

Linu un kaņepju šķiedru uzbūves un celulozes satura salīdzinoša analīze

Gunta Zommere¹, Ausma Viļumsone², Dace Kalniņa³, Rita Soliženko⁴, Veneranda Stramkale⁵, ¹⁻⁴ Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, ⁵ Agriculture Science Centre of Latgale

Kopsavilkums. Pētījuma mērķis ir veikt linu un kaņepju šķiedru uzbūves un kopējā ķīmiskā sastāva salīdzinošu analīzi, kā arī noteikt un salīdzināt kristāliskās un amorfās celulozes sastāvu vairāku Latvijā un Polijā audzētu šķiedru linu un kaņepju šķirņu šķiedrās.

Celuloze ir augu šķiedru šūnapvalku galvenā sastāvdaļa, kas nodrošina to stiprību. Pārējo daļu no šķiedru sastāva veido lignīni, pektīni, augu vaski un tauki, kā arī dažādas ūdenī šķīstošas vielas un higroskopiskais ūdens.

Atslēgas vārdi: lini, kaņepes, šķiedras, celuloze, hemiceluloze.

I. IEVADS

Pēdējās desmitgadēs pasaulē īpaši aktualizējies ekoloģiskais dzīvesveids, draudzīga attieksme pret vidi un zaļā domāšana, kas nu jau kļuvusi par sava veida modes kliedzienu, iesaistoties teju visās nozarēs un dzīves sfērās. Tāpēc tiek meklēti arvien jauni, videi nekaitīgāki risinājumi un materiāli, kuru dzīves cikls būtu cilvēkam un dabai draudzīgs. Līdz ar to, atjaunojamo resursu, to skaitā arī linu un kaņepju šķiedru nozīme tikai pieaug un tiek arvien vairāk novērtēta. Diemžēl joprojām ir izplatīts stereotips, ka lini tiek audzēti tikai tekstilrūpniecības vajadzībām. Pēdējo gadu tendences arvien skaidrāk parāda dabas šķiedru kā kompozītmateriālu komponentes nozīmīgumu.

II. ŠĶIEDRU MORFOLOĢISKAIS RAKSTUROJUMS

Gan linu, gan kaņepju šķiedru uzbūve ir principiāli līdzīga. Tie veidoti kā ļoti izturīgi dabas kompozīti ar augstu šķiedru saturu stiebrās.

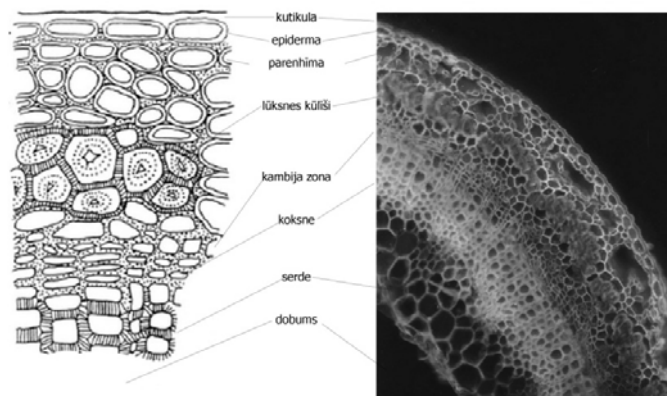
Garšķiedras linu stiebrs satur 20 – 30% šķiedru. Izšķir auga kopējo (no dīgļlapu piestiprināšanās vietas līdz visaugstākās pogaļas augšgalam) un tehnisko garumu (no dīgļlapu piestiprināšanās vietas līdz ziedkopas sazarošanās sākumam). Pēc stiebru resnuma izšķir tievo stiebru (0,8 – 1,2 mm), vidējo (1,3 – 2 mm) un resno stiebru linus (2,1 mm un vairāk). [1] Savukārt 1,5 – 2,5 m gara kaņepju stiebra diametrs ir 4 – 10 mm, bet ja auga garums sasniedz 3 – 4 m, tad diametrs var sasniegt pat 20 – 25 mm. Pēc šķiedru atdalīšanas no saknēm un lapām, 65 – 70% no kopējās izaudzētā kaņepju auga masas paliek stiebrī. Kopējais šķiedru sastāvs kaņepju auga sausā stumbrā ir aptuveni 25 – 35% (atkarībā no šķirnes). [2]

A. Stiebra uzbūve

Pēc ārējā izskata **garšķiedru lina** stiebrs ir izstiepts, nošķelts konuss, bet jo vairāk tā izskats tuvojas cilindram, jo vērtīgāks ir stiebrs. [1] Viena veida šūnas veido audus, kas stiebrā novietoti gredzenveidā (skat.1.att.). Stiebra ārējo daļu

veido epiderma – plāni, blīvi seg- jeb aizsargaudi. Epidermas šūniņām ir biezas sienīņas un nelielas vakuolas. Ārējā epidermas daļa pārklāta ar īpašu plēvīti – kutikulu, kas piesūcināta ar kutīnu – ūdens un gāzes necaurlaidīgu vielu, kas aizsargā stiebru no nelabvēlīgiem laika apstākļiem, piemēram, sausā laikā pasargā augu no mitruma iztvaikošanas. Aiz epidermas seko savienotājaudi – parenhīmas šūnas, kurās glabājas rezerves barības vielas. Parenhīmas slānī izvietoti lūksnes kūlīši, kas sastāv no garām šūnām un ir linu stiebra visvērtīgākie audi. Atšķirībā no citiem audiem, tie nav sakopoti nepārtrauktā gredzenā, bet gan veido atsevišķas grupas. Parenhīma, lūksnes kūlīši un epiderma veido stiebra mizas daļu. Tai seko sietveida caurulītes, kas novada lapās radušās barības vielas uz audiem un auga orgāniem. Kambija audi novietoti plānā kārtiņā un ne vienmēr ir redzami, jo, stiebram nobriestot, tie atmirst. Veģetācijas periodā no kambija uz āru veidojas miza, bet uz iekšpusi koksne. Lūksnes atdalīšana no koksnes notiek pa kambija šūniņu kārtu. Aiz kambija seko plats audu gredzens – koksne, kas sastāv no šūnām ar ļoti biežām sienām. Koksne atrodas ļoti daudz vadaudu, pa kuriem no saknēm augs saņem ūdeni un tajā izšķīdušās neorganiskās vielas. Koksne aizņem stiebra lielāko daļu. Mīstot stiebrus, iegūst spaļus – sasmalcinātu koksni. Stiebra centrālajā daļā atrodas serde, kas, stiebram nogatavojoties, gandrīz pilnīgi sairst, izveidojot dobumu. [1;3]

Arī **kaņepju** stiebru apņem vairākas epidermas šūnu rindas, kas robežojas ar korteksa šūnām. Epiderma, miza jeb „āda” pasargā augu no mitruma iztvaikošanas, pēkšņām temperatūras izmaiņām, kā arī daļēji piešķir stumbram mehānisko stiprību.



1.att. Linu stiebra anatomiskā uzbūve [4; 5].

Korteks ir nespecializētu šūnu slānis starp epidermu un lūksni. Savukārt, lūksne ir auga daļa, kas transportē leju pa stiebru cukurus un proteīnus uz patēriņa vietām. Sklereīdas kalpo kā balsta pavedieni un sastāv no nobriedušām šūnām ar ļoti biežām lignīnu saturošām sienām. Tās parasti nav dzīvas, to izmēri, forma un struktūra ir ļoti mainīgas. Ksilēmu jeb koksni veido vaskulāro augu vadaudu sistēma, kas pielāgota ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu transportēšanai no auga saknēm uz patēriņa vietām augā. Pa koksnes vadaudiem - trahejām un traheidām notiek vielu transports organisma līmenī.

