

Nanošķiedru iegūšanas metodes no kaņepēm un citiem dabīgiem materiāliem

Anete Stikute, Riga Technical University, Silvija Kukle, Riga Technical University

Kopsavilkums. Nanotehnoloģija ir tehnoloģijas un zinātnes nozare, kurā pēta nanometra izmēra struktūras. Mūsdienās tā ļoti strauji attīstās un it īpaši nanomateriālu jomā, kas rada nepieciešamību pēc efektīvām un ekonomiski izdevīgām nanošķiedru iegūšanas metodēm, tajā skaitā no dabas materiāliem. Pētījumi dabisko materiālu nanošķiedru iegūšanas tehnoloģiju un lietošanas jomā ir aktuāli, jo: pasaulē izsīkst neatjaunojamie resursi, cilvēkiem pieaug interese par biodegradējamiem materiāliem un nanošķiedras sniedz plašas un daudzveidīgas pielietošanas iespējas dažādos izstrādājumos. Pēdējos gados ir palielinājusies dabisko šķiedru nozīme, jo ar to palīdzību tiek rasti jauni un ilgtspējīgi risinājumi. Celuloze ir viens no izplatītākajiem dabiskajiem polimēriem uz planētas, un tā ir galvenā augu šūnapvalku sastāvdaļa, tāpēc šie resursi ir regulāri atjaunojami. Tā kā nanošķiedru īpašības nodrošina to pielietošanu nanobiokompozītos, autorūpniecībā, ģeotekstilmateriālos un citur, tad tiek meklētas tādas iegūšanas metodes, kas būtu efektīvas un veiksmīgi integrējamas ne tikai laboratorijās, bet arī ražošanā. Pašreiz visbiežāk izmantotās metodes ir mērcēšana ūdenī un rasā, fermentācija, atdalīšana ar termisko apstādi sārnu šķīdumā, tvaika eksplozijas tehnika u. c. Pateicoties nanošķiedru īpašībām un tehnoloģiju attīstībai, nākotnē tām ir prognozējamas milzīgas perspektīvas.

Atslēgas vārdi: celuloze, nanošķiedras, iegūšanas metodes, kaņepes, dabīgie materiāli.

IEVADS

Nanotehnoloģiju nozarē tiek pētītas struktūras, kuru izmēri ir robežās no 1 līdz 100 nm. Nanoizmēru materiālus var izgatavot, izmantojot divas metodes: 1) no mazākiem objektiem – savienojot kopā molekulas, 2) sasmalcinot lielākus objektus. Lai gan nanotehnoloģijas ir salīdzinoši jauna zinātnes nozare, mūsdienās tā ļoti strauji attīstās un nākotnē ir paredzamas milzīgas perspektīvas, jo nanotehnoloģijas ļauj dažādiem objektiem (ķermeņiem) piešķirt jaunas fizikālas un/vai ķīmiskas īpašības. Viens no galvenajiem attīstības virzieniem ir jaunu nanomateriālu veidošana un to iegūšanas tehnoloģiju radīšana un pilnveidošana, jo pasaulē izsīkst neatjaunojamie resursi un sabiedrībā pieaug interese par ekoloģiskiem un atjaunojamiem materiāliem, kā arī nanošķiedras nodrošina ļoti daudzveidīgas pielietojuma iespējas esošos un potenciālos izstrādājumos.

