

TYÖ 26. SELLULOOSAN LIUOTUS JA REGENEROINTI

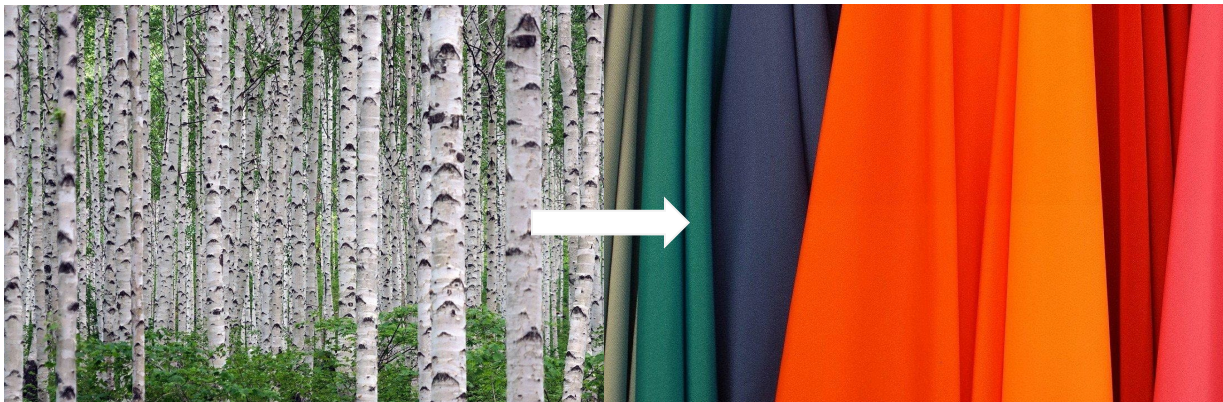
[HUOM. Opettajan ohjeessa taustatietoja ja kysymyksiin vastaukset]

KOHDERYHMÄ: Soveltuu 9. luokkalaisille ja lukiolaisille.

KESTO: 1-1,5 h.

TAVOITE: Liuottaa ja regeneroida selluloosaa, tutustua selluloosamuuntokuitujen (esim. loncell-kuidut) valmistukseen simuloimalla valmistusprosessia laboratoriossa ja tarkastella kestävästä kehitystä tukevia ratkaisuja selluloosaa sisältävien materiaalien valmistuksessa sekä kierrätyksessä.

AVAINSANAT: loncell-prosessi, selluloosamuuntokuitu, selluloosan regenerointi, ioninen neste



Kuvat 1: VI NA (Pixabay), Kuva 2: DWilliam (Pixabay)

1. TYÖN IDEA

Kauppojen rekkejä täydennetään jatkuvasti uusilla vaatteilla samalla kun muotitrendit vaihtuvat. Muodin sykli on yhä nopeampi ja uutuuksia pyritään myymään mahdollisimman suurelle kuluttajaryhmälle. Tästä ilmiöstä käytetään nimitystä pikamuoti. Kuluttajat haluavat halpoja vaatteita, joten laadun ja kestävyys sijaan vaateteollisuus satsaa määrään. Ilmiö johtaa siihen, että vaatteista tulee jätettä nopeasti valmistumisensa jälkeen, koska mallistojen vaihtuessa nopeasti osa vaatteista jää myymättä, myytyjä vaatteita käytetään vain lyhyen aikaa eikä vaatetekstiilejä juuri kierrätetä. Maailmassa viedäänkin joka sekunti yhtä kuorma-autollista vastaava määrä vähän käytettyä vaatetekstiiliä poltettavaksi tai kaatopaikalle.

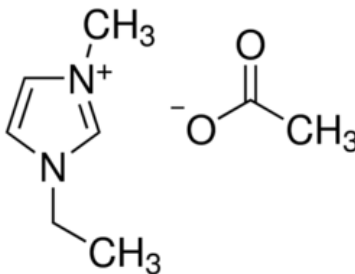
Tekstiiliteollisuus on yksi eniten saastuttavista teollisuudenaloista maailmassa. Esimerkiksi puuvillan viljely vaatii valtavasti vettä ja tuholaismyrkkyjen sekä torjunta-aineiden käyttöä. Lähes kaikki synteettiset kuidut eli tekokuidut valmistetaan petrokemiallisilla prosesseilla uusiutumattomista raaka-aineista. Esimerkiksi viskoosin tuotannossa puolestaan käytetään myrkyllistä rikkihiiltä. Lisäksi tekstiilien valmistuksen ja niiden pesun yhteydessä muodostuu mikrokuituja, jotka voivat päätyä ympäristöön.

