

PŘÍRODNÍ POLYMERY

Bílkovinná vlákna II FIBROIN

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

POLYMER INSTITUTE BRNO

spol. s r.o.

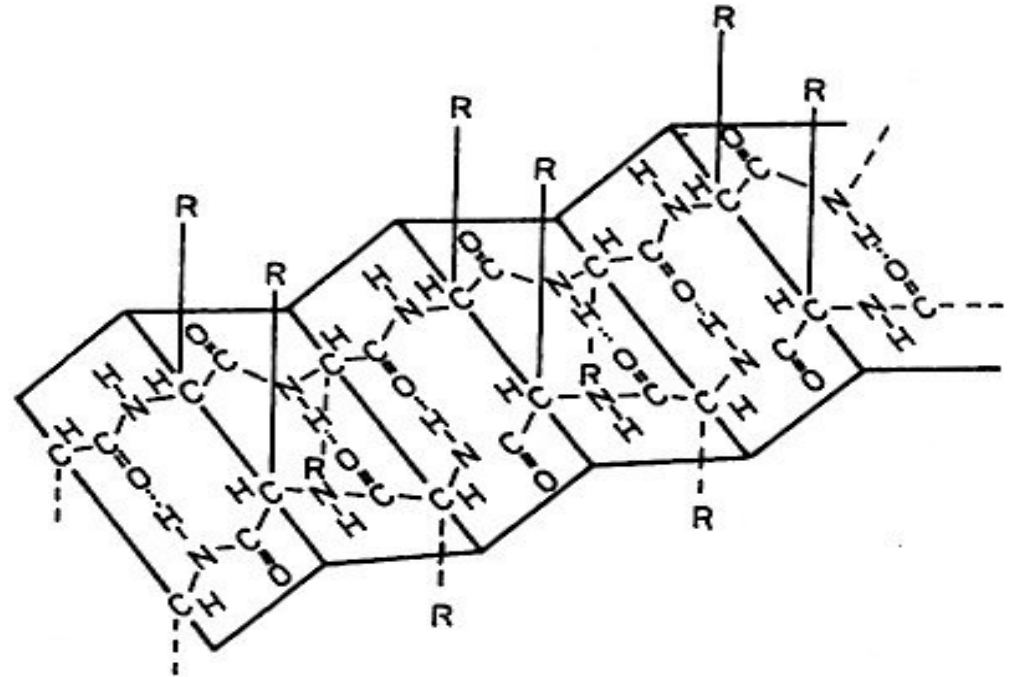
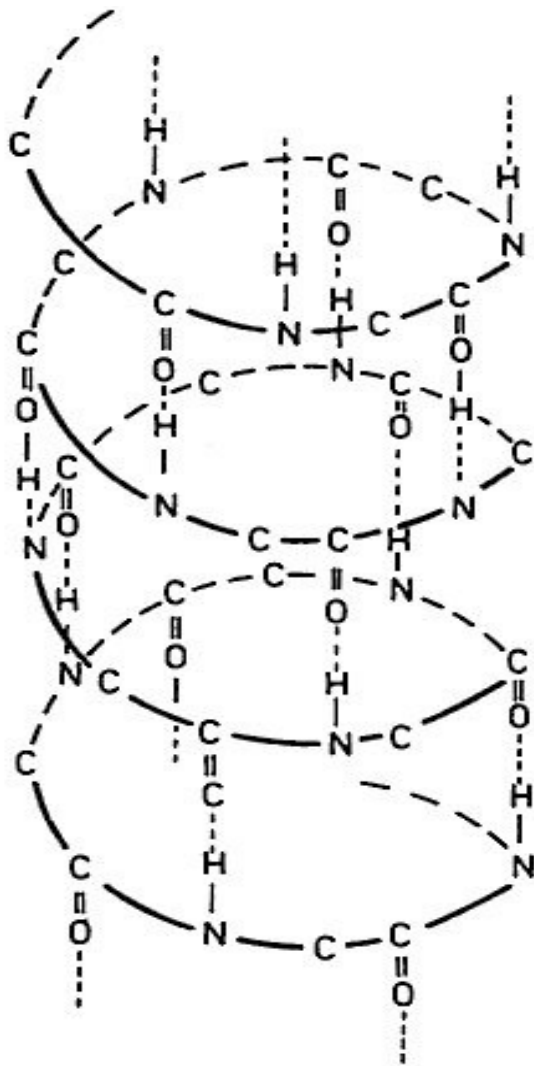
| LEKCE | datum | téma |
|-----------|----------------|--|
| 1 | 19.IX. | Úvod do předmětu - Struktura a názvosloví přírodních polymerů, literatura |
| 2 | 26. IX. | Deriváty kyselin, - přírodní pryskyřice, vysýchavé oleje, šelak |
| 3 | 3. X. | Vosky |
| 4 | 10. X. | Přírodní gummy. |
| 5 | 10. X. | Polyterpeny – přírodní kaučuk, získávání, zpracování a modifikace |
| 6 | 17. X. | Polyfenoly – lignin, huminové kyseliny, třísloviny |
| 7 | 24. X. | Polysacharidy I – škrob |
| 8 | 31. X. | Polysacharidy II – celulóza |
| 9 | 7. XI. | Kasein, syrovátka, vaječné proteiny |
| 10 | 14. XI. | Identifikace přírodních látek |
| 11 | 21. XI. | Laboratorní metody hodnocení přírodních polymerů |
| 12 | 29. XI. | EXKURZE – KLIHÁRNA |
| 13 | 5. XII. | Bílkovinná vlákna I |
| 14 | 12. 12. | Bílkovinná vlákna II |
| 15 | 19. 12. | Rezerva, případně polysacharidy neprobrané v přednáškách 7 a 8 NEBO BUDE NAHRAZENO EXKURZÍ DO ŠKROBÁRNY V ROCE 2014 |

- Ing. J. Dvořáková: **PŘÍRODNÍ POLYMERY**, VŠCHT Praha, Katedra polymerů, skripta 1990
- J. Zelinger, V. Heidingsfeld, P. Kotlík, E. Šimůnková: **Chemie v práci konzervátora a restaurátora**, ACADEMIA Praha 1987,
- A. Blažej, V. Szilvová: **Prírodné a syntetické polymery**, SVŠT Bratislava, skripta 1985
- A. Blažej a kol.: **Štruktúra a vlastnosti vláknitých bielkovín,**
- A. Blažej a kol.: **Technologie kůže a kožešin**
- V. Hladík a kol.: **Textilní vlákna, SNTL Praha 1967**

1. Keratin

2. Fibroin

SEKUNDÁRNÍ STRUKTURA proteinů II



Obr. 6.4 Struktura složených listů bílkovin

◀ Obr. 6.3 α -Šroubovice (α -helix) bílkovin

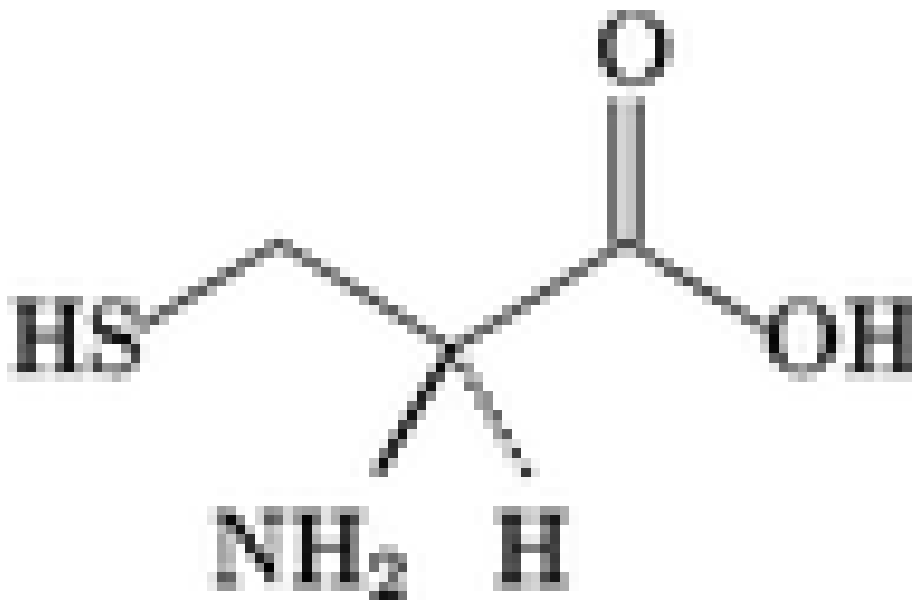
2. Keratin

Kde se vyskytuje KERATIN?

- **ÚTVARY NA KŮŽI** - chlupy, vlasy, peří, srst, štětiny
- **ZAKONČENÍ PRSTŮ A KONČETIN** – nehty, kopyta
- **ÚTVARY Z ROHOVINY** – rohy
- **VRCHNÍ VRSTVA KŮŽE**- pokožka (rohovinová vrstva)

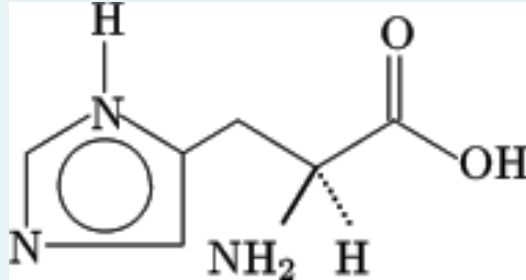
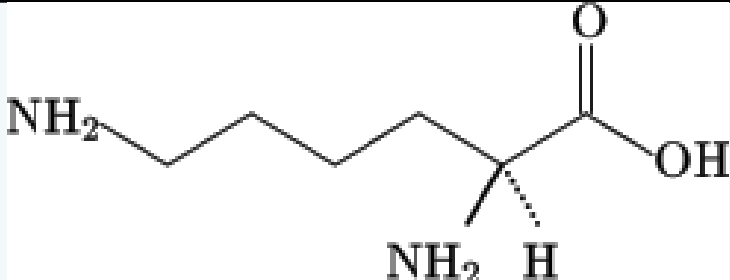
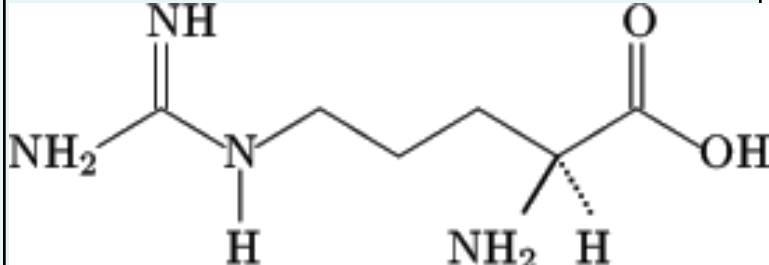
Čím se vyznačuje KERATIN 1