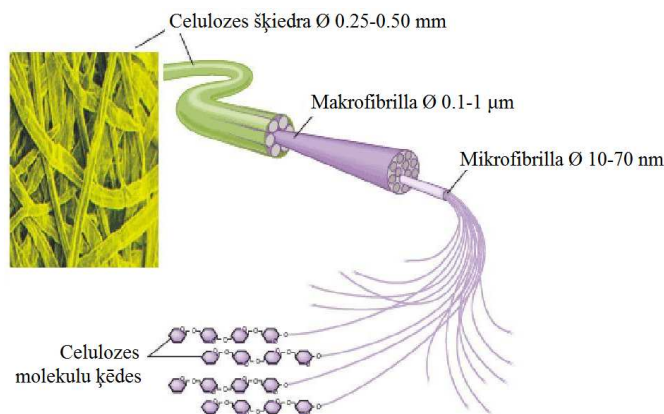
RESURSI

Dabiskās šķiedras patēriņa un tehniskām vajadzībām tiek izmantotas jau sen, taču šobrīd ievērojami paplašinās to sortiments, funkcionālās īpašības un lietojumu jomas radot jaunus un ilgtspējīgus risinājumus. Īpaša pētnieku uzmanība moderno tehnoloģiju aspektā vērsta uz augu izcelsmes šķiedrām, jo šie resursi regulāri atjaunojas un viens no izplatītākajiem dabiskajiem polimēriem uz planētas – celuloze

– ir galvenā augu šūnapvalku sastāvdaļa. Tiek lēsts, ka dabā ik gadus veidojas ap 5 biljoniem tonnu celulozes. Dažādās augu šūnās celulozes masa variē robežās no 50% līdz 70%.

Līdz šim visvairāk komerciāli izmantotais celulozes avots, ir koks (koksnes šķiedras), samērā plaši izmantoti arī tādi augi kā kokvilna, kaņepes, lini, džuta, kviešu salmi u. c., un pat sakņaugi (kāļi u. c.) [1]. Bez tam celulozi nelielos apjomos iegūst arī kā baktēriju, piem., *Acetobacter xylinum*, izstrādātu produktu (bakteriālā celuloze) un celulozi, ko nūjiņveidā iegūst no jūras radībām (tunikātiem). [2]

Celulozes šķiedrai ir raksturīga hierarhiskā struktūra (1. att.). To veido 0.1 – 1 mikronu diametra makrofibrillas, kas savukārt sastāv no 10 līdz 70 nanometru diametra mikrofibrillām. Mikrofibrillas veido celulozes makromolekulu pavedieni, kas vietām savijušās telpiskās struktūrās – micellās. Katru šķiedru celulozes makromolekulu ($C_6H_{10}O_5$)_n veido sakārtoti kristāliski β – glikozes molekulu atlikumi, kuru attālums vienam no otram ir konstants. Glikozes atlikumi celulozes molekulā savstarpēji ir saistīti ar β – 1 – 4 glikozīdsaitēm, kas apvieno molekulas garās, tievās mikrofibrillās. Makrolīmenī tīra celuloze ir balta, higroskopiska un polidispersa šķiedrviela, kas nešķīst ūdenī, organiskos šķīdinātājos, bet uzbriest sārnu šķīdumos.



1. att. Celulozes šķiedras mikrostruktūra [3]

IEGŪŠANAS METODES

Gandrīz tīra celuloze ir kokvilna – celulozes saturs ~ 90%, arī linu un kaņepju šķiedra sastāv galvenokārt no celulozes (1. tab.). Lūksnes šķiedras atrodas ārējā stiebra šķiedru slānī; tās ir izturīgākās zināmās augu izcelsmes šķiedras. Celulozes saturs kaņepju šķiedrās atkarīgs no šķirnes, klimatiskajiem un piemērotajiem agrotehniskajiem parametriem (1.tab.).

1. TABULA [8]

CELULOZES SATURS KOKSNĒ, KOKVILNĀ, LINU UN KAŅEPJU ŠĶIEDRĀS /SPAĻOS

| Šķiedru sastāvs, % | Celuloze, % | Hemiceluloze, % | Lignīns, % | Pektīns, % | Vasks, % | Ūdenī šķīstošas komponentes, % | Minerālvielas, % |
|--------------------|-------------|-----------------|------------|------------|--------------|--------------------------------|------------------|
| Norvēģijas egle | 49 | 20 | 29 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Kokvilna | 81 | 12 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| Felina 34 | 64 | 14 | 5 | 5 | 0 | 8 | 4 |
| Uso | 60 | 15 | 3 | 7 | 1 | 10 | 4 |
| Futura 77 | 54 | 14 | 13 | 15 | | | 4 |
| Fedora 19 | 61 | 10 | 12 | 12 | | | 4 |
| Fedora 19 (spaļi) | 47-48 | 21-25 | 16-19 | 8-9 | | | 1-2 |
| Lini | 64 | 16 | 2 | 2 | nav noteikts | | nav noteikts |

1. tab. redzams, ka arī līdz šim par nevērtīgāko stiebru daļu uzskatītajos spaļos celulozes saturs ir pietiekoši augsts.

