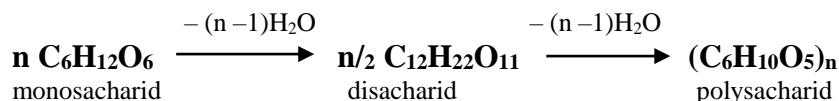


POLYSACHARIDY A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

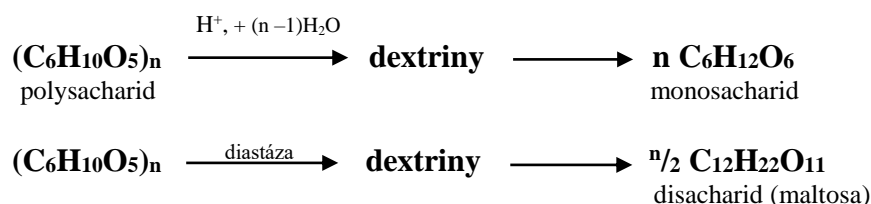
Polysacharidy (např. rostlinný škrob, celulóza, insulin a další) jsou složeny cukry, které vznikají z monosacharidů v rostlinách nebo v živočišných organismech (glykogen) postupným růstem přímého a rozvětveného řetězce. Nejdříve se tvoří molekuly disacharidu a dále polysacharidu.



Jednotlivé molekuly monosacharidů jsou spojeny glykosidickou vazbou $\text{C}^1\text{--O--C}^4$, příp. $\text{C}^1\text{--O--C}^6$.

Polysacharidy mají obecný vzorec $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, kde n udává počet stavebních jednotek monosacharidů a dosahuje hodnot od několika desítek do několika tisíc. Jsou obsaženy v přírodě v živočišných i rostlinných organismech, kde plní důležité stavební funkce. Zároveň tvoří zásobárnu energie a jsou základní energetickou složkou potravy živočichů.

Z průmyslového hlediska jsou rostlinné polysacharidy důležitou surovinou chemického a potravinářského průmyslu. Používají se je např. k výrobě dextrinů, některých umělých vláken a folií, výbušnin apod. Jsou cennou a nezbytnou surovinou kvasného průmyslu při výrobě piva, droždí, dále ethanolu, kyseliny octové, kyseliny mléčné atd. Mezi nejzákladnější chemické reakce polysacharidů patří hydrolýza polysacharidů, která probíhá v kyselém prostředí a za zvýšené teploty nebo enzymaticky postupně až na monosacharidy.

