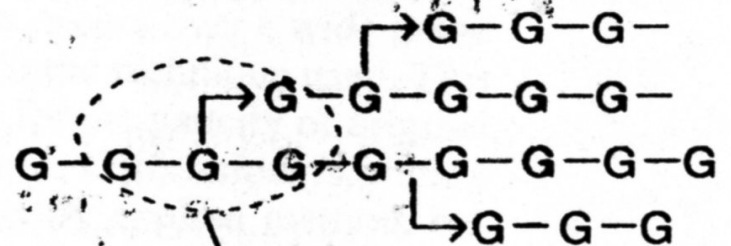
**RETROGRADACE = z  
gelu a/nebo roztoku se  
vylučuje POLYMER**

# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 8

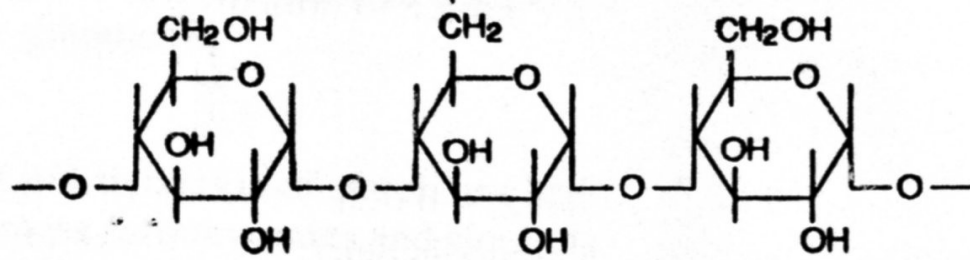
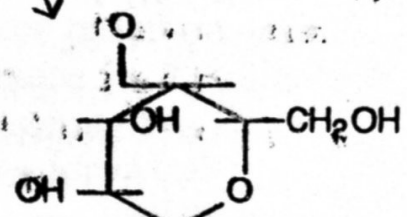
(a)




(b)



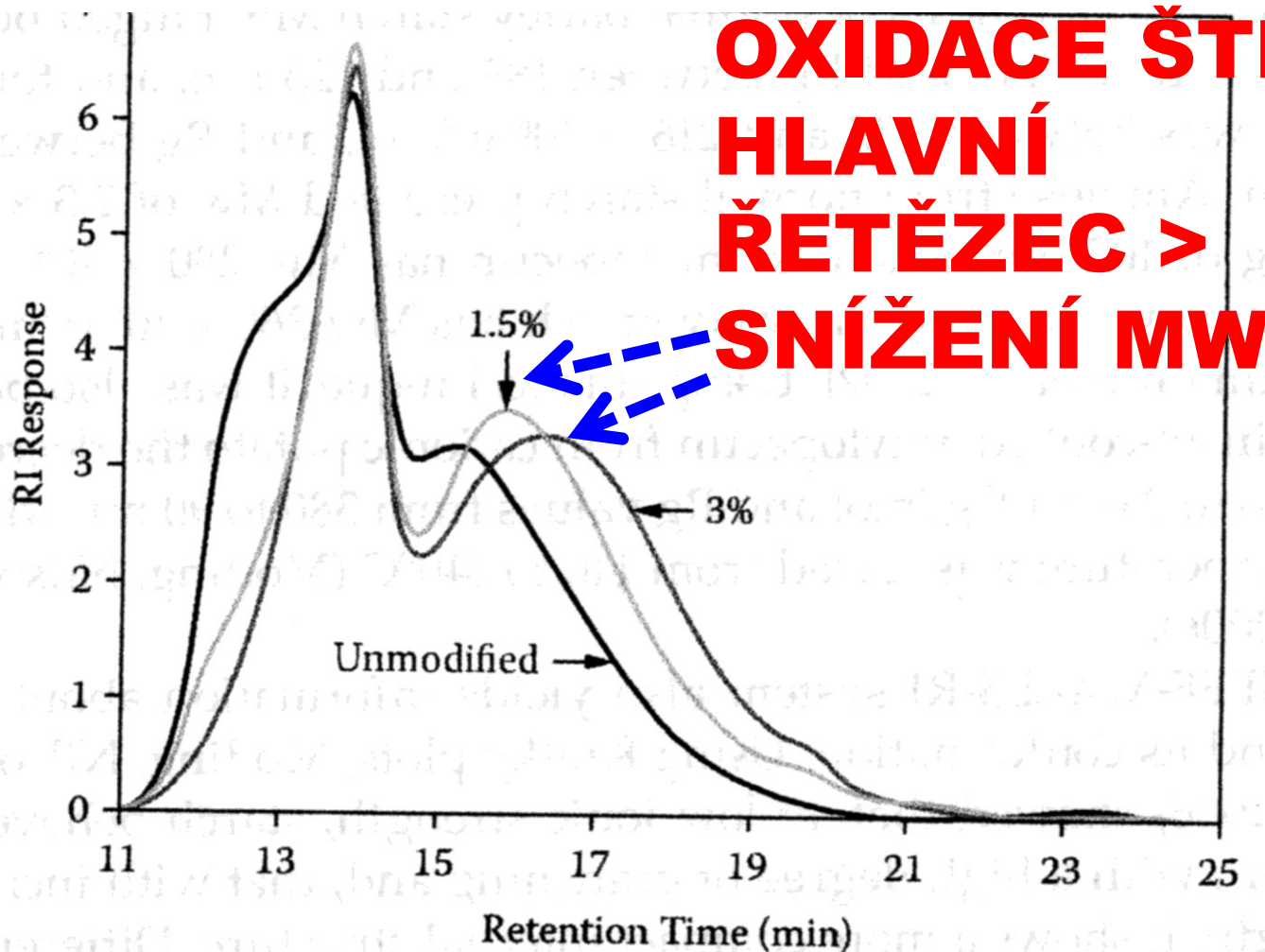
**G – glukózová jednotka**



# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN 9

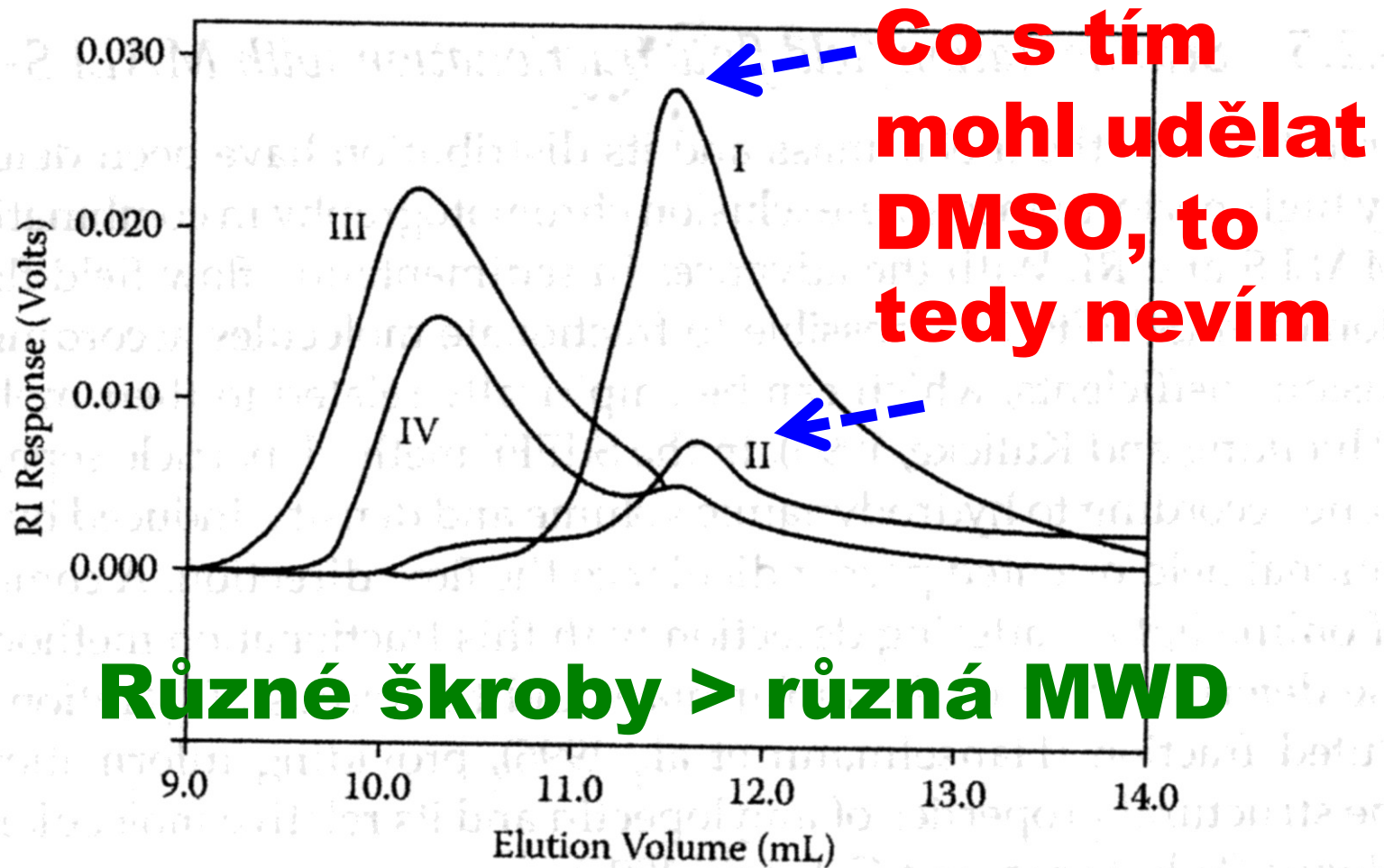
- **OBVYKLE** převažuje **AMYLOPEKTIN** v poměru **4/1**
- **AMYLOPEKTIN** nedává modré zbarvení s jodem
- **některé škroby, např. hrachový, mají jen AMYLÓZU**
- **Jiné škroby, např. odrůda kukuřice zvaná vosková, mají jen AMYLOPEKTIN**
- **AMYLOPEKTIN na vyšší MW**
- 

# MWD škrobů 1 (metoda GPC)



**Figure 3.4** Normalized high-performance size-exclusion chromatographs of unmodified and oxidized starches (1.5 and 3% active chlorine).

# MWD škrobů 2 (metoda GPC)



*Figure 3.3* HPSEC profiles of starch from amylose of maize treated with DMSO (I), amylopectin maize (II), normal maize (III), and Eurylon 7 starch (IV) (Bello-Perez et al., 1998a).



# MWD škrobů 3

Různé škroby > téměř stejná MWD

Škrob je PŘÍRODNÍ  
POLYMER a tak se  
MWD liší i pro stejné  
plodiny (zdroje)

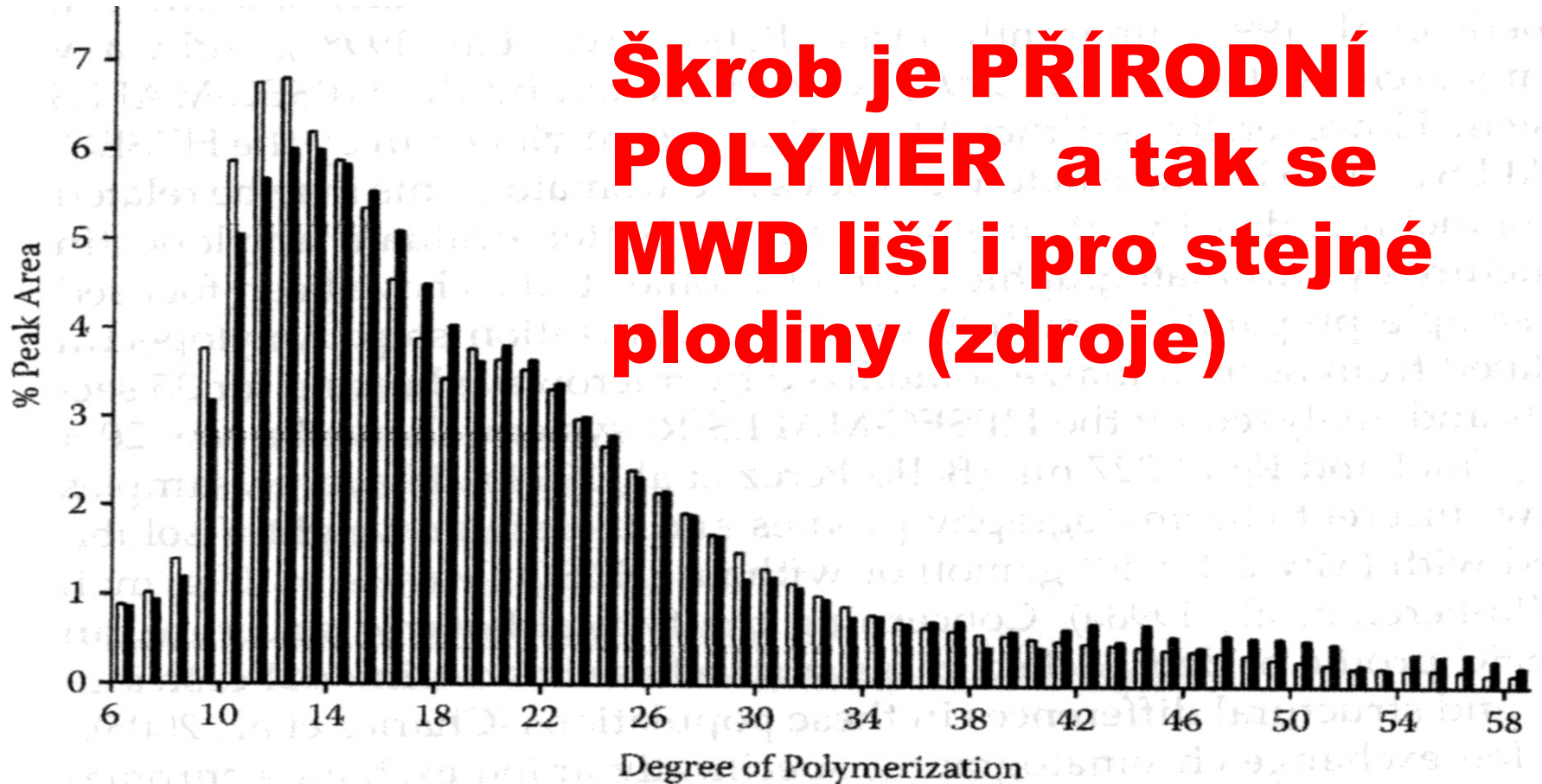
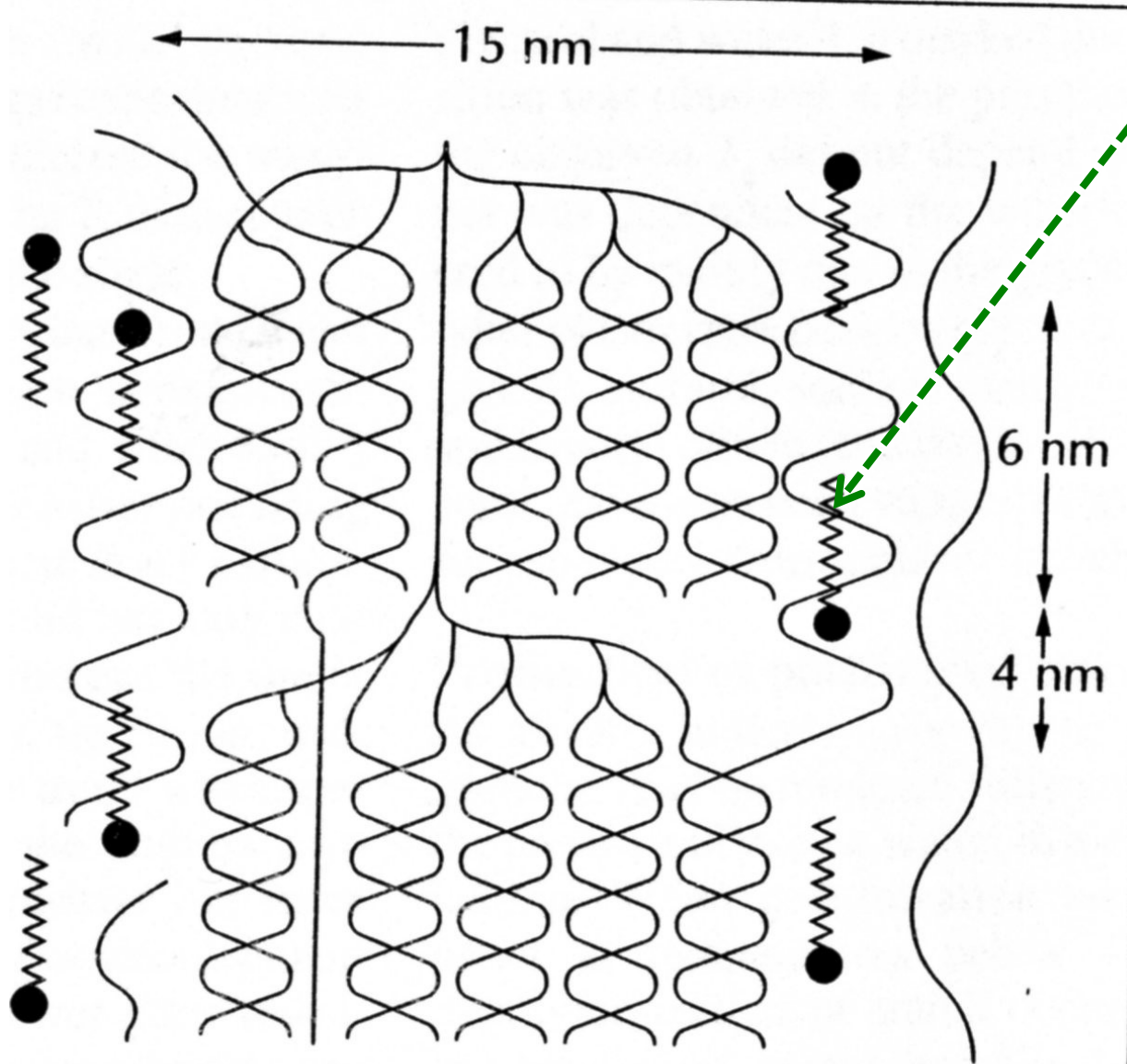


Figure 3.5 Amylopectin chain length distribution of normal maize (□) and barley (■) starch, measured by high-performance anion exchange chromatography (HPAEC) with pulsed amperometric detection (PAD).

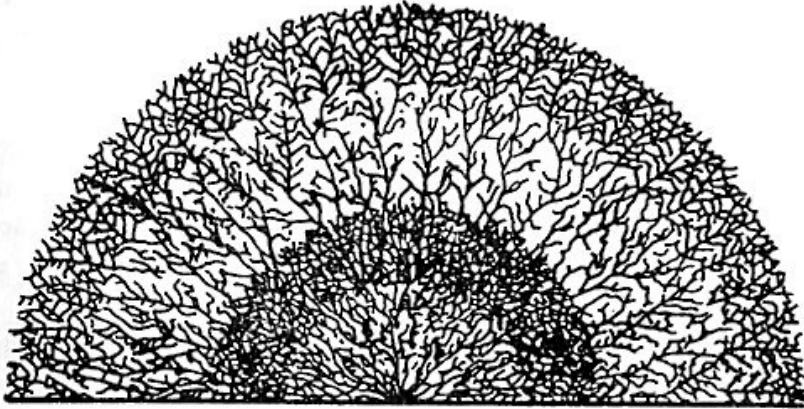
# Možné uložení molekul TUKU v obilném škrobu



Molekula tuku v šroubovici amylozy

Mě se toto moc nezdá, protože tuky jsou TRIGLYCERIDY! Na tři řetězce je v šroubovici asi málo místa?

# NADMOLEKULÁRNÍ STRUKTURA škrobu

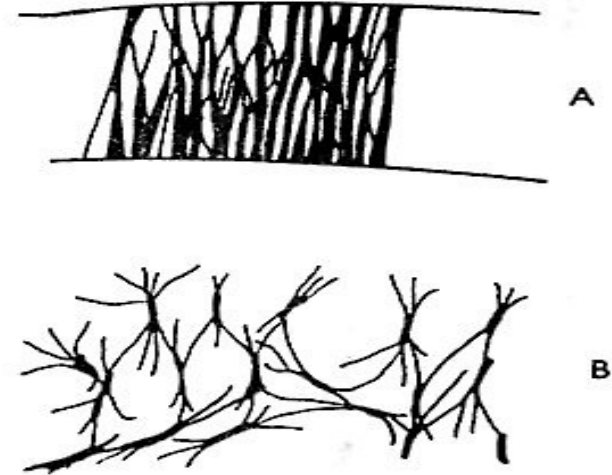


Obr. 4. Sférokrystalická struktura částice škrobu

**Lineární AMYLOZA** krystalizuje –  
**vodíkové můstky**

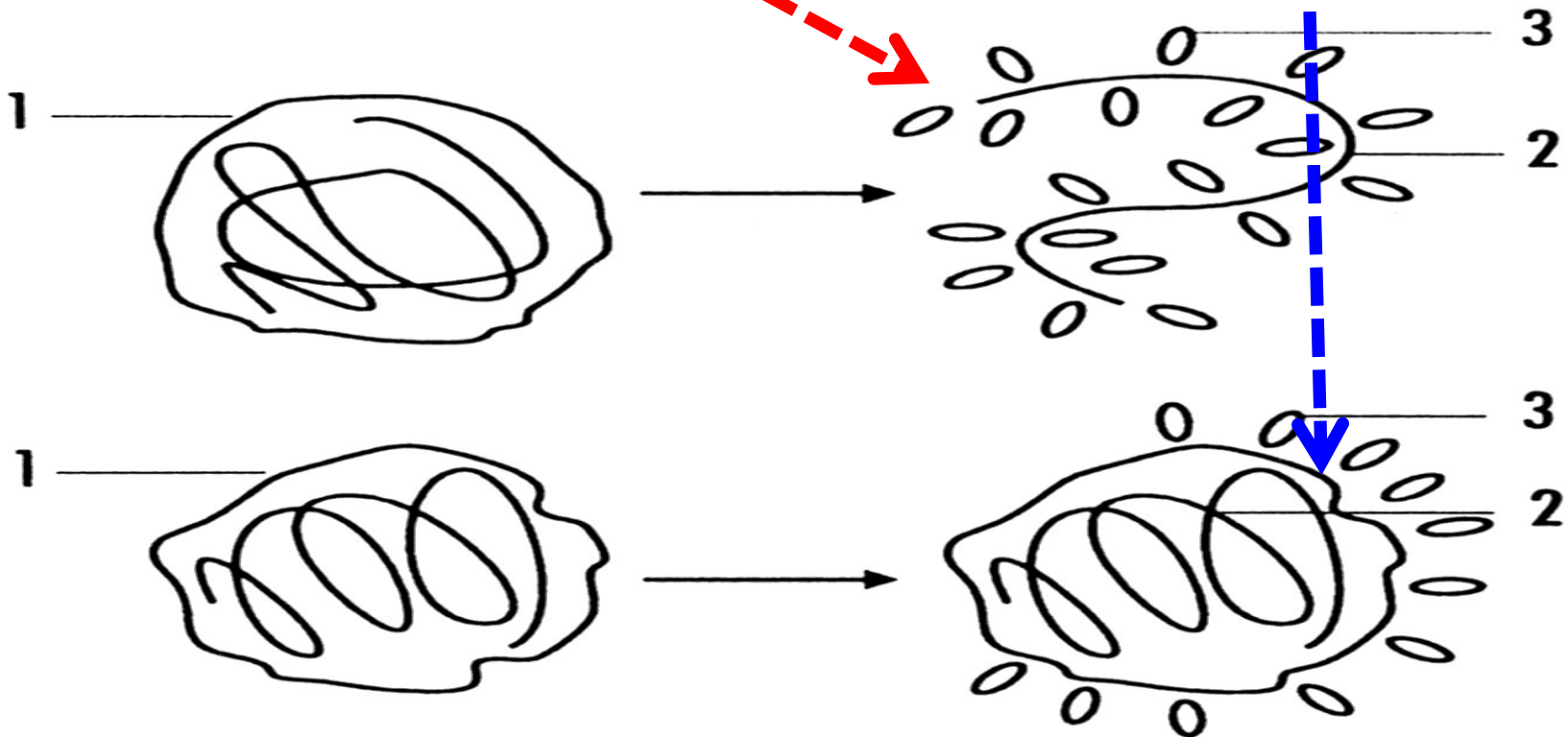
**Rozvětvený AMYLOPEKTIN** –  
mohou krystalizovat jen větve,  
pokud jsou dost dlouhé. Základní  
řetězec může procházet řadou  
takových krystalických částí.

Krystalické části jsou  
prostoupeny a propojeny částmi  
amorfními (nekrystalickými),  
stejně jako je tomu u  
syntetických  
**SEMIKRYS TALICKÝCH** polymerů



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

# ROZPUSTNOST versus BOTNÁNÍ



1 – molekula biopolymeru

2 – řetězec polymeru

3 – molekuly vody **nebo jiného rozpouštědla  
(solvatačního činidla)**

# ROZPOUŠTĚNÍ ŠKROBU

- **NATIVNÍ ŠKROB** není ve **STUDENÉ VODĚ** rozpustný, má pouze vodu v kapilárách a ve vodíkových můstcích, cca. 14 – 16 % vody
- Při vložení **NATIVNÍHO ŠKROBU** do vody za laboratorní teploty se jen zaplňují další kapiláry vodou
- Při zvyšování teploty nad cca. 50 °C **BOTNÁ**, vodíkové můstky se rozrušují a vzniká **DISPERZE ZBOTNANÝCH (hydratovaných) ČÁSTIC VE VODĚ**
- Po přijetí další vody dojde k **PLNĚ** (maximální pro daný škrob) **HYDRATACI**, rozpadají se zrna škrobu a vzniká **GEL (AMYLOPEKTIN) A VYSOKOVISKÓZNÍ KOLOIDNÍ ROZTOK (AMYLÓZA)**
- **VÝSLEDNÝ STAV SE NAZÝVÁ**

## **MAZOVATĚNÍ ŠKROBU**

## 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 botná**
- **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<sup>-1</sup>)
- 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

Viscograph®-E  
The standard for the  
measurement of starch

AACC Method n



**Upravený ROTAČNÍ  
VISKOZIMETR**



**Standardní ROTAČNÍ  
VISKOZIMETR**

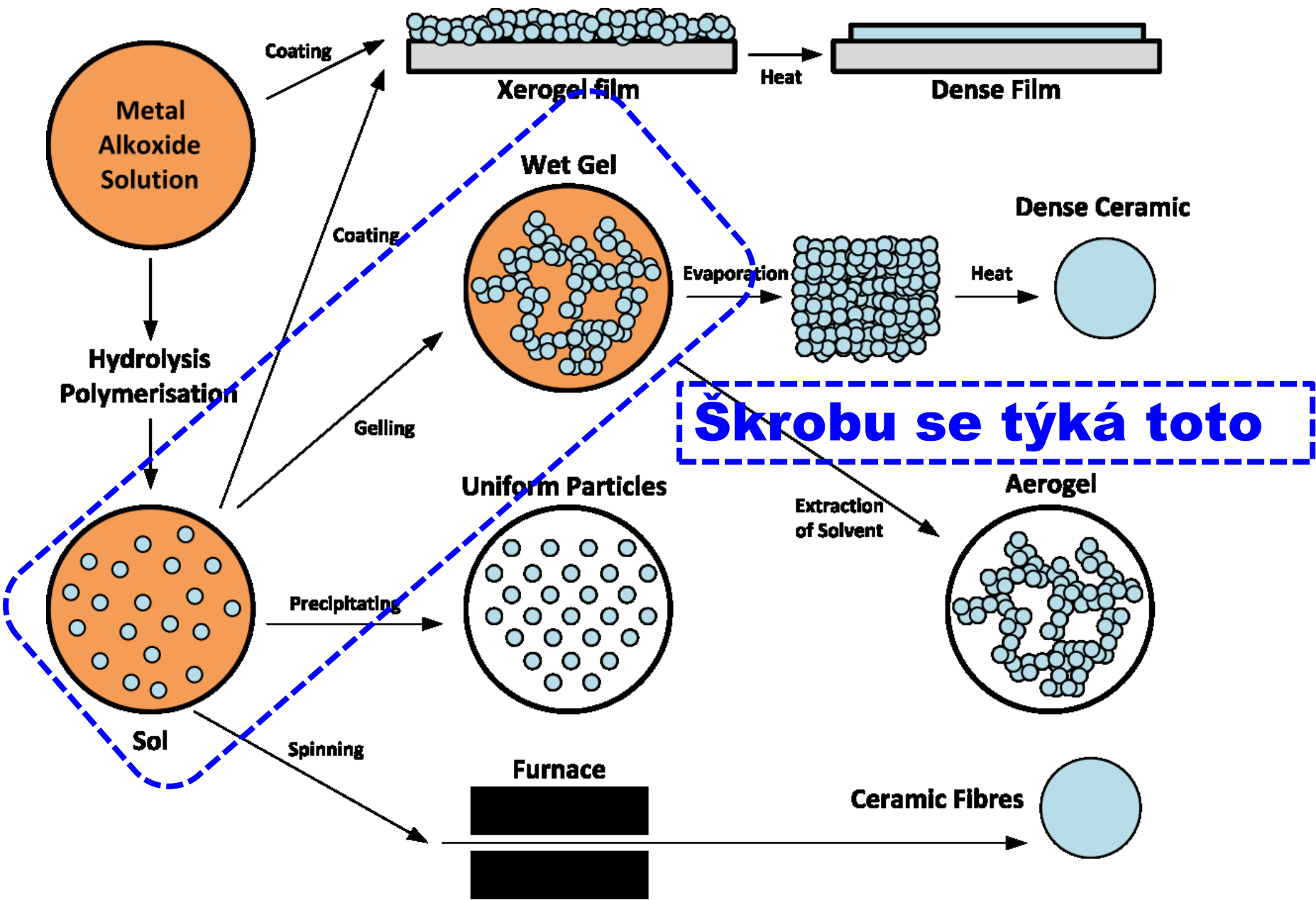


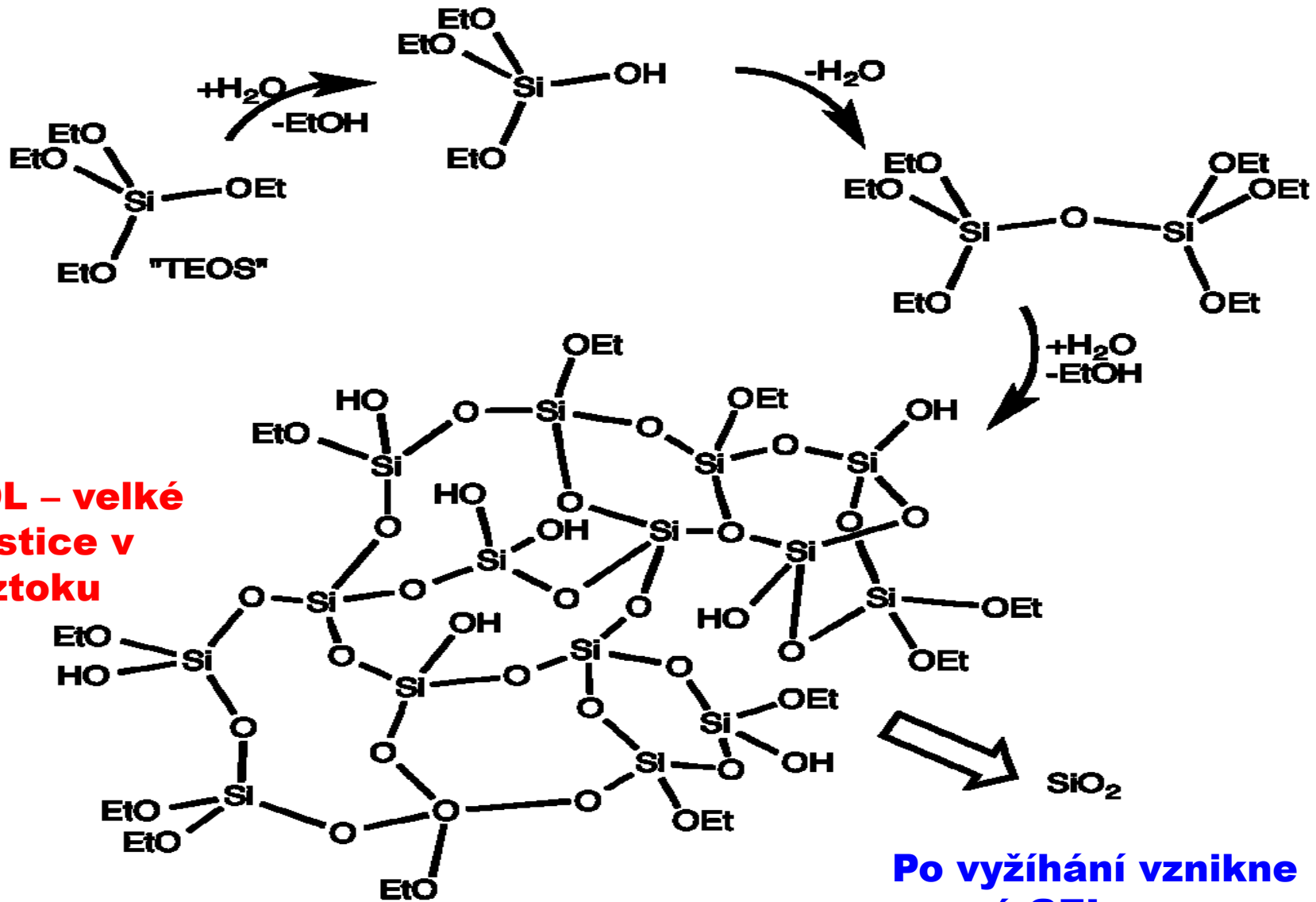
## **SOL > GEL (obecně)**

- **GEL je DISPERZNÍ SOUSTAVA, ve které spojitý DISPERZNÍ PODÍL je prostupuje spojitě DISPERZNÍ PROSTŘEDÍ**

### **PŘÍKLADY**

- **PVC pasta > SOL (disperze částic PVC ve směsi změkčovadel) > zahřátí (interakce PVC částic se změkčovadly = ŽELATINACE) > ochlazení > GEL**
- **KLÍH (vyroben z KOLAGENU) > SOL (zředěný roztok v teplé vodě) > zahuštění a ochlazení > KLIHOVÁ GALERTA = GEL**
- **POTRAVINÁŘSTVÍ > ROSOL Z ŽELATINY**