Yksi vaihtoehto pienentää tekstiiliteollisuuden ekologista jalanjälkeä on valmistaa selluloosamuuntokuituja ympäristöystävällisellä prosessilla. Siinä tekstiilikuidut valmistetaan liuottamalla selluloosaa ensin myrkyttömällä liuottimella ja sen jälkeen regeneroimalla eli uudelleen kiteyttämällä se. Tähän menetelmään perustuu esimerkiksi paljon mediassa esillä ollut, Aalto-yliopiston ja Helsingin yliopiston yhteistyössä kehitetty Ioncell-prosessi. Selluloosa on uusiutuva raaka-aine, ja prosessi mahdollistaa myös selluloosaa sisältävien jätetekstiilien ja muiden jättemateriaalien kierrätyksen uusina tekstiilikuituina. Selluloosan lähteenä prosessissa voidaan käyttää esimerkiksi puuta, kierrätettyä paperia tai kartonkia ja puuvillasta tai selluloosamuuntokuiduista valmistettuja tekstiilejä.

2. TAUSTATEORIA

Selluloosa on yleisin luonnossa esiintyvä polymeeri, sillä kasvisolujen soluseinät koostuvat suurimmaksi osaksi selluloosasta. Se on pitkäketjuinen polymeeri, joka koostuu toisiinsa kiinnittyneistä glukoosiyksiköistä. Glukoosiyksiköiden määrä vaihtelee kasvilajista riippuen muutamasta sadasta jopa kymmeneen tuhanteen. Selluloosan eristäminen kasvisolusta alkaa sellutehtaalta. Siellä puut ensin kuoritaan ja haketetaan. Sitten hake keitetään korkeassa lämpötilassa kemikaalien (yleensä natriumhydroksidi, NaOH, ja natriumsulfidi, NaS₂) avulla selluksi. Sellun keiton tarkoituksena on erottaa selluloosa pääasiassa liuottamalla puun soluja (=puukuituja) toisiinsa sitovaa, luonnollisena "liimana" toimivaa ligniiniä. Keiton jälkeen sellu vielä pestään ja yleensä valkaistaan, jolloin lopputuloksena saadaan lähes puhdasta selluloosaa. Paperia ja kartonkia valmistetaan kuivaamalla sellu. Tässä vaiheessa selluloosa on puukuitumuodossa. Mikäli selluloosasta halutaan valmistaa tekstiiliä, täytyy yksittäiset selluloosamolekyylit saada erilleen toisistaan liuottamalla puukuidut, jonka jälkeen ne uudelleenkiteytetään tekstiilikuiduiksi.

Selluloosaa voidaan liuottaa esimerkiksi niin kutsutun ionisen nesteen avulla (=suolasula). Ioniseksi nesteeksi kutsutaan suolaa, joka on nestemäisessä muodossa alle 100 °C:ssa, usein jopa huoneenlämpötilassa. Ioninen neste koostuu yleensä isokokoisesta, orgaanisesta kationista ja orgaanisesta tai epäorgaanisesta anionista. Tässä työssä selluloosaa liuotetaan 1-etyyli-3-metyyli-imidatsoliumasetaatilla ([Emim][Ac]), jossa kationina on 1-etyyli-3-metyyli-imidatsolium-ioni ja anionina on asetaatti-ioni.



Kuva 3: 1-etyyli-3-metyyli-imidatsolium-kationin ja asetaatti-anionin rakenteet.

3. ENNAKKOTEHTÄVÄT ENNEN OPINTOKÄYNTIÄ

Mitä sinä voit tehdä tekstiiliteollisuuden ekologisen jalanjäljen pienentämiseksi?

- Voit pyrkiä vähentämään uusien vaatteiden hankkimista ostamalla vaatteita vain todelliseen tarpeeseen ja kiinnittämällä huomioita hankkimiesi vaatteiden laatuun, jotta ne kestävät käyttöä. Lisäksi voit pyrkiä kierrättämään esimerkiksi ostamalla ja myymällä käytettyjä vaatteita kirpputorilla tai viemällä kuluneet vaatteet tekstiilien kierrätyspisteeseen, jotka ovat pikkuhiljaa yleistymässä.

Miksi tekstiilien kierrätys on tällä hetkellä hyvin vähäistä?