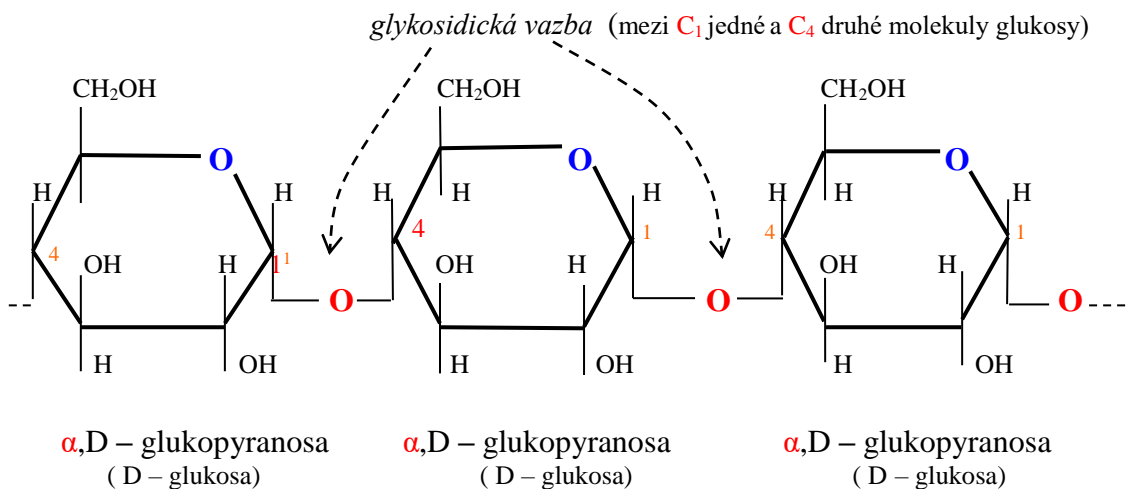


Mezi nejběžnější a nejdůležitější polysacharidy patří *rostlinný škrob*, *dextriny* a *celulóza*. Jinými polysacharidy jsou inulin, glykogen (živočišný škrob), pektiny apod.

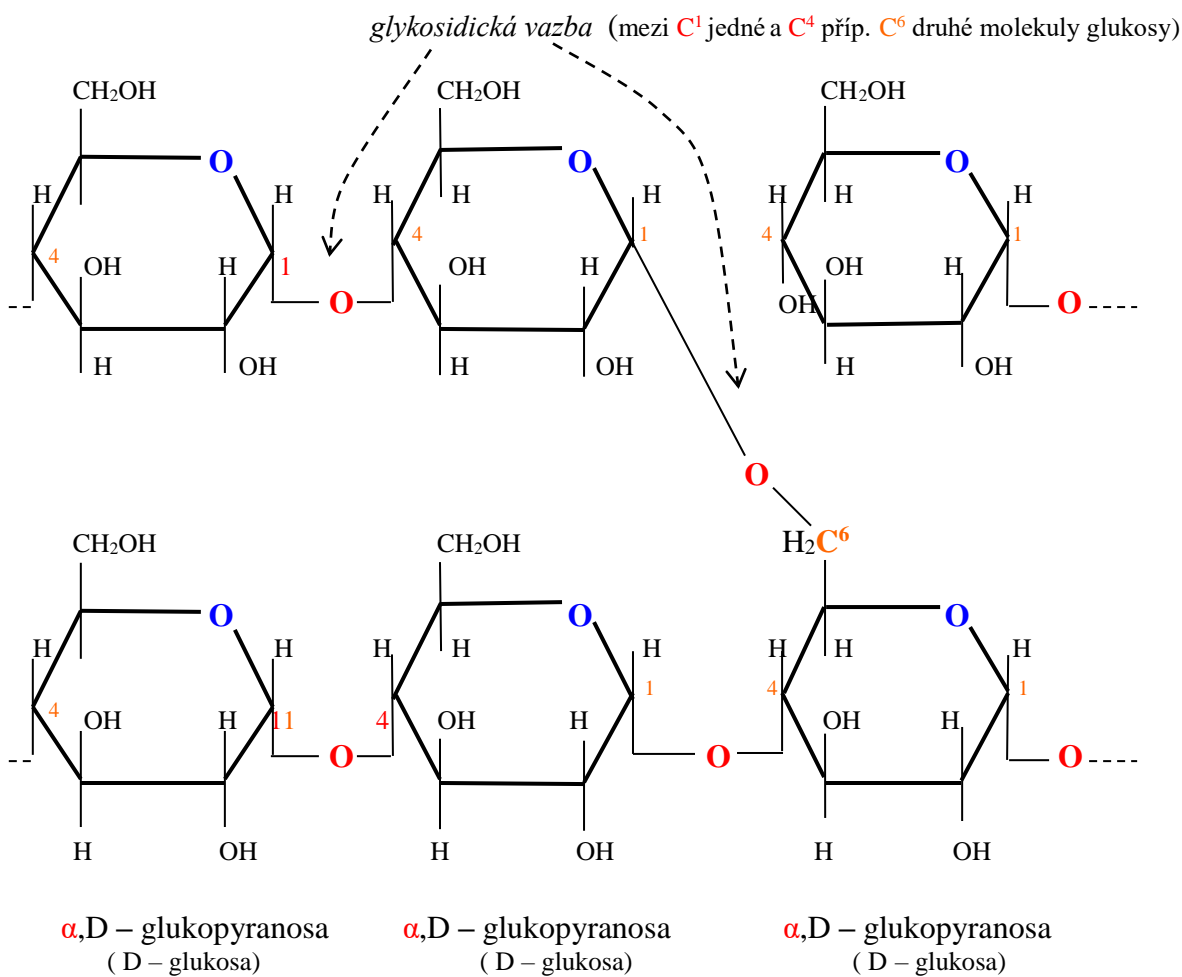
ŠKROB (AMYLOSA)