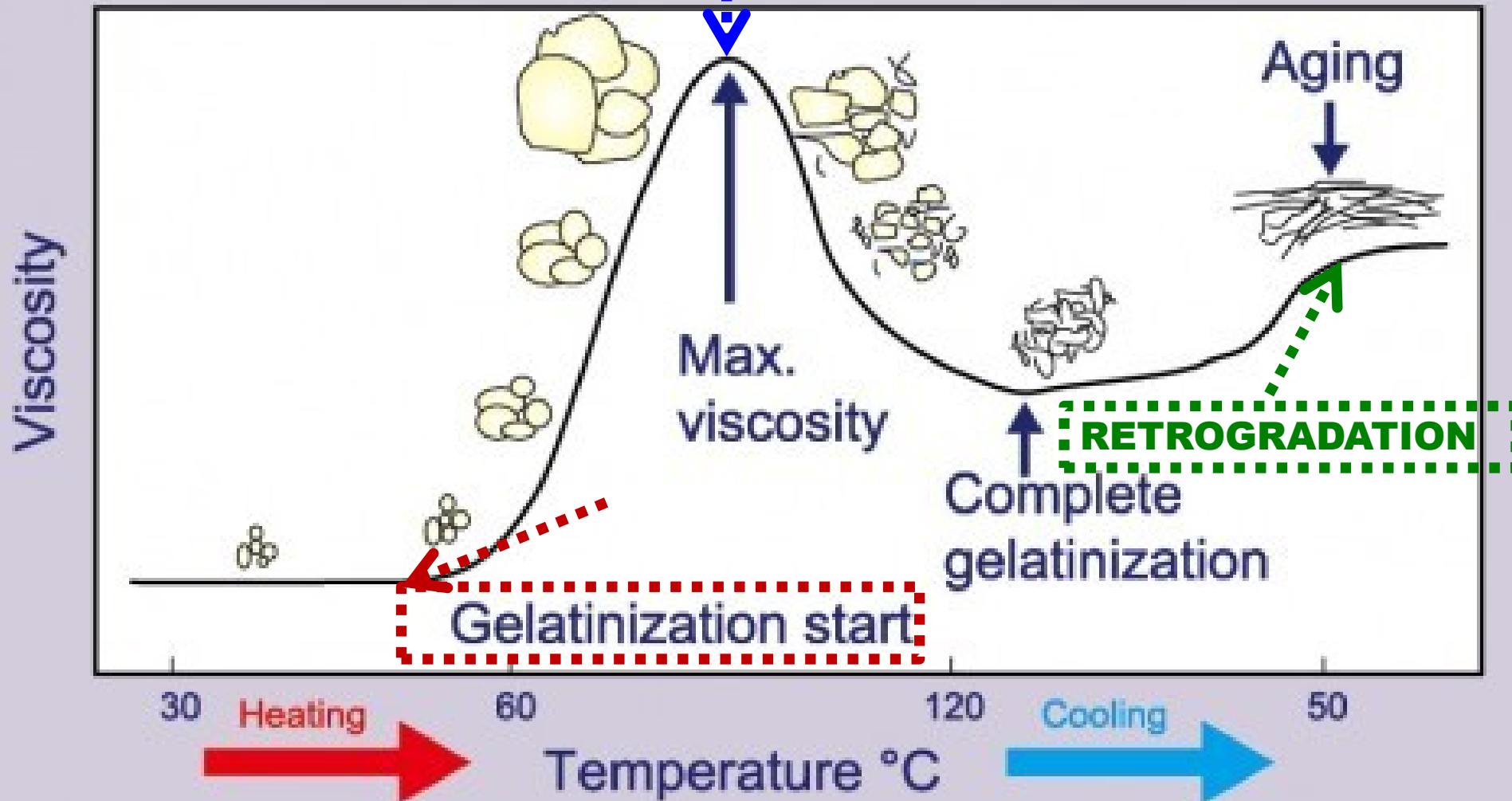


**SOL - velké částice v roztoku**

**Po vyžhání vznikne pevný GEL**

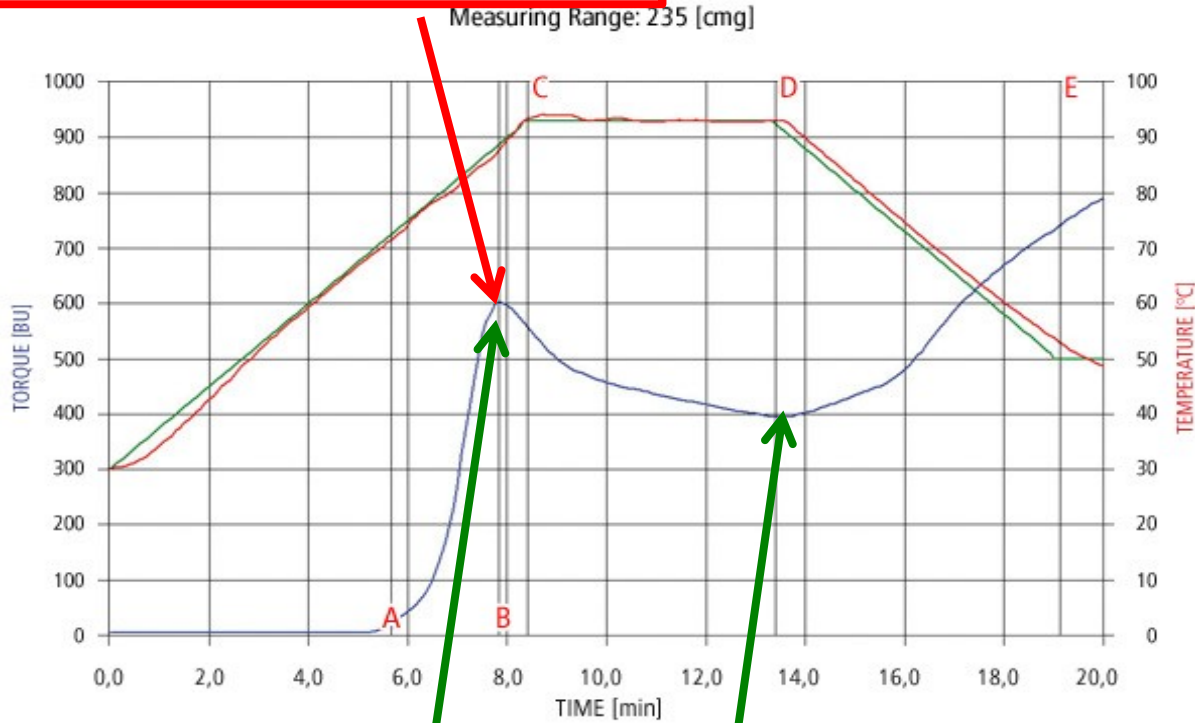
# Křivka MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě - OBECNĚ

**BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU**



# Křivky MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 1

## BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU



- Suited for starch and flour
- Usage for acid and lye
- Small sample size (5 - 15 g)
- Short measuring times
- Speed (0 - 300 min<sup>-1</sup>)
- 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

Všimněte si PRŮBĚHU  
TEPLOTY MĚŘENÍ a bodů jejich  
změn!

Brabender je název VÝROBCE přístrojů v Německu

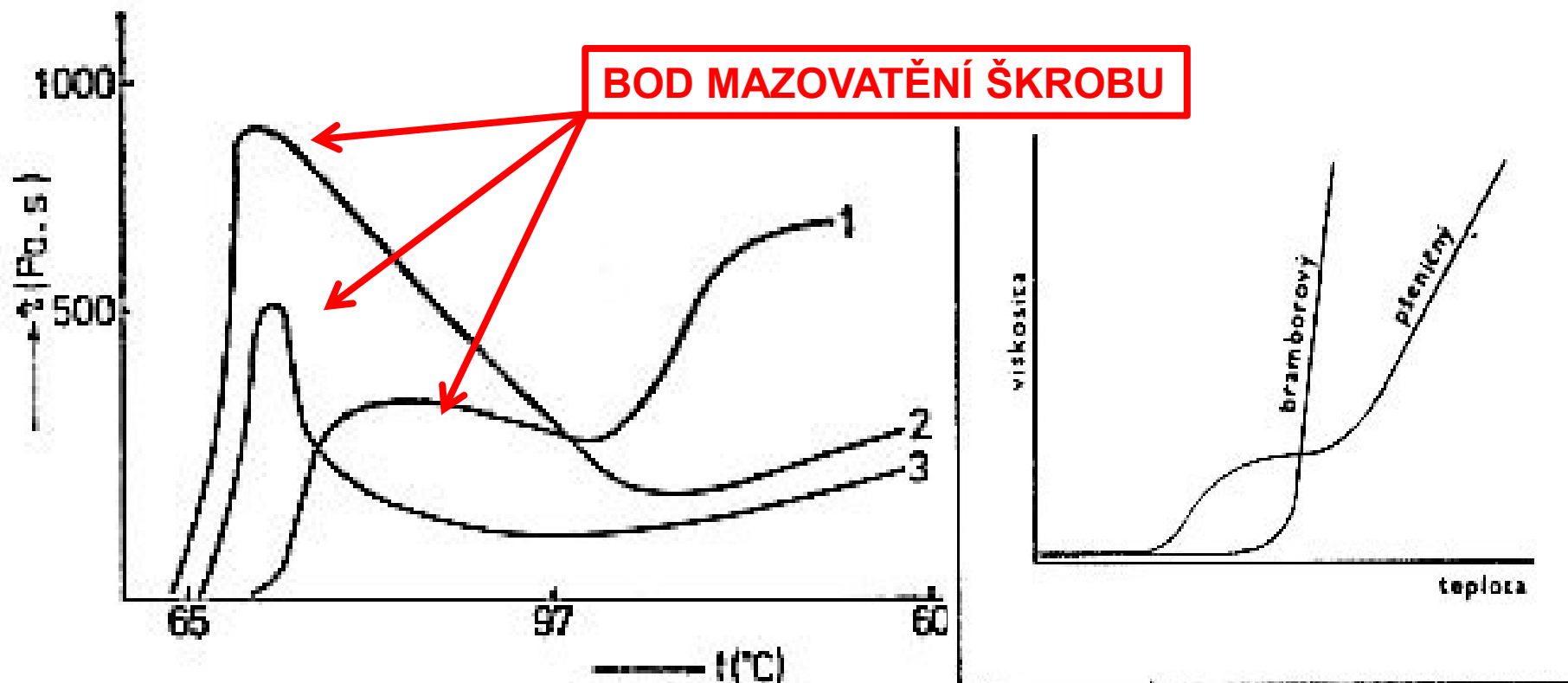
BU = Brabender Unit

31. 10. 2018

PŘÍRODNÍ POLYMERY polysacharidy škrob PŘF MU 6 2018

61

# Křivky MAZOVATĚNÍ různých škrobů ve vodě 2



Obr. 21. Viskogramy nativních škrobů

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

Obr. 8. Charakteristika bobtnání škrobů

# Vliv sacharidů a solí na teplotu mazovatění – PROČ ASI?

Teplota mazovatění škrobů

Tabulka 15

Škrob	Teplota (°C)		
	počáteční	konečná	střední
bramborový	59	68	63,5
kukuřičný	62	72	67
pšeničný	58	64	61
ječný	51,5	59,5	57
žitný	57	70	61
rýžový	68	78	74,5
hrachový	55	70	65
vosková kukuřice (amylopektinová)	63	72	68
amyložové kukuřice	67	ve vroucí 80 vodě ne- úplné zma- zovatění	
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	96,5	90,5
0,2 % hydroxidu sodného	55,5	69,5	64
0,3 % hydroxidu sodného	49	65	59

# 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**

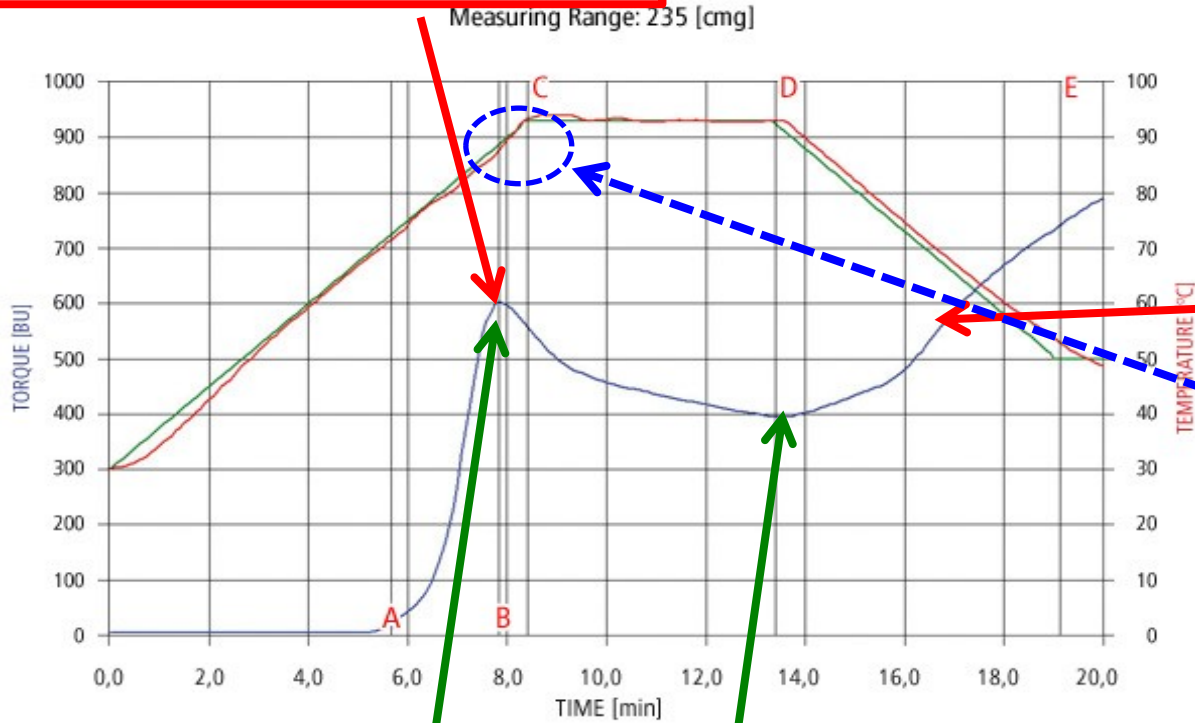


# Chování škrobového mazu ve vodě

- **Snižování teploty:** postupné obnovování vodíkových můstků, hlavně u **AMYLÓZY**, **škrob s vysokým podílem AMYLOPEKTINU (VĚTVENÁ MAKROMOLEKULA)** 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,  $\text{NaNO}_3$

# Křivky MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 3

**BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU**



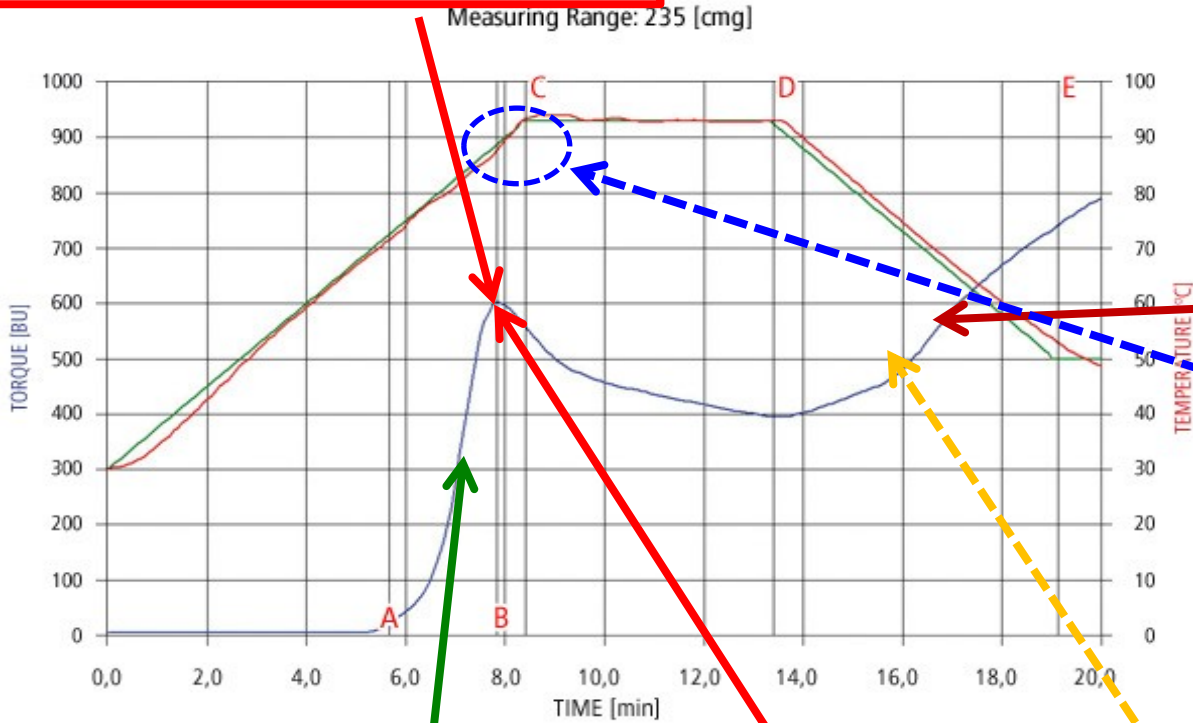
**RETROGRADACE**  
= zvyšování  
viskozity se  
snižující se  
teplotou > VZNIK  
GELU

**SETRVAČNOST PŘI  
VYPNUTÍ NÁRŮSTU  
TEPLOTY A  
PŘEPNUTÍ NA  
KONSTANTNÍ  
TEPLOTU**

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

# Křivky MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 4

## BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU



**RETROGRADACE**  
= zvyšování  
viskozity se  
snižující se  
teplotou > VZNIK  
GELU

**SETRVAČNOST PŘI  
VYPNUTÍ NÁRŮSTU  
TEPLOTY A  
PŘEPNUTÍ NA  
KONSTANTNÍ  
TEPLOTU**

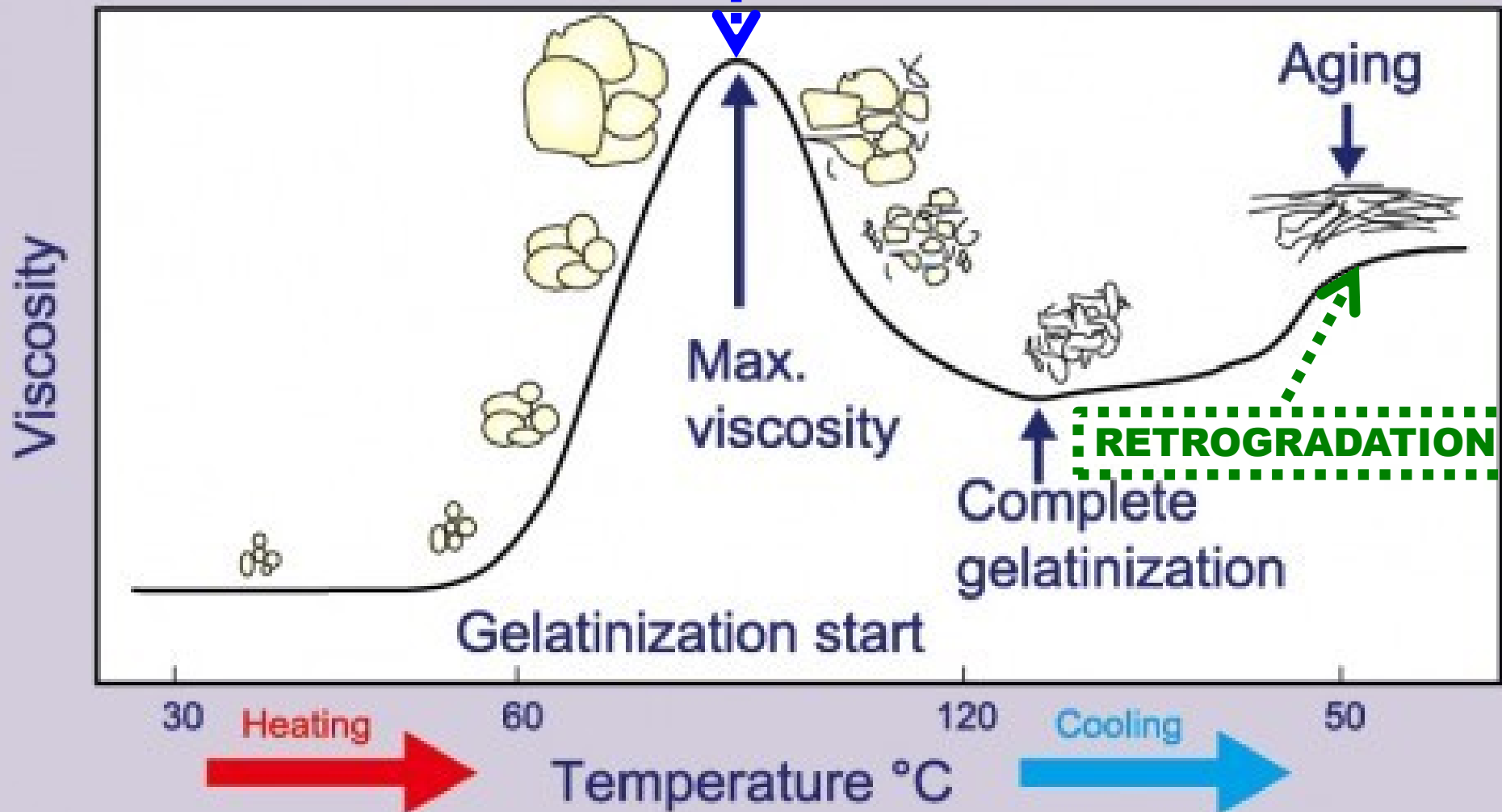
Postupné rozpouštění  
kratších řetězců a  
jejich difúze do vody  
> ZVYŠOVÁNÍ  
VISKOZITY

Rozpad vodíkových  
můstků mezi řetězci  
škrobu a hydratace  
celého zrna,  
trojrozměrná síť > GEL

Uvolňování menších  
hydratovaných útvarů >  
SOL

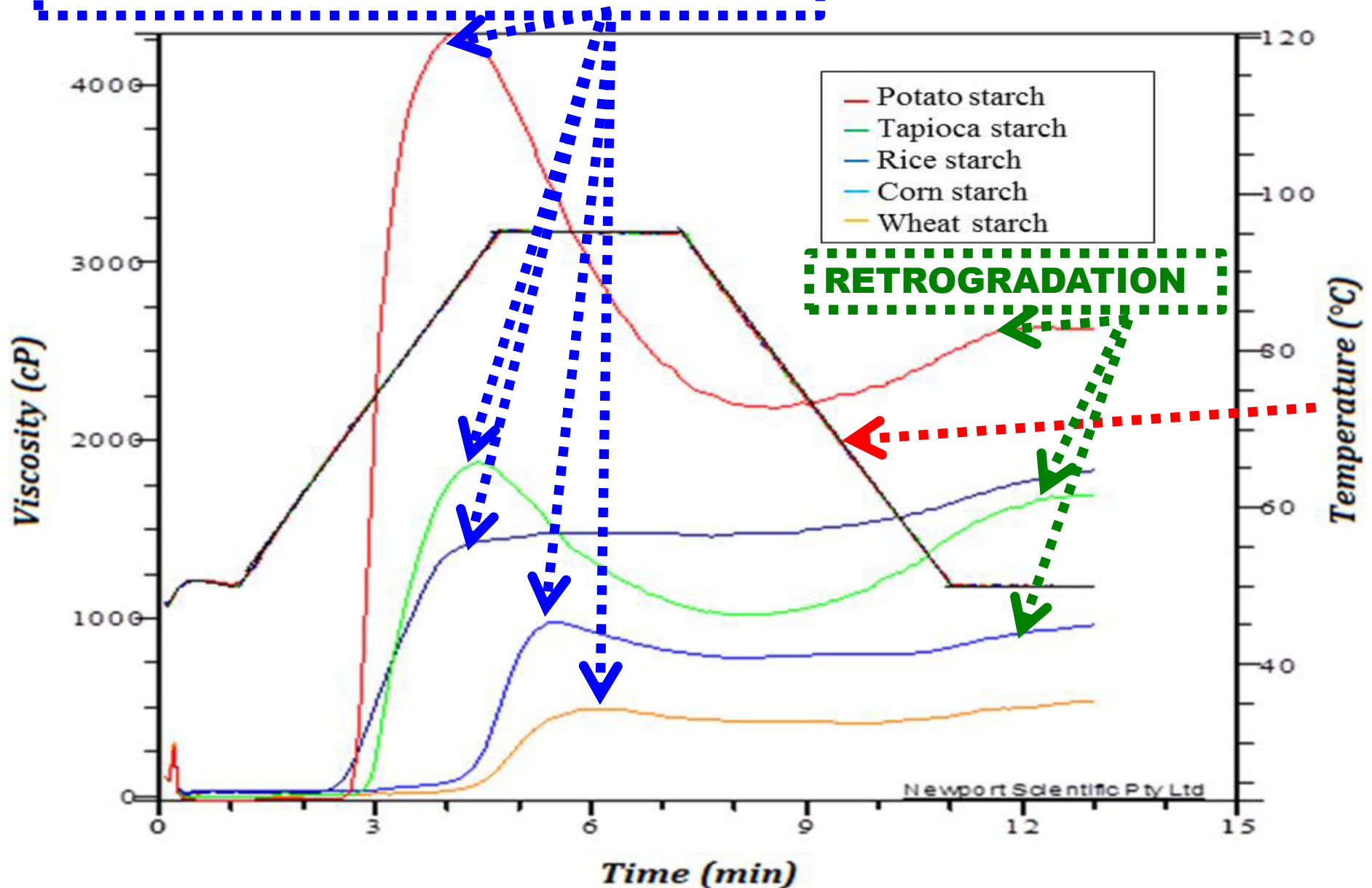
# Křivka MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 5

## BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU

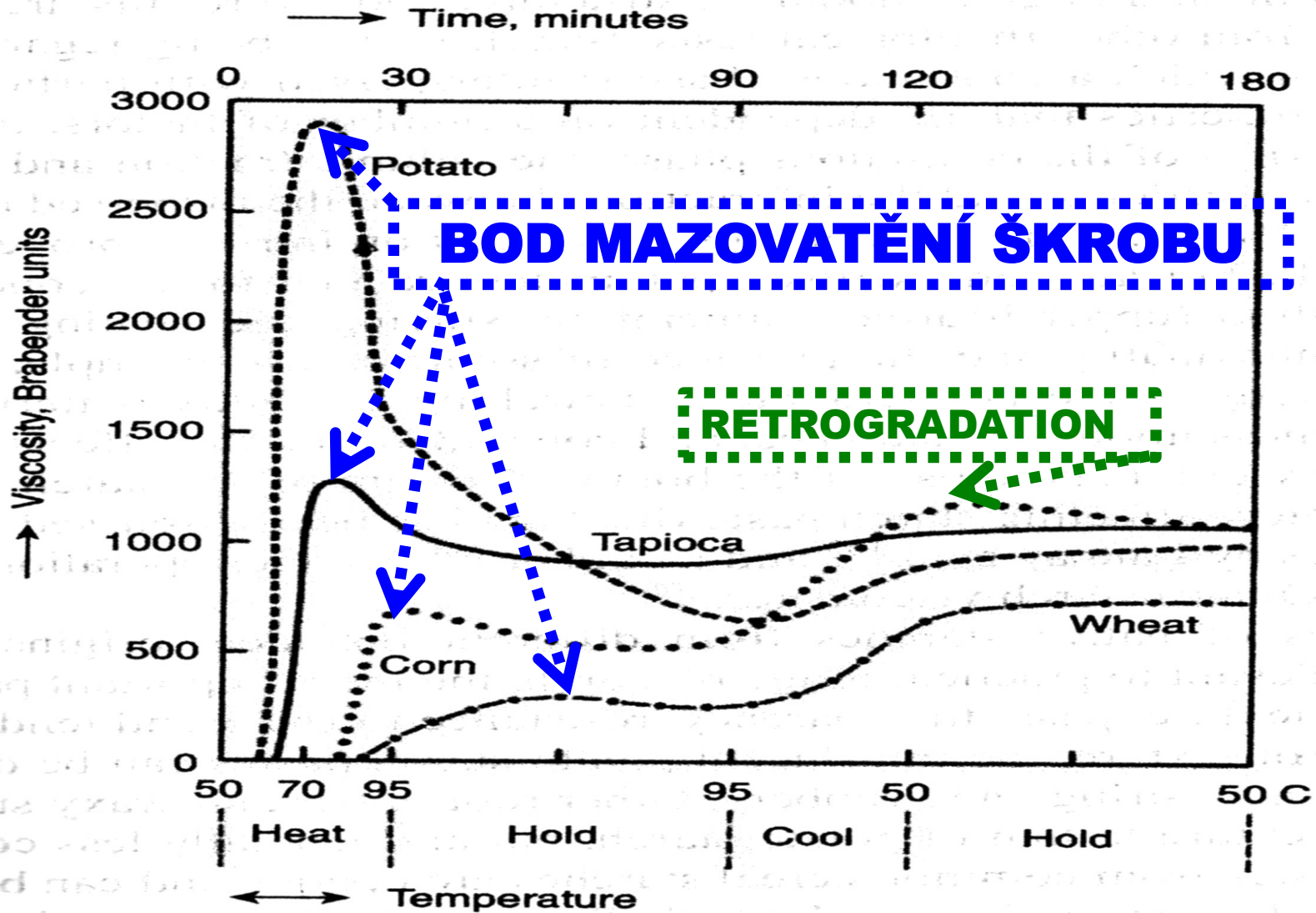


# Křivka MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 6

## BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU



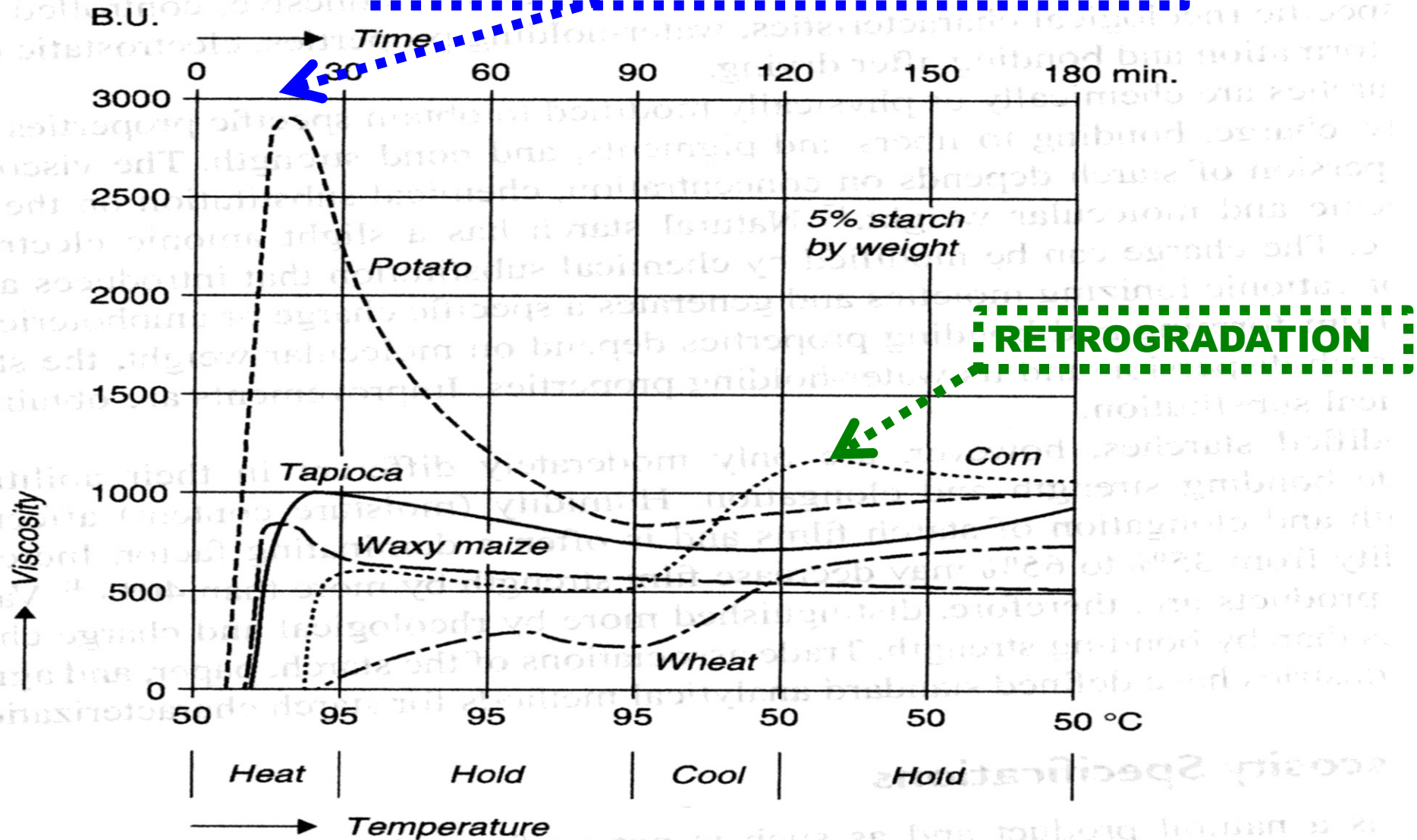
# Křivka MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 7



Typical Brabender viscosity curves of 8% granular suspensions of common starches.<sup>1</sup>

# Křivka MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 8

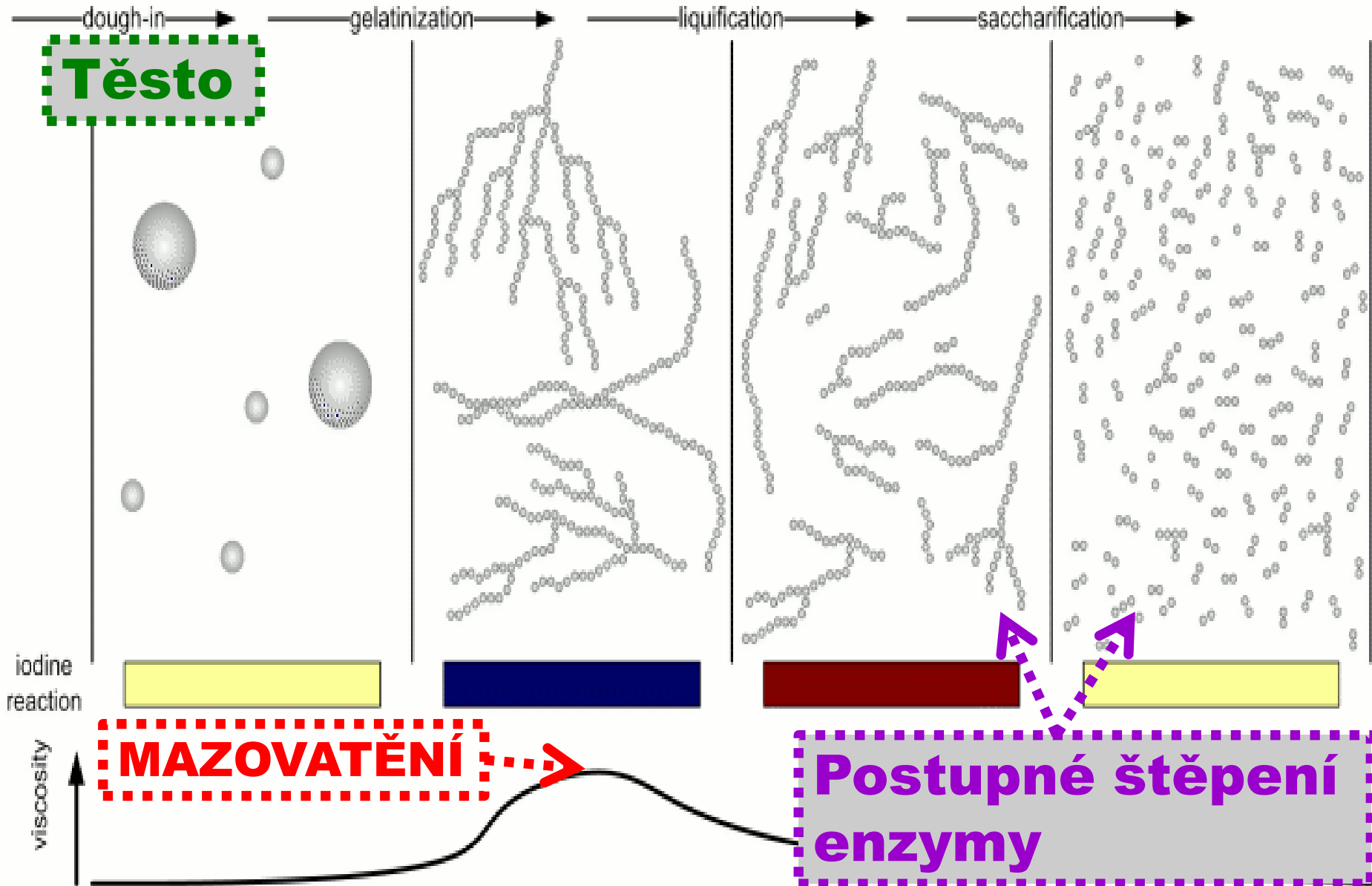
## BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU



RETROGRADATION

Brabender ViscoAmylograph traces for commercial starches (5% starch by weight in water).