Kaņepju stiebra detalizētā šķēsgriezumā 2.att. redzams gan kombinēts, gan detalizēts stiebru veidojošo elementāro struktūru izvietojums:

2) kutikula, vasku saturoša stiebru aizsargājoša kārtā, apvalks;

3) kolenhīma, ko veido primārie audi, kas jaunos augošos augu orgānos veic mehāniskās slodzes uzņemšanas funkciju. Kolenhīmu veido dzīvas, izodiametriskas šūnas, kam raksturīgi nevienmērīgi uzbiezināti šūnapvalki;

4) primārā korteksa parenhīma sastāv no plānsienu šūnām apjoma nodrošināšanai, kas veģetācijas perioda beigās lignificējas;

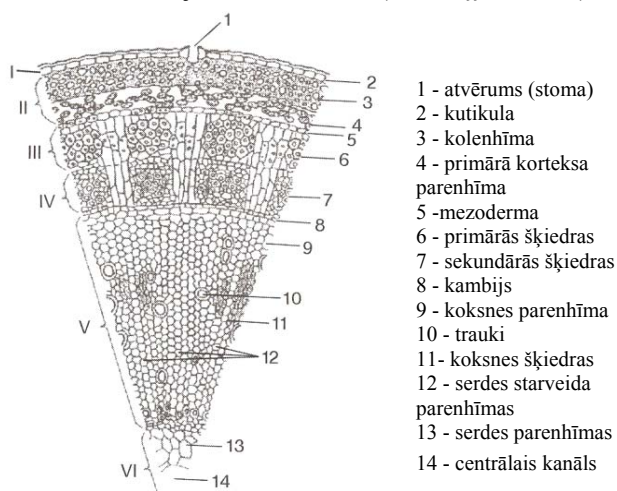
5) mezodermu veido nediferencētas, nespecializētas vai mazdiferencētas šūnas, kas attīstības laikā pārvēršas par funkcionāliem audiem;

6) primārās šķiedras: garās šķiedras atrodas ārējā apvalkā. Tās ir vērtīgākā stiebra daļa šķiedru garuma un izturības dēļ. Primārās šķiedras apvienotas šķiedru kūļos, kas var sasniegt 1-5 m garumu. Pēc ķīmiskā sastāva primārajās šķiedrās atrodams procentuāli lielākais celulozes saturs (55-85%) ;

7) sekundārās šķiedras ir īsas, mazāk vērtīgas gan sastāva, gan garuma ziņā. Celulozes sastāvs tajās variē 32-50%;

8) kambija slānis nodrošina auga augšanu, kā arī izstrādā koksainās daļas šūnas (iekšienē) un lūksni, mizu (ārpusē). Šis ir slānis, no kura šķiedru mērcēšanas procesā spaļi atdalās no šķiedrām;

9) koksnes parenhīma ir iegarenas stiegras, ko veido dzīvas šūnas, kurās uzkrājas barības vielas (ciete, eļļas, ūdens); tās ir



2. att. Kaņepju stiebra detalizēts šķēsgriezums:

I – kutikula; II - primārais kortekss; III - sekundārais kortekss; IV – lūksne; V - koksnes gredzens; [6]

irdenas, plānsienu šūnas, to šūnapvalki ir pārkoksnējušies, šūnas saglabā spēju dalīties pat tad, kad augs ir nobriedis; parenhīmas šūnās ir lielas vakuolas un starp tām lielas starpšūnu telpas, kas nodrošina gāzu apmaiņu;

10) trauki: šūnu sistēma ūdens un tajā izšķīdušo minerālvielu uzglabāšanai un vadīšanai;

11) koksnes atmirušās šūnas ir garas, ar smailiem galiem, šauriem dobumiem un bieziem apvalkiem. Tās piešķir stiebram mehānisku izturību;

12, 13) serdes dzīvās parenhīmas: veidotas no irdeniem plānsienu parenhīmas audiem. Serde ir vājākā stiebra daļa. [7]

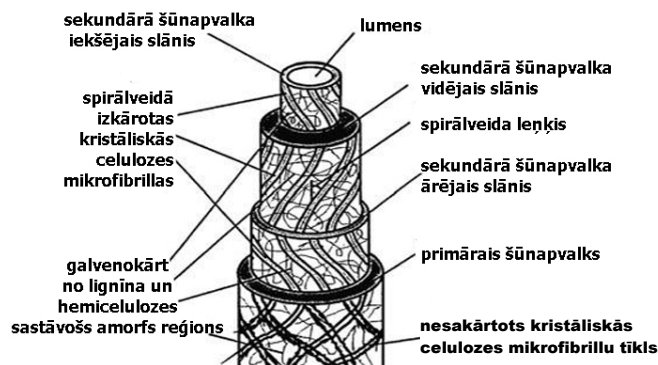
B. Elementāršķiedru izkārtojums un raksturojums

No šķiedru kūlīšu daudzuma, uzbūves un atsevišķām īpašībām ir atkarīga gan lina, gan kaņepju raža un kvalitāte.

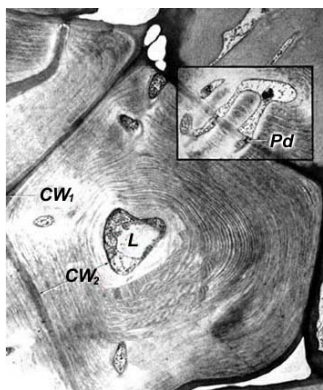
Līnu šķiedru kūlīši veidoti no daudzām garām elementāršķiedrām, to vidējais garums ir 20 – 30 mm, diametrs 10 – 50 μm un šķēsgriezuma forma var būt no ovālas līdz daudzstūrainai. Sākotnēji tās ir ieapaļas formas un pildītas ar citoplazmu; augot šķiedru sieniņas kļūst biežākas, citoplazma izzūst, piekļaujas sieniņām, izveidojot dobumu. Savā starpā šķiedras savienotas ar pektīnu. Atkarībā no audzēšanas apstākļiem un vietas augā, elementāršķiedru skaits vienā kūlītī variē no 30 līdz 50 šķiedrām. Lielākais šķiedru, kā arī kūlīšu skaits ir stiebra pirmās trešdaļas augstumā, skaitot no pamatnes, un virzienā uz galotni tas pakāpeniski samazinās. Jo garākas ir elementāršķiedras, jo vairāk to ir vienā kūlītī. Virzienā uz stiebra augšdaļu elementāršķiedru garums pakāpeniski pieaug. [1; 8; 3; 9]

Līnu elementāršķiedra veidojas no diviem koncentriskiem pamatslāņiem (3. un 4.att.). Pirmais slānis (primārais šūnapvalks) sastāv no brīvi neregulāra, cieši piepildīta celulozes mikrofibrillu tīklojuma. Otrais (sekundārais šūnapvalks) veidojas no 3 atsevišķiem slāņiem – ārējā apvalka, vidējā (pamatapvalka) un iekšējā apvalka.

Ārējais apvalks sastāv pārsvarā no lignīna un nedaudz celulozes, vidējais no celulozes, hemicelulozes un nedaudz lignīna, bet iekšējais apvalks sastāv tikai no celulozes un hemicelulozes. Augšanas procesā šūnapvalka biežums palielinās, bet tas nenotiek vienmērīgi un veidojas poras, kas nodrošina ūdens un tajā izšķīdušo barības vielu pārvietošanos starp šūnām. Vidējais slānis ir pats plānākais un vissvārtīgākais, nosakot mehāniskās īpašības.



3.att. Līnu elementāršķiedras shematiska uzbūve [13].



