

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**  
**Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte**

**RTU 62. STUDENTU ZINĀTNISKĀS UN TEHNISKĀS KONFERENCES TĒZES**

**Dizaina tehnoloģiju apakšsekcija**

**Materiālzinātnes un polimēru materiālu tehnoloģijas apakšsekcija**

**Organisko savienojumu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija**

**Silikātu, augsttemperatūras un neorganisko nanomateriālu tehnoloģijas apakšsekcija**

**Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas, biomateriālu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija**



Rīga – 2021

# Saturs

## Dizaina tehnoloģiju apakšsekcija

<i>Madara Ārente.</i> Silikona/reciklētu džinsu kompozītmateriāla pētīšana un uzlabošana.....	5
<i>Vineta Haritonova.</i> Kafijas biežumu biokompozīts.....	6
<i>Evita Saksons.</i> Latvijas mēbeļu ražotāju un tirgotāju konkurētspēja vietējā tirgū un pasaulē.....	7
<i>Laimdota Vilcēna.</i> Tehnoloģijas izstrāde betulīna integrēšanai nanošķiedru tīmeklī.....	9
<i>Kristaps Zvirgzds.</i> Kaņepju spaļu izmantošana un to apdares iespējas zema blīvuma plātņu materiāliem.....	10

## Materiālzinātnes un polimēru materiālu tehnoloģijas apakšsekcija

<i>Artūrs Auniņš.</i> Biopoliesteru trīskāršo sistēmu maisījumu izpēte.....	12
<i>Mīks Bleija.</i> Nanopildvielas saturoši polibutilēna sukcināta kompozīti.....	13
<i>Regīna Burve.</i> Ar RE dopētu nanokristālisku TiO <sub>2</sub> pulveru sintēze ar ekstrakcijas-pirolītisko metodi un fizikāli-ķīmisko īpašību izpēte.....	14
<i>Adelīna Dubure.</i> Ekotekstila iegūšana un īpašību izpēte.....	15
<i>Ramona Dūrena.</i> ZnO sintēze ar solvotermālo un mikroviļņu asistēto sintēzes metodi un īpašību salīdzinājums.....	16
<i>Sintija Eglīte.</i> Elektrovadoši polimērkompozīti pielietojumam pašregulējošos sildelementos.....	17
<i>Raimonds Grūbe.</i> Cietā poliuretāna putuplasta kā siltumizolācijas materiāla iegūšana no tallu eļļas polioliem un jaunās paaudzes uzputošanās aģenta ar zemu globālās sasilšanas potenciālu.....	18
<i>Līva Ģērmane.</i> Triboelektrisko rindu izveide, balstoties uz polimēru fizikāli ķīmiskām īpašībām.....	19
<i>Zanda Iesalniece.</i> Reciklētu polimēru un rapšu salmu kompozītu izveide un raksturošana.....	20
<i>Sandra Jaundžeikare.</i> Biodegradablu polimēru plastificēšana un īpašību raksturošana.....	21
<i>Maksims Jurinovs.</i> Nanocelulozi saturoša biopolimēra tinte stereolitogrāfijas 3D drukai.....	22
<i>Iļja Markins.</i> Papīrs no nanocelulozes.....	23
<i>Karīna Ņikitna.</i> Polimērkompozītu izveidošana ar modificētiem rapšu salmiem.....	24
<i>Arnita Spule.</i> Nogulsnešanās mehānismu pētījumi Li-metāla bateriju noslodzes laikā.....	25
<i>Beatrise Stūre.</i> No atjaunojamajām izejvielām iegūti putupoliuretāna kompozīti kriogēnajai izolācijai...	26
<i>Rūta Zariņa.</i> Katalizatoru un reakcijas apstākļu ietekme uz polilaktīda pāresterificēšanas procesu..	27
<i>Mārtiņš Zālītis.</i> Kompozītu uz reciklēta un pirmējā augsta blīvuma polietilēna (ABPE) maisījumu bāzes ekspluatācijas un reoloģiskās īpašības.....	28

## Organisko savienojumu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija

<i>Rūdolfs Bērziņš.</i> Šķīdinātāju ietekme uz bērza tāss sauso ekstraktu antioksidantu īpašībām un betulīna pārkristalizācijas procesu.....	30
<i>Aleksejs Burcevs.</i> Ar C-C saiti saistītu triazola-purīna konjugātu sintēze un to ķīmisko pārvērtību izpēte...	31
<i>Dinesh Kumar.</i> Synthesis of imidazolyltetrazole derivatives via purine ring opening.....	32
<i>Kirills Dmitrijevs.</i> Aromātisku mijiedarbību veicinošu grupu ievadīšana fosforescentu irīdija(III) kompleksu molekulās.....	33

<i>Laura Drunka</i> . Fluorētu aminoskābju inkorporācija plasmepsīna II aktīvā centra dinamikas pētījumiem.....	34
<i>Andris Jeminejs</i> . Annelētu pirimidīna atvasinājumu sintēze un KMR spektroskopiskā analīze.....	35
<i>Armands Kazia</i> . Subtilizīnam radniecīgās serīna proteāzes (PfSUB1) inhibitoru izveide.....	36
<i>Dāgs Dāvis Līpiņš</i> . Sulfanil- un sulfonilhinazolīnu atvasinājumu sintēze.....	37
<i>Megija Šede</i> . <i>Argiope argetanta</i> tubuliformā spidroīna 1 N-terminālā domēna dimerizācijas mehānisma strukturālie pētījumi.....	38
<i>Žanis Sisojevs</i> . Uz tiazola bāzētu N-heterociklisku karbēnu metāla kompleksu sintēze un gaismas emisijas īpašības.....	39
<i>Agija Stanke</i> . Temperatūras ietekme uz Fišera – Tropša sintēzi, izmantojot Fe/SiO <sub>2</sub> katalizatoru.....	40

## Silikātu, augsttemperatūras un neorganisko nanomateriālu tehnoloģijas apakšsekcija

<i>Alise Bētiņa</i> . Mālu keramikas un aktīvās ogles kompozīta īpašību atkarība no organisko piedevu graudu izmēra.....	42
<i>Ronalds Ekerts</i> . Dolomīta atkritumproduktu izmantošanas iespējas Liepas mālu keramikas izstrādājumiem.....	43
<i>Mairis Iesalnieks</i> . Varu saturoši pārklājumi AISI 304 nerūsējošam tēraudam: virsmas topogrāfijas un morfoloģijas pētījumi.....	44

## Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas, biomateriālu ķīmijas un tehnoloģijas apakšsekcija

<i>Pauls Pāvils Ārgalis</i> . Ar sārnu aktivizētu saistvielu izstrāde ceolītu saturošu granulu izgatavošanai..	46
<i>Kristīne Beļūne</i> . Sastāva ietekme uz hialuronskābes/ε-polilizīna hidrogēlu īpašībām.....	47
<i>Emīls Bolmanis</i> . Rekombinanta B hepatīta virsmas antigēna (HBsAg) ieguve rauga <i>Pichia pastoris</i> GS115 kultivācijas procesā ar metanola koncentrācijas kontroli.....	48
<i>Anna Dubova</i> . Stronciju saturoša hidroksilapatīta sintēze un raksturojums.....	49
<i>Kristina Dukšte</i> . Injicējamu biomateriālu izstrāde kaulaudu reģenerācijai.....	50
<i>Andra Grava</i> . <i>In situ</i> kalcija fosfātu sintēzes tehnoloģijas izstrāde zīda šķīdumā.....	51
<i>Maksims Kaliņins</i> . Dažādu gaismas parametru ietekme uz mikroaļģu biomasas ražību un kvalitāti...	52
<i>Valentīna Kohane</i> . Amorfā kalcija fosfāta saķepināšana spiediena ietekmē, istabas temperatūras apstākļos.....	53
<i>Annija Kuzma</i> . UV aktivēta TiO <sub>2</sub> un Nb-TiO <sub>2</sub> gāzes sensora izveide.....	54
<i>Mārtiņš Nābels-Šneiders</i> . Injicējami CaP saturoši hidrogēlu kompozīti.....	55
<i>Maksims Plohuta</i> . Granulētu biokompozītu iegūšana un īpašību izpēte.....	56
<i>Maksims Razživins</i> . Metodes izstrāde un validācija atlikušo šķīdinātāju (hloretāna, 2-hlorpropāna, cikloheksāna, benzola un etilēnglikola) satura noteikšanai fenibūtā.....	57
<i>Anastasija Šuleiko</i> . <i>Kluyveromyces marxianus</i> fermentācijas vides sastāva optimizācija un 2- feniletanola iegūšana.....	58
<i>Alise Švarca</i> . Fizikāli šķērssaistīti hialuronskābi saturoši hidrogēli.....	59
<i>Elīza Tračuma</i> . Kontrolētas izdalīšanās gentamicīna sulfāta piegādes sistēmu izveide uz kalcija fosfātu kaulu cementu bāzes.....	60
<i>Evelīna Zasčižinska</i> . Hitozāna un fukoidāna hidrogēlu izstrāde medicīniskam pielietojumam.....	61
<i>Signe Zemjāne</i> . Vāji kristāliska apatīta saķepināšana ar auksto saķepināšanas metodi: kristāliskuma un struktūrā esošā ūdens saturs ietekme uz tā saķepināšanas spēju.....	62

**DIZAINA TEHNOLOĢIJU APAKŠSEKCIJA**

# Silikona/reciklētu džinsu kompozītmateriāla pētīšana un uzlabošana

Madara Ārente (2.kursa Materiāla dizaina un tehnoloģijas maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Zane Zelča (zinātniskā vadītāja)

*Dizaina tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*

*Rīgas Tehniskā universitāte*

*e-pasts: madara.arente@gmail.com*

Katru gadu patērētāji visā ES izmet 5,8 miljonus tonnu tekstilizstrādājumu, vidēji 11 kg uz iedzīvotāju. Tikai 1,5 miljoni tonnu jeb 25% tiek nodoti labdarībai vai pārstrādāti [1]. Pētījumi liecina, ka tekstilizstrādājumus iespējams otrreizēji pārstrādāt arvien netradicionālākos veidos: izolācijas materiālu veidošanā, kā arī cietu kompozītmateriālu izstrādē mēbeļu, interjera aksesuāru, sporta un atpūtas ekipējuma ražošanai [2, 3]. Šajā darbā izvēlēts džinsa audums tā mehāniskās izturības un universālās indigo krāsas dēļ.

Pētījuma mērķis bija izpētīt iepriekš izstrādāto silikona/reciklētu džinsu kompozītmateriālu un salīdzināt ar jaunizveidotajiem materiāla paraugiem. Kompozītmateriāls sākotnēji paredzēts ziņojuma dēļa izstrādei, ņemot vērā tā elastīgās īpašības un vizuālo izskatu, taču plānots materiālu pielāgot āra sēdmēbeļu apstrādē.

Pētījuma sākotnējā posmā izvērtēti bakalaura darbā veidotie kompozītmateriāla paneļi. Gatavo paneļu virsmas novērtēšanai veikts virsmas spīduma tests ar iekārtu Novo Glass II 60°, krāsu tests ar Pantone Capsure krāsu lasītāju, kā arī vizuālā virsmas novērtēšana ar Motic optisko mikroskopu SMZ-17-TLED. Smalcinātā džinsa auduma šķiedru frakciju noteikšanai izmantota granulometriskā analīze, izmantojot sietus ar acu izmēru: 5,60 mm, 4,50 mm, 3,15 mm un 2,00 mm. Pēc paraugu izvērtēšanas secināts, ka jauno paraugu veidošanai nepieciešama cita veida džinsa smalcināšanas iekārta, kā arī jāizmanto piemērotāka saistviela.

Jauno paraugu izgatavošanā izmantots lietotu džinsu bikšu audums, kas smalcināts izmantojot nažu dzirnavas un 10.0 mm sietu. Paraugi izgatavoti konstantā proporcijā četrās partijās ar divu veidu silikona gumijas un divu veidu nitrila butadiēna gumijas lateksa saistvielu piejaukumu. Masas jaukšanai izmantoti divu veidu mehāniskie maisītāji atkarībā no saistvielas viskozitātes. Gaisa burbuļu likvidēšanai izmantota vakuuma kamera. Gatavā masa lieta organiskā stikla matricās 4 mm biezumā un virsmas izlīdzināšanai pielikta 100 N liela slodze. Gatavajiem paraugiem plānots veikt Šarpi trieciena īpašību tests, virsmas mikrociētības tests, ūdens absorbcijas testu, kā arī lieces un stiepes testus.