Rostlinný škrob (amylum) je obsažen v buňkách jako zásobní látka. Jeho makromolekula je složena z molekul α ,D glukosy. Škrobová zrnka mají kulovitý tvar, říkáme, že struktura škrobu je *globulární*. Zrníčka škrobu jsou složena ze dvou částí – *amylosy*, která má glukosové jednotky vázané glykosidickou vazbou $\text{C}^1\text{--O--C}^4$, a *amylopektinu*, kde se navíc vyskytují glykosidické vazby $\text{C}^1\text{--O--C}^6$ a řetězec je proto rozvětvený. Obě části se od sebe liší počtem vázaných molekul glukosy a molekulovou hmotností – M_r (amylosy) < M_r (amylopektinu). Důsledkem uvedených rozdílů ve stavbě a velikosti molekul jednotlivých složek je i rozdíl ve vlastnostech. Amylosa se dobře rozpouští ve vodě, amylopektin se ve studené vodě nerozpouští, v teplé vodě tvoří koloidní roztok zv. *škrobový maz*. Obě složky se za studena barví jodem modře. Této vlastnosti se využívá k důkazu škrobu a naopak. Struktura škrobu (amylosy a amylopektinu) je uvedena níže.

Struktura amylosy – vazby C^1-O-C^4



Struktura amylopektinu – kromě vazeb C^1-O-C^4 jsou ještě vazby C^1-O-C^6



Výroba a zpracování škrobu

Škrob rostlinný je součástí rostlinných organismů a vyskytuje se v hlízách, kořenech, ovoci nebo semenech. Je tvořen zbytky α, D glukosy, které jsou spojeny 1,4 glykosidickou vazbou

(v přímém řetězci) a 1,6 glykosidickou vazbou (při větvení řetězce). Čistý škrob je bílá, pevná, ve vodě nerozpustná látka. V horké vodě tvoří koloidní roztok zv. škrobový maz. Ten se za studena barví jodem modře. Škrob se získává se převážně z průmyslových brambor (12 až 20% škrobu), z kukuřice (asi 60 % škrobu), pšenice (60 až 70 % škrobu) nebo rýže (až 75 % škrobu). Škrob se využívá v potravinářském průmyslu jako potravinářská přísada (konzumní brambory, kukuřice, obilí (mouka) nebo rýže, nebo v textilním průmyslu (úprava tkanin, škrobení prádla atd.).

Škrob se vyrábí drcením hlíz nebo semen škrobnatých plodin, propíráním vzniklé drtě vodou a sedimentací vyplavených škrobových zrněk na dně nádob. Surový škrob se dále používá k výrobě škrobového cukru (glukosa) a dále kuléru, nebo se čistí, suší, mele a používá k dalšímu zpracování - výrobě dextrinu, rozpuštěného škrobu, škrobových lepidel a v kvasném průmyslu (viz dále).

Škrobový cukr – jedná se o monohydrát glukosy $C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$, který vzniká kyselou hydrolyzou škrobu (používá se 0,5 %ní H_2SO_4) při teplotě asi $120^\circ C$ a za vyššího tlaku. Používá se k ke slazení likérů, vína, k výrobě cukrovinek, karamelu (kuléru) apod. Dokonale čistá glukosa se používá v lékařství (zdroj energie).