- Bílkovinné řetězce jsou SÍŤOVANÉ přes SULFIDICKÉ MŮSTKY (-S-S-) vytvořené přes –SH skupiny CYSTEINU



Čím se vyznačuje KERATIN 2

- POMĚR (přibližný) TŘÍ AMONIKYSELIN

| AMINOKYSELINA | PODÍL | VZOREC |
|-----------------|-------|---|
| HISTIDIN | 1 |  <p>The chemical structure of Histidine shows an imidazole ring attached to a side chain. The side chain consists of a methylene group (-CH2-) connected to a chiral carbon atom. This chiral carbon is bonded to a hydrogen atom (H) with a dashed bond, an amino group (-NH2) with a wedged bond, and a carboxyl group (-COOH). The imidazole ring has a hydrogen atom (H) attached to the nitrogen at the top position.</p> |
| LYZIN | 4 |  <p>The chemical structure of Lysine features a long, straight aliphatic side chain. It starts with a primary amino group (-NH2) at the end, followed by four methylene groups (-CH2-CH2-CH2-CH2-), and then a chiral carbon atom. This chiral carbon is bonded to a hydrogen atom (H) with a dashed bond, an amino group (-NH2) with a wedged bond, and a carboxyl group (-COOH).</p> |
| ARGININ | 12 |  <p>The chemical structure of Arginine has a side chain that includes a guanidino group. It starts with a primary amino group (-NH2) attached to a carbon atom that is double-bonded to an NH group and single-bonded to a nitrogen atom. This nitrogen atom is further bonded to a hydrogen atom (H) and a methylene group (-CH2-). The side chain continues with three more methylene groups (-CH2-CH2-CH2-) before reaching a chiral carbon atom. This chiral carbon is bonded to a hydrogen atom (H) with a dashed bond, an amino group (-NH2) with a wedged bond, and a carboxyl group (-COOH).</p> |

Čím se vyznačuje KERATIN 4

- **NEROZPUTNÝ VE VODĚ**
- **ODOLÁVÁ ZŘEDĚNÝM KYSELINÁM**
- **NEODOLÁVÁ LOUHŮM > čištění štětců
v louhu sodném vyžaduje opatrnost,
používat jen na syntetické vlasce!**
- **Nejdůležitějším keratinovým
vláknem je OVČÍ VLNA**

Čím se vyznačuje KERATIN 5

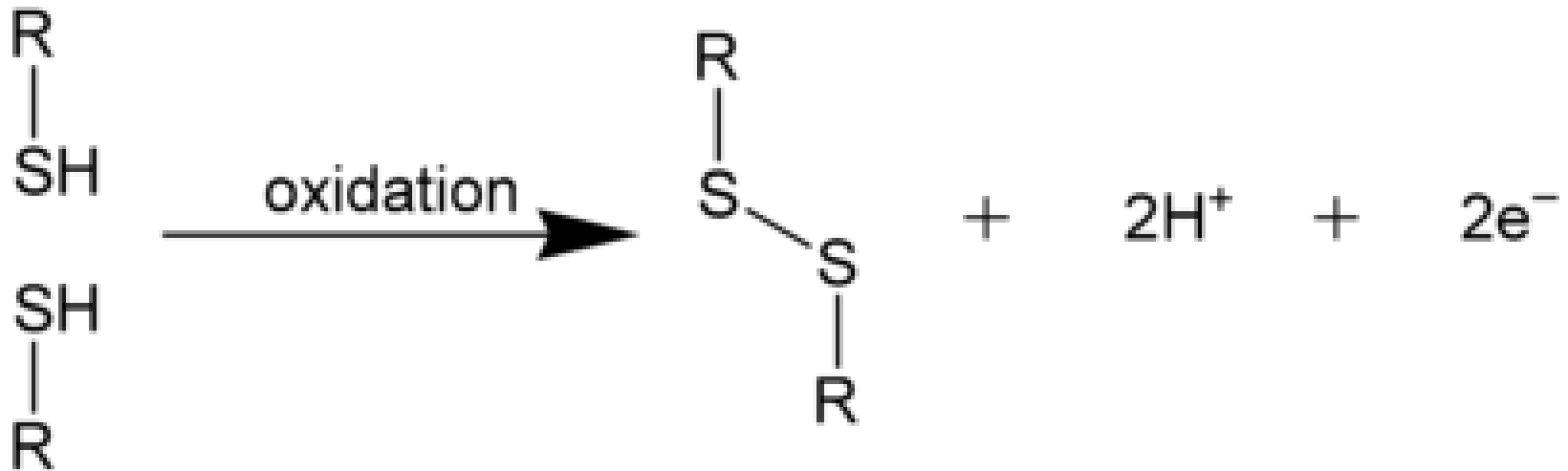
Tabuľka 12.1. Aminokyselinové zloženie (%) keratínu pokožky, ľudských vlasov, hovädzej rohoviny, slepačieho peria a bravčových štetín (Bowesová a Elliot, 1957)

| Aminokyselina | Pokožka % | Vlasy % | Rohovina % | Perie % | Štetiny % |
|---------------------|--------------|------------------|---------------|----------------|---------------|
| Glycín | 10,36 | 4,1—4,2 | 9,6 | 7,2 | |
| Alanín | 4,32 | 2,8 | 2,5 | 5,4 | |
| Valín | 3,34 | 5,9 | 5,5 | 5,8 | 5,9 8 |
| Leucín | 8,33 | 6,4—8,3 | 8,3 | 7,4—8,0 | 8,3 6 |
| Izoleucín | 3,31 | 4,7—4,8 | 4,8 | 5,3—6,0 | 4,7 9 |
| Fenylalanín | 3,99 | 2,4—3,6 | 4,0 | 4,7—5,3 | 2,7 1 2 |
| Tyrozín | 4,7 | 2,2—3,0 | 5,6 | 2,0—2,2 | 3,5 4 2 |
| Tryptofán | 0,95 | 0,4—1,3 | 0,7 | 0,7 | |
| Serín | 11,51 | 7,6—10,6 | 6,1 | 4,4—4,8 | |
| Treonín | 4,33 | 7,0—8,5 | 6,1 | 4,4—4,8 | 6,3 7 |
| Cystín | 1,54 | 16,6—18,0 | 15,7 | 6,8—8,2 | 14,4 4 |
| Metionín | 1,64 | 0,7—1,0 | 2,2 | 0,4—0,5 | 0,5 14 |
| Prolín | 2,73 | 4,3—9,6 | 8,2 | 8,8—10,0 | 9,6 4 |
| Arginín | 5,65 | 8,9—10,8 | 10,7 | 6,5—7,5 | 10,9 3 |
| Histidín | 1,62 | 0,6—1,2 | 1,1 | 0,7 | 1,1 13 |
| Lyzín | 5,2 | 1,9—3,1 | 3,6 | 1,7 | 3,8 10 |
| Kyselina asparágová | 9,49 | 3,9—7,7 | 7,9 | 5,8—7,5 | 8,9 5 |
| Kyselina glutámová | 15,3 | 13,6—14,2 | 13,8 | 9,7 | 17,9 1 |
| Amidový N | 0,9 | 1,17 | 1,14 | 1,09 | |
| Celkový N | 19,6 | 15,5—16,9 | 16,9 | 16,2 | |
| Celková síra | 0,77 | 3,0—4,0 | 5,2 | 3,9 | |

Složení
KERATINU je
tedy různé
pro různé
útvary I PRO
RŮZNÉ
ŽIVOČICHY
(NENÍ V TÉTO
TABULCE)

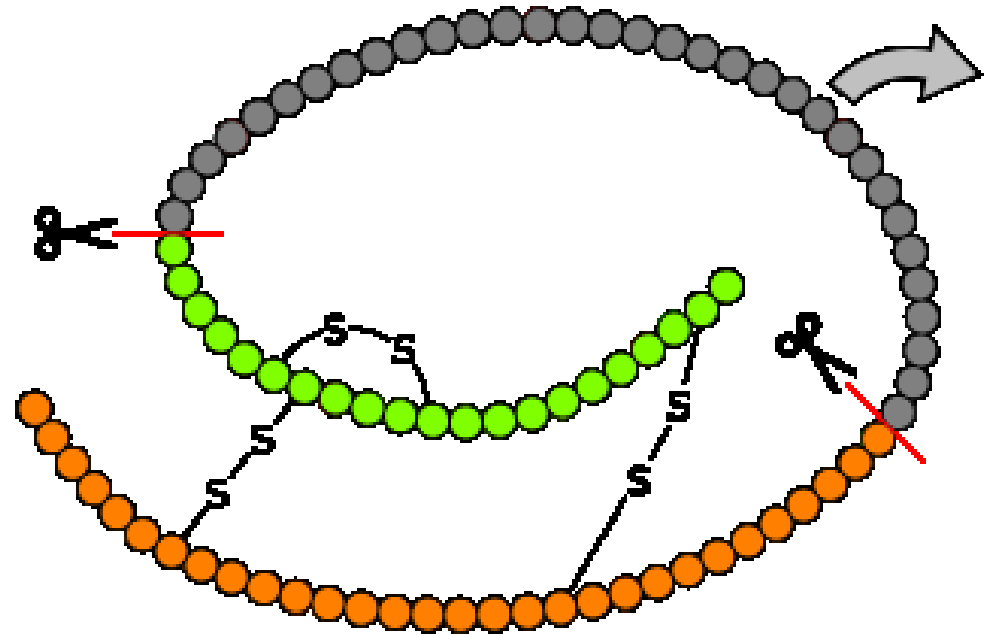
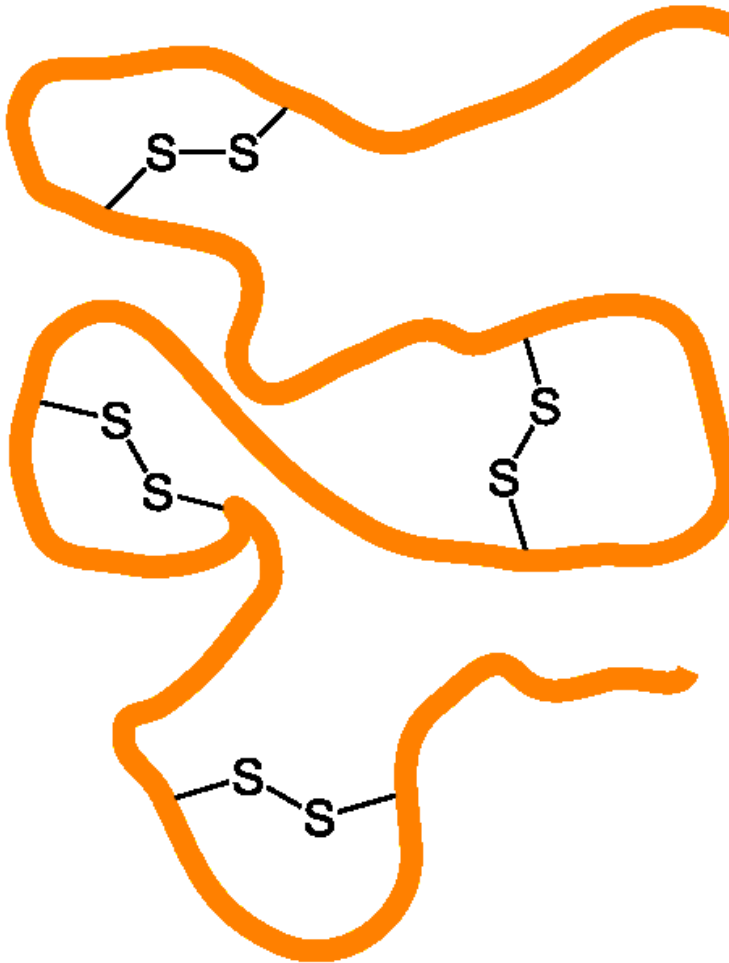
Čím se vyznačuje KERATIN 6

