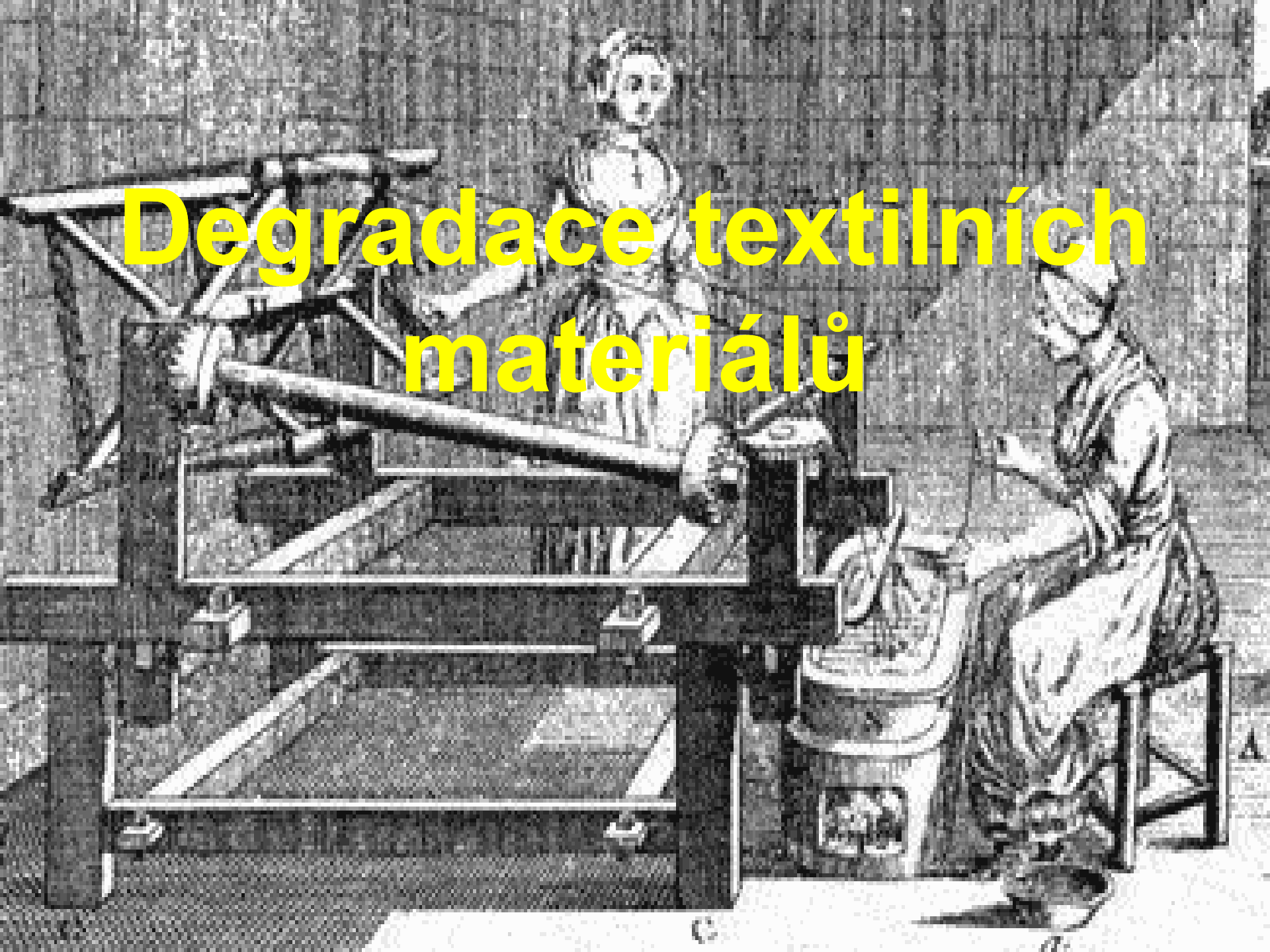


Degradace textilních materiálů



Klasifikace vláken

1. *přírodní*

celulóza

proteiny (keratin, fibroin + sericin)

2. *hutnicky vyrobená*

kovová (Au, Ag, Cu)

nekovová (sklo)

3. *polosyntetická* (přeměnou přírodních surovin)

celulóza (umělé hedvábí, buničitá stříž)

proteiny (vlákna na bázi kaseinu)

4. *syntetická vlákna*

polyamidová (silon, dederon, nylon)

polyakrylonitrilová (orlon, drakon)

polyesterová (terylene)

PVC

Rostlinná vlákna

- ***Bavlna*** (semena bavlníku)
- ***Len*** (stonky lnu)
- ***Konopí*** (stonky konopí)
- ***Kopřiva*** (stonky kopřivy)



Ostatní rostlinné materiály

Juta (stonky jutovníku, *Corchorus capsularis*) – J a JV Asie, J Amerika

Kapok (tobolky, rod *Bombaceae*) – J Asie, V Afrika, J Amerika

Ramie (stonky čínské trávy, *Boehmeria*) – JV a V Asie

Kenaf (stonky ibišku konopného, *Hibiscus cannabinus*) – JV Asie

Sunn (stonky bengálského konopí, *Crotolaris juncea*) – J Asie

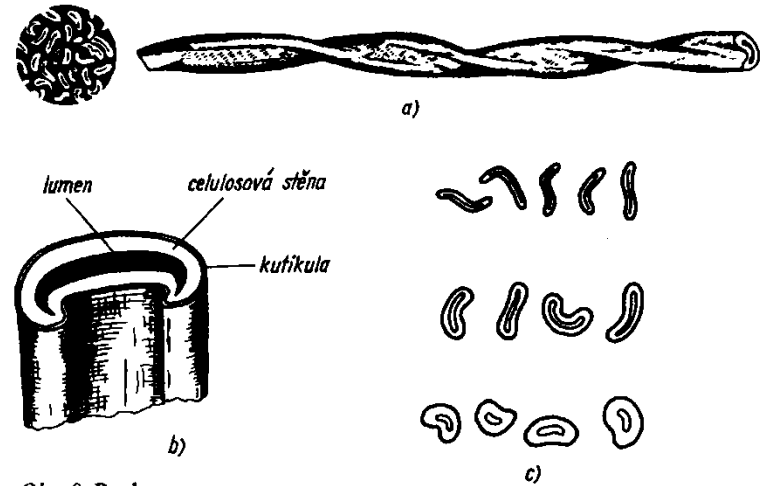
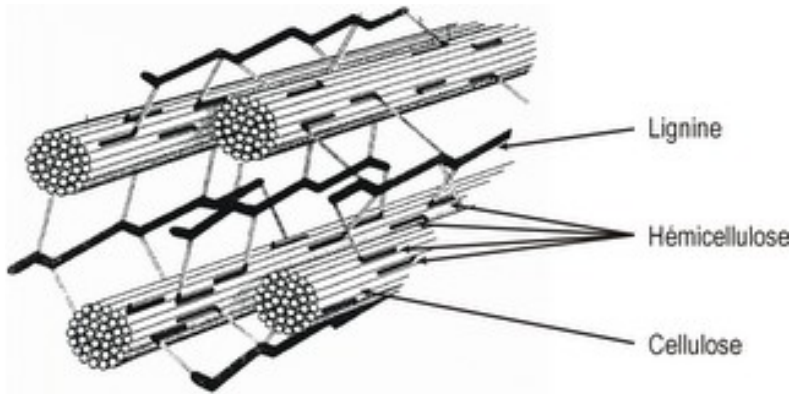
Sisal (listy, *Agave sisaliana*) – J Amerika, Afrika, Asie

Novozélandský len (listy, *Phormium tenax*)

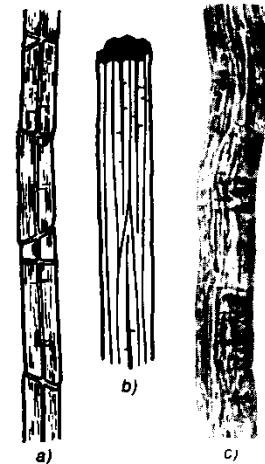
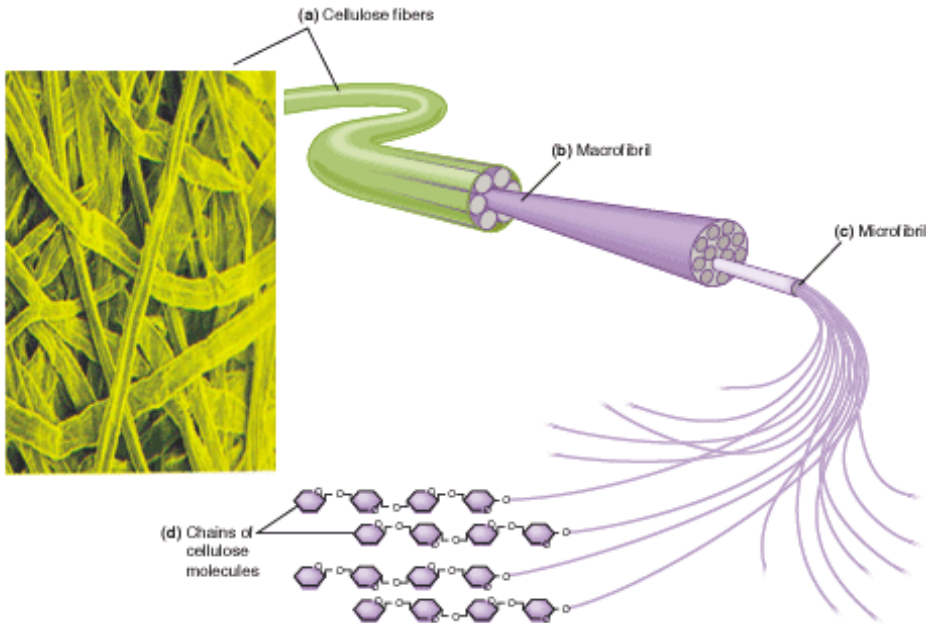
Abaka (listy *manilského konopí*, *Mussa textilis*) – Filipíny, Indonésie, Indie

Kokosová vlákna (plody, *Cocos nucifera*) – Sri Lanka

Rostlinná vlákna



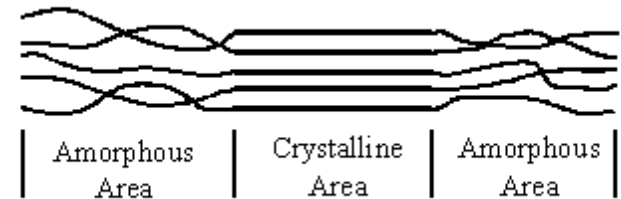
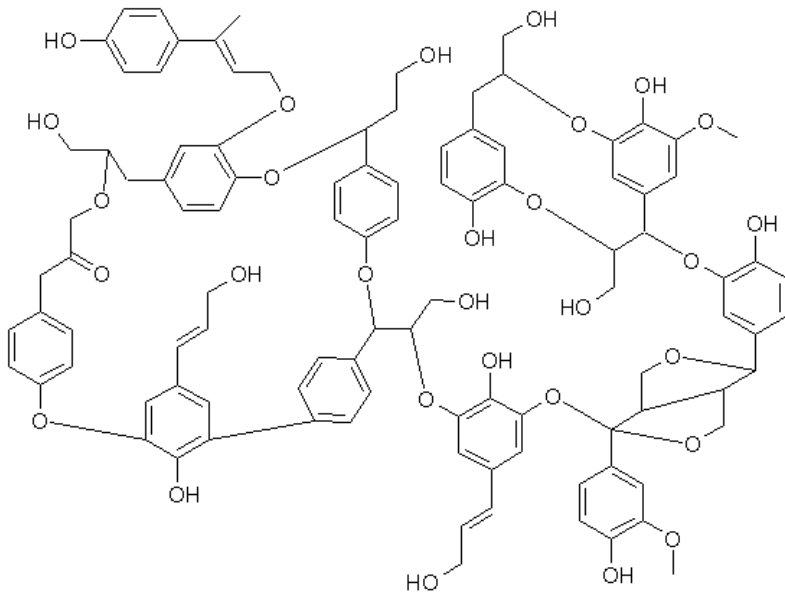
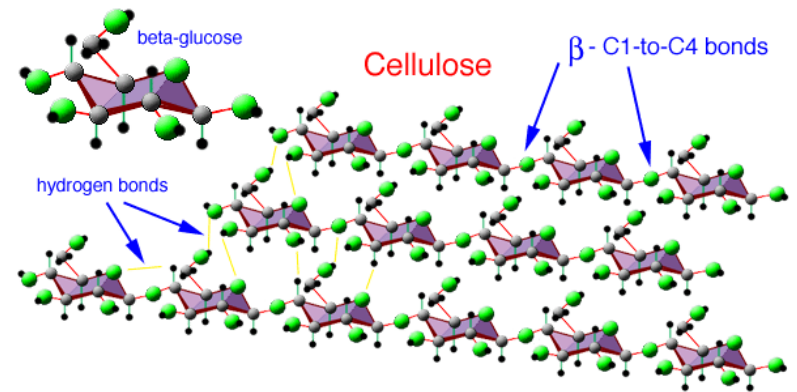
Obr. 9. Bavlna
 a – vlákno bavlny, b – řez vláknem, c – tvary vláken v průřezu



Obr. 16. Vlákno lnu
 a – kolénka (schematicky), b – štěpitelný svazek technického vlákna (schematicky), c – snímek vlákna lnu

Chemie rostlinných vláken

- Celulóza Bavlna (92% celulózy)
 Len (81% celulózy)
 Konopí (74% celulózy)
 Juta (72% celulózy)
- Lignin



Živočišná vlákna

- Vlna ovčí
- Mohér (srst kozy angorské)
- Kašmír (srst kozy kašmírské)
- Velbloudí srst
- Srst lamy a alpaky
- Srst jaka



Vlněná vlákna

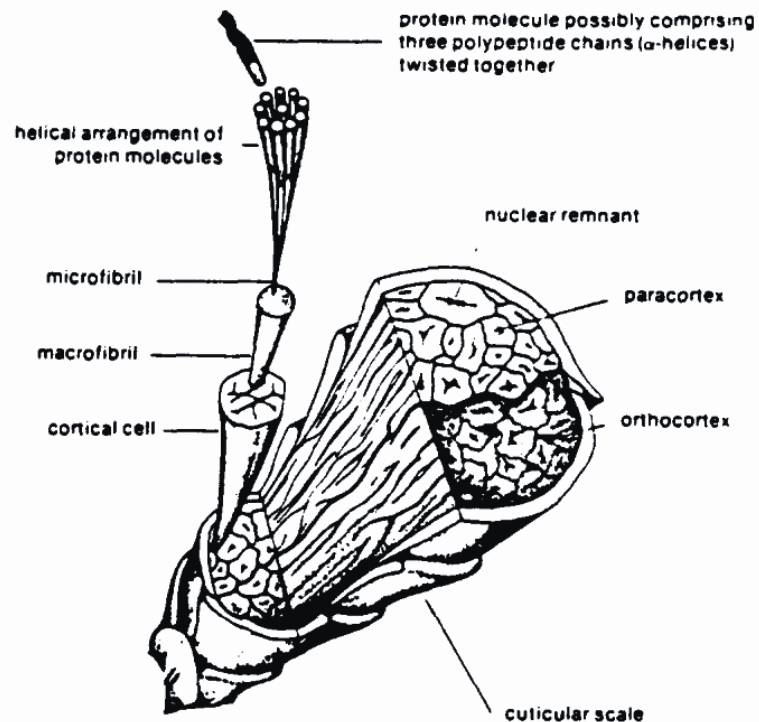
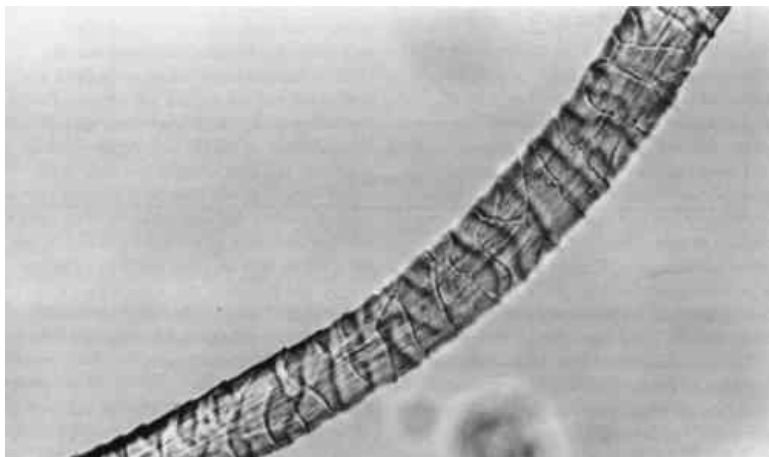
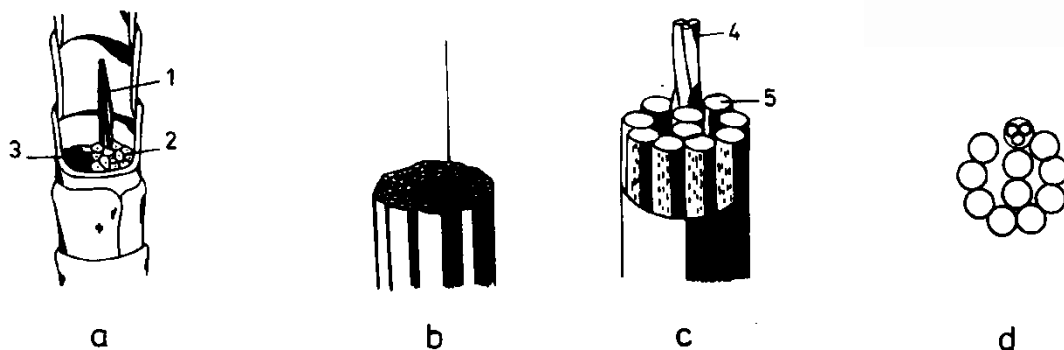


Fig. 1. Schematic drawing of a wool fibre.

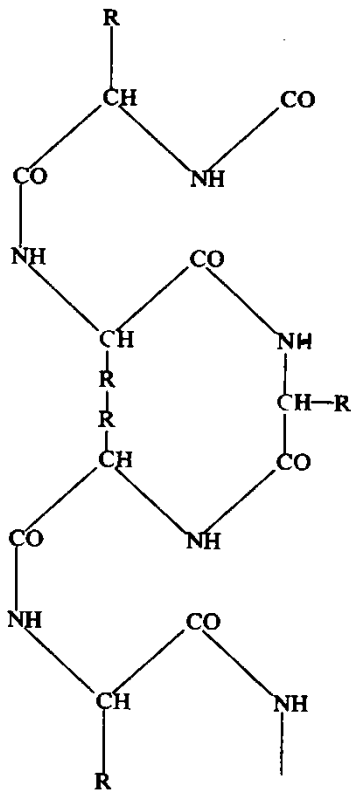


Lanolin

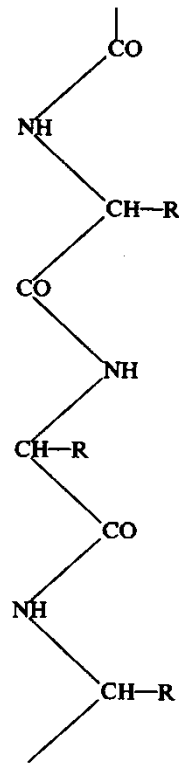
Obr. 2-27. Štruktúra vlny

a – vlákno vlny, *b* – fibrila, *c* – mikro fibrila, *d* – prierez mikro fibrilou (2+9 protofibril); 1 – bunka kortexu, 2 – ortokortex, 3 – parakortex, 4 – tri- α -závitnica, 5 – protofibrila

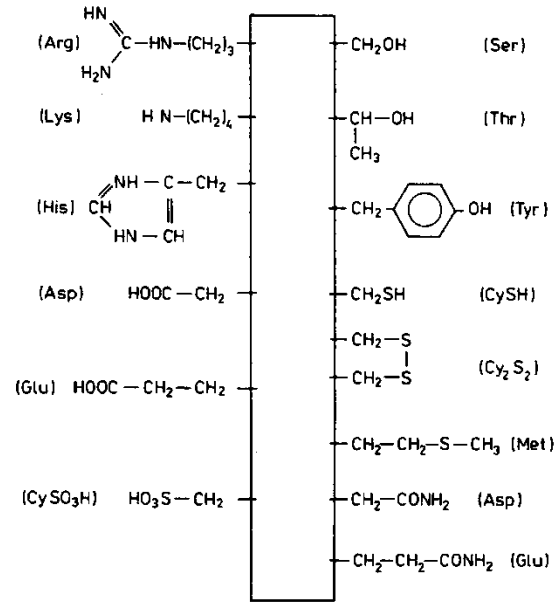
Chemické složení vlny



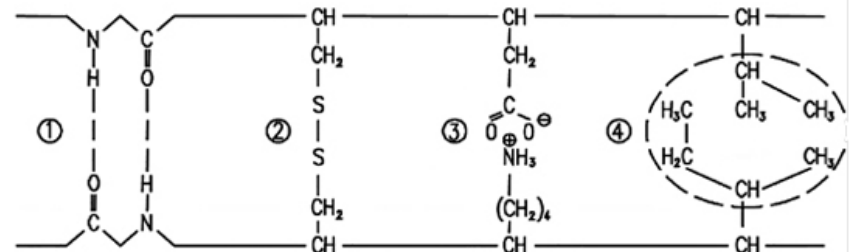
α -keratin



β -keratin



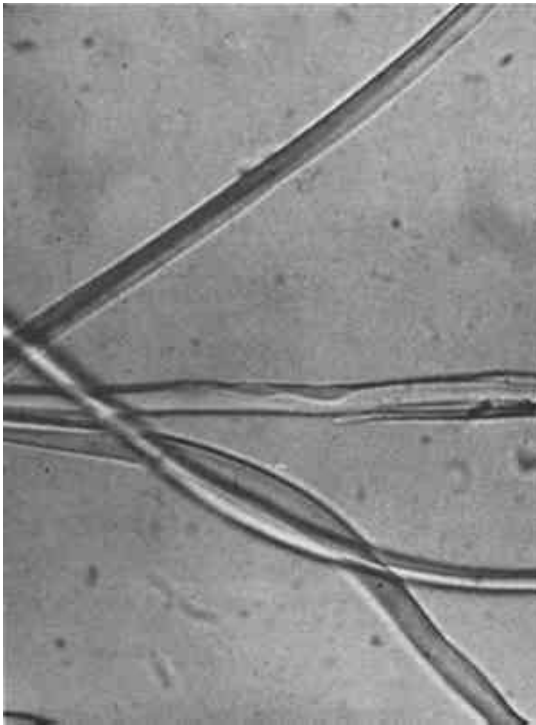
Obr. 2-28. Reaktivní místa bočných řetězců aminokyselin v keratině vlny



1. Hydrogen bridges between peptide groups (polar bond)
2. Cystine bridge (covalent bond)
3. Salt bridge between an asparagine and lysine side chain (ionic bond)
4. Hydrophobic bond between a rest of valine and isoleucine (non-polar bond). The broken ellipse shows the part where the water is displaced.

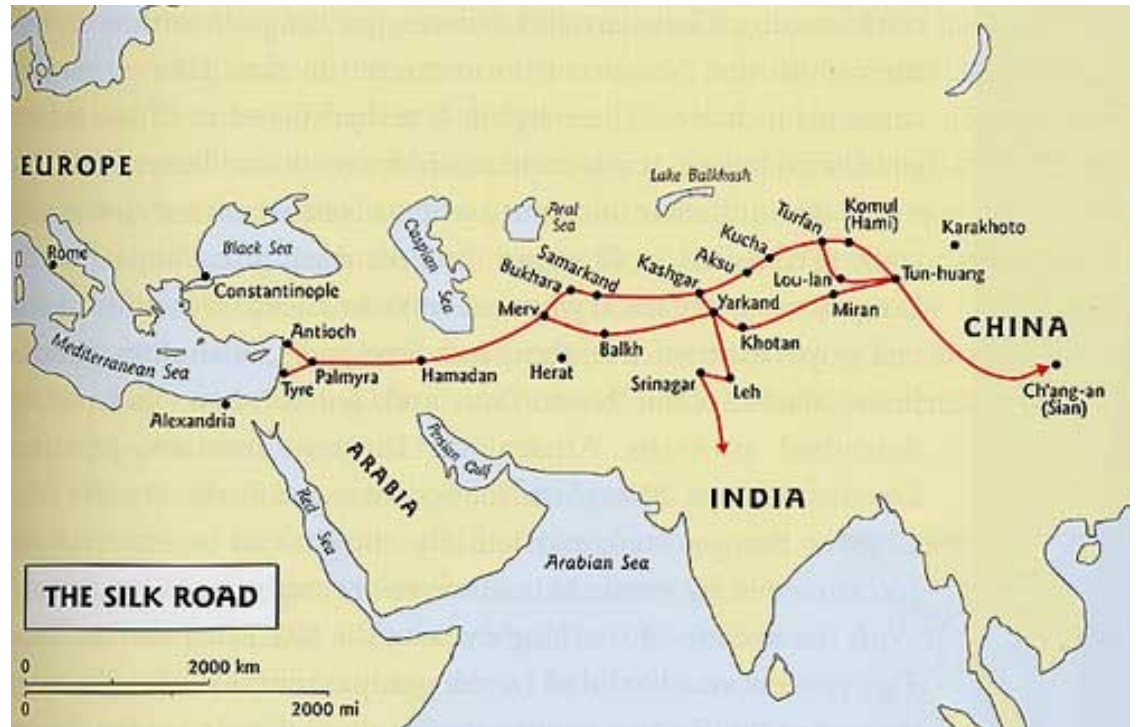
Hedvábí

- hedvábník
- kokony (zámotky)
- **odklížená** vlákna

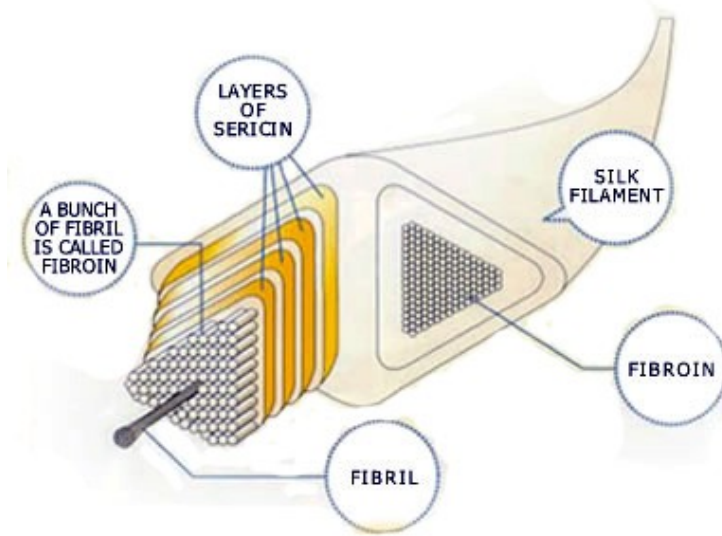


Hedvábí

výchozí surovina pro atlasové, brokátové a vlasové typy tkanin (samet, koberce)



Chemické složení hedvábí



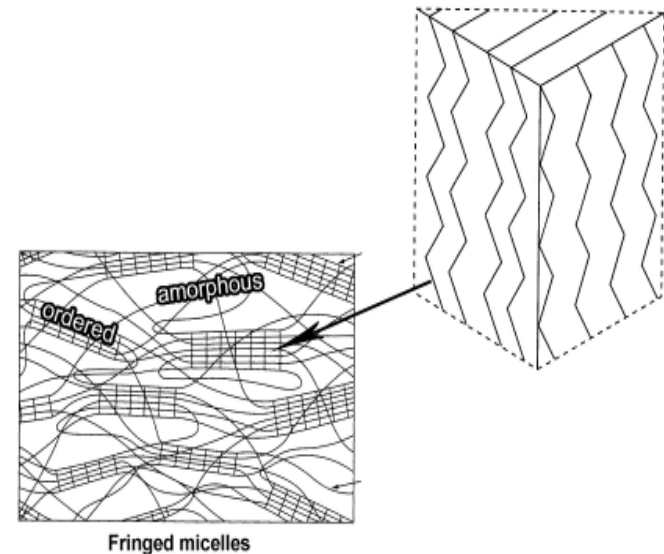
Tabuľka 11.1. Aminokyselinové zloženie (%) fibroínu niektorých druhov prírodného hodvábu (Hearle 1966, Keil a Šormová 1959)

Aminokyselina	<i>Bombyx mori</i>	Tussah <i>Caligula</i>	Tussah II	<i>Anaphe</i>	<i>Chrysopa flava</i>
Glycín	43,58	23,6	23,9	41,7	23,5
Alanín	29,6	39,4	47,2	52,1	50,2
Serín	11,67	10,47	14,80		40,7
Kyselina asparágová	1,35	4,2	7,5		3,0
Kyselina glutámová			1,46		
Tyrozín	4,79	4,35	10,6		
Histidín	0,44	2,23	1,55		
Arginín	1,73	9,23	5,41	2,1	1,8
Prolín	0,39	0,28	0,43		
Tryptofán	0,38	1,99	2,74		
Lyzín			0,17		
Leucín a izoleucín			1,27		
Fenylalanín			1,06		
Treonín			0,2		

Proteiny hedvábí

- fibroin (76%) - z 15 různých aminokyselinových řetězců spojených do formy skládaných listů. V krystalinních segmentech hedvábí se tyto listy objevují v pravidelném trojrozměrném uspořádání.

- sericin (22%) – glycin, alanin, tyrosin, leucin.