- Tekstiilien valmistus neitseellisistä (=kierrättämättömistä) raaka-aineista on halpaa ja toisaalta vaatteet valmistetaan monesti useista erilaisista materiaaleista, mikä tekee tekstiilikuitujen kierrättämisestä vaikeaa.

Miksi selluloosasta halutaan valmistaa tekstiilikuituja?

- Selluloosapohjaiset tekstiilit, kuten puuvilla, ovat erittäin suosittuja materiaaleja, koska niistä valmistetut tekstiilit ovat hengittäviä, imevät kosteutta ja tuntuvat miellyttävältä ihoa vasten. Lisäksi ne valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista ja ne ovat biohajoavia. Puuvillan tuotanto vaatii kuitenkin paljon vettä ja runsasta torjunta-aineiden käyttöä, minkä vuoksi sen tuotantoa ei voida lisätä. Selluloosamuuntokuiduilla pyritään vastaamaan tähän haasteeseen. Lisäksi selluloosan liuotus-uudelleenkiteytysprosessi myrkyttömällä liuottimella on ympäristöystävällinen ja tarjoaa mahdollisuuden selluloosapohjaisten tekstiilien kierrättämiseen.

Mitä on ioninen neste?

- Ioninen neste eli suolasula on suolaa, joka on nestemäisessä muodossa alle 100 °C:ssa, usein jopa huoneenlämpötilassa. Tyypillisesti ioninen neste koostuu suurikokoisesta ja epäsymmetrisestä kationista ja moniatomisesta anionista, jolloin ionit eivät pääse pakkautumaan tiiviiksi ja säännölliseksi rakenteeksi, kuten esimerkiksi ruokasuolassa (NaCl).

Mitä hyötyä on selluloosan liuotuksesta ja uudelleenkiteytyksestä on?

- Liuotuksessa selluloosamolekyylit irtoavat alkuperäisestä rakenteesta ja pääsevät liikkumaan vapaammin toistensa lomitse. Ennen uudelleenkiteytymistä pitkät selluloosamolekyylit orientoituvat pitkittäin regeneroidun kuidun suuntaisesti, mikä tekee regeneroidusta kuidusta vahvempaa.

4. TYÖTURVALLISUUS JA KEMIKAALIT

I. **1-etyyli-3-metyyli-imidatsoliumasetaatti ([Emim][Ac])**

- Ärsyttää ihoa ja silmiä
- Liuottaa selluloosaa (esim. puuvillavaatteet)
- **Ensiaputoimenpiteet:**
 - **Hengitettynä:** Raittiiseen ilmaan.
 - **Iholle saatuna:** Pese runsaalla vedellä ja saippualla.
 - **Silmäkosketus:** Pese silmät runsaalla vedellä.
 - **Nieltynä:** Pese suu vedellä.

5. TYÖN SUORITUS

a. Tarvittavat välineet

- 100 ml keitinlasi
- 400 ml keitinlasi
- Pieni ruisku
- Lasisauva
- Spaatteli
- Pinsetit
- 2 kpl petrimaljoja
- Alumiinifoliota
- Silikonisivellin

TYÖTURVALLISUUS JA JÄTTEIDEN KÄSITTELY

Suojatakki, -lasit -ja hanskat!

Lue työohjeen työturvallisuus ja kemikaalit -osio
huolellisesti läpi!

b. Reagenssit

- Jauhettu liukosellu
- 1-etyyli-3-metyyli-imidatsoliumasetaatti

c. Työvaiheet

1. Selluloosan liuotus ja regenerointi pursottamalla

Kaada noin 10 ml 1-etyyli-4-metyyli-imidatsoliumasetaattia suoraan pullosta 100 ml:n keitinlasiin. HUOM! [Emim]-asettiin määrän ei tarvitse olla tarkasti 10 ml, mutta tarkka määrä tulee tietää eli punnitse ottamasi ionisen nesteen massa. Laita dekantterilasiin folion pala kanneksi ja laita [emim]-asettaatti uuniin 70°C lämpenemään noin 10 minuutin ajaksi.

Selluloosan määrän liuoksessa halutaan olevan noin 5- 8 massa-%:ia, joten laske seuraavaksi tarvittava sellun massa sen perusteella, kuinka paljon otit [Emim]-asettaattia.

Massaprosentti lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$m - \% = \frac{m_s}{m + m_s} \cdot 100\%,$$

missä m_s on sellun massa ja m [Emim]-asettiin massa.