Karamel - je pevná hmota, křehká, nahořklá, hnědé barvy, rozpustná ve vodě na žlutohnědý roztok zv. kulér. Přípravuje se zahříváním sacharosy nebo glukosy. Používá se v potravinářství jako barvivo při výrobě cukrovinek, k barvení octa, při výrobě černého piva apod.

Dextriny – jsou polysacharidy s nižší molekulovou hmotností než škrob, částečně nebo úplně rozpustné ve vodě, nasládlé chuti, někdy zbarveny žlutohnědě. jodem se nezbarvují modře. Získávají se nejčastěji pražením suchého škrobu na teplotu ne vyšší než $220^\circ C$, kdy se velké makromolekuly škrobu štěpí na jednodušší polysacharidy s kratším řetězcem. Tento proces probíhá např. při pečení chleba nebo pečiva. Dextriny se používají k výrobě rostlinných klišů nebo lepidel.

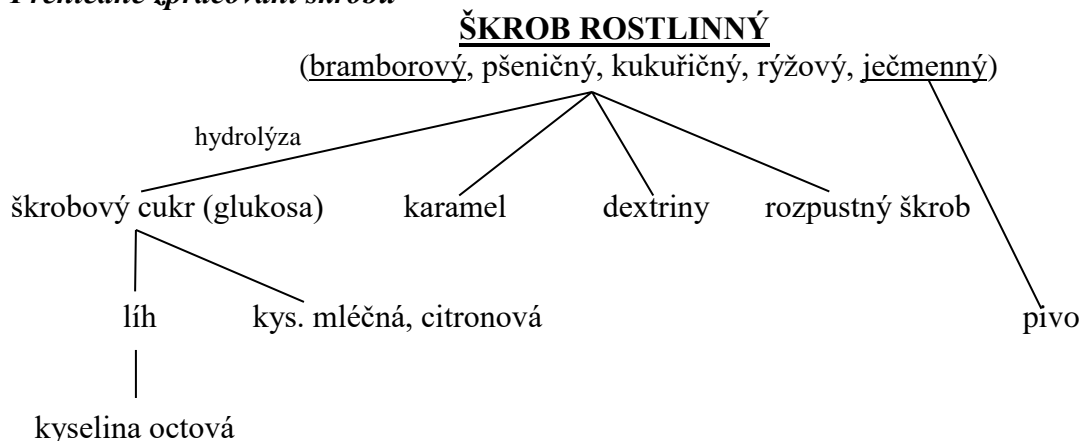
Rozpuštěný škrob – bílá látka, rozpustná ve vodě na čirý roztok. Vzniká zahříváním škrobového mazu nebo hydrolyzou škrobu účinkem zředěných minerálních kyselin za chladu nebo enzymaticky (enzymem amylázou). V principu se jedná o štěpení rozvětvených řetězců amylopektinu na jednodušší, rozpustnou složku škrobu – amylosu.

Jiné polysacharidy:

Inulin – je polysacharid tvořený D-fruktosovými jednotkami. Je obsažen v hlízách čekanky, topinamburů a jiřin. Je to bílá, ve vodě rozpustná látka. Nereaguje s Fehlingovým roztokem, nebarví roztok jodu.

Glykogen – je zásobní látkou u živočichů. Hromadí se v játrech. Enzymatickou hydrolyzou se štěpí postupně až na glukosu.