Kovová vlákna a kryté nitě

Zlatá

Stříbrná

Měděná a mosazná

Hliníková

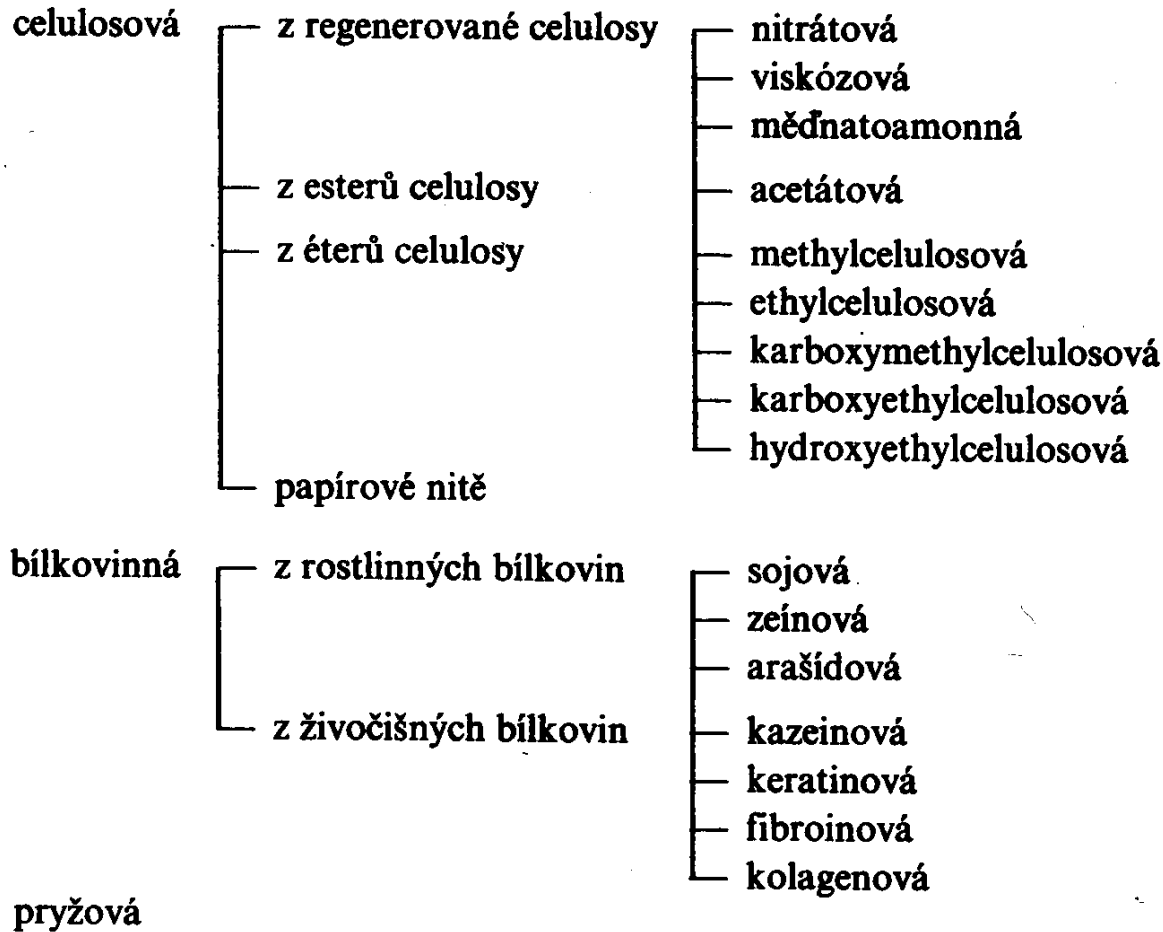


Fig. 5 Gew 370:
Silver coated mem-
brane strip wound
around a linen core



Fig. 6 Gew 582: Copper strip wound around a linen core

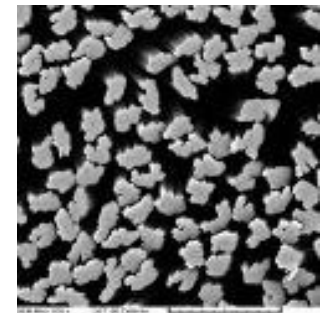
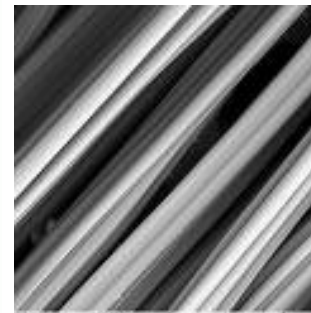
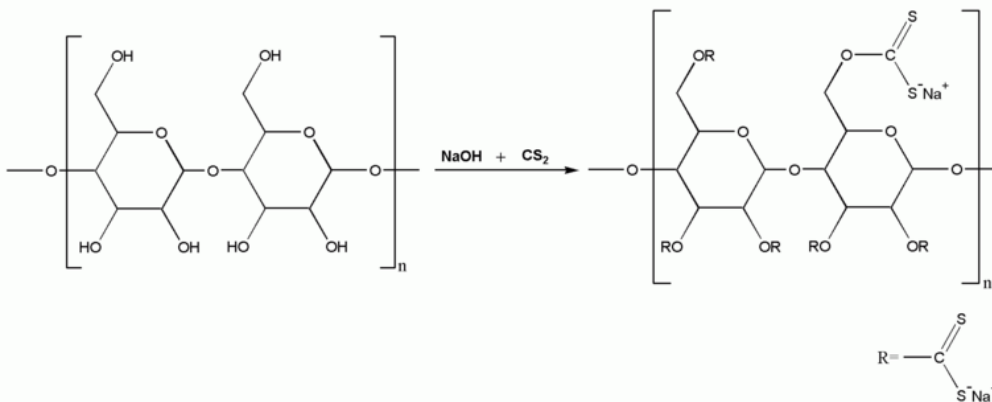
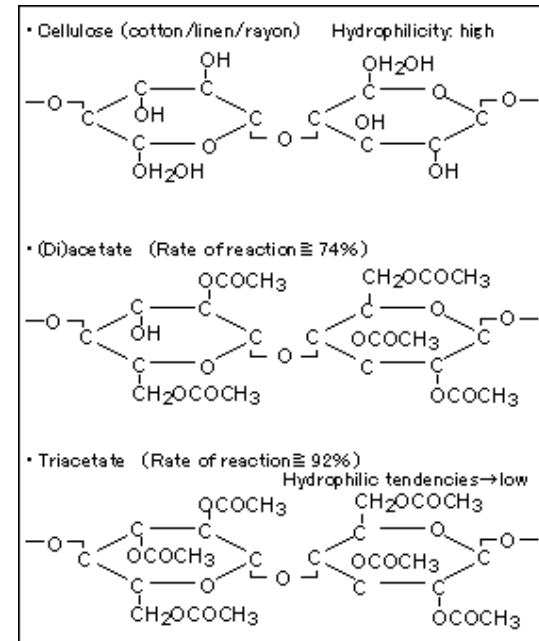
Polosyntetická vlákna



Upravená vlákna na bázi celulózy

(rayon)

- *Chardonetovo hedvábí (nitrocelulóza)*
- *Měďnaté (bemberské) hedvábí*
- *Acetátové hedvábí (acetát celulózy)*
- *Viskózové hedvábí (xanthát celulózy)*

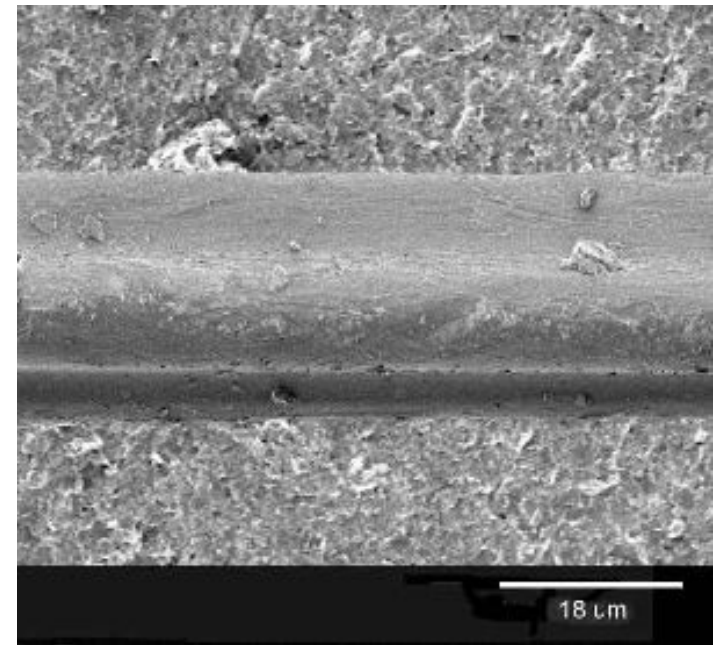


Syntetická vlákna

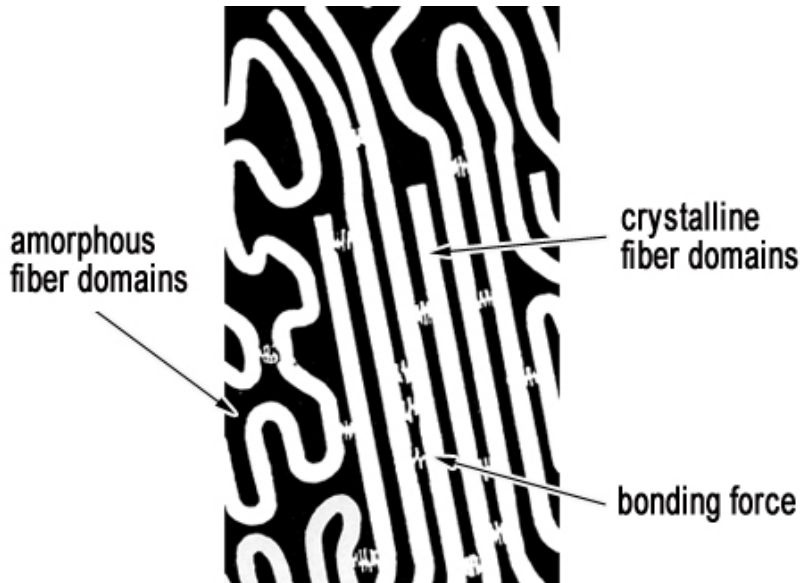
crystalline fiber domains → tensile strength
elasticity

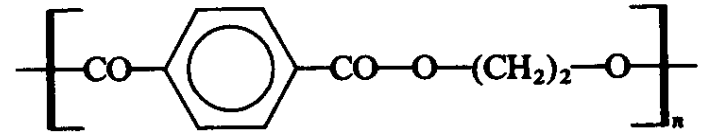
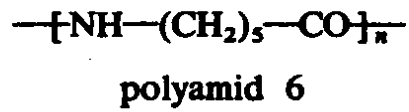
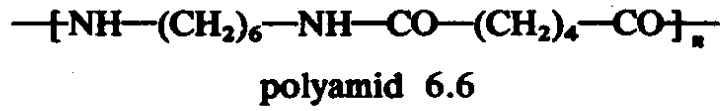
cause

amorphous fiber domains → flexibility
water absorption
colorability

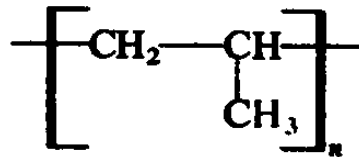


polyamid

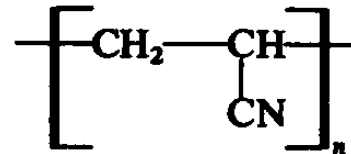




polyester



polypropylen



polyakrylonitril

Polyurethan

PVC

Směsný a kombinovaný textil

Předivo: vlákna, stříž, hedvábí
ve směsích o stejných délkách
Konopí + len (motouzy - knihy)
Len + bavlna (dlouhé + krátké)
Bavlna + viskóza **s**
Juta + viskóza **s**
Vlna + polyamid **s**
Len + polyester **s**
Viskóza **h** + polyester **h**
Polyakrylonitril **s** + PVC **s**
Vlna + viskóza **s** + polyester **s**

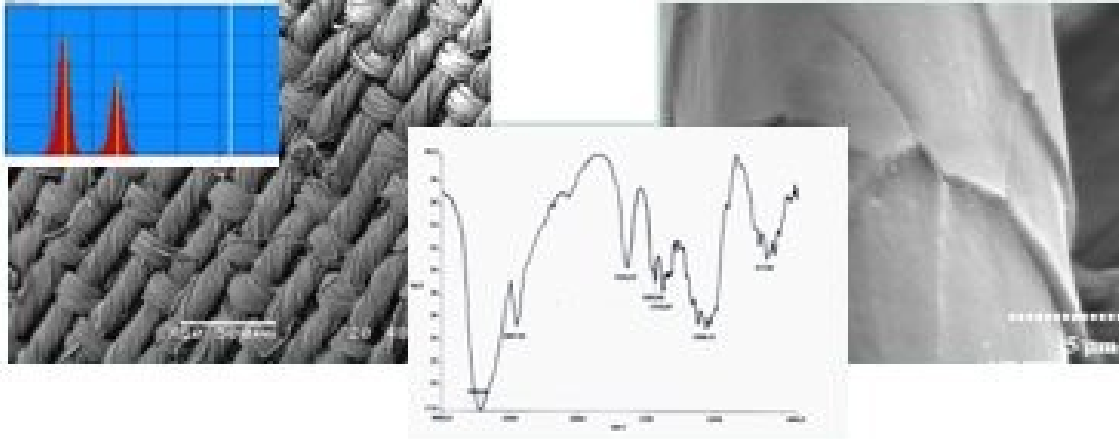


Světský a liturgický **oděv**

Dracoun = krytá **nit**, která vzniká obtáčením velmi tenkého kovového drátku nebo plátku kolem hedvábného, lněného nebo bavlněného jádra (středové nitě – duše). Útvar také nazývaný jako leonské předivo (nitě).

Brokát = hedvábná **tkanina**, se vzory protkávanými kovovými drátky, lamelami nebo krytými nitěmi (nitěmi skanými z přírodních středových nití obtočených zpravidla drahými kovovými vlákny – stříbrnými, zlatými, postříbřenými nebo pozlacenými); nejprve se dovážela z Orientu, později se vyráběla i v Evropě (Francie, Itálie).

Analytické metody

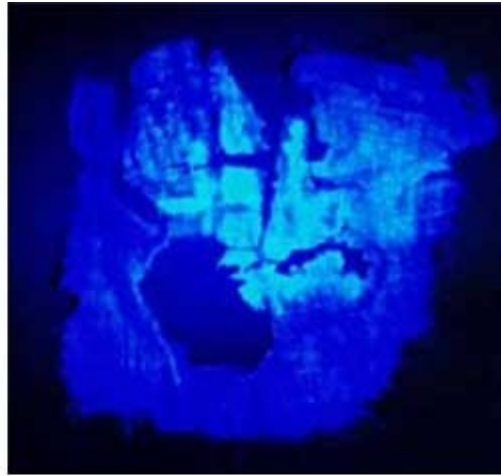


Fotografie



Textilie kultury Hopewell
(pohřebiště Ohio Seip, J Ohio).

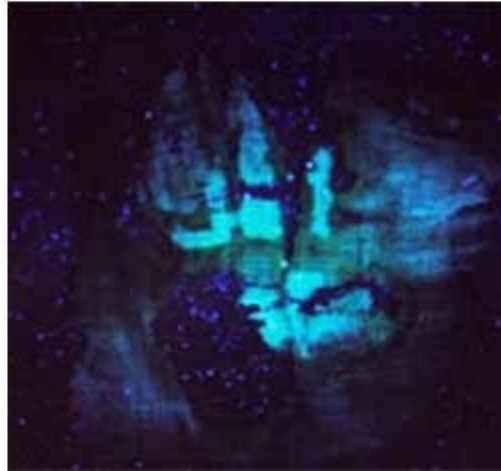
fotografie v simulovaném
denním světle (vlevo nahoře)



fotografie v odraženém
ultrafialovém světle (vpravo
nahoře)

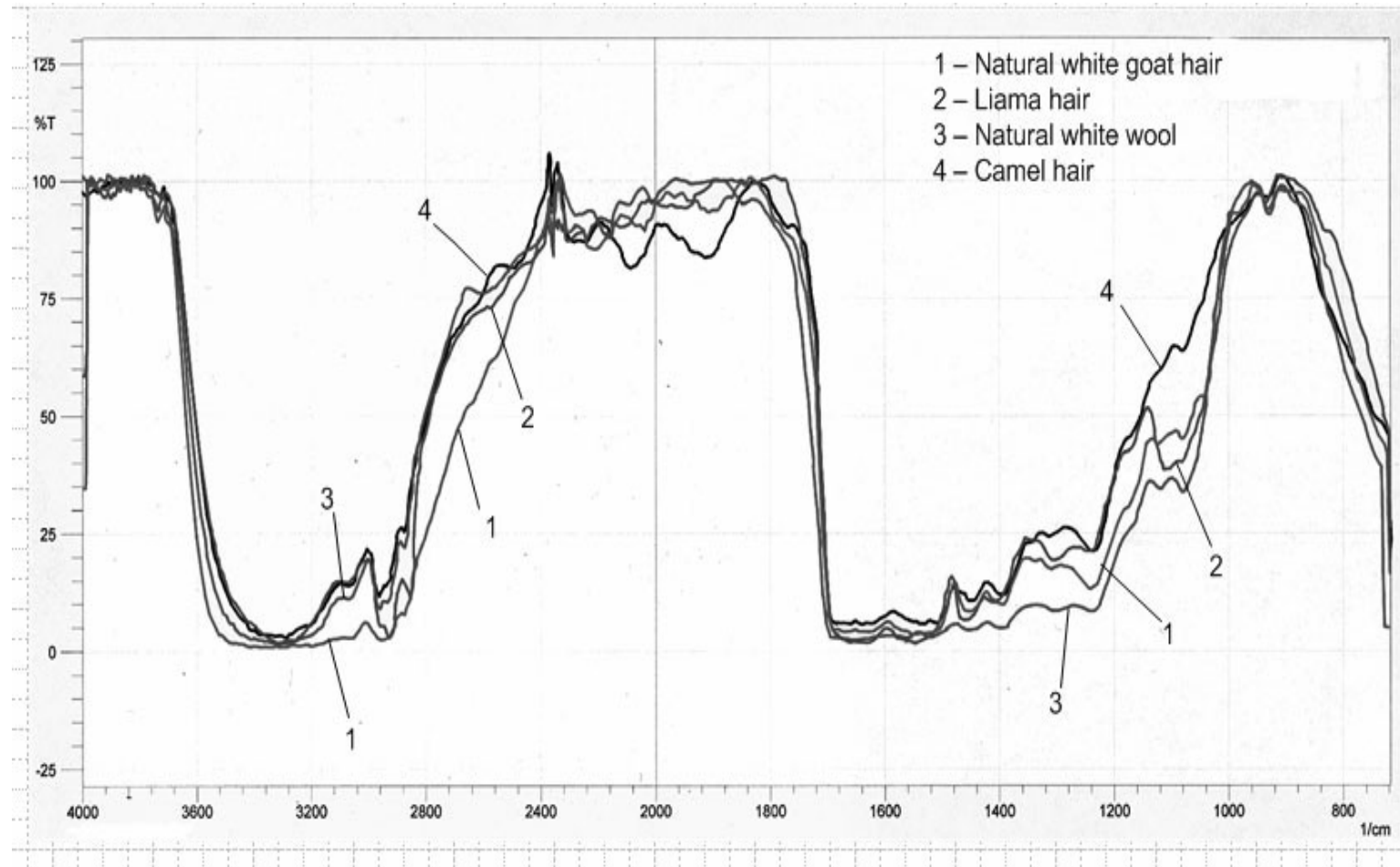


ultrafialová fluorescence (vpravo
dole)

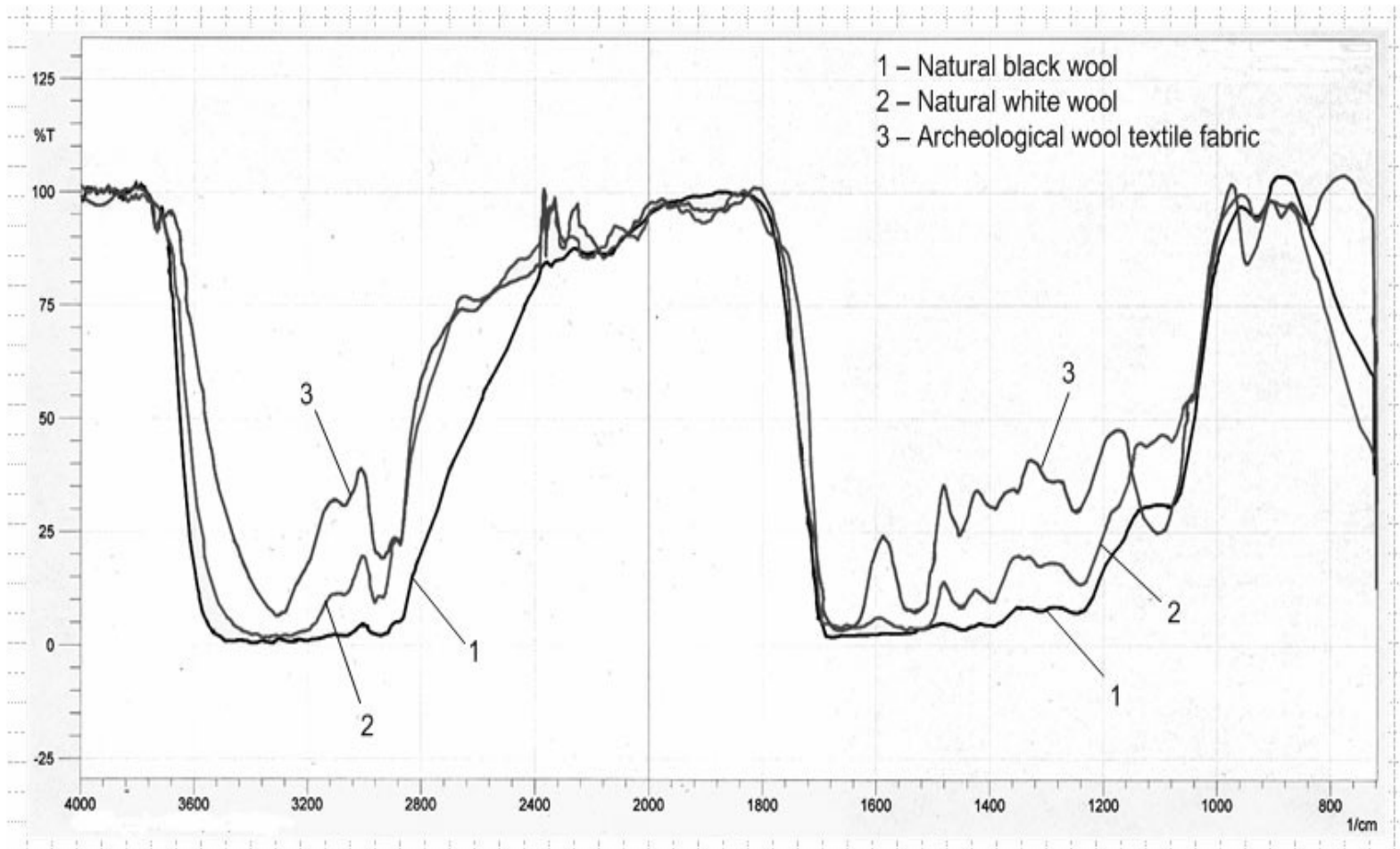


fotografie v infračerveném světle
(vlevo dole)

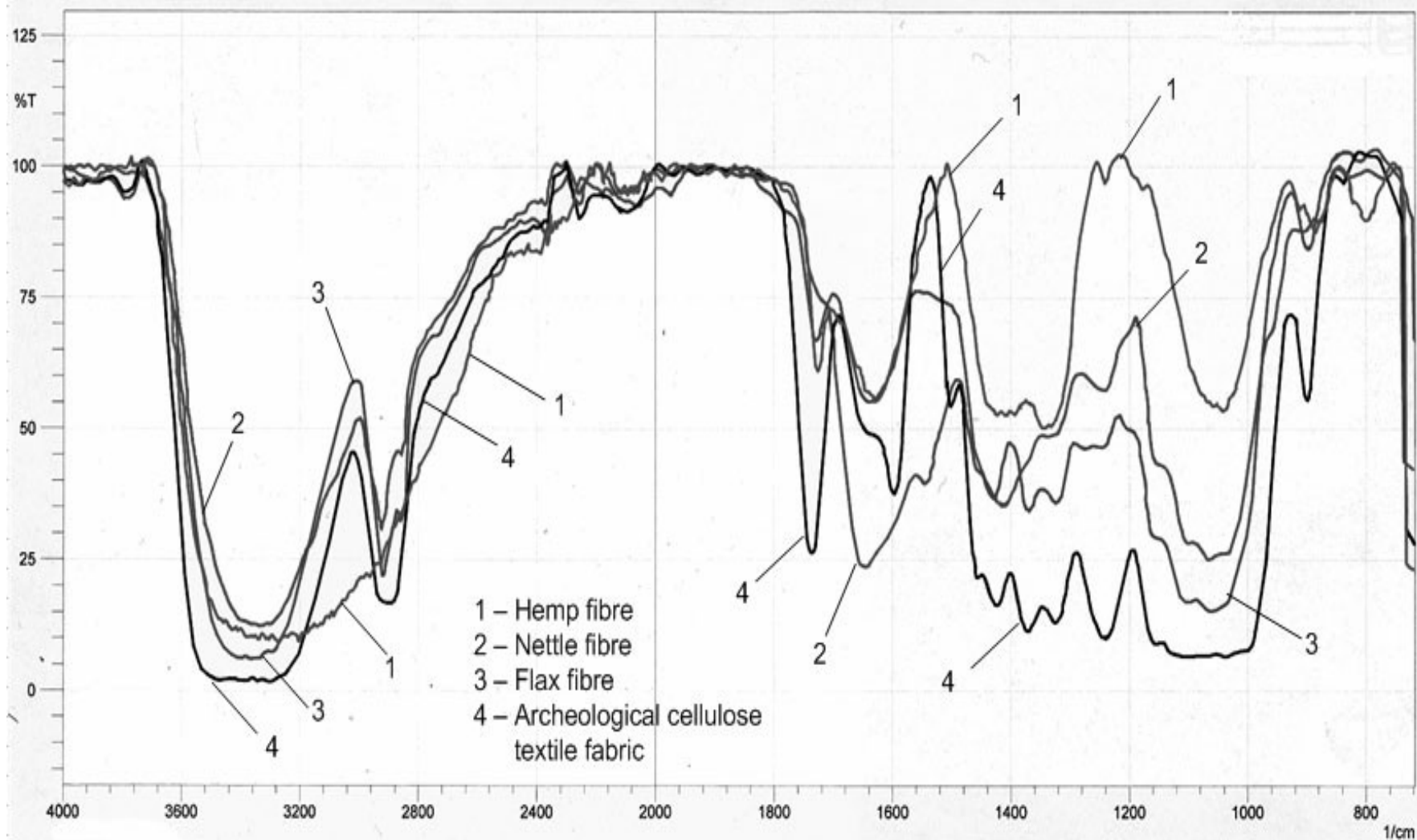
Infračervená spektrometrie



Infračervená spektrometrie



Infračervená spektrometrie



Infračervená spektrometrie

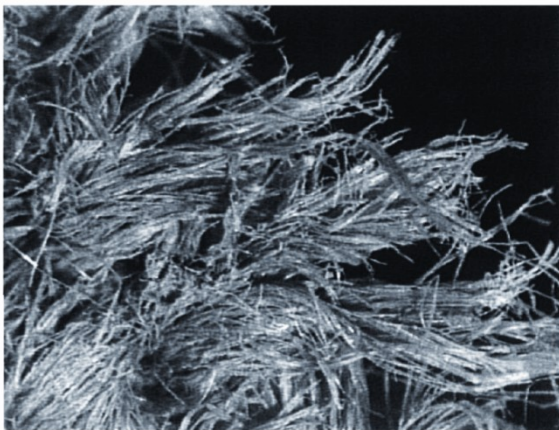


FIG. 2. Fiber damage to linen fabrics in highly colored area (enlargement 6 \times).

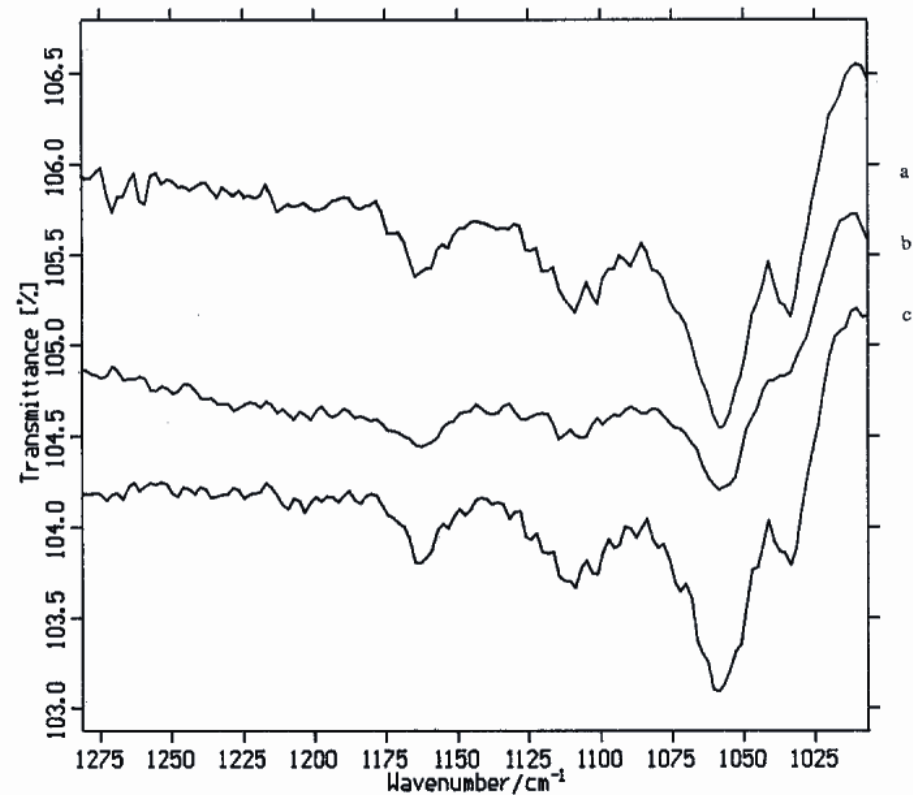


FIG. 6. Stack-plot of the infrared spectra for crystalline material (as KBr disks) from (*a* and *b*) Egyptian mummy linen samples, and (*c*) Kasr-el-Yahud linen sample; wavenumber region 1000–1280 cm^{-1} .