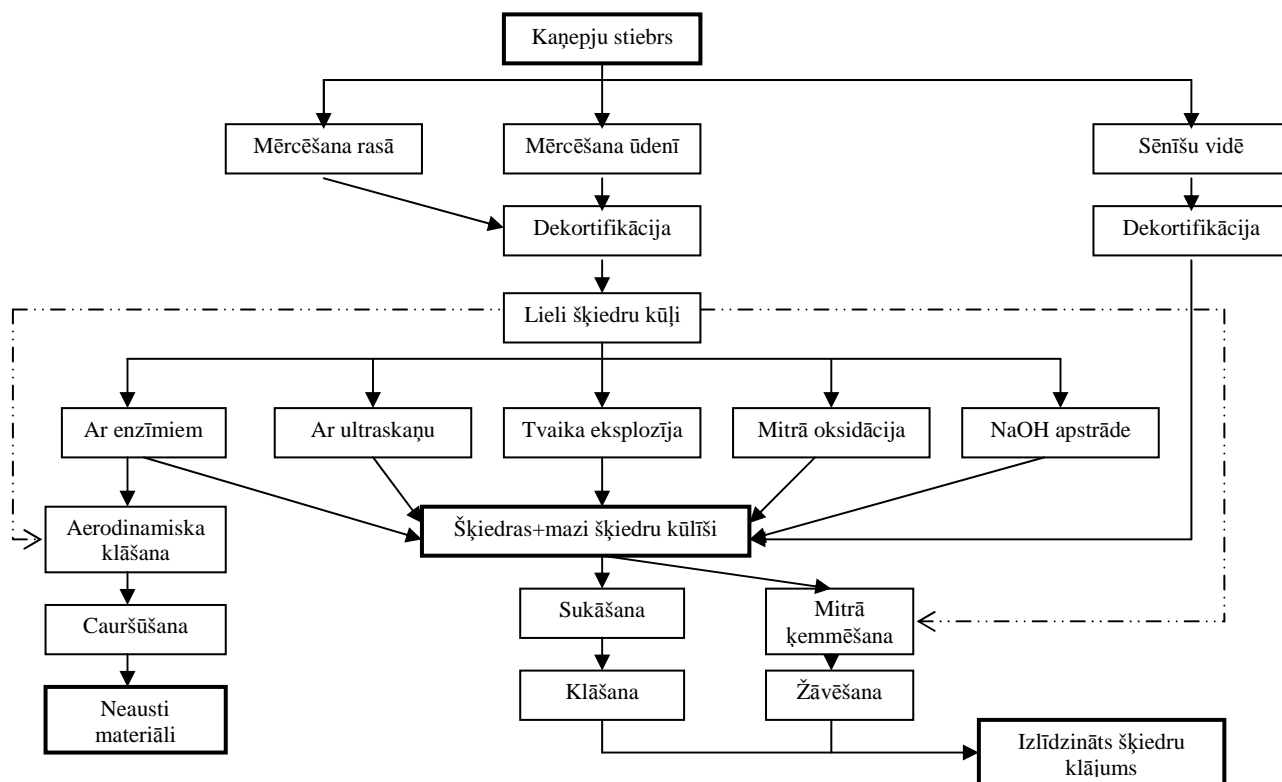
Lai šķiedras atdalītu no spaļiem un šķiedru kūļus sadalītu līdz nepieciešamajiem izmēriem, jāveic sarežģīts daudzpakāpju process.