## LITERATŪRA

- [1] Dr. J. Beasley, R. Georgeson, European Environmental Bureau (EEB) *Advancing resource efficiency in Europe* 2014 [Tiešsaiste] [Skatīts: 15.04.2021.] [https://makeresourcescount.eu/wp-content/uploads/2014/11/FINAL\\_Advancing-Resource-Efficiency-in-Europe\\_PUBL.pdf](https://makeresourcescount.eu/wp-content/uploads/2014/11/FINAL_Advancing-Resource-Efficiency-in-Europe_PUBL.pdf)
- [2] Sh. Islam, M. El Messiry, P. Pratim Sikdar, J. Seylar, G. Bhat *Microstructure and performance characteristics of acoustic insulation materials from post-consumer recycled denim fabrics* 2020
- [3] R. Temmink, B. Baghaei, M. Skrifvars *Development of biocomposites from denim waste and thermoset bio-resins for structural applications* 2017

**Silicone/recycled denim composite material research and improvement.** Based on previously developed silicone/recycled denim composite material evaluation a new composite material samples have been developed using two types of silicone rubber and two types of nitrile butadiene rubber latex substances. When evaluating the viscosity of substances, the masses have been prepared according to the methods specified beforehand. Silicone/recycled denim composite material samples are to be tested for Charpy impact test, Vickers hardness test, water absorption test, and bending and tensile tests.

# Kafijas biežumu biokompozīts

Vineta Haritonova (2. kursa maģistra programmas studente)

*Dr.sc.ing. Zane Zelča, Dr.sc.ing. Edgars Kirilovs (zinātniskie vadītāji)*

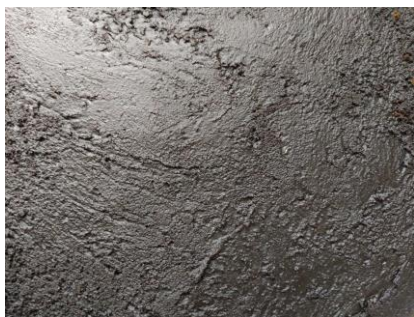
*Dizaina tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: vinetaharitonova@gmail.com*

Mūsdienās arvien lielāka interese tiek pievērsta ekonomiskai un pārdomātai resursu izmantošanai. Eiropa virzās uz ilgtspējīgas ekonomikas modeļa nostiprināšanu [1]. Kafijas ražošanā tiek ieguldīti milzīgi resursi un industrijas ražošanas apjomi pieaug, palielinot ražošanas un dzēriena pagatavošanas laikā radītos atkritumus. Kopš 2010. gada apgrozījums ir pieaudzis gandrīz par 20%, 2019.gadā eksportētājvalstu kopējais apgrozījums sasniedz 165 miljonus kafijas pupiņu maisu [2]. Vidēji no 1 tonna kafijas pupiņu tiek saražots 650 kg kafijas biežumu, pasaulē ik gadu aptuveni tiek saražots gandrīz 7 miljoni tonnas kafijas biežumu [3].

Pētījuma sākumposmā pievērsta uzmanība kafijas biežumu uzglabāšanas, apstrādes un izmantošanas iespējām. Eksperimentējot izstrādāts želatīna bāzes kafijas biežumu biokompozīts. Maģistra darba ietvaros izstrādāta materiāla izgatavošanas tehnoloģija, vērtētas tā mehāniskās īpašības, formēšanas un apstrādes iespējas. Darba mērķis ir analizēt un uzlabot biokompozīta īpašības, palielinot izlietoto kafijas biežumu daudzumu, saglabājot materiāla spēju biodegradēties. Materiāls paredzēts interjera aksesuāru izgatavošanai.

Šobrīd izstrādāta materiāla pagatavošanas tehnoloģija, iespējama liešana gan 2D, gan 3D formās. (skat. 1., 2. att.) Materiāls testēts liešanai plāksnēs 2-20 mm biežumā. Pamatā tiek izgatavotas 150 × 150 mm plāksnes, kas nodrošina formas saglabāšanu. Vidējais materiāla rukurums žūšanas procesā ir 17% attiecībā pret formas izmēriem. Gatavojot lielāka izmēra paraugus pastāv liela materiāla izliekšanās iespēja. Materiālu var mehāniski apstrādāt – zāģēt, slīpēt, urbt.

Izveidotais materiāls ir vizuāli pievilcīgs un to iespējams formēt sarežģītās 3D tekstūrās veidojot efektīvus interjera aksesuārus. Nākamais solis būtu padarīt materiālu noturīgāku pret ārējās vides ietekmi.



1. att. Želatīna bāzes kafijas biežumu biokompozīts



2. att. Materiāla telpiskas formas paraugi

## LITERATŪRA

- [1] European Commission. A European Green Deal [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en#timeline](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en#timeline)
- [2] International Coffee Organization. (2020). Historical Data on the Global Coffee Trade. [http://www.ico.org/new\\_historical.asp?section=Statistics](http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics)
- [3] Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - A review. In Resources, Conservation and Recycling (Vol. 66, pp. 45–58). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>

**Spent Coffee Ground Biocomposite.** The aim of the project is to develop sustainable material from spent coffee grounds using natural binders. The tasks are to continue life cycle of coffee and to offer industry innovative ways to reduce waste into functional material which can be used in the design of interior accessories. Experimental material is deep brown coloured and can be formed in to 2D and 3D shapes.