Infračervená (IR) mikroskopie

IR obrázek vlákna z Monvelle (Monsanto)

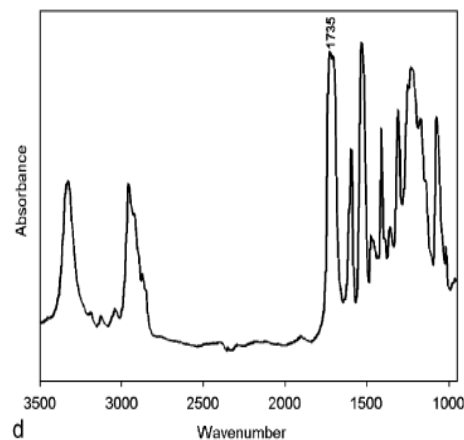
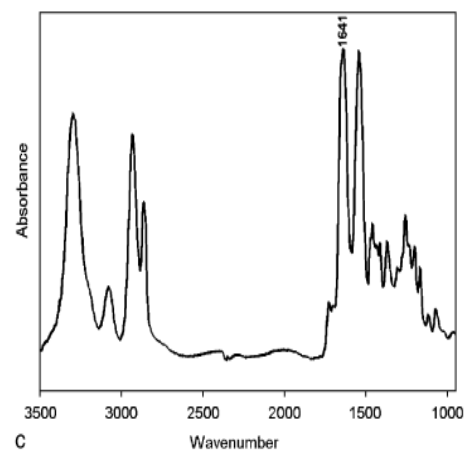
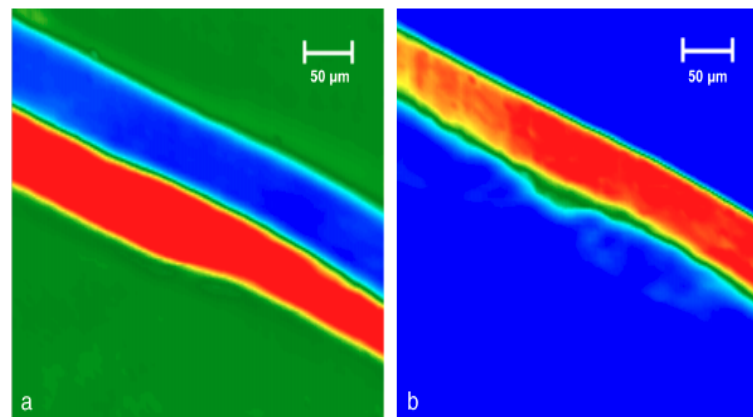
(a) zobrazení při 1641 cm^{-1}

(b) zobrazení při 1735 cm^{-1} .

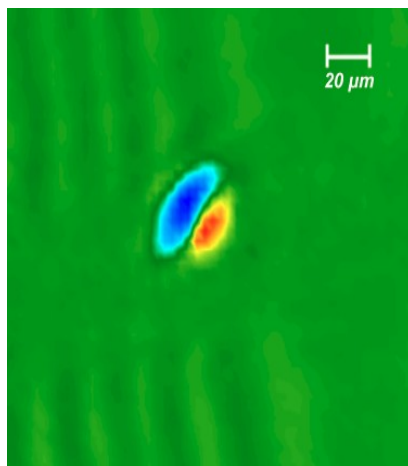
Infračervené spektrum

(c) nylon (dolní vlákno a, b)

(d) polyurethan (horní vlákno a, b)

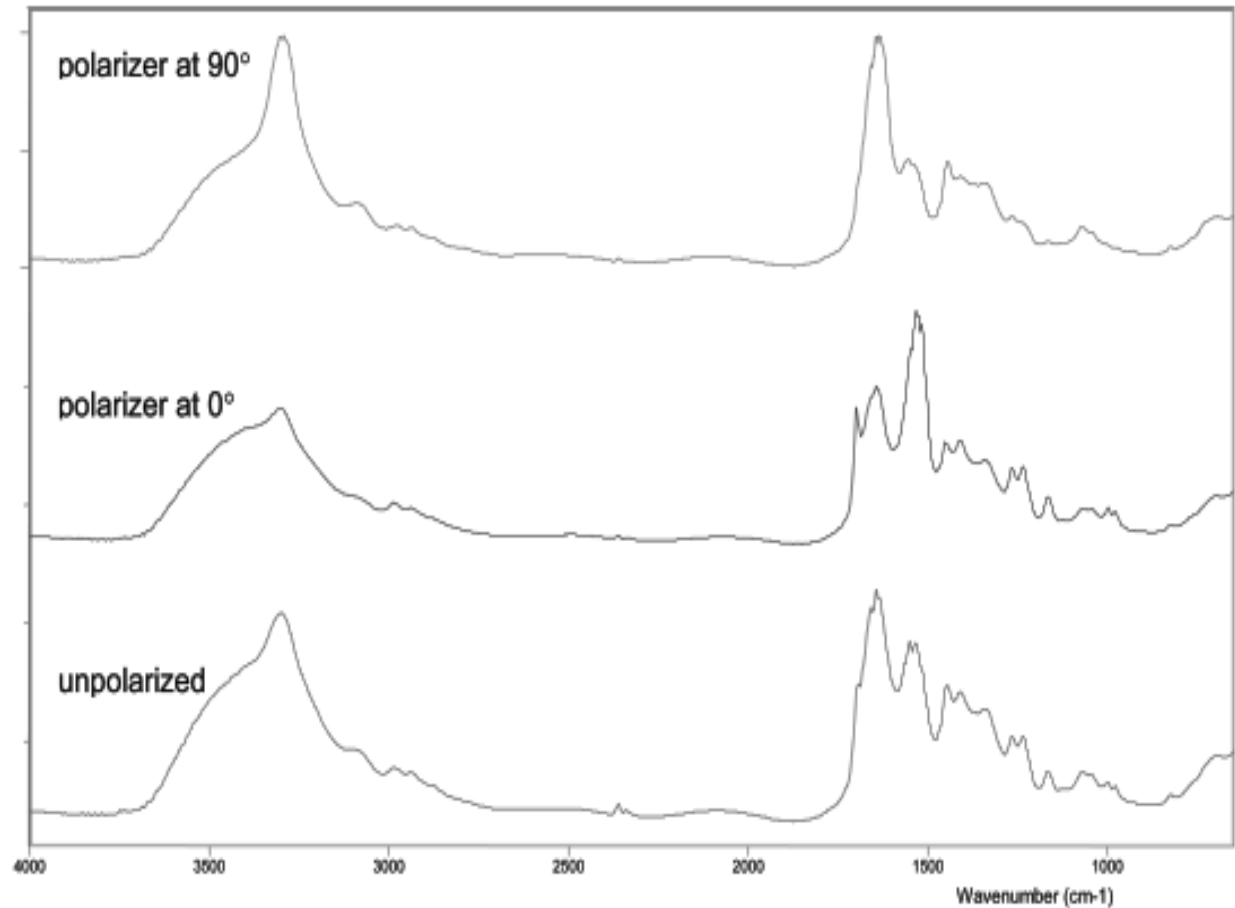


IR obrázek (1648 cm^{-1})
řezu vlákna z Monvelle
(Monsanto)



IR spektrometrie v polarizovaném světle

Nepolarizované a polarizované IR absorbanční spektrum vlákna hedvábí (nález z Famen). Pík amid I (1615 cm^{-1}) dominuje ve standardním spektru v oblasti „otisku palce“. V tomto případě, odezva na polarizované záření indikuje malý stupeň uspořádání fibroinu podél osy vlákna.



Ramanova spektrometrie

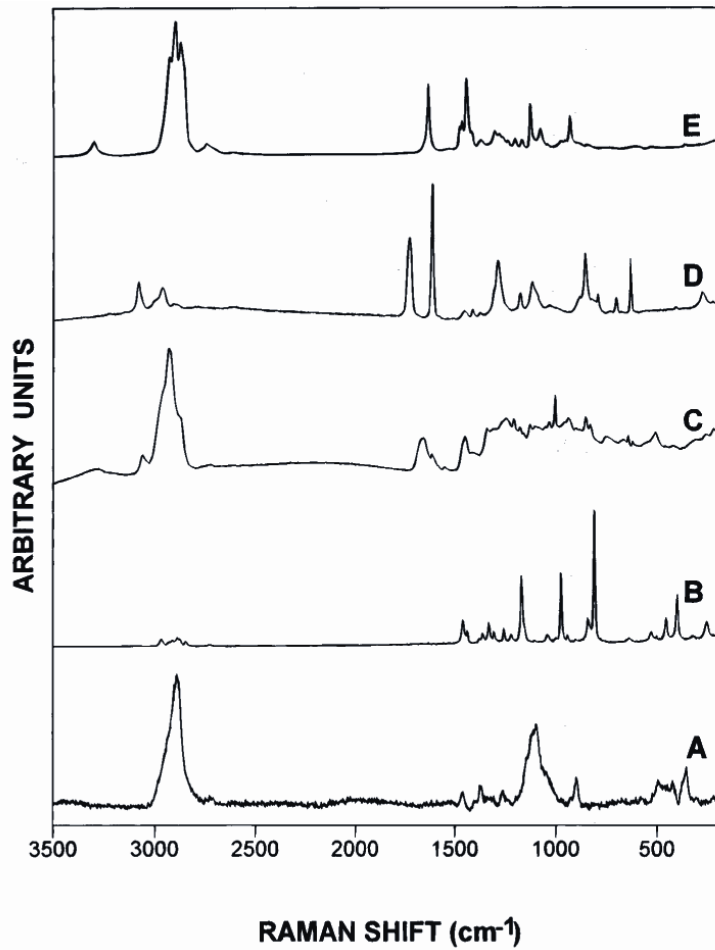


FIG. 1—Raman microprobe spectra of a range of fiber types using excitation at 632.8 nm. (A) rayon; (B) polypropylene; (C) wool; (D) polyester; (E) nylon.

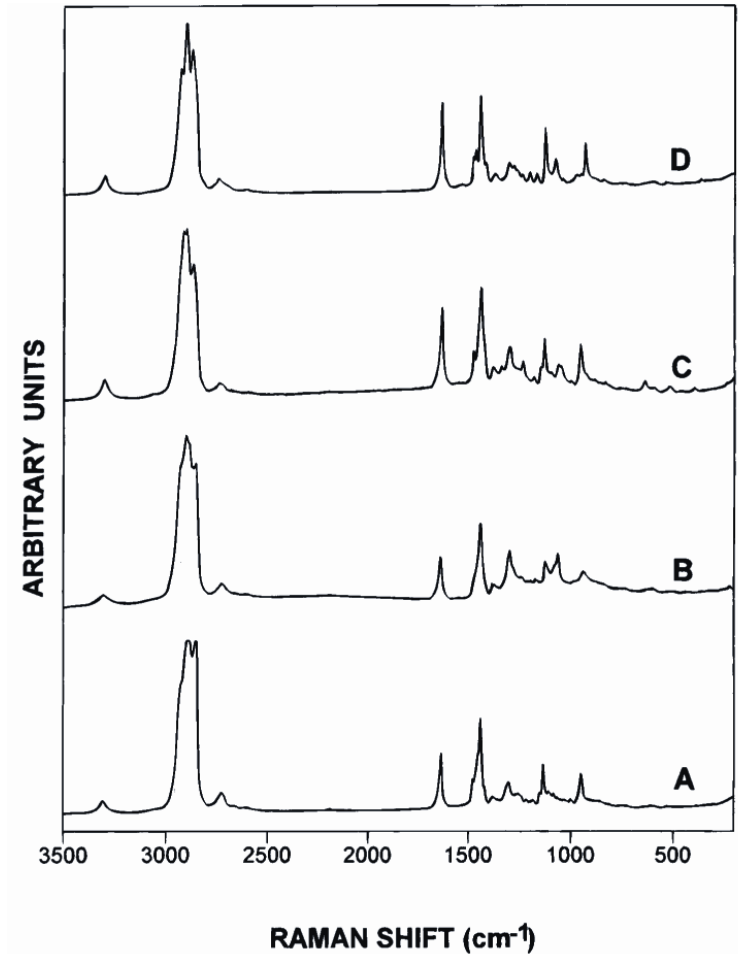


FIG. 5—Raman microprobe spectra (632.8 nm excitation) of a set of nylon fibers of different molecular structure. (A) nylon-6,12 (AO464); (B) nylon-6,11 (AO302); (C) nylon-6,6 (AO330); (D) nylon-6 (AO208).

Ramanova spektrometrie

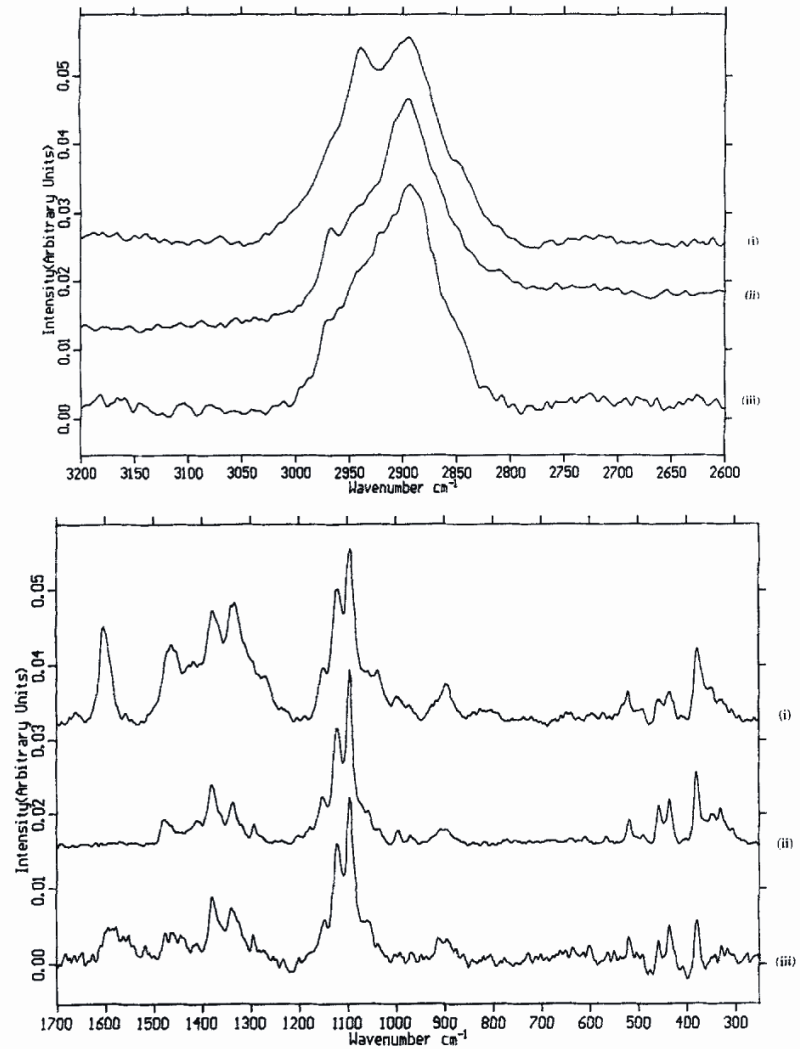
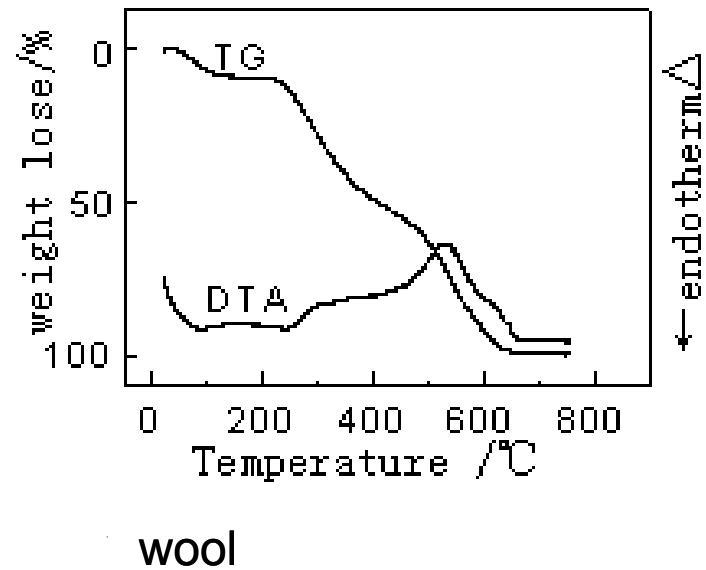
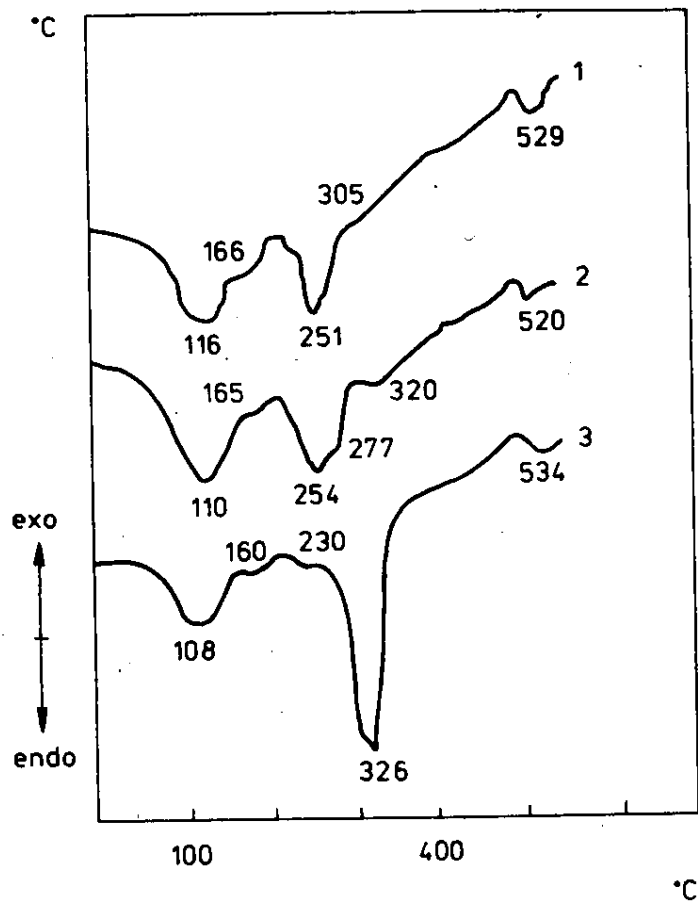


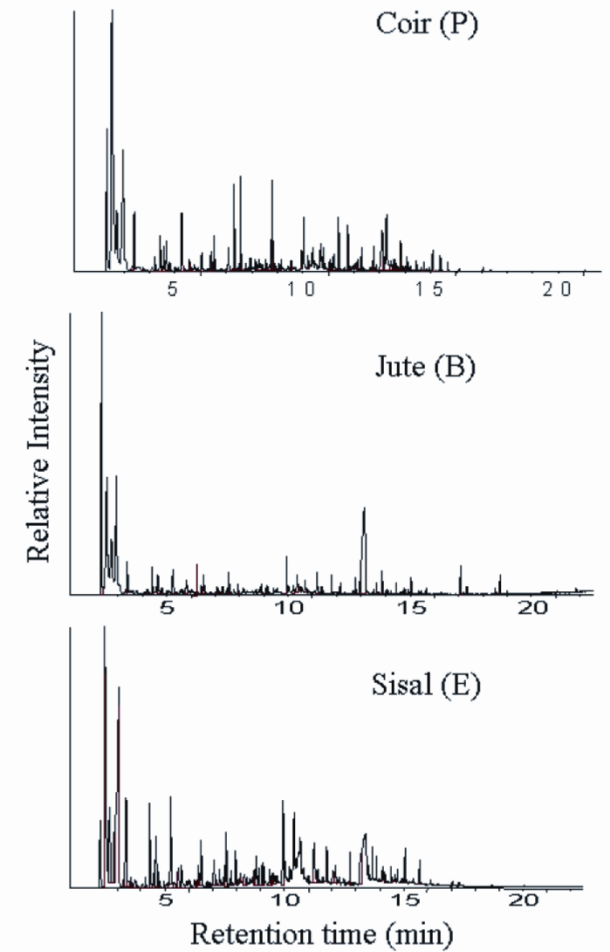
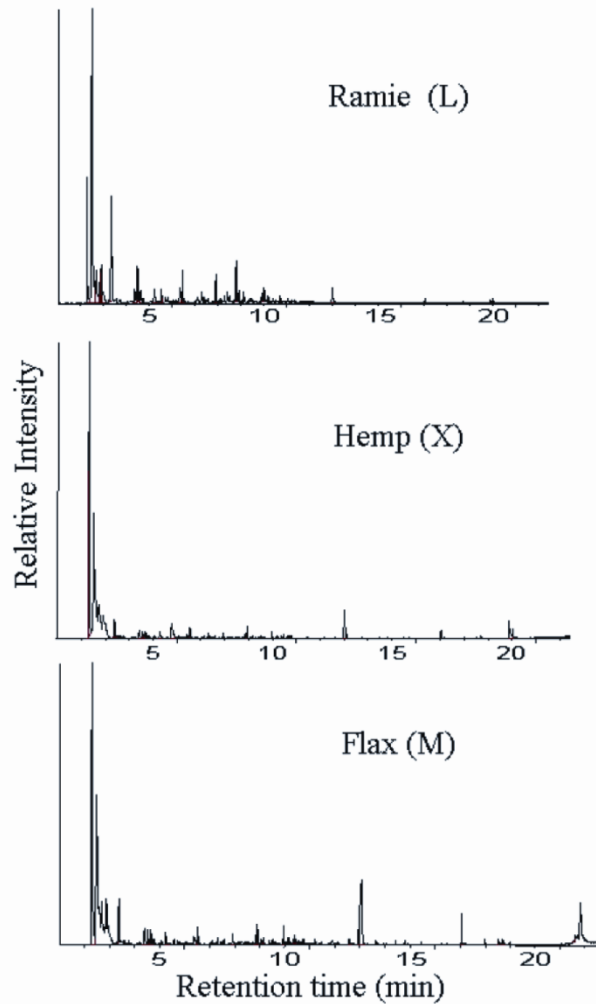
Fig. 2. FT-Raman spectra of soft bast fibres, (i) jute; (ii) ramie; and (iii) flax: (a) 2600–3200 cm⁻¹ region; (b) 200–1700 cm⁻¹ region: 1064 nm excitation, spectral resolution 4 cm⁻¹, 2000 scans accumulated, laser power 40 mW.

Termická analýza

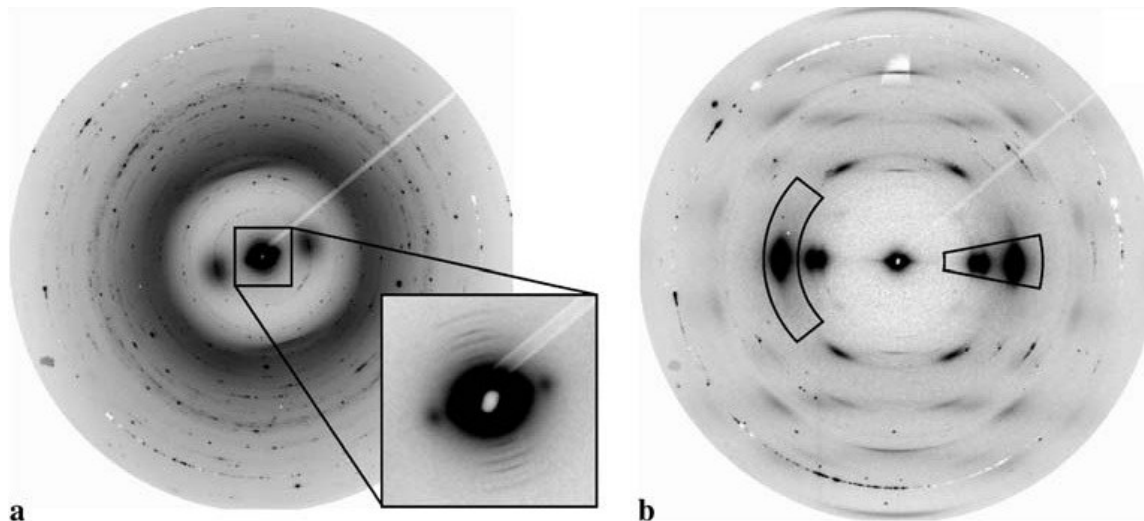


Obr. 12.18. DTA krivky: 1 — ľudských vlasov, 2 — mohérovej vlny, 3 — vlákien prírodného hodvábu v dusíkatej atmosfére (Schwenker a Dusenbury 1960).

Pyrolýzní GC-MS

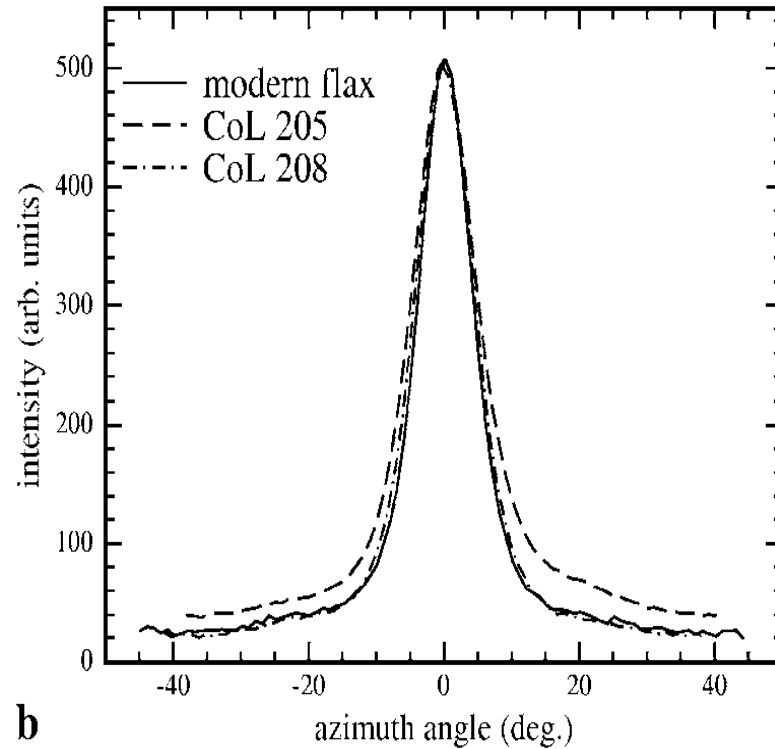
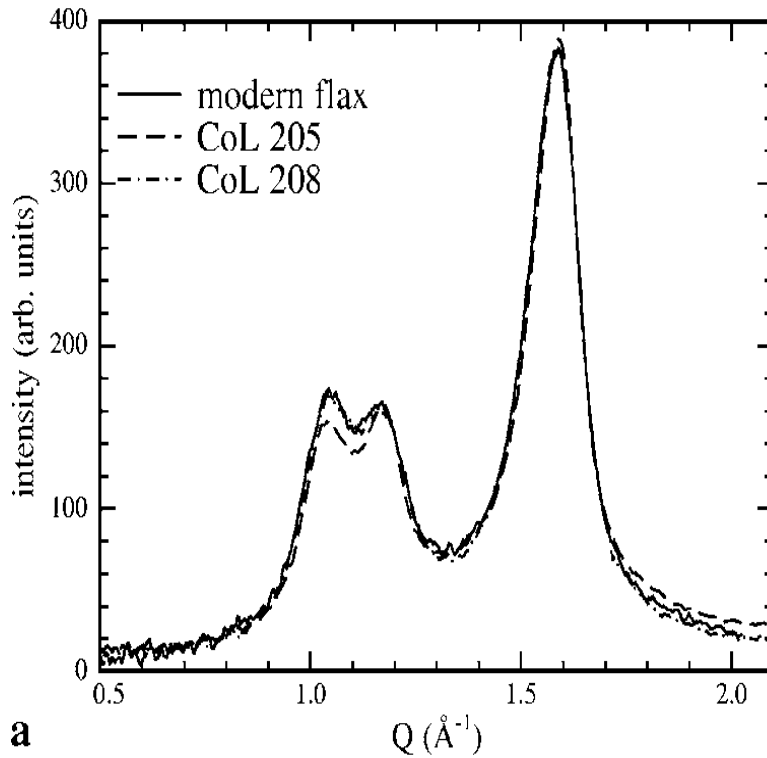


Rentgenová difrakce



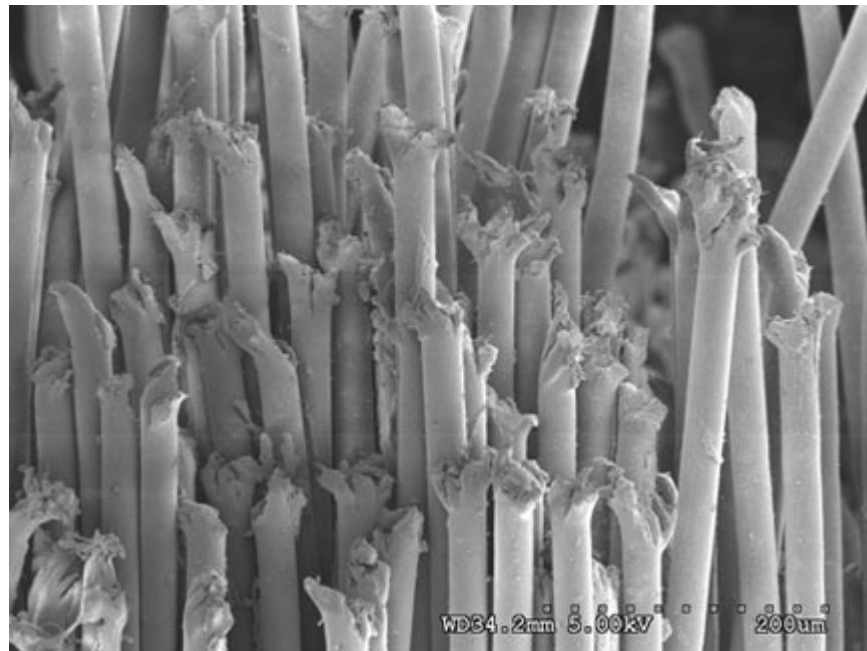
X-ray microdifrakční diagramy jednotlivých vláken **(a)** CoL 204 and **(b)** CoL 205 (2 μm beam size, ca. 10 s acquisition time). **(a)** difuzní odrazy v diagramu jsou typické pro vlnu (keratin). Ostřejší odrazy ukazují na přítomnost drobných krystalků minerálů. **(b)** Difrakční diagram typický pro výrazně orientovaná celulózová (lýková) vlákna (len). Intenzity ve výřezech diagramů byly využity pro kvantitativní analýzu.