- Schopnost vytvářet propojení mezi vlákny chemickou vazbou > obdoba síťování KAUČUK > PRYŽ nebo KŮŽE > USEŇ



Dva cysteiny > jeden CISTIN

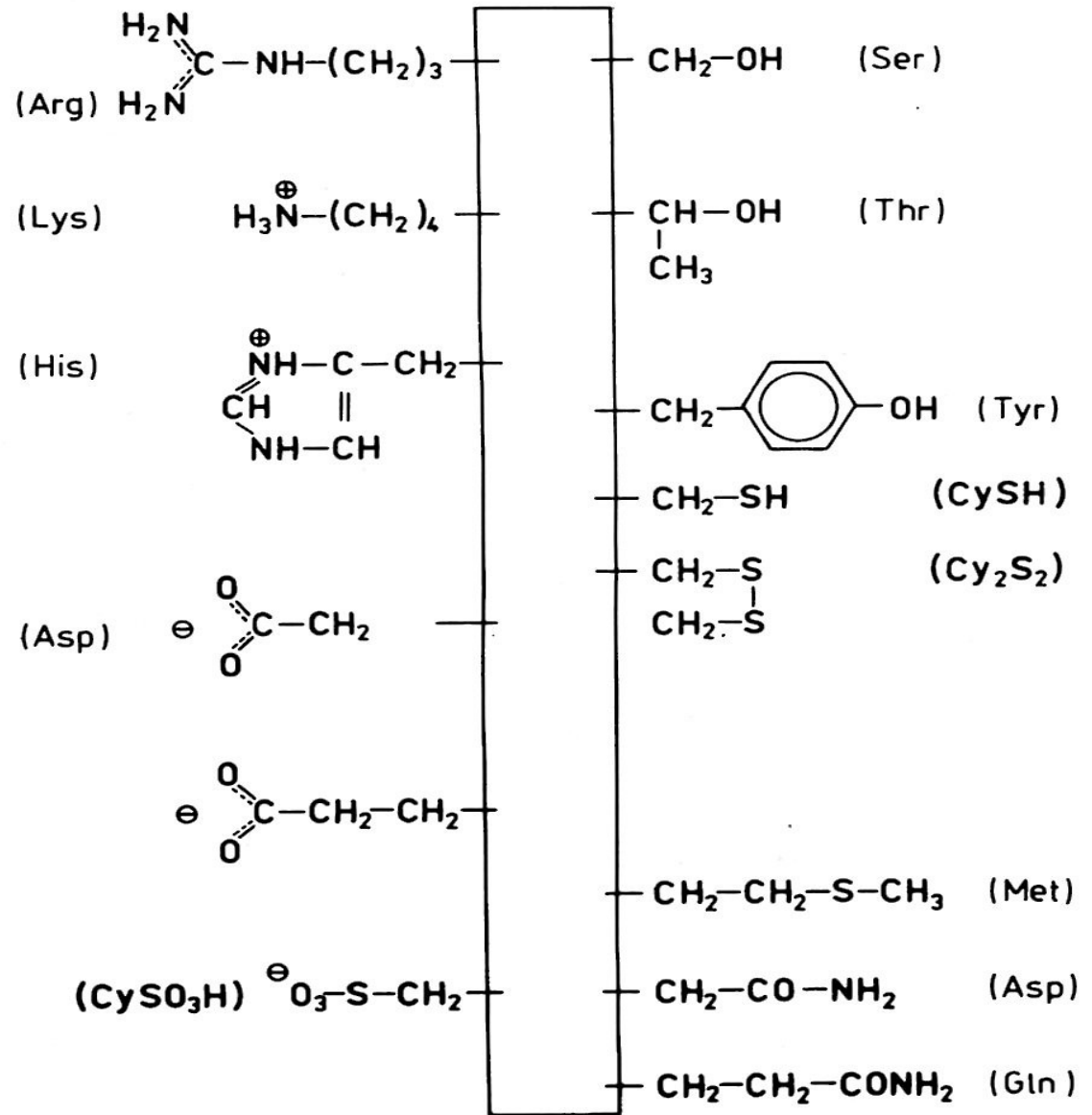
Čím se vyznačuje KERATIN 7



Čím se vyznačuje KERATIN 8

KERATIN

je tedy
chemicky
značně
reaktivní
vlákno

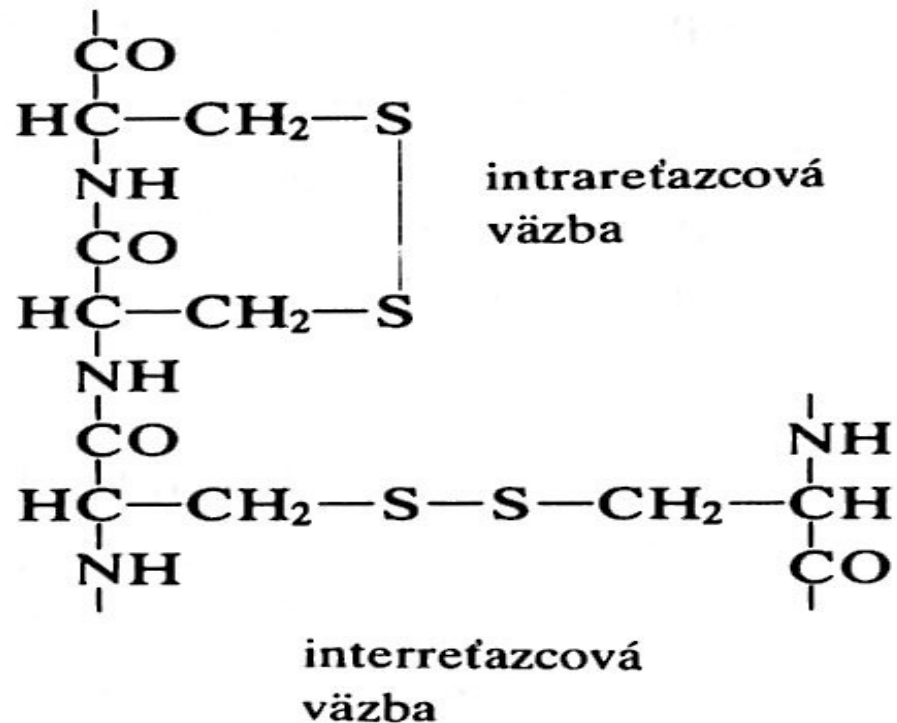


Obr. 12.4. Reaktivne miesta postranných reťazcov AMK v keratíne.

Reaktivita KERATINU 1

- Je založena na reakcích CYSTEINU

Cystín sa môže viazať interreťazcovo a intrareťazcovo :