Mērcēšana ūdenī/ rasā ir viena no praksē populārākajām un arī vienkāršākajām metodēm lūksnes šķiedru atdalīšanā no stiebriem uzreiz pēc novākšanas. Parasti mērcēšanas process ilgst dažas dienas rezervuāros vai tvertnēs pie noteiktas temperatūras (~ +37°C) vai rasā pāris nedēļas uz lauka. Piemērojot mērcēšanu rasā jārēķinās ar izšķirošu laika apstākļu ietekmi, kas ierobežo augstāzīgu ārzemju šķirņu audzēšanu Latvijas samērā īsajā augšanai piemērotu apstākļu sezonā. Mērcēšanas procesā atslābinās lūksnes un stiebra koksainās daļas sasaiste; pēc žāvēšanas, stiebrus pakļaujot

mehāniskai apstrādei, stieбри tiek salauzti, šķiedru kūļi tiek atdalīti no spaļiem un daļa hemicelulozes pārvēršas kristāliskajā celulozē.

Daudzos tehniskos lietojumos, kur nav tik augstas prasības šķiedru kompleksu izmēriem un to vienmērībai, pieļaujama mehāniskā pirmreizējā apstrāde bez mērcēšanas vai citādas apstrādes, bet tad jārēķinās ar mazāku šķiedru iznākumu un lieliem šķiedru kompleksiem.

Tradicionāli spaļi tika uzskatīti kā garo (primāro) šķiedru ieguves blakusprodukts, ražošanas atkritums, bet tā kā tie satur no 50% līdz 77% celulozi (1. tab.), tos var izmantot papīra ražošanā, aizvietojo 4,1 ha koksnes ar vienu ha kaņepju tādos lietojumos kā viskozes, biodegvielas, celofāna, pārtikas piedevu, siltumizolācijas iegūšanai u.tml.

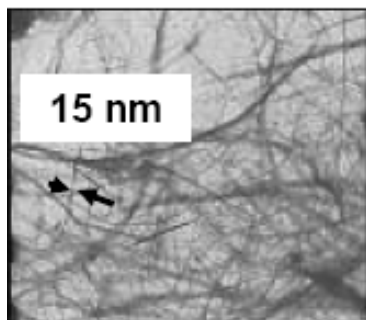


2. att. Lūksnes šķiedru pirmreizējās un otrreizējās apstrādes variantu shēma [8]

Atkarībā no paredzamā lietojuma lielie šķiedru kūļi pēc pirmreizējās apstrādes (dekortifikācijas) tiek pakļauti/nepakļauti otrreizējai apstrādei (2. att.), kas sākas ar apstrādi šķiedru kūļu sadalīšanai līdz maziem šķiedru kūļiņiem un/vai atsevišķām šķiedrām. No piemērotās apstrādes metodes atkarīga ne tikai elementu izmēri, bet arī šķiedru mehāniskās īpašības. [8]

Lai šķiedru kūļus sadalītu atsevišķās šķiedrās, jānodrošina pektīna un lignīna degradācija; veidojot šķiedru plastmasas kompozītus ir nepieciešama arī vaska ekstrakcija, lai nodrošinātu labu matricas sasaisti ar šķiedrām.

Ķīnā pektīna, lignīna un hemicelulozes degradācijai lieto šķiedru termisko apstrādi sārnu vidē. Tehnoloģiskajā procesā šķiedras vispirms tiek termiski apstrādātas un samaltas (sasmalcinātas), lai iegūtu viendabīgu šķiedru maisījumu ar līdzīgiem izmēriem, pēc tam tās mērcē nātrija hidroksīda šķīdumā, lai iegūtu celulozi. Lai makrofibrillas atbrīvotu no šūnu sienām, sasmalcinātās šķiedras saberž. Mehāniskajā apstrādē jeb defibrilācijā no makrofibrillām iegūst celulozes nanošķiedras (3. att.).



3.att. Celulozes nanošķiedras no kaņepju lūksnes šķiedrām [1]

Ja nātrija hidroksīdu izmanto kā nākas, tad šī viela nenodara kaitējumu videi un apstrādātājiem. Nātrija hidroksīds neatstāj ķīmiskas pēdas šķiedrā, jo mazgājot tas tiek neitralizēts un kļūst par nekaitīgu nātrija sulfāta sāli.