Rentgenová difrakce



Radiální (a) a azimutální (b) distribuce intenzity dvojrozměrného difrakčního diagramu vzorku. Oba vzorky odpovídají modernímu lnu.

Degradace textilních vláken



SEM porušených polyesterových vláken

Příčiny degradace

fyzikální (záření, mechanické vlivy, plasma)

chemické (kyslík, vlhkost, chemikálie)

biogenní (mikroorganismy, hmyz, člověk)



Mol šatní (*Tineola bisselliella*)



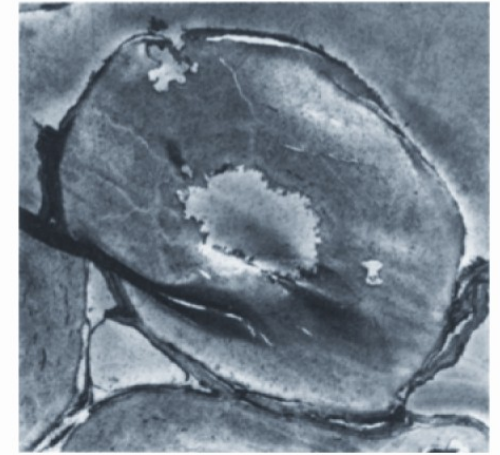


Fig. 1. Cross section of a linen fiber from a mummy wrapping being about 4 250 years old (6th dynasty, Giza, tomb of Idu). At the lumen side and also within the cell wall the beginning of a degradation is visible. Transmission electron micrograph, magnification 5400 ×

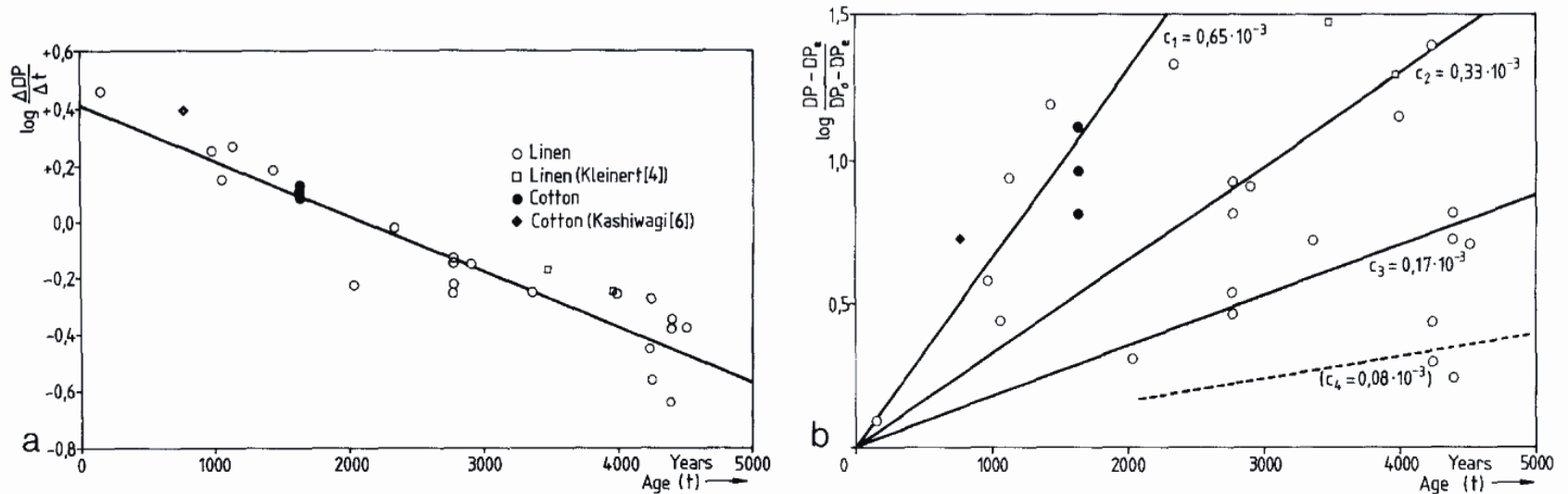
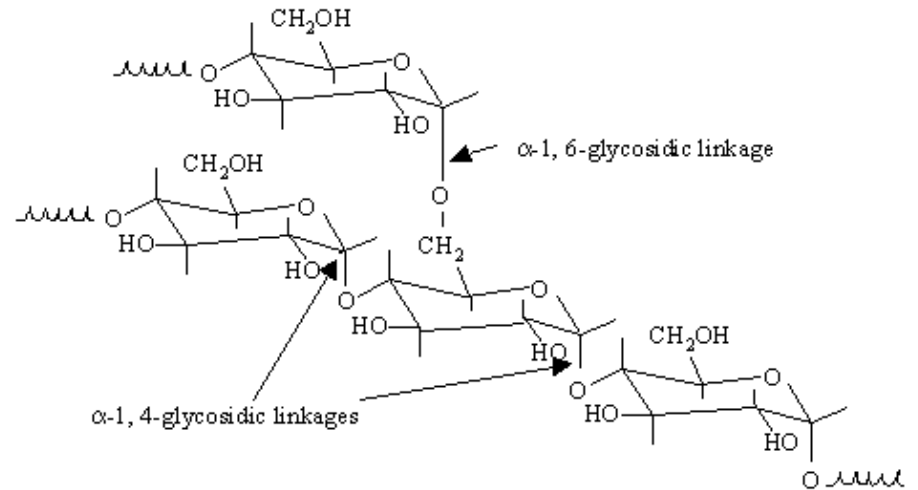
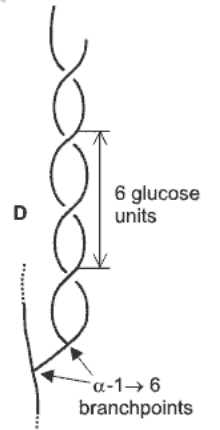
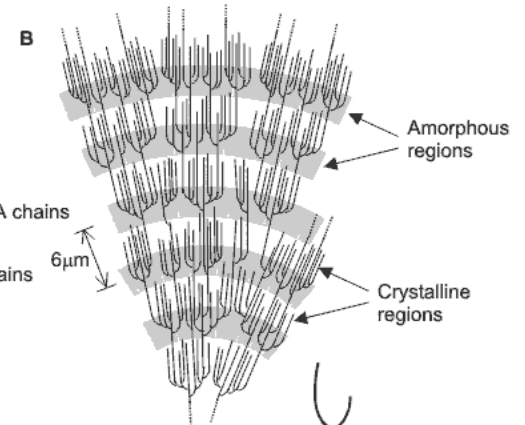
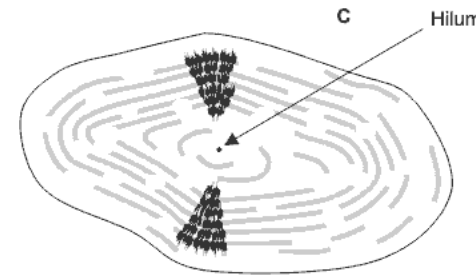
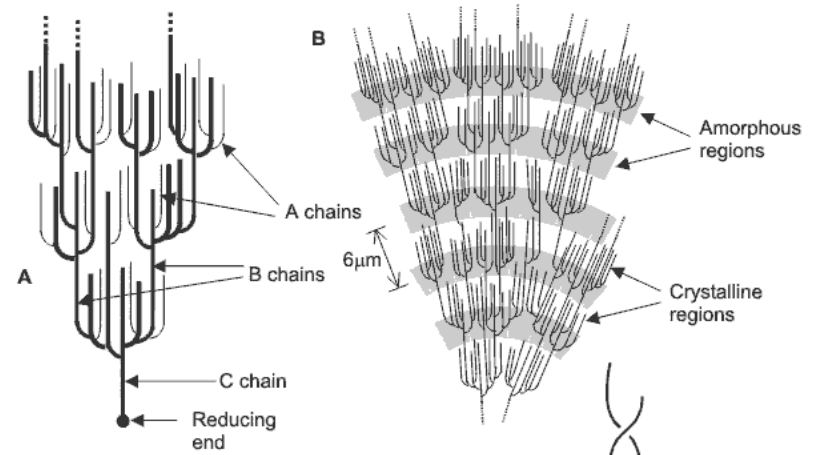
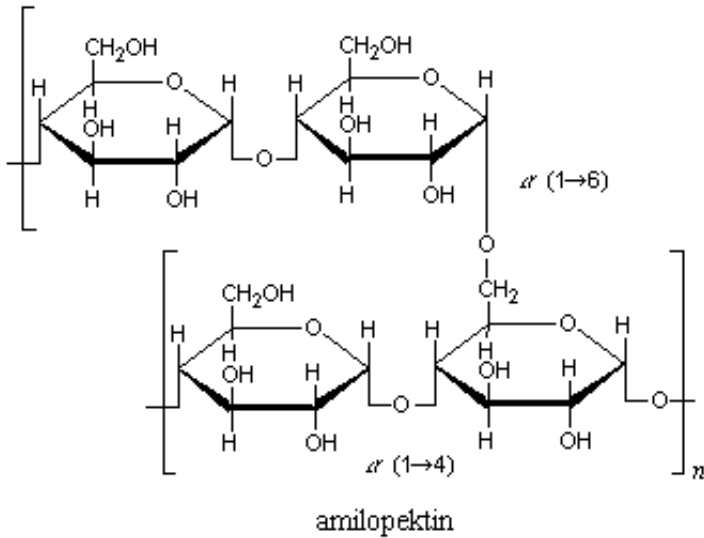
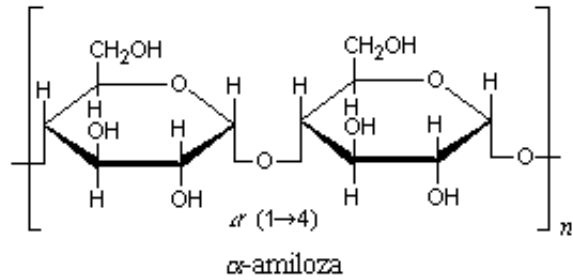
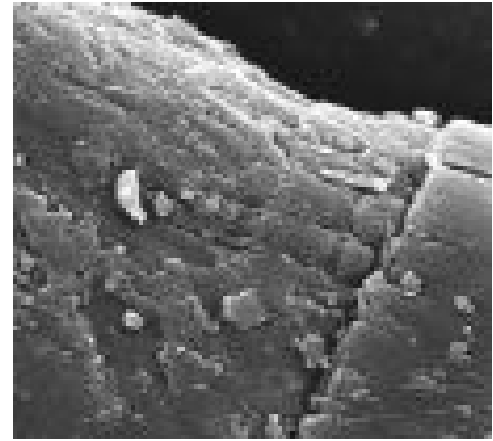


Fig. 2. (a) Relationship between $\log \Delta DP / \Delta t$ and the age t of the linen samples according to the regression equation $\log \Delta DP / \Delta t = 0.41 - 1.96 \cdot 10^{-4} \cdot t$. (b) Dependence of the DP from the age of the linen samples according to the relationship $DP - DP_c = (DP_0 - DP_c) \cdot \exp. (-ct)$

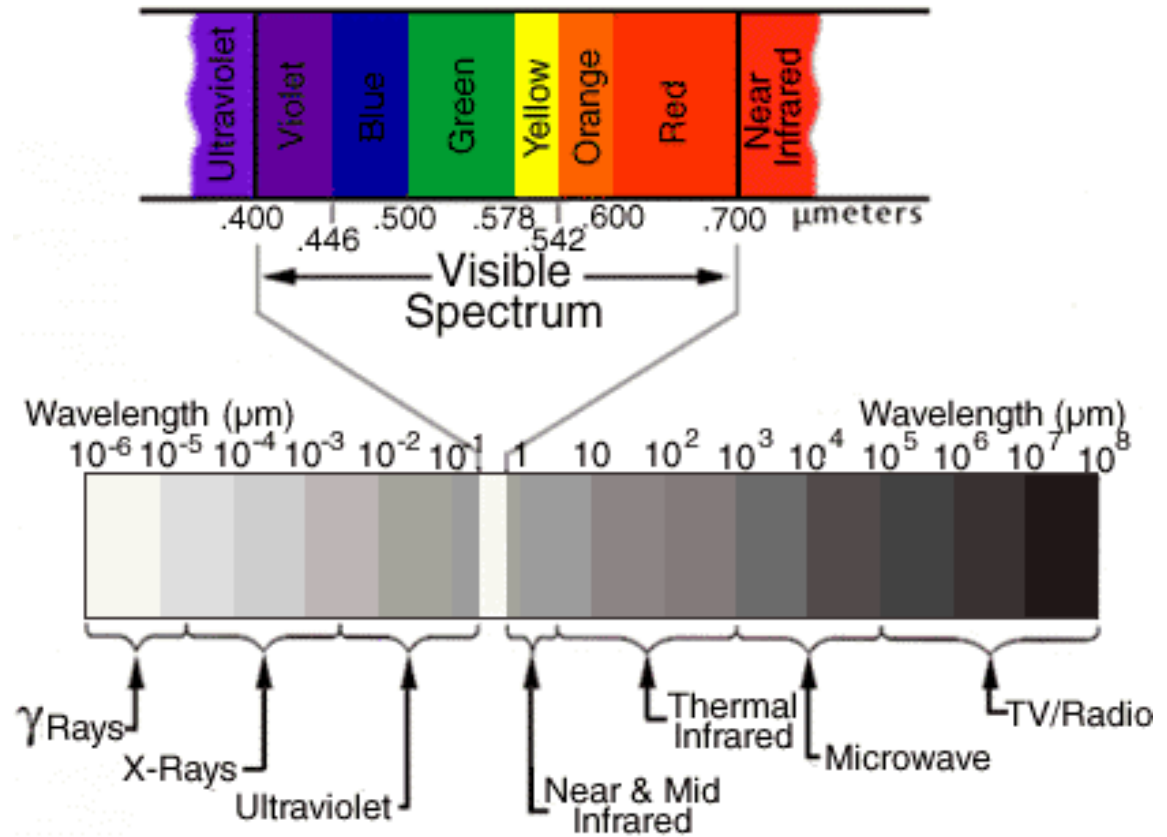
Škrob





Vliv záření

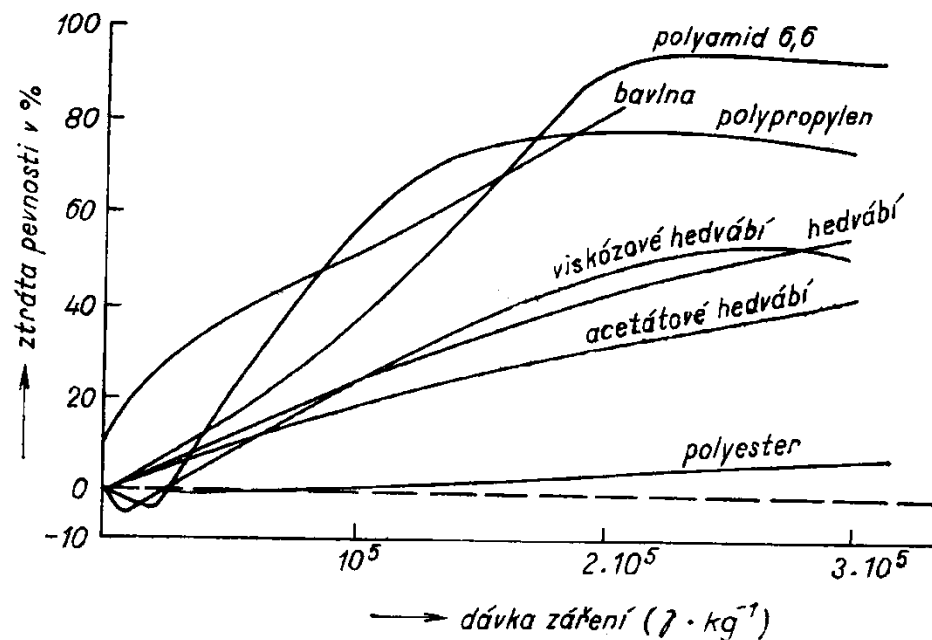
- Infračervené
- Viditelné
- Ultrafialové
- Rentgenové
- Radioaktivní



Radioaktivita

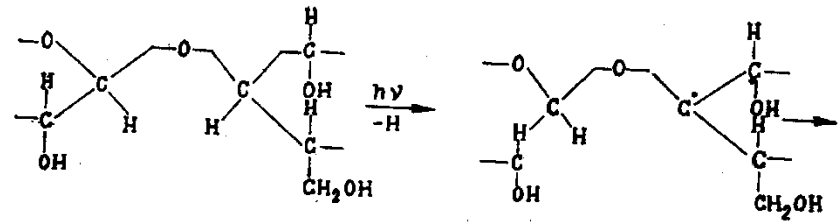
- Desinfekce (likvidace mikroorganismů)
- Desinsekce (likvidace hmyzu)
- Průzkum materiálů

Vznik volných radikálů

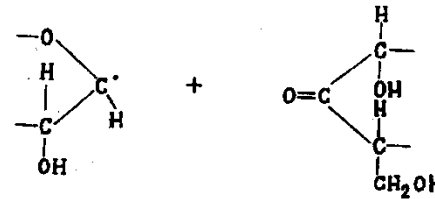


Obr. 43. Vliv radioaktivního záření na změnu pevnosti některých druhů vláken

Celulóza



V přítomnosti vody a MeOH dochází u celulózy k přenosovým reakcím a tím i ke opětovnému nasycení vodíkem.



Vlna a hedvábí:

odolné vůči radioaktivnímu záření (více než vůči UV)

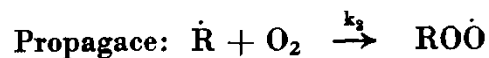
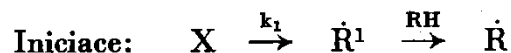
Syntetická vlákna:

příčné zesíťování, odbourání hlavních řetězců, odbourání vedlejších řetězců

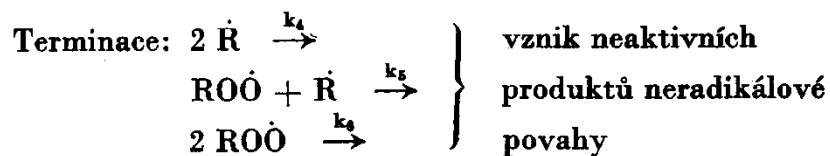
Vliv ultrafialového záření a fotooxidace

Intenzita ozáření

Celková doba ozáření



↓
hydroperoxid



Zdroj	Intenzita osvětlení	Intenzita ozáření (450 – 950 nm)	Intenzita UV záření (315 – 400 nm)
xenonová výbojka 1500 W	5000 lx		0,76 W/m ²
žárovka 60 W	300 lx	8 W/m ²	0,15 W/m ²
halogenová nízkonapěťová žárovka	300 lx	9 W/m ²	0,12 W/m ²
	100 lx	3 W/m ²	
	50 lx	1 W/m ²	
fluorescenční zářivka 36 W Mazdafluor blanc industrie TF40	300 lx	0,98 W/m ²	0,03 W/m ²
fluorescenční zářivka 18 W Mazdafluor prestilux 827	7400 lx	25 W/m ²	0,05 W/m ²

Vliv ultrafialového záření a fotooxidace

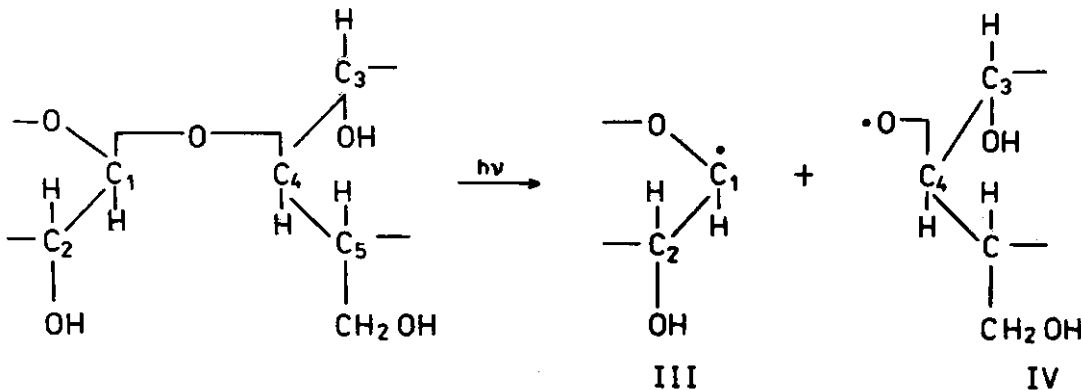


UV fluorescence: bílá akrylová vlákna, zvětšeno 200x, normální a UV světlo **OZP ?**

Celulóza

Za běžných podmínek se neodbourává (celulóza neabsorbuje UV), za přítomnosti vody vzniká H₂O₂.

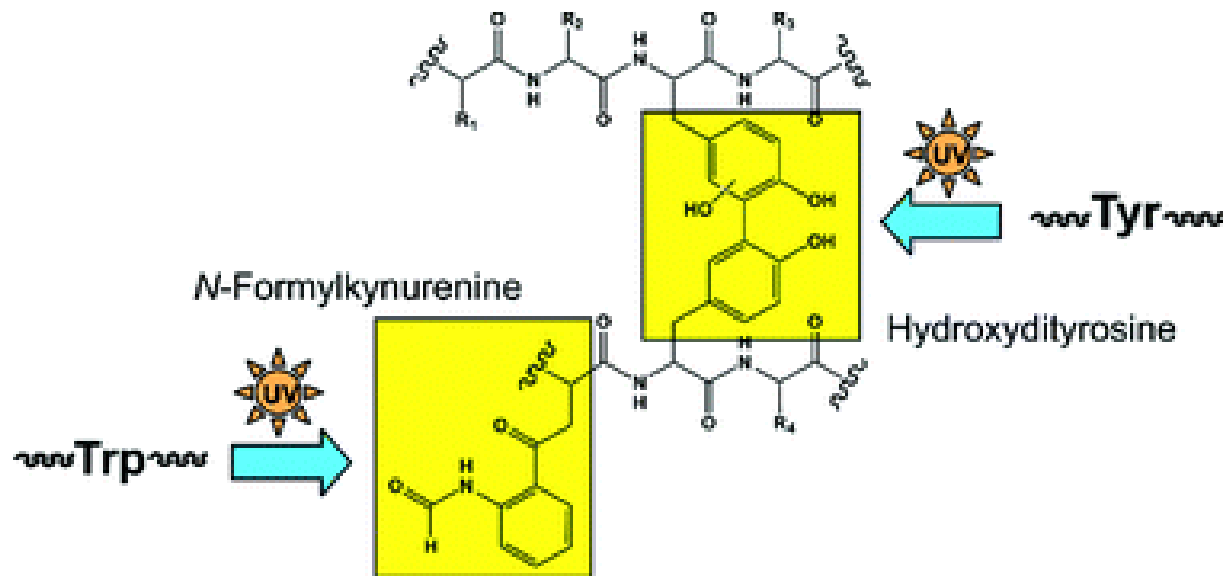
Vznik –COOH skupin i v inertní atmosféře, ve větší míře za přítomnosti kyslíku



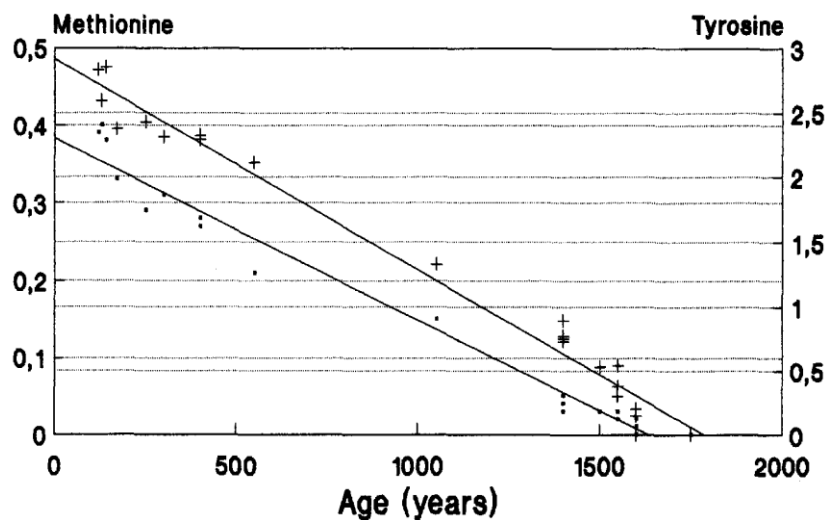
štěpení vazeb
C-C a C-O

Keratin

žloutnutí vlny (tryptofan a tyrosin)

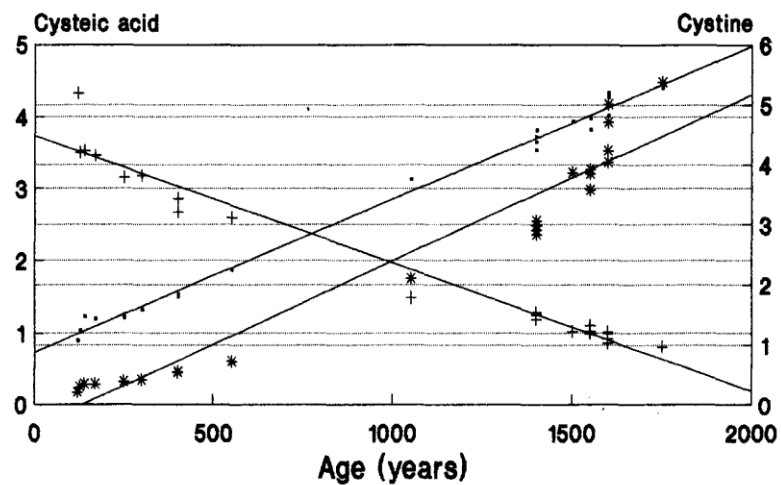


Fotooxidace a datování



—+— Methionine —+— Tyrosine

Fig. 2. Age estimation of wool based on methionine and tyrosine content.



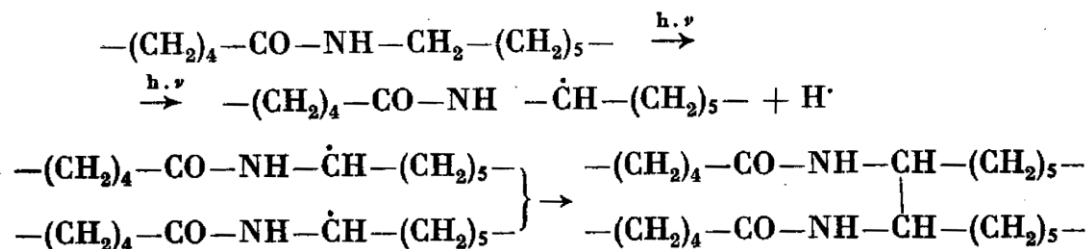
—+— Cysteic acid —+— Cystine —*— Cysteic acid/Cystine

Fig. 1. Age estimation of wool based on cysteic acid and cystine content.

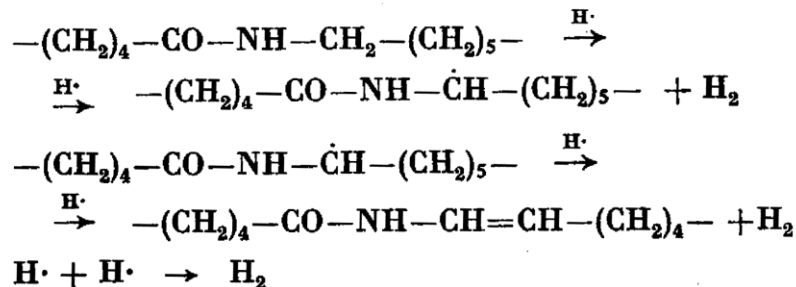
Polyamid

Fotolytické reakce mají radikálový charakter, k oxidaci dochází i v inertní atmosféře.