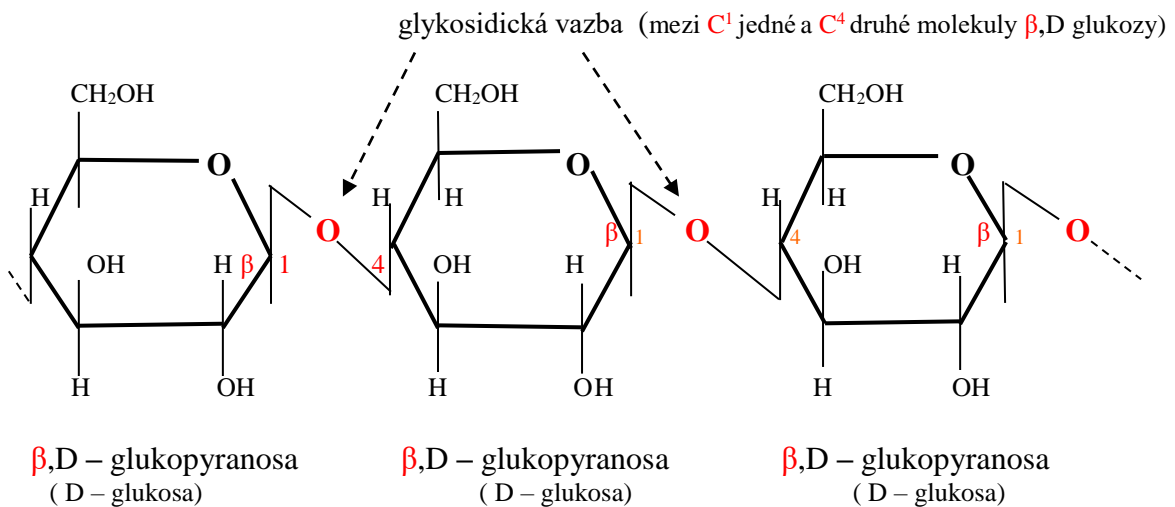
Přehledné zpracování škrobu



CELULOSA

Celulosa neboli buničina* je polysacharid rostlinného původu, tvoří podstatu buněčné blány rostlinných buněk. Makromolekula je větší než u škrobu. Je tvořena jednoduchými molekulami β ,D glukosy, spojenými 1,4 glykosidickou vazbou. Makromolekulární řetězec celulosy je na rozdíl od škrobu přímý, proto struktura celulosy je rovná, vláknitá. Je ve vodě nerozpustná, hydrolyzuje minerálními kyselinami nebo enzymaticky obtížněji než škrob až na monosacharidy (hlavně na glukosu). Přírozenou, téměř čistou celulosou jsou rostlinná textilní vlákna jako bavlna, len, konopí a juta. Příkladem čisté vyrobené celulosy je filtrační papír nebo vata. Jako surovina se uplatňuje zejména při výrobě papíru, umělého hedvábí a dusičnanů celulosy.

Struktura řetězce celulosy – vazby C^1-O-C^4 mezi molekulami β ,D glukosy



Výroba a zpracování celulosy

Výroba celulosy

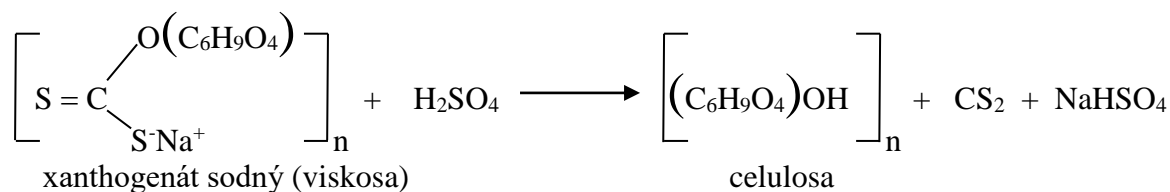
Celulosa se vyrábí ze dřeva, někdy také z rákosu, slámy apod.. Dřevo obsahuje asi 50% celulosy, dále lignin (vysokomolekulární látky fenolické povahy - asi 30%), hemicelulosy (polysacharidy s menší molekulou - 10 až 14%) a ostatní látky (bílkoviny, pryskyřice, sílice, tuky, vosky a jiné). Obsah jednotlivých složek je odlišný a mění se podle typu dřeva (nejčastěji se používá dřevo smrkové, méně bukové).