# Latvijas mēbeļu ražotāju un tirgotāju konkurētspēja vietējā tirgū un pasaulē

Evita Saksone (2. kursa Materiālu dizains un tehnoloģija maģistra programmas studente)

Mg. sc. ing. Inga Zotova, Dr. sc. ing. Edgars Kirilovs (zinātniskie vadītāji)

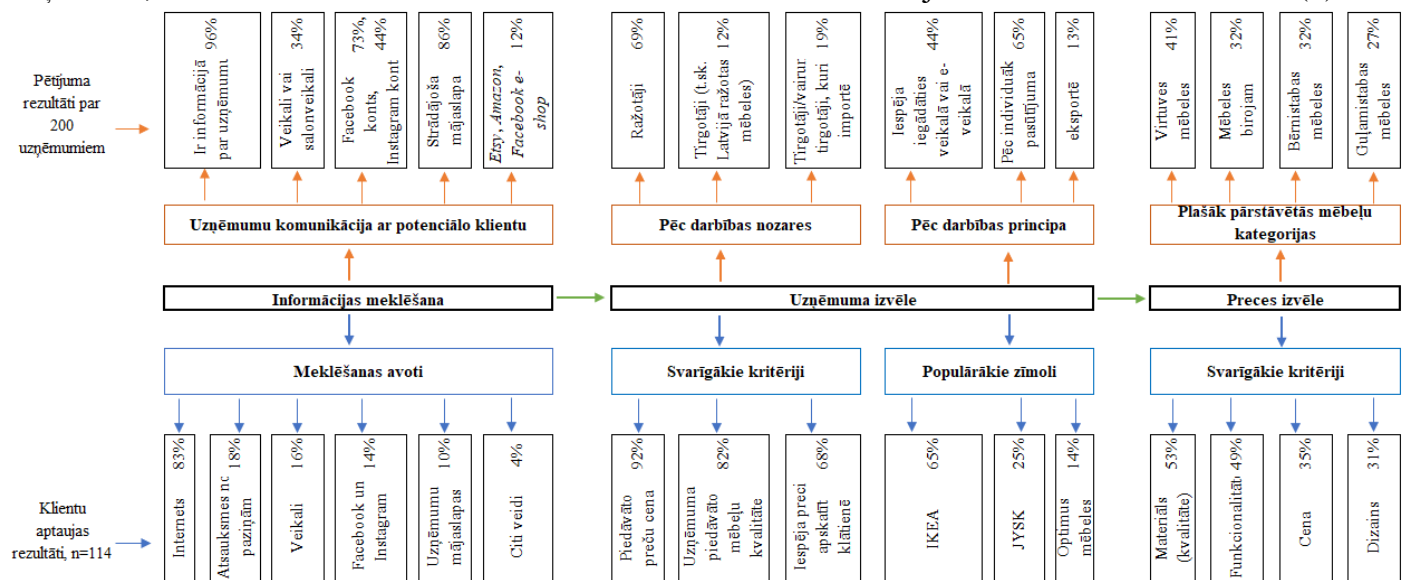
Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

Rīgas Tehniskā universitāte

e-pasts: [Evita.Saksone@gmail.com](mailto:Evita.Saksone@gmail.com)

Pētījums tapis sadarbībā ar Mēbeļu ražotāju asociāciju "Latvijas mēbeles", jo tieši asociācijas izpilddirektore Ieva Erele aktualizēja jautājumu par digitālas platformas jeb digitālas kartes izveidi, kurā tiktu atspoguļoti labākie Latvijas mēbeļu ražotāji un tirgotāji un tāpēc bija nepieciešams izstrādāt uzņēmumu novērtēšanas matricu, kas dotu iespēju patērētājiem saņemt informāciju, kas orientēta uz izaugsmi un attīstību, un tādējādi patērētājs varētu pieņemt informētu un atbildīgu lēmumu veicot pasūtījumu. Autore definē sekojošas **aizstāvamās tēzes**: 1) Latvijas mēbeļu ražotāju skaits Latvijā ir pārāk liels un uzņēmumi strādā pie neatbilstoša nozares klasifikatora; 2) Latvijas mēbeļu ražotāji ir skaidri definējuši savu klientu, tomēr uzņēmumi neveic klientu izpēti un nenovērtē patērētāju paradumu maiņas nozīmi; 3) Latvijas mēbeļu ražotāju konkurētspēju vietējā tirgū ietekmē mēbeļu importētāju īpatsvars un IKEA ienākšana Latvijā; 4) Latvijas mēbeļu ražotājiem un tirgotājiem nav vienotas komunikācijas ar patērētājiem; 5) Digitālas kartes izveidošana ar Latvijas mēbeļu ražotāju un tirgotāju koordinātām un kontaktinformāciju būtu konkurētspējas paaugstinošs pasākums, kas veicinātu Latvijas mēbeļu ražotāju atpazīstamību un pieejamību vietējā tirgū; 6) Latvijas mēbeļu ražotāji saskaras ar dažādiem biznesa riskiem, kas ietekmē to konkurētspēju pasaulē; 7) Savstarpēju uzņēmumu sadarbība pie sērijveidu mēbeļu ražošanas kāpinātu Latvijas mēbeļu konkurētspēju Latvijā un pasaulē.

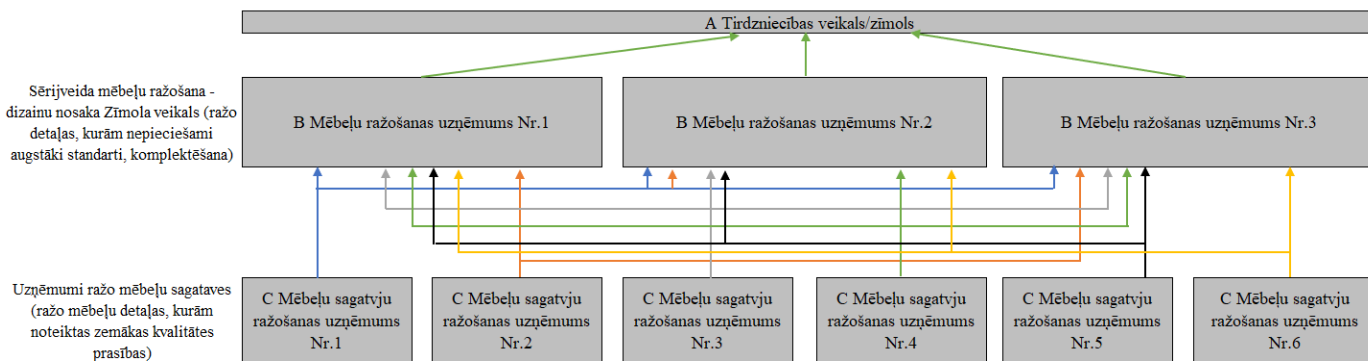
Pēc Uzņēmuma reģistra datiem Latvijā 2020.gadā bija aktīvi 757 mēbeļu ražošanas, 120 mēbeļu vairumtirdzniecības, 279 mēbeļu mazumtirdzniecības uzņēmumi, un 439 namdaru un galdniecības izstrādājumu ražotāji (Lursoft, 2020). Uzņēmuma padziļinātas izpētes rezultātā pētījumā tika iekļauti 34 uzņēmumi, kuru nozares klasifikators neatbilda atlases matricā noteiktajiem nozares klasifikatoriem (1).