Mehāniskai šķiedru atdalīšanai ir nepieciešams liels enerģijas patēriņš, savukārt rasas mērcēšanas laikā sezonālās laika apstākļu ietekmes atspoguļojas šķiedru apstrādē un gala parametros, tāpēc šobrīd tiek meklēti vienkārši un garantējami procesi; to meklējumos aizvien vairāk uzmanība tiek vērsta uz ķīmisko metožu un dažādu biotehnoloģiju, precīzāk, fermentu (enzīmu) lietojumiem.

Fermentācijas procesā fermentu (latīņu: *fermentum* – ieraugs) biomolekulas katalizē ķīmiskas reakcijas, palielinot reakciju tempu 106 – 1012 reizi. Fermentiem raksturīga iezīme ir selektivitāte, līdz ar to fermentatīvā katalīze selektīvi koncentrējas uz konkrēto substrāta sastāvu. Šim procesam nepieciešams mazāk enerģijas, ūdens un ķīmisko vielu nekā vispārīgajā ķīmijā. [4] Fermentu priekšrocība ir tā, ka tie nenobīda reakcijas ķīmisko līdzsvaru un to struktūra reakcijas rezultātā nemainās (biokatalizatori), kā arī tas, ka fermentatīvās reakcijas ir atgriezeniskas. [5]

Rasas mērcēšanas laikā jānodrošina iespēja fermentiem iedarboties uz tehnisko (lūksnes) stiebru stublāja dabiskajām sastāvdaļām, piemēram, pektīnu un lignīnu, lai no lūksnes

ekstrahētu šķiedras. Galvenie fermenti, kas darbojas mērcēšanas procesā, ir pektināze, ksilanāze un celulāze. [4]

Lai sekmētu šķiedru dekortifikāciju un attīrīšanu, mērcēšanas procesā fermentus var izmantot 2 veidos: 1) apsmidzināt stublājus uz lauka pirms to novākšanas vai pirmo 3 mērcēšanas dienu laikā; 2) izmantot kā papildus līdzekli mitrajā procesā izlobītajām lūksnes šķiedrām brīvsgaitas krāsošanas ierīcē. [4]

Čehijā ir izstrādāti un pārbaudīti praktiskos lietojumos vairāki fermentu tipi lūksnes šķiedru ieguves uzlabošanai un sadalīšanai elementāršķiedrās (2.tab.); piem., Texazym SER aerosols spēj palielināt garo linu šķiedru iznākumu vairāk nekā par 40%. Citi fermenti kombinācijā ar vieglu mehānisku apstrādi var aizstāt agresīvu un energoietilpīgu apstrādi. Savukārt speciāli izstrādāts fermentu maisījums pirms sukāšanas uzlabo šķiedru smalkumu, krāsu un tīrību (4. att.). [4]

2. TABULA [4]

INOTEX FERMENTU IZSTRĀDĀJUMI LŪKSNES ŠĶIEDRĀM

| Nosaukums | Substrāts (-i) |
|-------------------|---------------------------------|
| Texazym SC | Pektīns |
| Texazym BFE | Pektīns |
| Texazym DLG | Hemiceluloze, celuloze |
| Texazym SCW | Pektīns, hemiceluloze |
| Texazym SER-3conc | Pektīns, hemiceluloze |
| Texazym SER-4conc | Pektīns, hemiceluloze, celuloze |
| Texazym SER-5conc | Pektīns, hemiceluloze, lipīdi |
| Texazym PF neu | Saharīdu līmes |
| Texazym LOOK | Polifenoli |



4. att. Sliktas kvalitātes rasā mērcēto šķiedru uzlabošana ar Texazym SCW [4]

Biomērcēšana nav atkarīga no klimatiskajiem apstākļiem, šķiedru ieguves procesa ātruma, tai pat laikā dod iespēju iegūt smalkākas šķiedras. Fermentu selektivitāte apstrādē ļauj domāt par jauniem un atjaunojamiem materiāliem (biosveķiem, lignīnu, līmes sastāvdaļām, lūksnes augu biomasas ekstraktiem – ēteriskajām eļļām, antioksidantiem u. c.), kas nākotnē būs pieprasīti to pilnīgās bionārdīšanās dēļ.