Dřevo se zpracovává:

- částečnou hydrolyzou nižších polysacharidů při zvýšené teplotě a tlaku na fural, aceton, kys. mravenčí a octovou,
- úplnou hydrolyzou minerálními kyselinami až na monosacharidy glukosu (vhodnou pro potravinářské účely), galaktosu a další. Ty se dále zkvašováním mění až na líh.
- na celulosu odstraněním lignitu tzv. delignifikační reakcí s hydroxidem sodným nebo hydrogensířičitanem vápenatým $Ca(HSO_3)_2$, příp. hořečnatým.

Princip výroby celulosy je založen na odstranění ze dřeva všech látek, které celulosu doprovázejí. Dřevo se rozseká na drobné kousky zvané *štěpky*, které po rozmíchání ve vodě se vaří s roztokem činidla. Doprovodné látky se účinkem činidla převádí do roztoku a filtrací se oddělí od nerozpustné celulosy. Podle použitých činidel známe celkem 3 způsoby výroby celulosy:

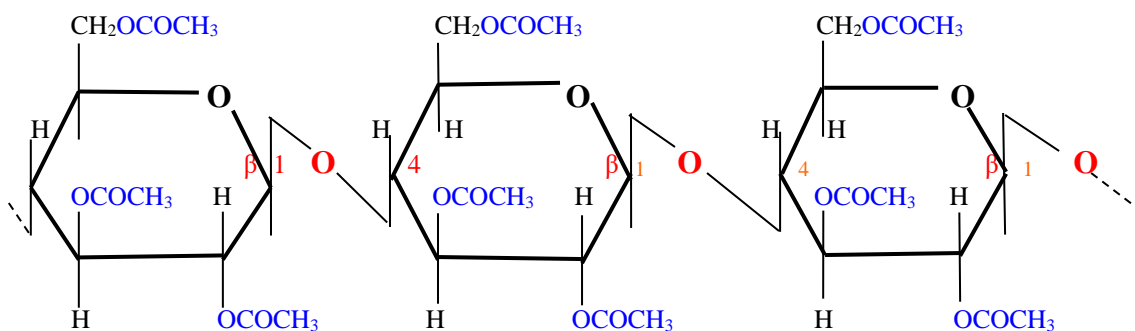
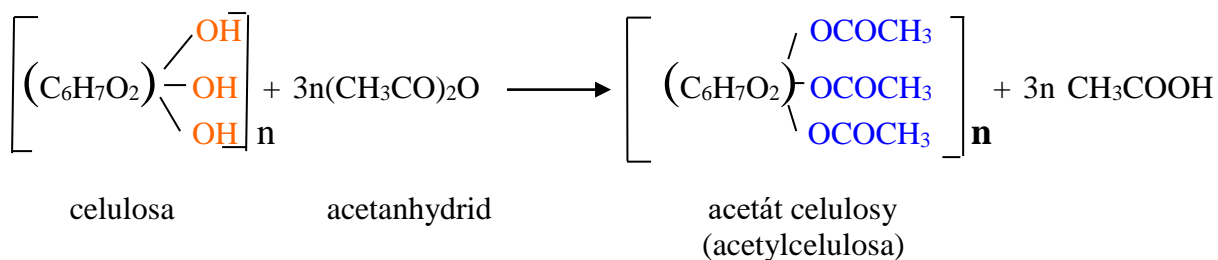
1. nejstarší *natronový* způsob – používá se 10 až 20% roztok NaOH (*natronová celulosa*). Buničina je hnědá, používá se na tuhé balící papíry, lepenkové krabice a na výrobu umělého viskosového hedvábí.



Z viskosy se dále vyrábí

- **celofán** – protlačováním viskosy štěrbinou na otáčivý buben ve srážecí lázni, a
- **umělá stříž (umělá vlna)** – vlákna se nastříhají na kratší vláčeky, zbaví se lesku a zkrutí, aby byla podobná vlně.