1. shēma Klientu aptaujas un pētījumu rezultāti

Latvijā šobrīd ir pieejama tikai viena digitāla karte ar mēbeļu un mēbeļu furnitūras ražotājiem, ko piedāvā Firmas.lv platformā [www.firmas.lv](http://www.firmas.lv) (5). Mēbeļu ražošanas nozares konkurētspēju Latvijā un pasaulē ietekmē tādi biznesa riski kā - piegādātāju risks un kvalificēta darba spēka trūkums. Mēbeļu nozari ietekmē arī tas, ka uzņēmumos ir novērojama nepietiekama kapacitāte, neefektīva ražošana, tehnoloģijas

neefektivitāte. Trīs būtiskākie pieprasījuma riski ir pircēju uzvedības maiņa, pieaugums konkurencē (*Ikea* ienākšana Latvijā), ekonomikas lejupslīde (6).



1.att. Uzņēmumu sadarbības ķēde sērijveidu mēbeļu ražošanā.

Liels uzņēmumu skaits, kas reģistrēts Latvijā un fakts, ka 65% no pētījumā vērtētajiem uzņēmumiem strādā pēc individuāla pasūtījuma (45% tikai pēc individuāla pasūtījuma), liek secināt, ka Latvijā mēbeļu ražošanas uzņēmumiem būtu vairāk jāsadarbojas, kā to piedāvā *Ikea* izmantotais Piegādātāju ķēdes modelis, pēc kura ir izstrādāta arī 2.shēma *Uzņēmumu sadarbības ķēde sērijveidu mēbeļu ražošanā*, tādā veidā tiktu mazināti ražošanas riski, palielināta efektivitāte un iekārtu noslodze, un mazināta konkurence starp vietējiem uzņēmumiem, turpretī, lielo mēbeļu zīmolu veikaliem kāpinātu konkurenci. No aptaujas rezultātiem var secināt, ka digitālas kartes izstrādāšana un uzturēšana veicinātu ne tikai Latvijas uzņēmumu atpazīstamību un pieejamību, bet arī pētījumā izstrādātās vērtēšanas matrica ļaus nākotnē papildināt uzņēmumu sarakstu, kā arī publicējot vērtēšanas kritērijus, nākotnē uzņēmumiem, kuri vēl nebūs iekļauti labāko uzņēmumu sarakstā, uzlabojot rādītājus un strādājot pie sava zīmola, iekļūst digitālajā kartē.

**Competitiveness of Latvian furniture manufacturers and trade in the local and the world market.** According to Lursoft data, in 2019 more than 1,500 companies were registered in the furniture industry in Latvia. Furniture is even produced and marketed by companies that are not representative of the industry, and this encourages competition between local companies, which is an important factor in why consumers are more willing to buy furniture in foreign brands. Companies in the furniture industry have various business risks - changes in consumer habits, risks of suppliers and lack of qualified workforce. Developing a matrix of business evaluation criteria and creating a digital map of the top 100 companies could improve the competitiveness of local producers and traders. Cooperation of mutual companies in the production of standard furniture would increase the competitiveness of Latvian furniture in Latvia and in the world.



# Tehnoloģijas izstrāde betulīna integrēšanai nanošķiedru tīmeklī

Laimdota Vilcēna (1.kursa Apģērbu un tekstila tehnoloģija doktora programmas studente)

Dr. habil. sc. ing. Silvija Kukle, Dr. sc. ing. Zane Zelča (zinātniskās vadītājas)

Dizaina tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

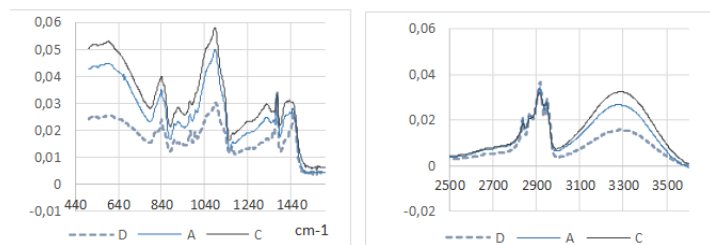
Rīgas Tehniskā universitāte

e-pasts: vilcena.laimdota@gmail.com

Nanotehnoloģiju izmantošana kosmētikas un medicīnas materiālos ar katru gadu arvien vairāk izpaužas ražošanas uzņēmumu produktu piedāvājumā. Polimērā integrēts betulīns [1] spēj uzlabot savas fizikālās un ķīmiskās īpašības, kā arī savu terapeitisko rezultātu, ievērojami paātrinot efektu [2], [3]. Elektrovērpšanas betulīna koloidālās dispersijas šķīdums, kas sajaukts ar ūdeni saturošiem PVS šķīdumiem, tiek uzskatīts par cerīgu alternatīvu brūču terapijai, kur nepieciešama efektīva aizsardzība [4]. Betulīna integrēšana nanošķiedrās ļaus paplašināt lietojuma jomas un efektivitāti. Presentētās tehnoloģijas pamatā ir betulīnu saturošu nanošķiedru tīmekļu iegūšana, izmantojot bezadatas elektrovērpšanas iekārtu NanoSpider™ (Elmarco). Lai iegūtu vērpšanas šķīdumu, betulīna pulveri izšķīdina etanolā, izveidojot 0,04 %wt.

0,7 %wt un 5 %wt šķīdumus. Savienojot katru betulīna-etanola šķīdumu ar 10 wt% PVS-ūdens šķīdumu iegūti šķīdumi elektrovērpšanai. Rezultātā rodas trīs vērpšanas šķīdumi ar ļoti zemu, zemu un salīdzinoši augstu betulīna saturu, kas attiecīgi apzīmēti: A (PVA10%/BE 0.04%), B (PVA10%/BE 0.7%), C (PVA10%/BE 5%) un D (PVA10%).