UV fotolýza

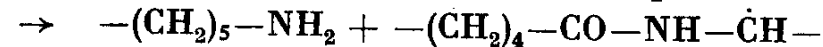
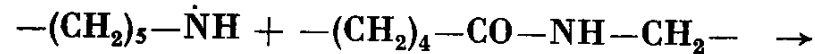
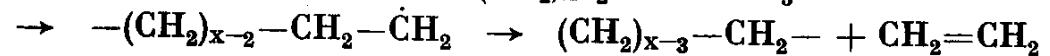
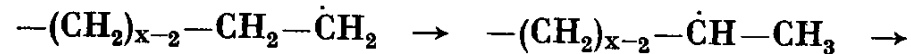
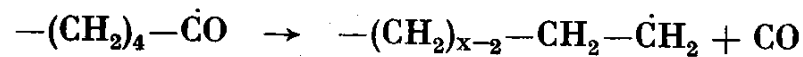
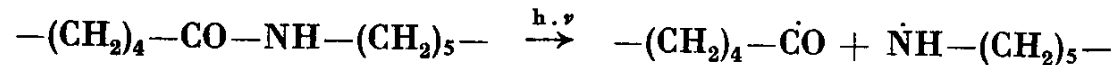


Atomární vodík se může přeměnit na vodík molekulární rekombinací nebo dehydrogenací libovolných částí řetězce. Může též reagovat s polyamidovým řetězcem za vzniku nového makroradikálu nebo nenasycené sloučeniny:



Polyamid

UV fotolýza

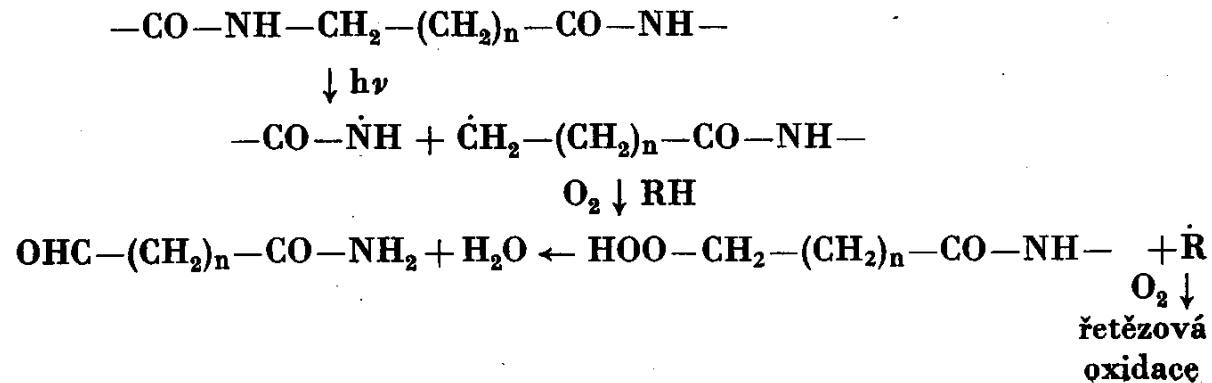


UV fotooxidace

změna pevnosti, žloutnutí, zesíťování polymeru

K oxidaci dochází na methylenové skupině sousedící s dusíkem amidové vazby

Polyamid

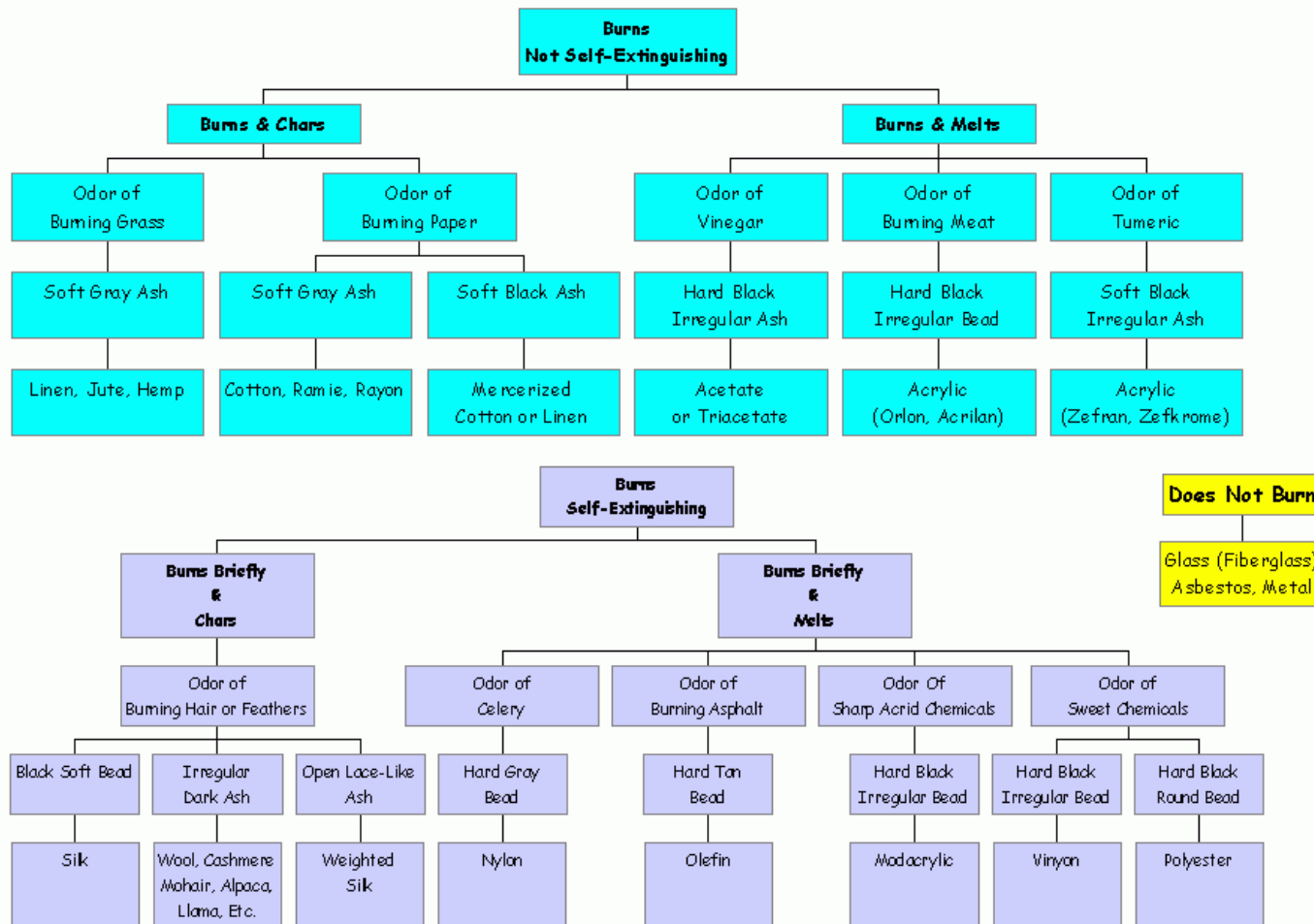


Polyester: štěpení vazeb O-C

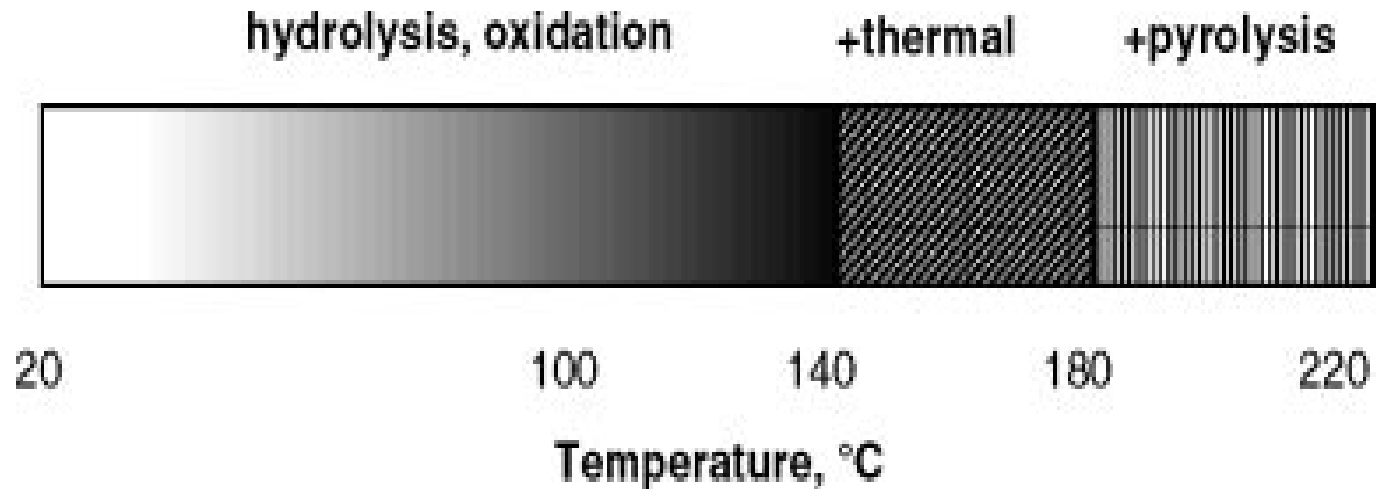
Polyakrylonitril: vysoká odolnost

Tepelná degradace

FIBER BURN CHART



Tepelná degradace



Mechanismus tepelné degradace na vzduchu je funkcí teploty. Ve vakuu a teploty pod 140 C převládá hydrolýza.

Termická degradace celulózy

Do 100 C odolává, od 120 C se začíná rozkládat, 150 C vzniká pyrocelulóza a od 240 C plynné zplodiny hoření.

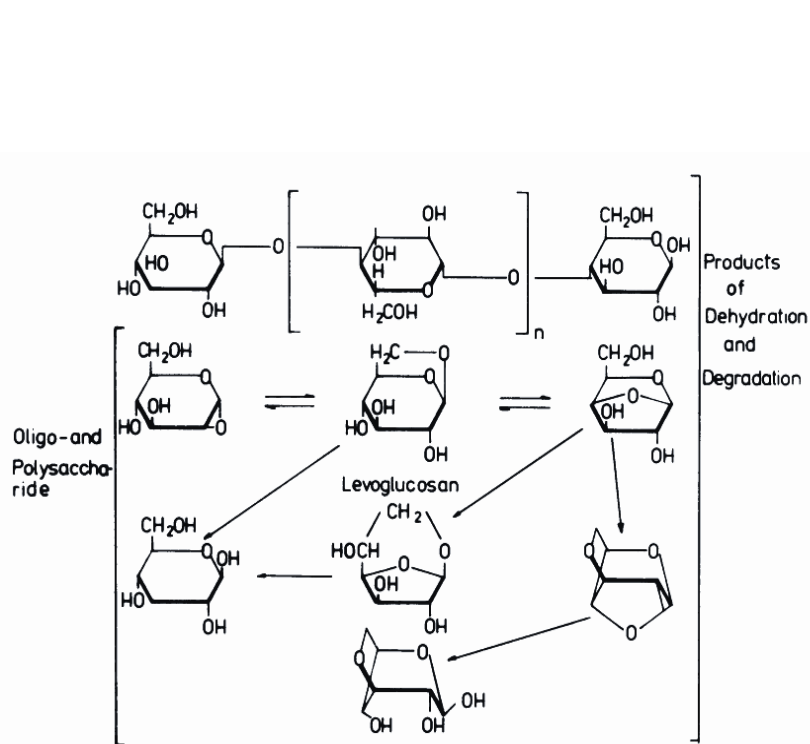
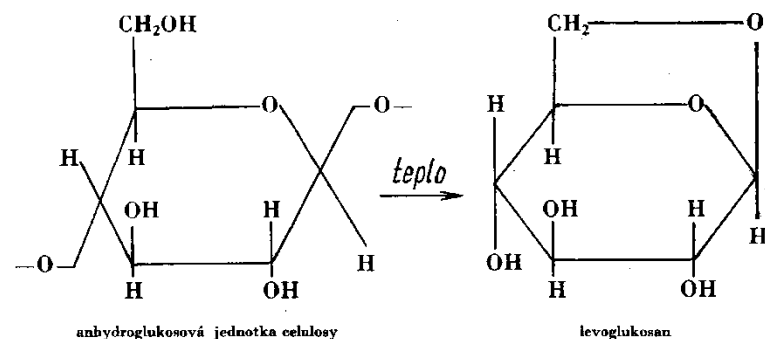
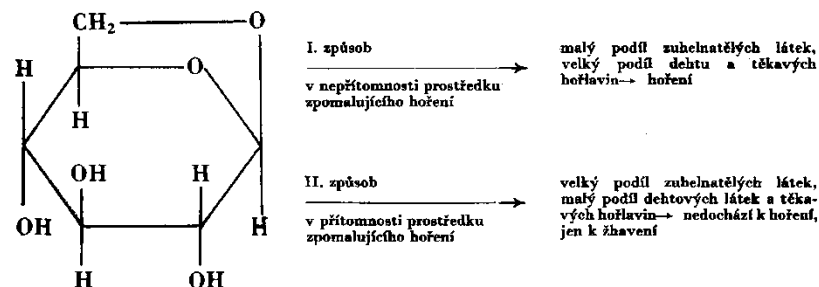


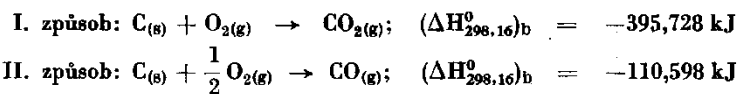
Fig. 1 Scheme of thermal degradation of cellulose.

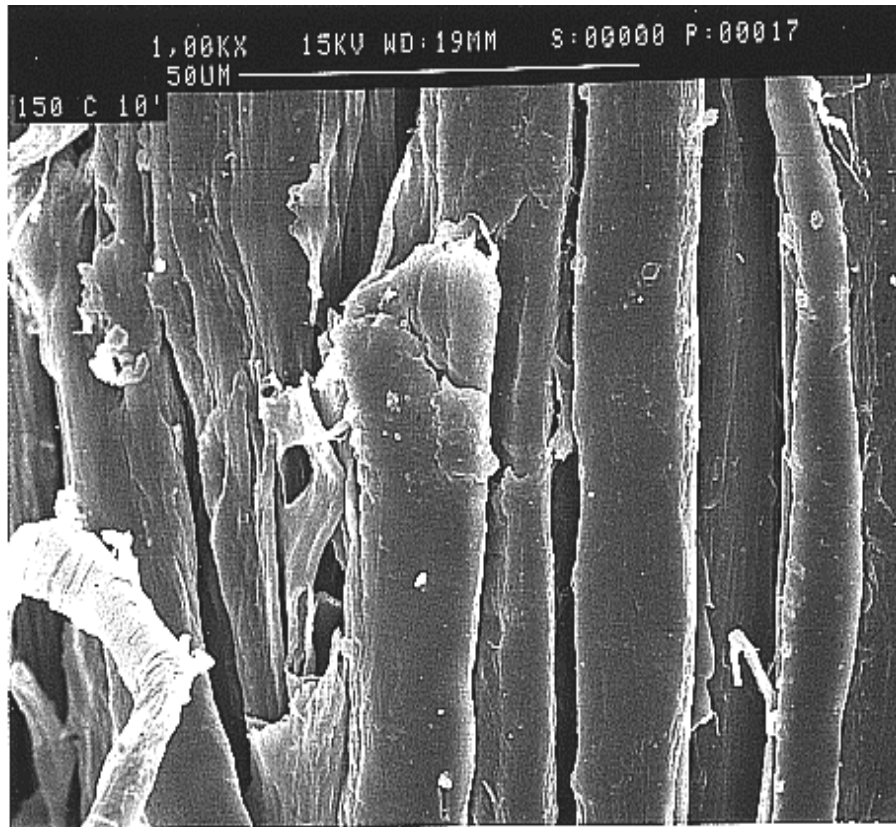


II. stadium — degradace levoglucosanu

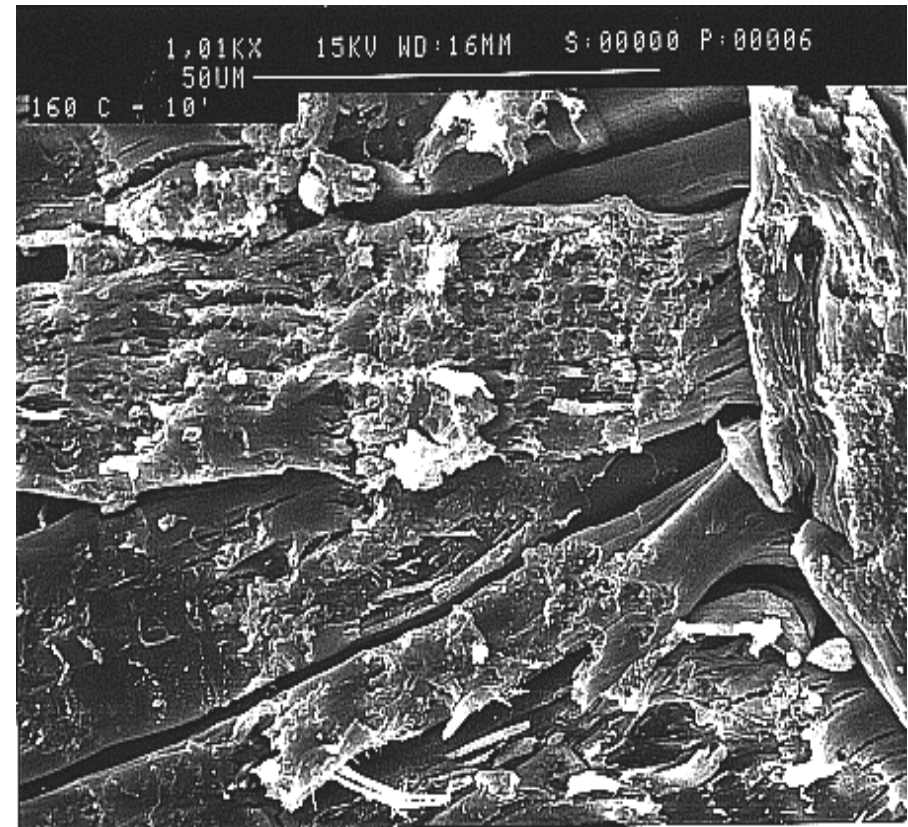


Tepelnou bilanci pomocí slučovacího tepla lze znázornit známými rovnicemi:





SEM Inu po působení teploty 150 C
po 10 min



SEM Inu po působení teploty
160 C po 10 min (eroze povrchu
vláken).

Termická degradace vlny a hedvábí

Vlna

nad 100 °C ztráta pevnosti, 115 °C ztráta chemicky vázané vody,
nad 120 °C se uvolňuje NH_3 a H_2S a vlna hnědne.

vlhký horký vzduch = hydrolýza

Hedvábí

do 120 °C je vliv tepla zanedbatelný, nad touto teplotou hedvábí
hnědne. Zatěžkávané hedvábí nehoří, pouze žhne.

Tepelná degradace polyamidu

depolymerace, reakce koncových skupin, dodatečná kondenzace, štěpení řetězce, sekundární reakce produktů štěpení (hydrolýza amidové vazby).

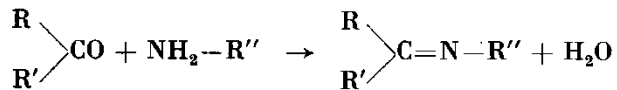
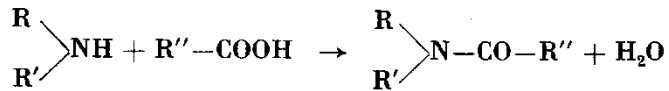
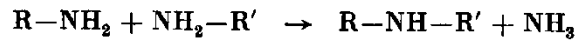
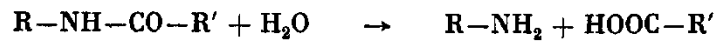
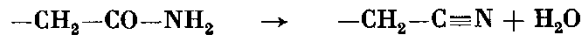
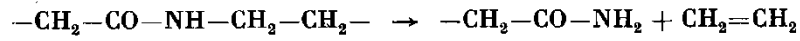
Za nepřístupu vzduchu

uvolňování plynných zplodin (H_2O , CO_2 , NH_3), při vyšších teplotách zesíťování.

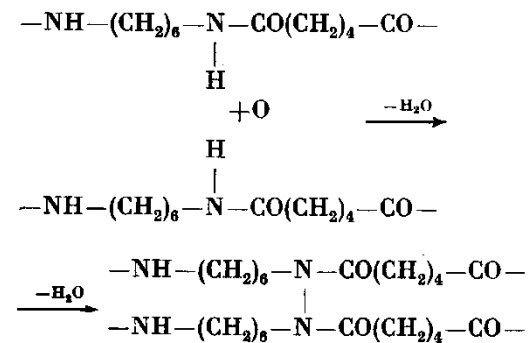
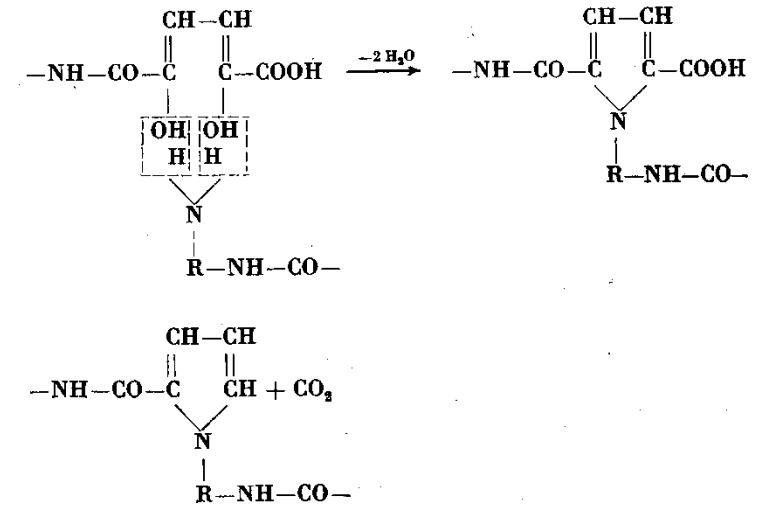
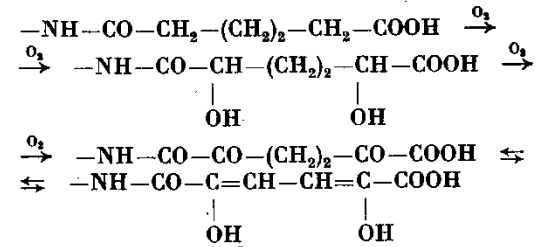
Za přístupu vzduchu

nad $120\text{ }^\circ\text{C}$ žloutne, později hnědne (vznik pyrrolových sloučenin).

anaerob

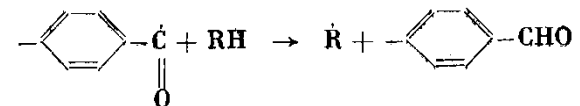
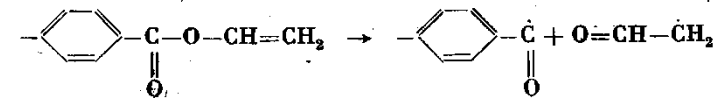
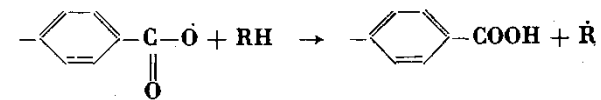
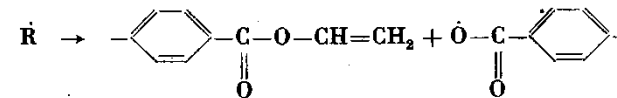
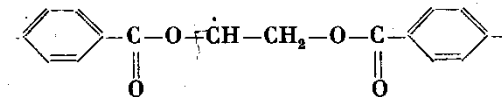
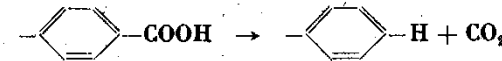
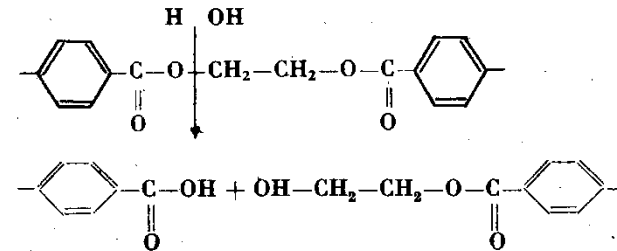
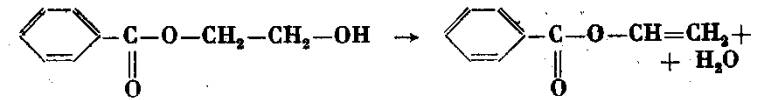


aerob



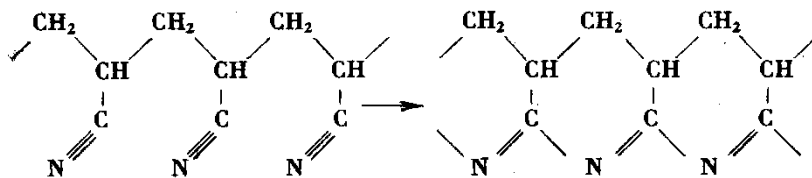
Polyester

vznik plyných zplodin

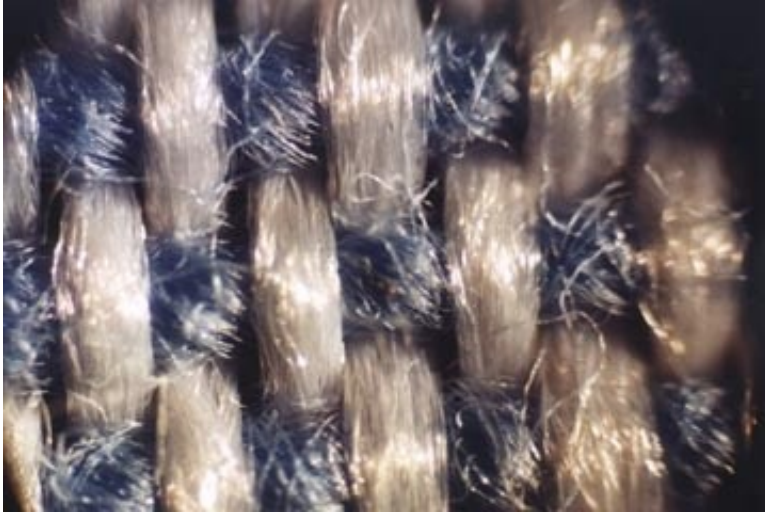


Polyakrylonitril

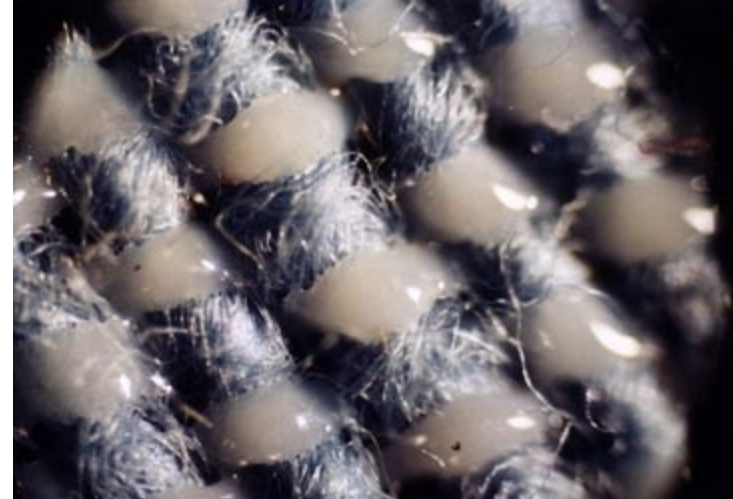
nad 200 C žloutnutí



Tepelná degradace polyesteru



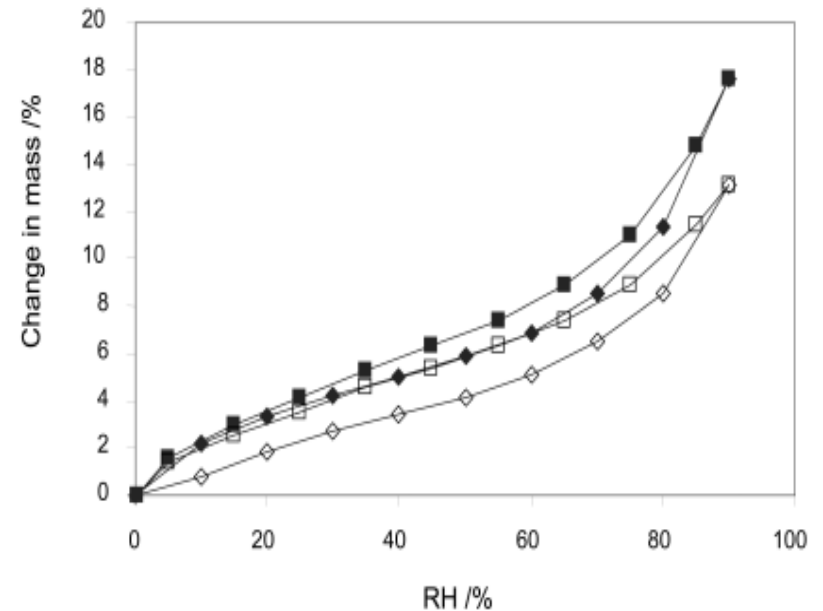
Před působením vyšší teploty.
Bílý = polyester
Modrá = bavlna



Po působení vyšší teploty.
Bílý = polyester, roztavený
Modrá = bavlna, neporušena

Vlhkost

Vyšší vlhkost obvykle stimuluje činnost mikroorganismů.