4.att. Linu elementāršķiedras šķērsgriezums: CW₁ – primārais šūnāvāls; CW₂ – sekundārais šūnāvāls; L – lumens [13].

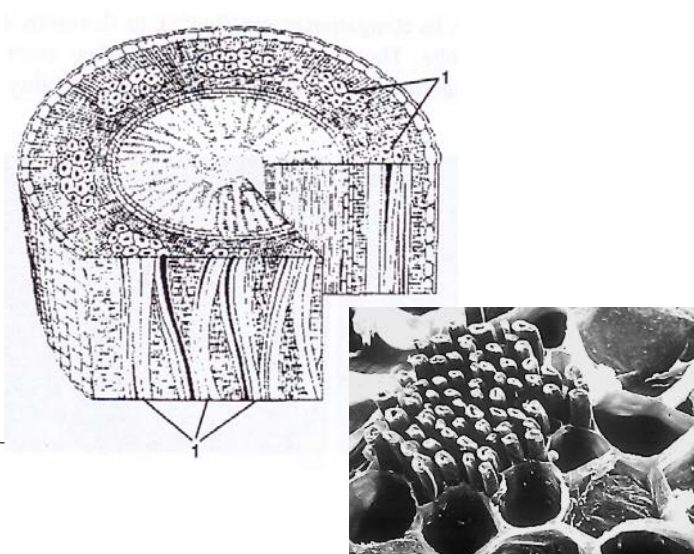
Katrs slānis sastāv no atsevišķām mikrofibrillām, kas nereti novietotas asā leņķī viena pret otru, kas ir atšķirīgs katram augam. Garšķiedru līniju mikrofibrillu leņķis ir 5 – 10°. [11] Šķiedras mehāniskās īpašības ir atkarīgas no celulozes daudzuma, mikrofibrillu leņķa un polimerizācijas pakāpes. Polimerizācijas pakāpe savukārt atkarīga no šķiedras iegūšanas vietas stiebrā. Šķiedras ar augstāku celulozes daudzumu, augstāku polimerizācijas pakāpi un mazāku mikrofibrillu leņķi uzrāda augstāku stiepes izturību un moduļus. [9; 3; 12]

Labu, stipru, augstas kvalitātes šķiedru raksturo daudzstūru šķērsgriezums. Jo ciešāk vienotā gredzenā saplūst kūlīši ar augstvērtīgām elementāršķiedrām, jo augstāka ir šķiedru raža.

Arī **kaņepju** šķiedras veido elementāršķiedras, kas ar dabīgo līmvielu (lignīnu, pektīnu u.c.) palīdzību savā starpā apvienotas lūksnes šķiedru kūlīšos, kas kopā ar citām apvalka šūnām veido šķiedru grupas (5.att.). Šķiedru kūlīši sastāv no vairākām šķiedrām, stiebro tie sakārtoti vairākos slāņos. Lūksnes audi veido floēmu, kas sastāv no sietstobriem, lūksnes parenhīmas, lūksnes radiālās parenhīmas un lūksnes šķiedrām.

Floēmā izvietotās šūnas nodrošina stumbra stiprību un barības vielu transportēšanu. Tās atrodas kūlīšos zem mizas un atbalsta vadošās šūnas. Šis slānis satur īsās šūnas (satur hlorofilu) un garās šūnas (lūksnes šķiedras). Šķiedras ir aptuveni 70 % no lūksnes, un tās ir visnozīmīgākie audi kaņepju kultivēšanā un apstrādē. [14]

Stiebra centrālo koksaino daļu veido ļoti īsas šķiedras (~0,5 mm) ar augstu lignīna saturu. Līdzīgi kā koksne, tās kopā satur ievērojams lignīna apjoms. [15] Koka audi sastāv no traheidām, koka parenhīmām un koka šķiedrām, kas transportē ūdeni un barības vielas. Koksainie audi pilda auga atbalsta funkciju. Koka šķiedras ir ievērojami stīvākas un mazāk elastīgas nekā lūksnes šķiedras. Kaņepju stiebru pirmreizējās apstrādes procesā gredzenveida koksainā daļa tiek salauzta, veidojoties spaļiem ~ 60 – 75 % no kopējās sausa stiebra masas. [14] Kaņepju auga centru veido doba serde, kas izvietota visā stumbra garumā, izņemot tā savienojuma vietās.



5.att. Šķiedru kūlīšu izkārtojums kaņepju stiebrā [6].

Šķērsgriezumā kaņepju šķiedru šūnas ir viegli atpazīstamas no blakus esošām lūksnes daļiņām un pirmkambija (viršējiem šūnas audiem). Šķiedru šūnas reti sastopamas atsevišķi, pamatā tās ir savienotas šķiedru kūlīšos ar apaļu, ovālu, elipses, trijstūra vai četrstūra formas šķērsgriezumu. Tā kā stiebrī aug no iekšpuses uz āru, vecākiem augiem šķiedru kūlīši ir izvietoti arī ārpusē. Atsevišķas šķiedru šūnas (pamatšūnas) savā starpā savienotas ar pārkoksnējušos pektīna saitēm, kas kaņepju priekšapstrādes procesā tiek sagrautas. Pamatšūnas šķērsgriezums mainās no trīsstūra līdz pat septiņstūra formai, tā kā otrajā stiebra augšanas fāzē šķiedras tiek saspiestas kopā, mainot sākotnējo apļveida formu. Šķiedru gali ir noapaļoti, taču bieži vien tiem ir žuburainas formas sazarojums.

Kaņepju elementārās šķiedras diametrs variē robežās 20–40 μm. Līdzīgi kā linu šķiedrai, arī kaņepju šķiedrai ir sarežģīta, slāņaina struktūra, ko veido plāna primārā apvalka kārtiņa, kas nodrošina šūnu pieaugumu. Tai piekļaujas sekundārā sieniņa, kas savukārt sastāv no centrālās biezes sieniņas S1, ko no abām pusēm ierobežo plānas S2 un S3 kārtas. Vidusslāni S1 veido spirālveida mikrofibrillu saišķi. Mikrofibrillas apvienotas 10 līdz 70 nanometru diametra saišķos, kas veido 0,1 – 1 μm diametra makrofibrillas. Vienā saišķī parasti apvienotas ~ 70 mikrofibrillas. [17] Šādi veidojas stabila struktūra ar izcilām mehāniskām īpašībām, tostarp augstu teorētisko Junga moduļa vērtību (50 - 70 GPa šķiedru virzienā [7]) un ļoti zemu termiskās izplešanās koeficientu šķiedru virzienā. Savukārt mikrofibrillas veido garas molekulu ķēdes, kas, parasti sastāv no 30 līdz 100 celulozes molekulām. Leņķi starp šķiedras asi un mikrofibrillām atšķiras pa slāņiem. Šķiedras mehānisko stiprību būtiski ietekmē mikrofibrillu leņķis slānī S1, kas nodrošina šķiedras mehānisko izturību.