Fermentiem ir arī liels potenciāls lūksnes šķiedru modificēšanai dažādiem izmantošanas mērķiem. Fermentu biotehnoloģijas var nodrošināt priekšrocības tekstilizstrādājumos, kompozītos, plastmasā un citos

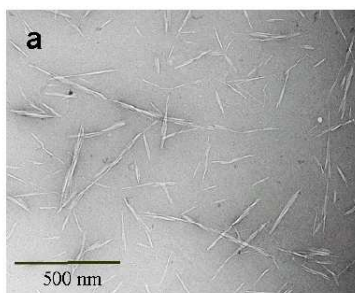
tehniskajos lietojumos; piem., fermenti nodrošina labāku adhēziju ar kompozīta polimēra matricu, savukārt atbilstošs šķiedru garums un diametrs maksimizē kompozītu viendabību un izturību. [4]

Laboratoriju izmēģinājumi un rūpnieciskā līmeņa rezultāti un pieredze ir pierādījuši selektīvo fermentu spēju sadalīt iekšējās šķiedru saites slāņus, ko veido pektīns, lignīns un hemiceluloze iegūstot mikrometru skalas šķiedru šķērsriezumu. Neraugoties uz dārdzību, fermentācija ir ekoloģiski tīrāka un ātrāka metode nekā, piem., termiskā apstrāde NaOH šķīdumā.

Lai nonāktu līdz nanometru skalas izmēriem, iespējamas divas pieejas: iegūt mikrofibrillētu celulozi (MFC) vai nanokristālus (matīņus). MFC dispersijas ūdenī vai citā polarizētā šķīdumā iegūst veicot celulozes mikroliemeņa šķiedru mehānisku homogenizāciju. Iegūto šķiedru diametrs 10 – 100 nm, garums mikrometru diapazonā atkarīgs no izgatavošanas metodes. [6]

Matīņi ir ļoti tīras celulozes kristāli, kas iegūstami kā stabilas suspensijas ūdenī celulozes biomasas stingri kontrolētā hidrolīzes procesā. Parasti hidrolīzei sērskābes vidē pakļauj balinātas šķiedras pēc apstrādes NaOH šķīdumā. Hidrolīzes procesā tiek izjaukti ap mikrofibrillām un tajās iekļautie amorfie pektīna un hemicelulozes reģioni, kristāliskās jomas paliek neskartas. Kristālu izmēri atkarīgi izejmateriāla tīrības un citām īpašībām, apstrādes laika, temperatūras. Parasti procesu ierobežo laikā, lai novērstu glikozes veidošanos, vai arī iegūto suspensiju atšķaida ar ledus kubiciņiem, lai apturētu reakciju. Pēc dialīzes un mazgāšana ar destilētu ūdeni iegūst celulozes matīņu suspensiju. Ja nepieciešams, iegūto suspensiju homogenizē un filtrē, izmantojot stikla filtru. [6]

Labu matīņu izkliedi var redzēt 5. attēlā, kur redzamas klasiskas, nūjiņām līdzīgas nanodaļiņas, kuru ģeometriskais vidējais garums ir 242 ± 86 nm, bet diametrs – $5.2 \pm 1,3$ nm. [6]



5. att. *Luffa cylindrica* nanokristālu suspensija [6]

Par perspektīvākām iegūšanas metodēm šobrīd tiek uzskatītas ultraskaņas un tvaika eksplozijas metodes, kas ir mazāk darbietilpīgas un ļauj iegūt šķiedras ar lielāku kristāliskās celulozes īpatsvaru. Jauna, bet pagaidām maz izpētīta un izmantota ir arī osmotiskā spiediena metode.