Ottaessasi [Emim]-asettiin uunista, kääri dekanterilas pohjan ympärille alumiinifoliaa, jotta ioninen neste säilyy lämpimänä. Lisää jauhettua liukosellua pieniä määriä kerrallaan [Emim]-asettiin lasisauvalla koko ajan sekoittaen. Kun kaikki liukosellu on liennut, siirrä selluloosaliuos spaattelin avulla pieneen ruiskuun.

Laita noin 200 ml hanavettä isompaan dekanterilasiin. Pursota ruiskun sisältö hitaasti ja tasaisesti veteen. Voit halutessasi kokeilla, onko sillä vaikutusta, puristatko selluloosaliuoksen suoraan veteen vai jätätkö veden ja ruiskun välille ilmaa.

Anna selluloosan regeneroitua vedessä 10-15 minuuttia. Tämän jälkeen regeneroitunut selluloosa nostetaan vedestä pinseteillä, ja lasketaan petrimaljaan. Anna selluloosan kuivua vetokaapissa/uunissa.

2. Selluloosan liuotus ja regenerointi kalvoksi

Kaada noin 10 ml 1-etyyli-3-metyyli-imidatsoliumasettia suoraan pullosta 100 ml dekanterilasiin. Huom! [Emim]-asettiin määrän ei tarvitse olla tarkasti 10 ml, mutta tarkka määrä tulee tietää, eli punnitse ottamasi [Emim]-asettiin massa. Laita dekanterilasiin folion pala kanneksi ja laita [Emim]-asetti uuniin 70°C:een lämpenemään noin 10 minuutin ajaksi.

Selluloosan määrän liuoksessa halutaan olevan 4-massa-%:ia, joten laske seuraavaksi tarvittavan sellun massa sen perusteella, kuinka paljon otit [Emim]-asettia. Massaprosentti lasketaan samalla kaavalla kuin kohdassa 1.

Ottaessasi [Emim]-asettiin uunista, kääri dekanterilas pohjan ympärille alumiinifoliaa, jotta ioninen neste säilyy lämpimänä. Lisää jauhettua liukosellua pieniä määriä kerrallaan [Emim]-asettiin lasisauvalla koko ajan sekoittaen. Kun kaikki liukosellu on liennut, sivele silikonisiveltimen avulla ohut kerros selluloosaliuosta petrimaljan pohjaan.

Kaada petrimaljaan kalvon päälle varovasti hanavettä ja anna selluloosan regeneroitua 10-15 minuuttia. Kaada ylimääräinen vesi varovasti pois, huuhtelee muodostunut selluloosakalvo ja anna kalvon kuivua vetokaapissa/uunissa.

d. Siivous ja jätteiden käsittely

Lämmitetty, ylimääräinen [Emim][Ac] ja regeneroimaton selluloosaliuos kerätään talteen erilliseen jäteastiaan. Regenerointiin käytetty vesi kaadetaan viemäriin ja regeneroitu sellu heitetään roskeen.

6. TULOKSET JA KOONTI

Miksi ioninen neste täytyi lämmittää?

- *Selluloosa on pitkäketjuinen polymeeri, joka liuetessaan nostaa liuoksen viskositeettia. Ionisen nesteen lämmittäminen laskee viskositeettia ja edesauttaa siten liuotusta.*

Miten laboratoriossa tehty koe eroaa teollisen mittakaavan prosessista?

- *Teollisessa prosessissa automaation avulla valmistettavasta tuotteesta saadaan tasalaatuista. Lisäksi tekstiilikuituja valmistettaessa esim. Ioncell-menetelmällä selluloosaliuos puristetaan hyvin kapeista suuttimista, joita on useita vierekkäin. Tämä tekee regeneroiduista tekstiilikuidusta vahvoja.*

7. VIITTEET

- https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/A-New-Textiles-Economy_Full-Report_Updated_1-12-17.pdf
- <https://ioncell.fi/>
- Kuva 1: VI NA, Pixabay, CC, Haettu 3.1.2023 osoitteesta <https://pixabay.com/photos/forest-birch-nature-4897254/>
- Kuva 2: DWilliam, Pixabay, CC, Haettu 3.1.2023 osoitteesta <https://pixabay.com/photos/colorful-colors-fabrics-design-620520/>
- Kuva 3: 1-etyyli-3-metyyli-imidatsolium-kationin ja asetaatti-anionin rakenteet