Hemicelulozes saturs ir viens un tas pats katrā šķiedras slānī, taču celulozes saturs ar katru slāni, sākot no ārējā, palielinās. Šūnas amorfo matricu veido hemicelulozes, lignīni un dažos gadījumos pektīni. Ūdeņraža saite hemicelulozes molekulas saista ar celulozi un ir kā „līmējošā matrica” starp

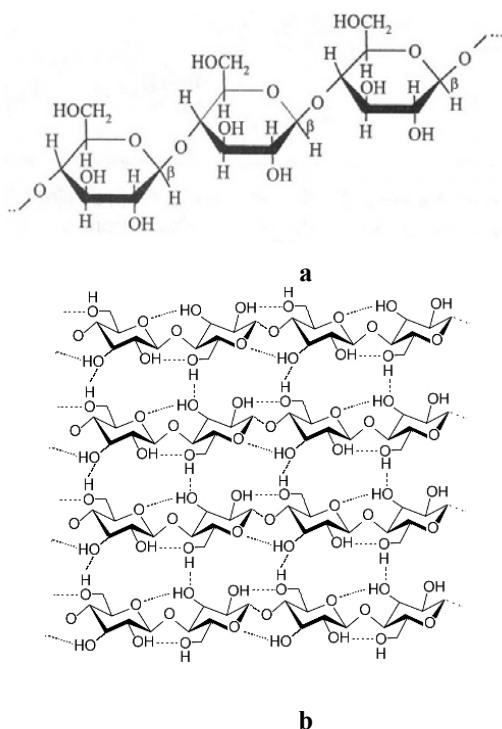
celulozes mikrofibrillām, veidojot celulozes-hemicelulozes tīklu, kas ir galvenais šķiedras šūnu konstruktīvais līdzeklis. Hidrofobais lignīna tīkls ietekmē citu tīklu īpašības, darbojoties kā savienjoša komponente un samazinot celulozes / hemicelulozes kompozīta stingumu.

Gan kaņepju, gan linu šķiedru galvenā sastāvdaļa ir celuloze. Pārējo daļu no šķiedru sastāva veido lignīni, pektīni, augu vaski un tauki, kā arī dažādas ūdenī šķīstošas vielas un higroskopiskais ūdens. Tā kā kaņepēs ir vairāk lignīna nekā līnos un celulozes saturs ir mazāks, tās ir mazāk jutīgas pret ķīmikālijām: izturīgas pret bāzēm un tikai spēcīgas skābes tās var sadalīt. [18]

Celuloze ir augu šķiedru šūnapvalku galvenā sastāvdaļa, kas nodrošina to stiprību. Tā ir dabisks polimērs, kura pavedienu veida molekulas veido garas šķiedras. Celuloze ir dabā veidojies lielmolekulārs savienojums ar augstu polimerizācijas pakāpi (300-3000). Katru celulozes šķiedru makromolekulu $(C_6H_{10}O_5)_n$ veido sakārtoti kristāliski β – glikozes molekulu atlikumi, kas atrodas vienādā attālumā viens no otra. Celulozes molekulā glikozes atlikumi ir savstarpēji saistīti ar β – 1 – 4 glikozīdsaitēm (6.att. a), kas apvieno molekulas garās, tievās mikrofibrillās.

Šķiedru celulozei ir daļēji kristāliska struktūra, ko veido kristāliski un amorfi apgabali. Kristalizācijas pakāpe sasniedz 67 – 70% [19], amorfie reģioni var hidrolizēties ar skābēm un veidot īsus celulozes nanokristālus.

Celulozes glikozes monomēri var veidot ūdeņraža saiti gan iekšmolekulāri, savā ķēdē veidojot fibrillas, gan starpmolekulāri, ar kaimiņu ķēdēm veidojot mikrofibrillas



6.att. Celulozes makromolekula (a), molekulu ķēžu fragmenti (b).

(6.att. b). Šīs ūdeņraža saites nodrošina lineāru kristālisku struktūru veidošanos ar augstu teorētisko stiepes izturību.

Celulozes blīvums ir $1,52 \text{ g/cm}^3$. Tā nesadalās, ja to karsē līdz 200°C temperatūrai. Celulozei raksturīga izturība, kas stipri atkarīga no molekulu polimerizācijas pakāpes. Celulozes molekulām ir tikai lineāra (nesazarota) struktūra, tāpēc celuloze veido šķiedras. Tīra celuloze ir balta, cieta, šķiedraina viela, kas nešķīst ne ūdenī, ne parastajos organiskajos šķīdinātājos. Taču tā labi šķīst vara (II) hidroksīda amonjakālā šķīdumā (Šveicara reaģentā), cinka hlorīda un sālskābes maisījumā, kā arī dažās koncentrētās minerālskābēs (HCl, H_2SO_4 , H_3PO_4).

Viena no raksturīgām celulozes ķīmiskajām īpašībām ir tās spēja hidrolizēties. Hidrolīzes rezultātā rodas glikoze: $(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \rightarrow n C_6H_{12}O_6$.

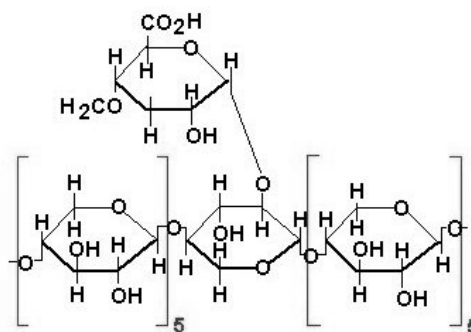
Kaņepju šķiedrās celuloze ir $\sim 77\%$ no kopējā svara, bet linu šķiedrās – vidēji $60\% - 80\%$; tās saturs pieaug linu pirmapstrādes procesā, atdalot pektīnus, ogļhidrātus, slāpekļvielas. Augsts celulozes saturs šķiedrā raksturīgs augstas kvalitātes šķiedrām.

Hemiceluloze, tāpat kā celuloze, atrodas augu šūnu sienīnās. Tā sastāv no 5 un 6 gredzenveida oglekļa polisaharīdiem (skat. 7.att.).

Atšķirībā no celulozes, hemiceluloze ir amorfs biopolimērs, kas sastāv no dažādiem cukuriem, tādiem kā ksiloze, mannoze un glikoze. [20] Cukuru sastāvs hemicelulozē mainās atkarībā no auga šķirnes, augšanas un klimatiskiem apstākļiem, vietas augā u.c.

Hemiceluloze ir sazarots polimērs ar daudz īsākām polimēru ķēdēm (polimerizācijas pakāpe ir 50-300) salīdzinājumā ar dabīgo celulozi. [21] Tā ir ļoti hidrofila, viegli hidrolizējama ar skābēm un viegli šķīstoša sārmos, taču nešķīst ūdenī. Hemiceluloze dabas šķiedrās veido atbalsta matricu celulozes mikrofibrillām. [22]

Lignīni ir sarežģīti fenola savienojumi, kas nodrošina auga stiprību un darbojas kā polisaharīdu šķiedras saistviela, saturot kopā celulozes un hemicelulozes šķiedras. Vadoties no uzbūves, lignīni tiek klasificēti kā cietkoksnes, skuju koksnes un zālaugu lignīni. Katram no minētajiem tipiem ir daudz variāciju atkarībā no sugas, šķirnes, auga, audiem; pat vienas šūnas ietvaros sastopami atšķirīgi lignīni. [7; 19; 9; 23] Kaņepju lignīni ir radniecīgi cietkoksnes lignīniem [24], un tos veido sazarotas struktūras monomēri: kumarilspirts, koniferilspirts un sinapilspirts u.c.



7.att. Hemicelulozes molekulārā formula.

Lignīni ir amorfas hidrofobas aromātiskas vielas, kas nešķīst ūdenī un parastajos organiskajos šķīdinātājos. Šūnu apvalkā izgulsnējoties starp celulozes micellām, lignīns darbojas līdzīgi betonam starp dzelzs armatūru – celuloze nodrošina stiepes izturību, bet lignīns šūnapvalku padara spiedes izturīgāku.