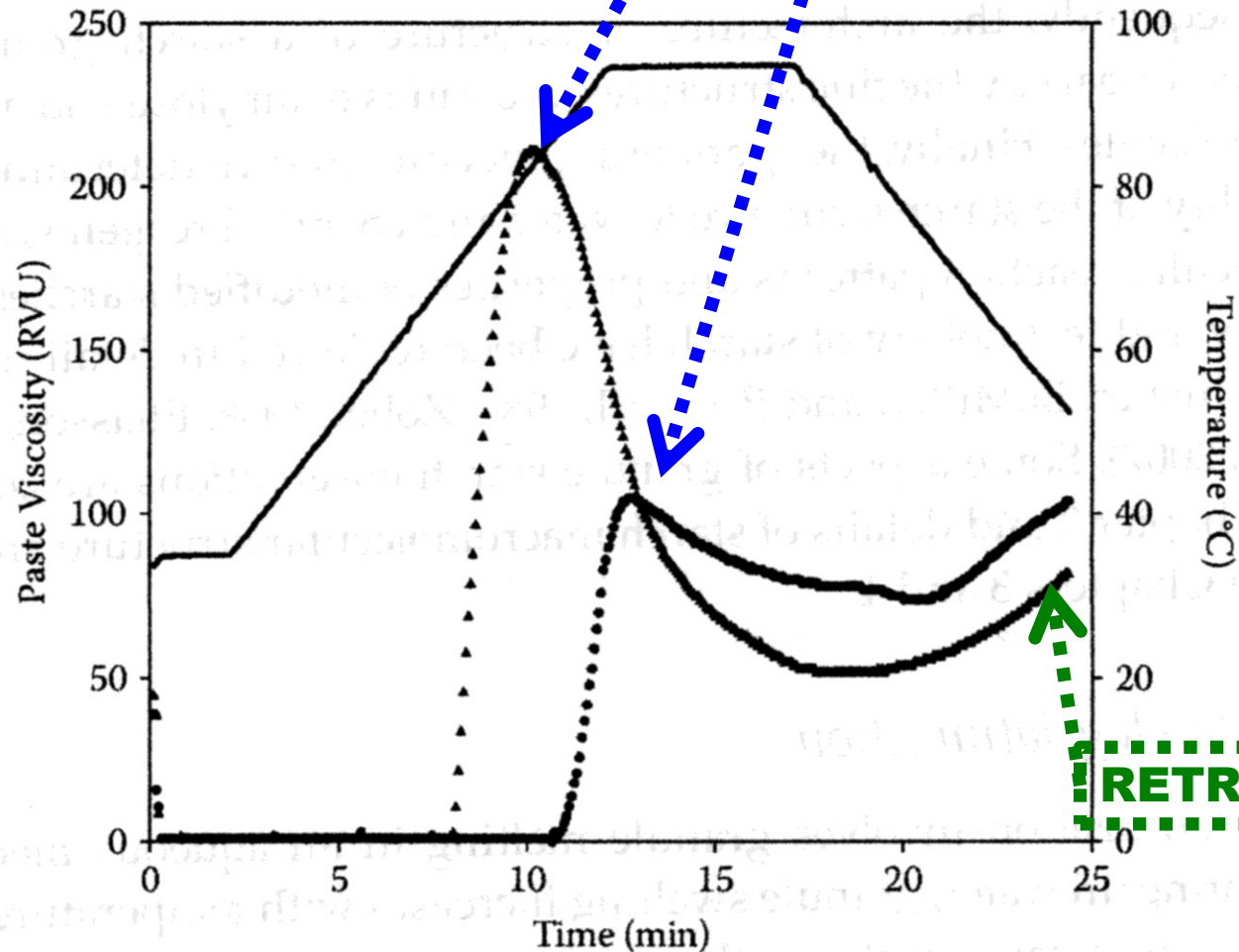
# MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 9





# Křivka MAZOVATĚNÍ škrobu ve vodě 11

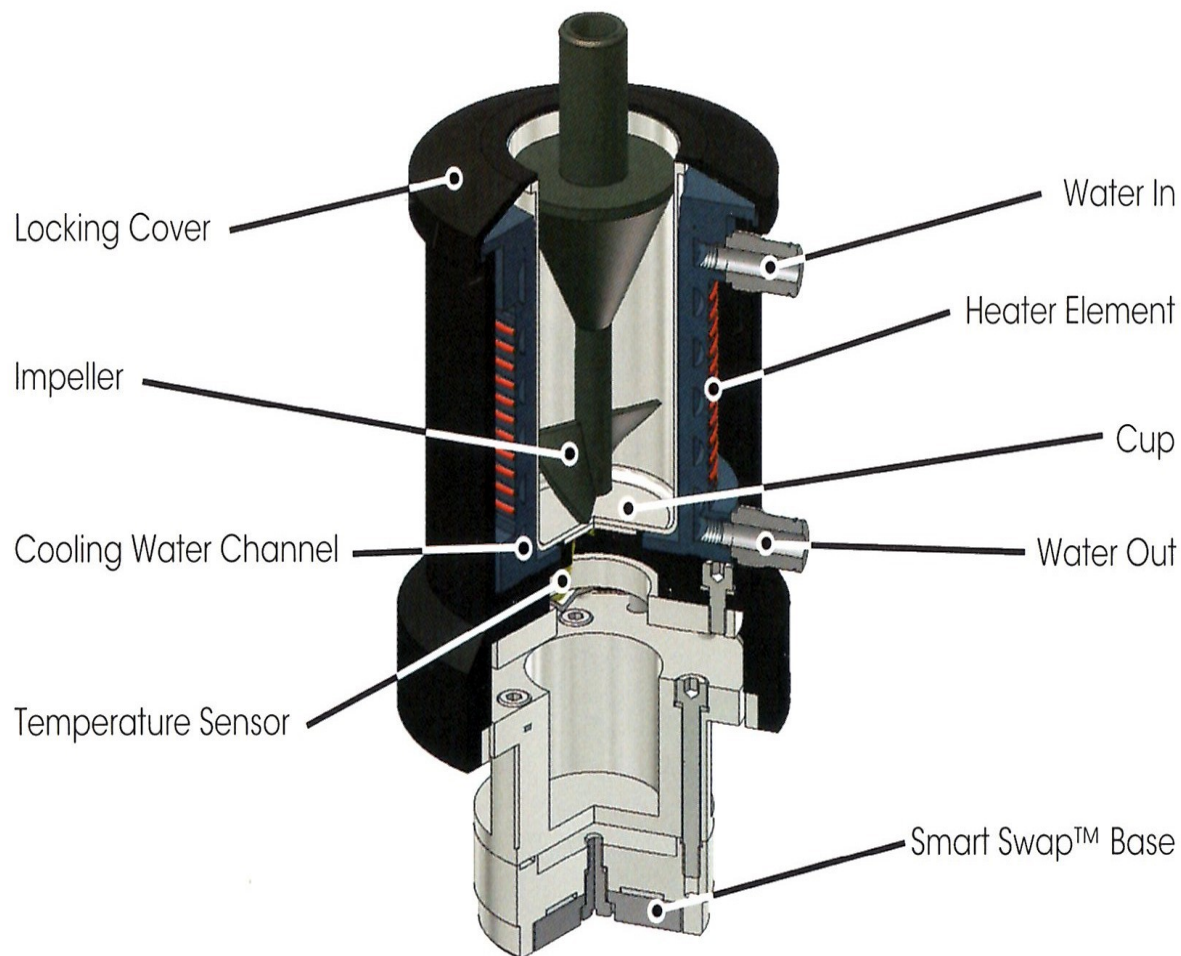
**BOD MAZOVATĚNÍ ŠKROBU**



**RETROGRADATION**

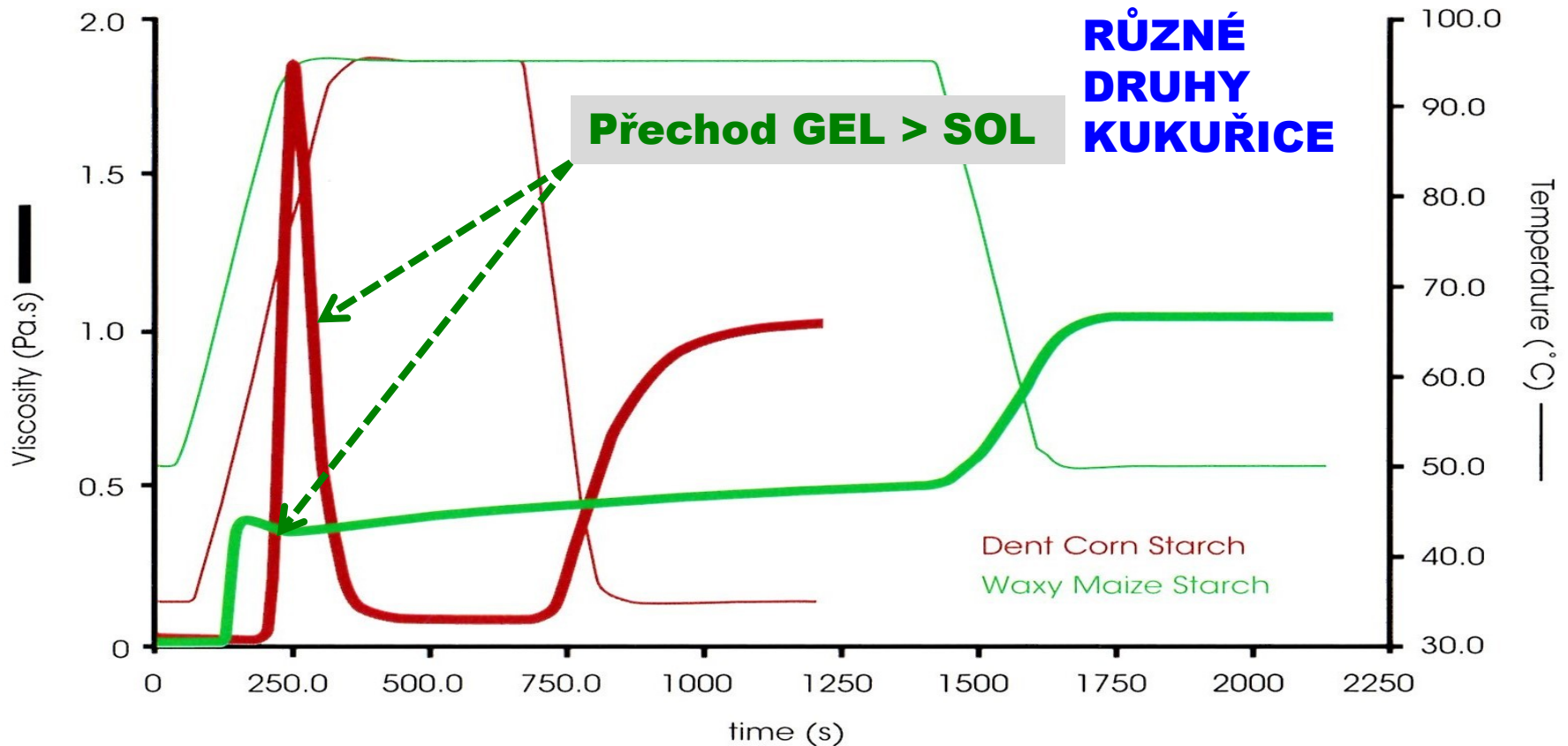
Figure 1.2 Pasting profiles of cassava (▲) and corn (●) starches, under temperature (—) changes.

# Jiný typ viskozimetru na měření bodu mazovatění škrobu 1



# Jiný typ viskozimetru na měření bodu mazovatění škrobu 2

Two Scans each of Dent Corn and Waxy Maize Starch

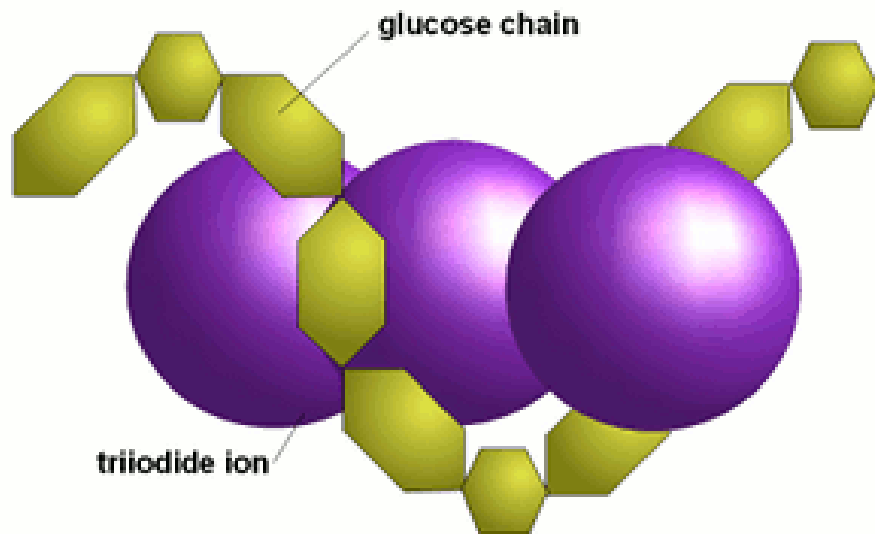


## VISKOZITA UDÁNA V JEDNOTKÁCH SI!

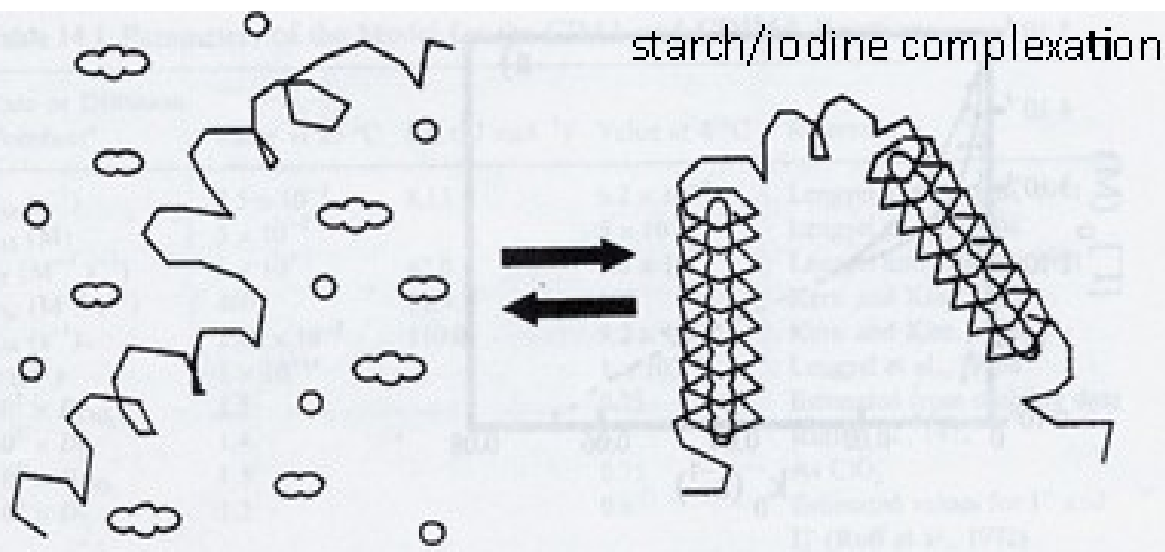
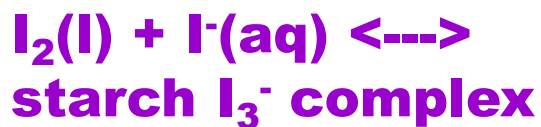
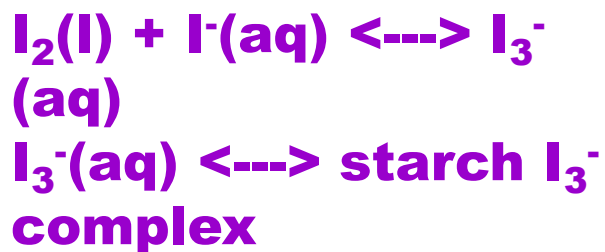
# Princip barevné reakce roztoku škrobu s jódem

- **AMYLÓZA**
- **Helixová struktura částečně zachovaná v klubcích makromolekuly**
- **Interakce  $I_3^{-1}$  a/nebo  $I_5^{-1}$  s touto strukturou**
- **„Charge transfer complex“**
- **Změna barvy jódu na tmavě modrou**
- **Využití při jodometrických titracích**

# Barevná reakce škrobu 1

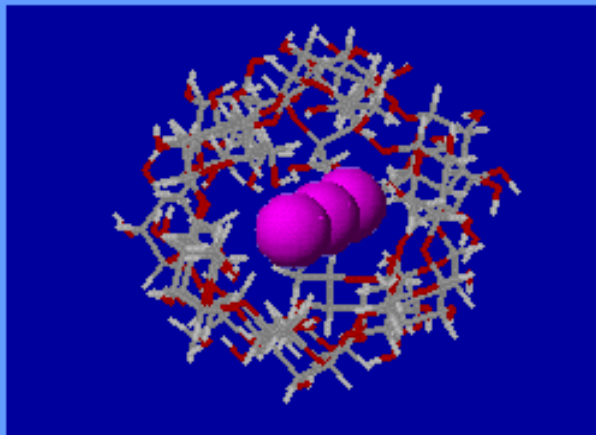
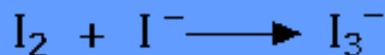


Nad 70 °C zbarvení mizí > škrobový maz je nutno ochladit (nejlépe na pokojovou teplotu), aby se reakce barevně projevila



# Barevná reakce škrobu 2

Starch - Iodine Complex



Iodine slides into starch coil  
to give a blue-black color

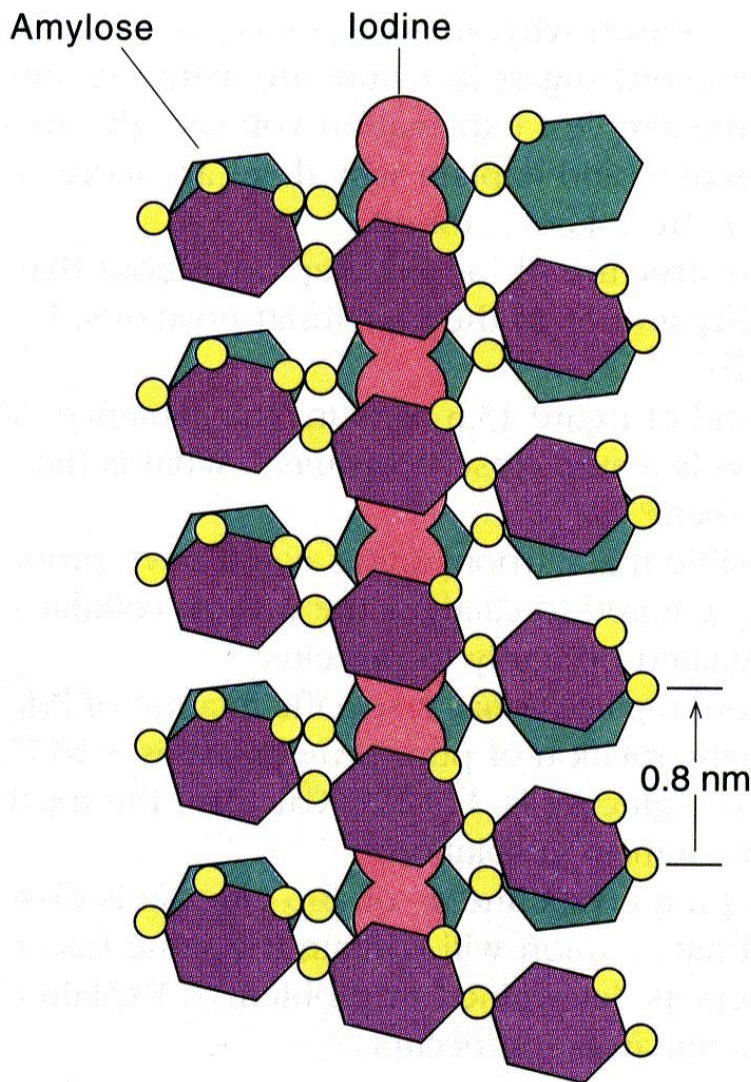
C. Ophardt, c. 2003

Amylose in starch is responsible for the formation of a DEEP BLUE COLOR in the presence of iodine. The iodine molecule slips inside of the amylose coil. Iodine - **KI Reagent:** iodine is not very soluble in water, therefore the iodine reagent is made by dissolving iodine in water in the presence of **potassium iodide**. This makes a linear triiodide ion complex with is soluble that slips into the coil of the starch causing an intense blue-black color.

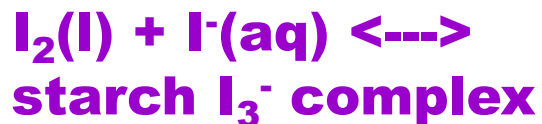
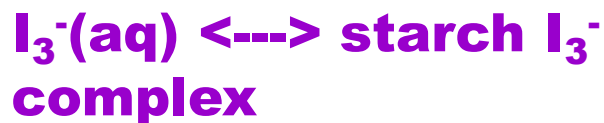
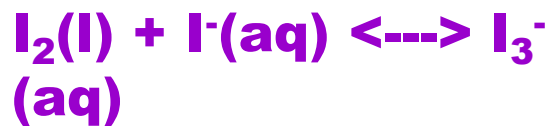
PŘÍRODNÍ POLYMERY polysacharidy škrob  
PŘF MU 6 2018

31. 10.  
2018

# Barevná reakce škrobu 3



Nad 70 °C zbarvení mizí > škrobový maz je nutno ochladit (nejlépe na pokojovou teplotu), aby se reakce barevně projevila



# Barevná reakce škrobu v analytické chemii

- Důkaz škrobu v potravinách a rostlinném materiálu
- ***Důkaz jodu***

## Jodometrická titrace

1. The **triiodide** ion solution is then titrated against standard **thiosulfate** solution to give iodide again using **starch** indicator:
2.  $\underline{\text{I}_3^- + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 3 \text{I}^-}$  ( $E^\circ = + 0.5355 \text{ V}$ ) Together with reduction potential of thiosulfate:<sup>[1]</sup>
3.  $\underline{\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-}}$  ( $E^\circ = + 0.08 \text{ V}$ )

## The overall reaction is thus:

- $\underline{\text{I}_3^- + 2 \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 3 \text{I}^-}$  ( $E^\circ = + 0.4555 \text{ V}$ ) For simplicity, the equations will usually be written in terms of aqueous molecular iodine rather than the triiodide ion, as the iodide ion did not participate in the reaction in terms of mole ratio analysis.

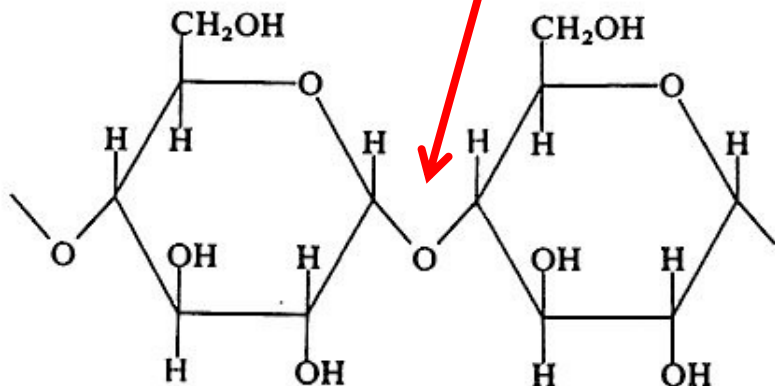


## Proč modifikujeme škrob

- **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)**

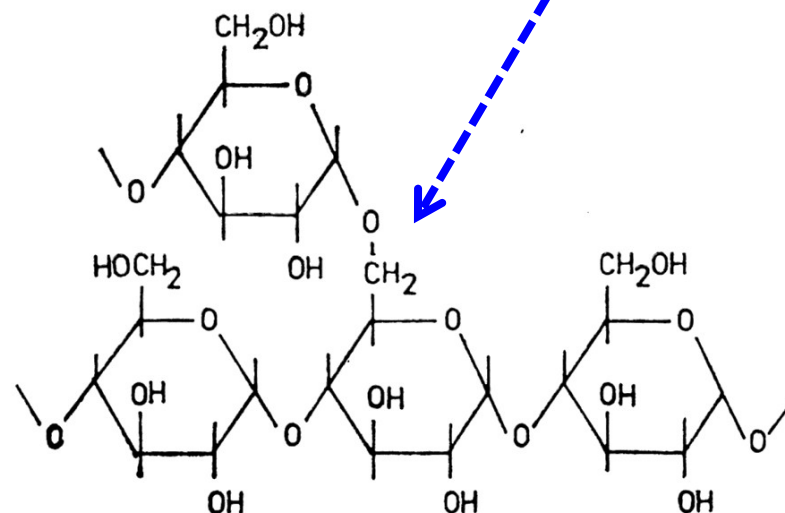
# AMYLÓZA & AMYLOPEKTIN

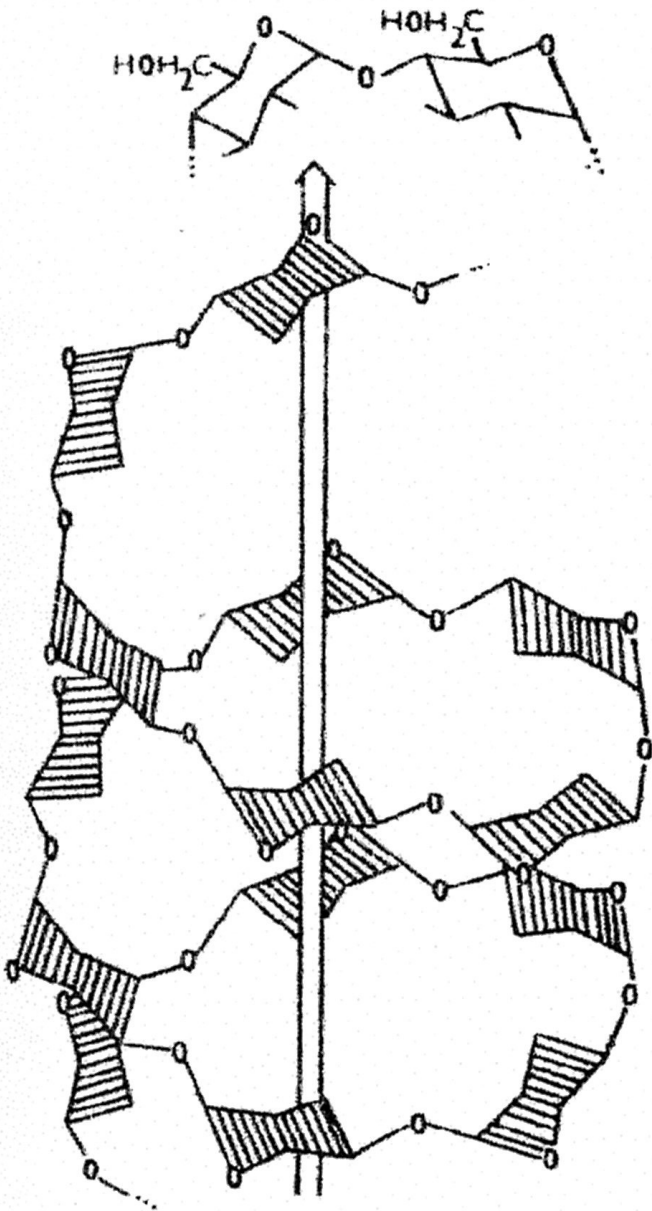
HLAVNÍ ŘETĚZEC



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

VĚTVENÍ



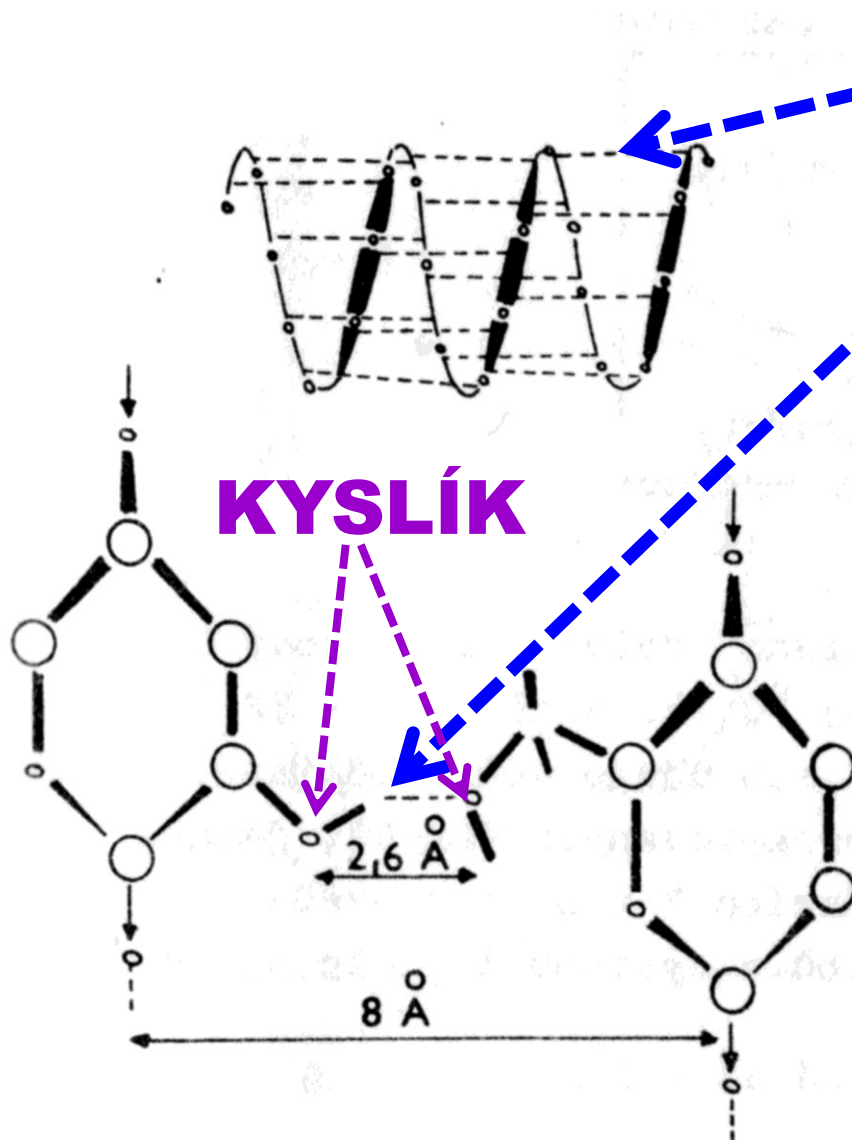


# AMYLOSA

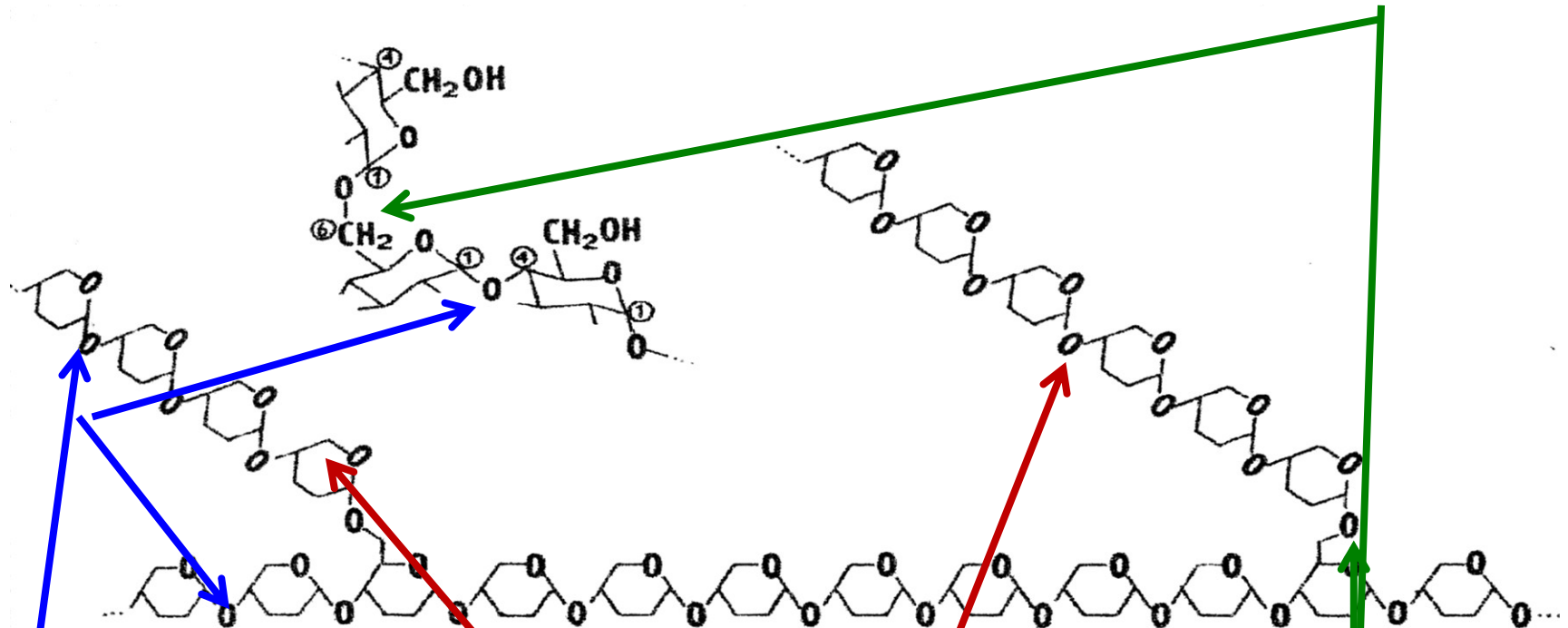
- Vytváří ŠROUBOVICI neboli HELIX
- Šest jednotek GLUKOSY na jednu otočku (závit)
- Vazba 1 → 4 přes -OH
- 300 – 1000 jednotek v makromolekule

# AMYLOSA

## INTRAMOLEKULÁRNÍ VODÍKOVÉ MŮSTKY



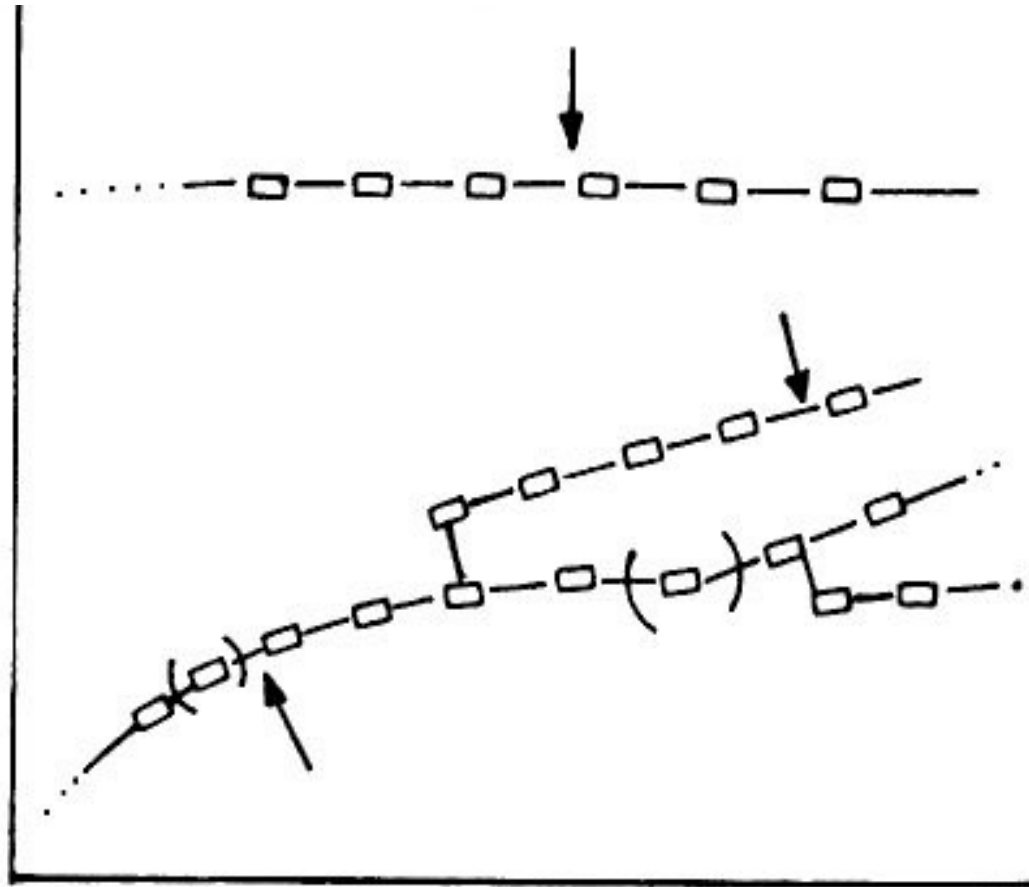
Tyto MŮSTKY jdou přes – OH skupiny, ne přes molekuly vody. **Voda** dělá můstky MŮSTKY hlavně mezi makromolekulami amylózy, ale nejen tam (zapojí se i **AMYLOPEKTIN**).