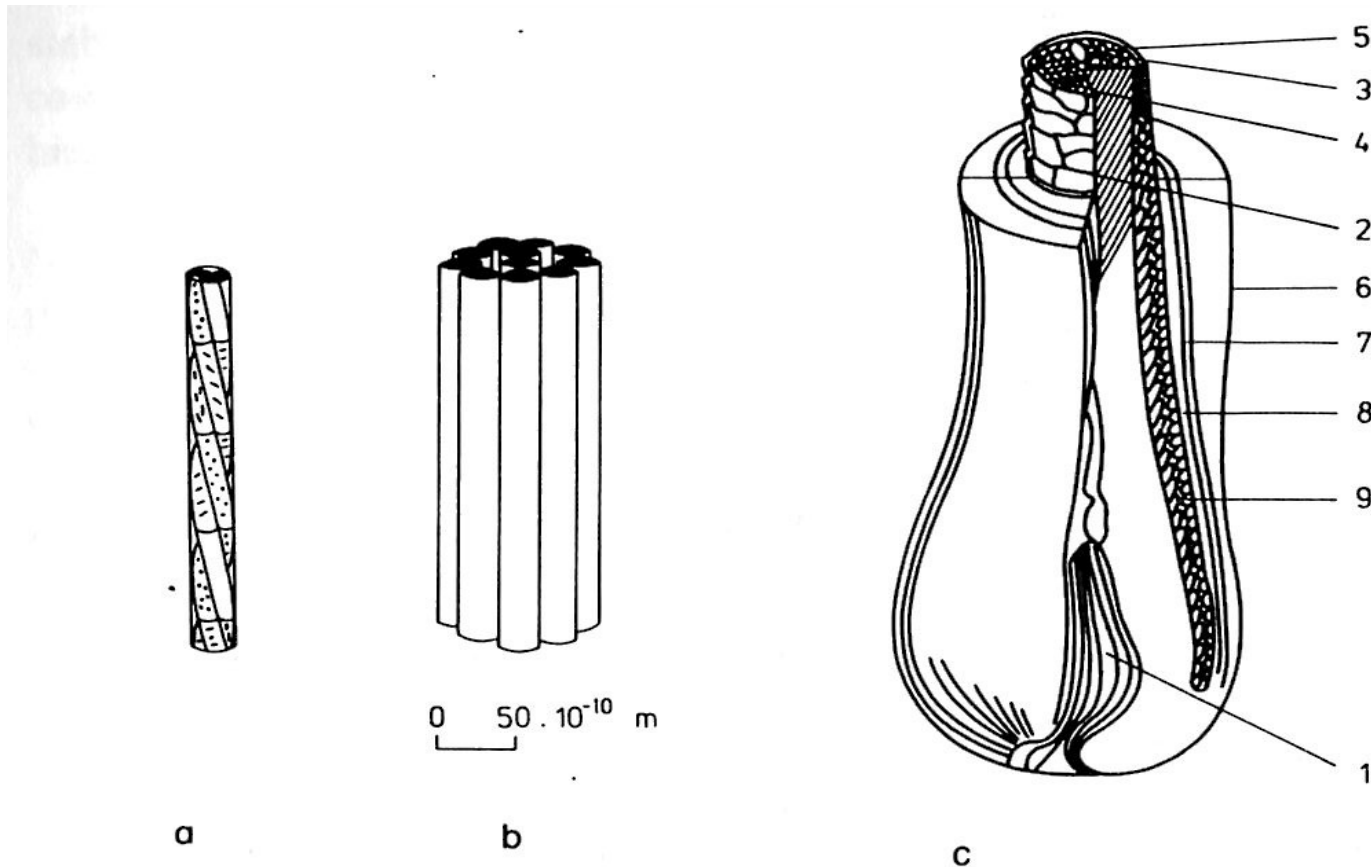
Dva cysteiny > jeden CISTIN

Reaktivita KERATINU 2

PROBÍHÁ HLAVNĚ NA DISULFIDICKÉM MŮSTKU

- **Hydrolýza disulfidické vazby**
- **Oxidace**
- **Redukce**

OVČÍ VLNA - struktura spirálová



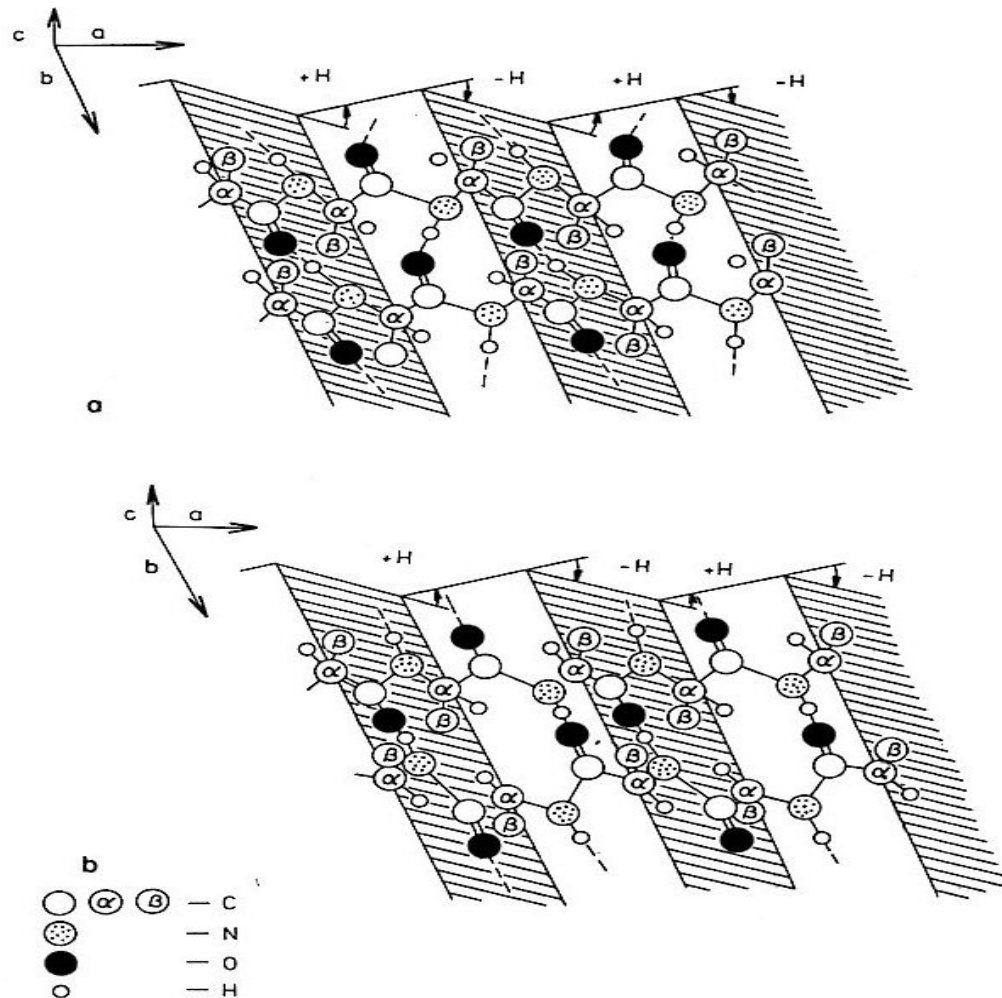
Obr. 12.2. Model štruktúry alfakeratínu vo vlne : a) protofibrila zložená z troch alfašpirál, b) mikrofibrila obsahujúca 11 protofibríl, c) priečny rez vláknom vlny s delením jadrovej časti na podiel orto a para : 1 — papila, 2 — vlákno vlny, 3 — parapodiel jadrovej časti vlny, 4 — ortopodiel jadrovej časti vlny, 5 — kutikula vlny, 6 — vonkajšia pošva koreňa vlny, 7 — Henleyova vrstva, 8 — Huxleyova vrstva, 9 — vnútorná pošva koreňa vlny.

OVČÍ VLNA – morfologie vlákna

- **Vnější část = KUTIKULA** = BLÁNA tvoří šupinkovitý povrch vlákna orientace hrotů š
- **Vnitřní část = CORTEX** = KŮROVÁ ČÁST tvoří vlákna orientace ve směru vlákna
- **Dřeň = MEDULA** = tvoří vnitřek vlákna a je rozdělena uzavřené vzduchové bubliny > **vlastní tepelně izolační část vlny**

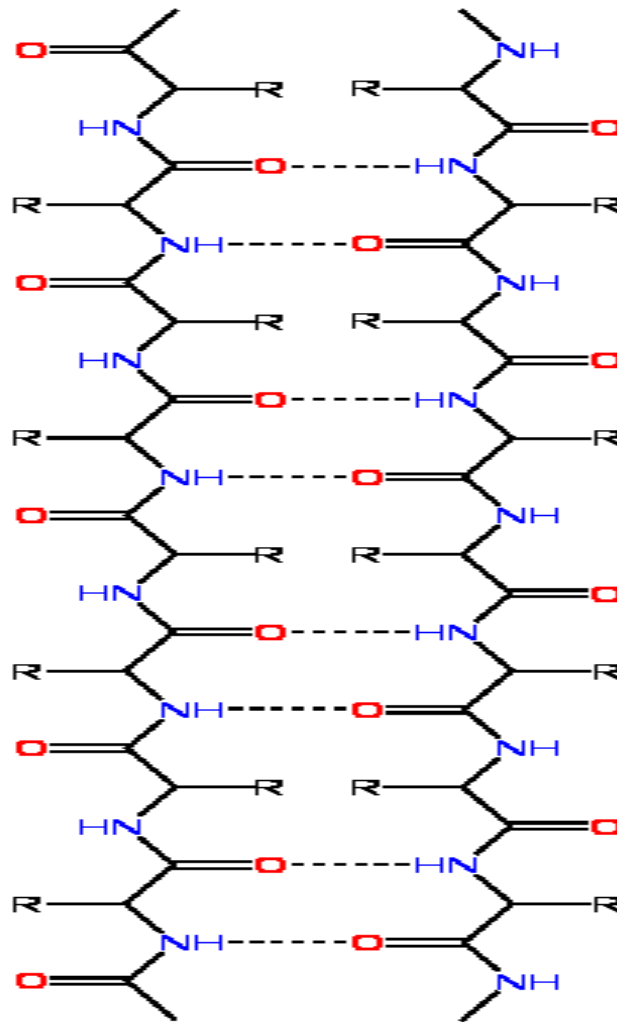
OVČÍ VLNA

- struktura plošná 1 SKLÁDANÝ LIST KERATINU

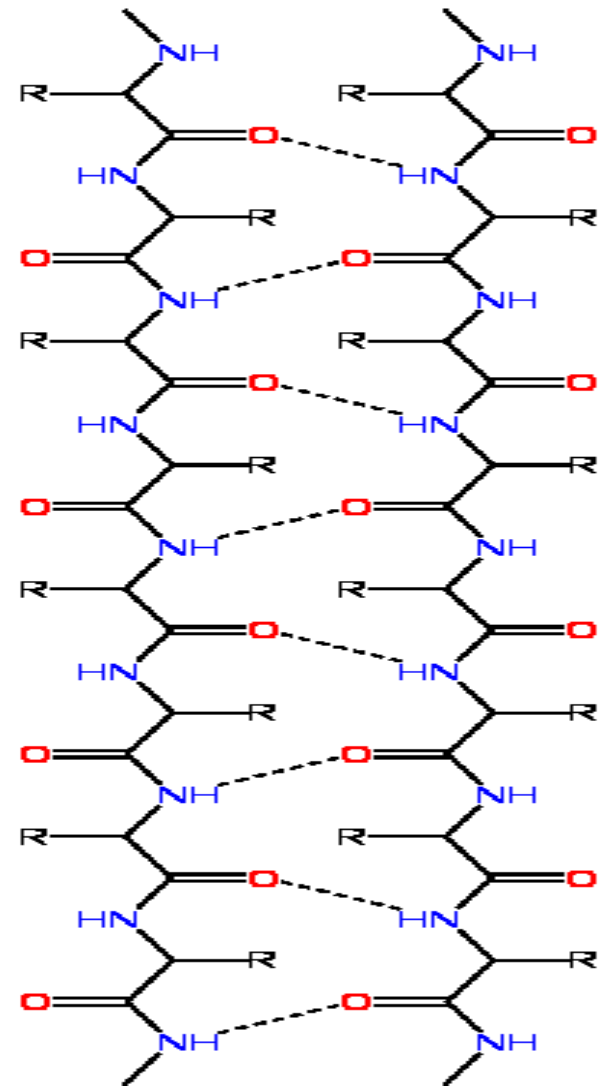


Obr. 4.11. Schéma znázorňujúca zriadenú polypeptidovú štruktúru : a) štruktúra so súhlasne orientovanými polypeptidovými reťazcami ; b) štruktúra s nesúhlasne orientovanými polypeptidovými reťazcami. V smere osi a je reťazec viazaný kovalentnými väzbami, v smere osi b sú priradené reťazce viazané vodíkovými väzbami, v smere osi c sú jednotlivé vrstvy polypeptidových reťazcov viazané van der Waalsovými silami.