IZMANTOŠANAS IESPĒJAS

Nanošķiedrām ir raksturīgs zema tilpummasa, tās ir vieglākas salīdzinājumā ar citām sintētiskajām šķiedrām un

metāliskajiem materiāliem, tāpēc tās izmanto vieglu kompozītmateriālu izgatavošanai.

Celulozes nanomatiņiem ir liela virsmas laukuma attiecība pret masu, tādēļ tām ir noteicoša loma slodzes rādītāju nodrošināšanai nanokompozītā. Šo īpašību var arī izmantot polimerizācijas šabloniem plašam lietojumu klāstam, izveidojot ļoti reaģējošas virsmas.

Savukārt nanošķiedrām raksturīgais lielais poru tilpums veicina nanošķiedru piemērojamību filtrējošu membrānu un citu neastu filtrēšanas piederumu izgatavošanai. [7]

Tā kā celulozes šķiedru virsma ir ķīmiski modificējama, tās var izmantot optiski caurspīdīgos displejos, adhezīvos, putās un gēlos. [2]

Par ļoti perspektīviem šobrīd uzskatāmi tīras celulozes nanokompozīti – gan armējošās šķiedras, gan matrica nodrošina labāku adhēziju, nekā celulozes bāzes šķiedras ar tradicionāli lietotām plastmasām.

SECINĀJUMI

1 Celulozes nanošķiedru iegūšanas metodes no dabiskām šķiedrām ir daudz un dažādas, katrai no tām ir savas priekšrocības un trūkumi.

2 Pateicoties dabisko šķiedru īpašībām (blīvumam, virsmas laukumam un poru tilpumam), to izmantošanas iespējas ir samērā plašas, tomēr augstā mainība dabisko šķiedru fizikālajās un mehāniskajās īpašībās ir šķērslis daudziem augstas vērtības tehniskajiem pielietojumiem, tāpēc pētījumiem būtu jākoncentrējas uz fizikālo un mehānisko īpašību uzlabošanu.

3 Izstikstot neatjaunojamiem resursiem, ekonomiski attīstītās valstis, t. sk. ES, meklē iespējas attīstīt jaunas tehnoloģijas un lietojumus no atjaunojamiem resursiem. Celulozes nanošķiedras ir viens no šādiem iespējamiem resursiem, ko izmantot, piemēram, kompozītmateriālu stiprināšanā, tādējādi nodrošinot ilgtspējīgu, biodegradējamu un atjaunojamu resursu materiālu veidošanu.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Structural Evolution of Renewable Nano – fibers: University of Toronto [Elektroniskais resurss] – <http://www.forestprod.org/woodfiber05sain2.pdf>. - Resurss aprakstīts 2010. g. 10. oktobrī.
2. Review: current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites: SpringerLink [Elektroniskais resurss] – <http://www.springerlink.com/content/321272484841250n/>. - Resurss aprakstīts 2010. g. 15. oktobrī.
3. Carbohydrates: Nutrition Resources [Elektroniskais resurss] – chemistryreview9.cfm.htm. - Resurss aprakstīts 2010. g. 1. oktobrī.
4. Viktor Antonov, Jan Marek, Marie Bjelkova, Prokop Smirous, Holger Fischer, "Easily available enzymes as natural retting agents", Biotechnology Journal, vol. 2, no. 3, p. 342 – 346, March 2007. [Elektroniskais resurss] – <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/biot.200600110/abstract>. - Resurss aprakstīts 2010. g. 15. oktobrī.
5. Metabolisms: Latvijas Universitāte [Elektroniskais resurss] – www.bf.lu.lv/grozs/Vispariga_biologija/...Kimija/5_lekc_Metabolisms.ppt. - Resurss aprakstīts 2010. g. 9. oktobrī.
6. Gilberto Siqueira, Julien Bras, Alain Dufresne, „Luffa cylindrica as a lignocellulosic source of fiber, microfibrillated cellulose, and cellulose nanocrystals”, BioResources Journal, vol. 5, no. 2, p. 712 – 726, 2010. [Elektroniskais resurss] – <http://www.bioreourcesjournal.com/index.php/BioRes/article/view/BioRes>