Izotermy absorpce-desorpce vlhkosti pro lněnou niť moderní (černá) a ze 16. století (bílá). Kosočtverce reprezentují absorpci (spodní křivka z každé dvojice), čtverečky reprezentují desorpci (horní křivky).

Tabulka 4.
Obsah vlhkosti vláken při teplotě 23,9 °C a relativní vlhkosti 65 %

Vlákno	%	Vlákno	%
vlna	16	polyamid 6,6	4
viskóзовé hedvábí	13	polyakrylonitril	1,5
přírodní hedvábí		polyurethan	1,3
a mercerovaná bavlna	11	polyester	0,4
bavlna a len	8	polytetrafluorethylen	0,0
acetátové hedvábí	6		

Chemická degradace

Hydrolýza

Voda
Kyseliny
Báze
Enzymy

Oxidace
Redukce

Těžké kovy

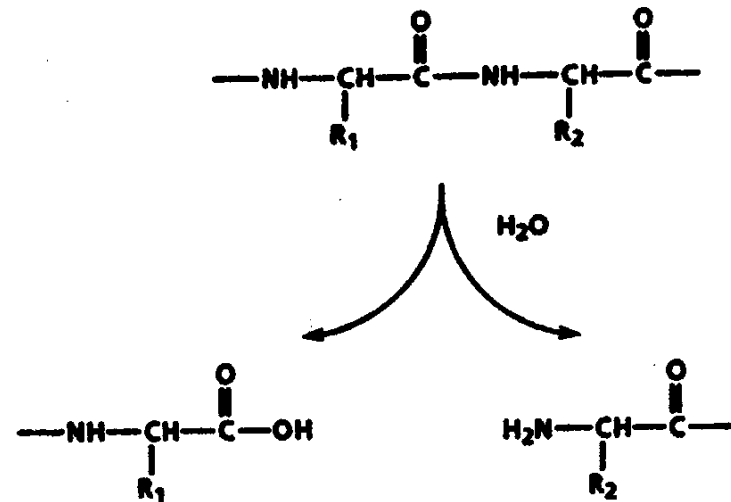


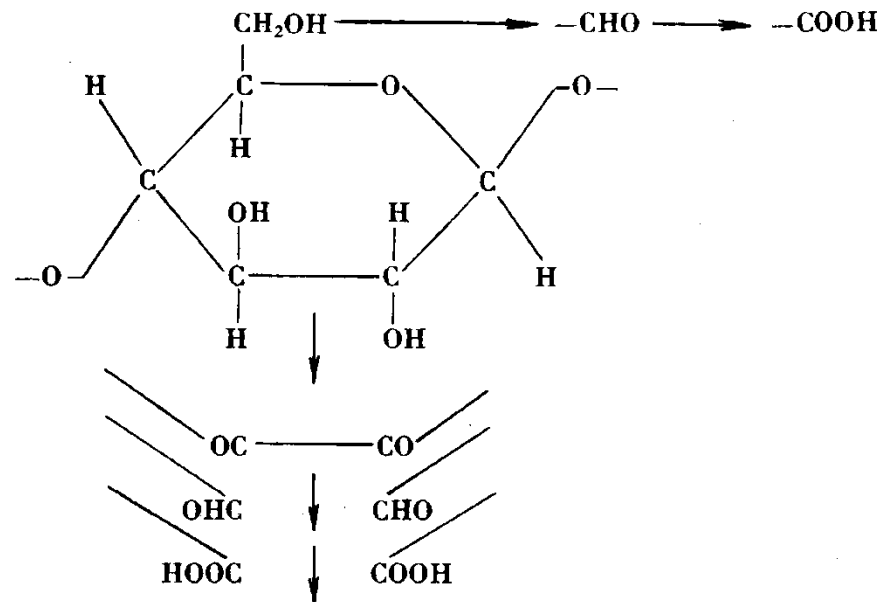
Fig. 13. Hydrolysis of the peptide backbone.

Celulóza

Citlivá vůči kyselinám, snadno se hydrolyzují, zejm. za horka. Citlivější jsou vlákna s menším podílem krystalické složky.

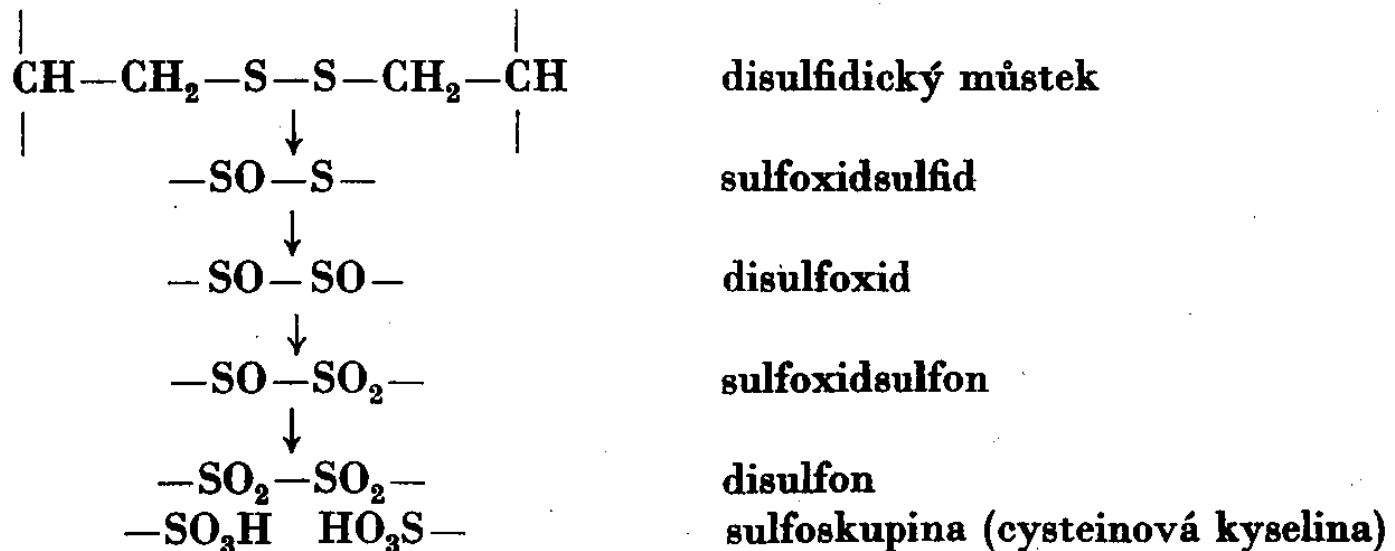
Odolávají působení alkálií X snadno se v alkalickém prostředí oxidují.

Oxidační činidla vlákna bělí i poškozují

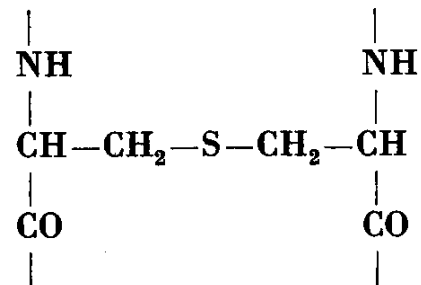


Vlna

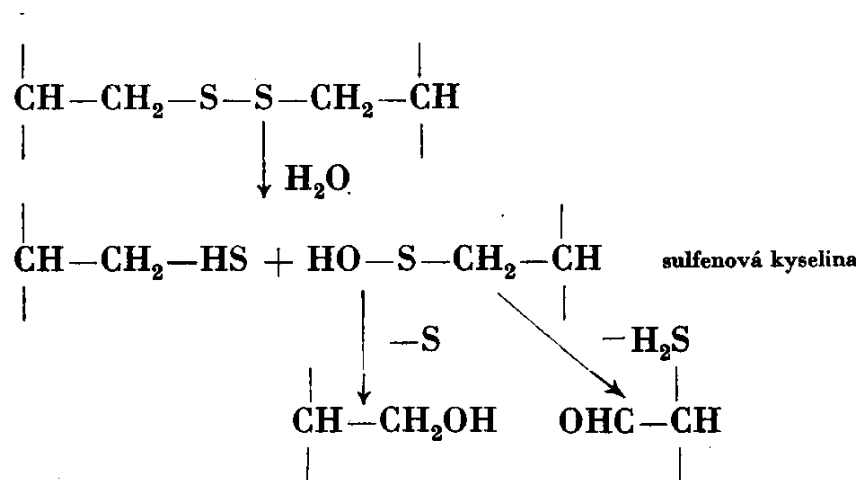
Oxidace cysteinu a cystinu



Reakce s alkáliemi



Reakce s horkou vodou



Vlna

Izoelektrický bod: pH = 4,9

Kyseliny:

Pouze koncentrované kyseliny, zředěné se vážou na bazické skupiny. S HNO₃ poskytuje xanthoproteinovou reakci. Boční řetězce jsou stálé, s výjimkou Trp který se zcela rozkládá. Nejprve se štěpí amidické skupiny, pak následuje celková hydrolýza peptidického řetězce. To se projeví v mechanických vlastnostech vlákna. Citlivost vůči kyselé hydrolýze je zvýšena je-li cystein zoxidován na kyselinu cysteovou. Peptidová vazba sousedící s kyselinou cysteovou je na kyselou hydrolýzu velmi citlivá.

Alkálie:

rozkládají vlnu ve větší míře.

Vlna

Oxidační činidla (KMnO₄, O₃, H₂O₂)

oxidace disulfidických můstků, bělení vlny

Soli těžkých kovů (Cu, Fe, aj.)

silně adsorbovány

Hedvábí

Hydrolýza peptidových vazeb, nejnižší v oblasti pH 4 až 8

Kyseliny:

Účinnější, napadají celý řetězec, hydrolýza je poměrně rychlá.

Zásady:

Zejména počátku napadají spíše konce řetězce. Odolnější než vlna, hydrolýza spíše za horka.

Enzymy:

ne, hlavní řetězce v hedvábí jsou příliš blízko sebe.

Vroucí voda:

rozklad fibroinu (? sericin)

Hedvábí

Oxidační činidla (KMnO₄, H₂O₂):

velmi citlivé

Roztoky solí těžkých kovů

značná afinita, „zatěžkávání hedvábí“ pro zvýšení jeho hmotnosti po degumování (odklížení = zbavení sericinu)

Syntetická vlákna

Polyamid,

rozkládají se konc. kyselinami, zředěným odolávají; alkálie působí jen za horka

Polyakrylonitril,

rozkládají se konc kyselinami; rozkládají se působením alkálií.

Polyester

omezeně rozkládají se kyselinami; alkálie působí hlavně v koncentrovaném roztoku za horka

Mechanické vlivy

Hallstatt (Rakousko)

SEM obrázek vlákna s
„kartáčovitými“ frakturami vláken ?
ukazující na mechanický stres
během nošení nebo sekundárního
užití v dolech



Mikrobiální degradace celulózy

Celulóza: enzymatická hydrolýza celulázami (bakterie, plísně)

Plísně

Chaetomium,
Myrothecium,
Memnoniella,
Stachybotrys,
Verticillium,
Alternaria,
Trichoderma,
Penicillium
Aspergillus

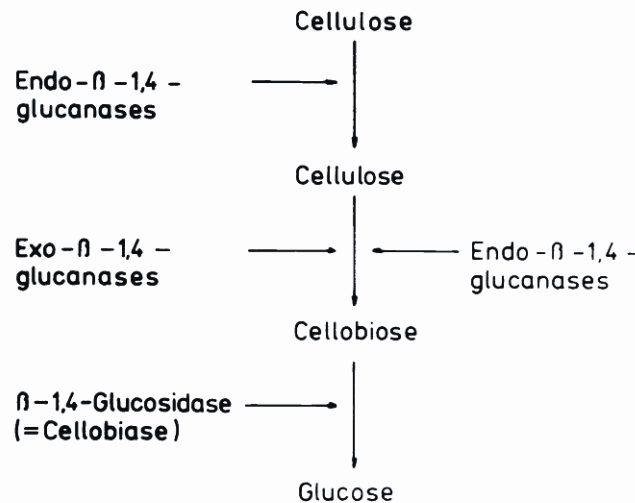


Fig. 3. Scheme of the enzymatic degradation of cellulose

Bakterie

Cytophaga,
Cellulomonas,
Cellvibrio,
Bacillus,
Clostridium
Sporocytophaga

Mikrobiální degradace celulózy

Faktory:

pH prostředí

Vlhkost

Přístup kyslíku

Rozsah pH a jeho optimum pro růst mikroorganismů

Druh mikroorganismu	rozmezí pH	optimum pH
<i>Bacillus thermofibrincolus</i>	3,4–11,7	8,0–8,4
<i>Bacterium protozoides</i>	5,0– 9,2	7,5
<i>Cellulobacillus varsaviensis</i>	5,8– 8,2	7,5–7,7
<i>Cellulomonas biazotea</i>	5,2– 6,9	6,4
<i>Clostridium cellobioparus</i>	4,0– 8,0	5,5
<i>Cytophaga hutchinsonii</i>	6,5– 9,0	7,5
<i>Sorangium compositum</i>	4,5– 9,5	8,0–8,5
<i>Spirochaeta cytophaga</i>	1,5–12,5	7,0–7,6
<i>Sporocytophaga cytophaga</i>	2,5– 9,5	7,5
<i>Vibrio napi</i>	4,6– 7,6	7,6
<i>Vibrio prima</i>	4,6– 9,2	7,5–7,6
<i>Actinomyces sp.</i>	2,5– 9,5	7,7
<i>Mycococcus cytophaga</i>		7,0

Rozsah pH a jeho optimum pro rozmnožování plísní, odbourávajících celulosu

Druh mikroorganismu	rozmezí pH	optimum pH
<i>Aspergillus niger</i>	1,2	6,7–7,7
<i>Aspergillus flavipes</i>	2,5–9,0	6,5
<i>Aspergillus fumigatus</i>	3,0–8,0	5,6
<i>Sporotrichum carnis</i>	2,8–7,6	4,5
<i>Trichoderma koningi</i>	2,5–9,5	4,3
<i>Myrothecium varrucaria</i>	2,5–9,0	6,0
<i>Humicola grisea</i>	5,0–8,7	7,7
<i>Humicola sp.</i>	2,5–9,5	6,0
<i>Botryosporum sp.</i>	4,5–7,4	6,6–7,4
<i>Curvularia lunata</i>	2,5–9,0	7,0

Minimální relativní vlhkost vzduchu potřebná k růstu plísní

Druh mikroorganismu	relativní vlhkost v %	Druh mikroorganismu	relativní vlhkost v %
<i>Rhizopus nigricans</i>	93	<i>Aspergillus versicolor</i>	78
<i>Trichothecium roseum</i>	90	<i>Aspergillus candidus</i>	74
<i>Cladosporium herbarum</i>	88	<i>Aspergillus chevalieri</i>	72
<i>Penicillium rugulosum</i>	86	<i>Aspergillus repens</i>	71
<i>Aspergillus niger</i>	84	<i>Aspergillus ruber</i>	70
<i>Penicillium wortmanni</i>	81	<i>Aspergillus echinulatus</i>	63
<i>Penicillium fellutanum</i>	80		

Mikrobiální degradace keratinu

Hydrolýza sirných můstků \Longrightarrow Hydrolýza peptidových vazeb

Bakterie

Bacillus

B. mesentericus
B. subtilis
B. cereus
B. mycoides)

Pseudomonas

některé Actinomycety

Streptomyces fradiae

Plísně

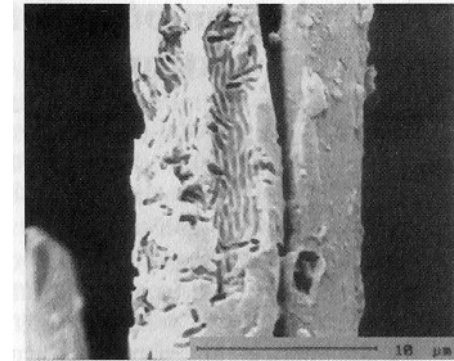
Microsporum,
Trichophyton,
Fusarium,
Rhizopus,
Chaetomium,
Aspergillus
Penicillium.

Hmyz: mol šatní

Živočišné sekrety

Mikrobiální degradace hedvábí

Poškození dvojitá vlákna hedvábí plísní,
sericin původní gréže je zcela strávený



Mikrobiální degradace umělých vláken

Umělá vlákna = velká odolnost vůči mikroorganismům

Textilní materiály v archeologickém kontextu



Mineralizace textilních vláken

Mineralizace vláken vysrážením
měďnatých solí z korozních produktů
ve struktuře vlákna.

Tyto soli mají biocidní účinky.

Pokud ionty katalyzují rozklad vlákna
(celulóza), vznikají pseudomorfy.



Charakter krystalizace je ovlivněn pH a Eh = Pourbaixovy diagramy

Pseudomorfy a otisky textilií

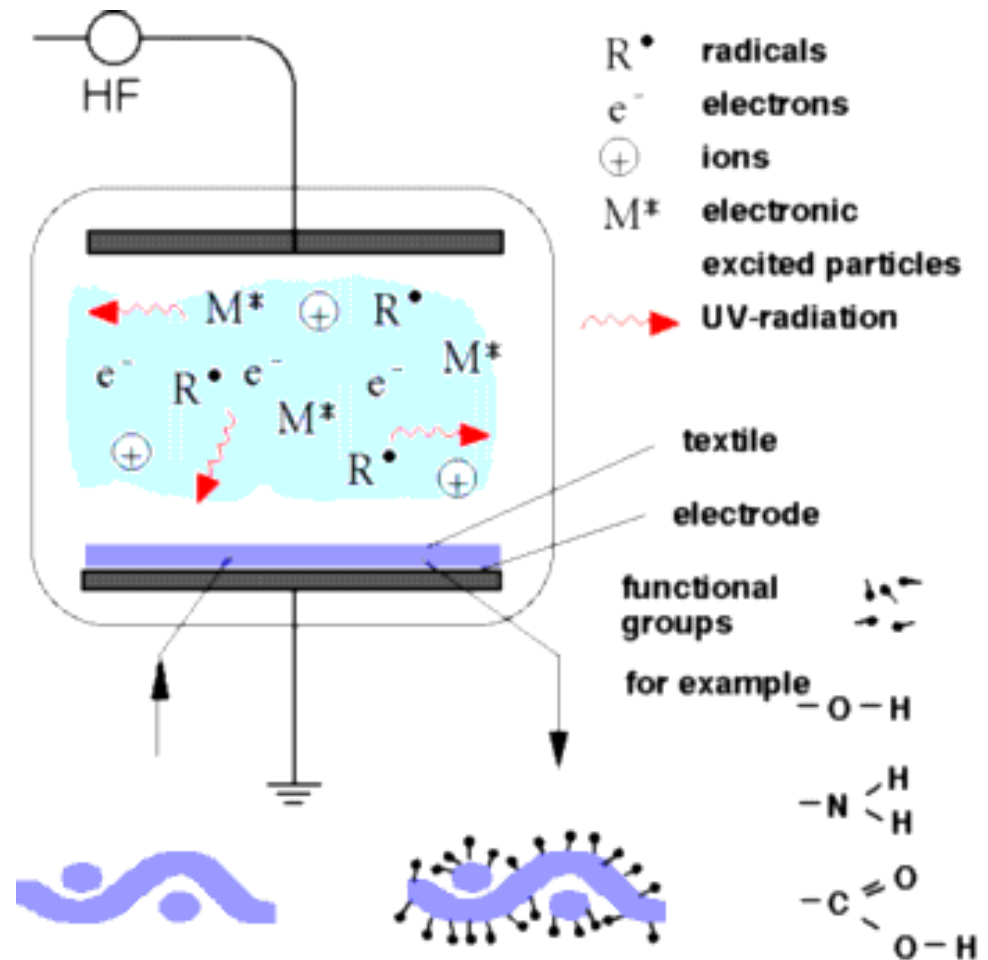
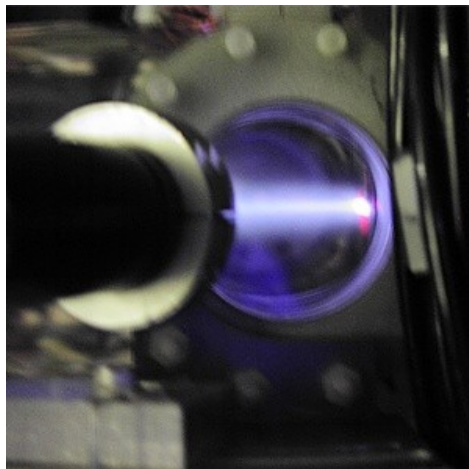
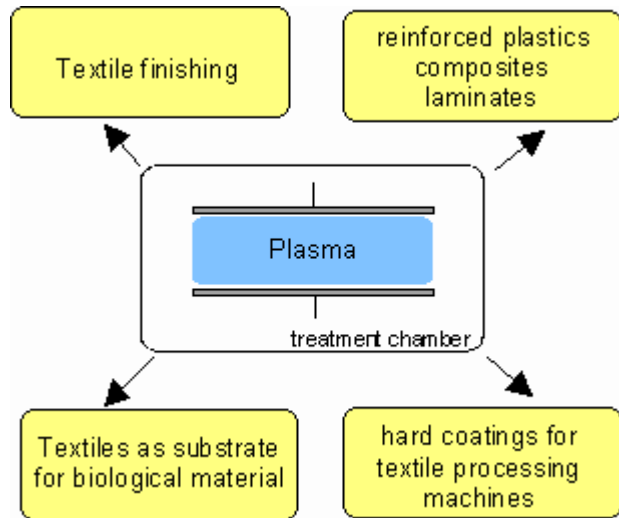
Pseudomorfy = negativní dutiny po vláknech v korozních produktech nebo ve vypáleném keramickém materiálu. V dutinách mohou být přítomny rozkladné produkty vláken.

Otisky = na keramice, v omítce

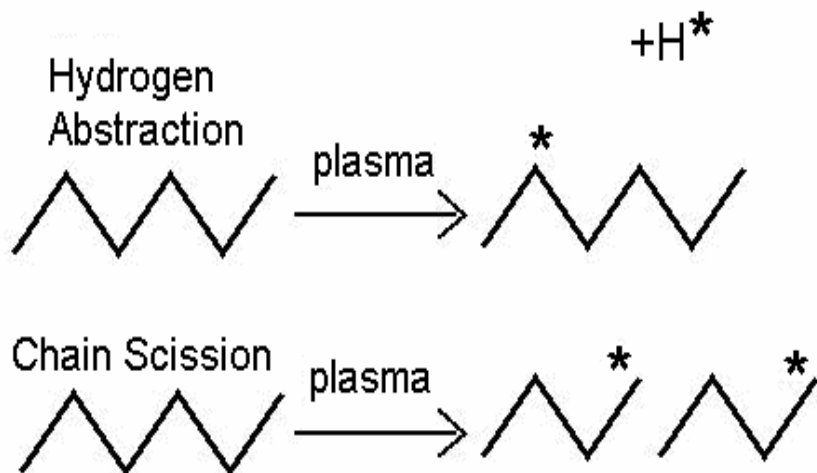


*Pseudomorf, Mikulčice
(plátěná pochva meče)*

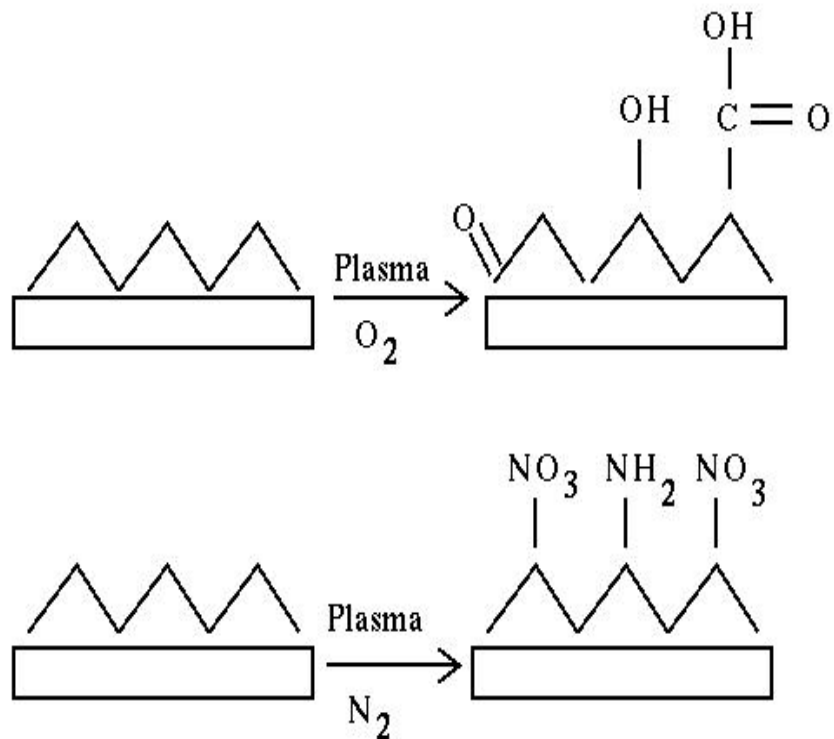
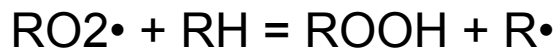
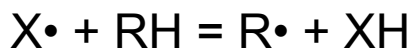
Změny textilních materiálů působením plazmatu



Umělá vlákna

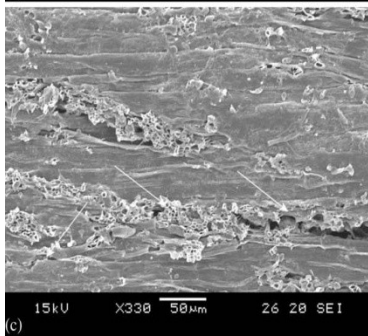
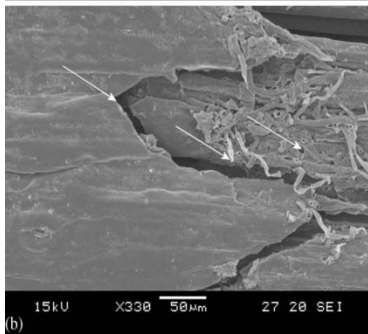
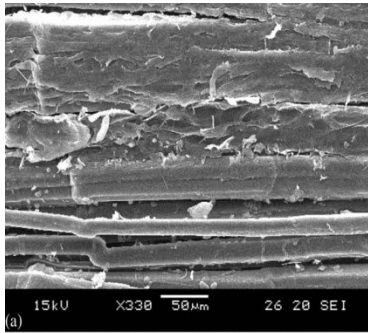


Tvorba volných radikálů působením plazmatu. Plazma může abstrahovat vodík z polymerového řetězce nebo tyto řetězce štěpit.

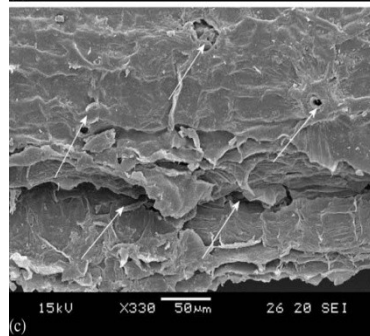
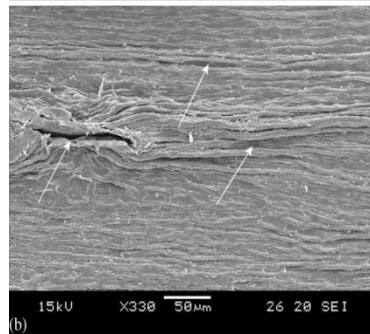
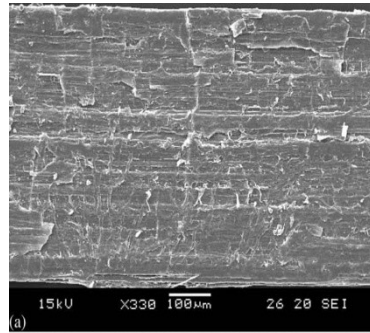


Aktivace povrchu substitucí vodíku v řetězci polymeru jinými skupinami:
O, OH, COOH, NO₃, NH₂, apod.

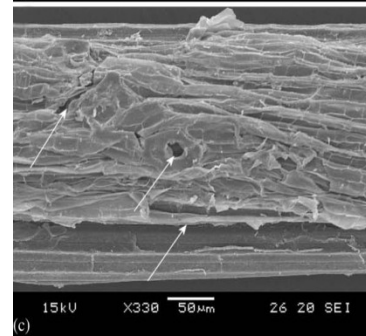
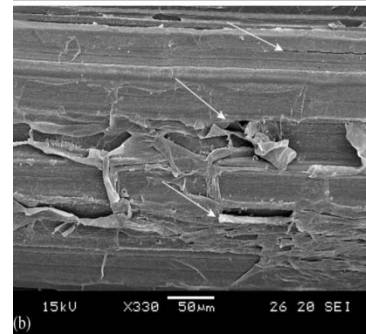
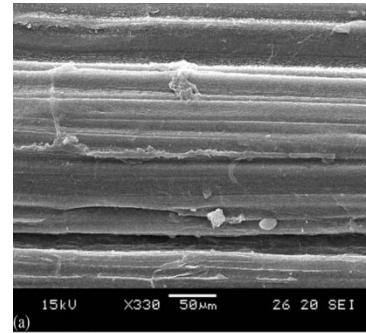
Morfologie povrchu lignocelulózových vláken po ošetření vzduchovým plazmatem za atmosferického tlaku: (a) 0 min, (b) 1 min a (c) 3 min. (SEM zvětšení 6330).