OVČÍ VLNA - struktura plošná 2 SKLÁDANÝ LIST KERATINU



**ANTIPARALEL
NÍ uspořádání**



**PARALELNÍ
uspořádání**

OVČÍ VLNA

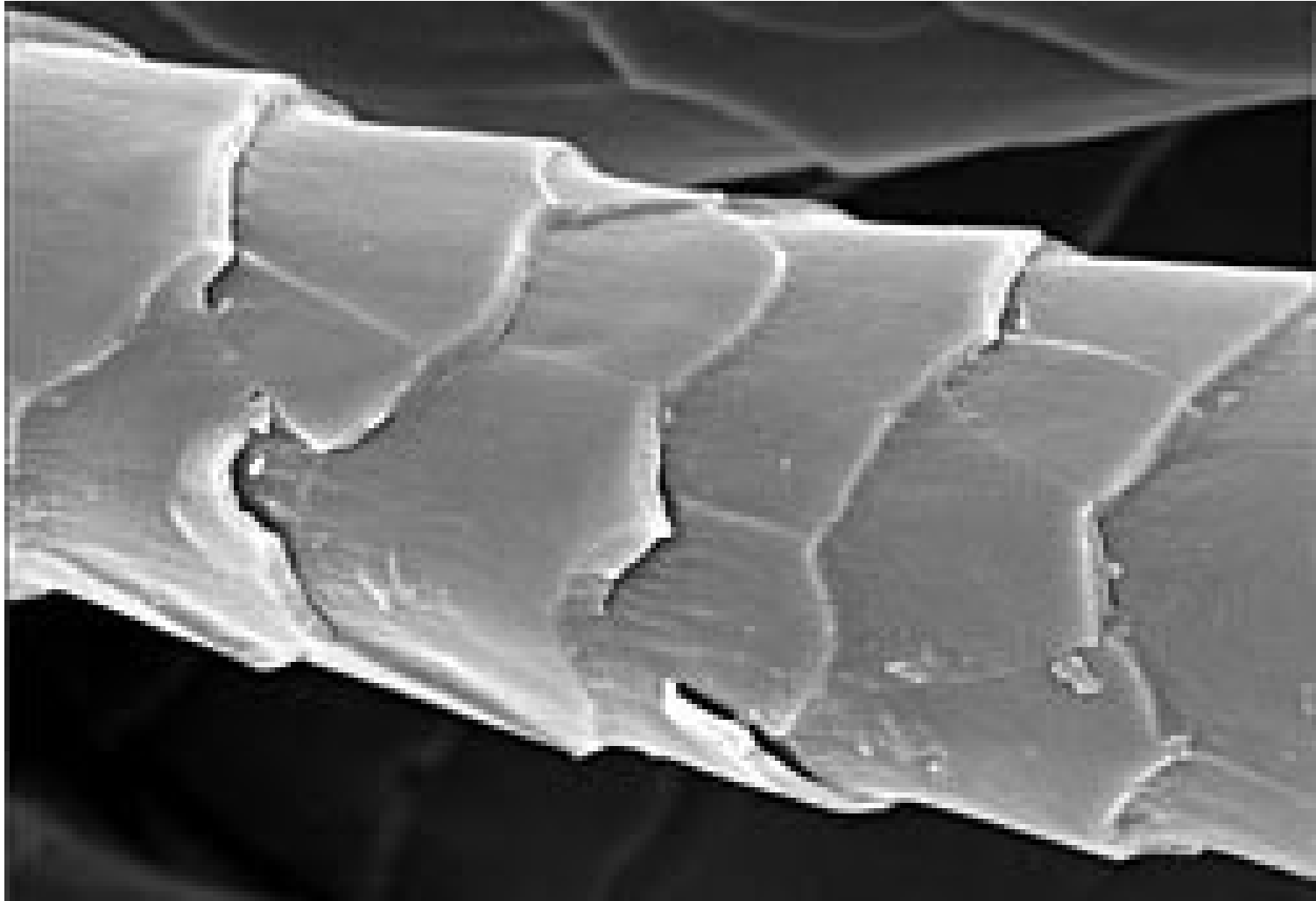
struktura KERATINOVÉ ČÁSTI

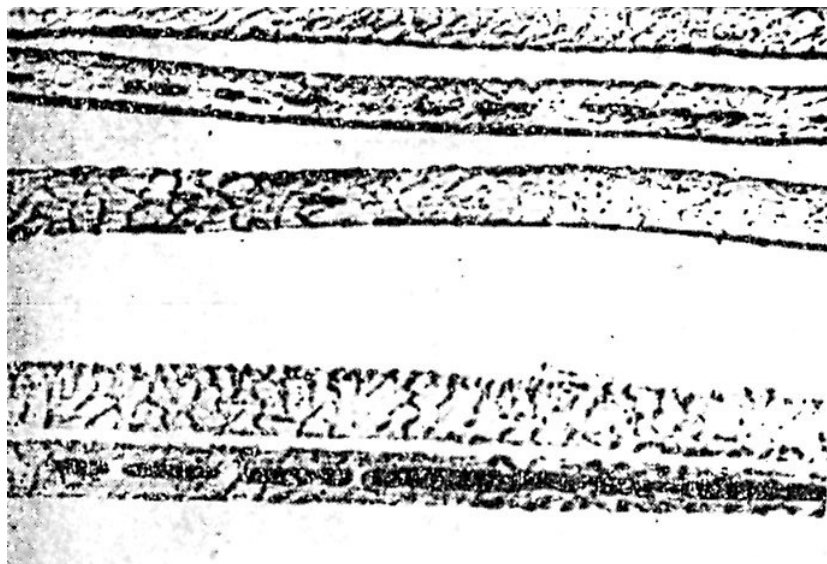
- **Může být ve dvou strukturách řetězce:**
 - **α spirála**
 - **β skládaný list**
 - **α spirála se při protažení za tepla (cca. 85 °C) mění na β skládaný list**
 - **β skládaný list tvoří MEZIVLÁKNOVOU SLOŽKU mezi α spirálami, jejichž soubor tvoří makroskopické vlákno vlny**
- **VLÁKNO VLNY JE TEDY kompozitní útvar, kde je několik složek a příčná konstrukce**

Ovčí vlna - složení

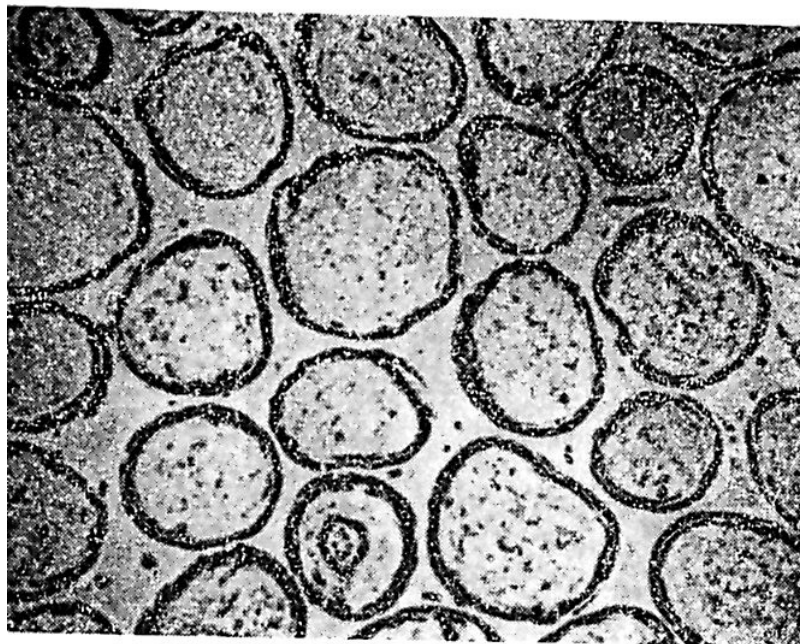
| Složka | % hmot. | Poznámka |
|-------------------------------------|--------------------------|--|
| VLASTNÍ VLÁKNO (KERATIN) | ZBYTEK DO 100 | |
| OVČÍ TUK (LANOLÍN) | 5 – 15 | Směs kyselin (udáváno až 36) s alkoholy (udáváno 23 alifatických), sterolů (hlavně cholesterol) |
| NEČISTOTY | 5 – 20 | |
| ROSTLINNÉ ZBYTKY | 1 – 5 | |
| VLHKOST | 8 - 12 | |