Kaņepju augam kļūstot vecākam, šūnapvalkā starp celulozes mikrofibrillām uzkrājas lignīns, notiek šūnapvalka pārkoksnešanās jeb lignifikācija. Lignīns šūnapvalkus pasargā arī no enzīmu un mikroorganismu iedarbības. Lignīni var nodrošināt koksnes un augu šūnu elastīgumu. Tie veido lielāko daļu no vidējās lameles un starpšūnu vielas, kurās lignīns sasaista šūnas, kā arī kalpo kā auga strukturāls balsts. Lignīns kļūst mīksts apmēram 90°C, un tā kušanas temperatūra ir 170°C.[25]

Pektīni ir neregulāri heteropolisaharīdi, kas uzkrājas šūnu primārajās sienīnās un vidus lamelās un ir atbildīgi par šūnu sienīņu slāņu savstarpējo savienošanos. Tie pamatā sastāv no poligalakturonskābes. Pektīnu degradācija ļauj atdalīt lūksni no pārējā kaņepju stiebra. [25;26]

Pēc daļējas neitralizācijas ar sārmi vai amonija hidroksīdu pektīni kļūst ūdenī šķīstoši, kas nodrošina augu elastību. [9] Pektīns ir vishidrofīlākā augu šķiedru sastāvdaļa, jo satur karbonskābju grupas, kas viegli degradējas sēnīšu klātbūtnē. Taču pektīna degradācija samazina šķiedru stiprību. [19]

Atkarībā no izcelsmes un ieguves apstākļiem pektīna molekulārā masa variē robežās no 60 līdz 130.000 g/mol.

Tauki un vaski atrodas epidermas šūnās ar augstāko saturu kutikulas slānī. Tie veido atlikušo šķiedru daļu un sastāv no dažāda veida spirtiem, kas ir ūdenī un skābēs nešķīstoši.[9] Pēc mērcēšanas tauki un vaski paliek šķiedrā un piešķir tai spožumu, elastību, uzlabojot šķiedras īpašības. Lietojot šķiedras kompozītmateriālos, tauki un vaski ir ļoti nevēlami, jo samazina šķiedru virsmas adhēziju. [19]

III. ŠĶIEDRU ATLASE UN ĶĪMISKĀ SASTĀVA NOTEIKŠANA

Salīdzinot šķiedras pēc galvenajām saimnieciski derīgām īpašībām [27; 28], linu un kaņepju šķiedru eksperimentālam salīdzinājumam izvēlētas:

- 1) Latgales Lauksaimniecības zinātnes centrā Viļānos (turpmāk LLZC) 2010. un 2011.gadā audzētās šķiedru linu šķirnes Vega2, T36-16/5-7-94 un S37-12/14-93, un divas Stenševā (Stęszew, Polija) audzētas linu šķiedru šķirnes – Ilona un Nike. [29]
- 2) LLZC 2010. gadā audzētas divmāju vietējā kaņepju klona Pūriņi (P LV) šķiedras un ES reģistrētas Polijā selekcionētas vienmāju rūpnieciskas kaņepju šķirnes Bialobrzeskie (B LV) šķiedras, kā arī Polijas vidienē Dabas šķiedru un medicīnas augu institūta izmēģinājuma laukos 2011. gadā audzētas šķirnes Bialobrzeskie (B PL). [30]

Lielākā daļa testu un eksperimentu šķiedru īpašību izpēti veikta Dabīgo šķiedru un medicīnas augu pētnieciskā institūta (Institute of Natural Fibres and Medicinal Plants) Poznaņā (Polijā) laboratorijās, kā arī RTU Tekstilmateriālu izpētes laboratorijā.

Eksperimentos iegūtie rezultāti apkopoti 1. tabulā, iegūstot pilnu linu un kaņepju šķiedru ķīmisko sastāvu. Kopējais hemicelulozes un celulozes (holocelulozes) īpatsvars ir ļoti līdzīgs visās salīdzināmo šķirņu šķiedrās un variē 3% robežās.

Aplūkojot katras šķirnes šķiedru ķīmisko sastāvu, vēlreiz apstiprinās apgalvojums, ka gan kaņepju, gan linu šķiedru īpašības stipri spēj ietekmēt to audzēšanas apstākļi un citi faktori. Atsevišķu šķiedru ķīmisko komponentu daudzuma attiecības visu trīs kaņepju šķirņu šķiedrām ir vienlīdz proporcionālas. Vislielāko apjoma daļu aizņem celuloze (liniem 64,57-75,38 %, kaņepēm 64,2–70,5 %) un hemiceluloze (liniem 12,97-26,07 %, kaņepēm 16,99-23,79%), tad lignīns (liniem 4,78-7,44 %, kaņepēm 5,68 – 7,96 %), taču vismazāk šķiedras satur pektīnu (liniem 0,45-3,23%, kaņepēm 1,37 – 1,64 %) un taukus / vaskus (liniem 0,83-1,9 %, kaņepēm 0,52 – 0,73 %) (skatīt 1.tabulu.).

IV. CELULOZES UN HEMICELULOZES SATURA ANALĪZE ŠĶIEDRĀS

Šķiedru stiprību nodrošina kristāliskā celuloze, kurai ir ļoti augsta teorētiskā stiprība 15 GPa un izstrādājumos realizējama stiprība 8 GPa. [31] Ir svarīgi veidot celulozi saturošus produktus tā, lai izmantotu kristāliskās celulozes stiprību, kā arī dot priekšroku šķirnēm ar augstāku kristāliskās celulozes saturu un tehnoloģijām, kas to palielina.

Hemicelulozes un celulozes procentuālais sastāvs šķiedrās noteikts atbilstoši Polijas standartiem BN-77-529-02 10 „Metodes tekstila izejmateriāliem. Lini un kaņepes. Hemicelulozes satura noteikšana” un PN-92 P-50092 – “Izejvielas papīra rūpniecībā. Papīrmalka. Ķīmiskās analīzes”. [32; 33]

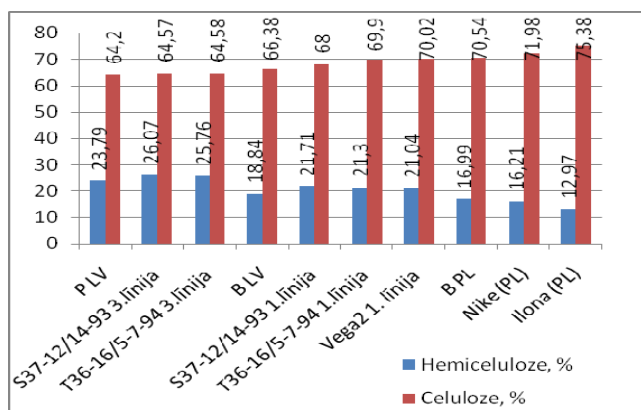
Galvenās un rūpnieciski vērtīgākās šķiedru sastāvdaļas – celulozes procentuālais saturs šķiedrās visām linu šķirnēm un līnijām ir salīdzinoši tuvs un līdzīgs (64,57-75,38%) un iekļaujas robežās, kas noteiktas literatūras avotos minētajos datos (60-85%) [11-13]. Visaugstākais celulozes saturs ir poļu šķirnei Ilona (75,38%), savukārt Latvijā audzētajām tilinātajām šķiedrām ir ļoti tuvi, gandrīz identiski rezultāti – 70,02% Vega2, 69,9% T36-16/5-7-94 un 68% S37-12/14-93 (skat.8.att.). Arī šeit saskatāma mērcēšanas procesa labvēlīgā ietekme uz šķiedrām, jo salīdzinājumā ar netilinātajām (3.līnija) šķiedrām, tilinātajās ir par 8% (T36-16/5-7-94) un 5% (S37-12/14-93) vairāk celulozes nekā netilinātajās.