## AMYLOPEKTIN

- **NEVYTVÁŘÍ ŠROUBOVICI neboli HELIX**
- **Vazba 1 → 6 přes -OH a přes -CH<sub>2</sub>OH v místě rozvětvení**
- **Vazba 1 → 4 přes -OH v hlavním i bočních řetězcích**
- **15 – 25 jednotek ve větvích**

# Postupy ENZYMATICKÉ modifikace škrobu



**PRUDKÝ  
POKLES  
VISKOZITY  
ROZTOKU  
(MAZU)**

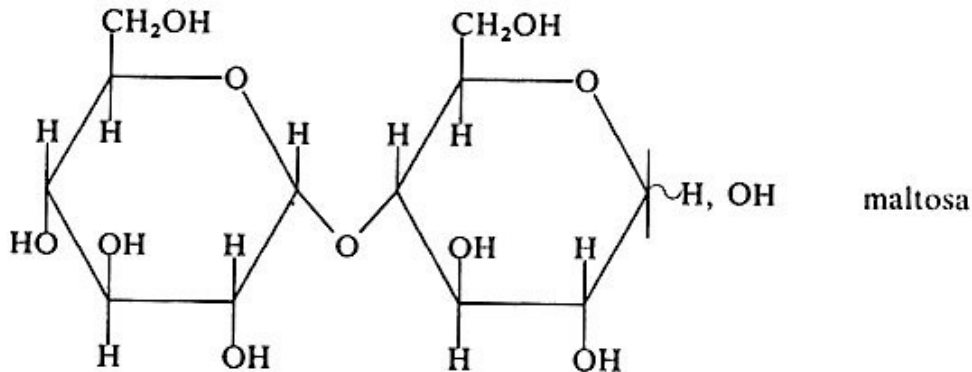
Obr. 13. Štěpení škrobu

amylázou

**ENZYM**

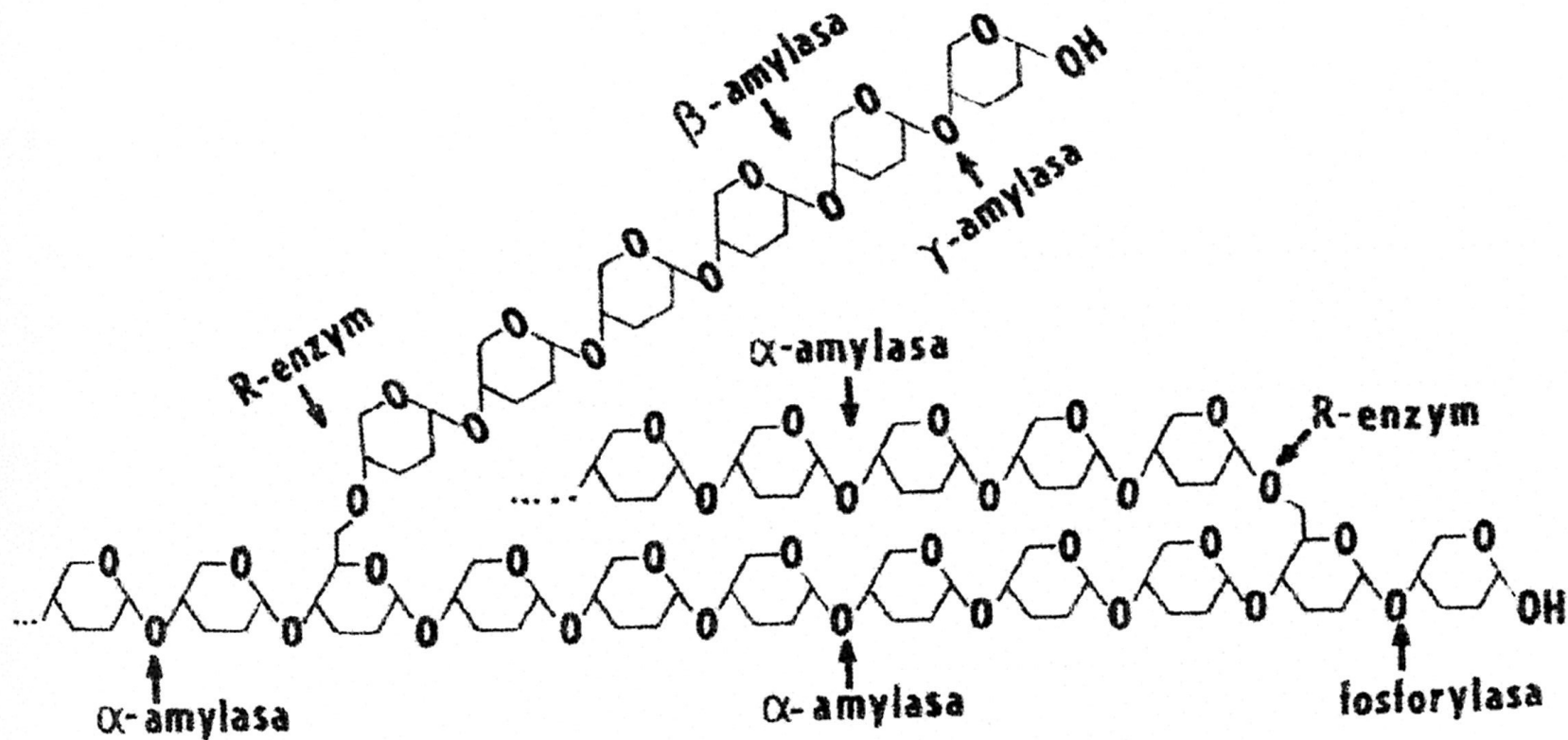
# Postupy ENZYMATICKÉ modifikace škrobu

## Štěpení na **MALTÓZU** enzymy $\alpha$ a $\beta$ **AMYLÓZAMI**



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

- Podle stupně  
konverze  
dělíme  
produkty na:
1. **Kapalné  
sirupy**
  2. **Sušené  
nebo  
zahuštěné  
sirupy**
  3. **Glukózu**



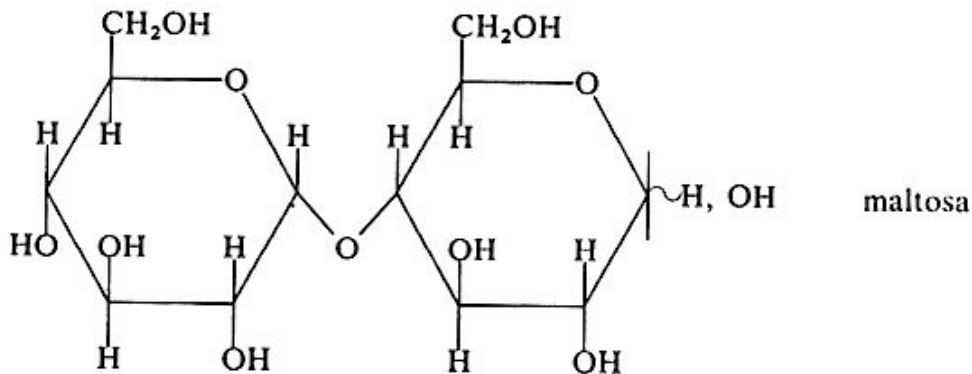
Obr. 5.3

Schema štěpení amylosy a amylopektinu jednotlivými enzymy



# Postupy **HYDROLYTICKÉ** modifikace škrobu

Katalýza pomocí HCl nebo H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> s  
neutralizací na konci procesu

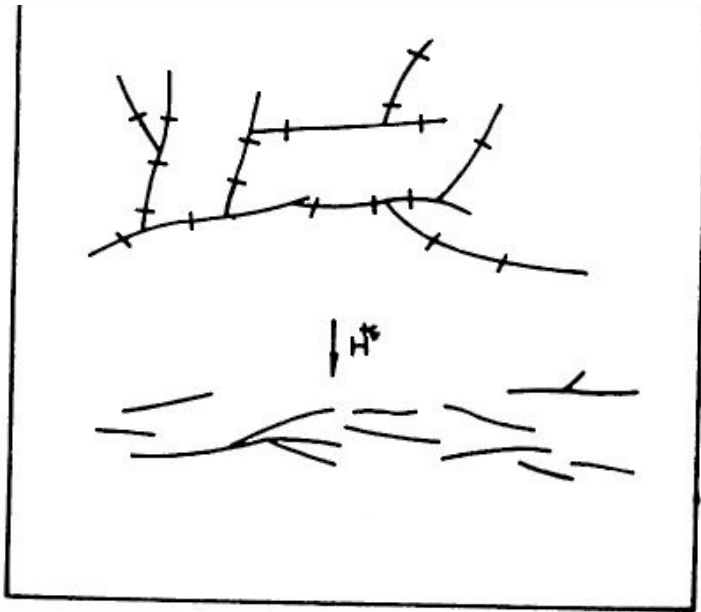


Lze kombinovat s  
enzymatickým procesem a  
dostat se na **GLUKÓZU**

Podle stupně  
konverze  
dělíme  
produkty na:

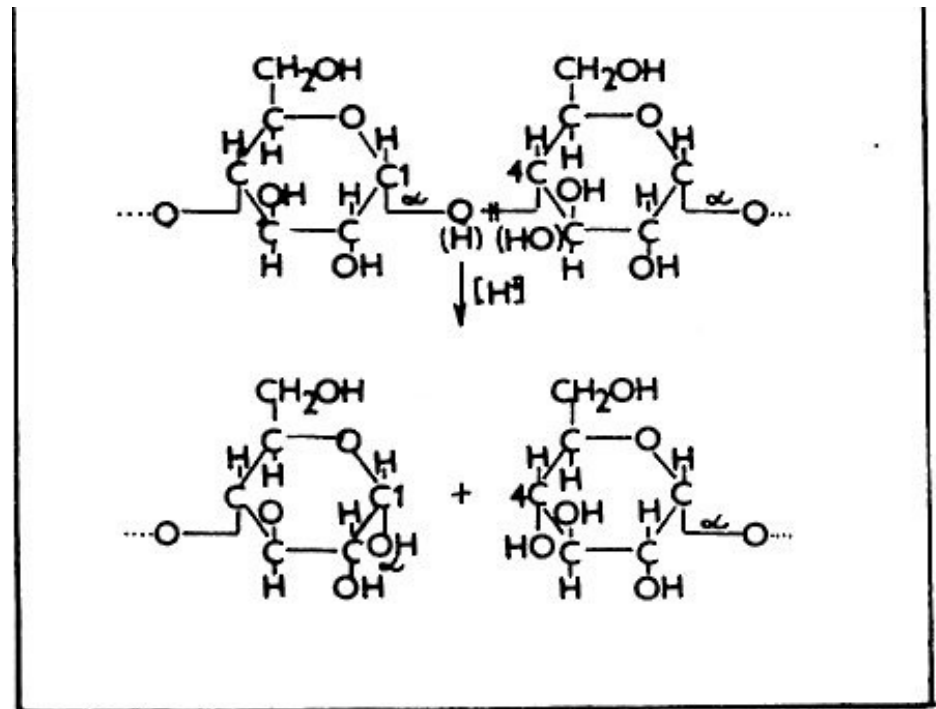
1. **Kapalné  
sirupy**
2. **Sušené  
nebo  
zahuštěné  
sirupy**
3. **Glukózu**

# Postupy **HYDROLYTICKÉ** modifikace škrobu



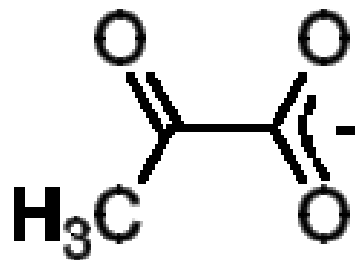
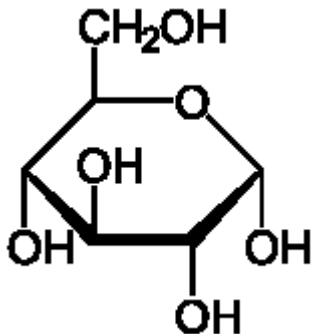
Obr. 12. Štěpení amylopektinu chemickou katalýzou

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

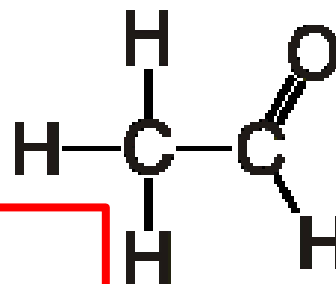


Obr. 11. Štěpení škrobu protonovou katalýzou

# ENZYMATICKÉ VYUŽITÍ GLUKÓZY



Pyruvát konjugovaná báze od kyseliny pyrohroznové



**Vodka (RUSKY)**

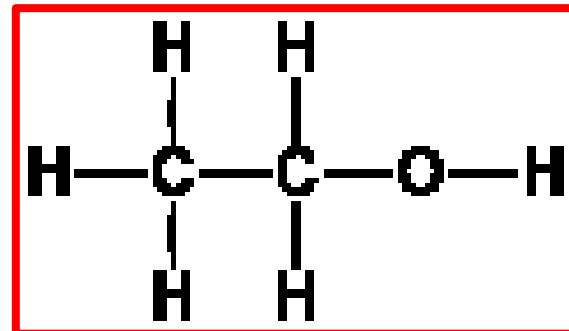
**Gorilka (UKRAJINSKY)**

**Schnaps (NĚMECKY)**

**Prostějovská starorežná (ŽITNÁ)**

**Whisky (ANGLICKY)**

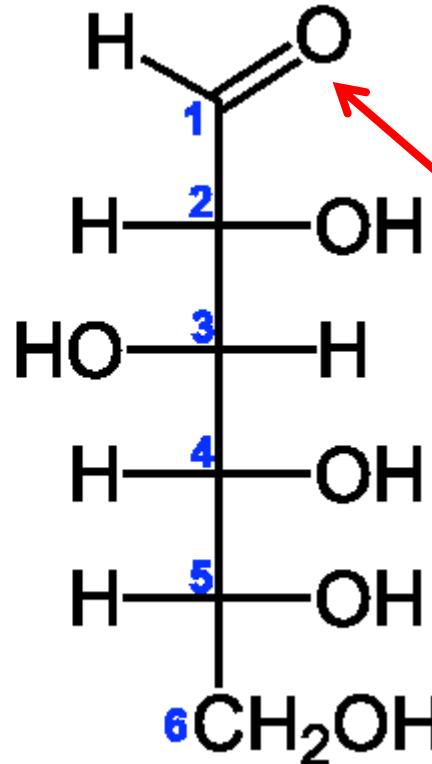
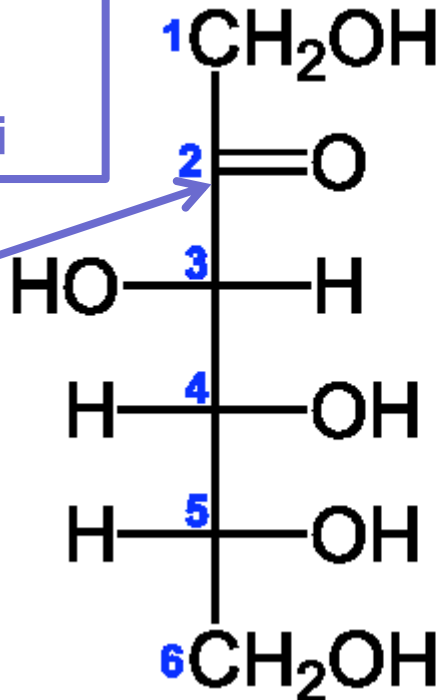
**Bramborový líh > TUZEMSKÝ RUM**



# 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**

# OBEČNÉ ROZDĚLENÍ REAKCÍ POLYMERŮ

- **POLYMERANALOGICKÉ**
  - Nedochází ZÁMĚRNĚ ke štěpení hlavního řetězce
- **DESTRUKČNÍ**
  - Dochází ZÁMĚRNĚ ke štěpení hlavního řetězce

**U POLYSACHARIDŮ jsou obvyklé oba typy reakcí**

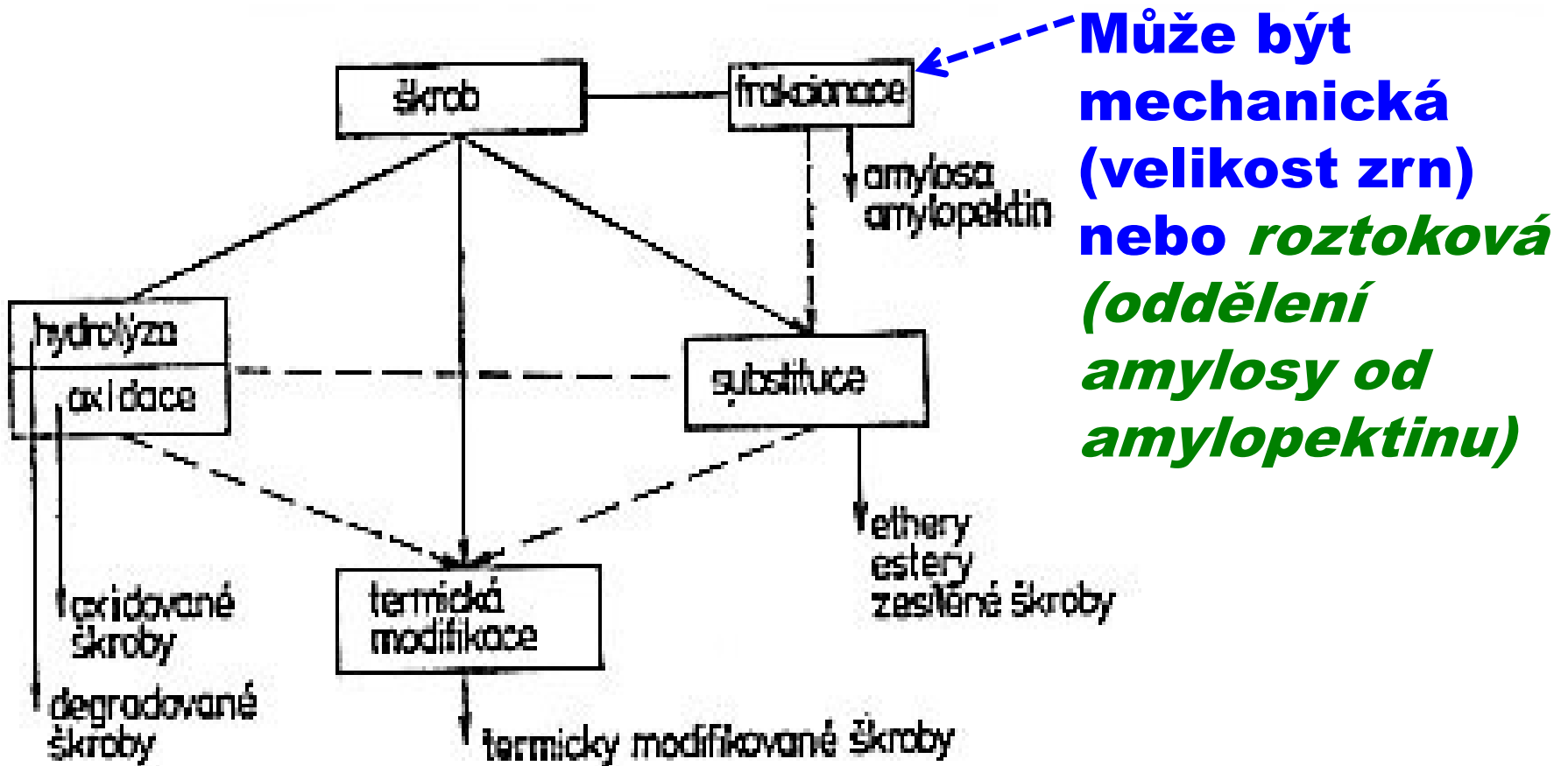
# **PŘEHLED** modifikace škrobu

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

# POUŽITÍ ŠROBU

Vlastnost škrobu	Průmyslové odvětví
Zvyšování viskozity	Potravinářský průmysl
Tvorba gelu	
Vaznost vody	
Adhesivní vlastnosti	Výroba papíru
Tvorba filmů	Textilní průmysl
Schopnost odbourání	Výroba biodegradabilních produktů
Tvorba ochranných koloidů	Výroba polymerních disperzí

# MODIFIKACE ŠKROBU 1



Obr. 25. Členění technologie modifikovaných škrobů podle chemických souvislostí



# MODIFIKACE ŠKROBU 2



Obr. 26. Základní schéma modifikací škrobu

# MODIFIKACE ŠKROBU 3

**PREFEROVÁNO**

## I. *Chemická modifikace ve vodné suspenzi*

- hydrolyzované škroby
- oxidované škroby
- škrobové othery
- škrobové estery
- zesítené škroby

## II. *Chemická modifikace v roztoku škrobu*

- hydrolyzované škroby
- oxidované škroby
- škrobové ethery

## III. *Chemická modifikace škrobu suspendovaného v organickém rozpouštědle*

- škrobové ethery
- škrobové estery

## IV. *Termochemická modifikace na suché cestě*

- odbourané škroby
- oxidované škroby
- škrobové estery
- zesítené škroby

## V. *Termická modifikace v přítomnosti vody*

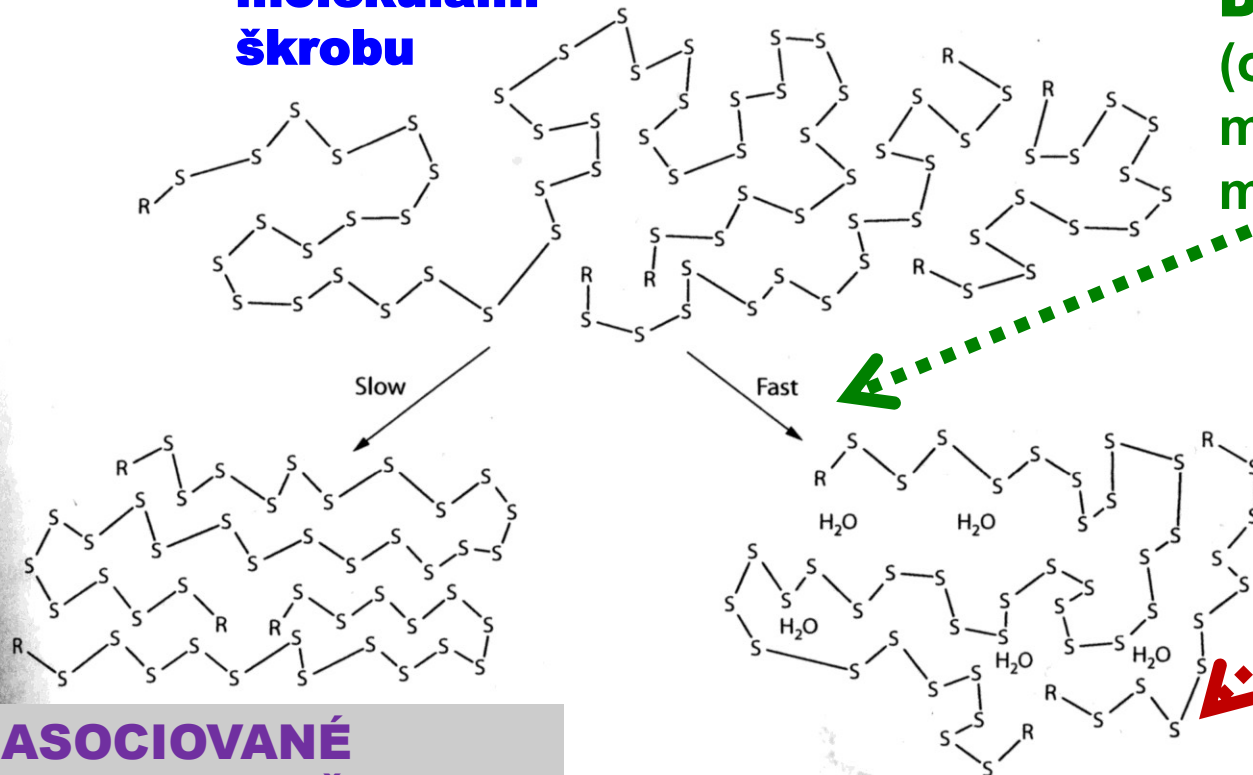
# **Termická modifikace škrobu 1**

- **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 2

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

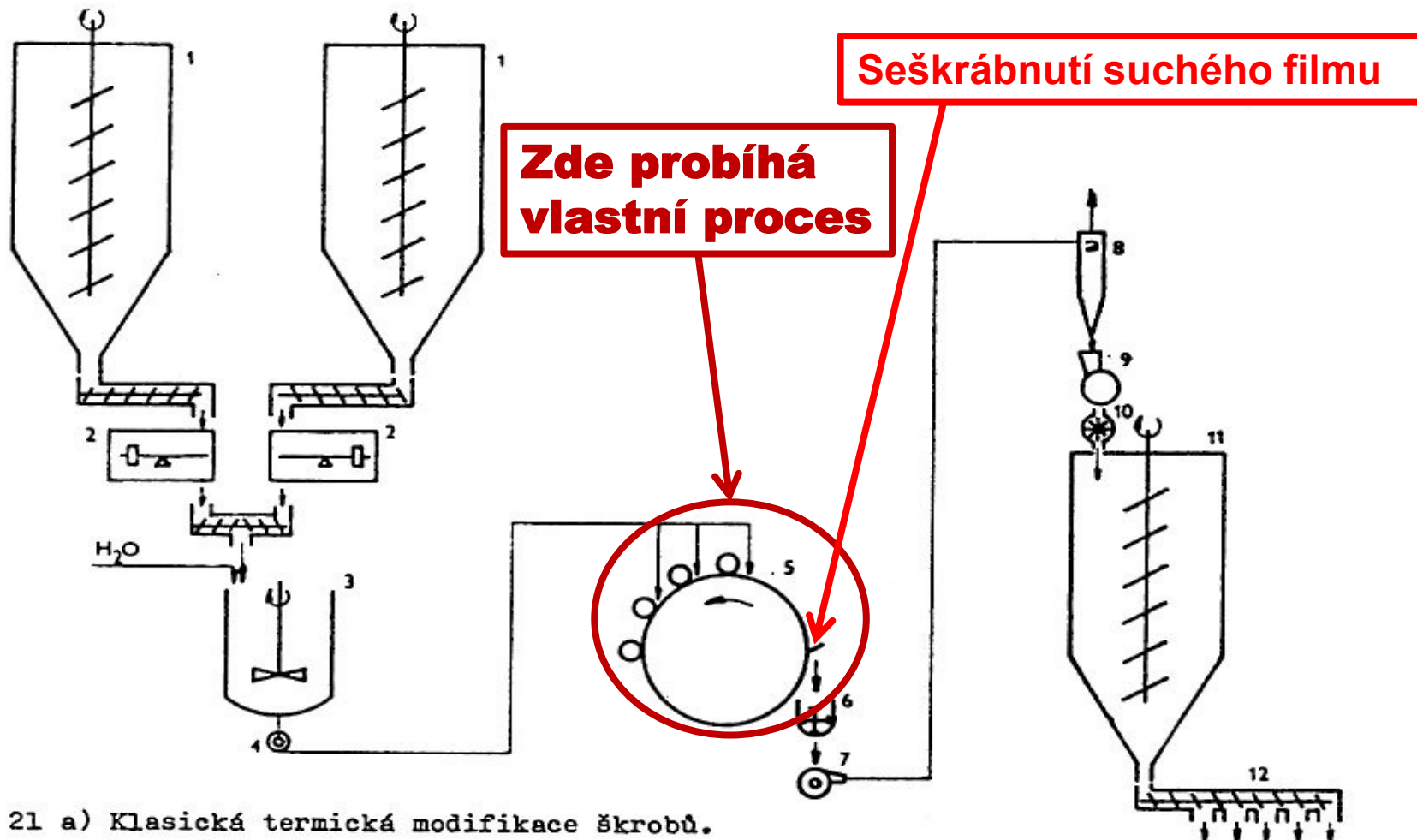


**Suchý škrob  
složený z  
NEASOCIOVANÝCH  
MOLEKUL**

**ASOCIOVANÉ  
MOLEKULY ŠKROBU**

ated aqueous solution as a function of cooling rate.

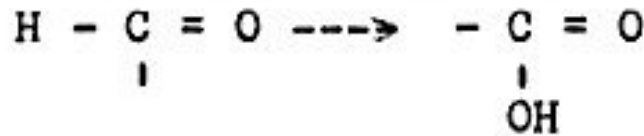
# Termická modifikace škrobu 3



Obr. 21 a) Klasická termická modifikace škrobů.