1. att. grafiku (kreisajā pusē) salīdzinājums rāda, ka absorbcijas intensitāte pieaug betulīnu saturošo šķiedru spektros A un C plašā viļņu skaitļu diapazonā no 450 līdz 750  $\text{cm}^{-1}$  ar ļoti spēcīgām virsotnēm diapazonā no 1105 līdz 1140  $\text{cm}^{-1}$  un vidējām stiprām joslā 1419-1451  $\text{cm}^{-1}$ . Absorbcijas palielināšanās frekvenču diapazonā 3200–3400  $\text{cm}^{-1}$  (1. att., labajā pusē) norāda uz betulīna -OH grupu klātbūtni. Kopā ar betulīna satura palielināšanos šķiedrās, absorbcijas intensitāte palielinās, šādi ļaujot noteikt pat ļoti zemu betulīna saturu šķiedrās.



1. att. ATR-FTIR absorbcijas grafiki. D) PVA10%; A) PVA10%/BE 0.04%; C) PVA10%/BE 5%

## LITERATŪRA

- [1] Peipins, U.; Zicane, D.; Tetere, Z.; Ravina, I.; Rijkure, I.; Lohins, D.; Vilskerts, R.; Turks, M. Betulīna sintēze 1,2,3-triazola sērijas savienojumos. *In* 2015 International Conference in Organic Synthesis PO, 127.
- [2] Rigon, R. B.; Oyafuso, M. H.; Fujimura, A. T.; Gonçalves, M. L.; Do Prado, A. H.; Gremião, M. P. D.; Chorilli, M. *BioMed Res. Int.* **2015**, 16–20.
- [3] Amiri, S.; Dastghaib, S.; Ahmadi, M.; Mehrbod, P.; Khadem, F.; Behrouj, H.; Mohamad-Reza, A.; Machaj, F.; Ghamsari, M.; Rosik, J.; Hudecki, A.; Afkhami, A.; Hashemi, M.; Los, M. J.; Mokarram, P.; Madrakian, T.; Ghavami, S. *Biotechnol. Adv.* **2020**, 38, 107409.
- [4] Mwiiri, F.K.; Brandner, J.M.; Daniels, R. *Pharmaceutics* **2020**, 12, 770.

**Technology Development for Betulin Integration into Nano-fibers Web.** Integrated in the polymer (PVA), betulin [1] can improve its physical and chemical properties as well as its therapeutic result by significantly accelerating effect [2],[3]. To obtain spinning solution the betulin powder is dissolved with ethanol, creating 0.04 %wt, 0.7 %wt and 5 %wt solutions. The resulting solutions were obtained by combining each of betulin-ethanol solutions with the 10 wt% PVA-water solution. Nanofibers webs obtained by using Nanospider type electrical electrospinning device. Samples were tested by determining conformity of the chemical composition of the surface of the samples the using the ATR-FTIR method.

# Kaņepju spaļu izmantošana un to apdares iespējas zema blīvuma plātņu materiāliem

Kristaps Zvirgzds (2. kursa Materiālu dizains un tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr.sc.ing.* Edgars Kirilovs (zinātniskais vadītājs)

*Dizaina Tehnoloģiju institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: kristaps@exs.lv*

Maģistra darba ietvaros pētītas iespējas no kaņepju spaļiem izgatavot zema blīvuma plātņu materiālu kā alternatīvu līdzīgas struktūras un klasifikācijas kokskaidu un kokšķiedru produktiem. Kaņepju spaļi izvēlēti to īpašību un pieejamības dēļ – tie ir Latvijas klimatiskajos apstākļos ātri ataudzējams resurss un tas ir bieži lietots un pētīts kā kompozītmateriālu papildinošs elements ar labām izolācijas īpašībām [1]. Darba mērķis ir noskaidrot, vai kaņepju spaļi var tikt izmantoti kā pamatelements zema blīvuma plātņu materiālā un pārbaudīt šāda materiāla īpašības. Veikt iekrāsošanas metodes, gan izgatavošanas procesā, gan pēc tam.

Veikta plaša literatūras izpēte ar kaņepju spaļu vēsturisko izmantojumu, lietojumu dažādos kompozītmateriālos, izolācijas un konstruktīvos materiālos. Ņemta vērā darba zinātniskā vadītāja veiktā priekšizpēte kaņepju spaļu siltumizolācijas materiālu izgatavošanā un pielietota noteikta izgatavošanas metode 300 kg/m<sup>3</sup> blīvuma plātņu paraugu izgatavošanai izmantojot 10 % saistvielas [2]. Lai iegūtu precīzākus rezultātus, veikta izejas materiāla (kaņepju spaļi, šķirne – ‘Bialobrezskie’) priekšapstrāde, tos maļot graudu dzirnavās un sijājot ar elektromagnētisko sietu kratītāju iegūstot divus frakcijas diapazonus (no 500 mic līdz 2 mm; no 2 mm līdz 5,6 mm), kas izmantoti divu dažādu paraugu veidu izgatavošanai. Katra parauga presēšana ilgst 24 stundas, tad paraugus darbnīcā žāvē 10 dienas pirms tālākas testēšanas. Atsevišķu paraugu izgatavošanā izmantoti papildmateriāli, lai tiem piešķirtu toni un noturību pret mitrumu.

No materiālu īpašībām paredzēts veikt parauga blīvuma, lieces stiprības, mitruma absorbcijas noteikšanas testus, paturot iespēju šo testu loku paplašināt. Līdz šim veikta vairāk nekā 40 paraugu izgatavošana, blīvuma noteikšana un veikti lieces stiprības testi.

Secināts, ka kaņepju spaļi ir labi formējams materiāls plātņu materiālu izgatavošanai. Paraugu izgatavošanai ir svarīgi atbrīvoties no pašām smalkākajām frakcijām, kas būtiski samazina materiāla kvalitātes rādītājus. Izmantotās papildvielas (toņa iegūšanai) paraugu izgatavošanā sniedz vizuāli labus rezultātus, kas pamatoti liek apsvērt nākotnē zinātniski izvērtēt materiāla īpašību uzlabošanas iespējas ar antipirēniem, antisepiķiem un tonējošiem materiāliem.