Šupinkovitá struktura ovčí vlny



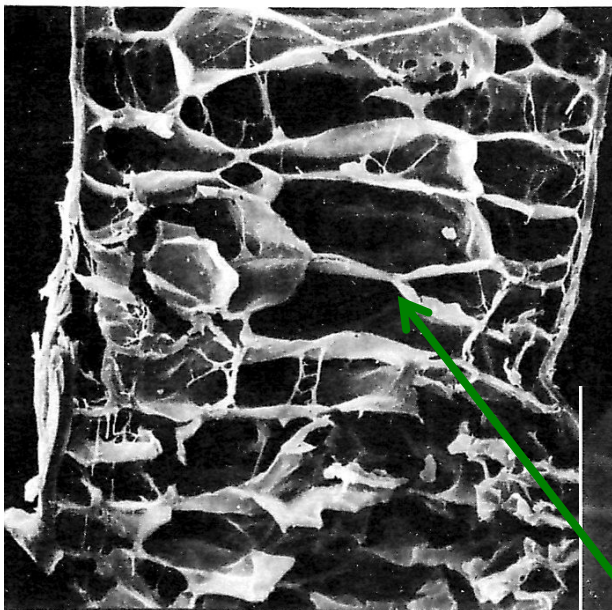


Obr. XIV.8.
Vlna 46 s' (zvětšeno 180 ×)



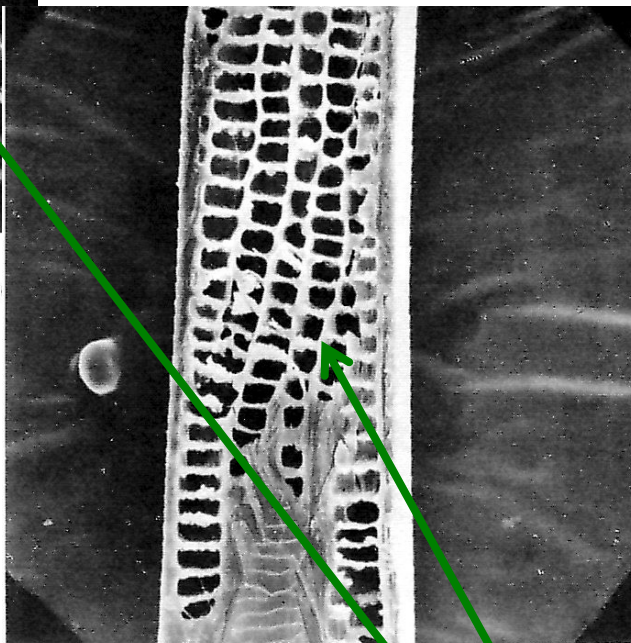
Obr. XIV.9.
Příčný řez vlněného vlákna
(zvětšeno 500 ×)

Vnitřní struktura ovčí vlny a dalších chlupů zvířat



Obr. 1/14. Podélný řez některých chlupů s výraznou dřeví (medullou) – ovce valaška (400krát); b – krtek (1 500krát);

Ovce valaška



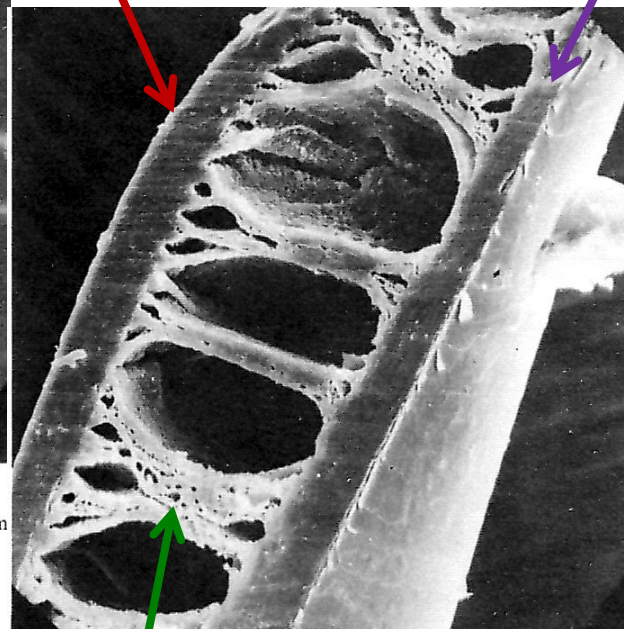
Obr. 1/14. Podélný řez některých chlupů s výraznou dřeví (medullou) (m – kočka divoká (600krát); g – králík domácí (400krát); h – hříbě (1 000krát);

Králík domácí

KUTIKULA

CORTEX

Kočka divoká



Obr. 1/14. Podélný řez některých chlupů s výraznou dřeví (medullou) (m – kočka divoká (600krát); f – ocelot (1 000krát);

MEDULA

Hlavní zdroje **KERATINOVÉHO** vlákna

- **Ovce**
- **Vikuňa**, nebo *lama vikuňa* (*Vicugna vicugna*) je divoký druh lamy
- *Lama pacos*, neboli **alpaka** je domestikovaná lama
- **Mohér** z angorské kozy
- **Králík angorský**
-

OD OVČÍ VLNY K PLSTI

- **NETKANÁ TEXTILIE**
- **valchováním (plstěním za mokra)**
- **vpichováním (suchým plstěním)**
- **Vhodná je ovčí vlna, protože má šupinkovitou KUTIKULU**

Tloušťka dtex

- **dtex NENÍ ŽÁDNÁ TLOUŠŤKA!**
- **dtex** je hmotnost 10 km vlákna vyjádřená v gramech
- V anglických jednotkách tomu odpovídá jednotka **denier**, což je hmotnost 10 000 yardů (cca. 9000 m) vlákna vyjádřená v gramech
- Jednotky **dtex** a **denier** se pak používají k vyjádření pevnosti textilních vláken, jejichž pevnost se měří jako síla (N), nikoli mechanické napětí (N/m²)
- „**Textilní pevnost**“ je pak **cN/dtex** (**cN/denier**)

Pevnost OVČÍ VLNY

| Vlákno | Pevnost v tahu $cN/dtex$ | Tažnost % | E-modul N/tex | Navlhavost % |
|---------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|-----------------|
| vlna | 0,90–2,18 | 25–35 | 0,34 | 16–18 |
| polyester | 4,00–6,50 | 15–40 | 9–11,5 | 0,5–0,8 |
| viskóza | 1,80–3,50 | 15–30 | 5,4 | 26–28 |

Zdroj neudává, zda se jedná o měření „za sucha“ nebo „za mokra“.

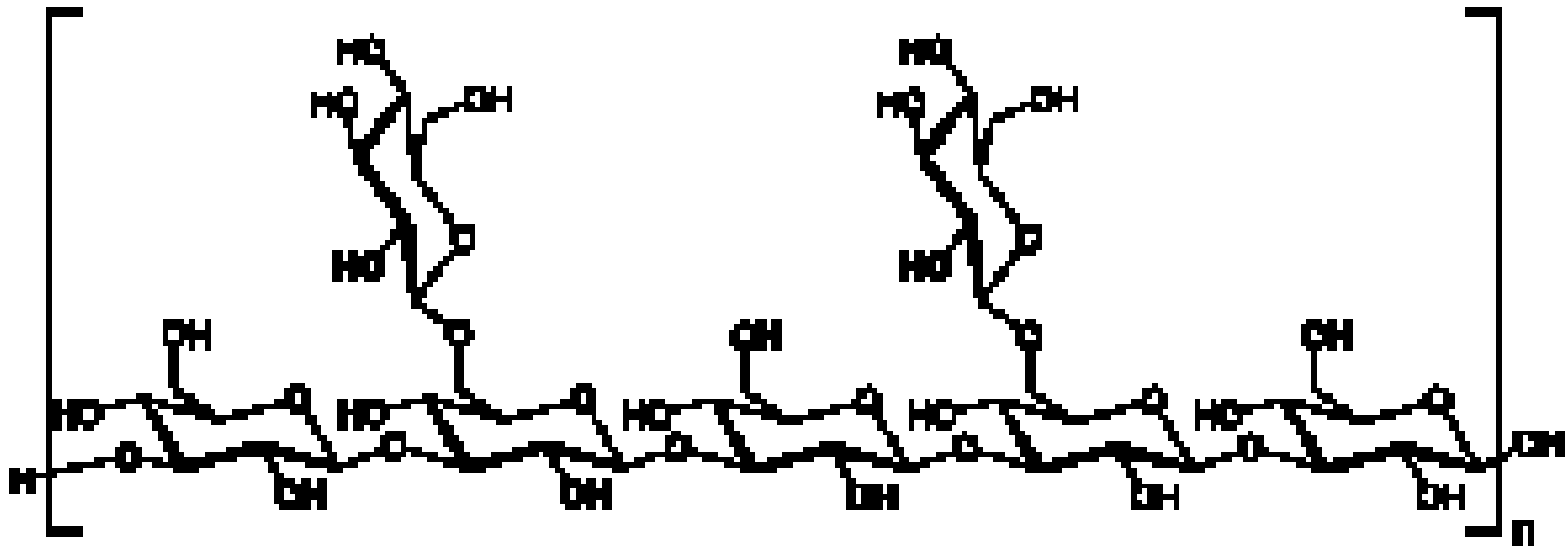
PATRŇE TO BUDE „za sucha“

Hodnoty „za mokra“ bývají NIŽŠÍ než „za sucha“

Mohér z angorské kozy

- NA ROZDÍL OD OVČÍ VLNY není kutikula šupinkovitá
- Udává se, že je BAKTERICIDNÍ, tj. že např. ponožky nepáchnou ani po několika dnech
- Na čem je založena ona BAKTERICIDITA?
 - Moc se mi zjistit nepodařilo
 - **PRÝ je toto založeno na přítomnosti POLYSACHARIDU LENTHINANU, který má tvořit pojivo mezi keratinovými vlákny**
 - **Že je tvrzení pravdivé lze věřit, ale PROČ**

POLYSACHARID LENTHINAN



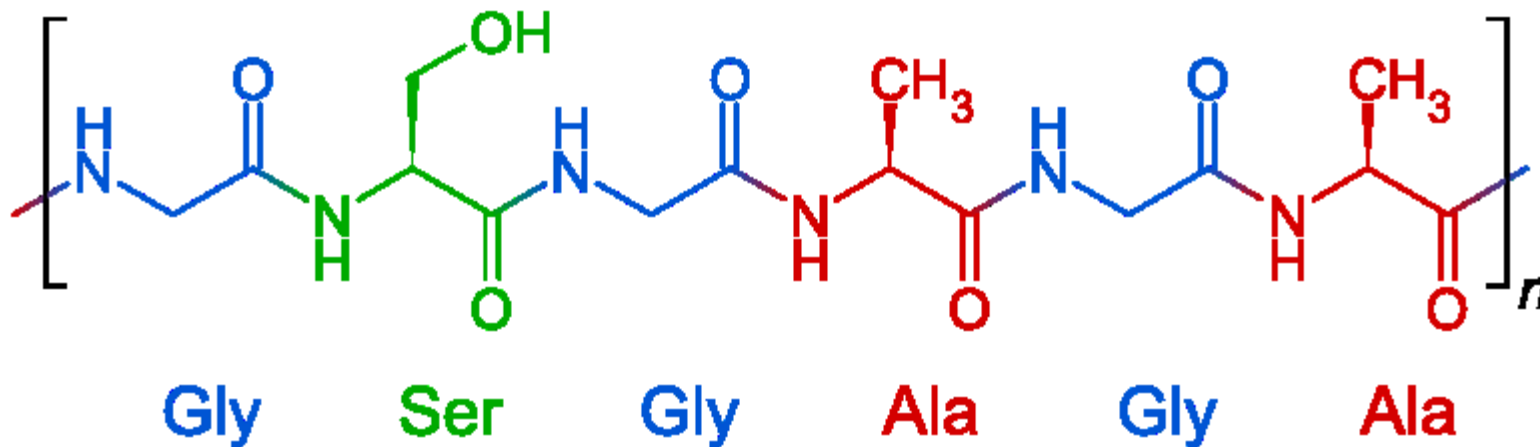
2. Fibroin

Kde se vyskytuje FIBROIN?