- 05 2 0727 Siqueira BD Luffa lignocel MFC nanocryst. - Resurss apraksts 2010. g. 11. oktobrī.
7. Nanofiber nonwovens: Raghavendra R Hegde, Atul Dahiya, M. G. Kamath [Elektroniskais resurss] - <http://www.enr.utk.edu/mse/Textiles/Nanofiber%20Nonwovens.htm>. - Resurss apraksts 2010. g. 1. oktobrī.
8. A. Thygesen. Properties of hemp fibre polymer composites – An optimisation of fibre properties using novel defibrillation methods and fibre characterisation. Riso-PhD-11, 2006. ISBN 87-550-344-3

Silvija Kukle, Dr. hab. sc. ing., professor
Riga Technical University, Institute of Textile Materials
Technologies and Design,
Azenes str. 18, LV – 1048, Riga, Latvia,
+ 371 67089816, e – mail: skukle@latnet.lv

Anete Stikute, B. sc. ing., assistant
Riga Technical University, Institute of Textile Materials
Technologies and Design,
Azenes str. 18, LV – 1048, Riga, Latvia,
+ 371 28730097, e – mail: anete.stikute@rtu.lv

Anete Stikute, Silvija Kukle. Methods of extracting nanofibers from hemp and other natural materials.

Nanotechnology is technology and science field, in which is explored the nanometer – sized structures. Now it very rapidly develops, especially in the field of nanomaterials, which creates a necessity for efficient and cost – effective nanofibres extraction methods, including from natural materials. Studies of natural materials in nanofibres extraction technology and using field are a topical because: in the world non-renewable resources are decreasing, people increase interest in sustainable and biodegradable materials and nanofibres provide broad and varied possibilities to the different articles. In recent years, has increased the importance of natural fibers, because they can help to find new and sustainable solutions. Cellulose is one of the most common natural polymers on the planet, and it is the main component of plant cell wall, therefore these resources are updated regularly. Since the properties of nanofibres ensure their application in nanobiocomposites, automotive, geotextile and elsewhere, then are looking for such extraction methods to be effective and successful integrated not only in laboratories but also in production. Currently, the most common method used is dew – retting and water – retting, fermentation, nanofibre isolation by heat treatment in alkali solution, the steam explosion technique etc. Thanks to the properties of nanofibres and technology, cellulose nanofibres are predicted enormous prospects in the future.

Анете Стикуте, Сильвия Кукле. Методы получения целлюлозного нановолокна из конопли и других природных материалов.

Нанотехнологии - это отрасль технологии и науки, которая исследует структуры нанометровых размеров. Она сейчас очень быстро развивается и, в частности, в области наноматериалов, что создает потребность в эффективных и рентабельных методов извлечения нановолокон, в том числе и из натуральных материалов. Исследования в области технологий, добывание и использования нановолокна из природных материалов актуальны, потому что: количество невозобновляемых ресурсов в мире снижается, интерес к устойчивому и биоразлагаемым материалам увеличивается, и нанотехнологии предлагают широкие и разнообразные возможности в применение нановолокна в различных изделиях. В последние годы возросло значение натуральных волокон, так как из них создают новые и устойчивые решения. Целлюлоза является одним из самых распространенных природных полимеров на планете, она является основным компонентом клеточной оболочки растения, потому эти ресурсы регулярно возобновляемы. Поскольку свойства нановолокон обеспечивают их применение в нанобиокомпозитах, в автостроении, в геотекстилях и в других материалах, подыскиваются такие методы добывания, которые эффективно и успешно интегрировались бы не только в лабораториях, но и в производстве. В настоящее время наиболее распространенным методом является замачивание в воде и росе, ферментация, разделение термической обработкой в щелочном растворе, техника парового взрыва и.т.д. Благодаря свойству нановолокон и развитию технологии, в будущем прогнозируются огромные перспективы для целлюлозных нановолокон.