Pētāmo kaņepju šķiedru kristāliskās celulozes saturs variē robežās no 64,2 % („Pūriņi”) līdz 70,5 % („Bialobrzeskie” (PL)), Latvijas „Pūriņi” klona šķiedru kristāliskās celulozes saturs ir par 10 % mazāks nekā „Bialobrzeskie” (PL) un par 3.4 % mazāks nekā „Bialobrzeskie” (LV). Atšķirība šķirnes iekšienē 6 % liecina, ka augšanas apstākļi var lielā mērā ietekmēt sastāvdaļu proporcijas. Kā redzams 8.att., augstākais celulozes saturs ir tieši Polijā audzētajām linu (Ilona – 75,38%, Nike 71,98%) un kaņepju šķirnei (70,54%), taču tām ir viszemākais hemicelulozes līmenis (attiecīgi 12,97%, 16,21% un 16,99%).

1. TABULA

LINU UN KAŅEPJU ŠĶIEDRU KOPĒJAIS ĶĪMISKAIS SASTĀVS [29, 30]

Šķirnes nosaukums	Tauki un vaski, %	Pektīns, %	Lignīns, %	Hemiceluloze, %	Celuloze, %	Holoceluloze %
<i>Lini</i>						
T36-16/5-7-94 1.līnija	1,28	0,45	7,26	21,30	69,90	91,2
T36-16/5-7-94 3.līnija	1,27	1,64	5,61	25,76	64,58	90,34
S37-12/14-93 1.līnija	1,90	1,70	6,68	21,71	68,00	89,71
S37-12/14-93 3.līnija	1,79	3,23	4,78	26,07	64,57	90,64
Vega2 1. līnija	1,70	1,21	7,44	21,04	70,02	91,06
Ilona (PL)	0,97	1,10	5,56	12,97	75,38	88,35
Nike (PL)	0,83	0,73	6,80	16,21	71,98	88,19
<i>Kaņepes</i>						
"Pūriņi" (P LV)	0,82	1,37	7,96	23,79	64,20	87,99
"Bialobzeskie" (B LV)	0,52	1,52	5,68	18,84	66,38	85,22
"Bialobzeskie" (B PL)	0,73	1,64	6,18	16,99	70,54	87,53

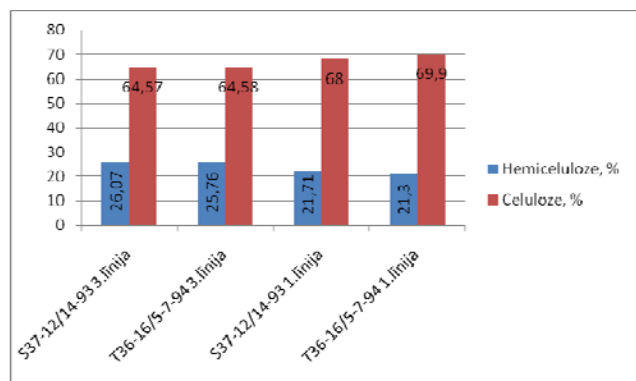


8.att. Celulozes un hemicelulozes procentuālais saturs linu un kaņepju šķiedrās

Salīdzinot hemicelulozes un celulozes procentuālā satura attiecību tilinātajās un netilinātajās šķiedrās (9.att.), redzams, ka tilinātajām šķiedrām ir vidēji par 20,5% zemāks hemicelulozes saturs, bet vidēji par 6,8% augstāks celulozes saturs. No tā var secināt, ka tilināšanas process pozitīvi ietekmē šķiedru ķīmisko sastāvu.

Kā redzams grafikā 10.att., procentuālais hemicelulozes saturs Latvijā audzētajām linu šķiedrām ir ļoti augsts (21,04-26,07%) un pārsniedz literatūras avotos minēto. Visaugstākie hemicelulozes rādītāji ir netilinātajām šķiedrām (3.līnija) S37-12/14-93 (26,07%) un T36-16/5-7-94 (25,76%). Redzama sakarība, ka tilināšanas procesā hemicelulozes saturs šķiedrās samazinās par 20% (S37-12/14-93) un 21% (T36-16/5-7-94). Zemākie hemicelulozes satura rādītāji ir abām poļu šķirnēm – Nike (16,21%) un Ilona (12,97%), kas iekļaujas literatūrā minētajās robežās (9 – 20,6 %). [11-13]

Amorfās hemicelulozes saturs konstatēts robežās no 17 % („Bialobzeskie” (PL)) līdz 23,8 % („Pūriņi”), Latvijā audzētajās „Bialobzeskie” (LV) šķiedrās hemicelulozes saturs par 11 % pārsniedz Polijā augušo šķiedru hemicelulozes īpatsvaru.

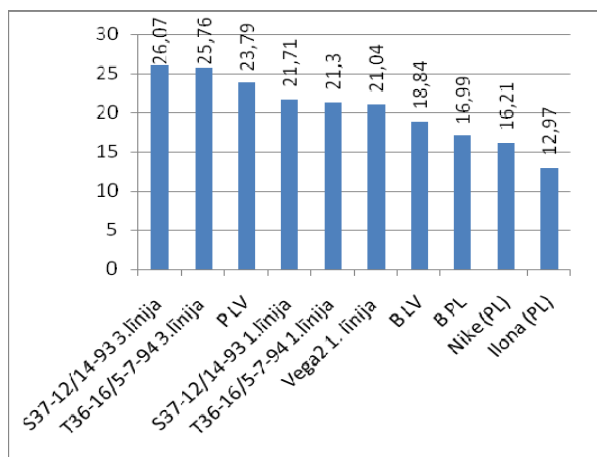


9.att. Celulozes un hemicelulozes procentuālā satura attiecība tilinātās un netilinātās linu šķiedrās.

Kopumā hemicelulozes saturs Latvijā audzētiem liniem pēc tilināšanas uzskatāms par vienādu (atšķirības nav būtiskas) visu trīs variantu šķiedrās, un tas ievērojami pārsniedz Polijā audzētu linu šķiedru hemicelulozes saturu (10.att.). Ļoti iespējams, ka klimatiskie apstākļi arī zināmā mērā ietekmē linu augu nepieciešamību pēc amorfās hemicelulozes īpatsvara šūnu sienīņās; tai pat laikā salīdzinot Polijā audzēto šķirņu Nike un Ilona hemicelulozes saturu šķiedrās, redzams, ka arī šķirne var to būtiski ietekmēt.

No kaņepju šķirnēm visaugstākais hemicelulozes līmenis ir šķirnei „Pūriņi” (23,79%).

Amorfās hemicelulozes un kristāliskās celulozes kopējo saturu apzīmē kā holoceluloze un reizēm lieto kā celulozes satura mēru. Kopējais holocelulozes daudzums linu šķiedrās (88,19-91,2%) ir par 4-7% augstāks, nekā kaņepju šķiedrās (85,22-87,99%) un Polijā audzētajām linu un kaņepju šķiedrām tas ir visaugstākais (skat.11.att.)



10.att. Hemicelulozes procentuālais saturs šķiedrās.

V.KOPSAVILKUMS UN SECINĀJUMI

Pēdējās desmitgadēs pieprasījums pēc lina un kaņepju šķiedrām, kā ikgadēji atjaunojamu un biodegradējamu izejvielu avotiem, strauji palielinās, pateicoties jauniem to lietojumiem inovatīvos materiālos.