- **PŘÍRODNÍ HEDVÁBÍ**
- **PAVOUČÍ SÍŤ** Pavoučí hedvábí je proteinové vlákno z výměšků pavouků druhu Argiope a Nephila.
- **SEKRET NOČNÍCH MOTÝLŮ**

PŘÍRODNÍ HEDVÁBÍ

- Převážná část přírodního hedvábí se získává z výměšků housenky [bource morušového](#). Je to jediné „nekonečné“ přírodní textilní vlákno.
- **Tento FIBROIN má typickou PRIMÁRNÍ STRUKTURU**



| Vlastnosti vláken | Přírodní hedvábí | <u>Polyamid</u> (PA 6) | <u>Polyester</u> (PES) | <u>Viskoza</u> (CV) |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| Hustota g/cm ³ | 1,25 | 1,14 | 1,33 | 1,52 |
| Tloušťka <u>dtex</u> | 1,17 | 1,0 | 1,1 | 1,4 |
| Relat. pevnost cN/dtex | 3-5 | 3-6-7,5 | 3,8-7,2 | 1,8-3 |
| Pevnost za mokra (%) | 85 | 85 | 95-100 | 60 |
| Tažnost (%) | 24 | 23-55 | 50-70 | 15-30 |
| Navlhavost (%) | 30 | 3-4,5 | 0,3-0,4 | 28 |
| Svět. spotřeba (1000 t) | 107× | 3.500 | 14.500 | 500 |

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

| Aminokyselina | <i>Bombyx mori</i> | Tussah Caligula | 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 | | |

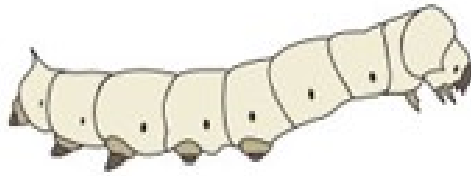


12. 12. 2013

PŘÍRODNÍ POLYMERY PŘF MU
14 2013 BÍLKOVINNÁ VLÁKNA II

37



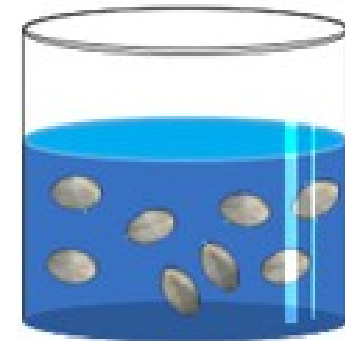


SILK WORM

1) THE MOTHS NEED TO BE IN A VERY HEALTHY CONDITION TO BE ABLE TO PROPERLY BREED. THE WORMS COVER THEMSELVES IN SILK DURING THE SPINNING PROCESS.

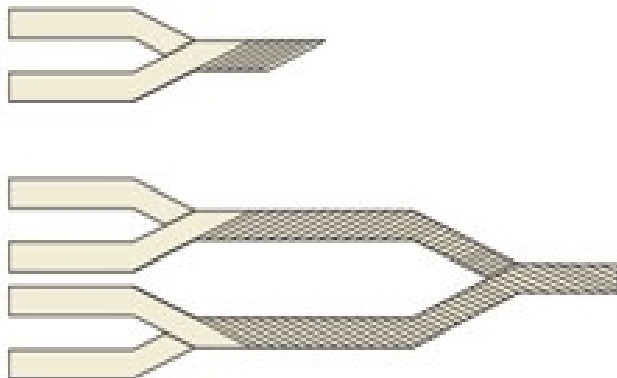


SILK COCCON

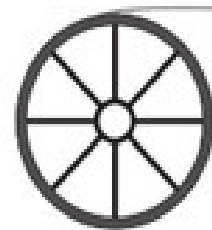


2) AS PART OF THE SEPARATION OF SERICIN (GLUE) FROM FIBROIN (USABLE SILK), THE DEGLUMING PROCESS IS STARTED. 5 DIFFERENT METHODOLOGIES COULD BE USED IN ORDER TO PERFORM SUCH A SEPARATION.

WEAVING



4) THE SILK FIBRE IS SOAKED WITH OIL, DRIED AND WEAIVED IN A PARTICULAR WAY (SENSE OF NATURE DEVELOPED THE 'CROSS VENT WEAVING TECHNOLOGY'), THIS TWISTING DETERMINES HOW RESISTANT THE FIBRE WILL BE.



EYELET

COCCON

3) ONCE SEPARATED THROUGH THE DEGLUMING PROCESS, THE SILK FIBRE IS THREADED AND REELED ON A WHEEL.



12. 12. 2013

PŘÍRODNÍ POLYMERY PŘF MU
14 2013 BÍLKOVINNÁ VLÁKNA II

40

Silk fibres are a continuous protein fibre created from natural processes and extracted from cocoons, which means that these fibres can retain the properties that are associated with the chemicals produced by the silkworm. When secreted by the silkworm, the natural state of the fibre is a single silk thread made up of a double filament of protein material (fibroin) glued together with sericin, an allergenic and gummy substance that is normally extracted during the processing of the silk threads.

EXTRACTING RAW SILK

The production process of silk can seem deceptively simple but indeed **has several steps**. In fact, the process of creating silk fibres of the highest quality take a few weeks to complete.

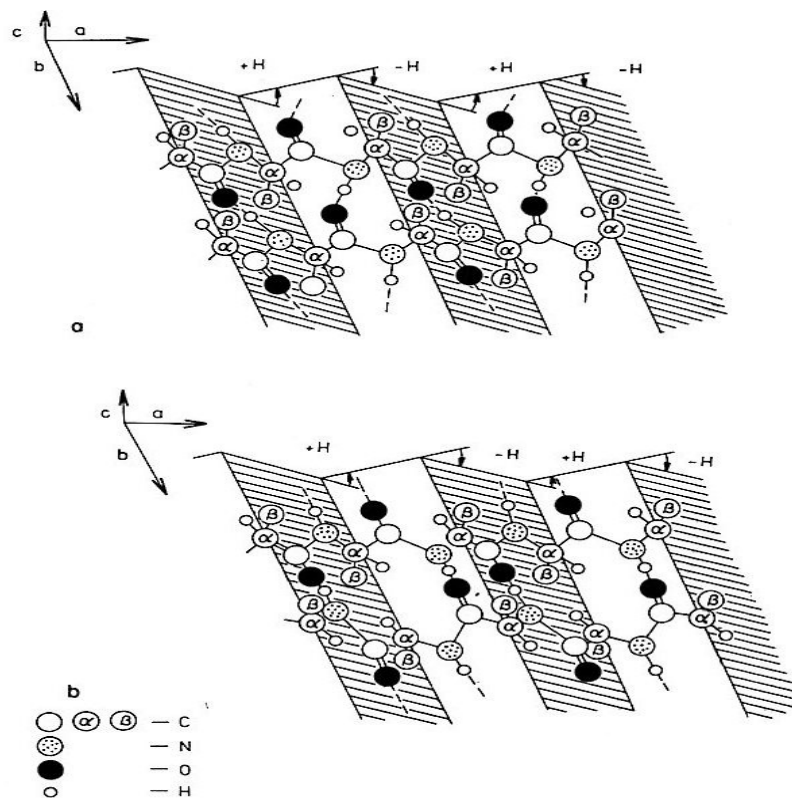
- 1. First**, the new born larvae of the **silkworms are kept in a warm and stable environment** and given plenty of mulberry leaves, their favourite diet.
- The **silkworms naturally produce cocoons** around themselves to pupate. This process is done through “spinning”: the worm secretes a dense fluid from its gland structural glands, resulting in the fibre of the cocoon.
- The **cocoons are sorted** carefully according to size and quality.
- Boiling water with soap is used **unravel the silk fibres from the cocoon**. This is known as the degumming process.
- The outer shell of **the cocoon is fed into into the spinning reel**, which is still often operated manually
- The long fibre** thread that are extracted from the cocoon **are then cleaned and stripped** from any deficiencies.