**1. att.** Kaņepju spaļu materiāla paraugi (no kreisās – bez papildvielām; tonēts melns ar akrila pigmentu; tonēts zilgans ar ūdens bāzes lazūru)

## LITERATŪRA

- [1] J. Fehrmann, B. Belleville, and B. Ozarska, “Assessing the potential of hemp hurd ( Cannabis sativa L .) for the production of environmentally friendly lightweight panels,” in Australian Industrial Hemp Conference, 2020, no. Mdi, pp. 1–4.
- [2] Kirilovs, E., Zotova, I., Gendelis, S., Gusovius, H., Kukle, S., Stramkale, V. Experimental Study of Using Micro-Encapsulated Phase-Change Material Integrated into Hemp Shive Wallboard. Buildings, 2020, Vol. 10, No. 12, 1.-14.lpp. ISSN 2075-5309. Pieejams: doi:10.3390/buildings10120228

**Production of low-density boards using hemp hurds and additives.** This research is conducted about possibilities to use hemp hurds as main ingredient in low density board production. A specific recipe using 10% binder and hurd fraction size is used to produce 20 mm thick 400 × 400 mm board samples with hydraulic press. Testing plan is given to determine board sample characteristics and layout for future work is stated.

**MATERIĀLZINĀTNES UN POLIMĒRU MATERIĀLU  
TEHNOLOĢIJAS APAKŠSEKCIJA**

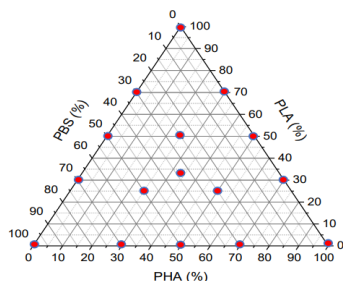
# Biopoliesteru trīskāršo sistēmu maisījumu izpēte

Artūrs Auniņš (4. kursa bakalaura programmas students)

Dr. sc. ing. Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

Polimēru materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: arturs.aunins\_1@rtu.lv

Liels nedegradējošo polimēru saturs atkritumos pēdējo 50 gadu laikā, ir pieaudzis līdz kritiskai robežai. Zinātnē un industrijā strādā pie alternatīvām tradicionālajai plastmasai, un viena no tām ir biopoliesteri [1]. Biopoliesteru maisījumu veidošana ir vienkārša polimēru materiālu sajaukšana kausējuma stāvoklī bez ķīmiskām reakcijām. Tas ir ērts veids jaunu materiālu radīšanai ar izmantoto materiālu īpašību kombināciju. Sajaukšanu var veikt, izmantojot vienkāršu tehniku, kam nav nepieciešami dārgi ieguldījumi, kas ir svarīgs aspekts nozarei. Darbā pagatavoti dažādu kompozīciju maisījumi, izmantojot trīs veida biopoliesterus – polihidroksiālkanoāts (PHA), polilaktīds (PLA) un polibutilēna sukcināts (PBS) (skat. 1. att.). Izzāvētas polimēra granulas maisītas ap 180 °C, izmantojot divšneku ekstrūderi. Gatavās maisījuma granulas formētas stienīšos, izmantojot spiedliešanas iekārtu. Ar presi pagatavoti paraugstiepes un reoloģijas pētījumiem. Visiem paraugiem noteikts blīvums, kā arī mehāniskās īpašības, izmantojot stiepes, triecienizturības un šļūdes eksperimentus. Diferenciāli skenējošā kolorimetrija (DSC) izmantota, lai salīdzinātu maisījumu kristalizācijas pakāpi un kušanas temperatūras izmaiņas. Termiski mehānisko īpašību noteikšanai izmantota dinamiski mehāniskā analīze (DMA). Lai salīdzinātu maisījumu pārstrādes īpašības, izmantoti reoloģiskie pētījumi. Paraugi ar PBS saturu uzlaboja PHA un PLA sabrukšanas robežspriegumu un triecienizturību. PBS kausējumos palielināja paraugu viskozitāti. Visos maisījumos novērota kristalizācijas pakāpes samazināšanās. Secināts, ka, izmantojot termiski mehānisko maisīšanas metodi, sajaucot PHA, PLA un PBS dažādās kompozīcijās, var pagatavot pārstrādājamu termoplastisku, biodegradablu materiālu ar unikālām īpašībām, kas ir atšķirīgas no tā veidojošiem biopoliesteriem.



1. att. Pētāmo paraugu kompozīciju sastāvi.

## LITERATŪRA

[1] George, A.; Sanjay, M. R.; Srisuk, R.; Parameswaranpillai J.; Siengchin, S. *Int. J. Biol. Macromol.* **2020**, *154*, 329-338.

**Research of biopolyester ternary system blends.** The aim of this study was to investigate polybutylene succinate (PBS), polylactide (PLA) and polyhydroxyalkanoate (PHA) binary and ternary blends mechanic, thermodynamic, thermal and rheological properties. It is concluded that addition of PBS to the compositions increases tensile elongation, strain and impact strength, and viscosity of melts. The degree of crystallinity decreases in blends.

# Nanopildvielas saturoši polibutilēna sukcināta kompozīti

Miks Bleija (3.kursa Materiālzinātņu bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: miks.bleija@rtu.lv*

Globāli palielinoties mikro un makro-plastmasas piesārņojumam, ražošanai un patēriņam jāklūst videi draudzīgiem. Sintētiskos polimērus iespējams aizstāt ar ekoloģiskākiem, no bioloģiski iegūtām izejvielām sintezētiem un biodegradējamiem polimēriem. Polibutilēna sukcinātu (PBS) iespējams iegūt no 100% biobāzētas sukcinātskābes un 1,4-butāndiola, kā arī tas ir pilnībā biodegradējams. Lai PBS spētu konkurēt ar elektronikā un citās svarīgās nozarēs izmantotajiem materiāliem, nepieciešams uzlabot tā elektriskās, siltumvadītspējas, magnētiskās un mehāniskās īpašības. Izmantojot nanopildvielas iespējams iegūt kompozītmateriālus, kuru īpašības ievērojami atšķiras no tīras matricas vai mikrokompozītiem. Atkarībā no pildvielas iespējams izmainīt mehāniskās, termiskās, dielektriskās un magnētiskās īpašības. Īpašības ietekmē arī pildvielu morfoloģija.