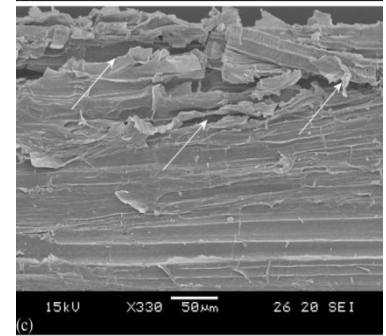
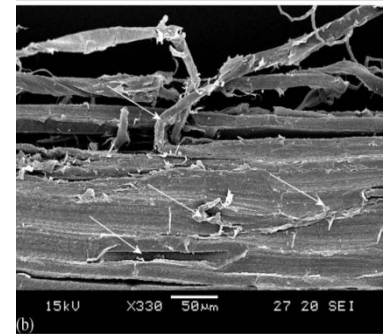
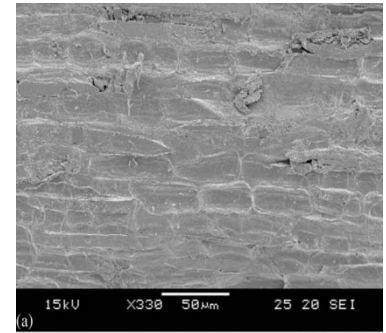
abaka



len

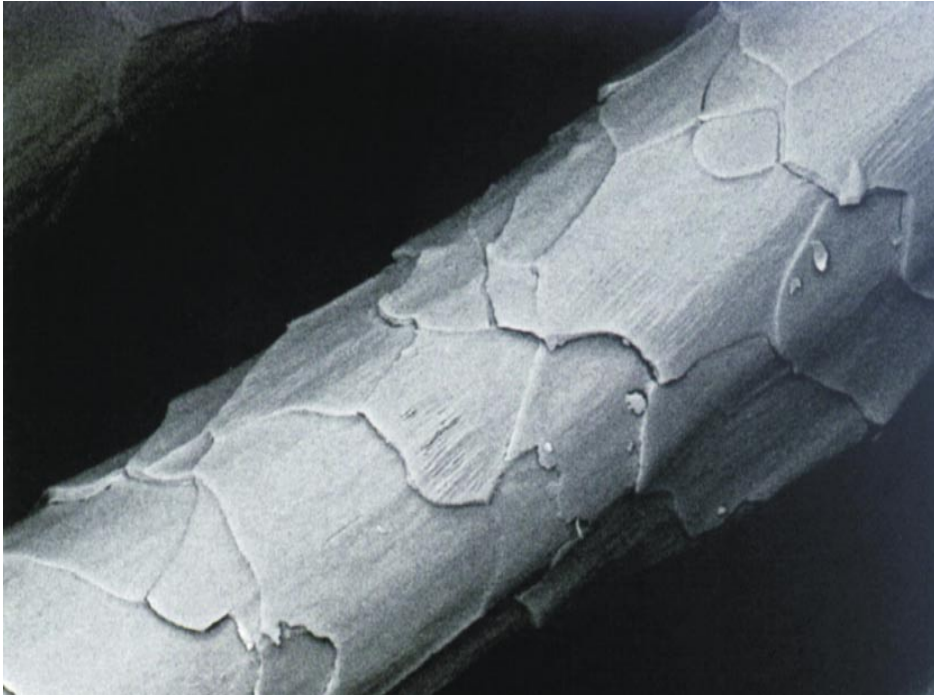


konopí

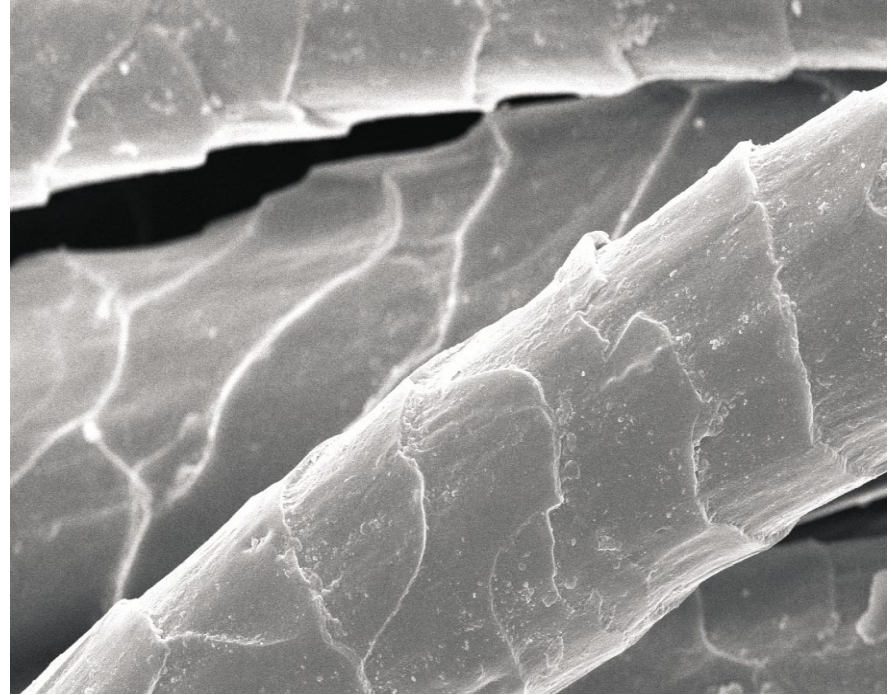


sisal

Vlna



*SEM povrchu vlněného vlákna
(zvětšení: 2000).*



*SEM povrchu vlněného vlákna po
ošetření plazmatem (zvětšení:
2000).*

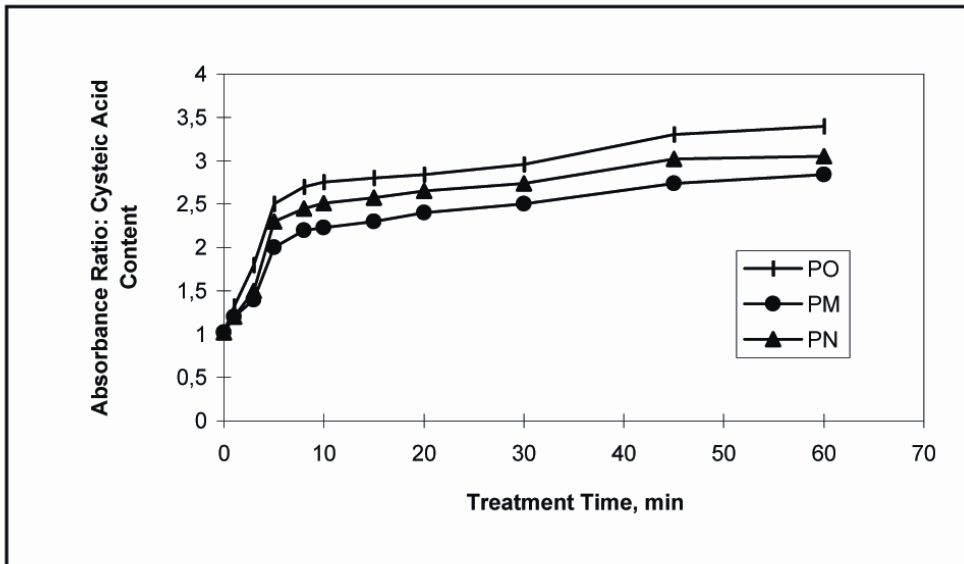


Figure 2. FTIR-ATR absorbance ratio of cysteic acid content as a function of treatment time

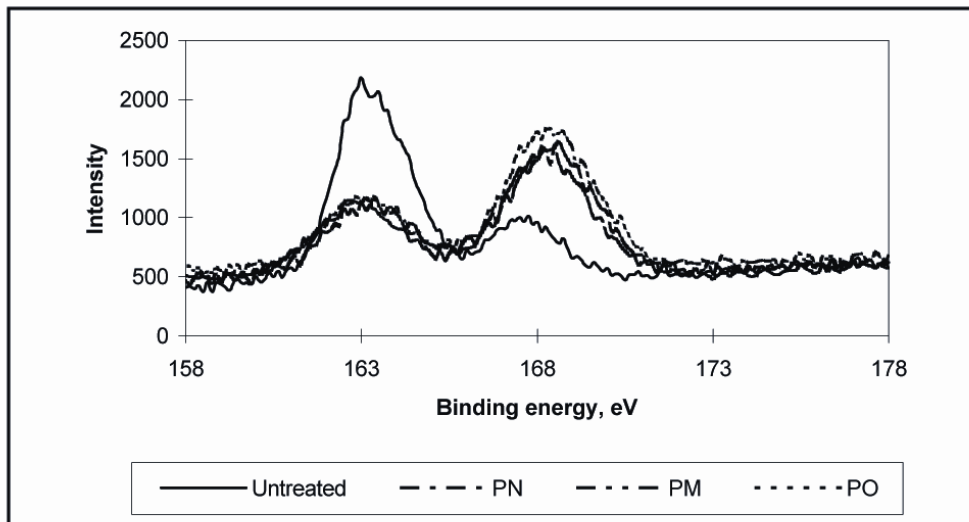


Figure 8. Sulphur peak (S_{2p}) spectra of wool before and after treatment with LTP

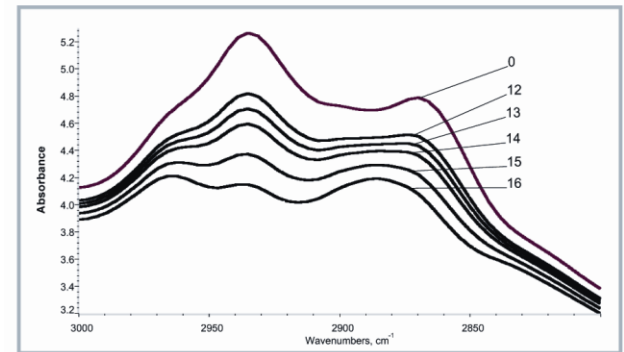


Figure 1. Fragments of transmission spectra of wool fibres in the $3000-2800\text{ cm}^{-1}$ range of IR absorption by groups with the C-H oscillator; 0 - spectrum for wool not modified with plasma, 12, 13, 14, 15, 16 - IR spectra for wool samples treated with LTP, with an increasing value of the electric power of the plasma and constant time (Table 2).

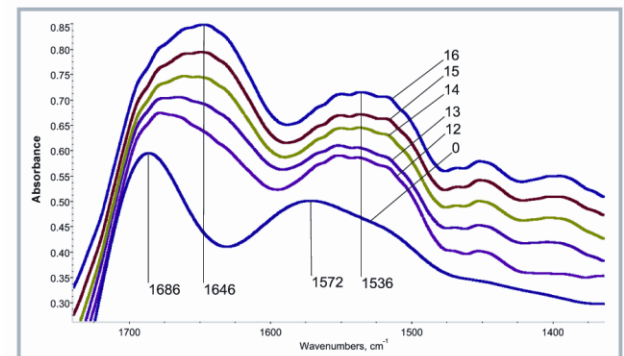


Figure 2. Fragments of transmission spectra of wool fibres in the $1800-1450\text{ cm}^{-1}$ range of IR absorption by groups with the CO-NH- oscillator for the samples: 0, 12, 13, 14, 15 and 16.

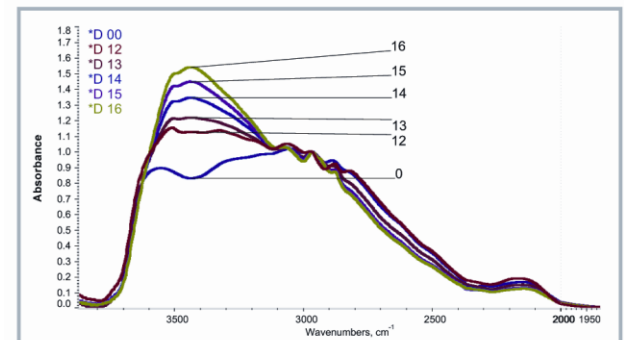


Figure 3. Fragments of transmission spectra of wool fibres in the $3650-3150\text{ cm}^{-1}$ range of IR absorption by groups with the O-H, N-H oscillator. Spectrum shapes change in relation to the intensity of plasma treatment (samples 0, 12, 13, 14, 15 and 16).

VIna

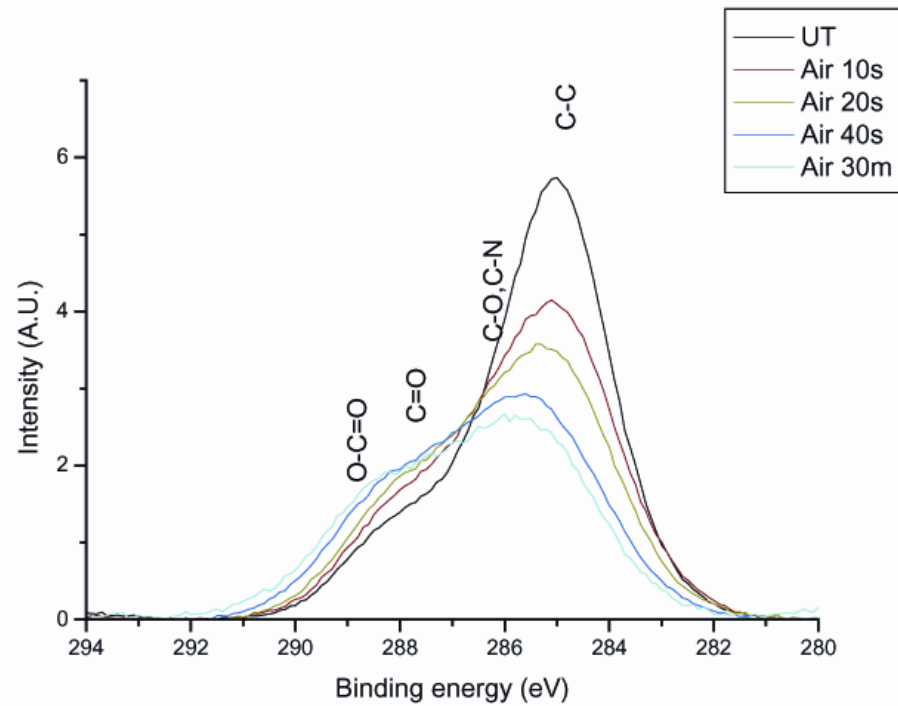
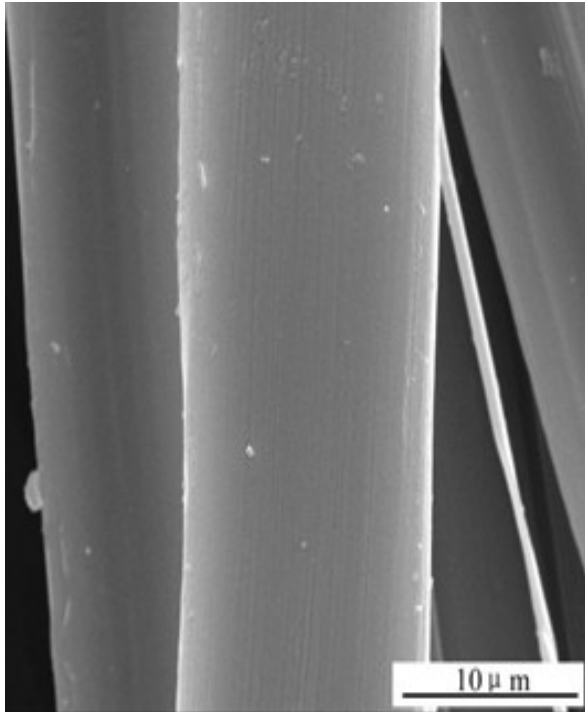
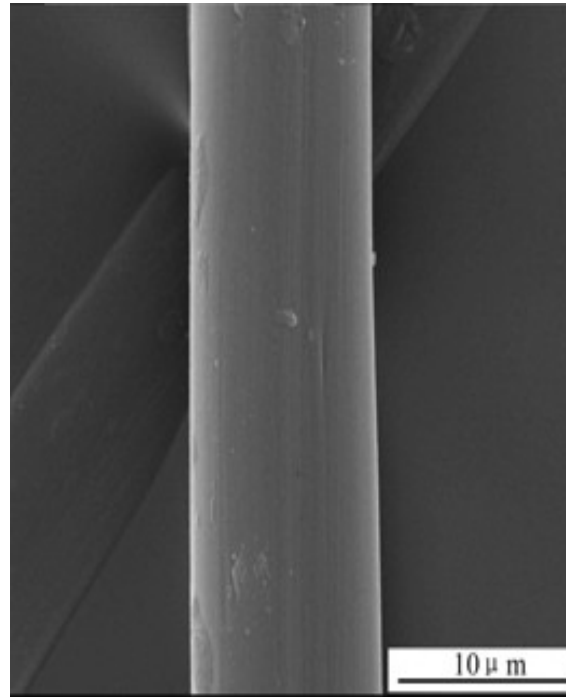


Figure 1.- XPS analysis of air plasma treated wool showing the increase in the surface carbon-oxygen functionalities as a function of the plasma treatment time.

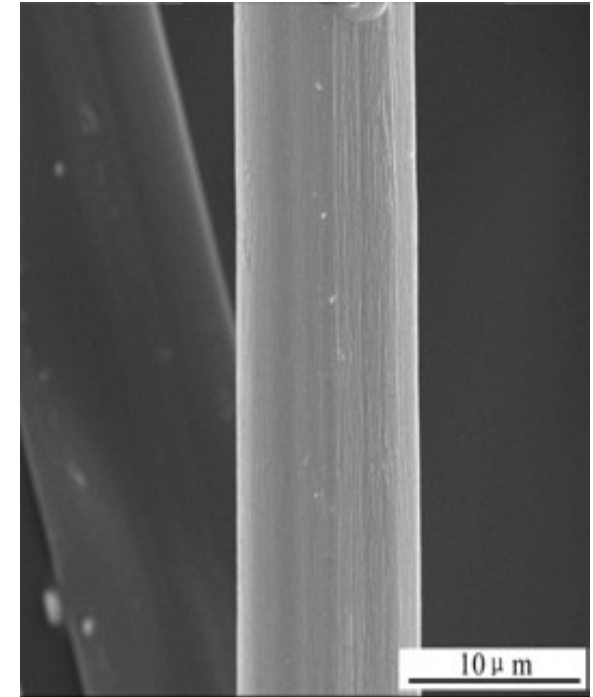
Hedvábí



a



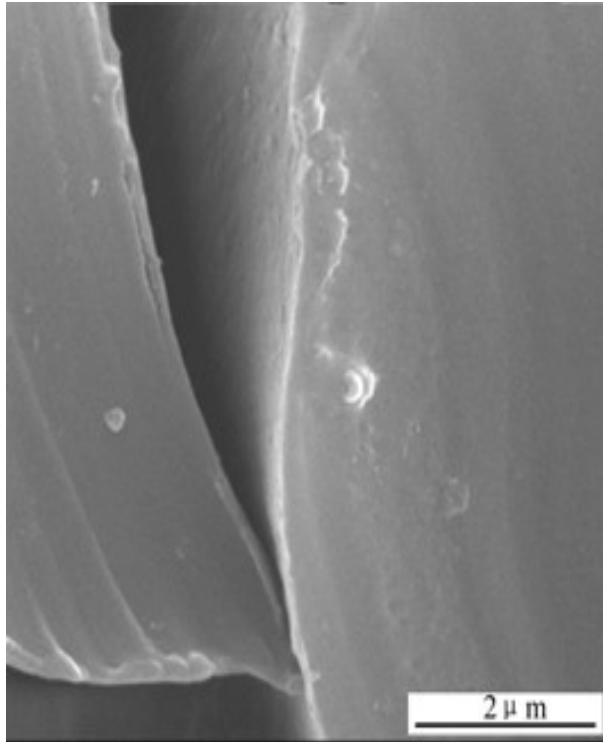
b



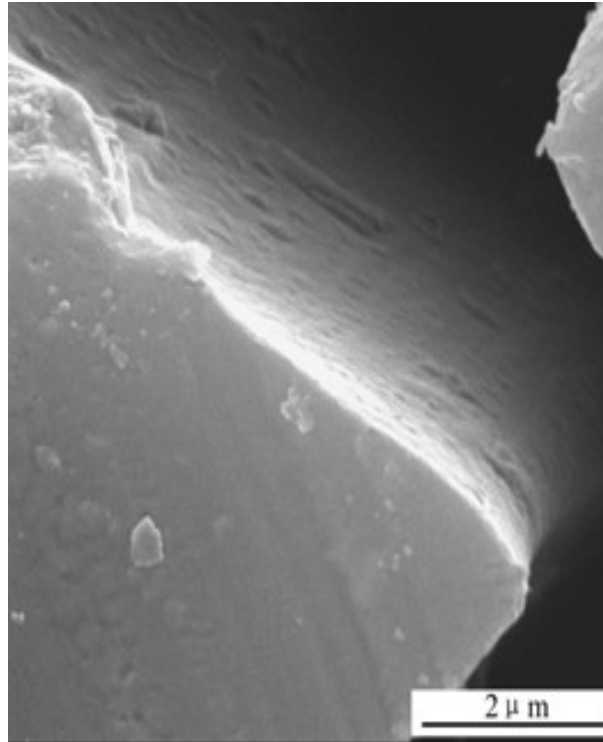
c

SEM degumovaného (bez sericinu) vlákna hedvábí *B. mori* po ošetření kyslíkovým plazmatem: (a) 0 min; (b) 1 min; (c) 5 min

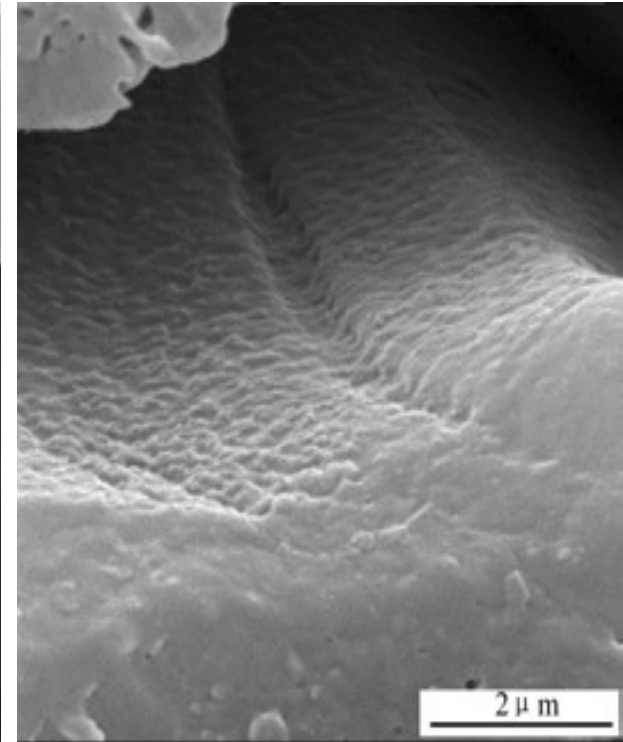
Hedvábí



a



b



c

SEM řezu degumovaného (bez sericinu) vlákna hedvábí *B. mori* po ošetření kyslíkovým plazmatem: (a) 0 min; (b) 5 min; (c) 15 min

„Naleptání“ povrchu

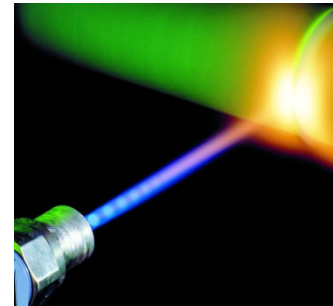
Změny textilních materiálů působením laseru

UV (Nd:YAG, excimer)

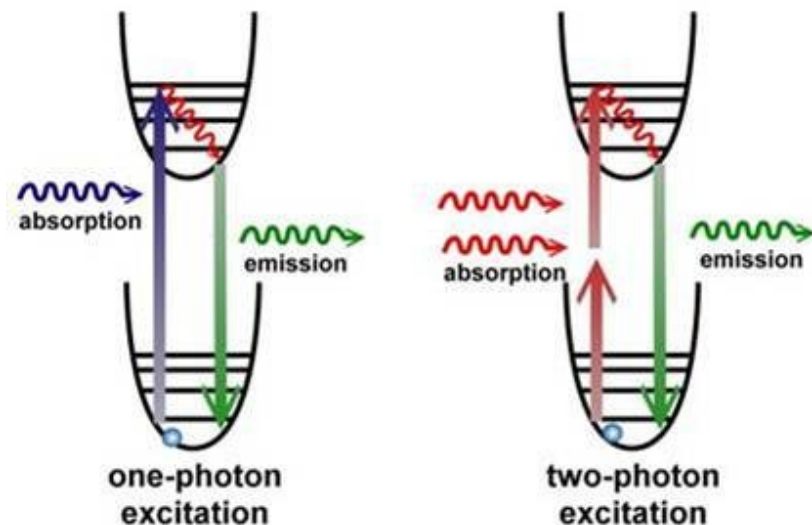
IR (Nd:YAG)

Energie fotonu ($\lambda = 1,06 \mu\text{m}$) = 1,2 eV

Energie fotonu ($\lambda = 248 \text{ nm}$) = 5,0 eV



Typ kovalentní vazby	Vazebná energie (eV)
C-C	3,6
C-O	3,7
C-H	4,3
O-H	4,8
C=C	6,4



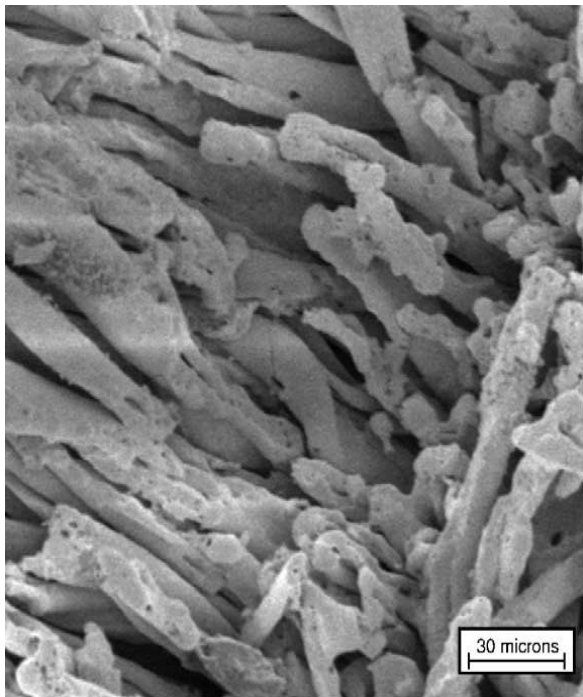
Působení laseru na textilie na bázi celulózy



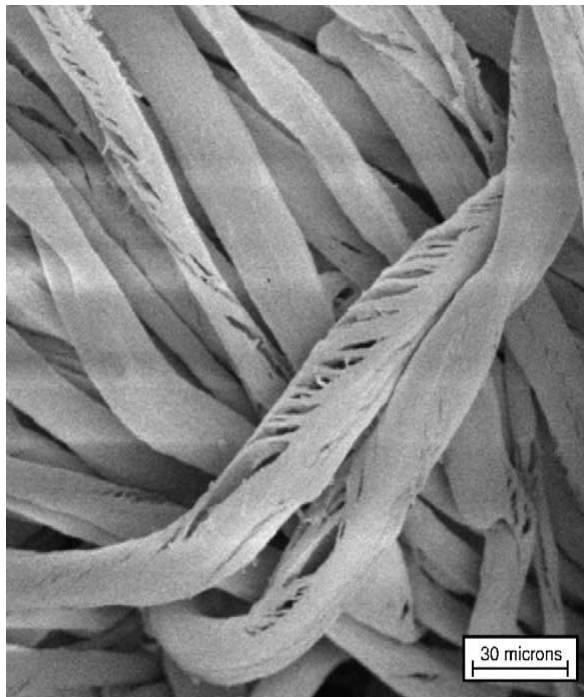
Horní řada (zleva doprava): 10 pulsů o 1400 mJ/cm², 50 pulsů o 1400 mJ/cm², 200 pulsů o 1400 mJ/cm², 500 pulsů o 1400 mJ/cm².

Střední řada (zleva doprava): 10 pulsů o 1000 mJ/cm², 50 pulsů o 1000 mJ/cm², 200 pulsů o 1000 mJ/cm², 500 pulsů o 1000 mJ/cm².

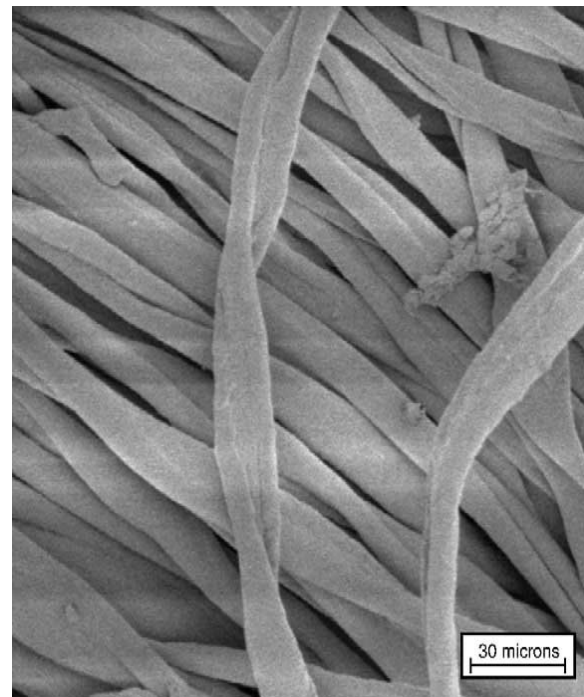
Dolní řádek (zleva doprava): 2000 pulsů o 80 mJ/cm²; 3000 pulsů o 80 mJ/cm², 4000 pulsů o 80 mJ/cm², 5000 pulsů o 80 mJ/cm².



Bavlněná vlákna po 200 pulsech o 320 mJ/cm².