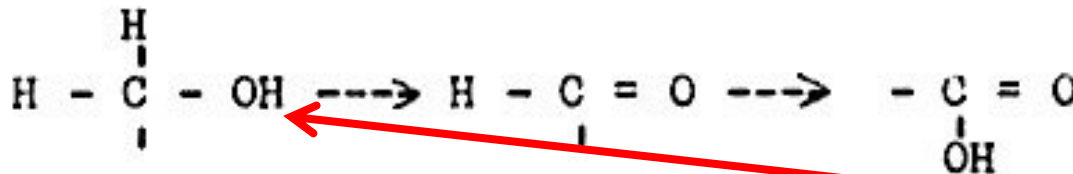
1 - zásobníky na suchý škrob; 2 - průtočná váha; 3 - míchačka; 4 - dávkovací čerpadlo; 5 - sušicí válec; 6 - předrtič; 7 - ventilátor; 8 - cyklón; 9 - úderový mlyn; 10 - turniket; 11 - zásobník na suchý výrobek

# NESELEKTIVNÍ Oxidace škrobu



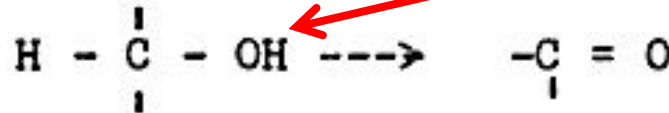
Oxidace aldehydových skupin na karboxylové

Oxidace  
KARBONYLU v  
otevřené formě  
glukózy

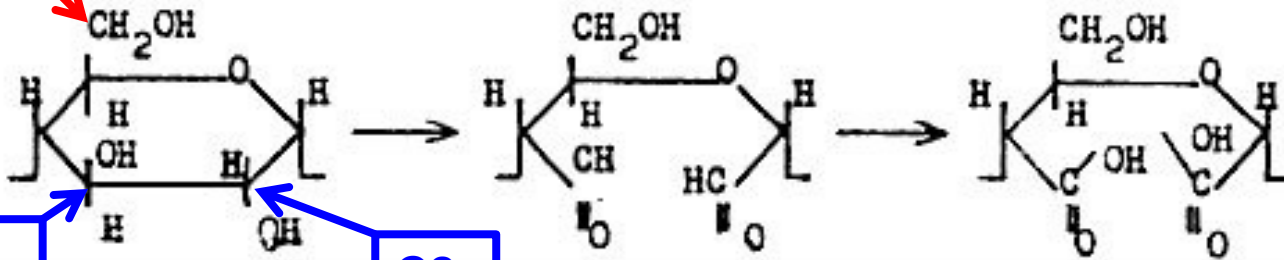


Oxidace primárních alkoholických skupin

Oxidace - OH v  
CYKLICKÉ formě  
glukózy



**C6** Oxidace sekundárních alkoholických skupin

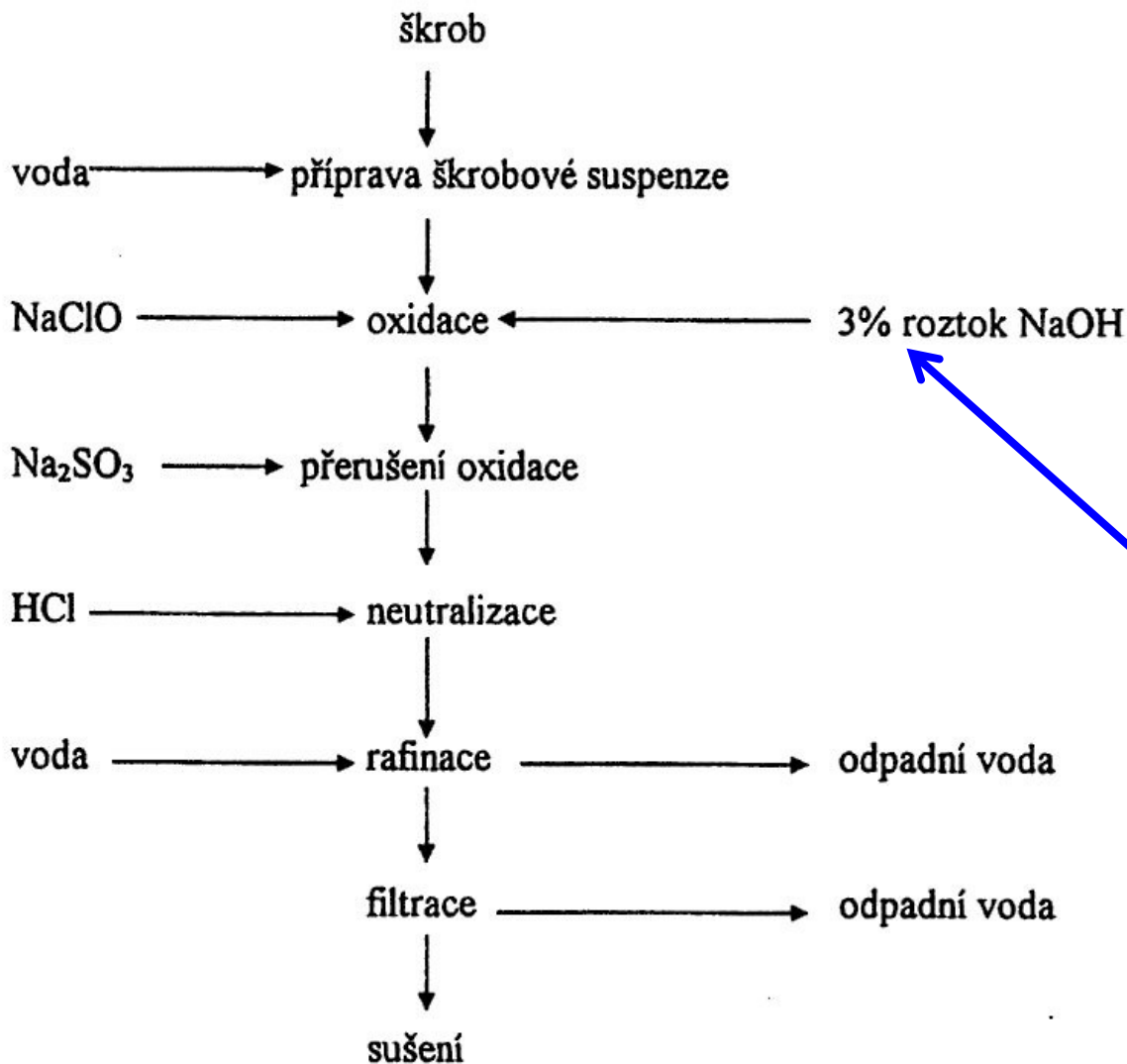


Oxidace v  
CYKLICKÉ formě  
glukózy  
otevřením mezi  
C2 a C3

# 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



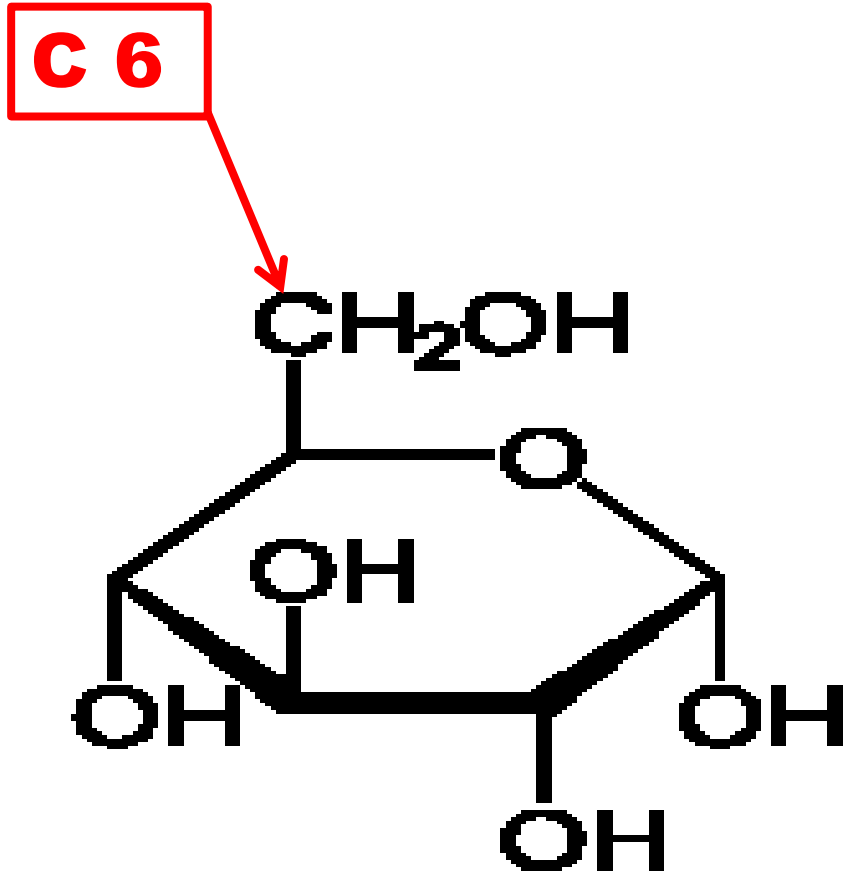
## TYPICKÁ RECEPURA

- 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

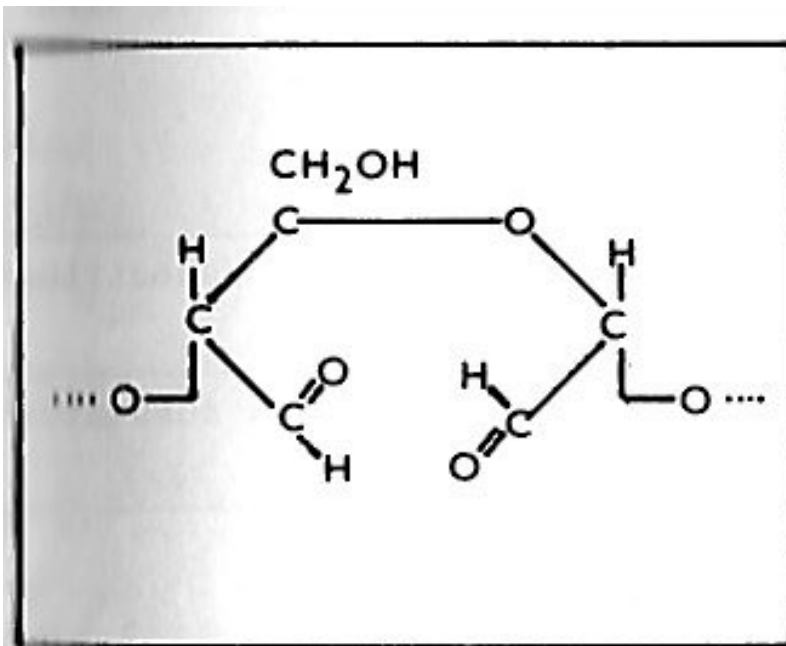


# SELEKTIVNÍ Oxidace škrobu na C 6 z -OH na -COOH pomocí HNO<sub>3</sub>



Při takové oxidaci  
se nemění  
polymerační  
stupeň > přeměna  
polymeranalogická

# SELEKTIVNÍ Oxidace škrobu na dialdehyd škrobu



Obr. 14. Dialdehydový škrob

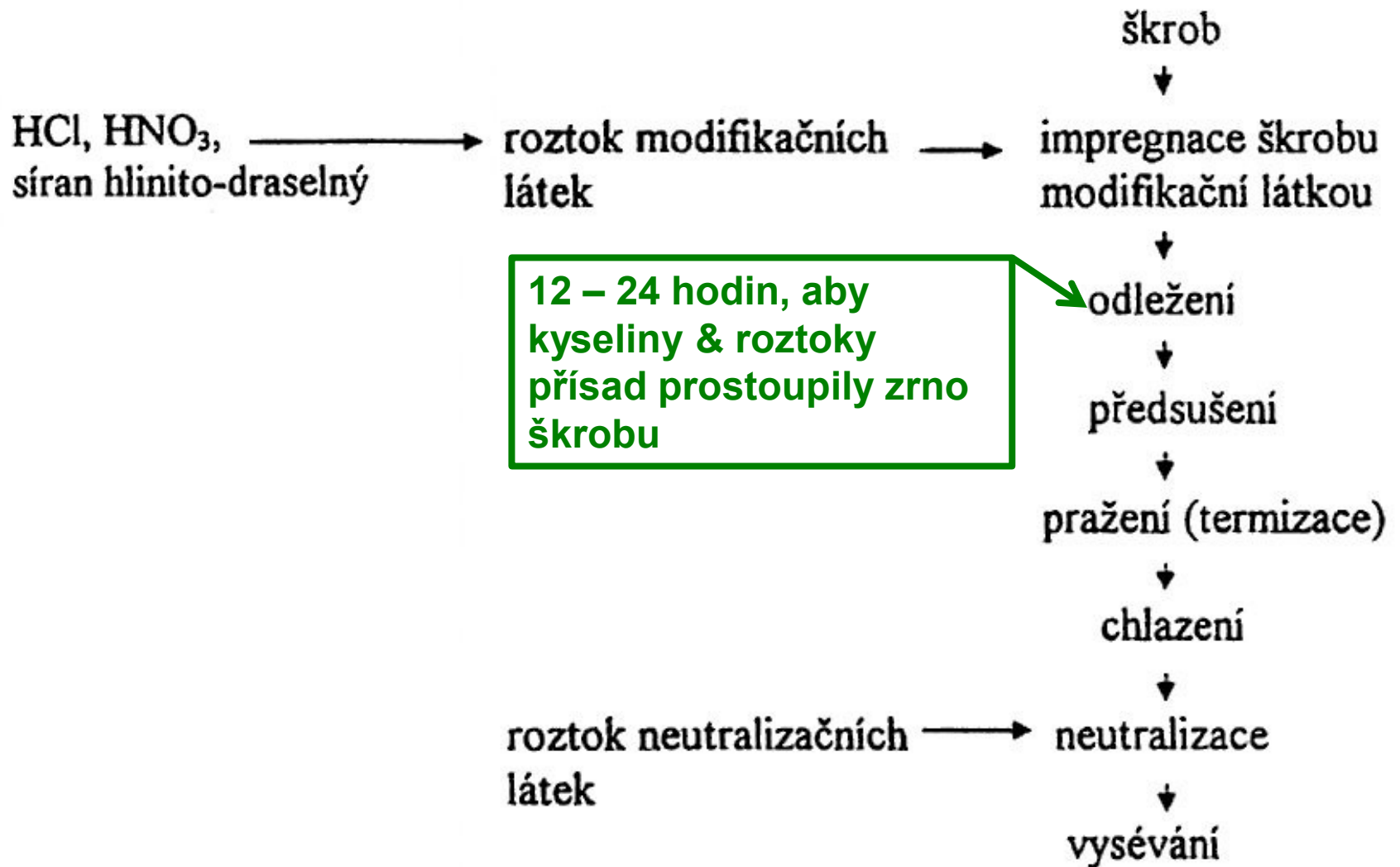
V praxi se oxidace škrobu kyselinou jodistou provádí ve speciálním uspořádání tak, že se vznikající kyselina jodičná regeneruje elektrolytickou reoxidací.

**V IDEÁLNÍM**  
**PŘÍPADĚ JE**  
**MAKROMOLEKULA**  
**ZACHOVÁNA**

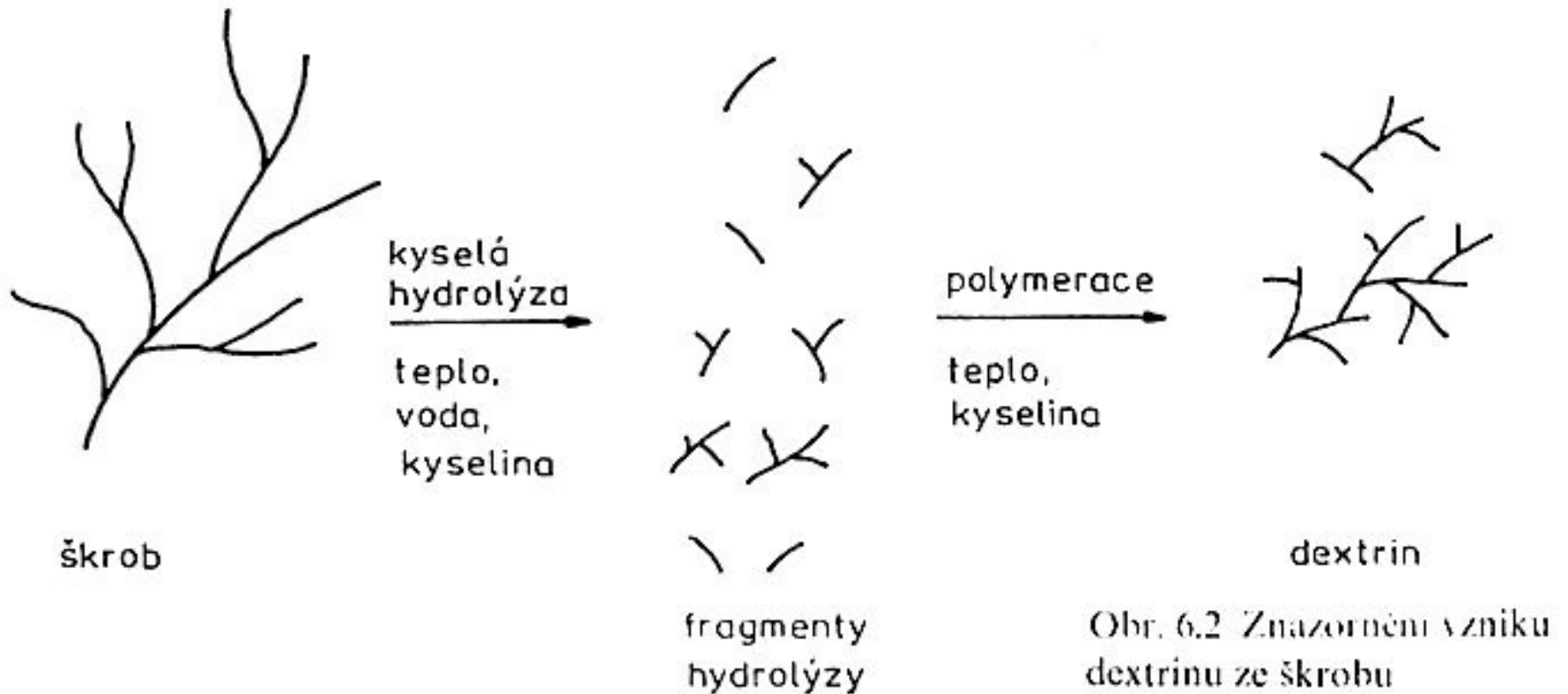
# Oxidace škrobu - SHRNUTÍ

- 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

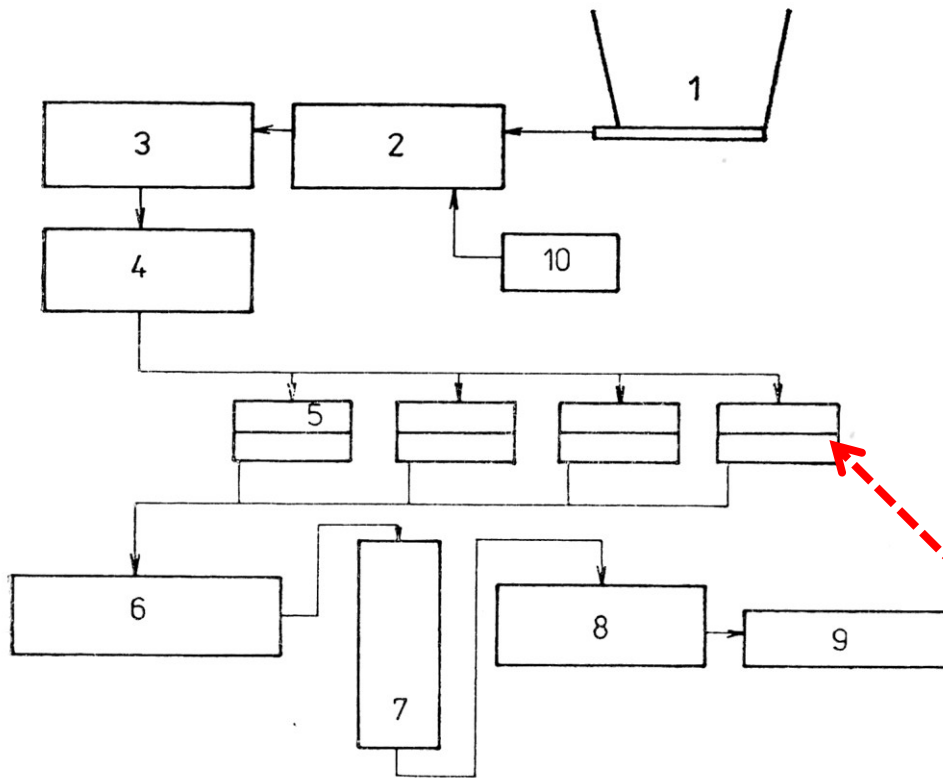


# VÝROBA DEXTRINŮ 2



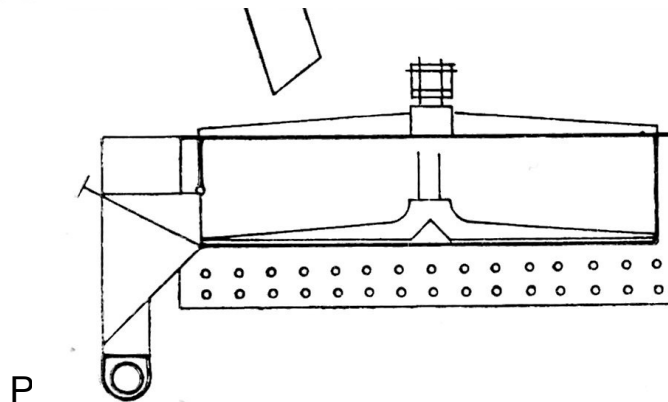
**Je to vlastně HYDROLÝZA ŠKROBU následovaná  
POLYMERACÍ (KOMBINACÍ) FRAGMENTŮ**

# VÝROBA DEXTRINU



Obr. 68. Schéma klasické dextringy

1 — zásobník nativního škrobu, 2 — nakyselování, 3 — odležení nakyseleného škrobu, 4 — předsoušení, 5 — pánve, 6 — chladič dextringy, 7 — vlhčicí věž, 8 — homogenizace a vysévání, 9 — balení dextringy a expedice, 10 — zásobník roztoku kyseliny nebo kamence



Obr. 69. Klasická dextringační pánve vyhřívána plynem

Tabulka 34. Základní charakteristika technických dextransů

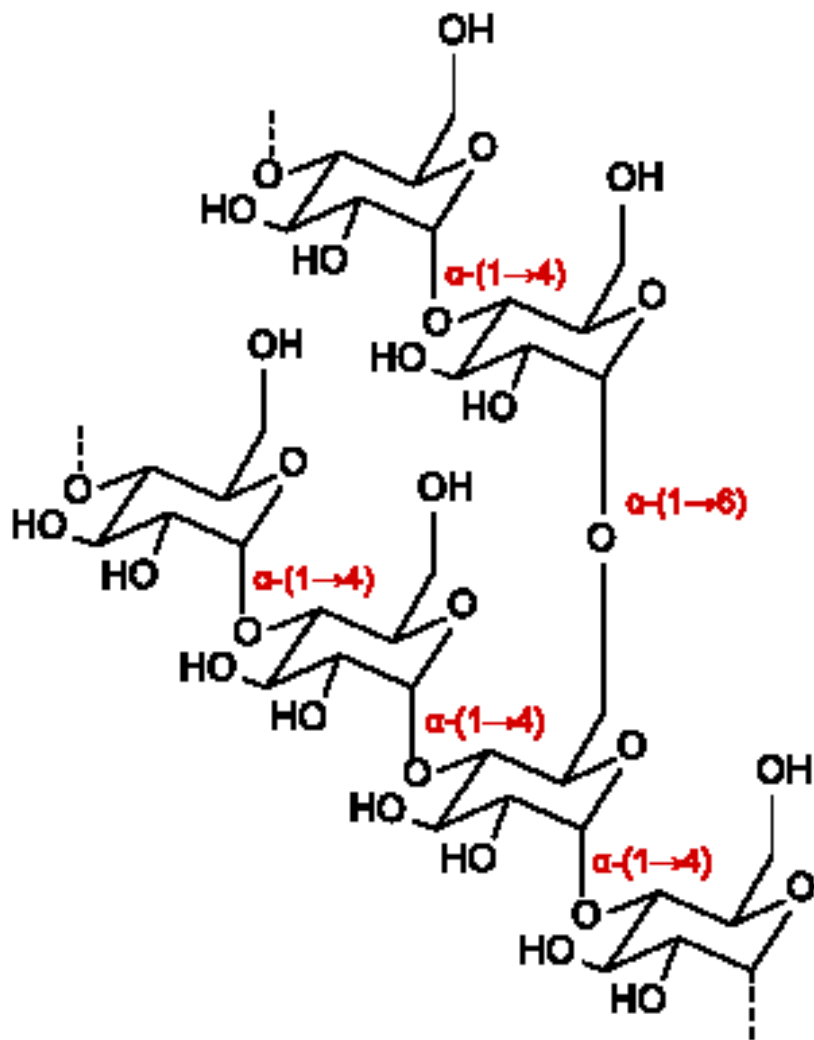
Charakteristika	Škrob	Dextriny			
		bílé	světle žluté	žluté	žlutohnědé
Přibližné podmínky výroby	—	$t = 135\text{ °C}$ 0,05—0,15 % HCl	$t = 150\text{ °C}$ 0,05—0,15 % HCl	$t = 165\text{ °C}$ 0,05—0,15 % HCl	$t = 180\text{ °C}$ 0,05—0,15 % HCl
Relativní molekulová hmotnost, přibližně	amylosa 30—160 amylopektin 100—1 000 (. 10 <sup>3</sup> )	20—30 . 10 <sup>3</sup>	15 000—2 000	8 000—3 000	2 000
Rozpuštěnost ve studené vodě	0	30—70 %	asi 95 %	asi 97 %	98—99 %
DE	0	2—3 %	2—5 %	2—8 %	2—5 %
Barva komplexu s jodem	modrá	modrofialová	červenofialová	červená	nebarví se
Viskozita	— — — — → klesající tendence — — — — →				

Pozn.  $t$  je teplota pražení

**DE – Dextrose Equivalent = GLUKOZOVÝ EKVIVALENT = % hm. redukcujících sacharidů v sušině dextransu**  
**ŠKROB SAMOTNÝ NENÍ REDUKUJÍCÍ SACHARID**

# 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.**

# **Maltodextrin v tuzemsku**

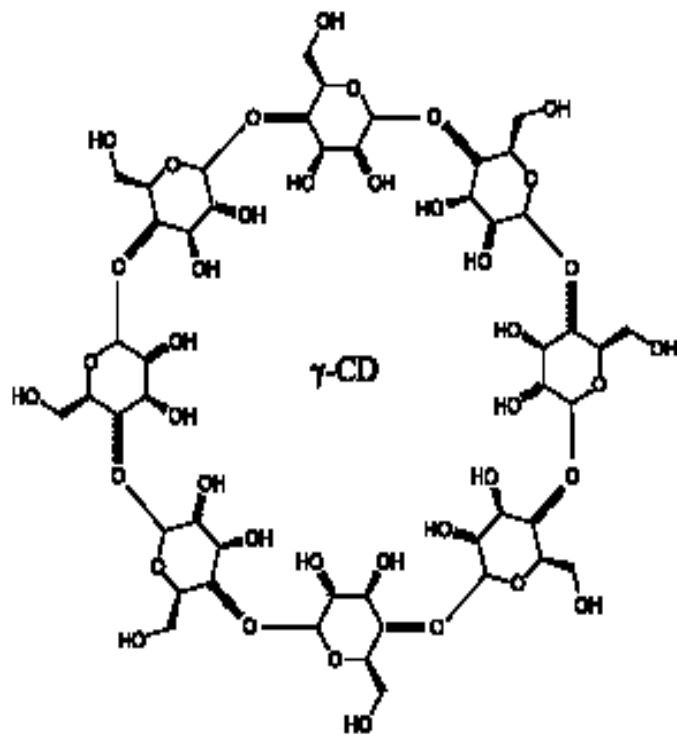
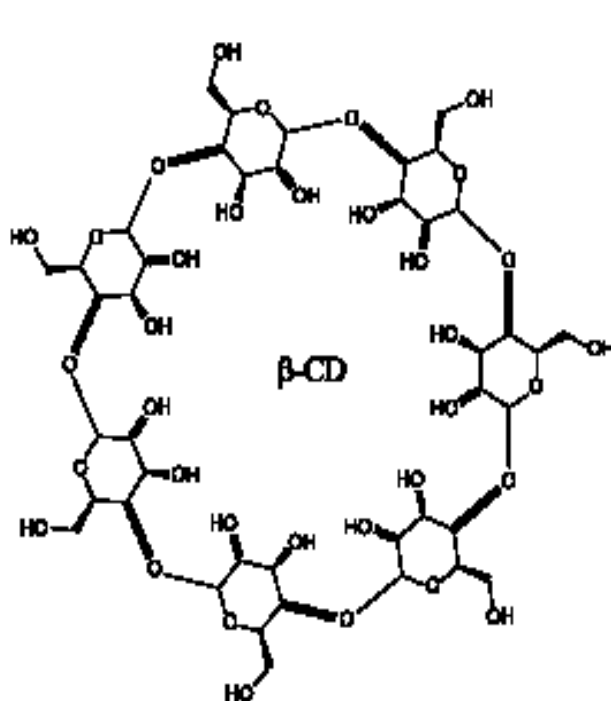
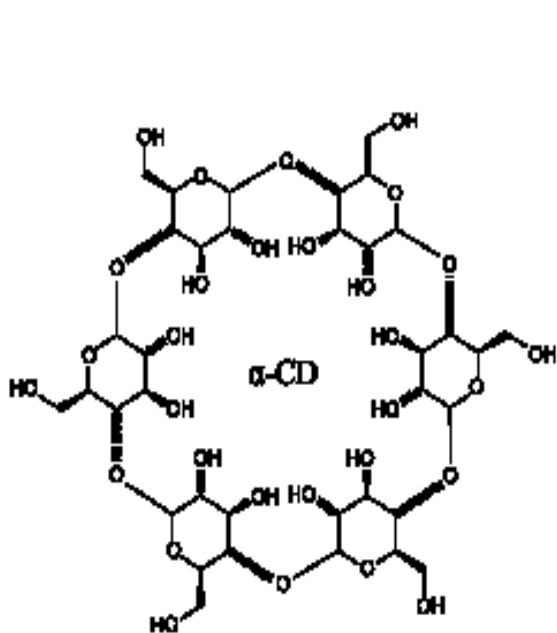
**Jako složku energetických gelů pro sportovce to vyvinul**

**ing. Josef KODET, CSc.**

**Testovali to na hokejstech Kladna**

# CYKLODEXTRINY

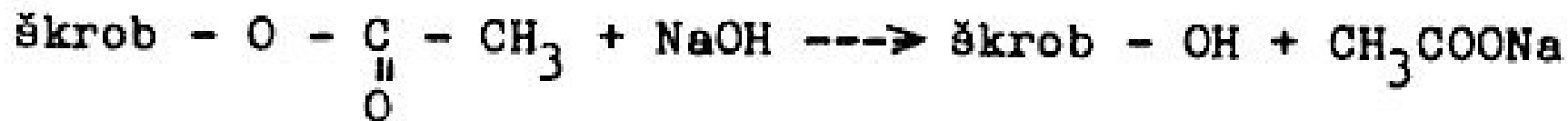
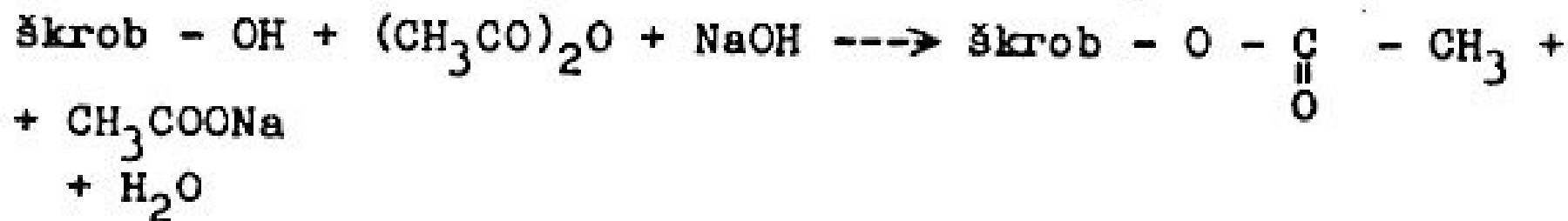
**V molekule CYKLODEXTRINU může být absorbován ethanol (alkohol) a tak vzniká „alkohol v prášku“, který ve vodě uvolní alkohol**



## **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



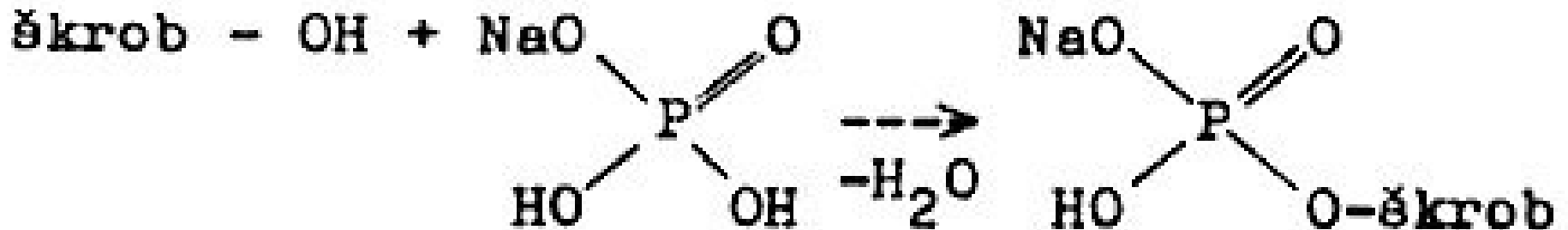
## Vedlejší reakce snižující výtěžek

# Monofosfát škrobu

Škrobový monofosfát

Zde je použit fosforečnan  
**MONOSODNÝ!**

Škrobový monofosfát vzniká reakcí:



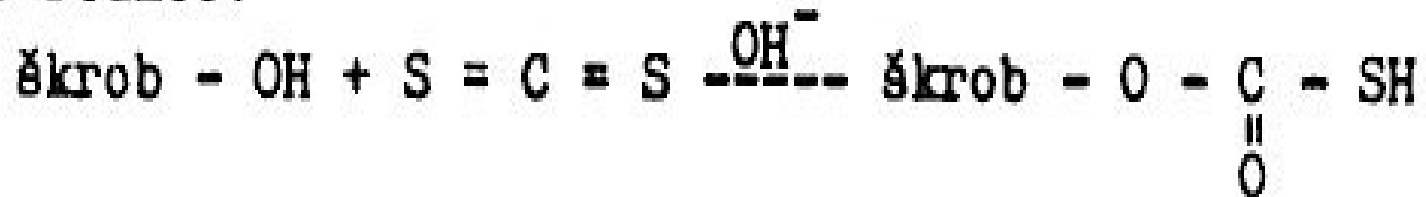
- Výsledkem je **ANIONICKÝ ŠKROB** s **NÍZKÝM STUPNĚM SUBSTITUCE** (0,02 – 0,1 g substitučního činidla na 1000 g suchého škrobu), což stačí na dobrou rozpustnost zastudena
- Souběžně může probíhat **SESÍŤOVÁNÍ ŠKROBU**, kde je ale vysoký **STUPEŇ SUBSTITUCE** (0,1 – 0,2 g substitučního činidla na 1000 g suchého škrobu), někdy až nad 1 (kukuřičné škroby nebotnající ani varem ve vodě)

# Xantát škrobu

## Škrobový xantát

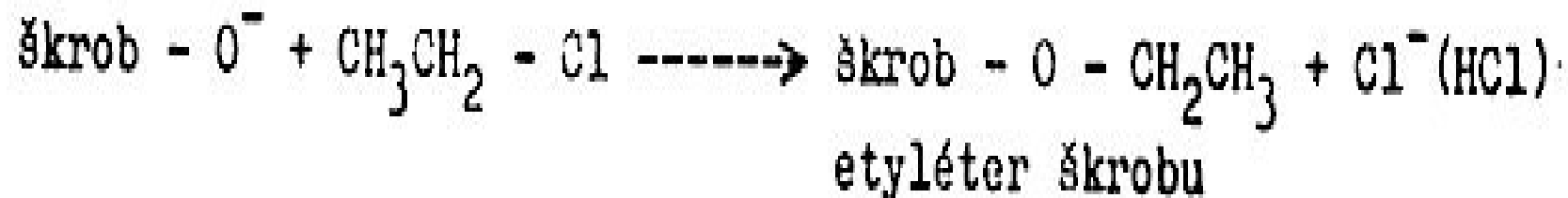
Škrobový xantát vzniká reakcí mezi škrobem a sirouhlíkem

podle reakce:

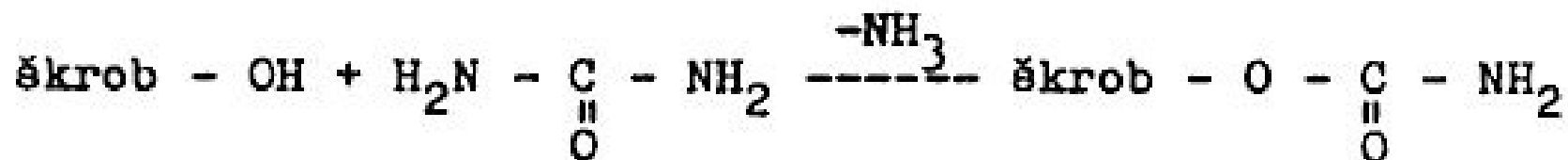




## Alkylétery škrobu



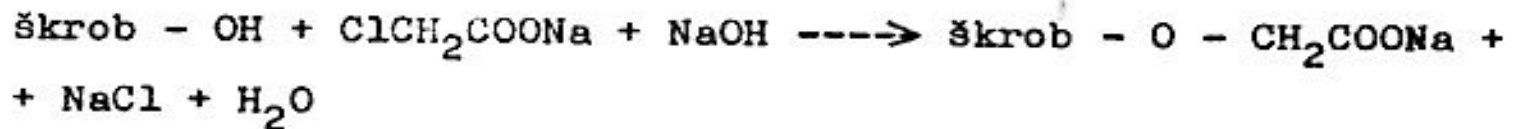
## Karbamát škrobu



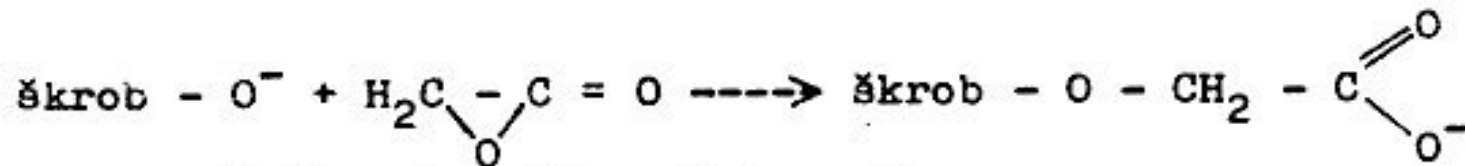
## Hydroxymetyléter škrobu



## Karboxymetyléter škrobu

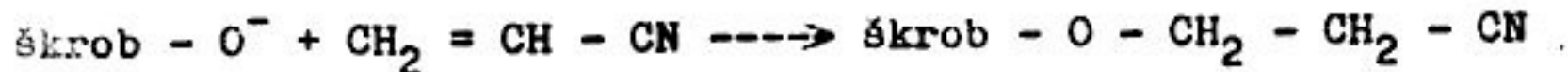


Mechanismus této reakce vystihuje rovnice:

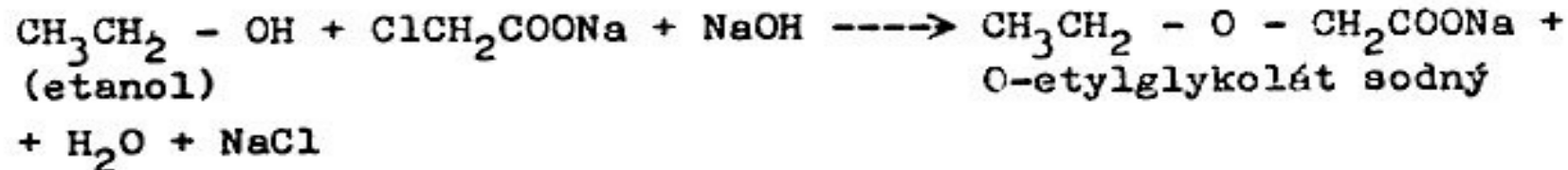


lakton kyseliny glykonové

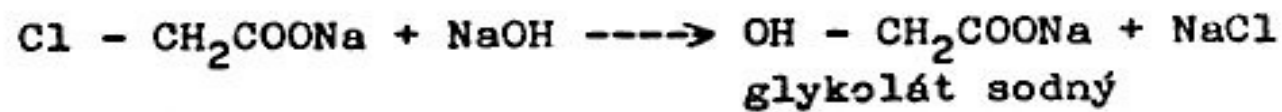
# Kyanoéter škrobu



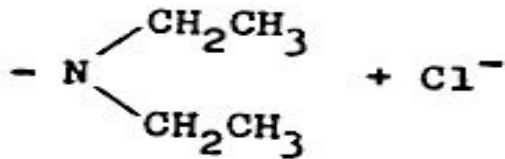
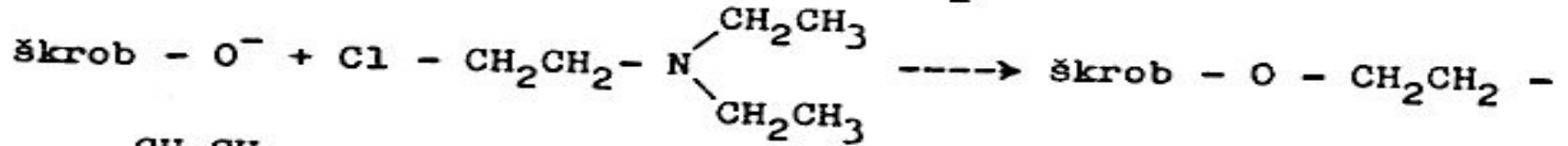
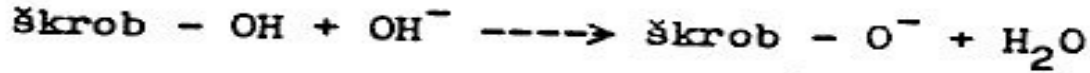
## Karboxymetyléter škrobu – reakce v ethanolu



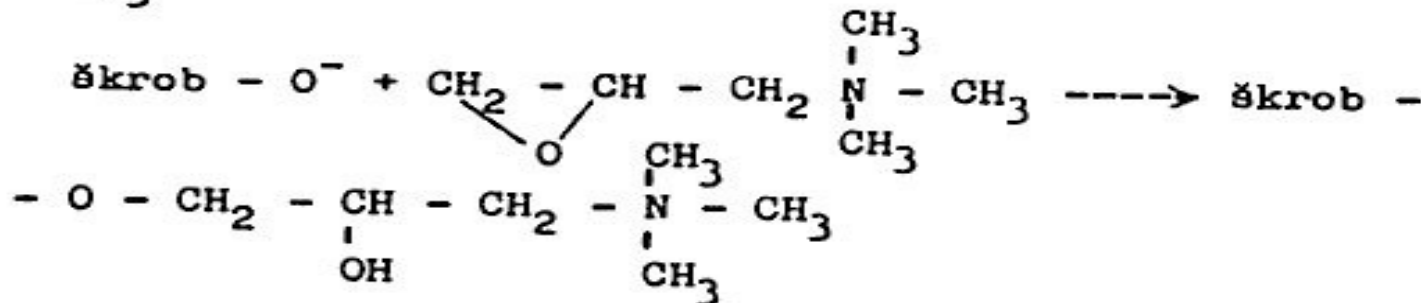
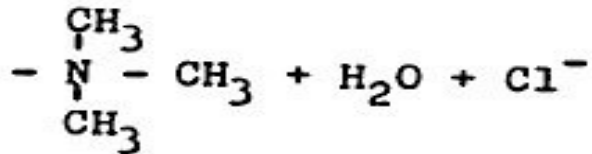
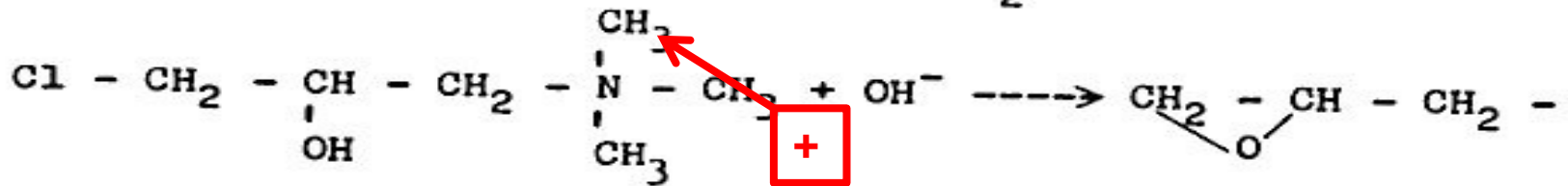
Tyto reakce spolu s další snižuje výtěžek éterifikace:



# Kationtové škroby 1



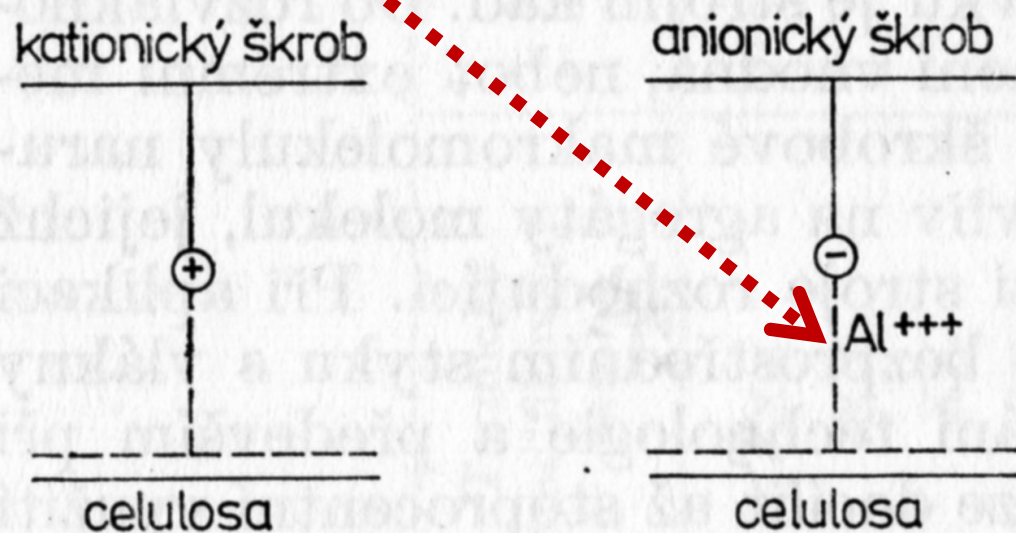
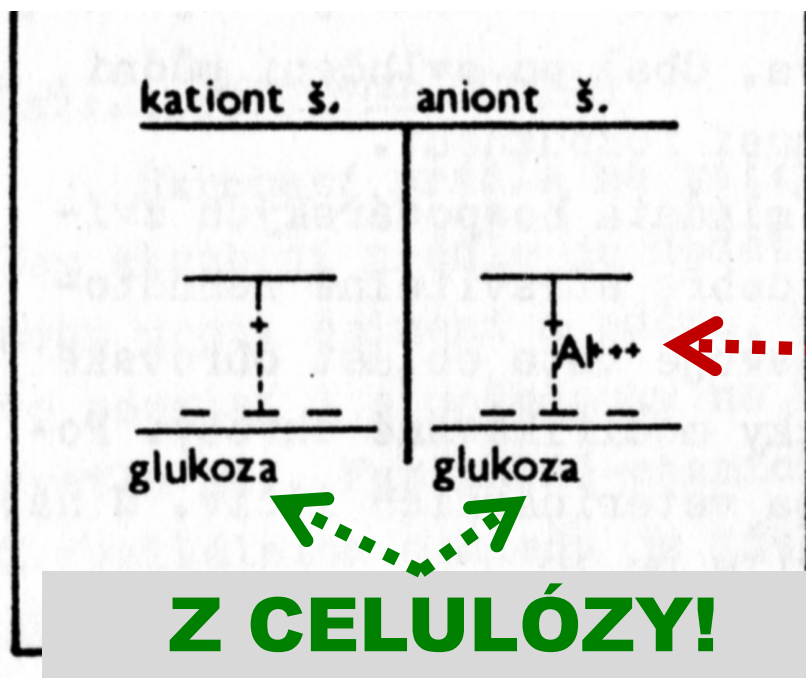
Kvartérní derivát škrobu vzniká reakcí mezi škrobem a halogenderivátem kvartérní amoniové zásady:



# Kationtové škroby 2 - VÝROBA PAPIŘU

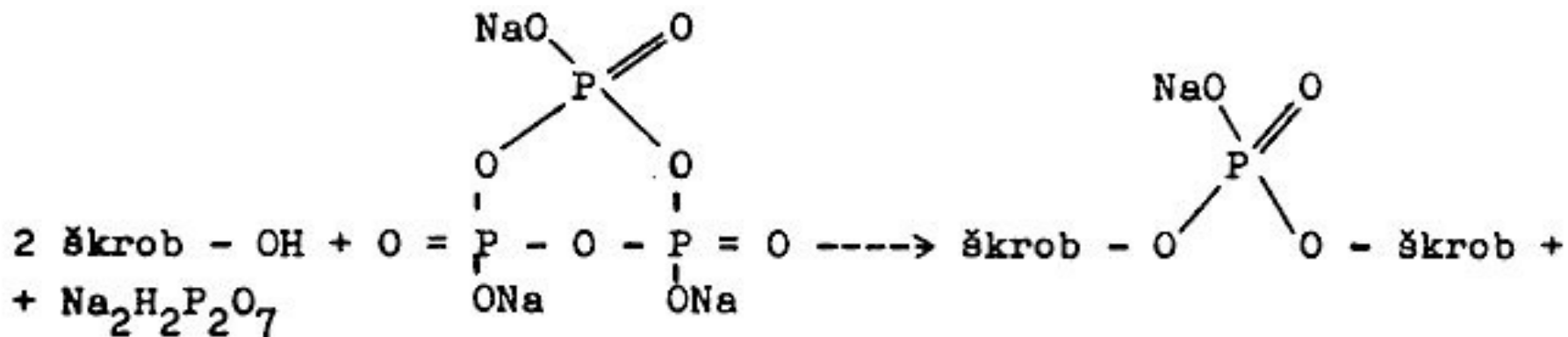
Přídavek **KATIONICKÉHO ŠKROBU** zlepšuje retenci tzv. **NULITNÍCH VLÁKEN**, která pocházejí jak ze sběrového papíru, tak z odpadu při výrobě

**ANIONTOVÝ ŠKROB** potřebuje k účinku kationt  $Al^{+++}$ , obvykle z  **$KAl(SO_4)_4$  (kamenec hlinitodraselný)**

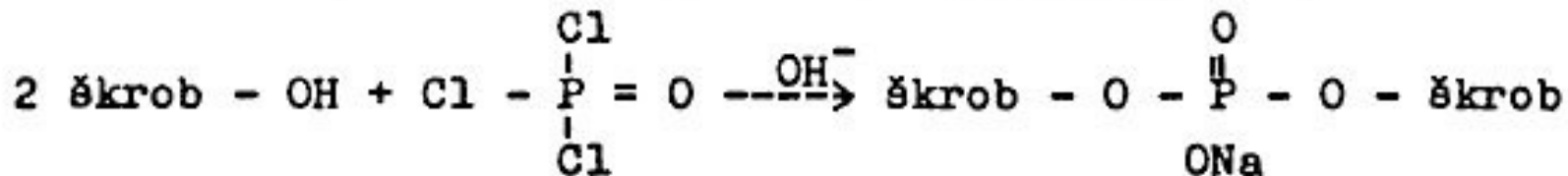


Obr. 50. Schéma působení ionogenních derivátů škrobu

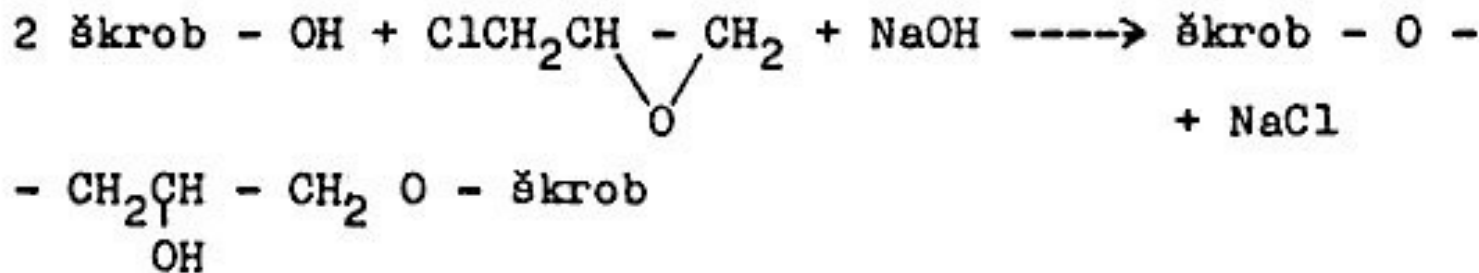
# Sesít'ované škroby 1



Škrobový difosfát také může vzniknout reakcí:

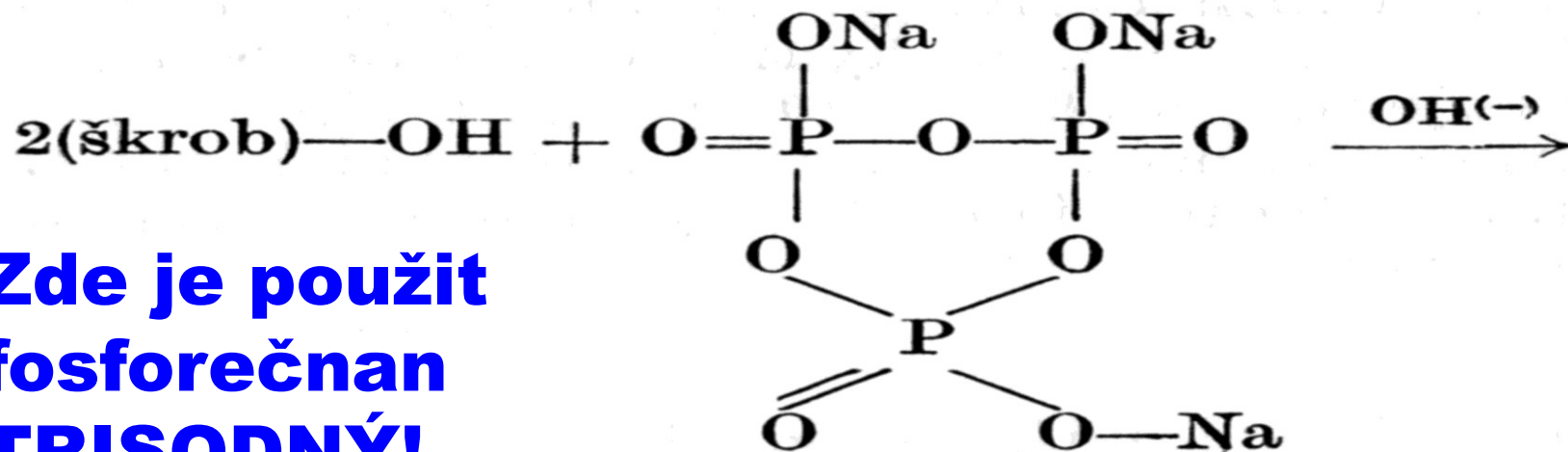


Škrobový diéter vytváří např. tato reakce mezi škrobem a epichlorhydrinem v alkalickém prostředí:

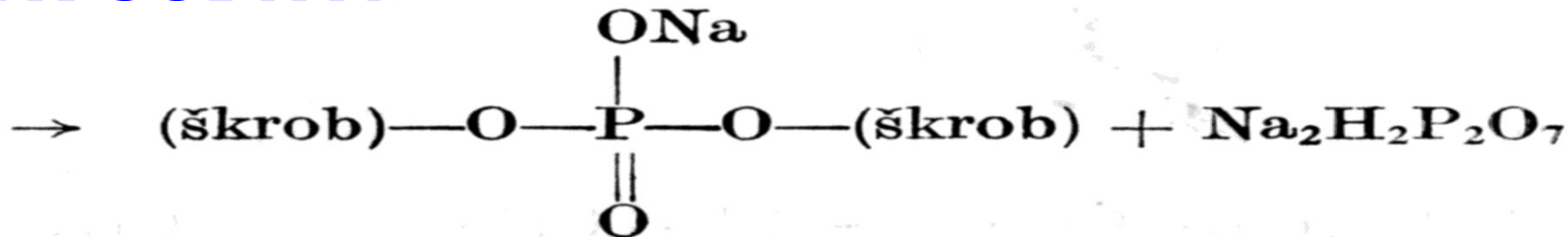


## Sesít'ované škroby 2

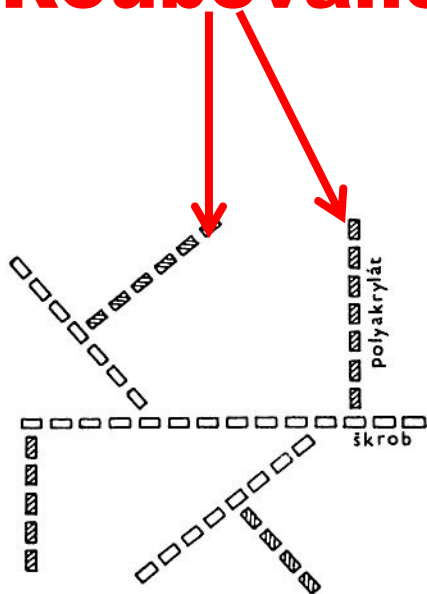
- **Sesít'ované škroby mají VYSOKÝ STUPEŇ SUBSTITUCE** někdy až nad 1 (kukuřičné škroby nebotnající ani varem ve vodě) > zasypávací prášky
- Souběžně může probíhat **ANIONIZACE ŠKROBU**, kde je ale **NÍZKÝ STUPEŇ SUBSTITUCE** (0,02 – 0,1 g substitučního činidla na 1000 g suchého škrobu),



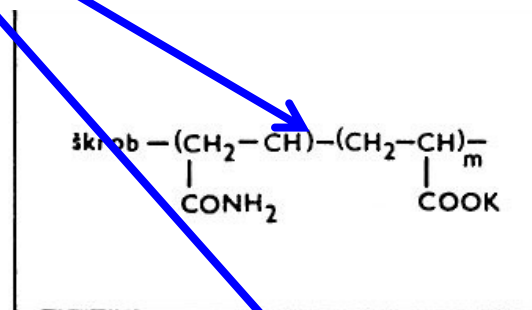
**Zde je použit  
fosforečnan  
TRISODNÝ!**



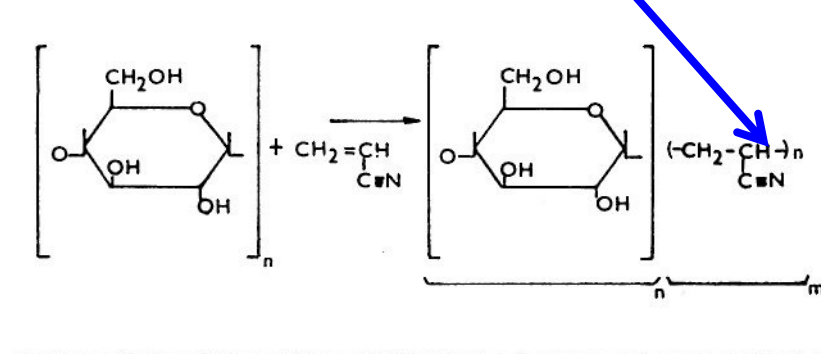
# Roubované & blokové kopolymery škrobů



Obr. 16. Schéma roubovaného kopolymeru



Obr. 18. Produkt "Super-Slurper"



Obr. 17. Schéma roubování škrobu

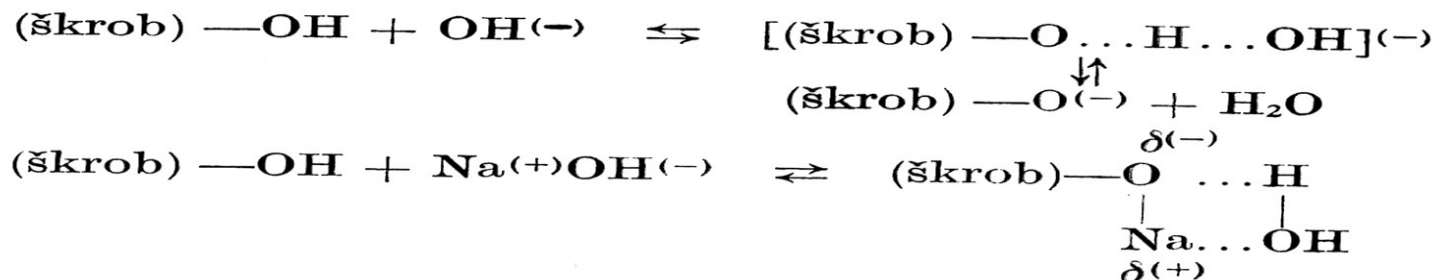


# **Použití modifikovaných škrobů**

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

# Lepidla ze škrobů

Všeobecného zvýšení reaktivity v nukleofilních substitucích se dosahuje aktivací škrobu působením alkálií za tvorby alkalické soli, resp. reaktivního aniontu škrobu, někdy formulovaného jako komplex škrobu s alkálií.



## VYRÁBÍME LEPIDLO ZE ŠKROBU

Asi 20 g škrobu rozmícháme s 50 ml vody studené a vleje-me do 200 ml vařící vody, v níž jsme rozpustili 5 g louhu sodného, a vaříme za stálého míchání. Když škrob zhoustne a zprůsvitní, je lepidlo hotové. Aby nezplesnivělo, přidáme 3—4 kapky formalinu.

**Obvykle se PRŮMYSLOVĚ používá směs bramborového a kukuřičného škrobu**

**Výrobu dextrinů asi dám do  
laborek**

**Výrobu ŠKROBOVÉHO  
LEPIDLA asi také dám do  
laborek**

# Příklad technologie výrobku ze škrobu

## ŠKROB NA PRÁDLO

Nativní škrob se musí vařit a proto jsou používány  
**MODIFIKOVANÉ ŠKROBY**

škrob bramborový suchý	<b>Modřidlo, pro potlačení žlutého odstínu</b>	1 000 kg
borax		40 kg
síran sodný kalcinovaný		50 kg
polyethylenoxidový vosk		1 kg
ultramarin a aróma		× ×

**BORAX** – rozrušuje vodíkové můstky mezi makromolekulami a tak zvyšuje rozpustnost zastudena, vytváří **DIESTER ŠKROBU**

**Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** – zvyšuje rozpustnost

**PEO (polyethylenový oxidovaný) vosk** – proti shlukování při rozpouštění, regulace lepivosti při žehlení

Může se přidat i **PARAFÍNOVÝ VOSK** > regulace lepivosti při žehlení

Ve studené vodě se rozpustí navážený borax a síran sodný. Do roztoku se suspenduje škrob tak, aby celková sušina směsi nepřesáhla 25 % hmotnosti. Do suspenze se dávkuje rozpuštěný vosk. Směs se napouští na sušicí válec a zpracovává obvyklým způsobem.

## **HEREROGENNÍ REAKCE > PROČ???**

### Parametry postupu

škrob : borax : síran	100 : 4 : 5
vosk	0,5 %/škrob
tlak na válci	0,6 MPa

### Parametry výrobku

sušina v % nejméně

pH

chování ve studené vodě

velikost částic

použitelnost

## **Běžná sušina škrobu**

86

9 - 11

během 20 min. přechází  
v homogenní, čirý, na-  
modralý roztok, disperzně  
stabilní 25 h

propad sítem (0,25 mm) - 90 %  
škrobení prádla v průmyslu  
i domácnosti

**BORAX** – rozrušuje vodíkové můstky mezi makromolekulami a tak zvyšuje rozpustnost zastudena, vytváří **DIESTER ŠKROBU**

**BORAX se proto přidává do lepidla při výrobě VLNITÉ LEPENKY**

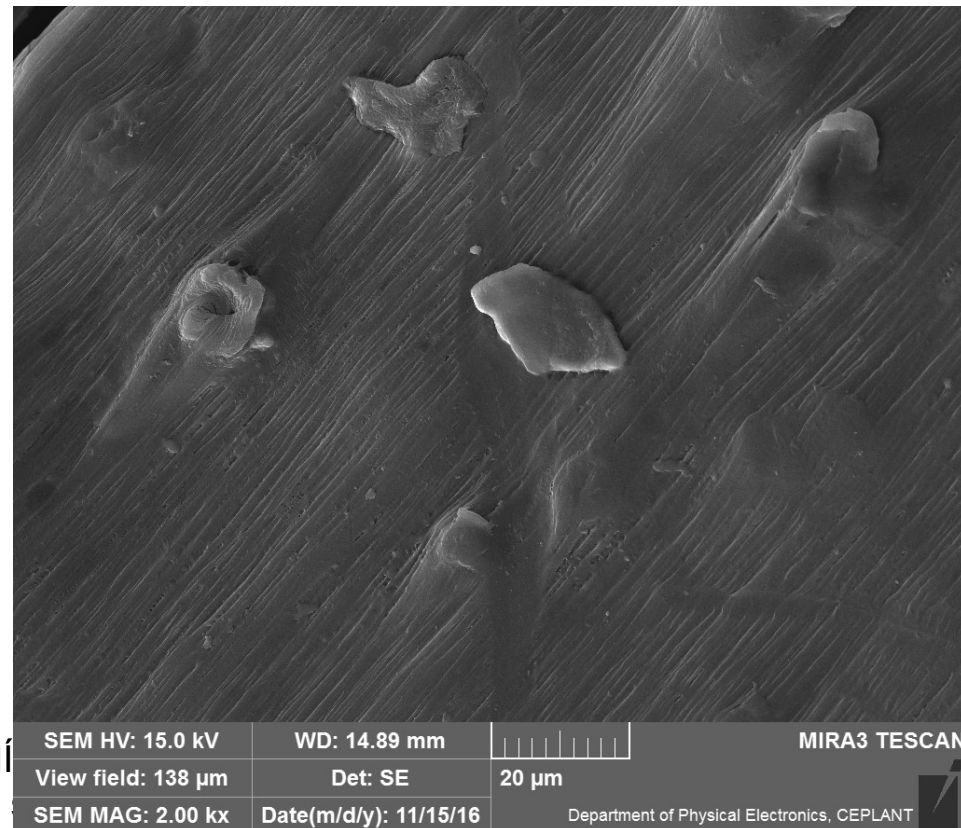
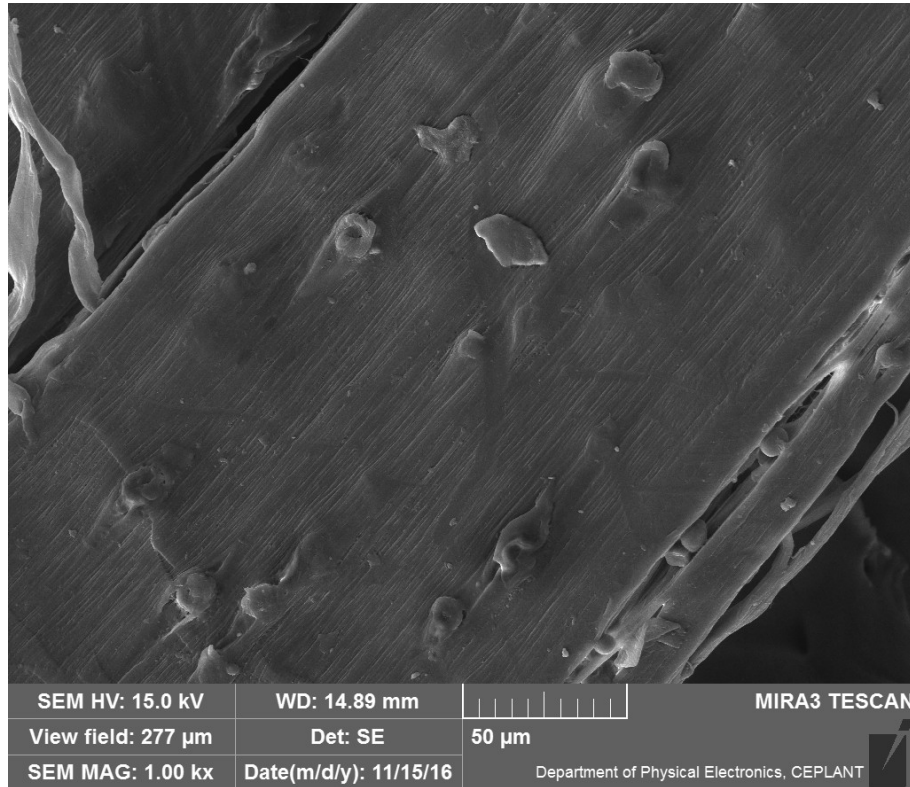
# ŠKROBY JAKO BIODEGRADABILNÍ ADITIVA DO SYNTETICKÝCH TERMOPLASTŮ

- VĚTŠINOU NUTNO „POPOHNAT“  
termooxidací

## Co jsem dělal já

- **LDPE fólie (až 40 % škrobu  
kukuřičného) – vzorek nemůžu najít**
- **Části brokového střeliva**
- **Vlákna - vzorek**