The degumming process

- **V KOKONU je vlákno propojeno SERICINEM, což je ROZPUSTNÝ GLYKOPROTEIN chránící vlákna FIBROINU**
- **SERICIN se rozpustí ve vroucí vodě a tak se uvolní vlákno**

PŘÍRODNÍ HEDVÁBÍ TERCIÁRNÍ STRUKTURA

□ β skládaný list

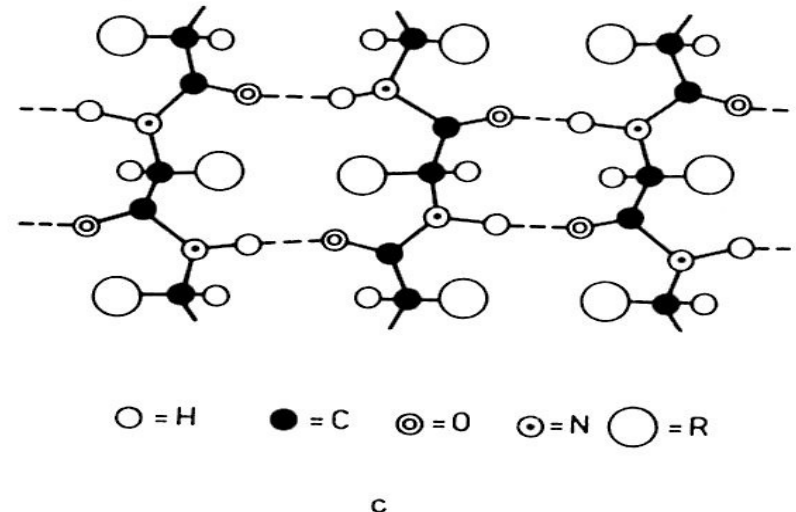
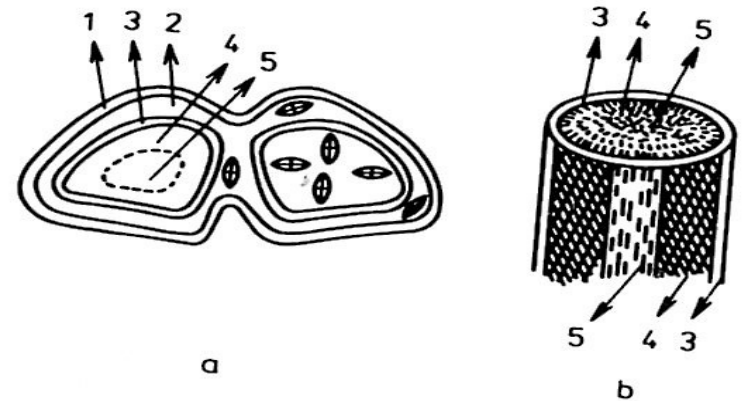


Obr. 4.11. Schéma znázorňujúca zriadenú polypeptidovú štruktúru: a) štruktúra so súhlasne orientovanými polypeptidovými reťazcami; b) štruktúra s nesúhlasne orientovanými polypeptidovými reťazcami. V smere osi a je reťazec viazaný kovalentnými väzbami, v smere osi b sú priradené reťazce viazané vodíkovými väzbami, v smere osi c sú jednotlivé vrstvy polypeptidových reťazcov viazané van der Waalovými silami.

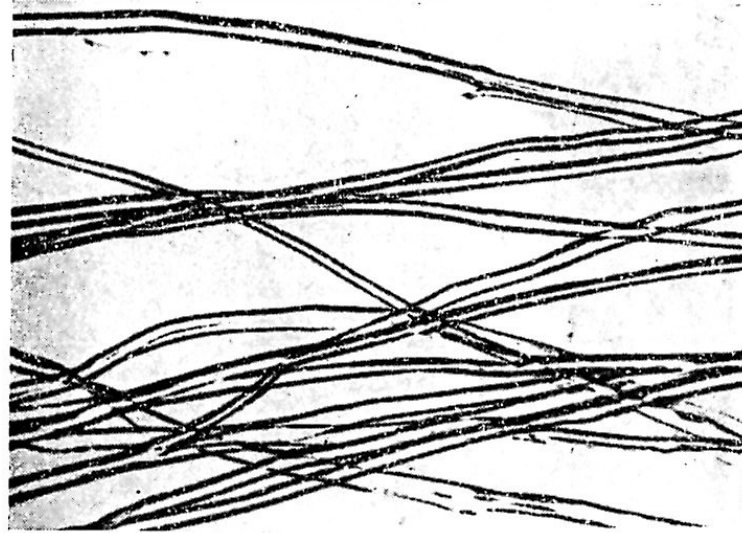
I VLÁKNO PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ JE SLOŽITÝ ÚTVAR

Je to tzv.
DVOJVLÁKNO
spojené sericinem
(tzv. HEDVÁDNÝ
KLIH) o délce 3000
– 4000 m

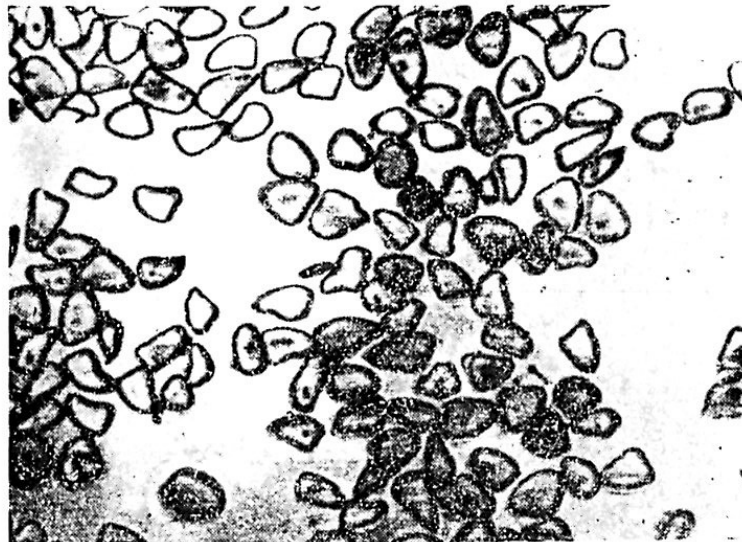
Obr. 11.1. Schéma priečného rezu vlákna prírodného hodvábu (a) a pozdĺžneho rezu fibroínového vlákna (b). — a) Priečný rez vlákna prírodného hodvábu: 1 — pokožka sericínu, 2 — jadro sericínu, 3 — kutikula fibroínového vlákna, 4 — jadro fibroínového vlákna, 5 — centrálna zóna fibroínového vlákna; b) pozdĺžny rez fibroínového vlákna: 3 — pokožka fibroínového vlákna, 4 — jadro fibroínového vlákna, 5 — centrálna zóna fibroínového vlákna; c) schéma polypeptidových reťazcov fibroínu v antiparalelnej konformácii (Joly 1965).



PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ pod mikroskopem



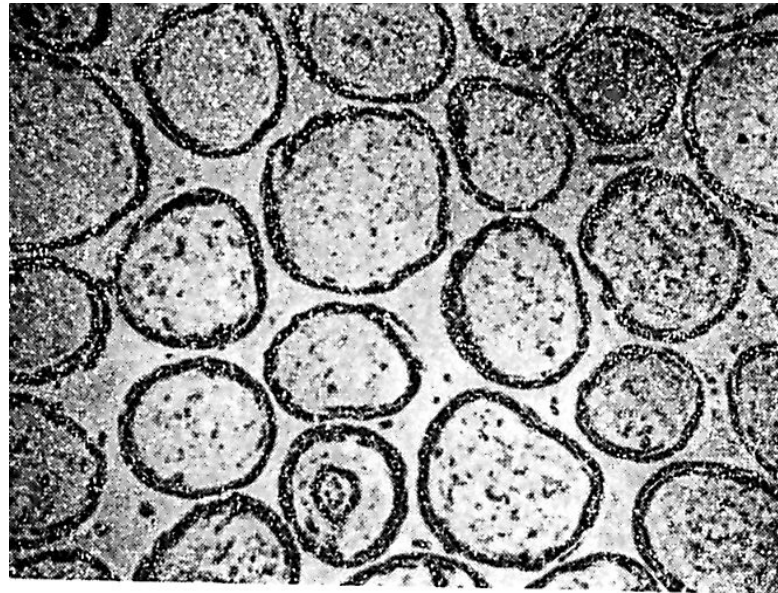
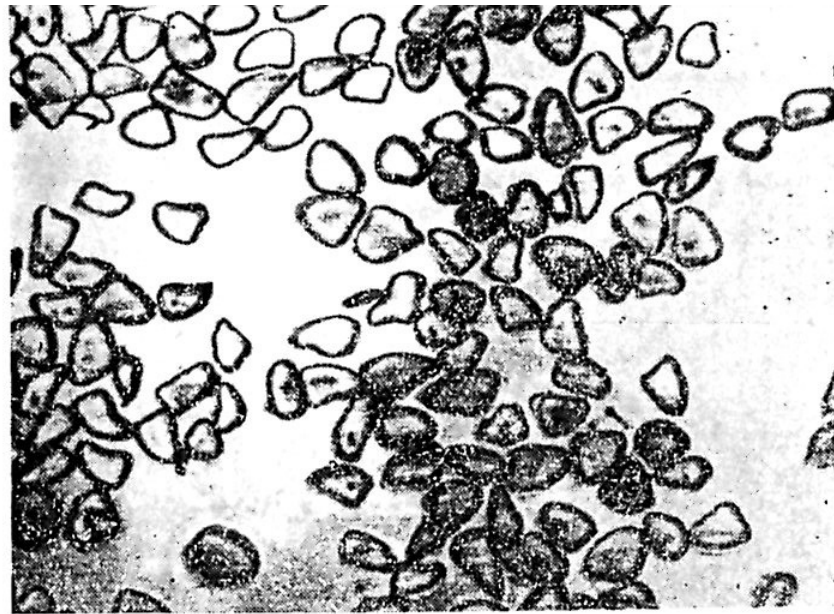
Obr. XIV.10.
Přírodní hedvábí
(zvětšeno 180 ×)



Obr. XIV.11.
Příčný řez přírodního hedvábí
(zvětšeno 500 ×)

Tloušťky vláken vlny a hedvábí při stejném zvětšení

Obr. XIV.11.
Příčný řez přírodního hedvábí
(zvětšeno 500 ×)



Obr. XIV.9.
Příčný řez vlněného vlákna
(zvětšeno 500 ×)

SUROVINOVÝ VÝZNAM PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ

- **PŘÍRODNÍ HEDVÁBÍ je exkluzivní surovina**
- **Roční světová produkce je jen cca. 300 000 t/rok**
- **Hlavní producent je Čína**
- *Pokusy o pěstování bource morušového v tuzemsku skončily krachem*

Bílkovinná textilní vlákna a konzervátor - restaurátor

- **Vlna i hedvábí jsou napadány moly**
- **Vlna i hedvábí mají v řetězcích reaktivní skupiny a proto by měly být dobře barvitelné**
- **Krachem textilního průmyslu v tuzemsku mizejí i odborníci na textilní i chemické zpracování vlny i hedvábí**
- **To může způsobit potíže při restaurování textilií v vlny a hedvábí**
- **Hedvábí by SNAD bylo možno imitovat polyesterem**
- **U imitace vlny je problém šupinatého povrchu vlákna**