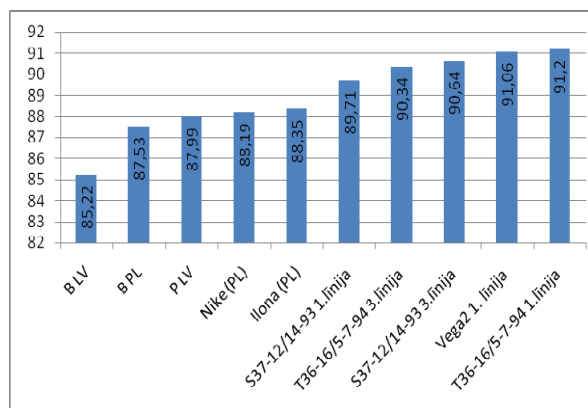
Gan lina, gan kaņepju šķiedru bioloģiskās, fizikālās, ķīmiskās un mehāniskās īpašības ir atkarīgas no dažādiem faktoriem un to mijiedarbības: šķirnes, audzēšanas vietas un priekšskultūras, klimatiskajiem apstākļiem un piemērotajiem agrotehniskajiem kompleksiem, novākšanas laika un izvēlētas pirmreizējās apstrādes (šķiedru iegūšanas) veida un parametriem, kas rada problēmas šķiedru iegūšanai ar līdzīgām īpašībām.

Kopumā lina un kaņepju stiebru uzbūve, elementāršķiedru izkārtojums un uzbūve ir ļoti līdzīga. Šķiedru mehāniskās īpašības ir tieši atkarīgas no celulozes satura šķiedrās, polimerizācijas pakāpes, mikrofibrillu leņķa, pirmreizējās apstrādes veida un parametriem.

Gan lina, gan kaņepju šķiedru galvenā sastāvdaļa ir celuloze, kas lina šķiedrās variē robežās no 64,57 – 75,38%, savukārt kaņepju šķiedrās no 64,2 % līdz 70,5 %. Tieši augstā celulozes satura dēļ šķiedras ir tik vērtīgas un ar tik labām īpašībām. Bez tam šķiedras satur hemicelulozi (liniem 12,97-26,07 %, kaņepēm 16,99-23,79%), lignīnus (liniem 4,78-7,44 %, kaņepēm 5,68 – 7,96 %), pektīnus (liniem 0,45-3,23%, kaņepēm 1,37 – 1,64 %), taukus un vaskus (liniem 0,83-1,9 %, kaņepēm 0,52 – 0,73 %). Šie dati vēlreiz liecina par ķīmiskās uzbūves daudzveidību vienas bioloģiskās kultūras ietvaros un līdzību starp divām atšķirīgām kultūrām.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Rogašs, A., Davidenko, K., Makarovs, V. Garšķiedras lini. Rīga : Latvijas valsts izdevniecība, 1952, 3.-27. lpp.
2. Bērziņš, E., Pētersons, P. Lini. Lauku kultūru aprobācija. Rīga : Latvijas valsts izdevniecība, 1959, 150. – 155.lpp.
3. Peive, J. Linkopība. Rīga : Latvijas valsts izdevniecība, 1948.
4. Dujardin, Sharma, S. Line drawing of transverse section through a flax stem. *The Biology and processing of flax*. Belfast, UK : M.Publications, 1942. ;



11.att. Holocelulozes procentuālais saturs lina un kaņepju šķiedrās.

5. Salnikov, V.V. Kazanskogo instituta biohimii i biofiziki. 2008.gads. [tiešsaiste]. Pieejams: <http://www.kibb.knc.ru/Laboratory%20of%20microscopy/site/Salnikov%20Gallery/Salnikov%20Gallery.html>.
6. Sponner, J., Toth, L., Cziger, S., Franck, R.R., Hemp// *Bast and other plant fibres*. UK: Woodhead Publishing, 2005, 179 p. , ISBN 1-85573-684-5.
7. Beckermann, G., *Performance of Hemp-Fibre Reinforced Polypropylene Composite Materials*. Research Commons at the University of Waikato, 2007, 2, 5, 18 p.
8. Anspoks, P. Lina audzēšana. Rokasgrāmata. Rīga : Avots, 1980.; 10.
9. Thomas S., Paul S.A., Pothan L.A., Deepa B. Natural Fibres: Structure, Properties and Applications. In: *Cellulose Fibres: Bio- and Nano-Polymer Composites*. Green Chemistry and Technology. Berlin : Springer, 2011, chapter 1.
10. Natural Fibre Composites at Wageningen UR. Wageningen UR. 2004. gads [tiešsaiste]. Pieejams: <http://www.agrofibrecomposites.com/process.htm#Glass> fibres versus natural fibres.
11. Bismarck, A., Mishra, S., Lampke, T. Plant Fibers as Reinforcement for Green composites. In: *Natural fibers, biopolymers and biocomposites*. New York : Tylor and Francis Group, 2005.
12. Ansell, M.P., Mwaikambo, L.Y. The structure of cotton and other plant fibres. In: *Handbook of Textile Fibre Structure*. Revised by Eichhorn S. Volume 2: Natural, Regenerated, Inorganic, and Specialist Fibres. Cambridge : Woodhead publishing, 2009.
13. Rong, M.Z., Zhang, M.Q., Liu Y., Yang, C.G., Zeng, H.M. *Effect of fibre treatment on the mechanical properties of unidirectional sisal-reinforced epoxy composites*. Elsevier, 2001. gada, Vol 61.
14. Mankowski, J., Kolodziej, J., Increasing Heat of Combustion of Briquettes Made of Hemp Shives. In: *International Conference on Flax and Other Bast Plants*, Institute of Natural Fibres, Poznan, Poland, 2008, 244 p. ISBN #9780980966404.
15. Kukle, S., Skrupskis, V., Spulle, U. Cannabis Sativa L [tiešsaiste]. Pieejams: http://www.bra.lv/images/editor/file/aktualitates/kanepju_audzšana_bu_vmateriālu_razošana.pdf.
16. Cell Types [tiešsaiste]. Pieejams: <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e05/05a.htm>
17. Scott, T. *Concise encyclopedia biology*. Publisher: Walter de Gruyter, 1996, 234 p. ISBN-10: 3110106612
18. Frank, R.R., *Bast and other plant fibres*, Woodhead publishing in textiles. The textile institute, CRC Press, Cambridge England, 2005, 352 – 367 p. ISBN 1 85573 684 5
19. Thygesen, A. *An optimisation of fibre properties using novel defibrillation methods and fibre characterisation // Properties of hemp fibre polymer composites*. Risø National Laboratory Roskilde, Denmark, 2006, 21, 24; 27 p.
20. Morán, J. M., Alvarez, V.A., Cyras, V.P., Vázquez, A., *Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers*, Cellulose. Berlin: Springer, 2007, 149 – 159 p.