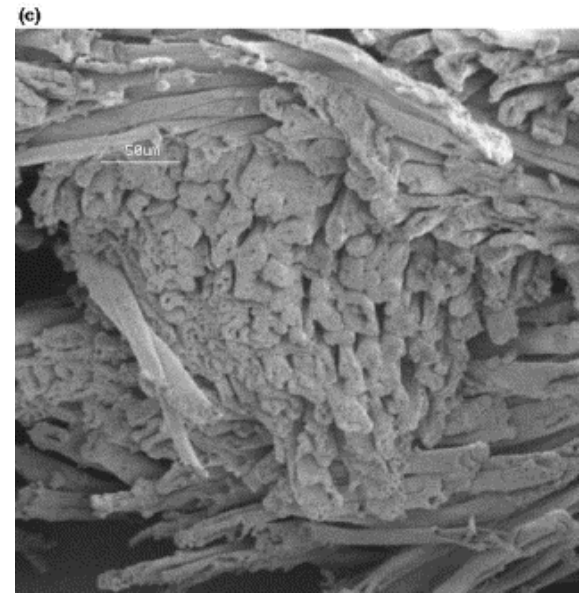
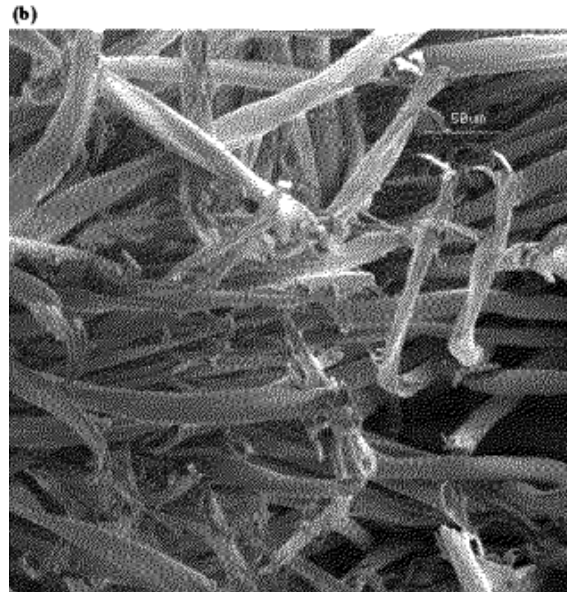
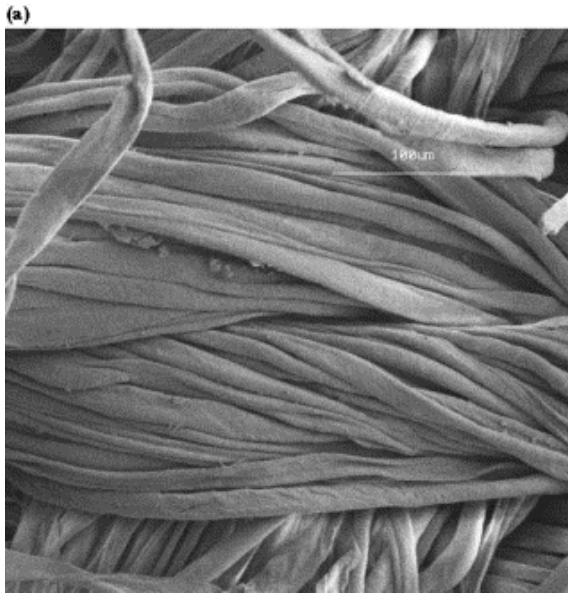


Bavlněná vlákna po 3 pulsech o 1400 mJ/cm².



Bavlněná vlákna po 500 pulsech o 40 mJ/cm².

Excimer KrF 248 nm

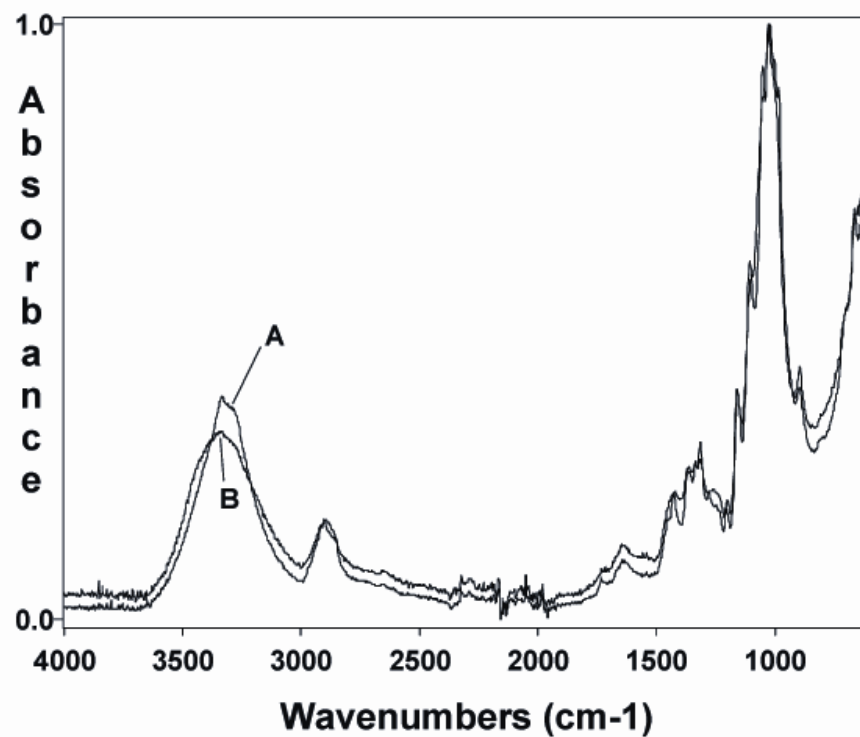


Mikrosnímek (elektronový mikroskop) povrchu bílé bavlny:

- a) před ozáření;
- b) po 100 pulsech, 1064 nm, 3.7 J/cm²;
- c) po 100 pulsech, 266 nm, 0.5 J/cm².

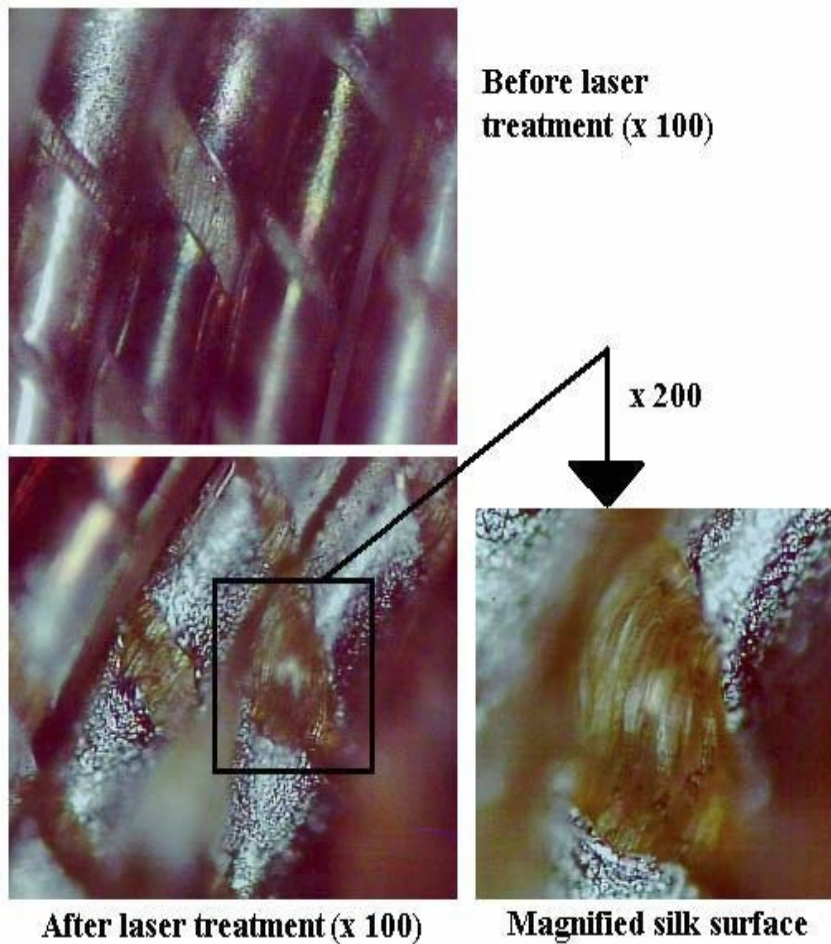


SEM laserem (CO₂) ozářeného Inu

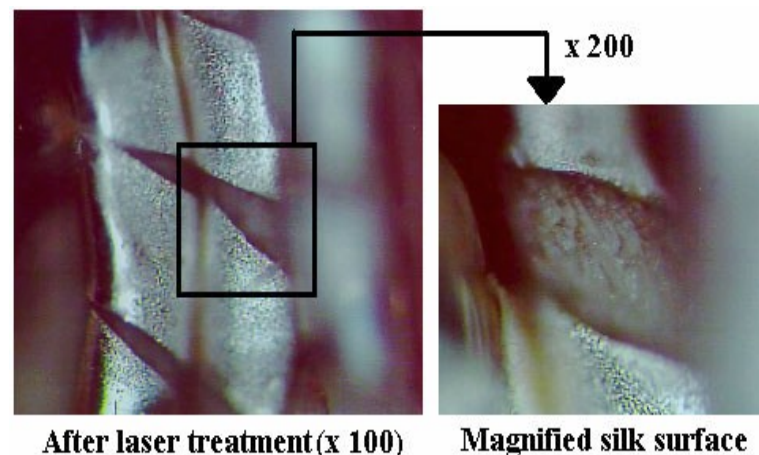


FTIR-ATR spectra Inu:
A) původní, B) po ozáření CO₂ laserem

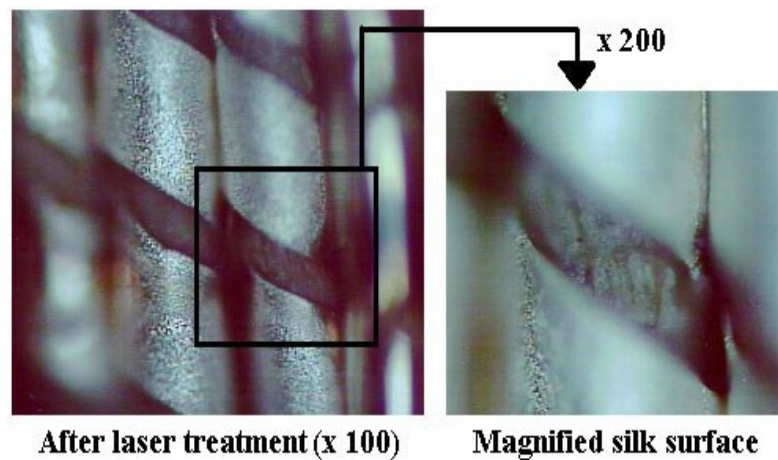
Kombinované textilie



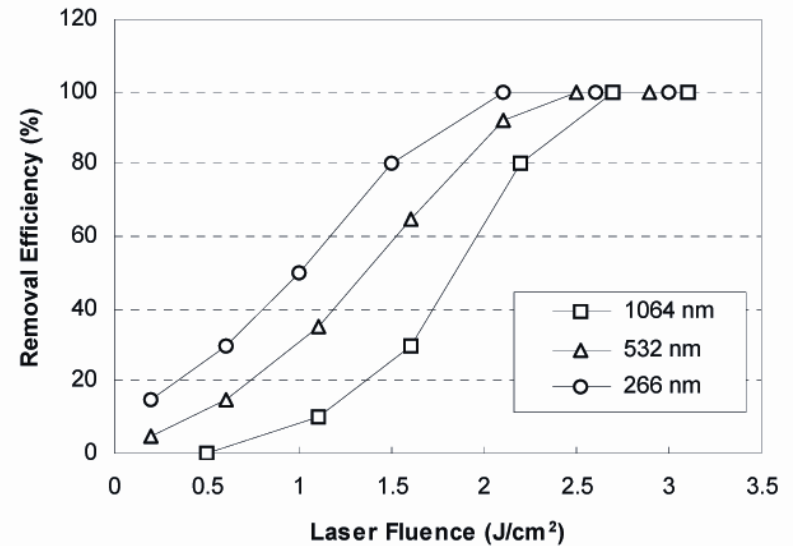
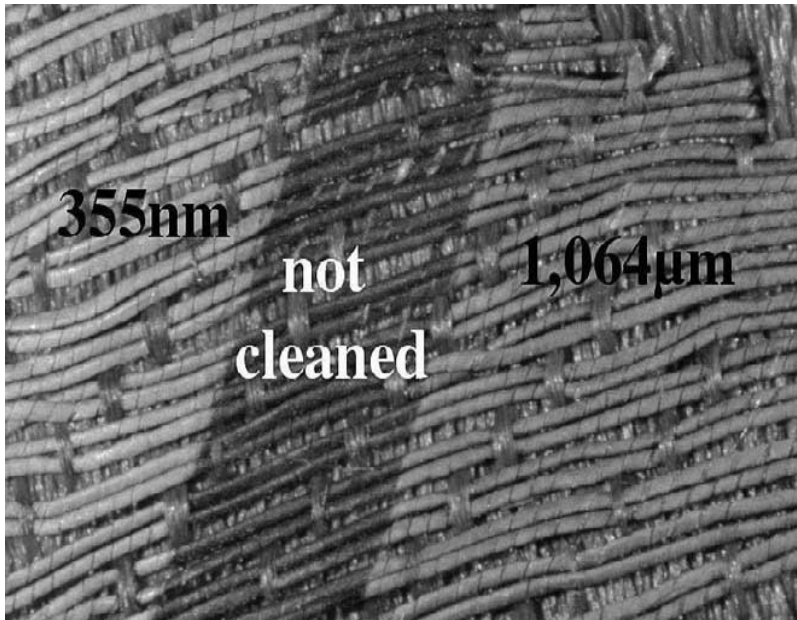
Povrch stříbra a hedvábí před a po působení laseru 1064 nm.



Povrch stříbra a hedvábí po působení laseru 532 nm.



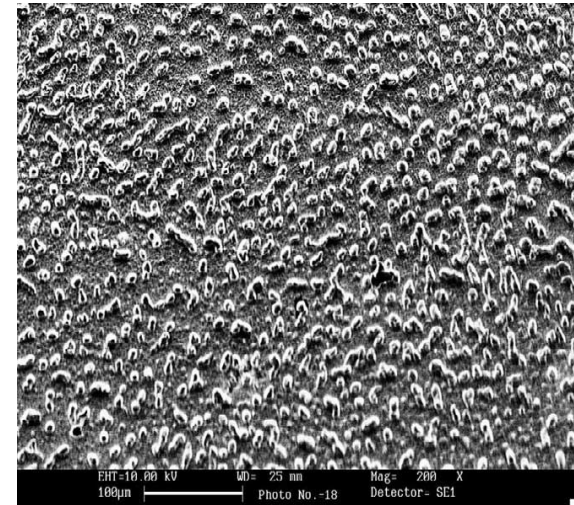
Povrch stříbra a hedvábí po působení laseru 266 nm.



Stříbrné **kryté** nitě z fragmentů červeného saténu ozářených různými typy laserů:

UV ($\lambda = 355 \text{ nm}$; $F = 0.08 \text{ J/cm}^2$, $S \text{ impact} = 0.53 \text{ cm}^2$, $f = 10 \text{ p/s}$ po dobu 5 min)

IR ($\lambda = 1064 \text{ nm}$; $F = 0.35 \text{ J/cm}^2$, $S \text{ impact} = 0.55 \text{ cm}^2$, $f = 10 \text{ p/s}$ po dobu 1.5 min)



SEM ukazuje přítomnost Ag částic, souvisejících s „vybělením“ stříbra.

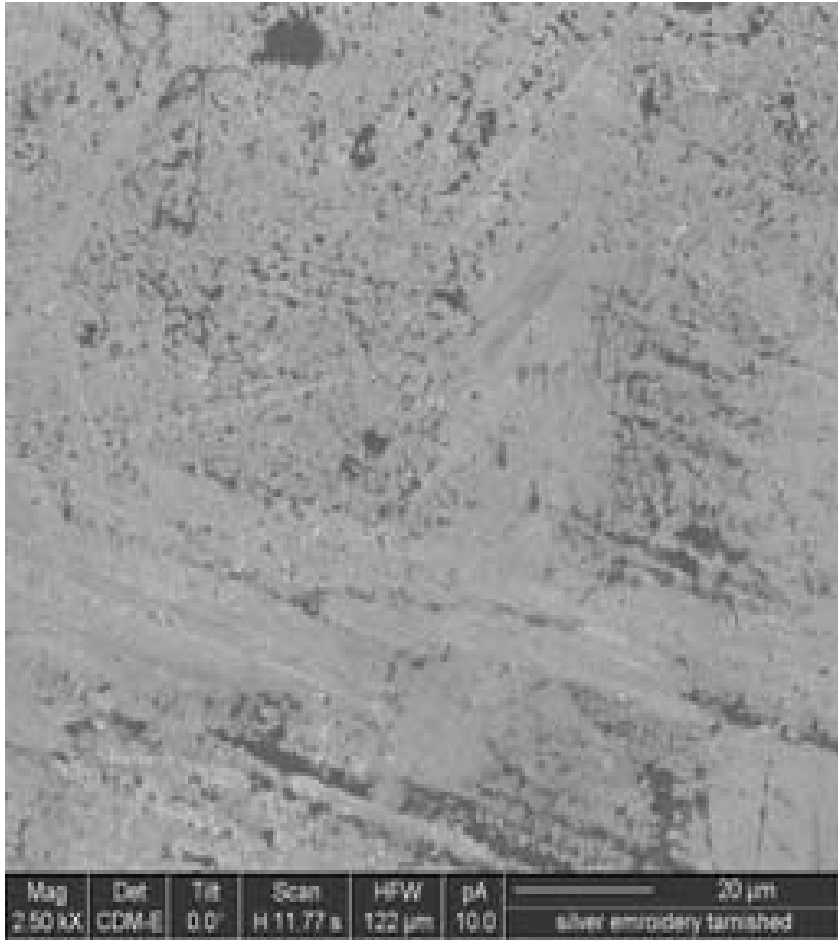
Brokát



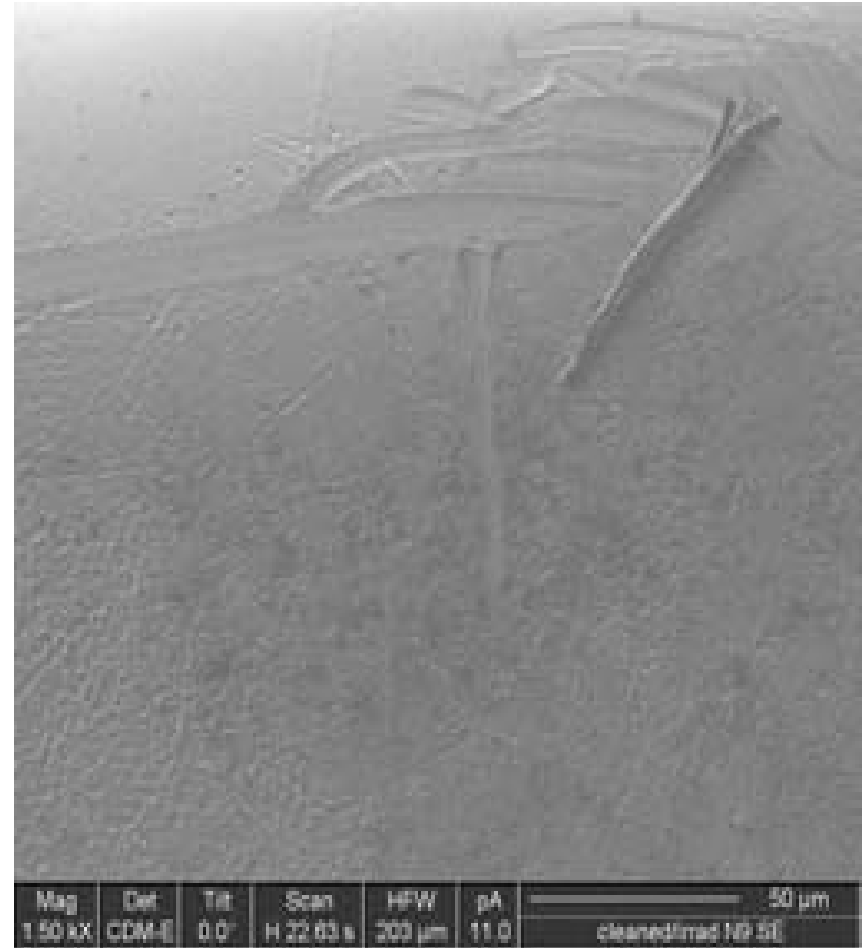
Jezdecký oblek (18. stol.)



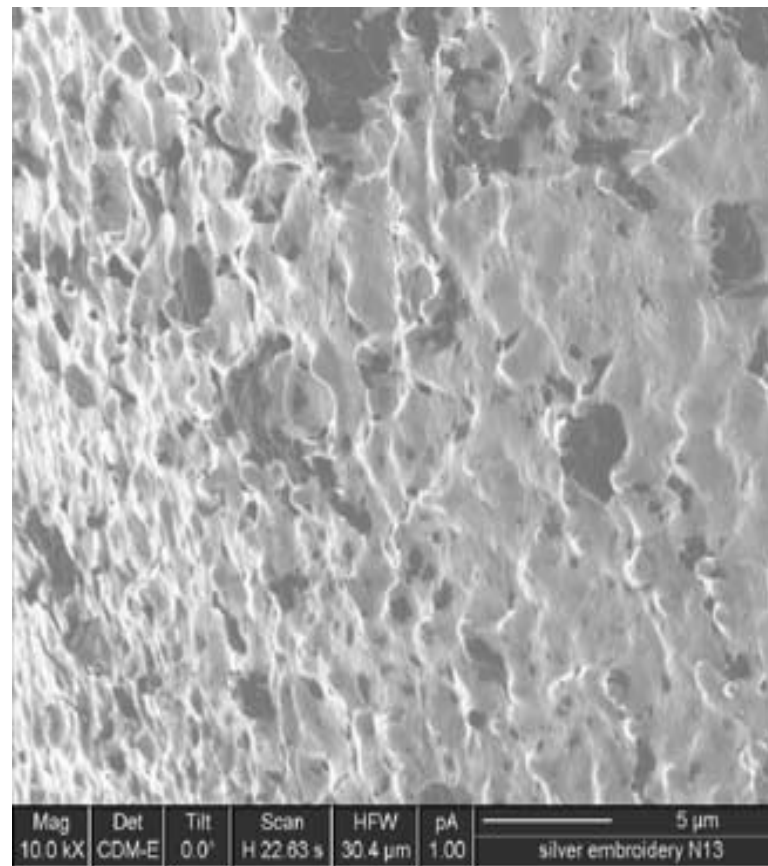
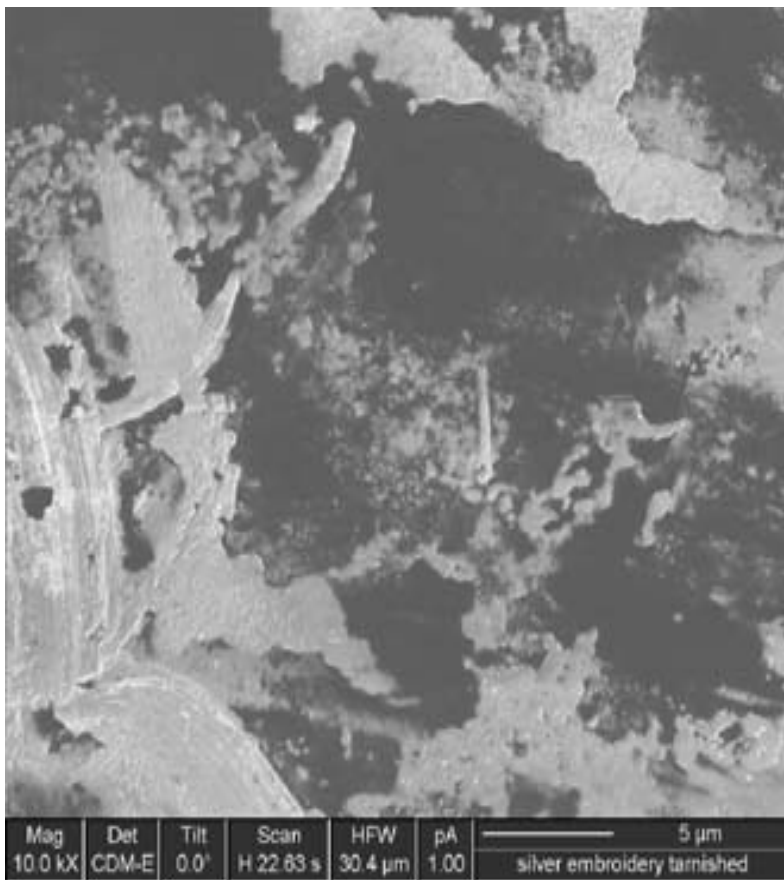
Čištěná plocha



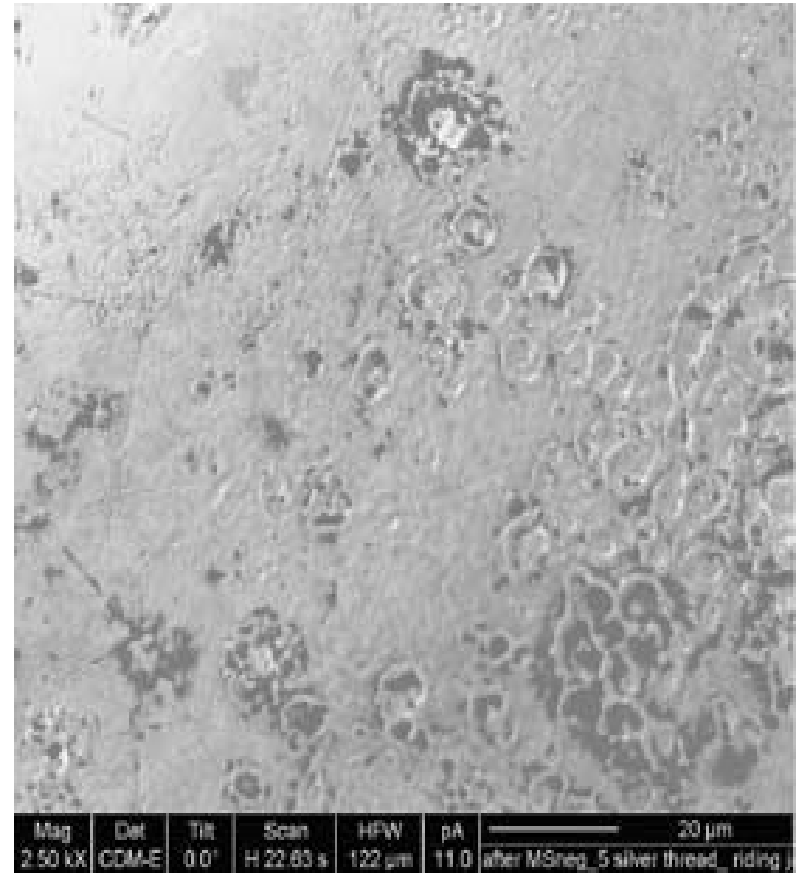
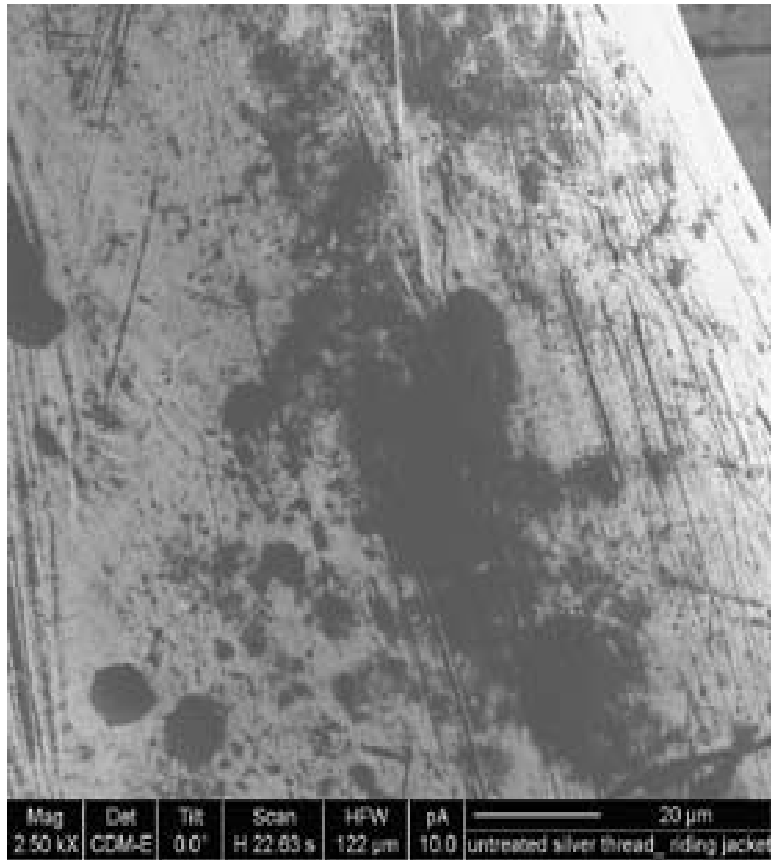
Povrch zmatnělé stříbrné **kryté** nitě před ozářením laserem



Stříbrná **krytá** nit po ozáření laserem



Povrch stříbrné **kryté** nitě před a po ozáření laserem 532 nm s fluencí 0.6 J/cm^{-2}



Stříbrná **krytá** nit z jezdeckého obleku před (*vlevo*) a po (*vpravo*) laserovém čištění při 532 nm s 2 J/cm^{-2}

Děkuji za pozornost!