# Polypropylénová vlákna s kukuřičným škrobem 1



31. 10. 2018

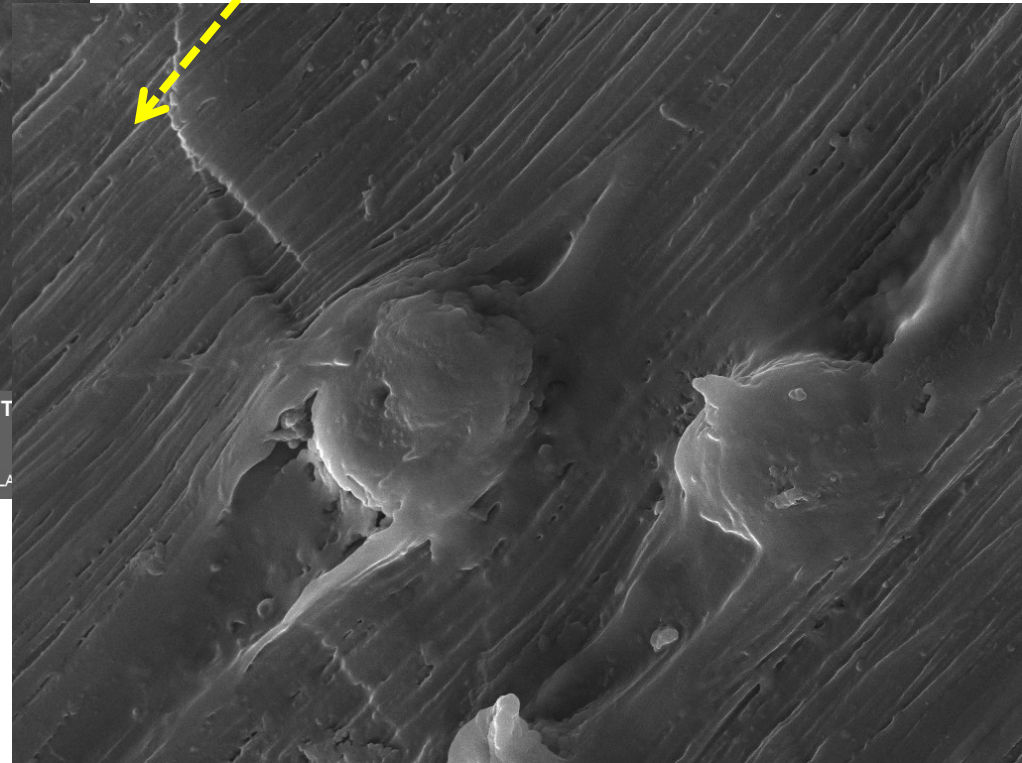
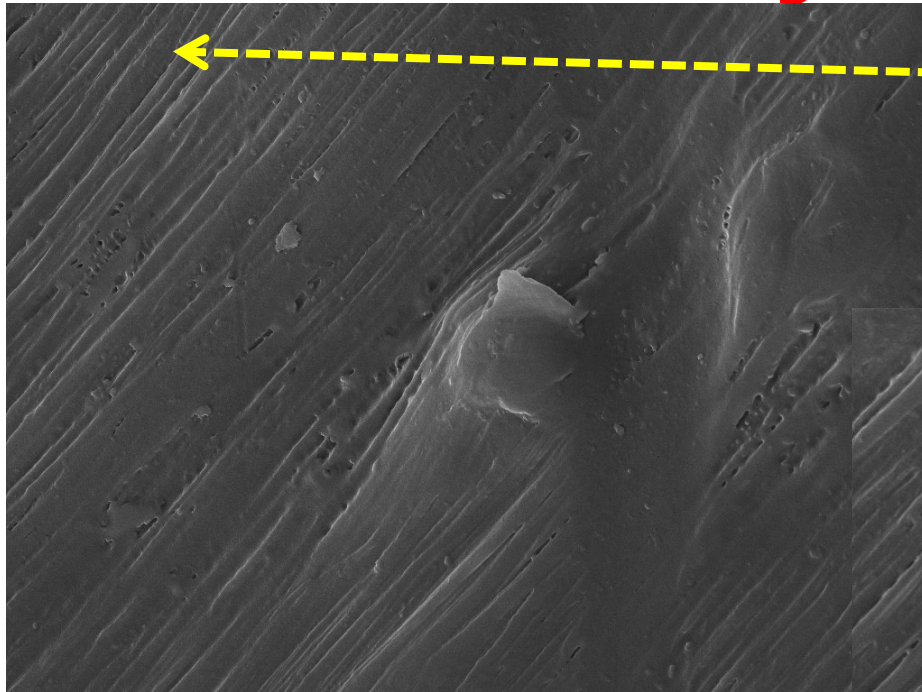
PŘÍRODNÍ  
polysacharidy

2018



# Polypropylénová vlákna s kukuřičným škrobem 1

**FIBRILACE  
PP vlákna**



SEM HV: 15.0 kV	WD: 14.89 mm		MIRA3 T
View field: 55.4 μm	Det: SE	10 μm	
SEM MAG: 5.00 kx	Date(m/d/y): 11/15/16	Department of Physical Electronics, CEPLA	

SEM HV: 15.0 kV	WD: 14.89 mm		MIRA3 TESCAN
View field: 55.4 μm	Det: SE	10 μm	
SEM MAG: 5.00 kx	Date(m/d/y): 11/15/16	Department of Physical Electronics, CEPLANT	

31. 10. 2018

PŘÍRO  
polysachar

2018

# 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

# **Ewa Rudnik: Compostable Polymer Materials, ISBN: 978-0-08-045371-2**

**Journal of Macromolecular Science, Part C >**

Polymer Reviews

Volume 44, 2004 - Issue 3

1435309

0



Views CrossRef citations Altmetric

Original Articles

## **Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review**

**Luc Avérous** 

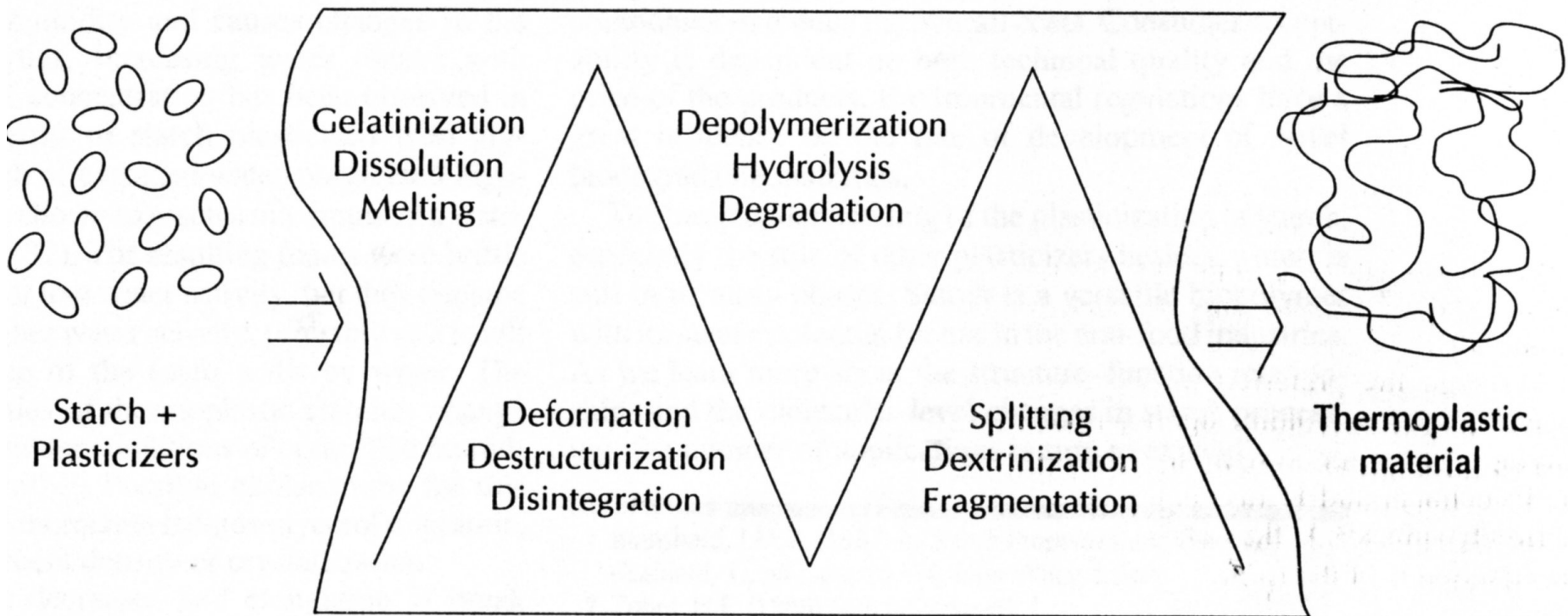
Pages 231-274 | Received 08 Apr 2003, Accepted 12 Feb 2004, Published online: 24 Aug 2007

 Download citation  <http://dx.doi.org/10.1081/MC-200029326>

# Modification of Starch Properties with Plasticizers

K. Poutanen and P. Forsell

**NEJBĚŽNĚJŠÍ jsou VODA & GLYCEROL**

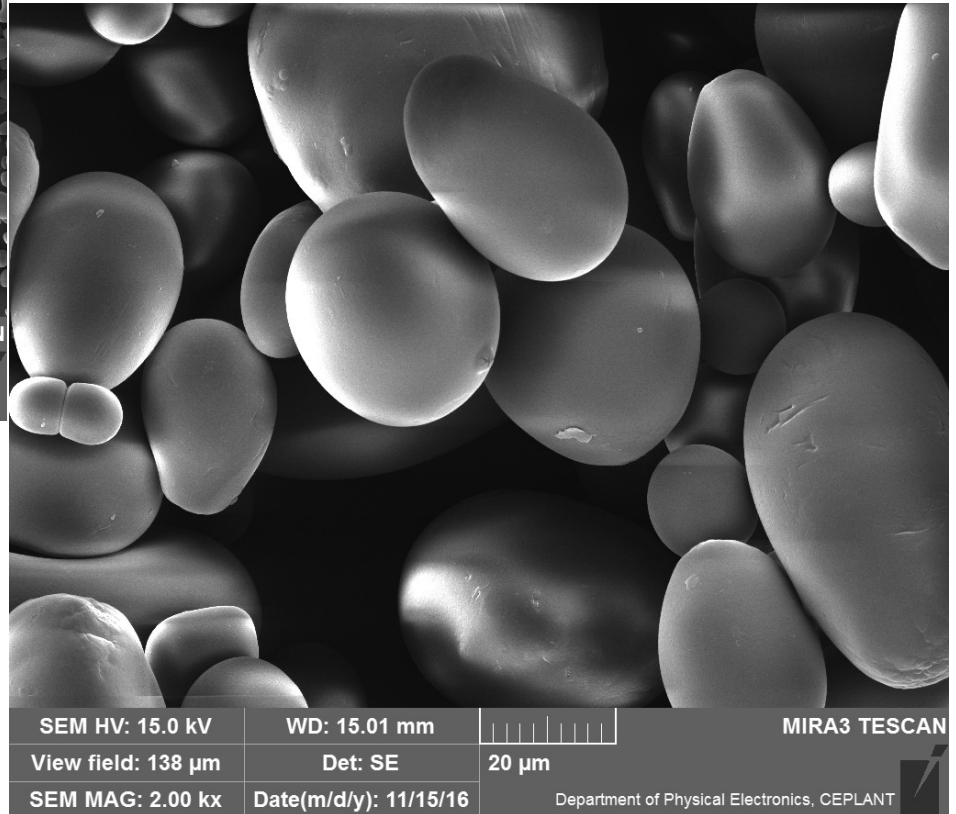
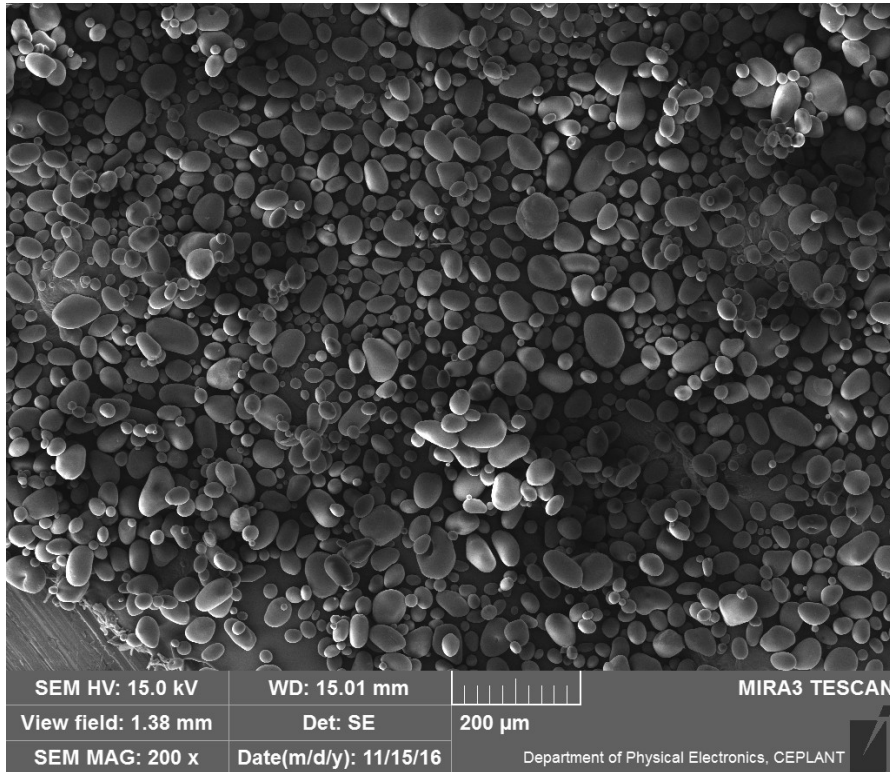


# Škrob v práci konzervátora a restaurátora

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

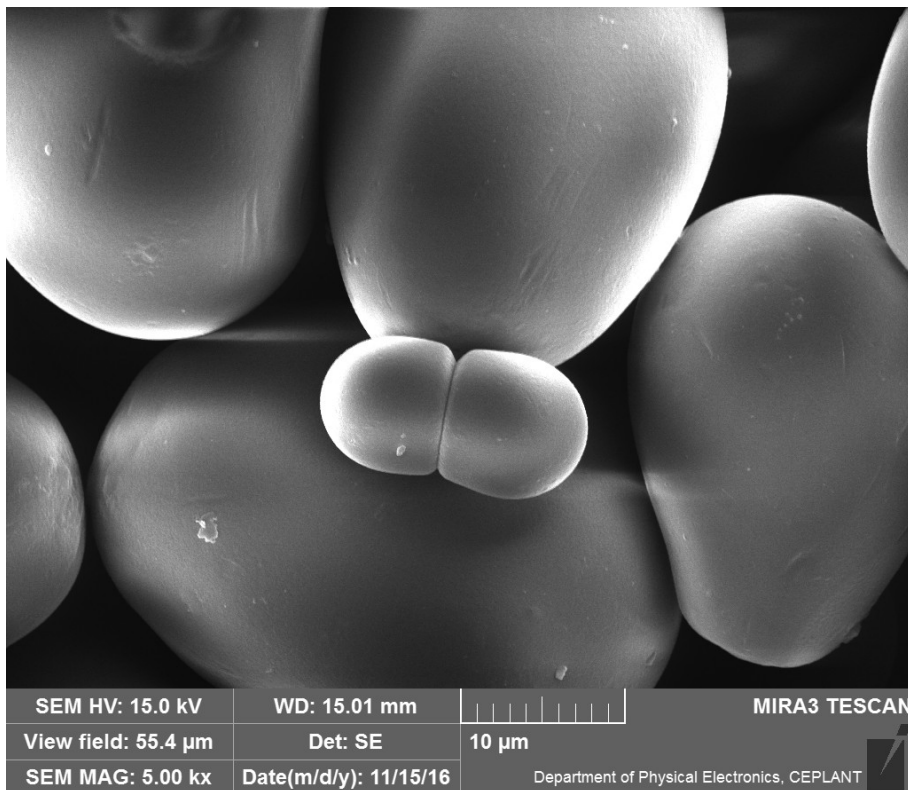
# SEM škrobů – vlastní práce na MU

**NEVIDÍTE tam žádné ZVRÁSNĚNÍ POVRCHU, jako na kresbě (viz snímek 8). Asi proto, že tady nebyla zrna škrobu před snímkování vysušena.**

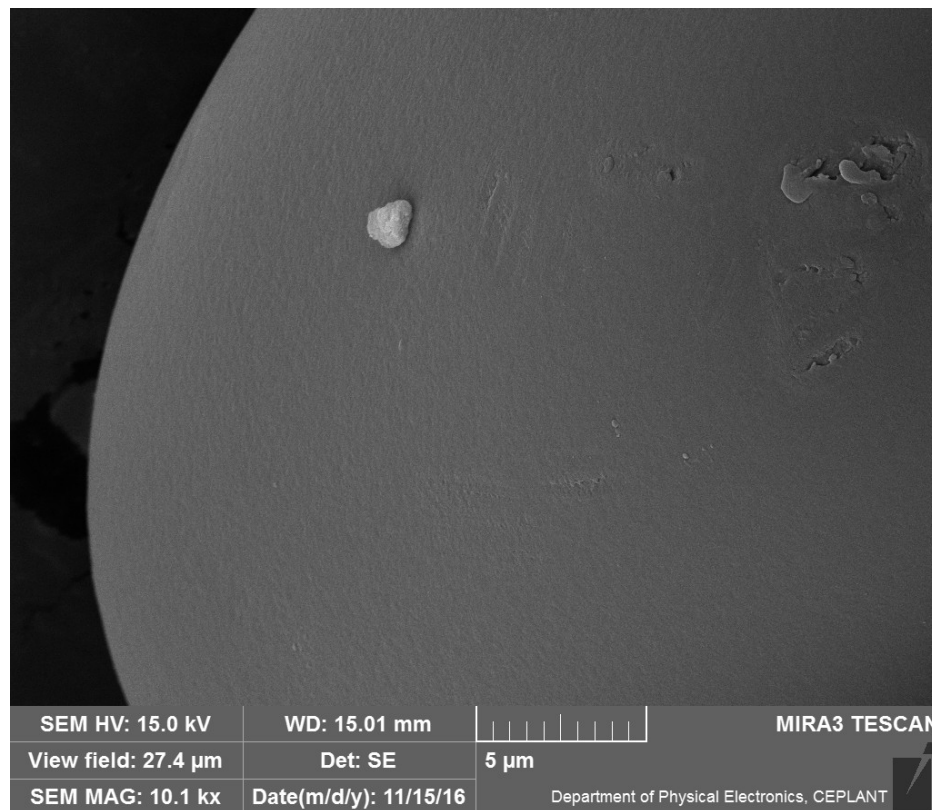


## ŠKROB BRAMBOROVÝ

# SEM škrobů – vlastní práce na MU

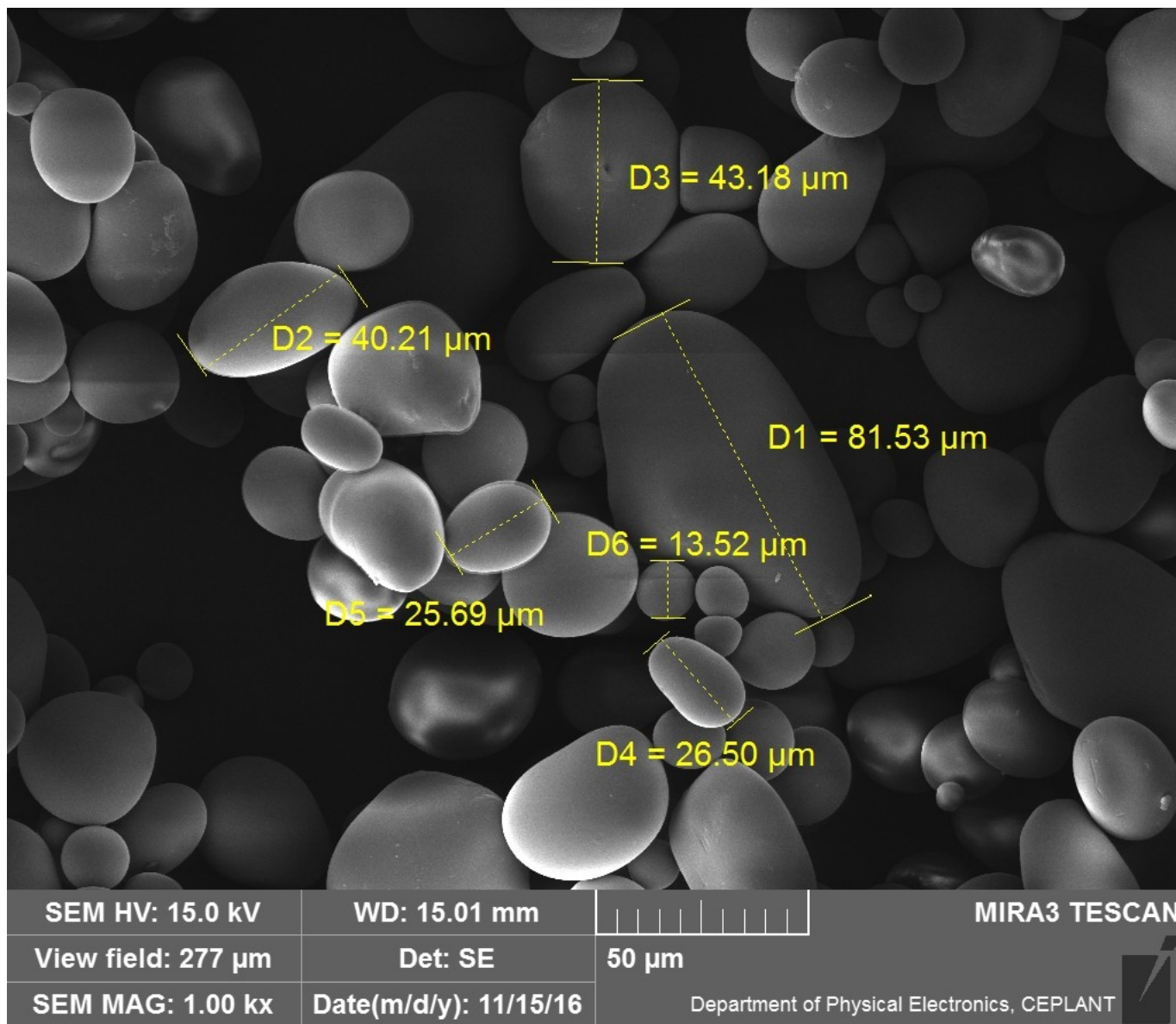


## ŠKROB BRAMBOROVÝ



# SEM škrobů – vlastní práce na MU

## ŠKROB BRAMBOROVÝ

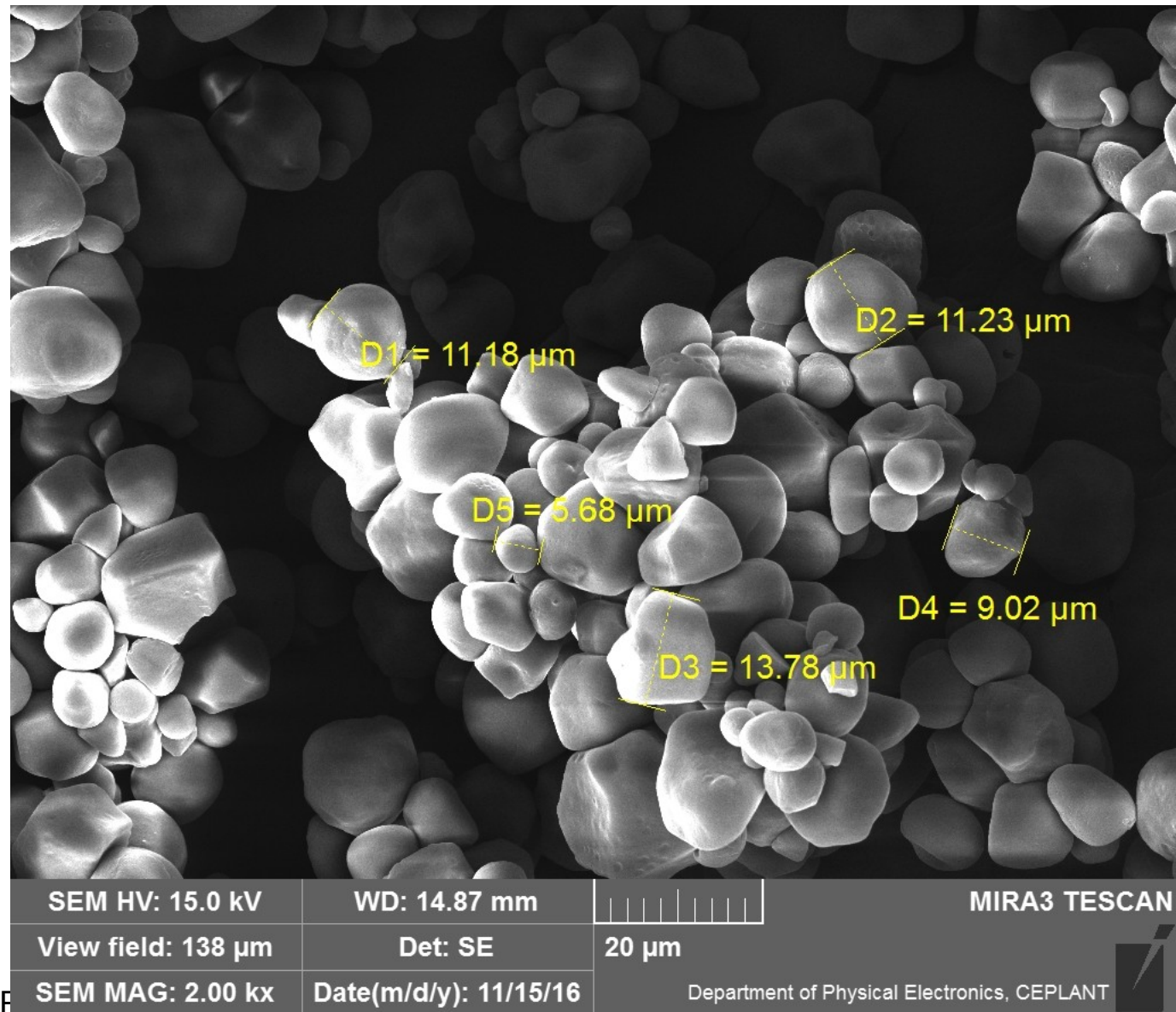


31. 10. 2018



# SEM škrobů – vlastní práce na MU

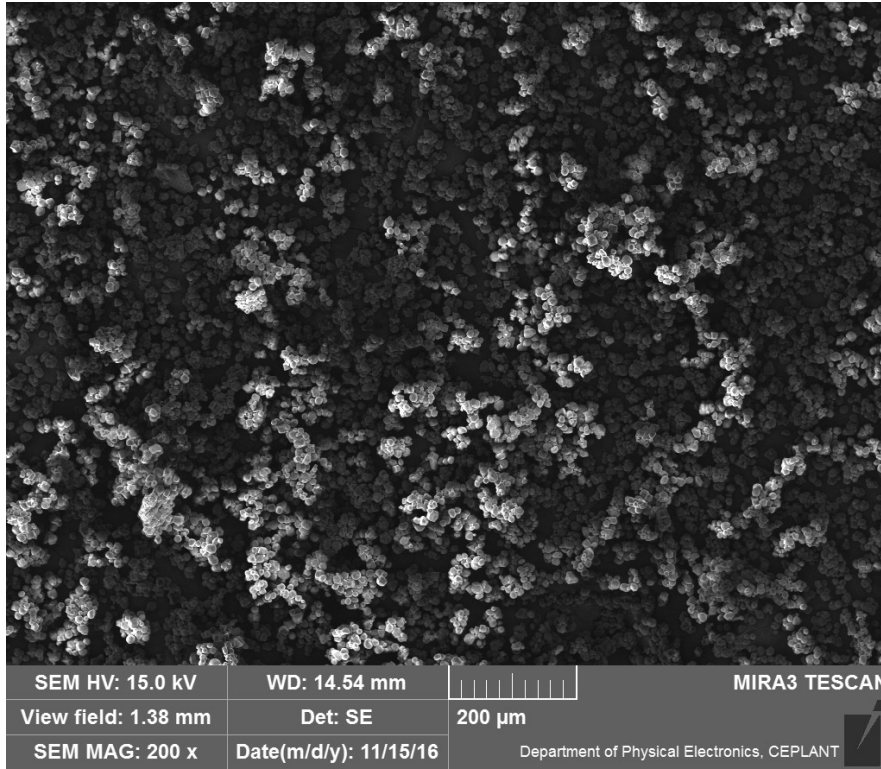
## ŠKROB KUKUŘIČNÝ



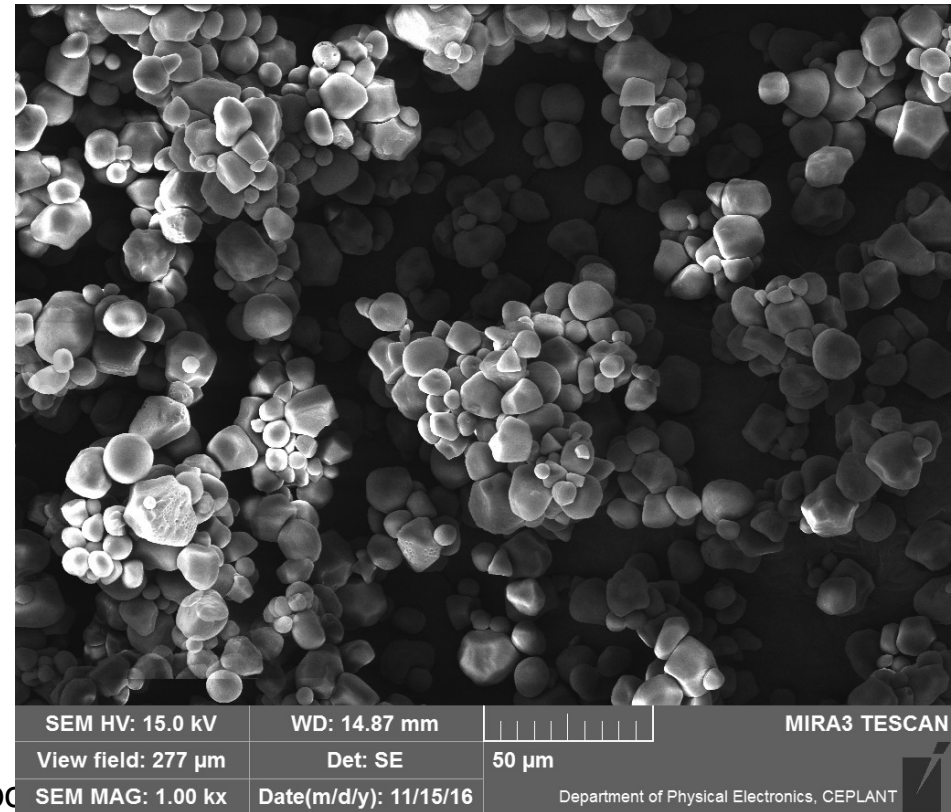
31. 10. 2018

# SEM škrobů – vlastní práce na MU

## ŠKROB KUKUŘIČNÝ



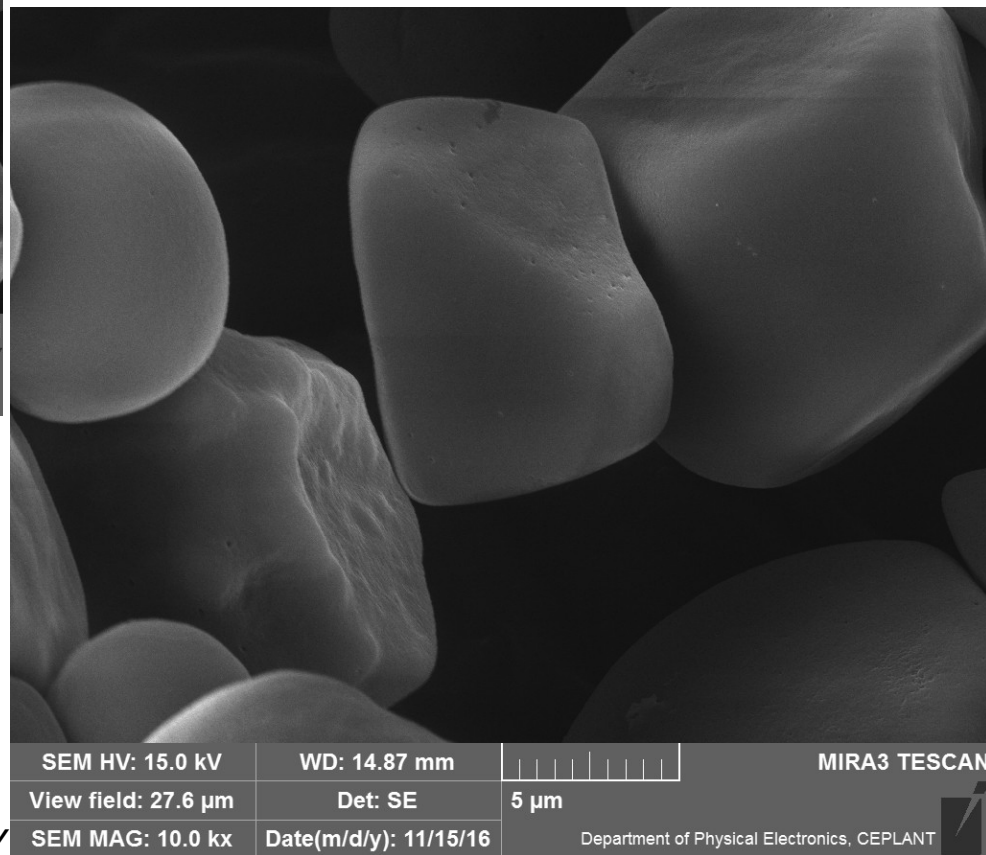
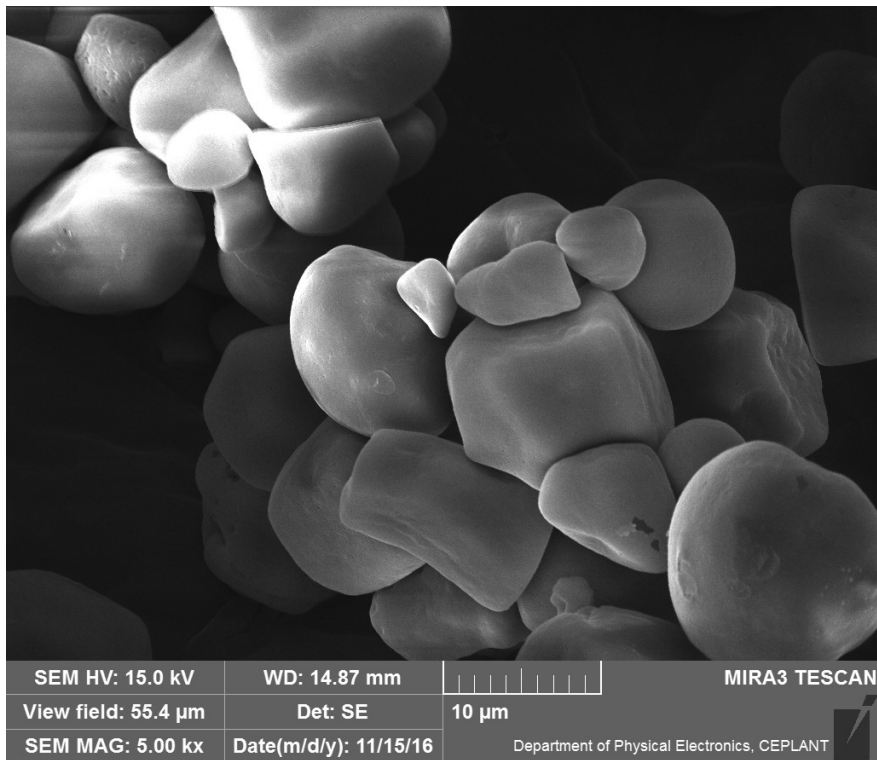
**NEVIDÍTE tam žádné ZVRÁSNĚNÍ POVRCHU, jako na kresbě (viz snímek 8). Asi proto, že tady nebyla zrna škrobu před snímkování vysušena.**