21. Fiber Dynamics part 1 [tiešsaiste]. Pieejams: - <http://www.abcbodbuilding.com>
22. Laizāns T., *Dabīgo šķiedraugu produktu perspektīve virzieni. Kaņepju klasteri Latvijā: iespējas un riski* [tiešsaiste]. 2010 pieejams: http://lathemp.lv/?page_id=178
23. Sanadi, A.R., Caulfield, D.F., and Jacobson, R.E. *Agro-fiber /thermoplastic composites, in Paper and composites from agro-based resources*. CRC Lewis Publishers, 1997, 377-401 p.
24. Murphy-Bokern, D. *Properties of fibre extracted from unretted hemp and fibre performance in composites, Research and development final report*. Bedfordshire : Silsoe research Institute, Wrest Park, Silsoe, 1999, 4-7 p.
25. Kovur, S.K., Schenzel, K. C., Grimm, E., Diepenbrock, W. *A review of bast fibres and their composites, Refined hemp fiber characterization*. Germany : Leibniz University Hannover, 2008, 1081 – 1082 p.
26. Rowell, R.M, Han, J.S, Rowell, J.S. *Characterization and factors effecting fibre properties. Natural Polymer and Agrofibras Composites*. E.L.A. L. a. M. Frolline, L.H.C., 2000, 117 – 123 p.
27. Stramkale, V. *Latvijas atjaunojamo izejvielu – linu un kaņepāju produktu īpašību pētījumi, to pielietošana inovatīvu tehnoloģiju un jaunu funkcionālu materiālu izstrādei*. Pārskats par 2011.g. Viļāni: 2011.
28. Stramkale, V. *Latvijas atjaunojamo izejvielu – linu un kaņepāju produktu īpašību pētījumi, to pielietošana inovatīvu tehnoloģiju un jaunu funkcionālu materiālu izstrādei*. Viļāni: LLZC, 2011.
29. Kukle, S., Stramkale, V., Kalniņa, D., Priberga, D., Strazds, G.. *Comparative analysis of properties of flax lines fibres D. to support flax growing reintroduction in Latvia*. In: *17th International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology*. NAROSSAR: 2011. pp. 5.3.
30. .Kukle, S., Stramkale, V., Kalniņa, D. & Soliženko, R. *Comparison of hemp fibres properties*. In: *the 6th International Textile, Clothing & Design Conference, 7.-10.October*. Croatia: Dubrovnik, 2012, p.76-80., ISSN 1847-7275.
31. Lilholt, H., Lawther, J.M., *Natural organic fibres*. In: *Comprehensive composite materials, revised by Kelly, A. and Zweben, C. (Ed.)*. Elsevier: vol. 1, 2000, 303-325 p.
32. BN-77-529-02 *10 Methods for raw materials and textiles. Flax and hemp. Determination of hemicelluloses content*.
33. PN-92 P-50092 *Raw materials for the paper industry. Pulpwood. Chemical analysis*.



Gunta Zommere, Mg.sc.ing.

Education: Riga Technical University, Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Specialization: Material design and technology (Master's degree - Mg.sc.ing., 2004).

Work Experience: Since 2002 - Researcher and Lecturer at the Institute of Textile Materials Technologies and Design Riga Technical University, Faculty of Material Science and Applied Chemistry,

Riga, Latvia; Ltd. "Lat- Mode", Handicraft Designer, Editor Technologist (1993-2002); Riga Fashion House, the Magazine "Rīgas Modes", Editor Technologist (1988-1993).

Fields of Research: Geometric Patterns of Card woven Bands; Ethnology; Natural Fibre Materials.

Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

E-mail: gunta.zommere@rtu.lv



Ausma Vilumsone, Dr.sc.ing., Professor, (1993) at RTU, Institute of Textile Materials Technologies and Design.

She is the Head of the Institute of Textile Materials Technologies and Design, Head of the Department of Clothing and Textile Technologies.

Fields of research: development and optimization of garment design technological process, CAD/CAM systems in product design, innovative materials and technologies.

Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia

E-mail: ausma.vilumsone@rtu.lv

Dace Kalniņa, Mg.sc.ing.

Riga Technical University, Institute of Technology and Design of Textile Materials.

Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

E-mail: kalninjad@inbox.lv

Rita Soliženko, Mg.sc.ing.

Riga Technical University, Institute of Technology and Design of Textile Materials.

Address: Riga Technical University, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Azenes Str. 18, Riga, LV-1048, Latvia.

E-mail: ritulis17@inbox.lv

Veneranda Stramkale, Dr.agr.

Director of Agricultural Science Centre of Latgale.

Fields of study: preservation, research and improvement of flax genetic resources; research on field crop cultivation.

Superior of Bachelor and Master qualification papers at Rezekne Higher Education Institution, Faculty of Engineering.

Address: "Ozoli", Trūpi village, Viļāni parish, Viļāni district.

E-mail: strzin@apollo.lv

Gunta Zommere, Ausma Vilumsone, Dace Kalniņa, Rita Soliženko, Veneranda Stramkale. Comparative Analysis of Fiber Structure and Cellulose Contents in Flax and Hemp Fibres

In recent decades, the demand for flax and hemp fibers and annually renewable and biodegradable sources of raw materials is increasing rapidly due to new applications of innovative materials.

Cellulose is most valuable component of bast fibres with a wide application range. Relative content of crystalline cellulose influences mechanical properties of fibres. Content and structural composition of lignin determines how severe technologies could be applied to separate crystalline cellulose from matrix.

The paper examines the flax and hemp fiber structure and chemical composition of the total comparative analysis, as well as determined and compared crystalline and amorphous cellulose composition of several Latvian and grown in Poland fiber flax and hemp fibers varieties.

Both flax and hemp biological, physical, chemical and mechanical properties depend on various factors and their interactions: a variety of places of production and pre-culture, climate and agricultural complexes are harvested and selected initial treatment (fiber) type and parameters which creates problems for fiber with similar characteristics. Flax and hemp straw structure, layout and design of the filament are very similar. The fiber mechanical properties are directly dependent on the cellulose content of the fibers, the degree of polymerization, mikrofibrillic angle, initial treatment type and parameters.

The total crystalline cellulose constituents of flax fibres are found varying in the range from 64.57 to 75.38 %, whiles in hemp fibers varying in range from 64.2 % to 70.5 %. In addition, the fiber contains hemicellulose (12.97 to 26.07 % flax, hemp, 16.99 to 23.79 %), lignin (4.78 to 7.44 % flax, hemp, 5.68 to 7.96 %) pectin (0.45 to 3.23 % flax, hemp, 1.37 to 1.64 %), fats and waxes (0.83 to 1.9 % flax, hemp, 0.52 to 0.73 %). These data show the same chemical structure diversity within one biological culture and similarities between the two different cultures.

Гунта Зоммере, Аусма Вилломсоне, Даце Калныня, Рита Солиженко, Вэнэранда Страмкале. Сравнительный анализ структуры волокон льна и конопли и содержания в них целлюлозы

В последние десятилетия спрос на волокна льна и конопли, а также ежегодно возобновляемые и биоразлагаемые источники сырья стремительно возрастает за счет новых применений в инновационных материалах.

Целлюлоза является ключевым компонентом растительных волокон для достижения прочности. Оставшуюся часть состава волокна составляют лигнин, пектин, растительные воски и масла, а также различные водорастворимые вещества и гигроскопические воды.

В работе сделан анализ структуры волокна, сравнительный анализ общего химического состава, а также определен и сравнен состав кристаллической и аморфной целлюлозы в нескольких латвийских и польских сортов льна и конопли.

Биологические, физические, химические и механические свойства льна и конопли зависят от различных факторов и их взаимодействий: разнообразие мест производства, пре-культура, климатические условия, надлежащие сельскохозяйственные комплексы, выбор варианта и параметров первоначальной обработки волокон. В целом структура стебля льна и конопли, оформление волокон и структура очень похожи.

Механические свойства волокон напрямую зависят от содержания целлюлозы, степени полимеризации, угла микроволокна, выбранного варианта и параметров первоначальной обработки волокон.

Содержание главного компонента - целлюлозы в волокнах льна находится в диапазоне от 64,57 до 75,38 % , в то время как в волокнах конопли - от 64,2 % до 70,5%. Кроме того, волокна содержат гемицеллюлоз (лен 12,97 – 26,07 %, конопля 16,99 – 23,79 %), лигнин (лен 4,78 - 7,44 %, конопля 5,68 - 7,96 %) пектин (лен 0,45 - 3,23 %, конопля 1,37 - 1,64 %), жиры и воски (лен 0,83 - 1,9 %, конопля 0,52 - 0,73 %). Эти данные еще раз показывают разнообразие химической структуры в рамках одной биологической культуры и сходство между двумя различными культурами.