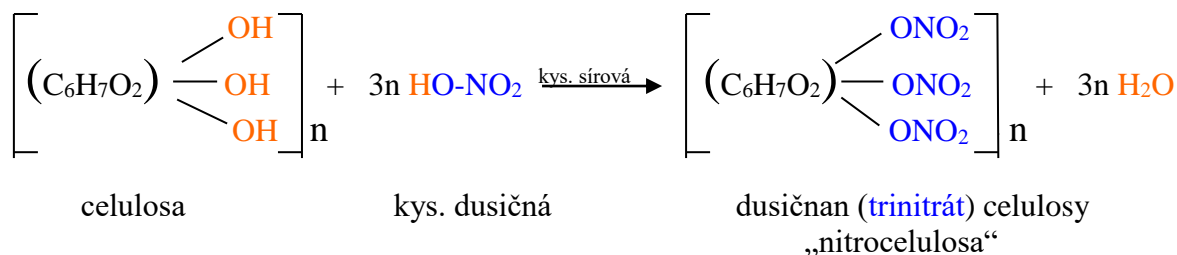
Acetátové hedvábí – celulosa se reakcí s acetanhydridem převede na acetylcelulosu a rozpustí v acetonu. Proces acetylace znázorňuje rovnice:

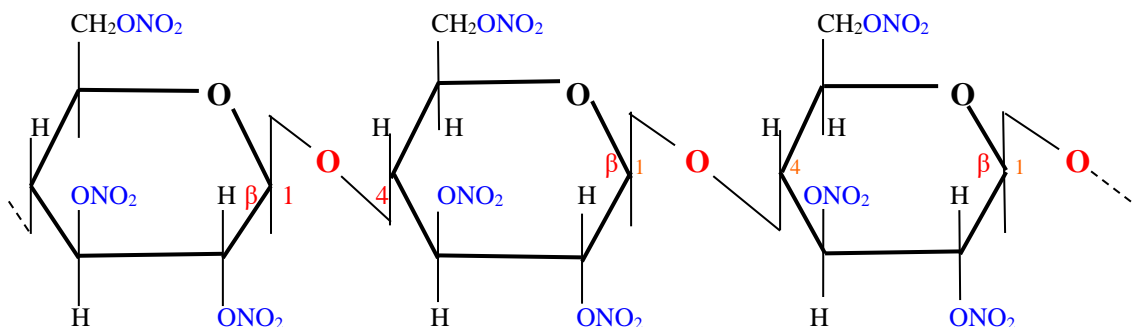


Vzniklý roztok se protlačuje ve tvaru vláken do horkého vzduchu nebo do vody. Pevná vlákna se dále zpracovávají textilní technologií. Ve formě pásů se acetylcelulosa používá na výrobu nehořlavých filmů a jako náhražka celulozidů.

Dusičnany celulosy

celulosa reakcí s nitrační směsí se mění na **dusičnany celulosy**, které podle reakčních podmínek obsahují do 12% dusíku (nízkonitrovaná celulosa) nebo od 12 do 14 % dusíku (vysokonitrovaná celulosa).





Dusičnany celulosy jsou v suchém stavu snadno vznětlivé, někdy i výbušné. proto se nezpracovávají na vlákna, ale podle obsahu dusíku na *kolodium* (kolem 10 % N) a *střelnou bavlnu* (12 – 13 % N), která slouží k výrobě *bezdynného střelného prachu* a jiných výbušnin.. Kolodium je dusičnan celulosy rozpuštěný v alkoholu a etheru. Přidáním kafru vzniká *celuloid*. Kolodia používáme na výrobu laků, celuloidu na výrobu drobných předmětů (např. pravítek, míčků) nebo filmových pásů (z důvodu snadné hořlavosti dnes už se nahrazuje acetylcelulosou).

Schematicky přehled zpracování celulosy