31. 10. 2018

# SEM škrobů – vlastní práce na MU

## ŠKROB KUKUŘIČNÝ

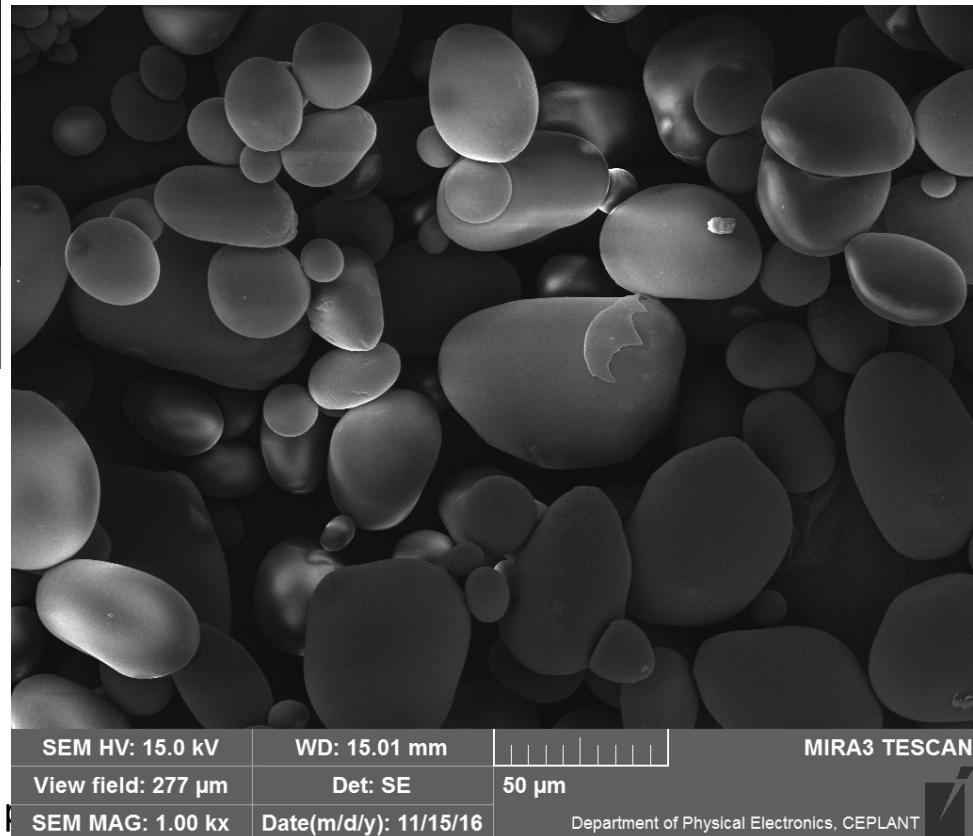
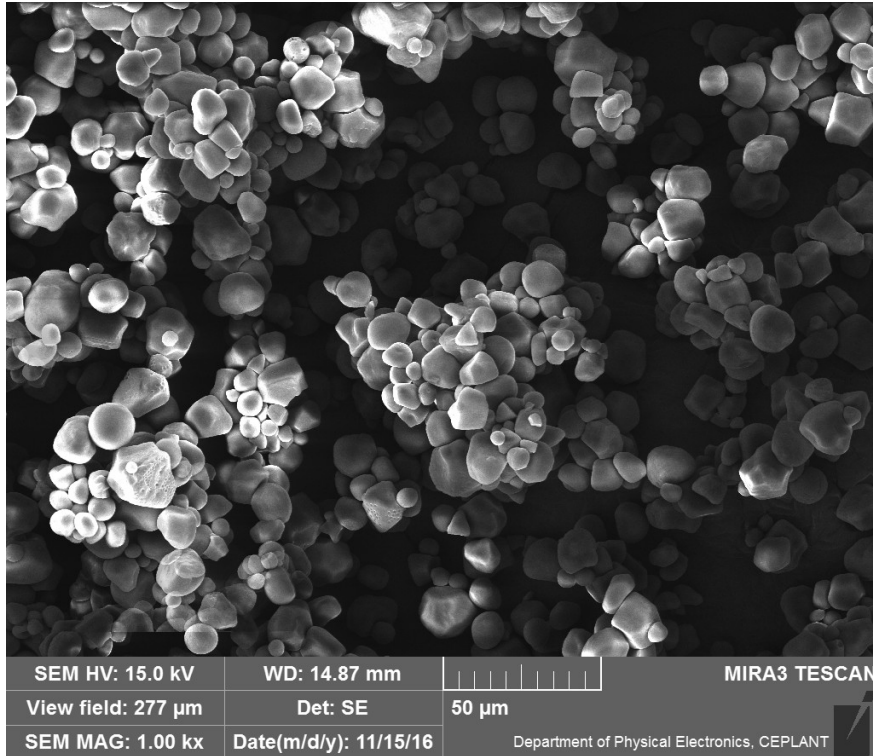


31. 10. 2018

PŘÍRODNÍ POLYMERY

# SEM škrobů – vlastní práce na MU

## ŠKROB KUKUŘIČNÝ X BRAMBOROVÝ

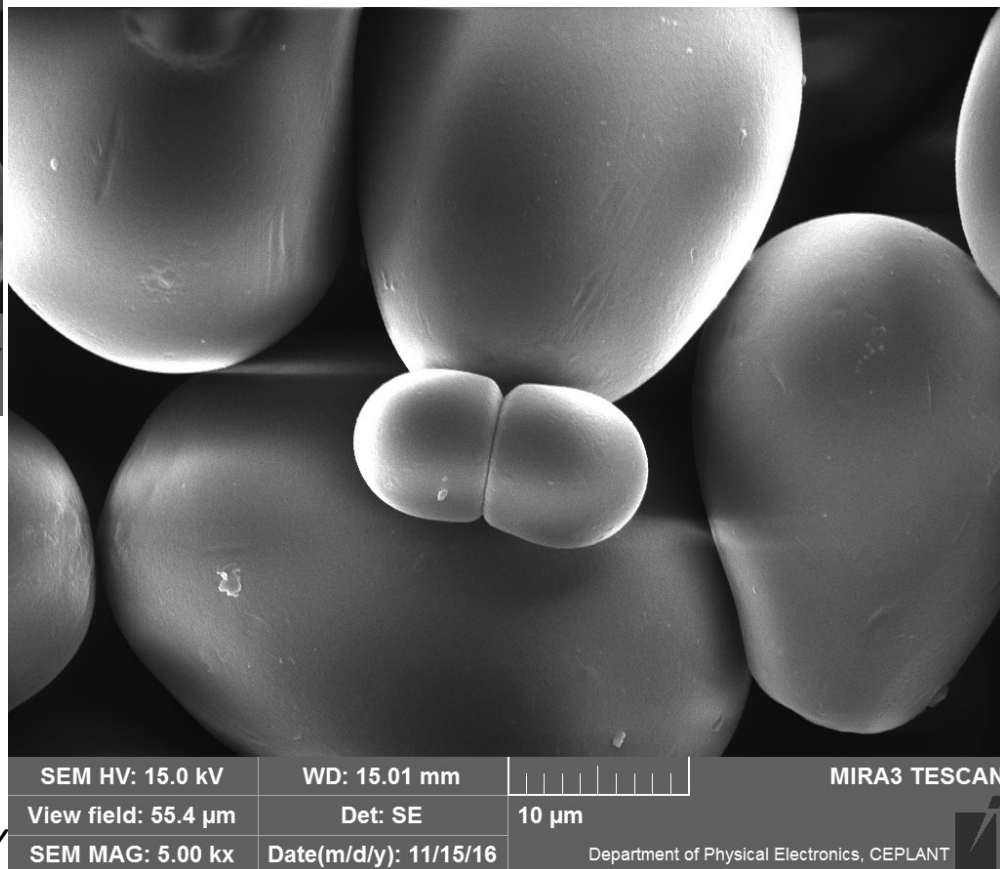
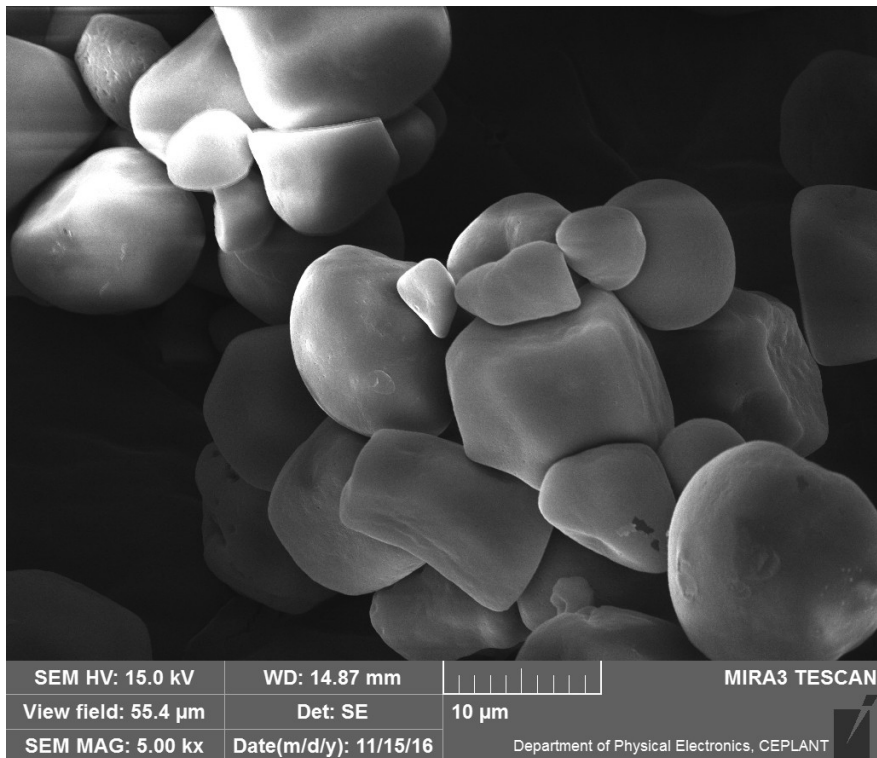


31. 10. 2018

PŘÍRODNÍ POLYMERY

# SEM škrobů – vlastní práce na MU

## ŠKROB KUKUŘIČNÝ X BRAMBOROVÝ

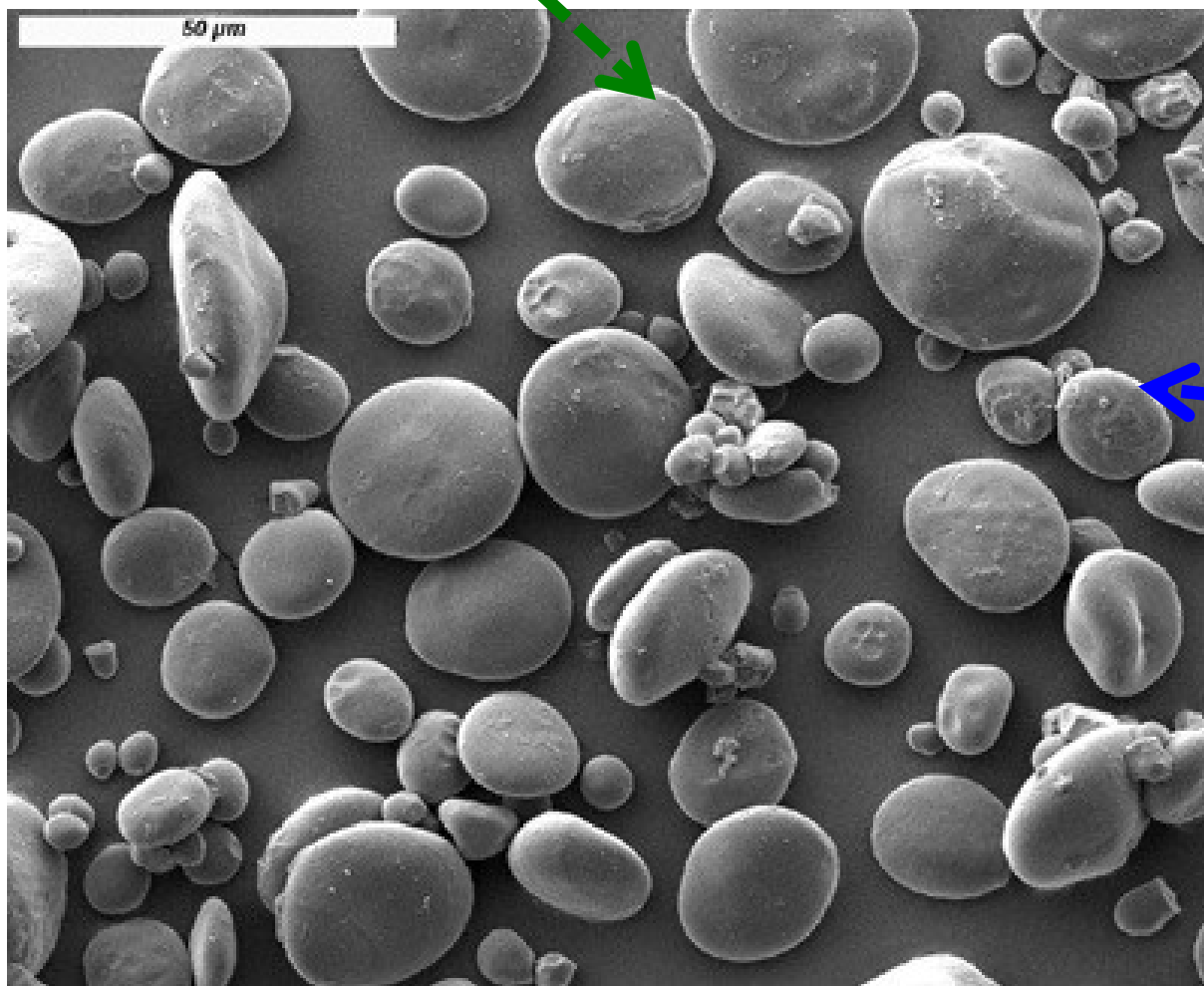
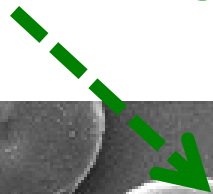


31. 10. 2018

PŘÍRODNÍ POLYMERY

# SEM škrobů – PŠENIČNÝ

A zrna



B zrna



# AGAR

## 4.5.6 Agar

### *Chemické složení*

Je to polysacharid, složený asi ze 70 % polygalaktanu (sestavajícího z D-galaktosy a 3,6-anhydrogalaktosy) a asi ze 30 % agaropektinu (D-galaktosa, částečně esterifikovaná kyselinou sírovou).

**Agar consists of a mixture of agarose and agarpectin.** Agarose, the predominant component of agar, is a linear polymer, made up of the repeating monomeric unit of agarobiose. Agarobiose is a disaccharide made up of D-galactose and 3,6-anhydro-L-galactopyranose. Agaropectin is a heterogeneous mixture of smaller molecules that occur in lesser amounts, and is made up of alternating units of D-galactose and L-galactose heavily modified with acidic side-groups, such as sulfate and **pyruvate**.

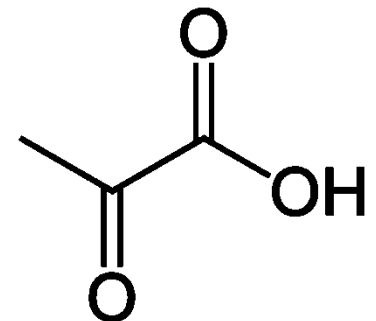
## AGAR & potravinářství

- ČIŘENÍ ovocných šťáv
- Zahušťovadlo

## AGAR & medicína

**Živná půda pro růst plísní a bakterií**

Kyselina  
pyrohroznová



# Jiné užitečné polysacharidy 1

**Jitrocel vejčitý** (*Plantago ovata*, *Psyllium plantago*)

je jednoletá rostlina, druh rodu jitrocel. Je jedním z mála jitrocelů který nepovažujeme za plevel, nýbrž za léčivku a je pěstován pro léčivé účinky semen.

Tento druh jitrocele se pro farmakologické účinky semen pěstuje na plantážích např. v Indii, Brazílii, na Blízkém východě i na severu Afriky. Hlavní léčebnou látkou je **rozpustná vláknina ve formě bezbarvého slizu** který po zvlhnutí bobtná. Získává se z osemení které se ze suchých semen sdírá a mele na prášek, osemení tvoří asi čtvrtinu objemu semene. **Je schopno absorbovat vodu a tím asi desetinásobně zvětšit svůj objem, nejčastěji se používá jako šetrné projímadlo.**



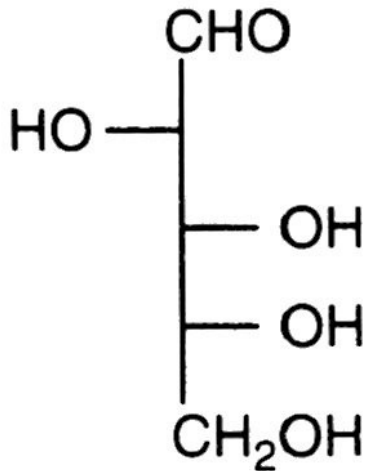
# Jiné užitečné polysacharidy 2

Rostlinné slizy

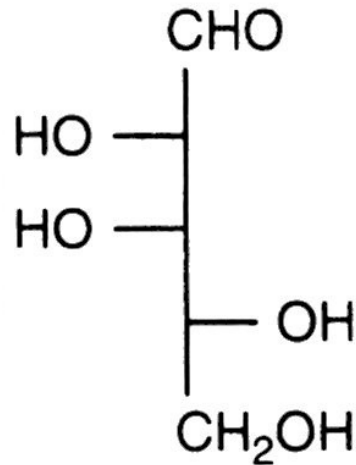
**Jsou to HETEROPLYSACHARIDY**

Jsou to jak neutrální, tak kyselé polysacharidy s rozvětvenou strukturou, např. D-galakto-D-mannany, D-gluko-D-mannany, L-arabino-D-xylyny a některé polysacharidy s D-galakturonovou kyselinou. Vyskytují se především v semenech, anebo v kůře, a jejich pravděpodobnou funkcí je zadržování vody a ochrana před vysycháním.

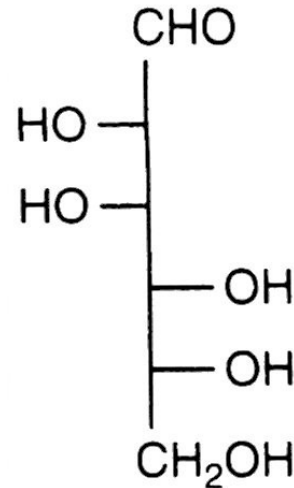
## PENTÓZY



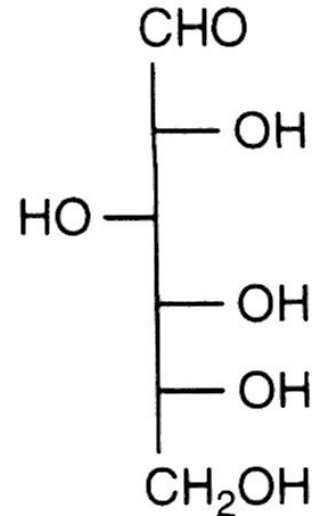
arabinose



lyxose



mannose



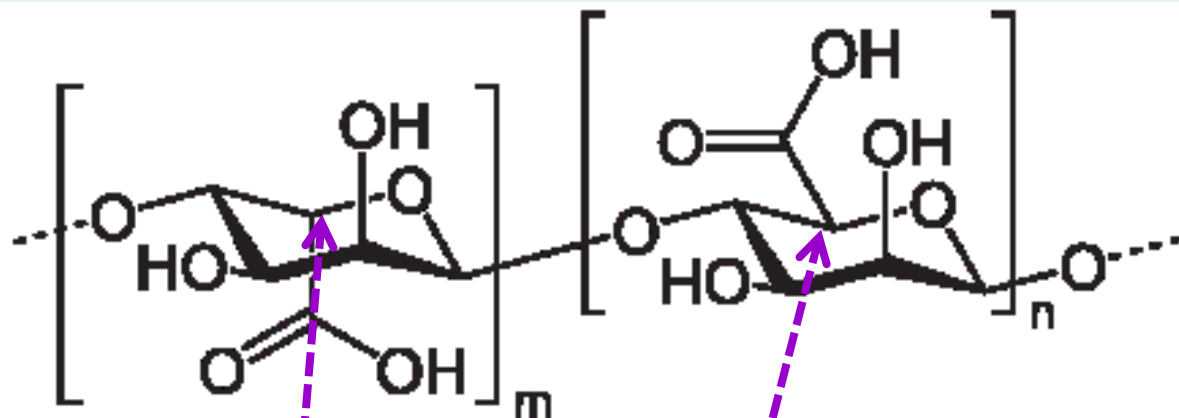
glucose

## HEXÓZY

Stavební jednotka

Strukturní jednotka

L-gulopyranurenová  
kyselina



**ALGINÁT** Molar mass  
10,000 – 600,000

**Alginic acid is a linear copolymer with homopolymeric blocks of (1-4)-linked  $\beta$ -D-mannuronate (M) and its C-5 epimer  $\alpha$ -L-guluronate (G) residues, respectively, covalently linked together in different sequences or blocks.**

**Alginate** absorbs water quickly, which makes it useful as an additive in dehydrated products such as slimming aids, and in the manufacture of paper and textiles. It is also used for waterproofing and fireproofing fabrics, in the food industry as a thickening agent for drinks, ice cream and cosmetics, and as a gelling agent for jellies.<sup>[citation needed]</sup>

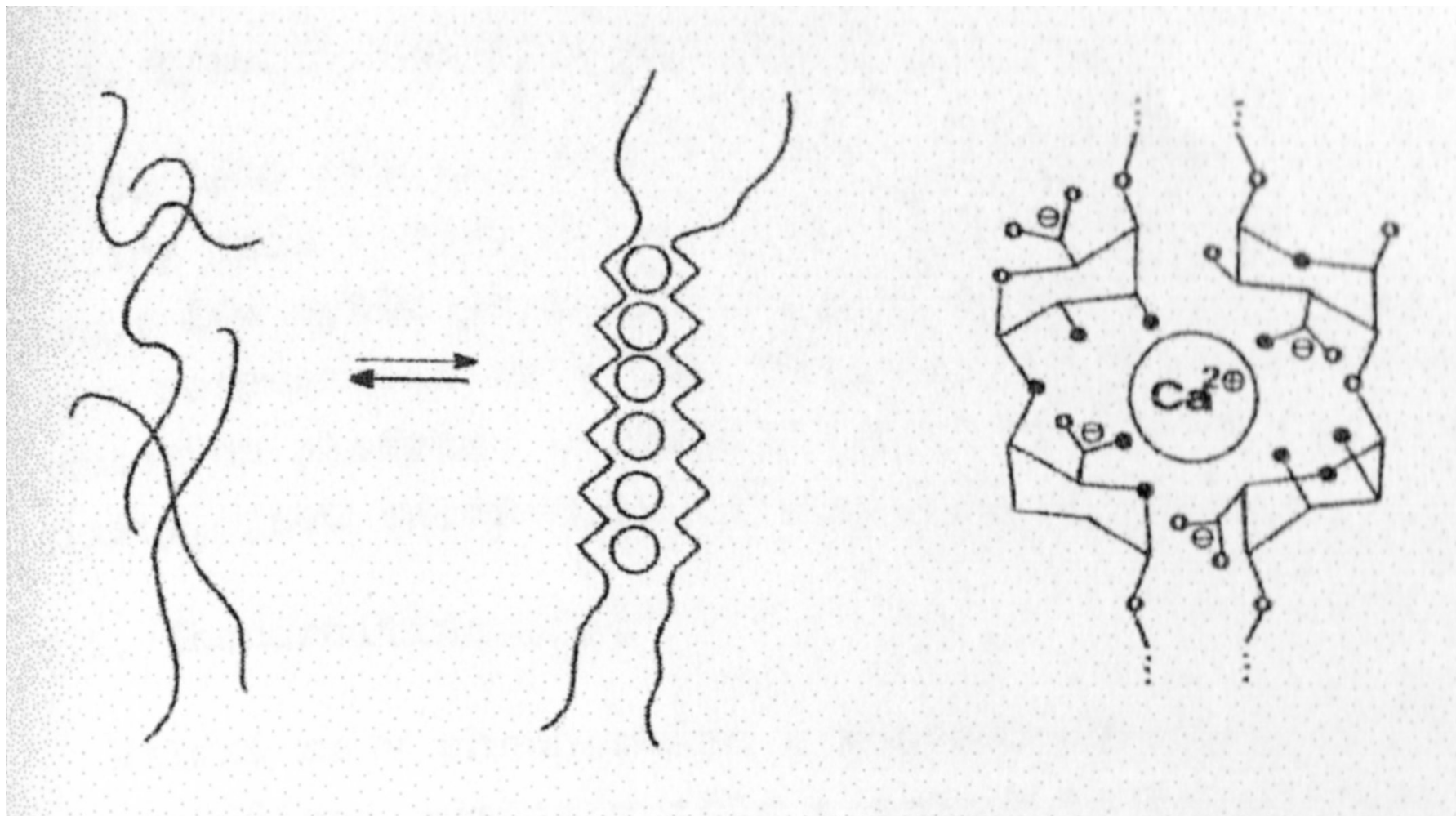
Alginate is used as an ingredient in various pharmaceutical preparations, such as Gaviscon, in which it combines with bicarbonate to inhibit reflux. Sodium alginate is used as an impression-making material in dentistry, prosthetics, lifecasting and for creating positives for small-scale casting.

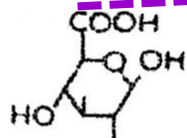
Sodium alginate is used in reactive dye printing and as a thickener for reactive dyes in textile screen-printing.<sup>[citation needed]</sup> Alginates do not react with these dyes and wash out easily, unlike starch-based thickeners.

As a material for micro-encapsulation.<sup>[7]</sup>

Calcium alginate is used in different types of medical products including skin wound dressings to promote healing<sup>[8]</sup> and can be removed with less pain than conventional dressings.<sup>[</sup>

# Komplexa kationtu $\text{Ca}^{2+}$ alginátem – model „vejce v kartónu“





$\beta$ -D-glukopyranuronová  
kyselina

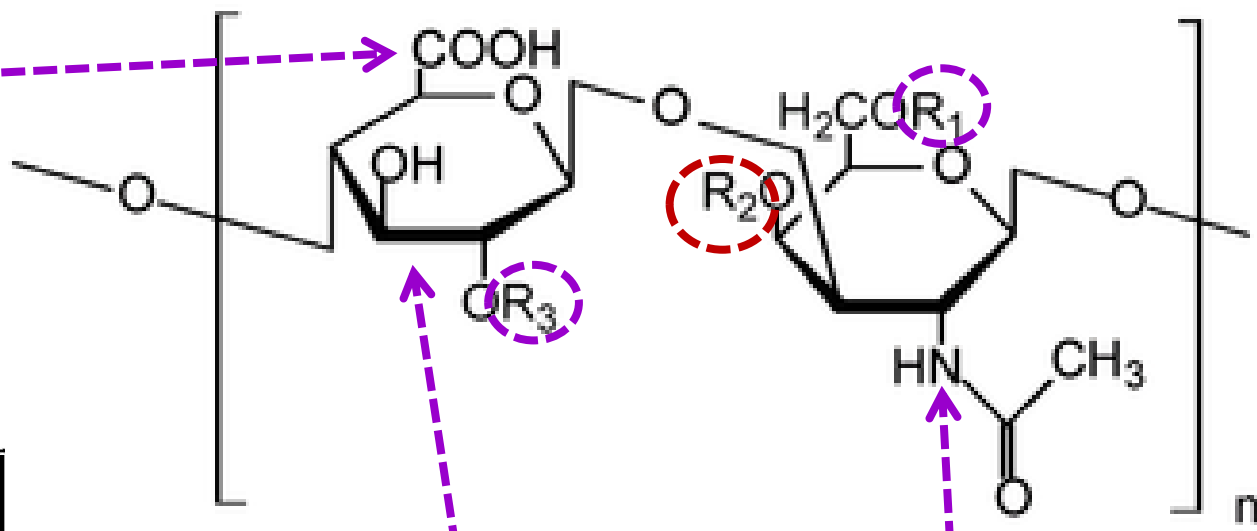
**Chemical structure of  
one unit in a chondroitin  
sulfate chain.**

**Chondroitin-4-sulfate:**

$R_1 = H; R_2 = SO_3H; R_3 =$

$H.$  **Chondroitin-6-sulfate:**

$R_1 = SO_3H; R_2, R_3 = H.$



# Chondroitin

**Jde o polysacharid složený z pravidelně se  
opakujících monomerů glukuronátu a N-  
acetylgalaktosaminu**

# Medicínský profil látky

# Chondroitin

## Mechanismus účinku

Působí patrně galaktosamin vzniklý odbouráním polysacharidového řetězce, mechanismus účinku je pravděpodobně shodný s glukosaminem. K výstavbě chrupavky není využíván polysacharidový řetězec či jeho štěpy, ale jednotlivé monomery (vzhledem k výše uvedené biosyntéze proteoglykanů).

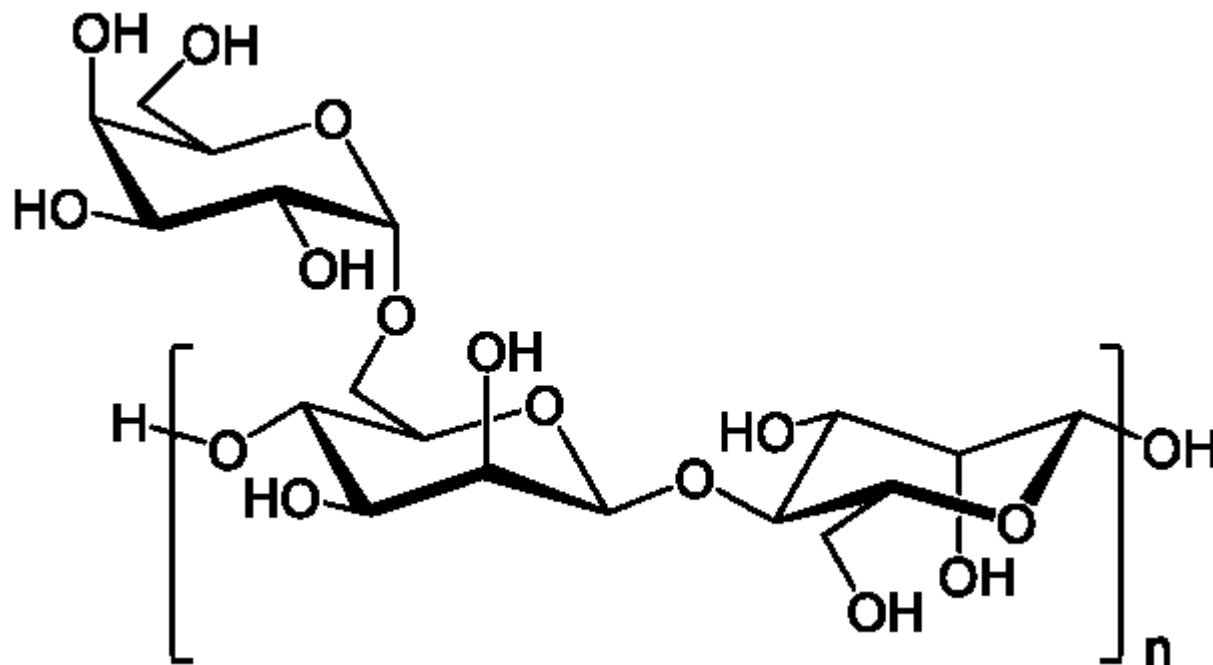
## Účinky

Chondroitin sulfát patří mezi symptomaticky pomalu působící léky při osteoartróze. To znamená, že při dlouhodobém užívání (alespoň 2 měsíce) má příznivé účinky proti bolesti a zánětu při artróze kloubů. Na rozdíl od analgetik a nesteroidních antiflogistik je tento účinek opožděný, projeví se až po 4-6 týdnech pravidelného užívání. Po vysazení však tento účinek obvykle přetrvává nějakou dobu. Proto je možné po 2-3 měsících užívání udělat další asi 2-3měsíční přestávku. Chondroitin sulfát též zřejmě dokáže zastavit ztrátu kloubní chrupavky, ke které při artróze dochází.

# GUAROVÁ GUMA - rostlinná guma

Chemically, **GUAR GUM IS A POLYSACCHARIDE** composed of the sugars **galactose** and **mannose**. The backbone is a **linear chain of  $\beta$  1,4-linked mannose** residues to which **galactose** residues are 1,6-linked at every second mannose, **forming short sidebranches**.

**Zahušť'ovadlo do potravin, protože už při nízkých koncentracích má velkou viskozitu**



# **EXAKTNÍ HODNOCENÍ** biodegradace **ODNOSNÝCH PLASTOVÝCH TAŠEK**

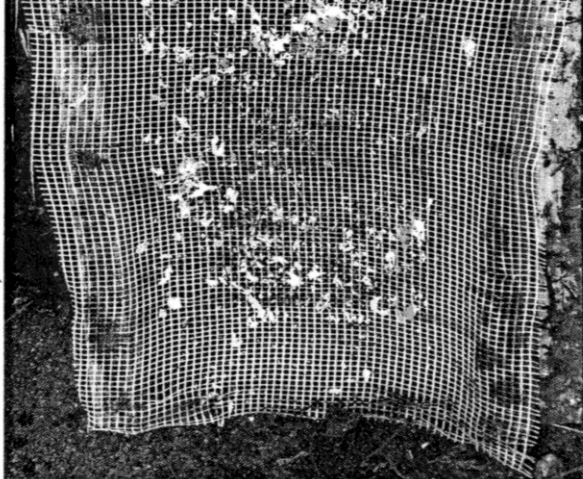
**Rozklad biopolymérů  
v kompostovacím procesu**





**Tab. 1 – Zkoušené vzorky biopolymerů**

<b>Vzorek</b>	<b>Název jednotlivých vzorků</b>	<b>Materiál</b>
1	100 % rozložitelná taška Kaufland modrozelená	HDPE 2, TDPA – zcela odbouratelná plastická aditiva
2	nákupní taška Tesco	HDPE 2, PE granule + speciální aditiva d <sub>2</sub> w
3	kompostovatelná taška Průhmat	BIOflex 219 F
4	kompostovatelná taška Envira	škrob, PCL – polykaprolakton
5	kompostovatelný sáček Envira	škrob, PCL – polykaprolakton, mater-Bi
6	biosáček na psí exkrementy	škrob, kyselina polymléčná – PLA
7	mater – Bi	směs bioplastů, kukuřičný škrob + aditiva
8	nákupní taška Coop	oxo-rozložitelný plast, přechodné ionty Fe, Mn a Co + aditivum d <sub>2</sub> w



I Zcela rozložený vzorek č. 7 (po 12 týdnech)



I Prakticky nerozložené vzorky zleva č. 2, 8 a 1 (po půl roce)



## ODPADY

10 / 2017

29

### Hodnocení stupně rozkladu podle vizuálních změn

Vzorek	Po třech měsících kompostování	Po půl roce kompostování
1.	částečné rozložení do 10 %	částečné rozložení do 10 % a zkřehlý materiál
2.	částečné rozložení do 10 %	částečné rozložení do 10 % a zkřehlý materiál
3.	trhliny až částečné rozložení do 10 %	rozložení do 50 %
4.	rozložení na 30 %	rozložení na 100 %
5.	rozložení na 100 %	
6.	rozložení na 100 %	
7.	rozložení na 100 %	
8.	rozložení na 4,81 %	částečné rozložení do 10 % a zkřehlý materiál

**Všechny materiály jsou na bázi ŠKROBU!**