Oglekļa nanopildvielas, kā, piemēram, oglekļa nanocaurulītes, oglekļa nanosīpoli vai grafēna nanoplāksnītes, ir perspektīva pildvielu grupa, kuras ievadot matricā, iespējams iegūt kompozītmateriālus ar augstu elektrisko vadītspēju, siltumvadītspēju, augstu kristāliskumu un citiem efektiem [1]. Metālu oksīdu nanopildvielu ievadīšana polimēros var dot dažādus feroelektriskus un feromagnētiskus efektus, kā arī uzlabot termisko stabilitāti un vadītspēju un citas īpašības [2].

Pētījumā, izmantojot ultraskaņas disperģāciju, augstas bīdes maisīšanu un šķīdinātāja atliešanas un iztvaicēšanas metodi, izveidoti PBS un Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, TiO<sub>2</sub>, oglekļa kvēpu (C), oglekļa nanocaurulīšu (CNT), grafēna nanoplāksnīšu (GN), oglekļa nanosīpolu (XE-2) kompozīti ar pildvielu koncentrācijām 4 – 30 % pēc tilpuma.

Iegūtie nanokompozīti tika raksturoti izmantojot hidrostatiskā blīvuma metodi, dielektriskās īpašības tika noteiktas veicot platjoslas dielektrisko spektroskopiju, virsmas pretestība tika noteikta izmantojot četru punktu virsmas pretestības metodi, siltumvadītspējas īpašības tika noteiktas izmantojot gaismas impulsa analīzi, pēc siltumvadītspējas noteikšanas aprēķināta siltumvadītspējas aktivācijas enerģija.

Secināts, ka palielinoties pildvielas koncentrācijai kompozītā, palielinās starpība starp eksperimentālo un aditīvo blīvumu, kas liecina par dažādu struktūras defektu parādīšanos un dispersijas kvalitātes samazināšanos. Ievadot 30 % pildvielas pēc tilpuma, iegūtas 1,3-3,7 reizi augstākas siltumvadītspējas vērtības salīdzinot ar tīru matricu, veidojot siltumvadītspējas rindu CNT>>GN>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>>Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>>XE-2>NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>>C, kas skaidrojama ar perkolācijas struktūras izveidošanos CNT, GN un XE-2 gadījumā, vadītspējīgākās fāzes tilpumdaļas pieaugumu metāla oksīdu gadījumā, kā arī amorfas fāzes tilpumdaļas pieaugumu C gadījumā. Kompozītu siltumvadītspējas aktivācijas enerģija samazinās pieaugot pildvielu tilpumdaļai, taču novērojams aktivācijas enerģijas pieaugums dažos sastāvos ar 30 %, kas var liecināt par struktūras defektu uzkrāšanos. Pēc platjoslas dielektriskās spektroskopijas rezultātiem secināms, ka vadītspējas perkolācijas sliekšnis sasniegts visos CNT (70 S/cm) sastāvos, GN (1 S/cm) un XE-2 (0,5 S/cm) sastāvos sākot no 20 % un Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (0,0002 S/cm) sākot no 30 %. Vismazākā virsmas pretestība novērojama 30% CNT sastāvā (0,1 Ω/sq). Vismazākā dielektriskā caurlaidība ar vismazākajiem dielektriskajiem zudumiem sasniegta NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> sastāvos pie 1 Hz, kas saistāma ar pildvielas augsto polarizācijas spēju.

## LITERATŪRA

- [1] Chen, J.; Xuhui Gao, X.; Song, W., *Results Phys.* **2019**, *15*, 102771.
- [2] Rani, P.; Ahamed, M.B.;Deshmukh, K., *J Mater Sci: Mater Electron* **2021**, *32*, 764–779.

**Nanofiller-containing poly(butylene succinate) composites.** Polybutylene succinate and various metal oxide, and carbon nanofiller containing solvent-cast composites (4–30% vol.) were characterized using hydrostatic density measurements, broadband dielectric spectroscopy, four-point sheet resistivity, and light flash analysis. Improvements of thermal conductivity on the order of 1.3-3.7x were seen in 30% filled composites. Composites with MWCNT, GN, XE-2, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> have reached electrical percolation.

# Ar RE dopētu nanokristālisku TiO<sub>2</sub> pulveru sintēze ar ekstrakcijas-pirolītisko metodi un fizikāli-ķīmisko īpašību izpēte

Regīna Burve (2. kursa Materiālu nanotehnoloģiju maģistra programmas studente)

Dr. chem. Vera Serga (zinātniskā vadītāja)

Neorganiskās ķīmijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: regina.burve@rtu.lv

Titāna dioksīds (TiO<sub>2</sub>) ir pusvadošs metāla oksīds, kas veido vairākas dabā sastopamas kristāliskās modifikācijas – metastabilos anatāzu (tetragonālā singonija) un brukītu (ortorombiskā singonija), kā arī termodinamiski stabilo rutilu (tetragonālā singonija) [1]. Nanokristāliskā TiO<sub>2</sub> fāžu sastāva kontrole ir svarīga uz konkrētu lietojumu vērstai materiālu izstrādei, jo TiO<sub>2</sub> polimorfajām modifikācijām piemīt atšķirīgas, t.sk., fotokatalītiskās, īpašības. Pašreizējā interese par nanokristālisko TiO<sub>2</sub> galvenokārt ir saistīta ar tā izmantošanu enerģētikas un vides piesārņojuma problēmu risināšanā [1, 2].

Šī pētījuma ietvaros sintezēti nanokristāliski TiO<sub>2</sub> pulveri gan tīrā veidā, gan ar retzemju elementu (RE) piedevām (RE = Ce, Eu, Gd). Materiālu iegūšanai izmantoja ekstrakcijas-pirolītisko metodi (EPM), kas pieder pie šķīduma metodēm. Tajā ietilpst sekojoši galvenie posmi: metālu saturoša ekstrakta (prekursora) iegūšana ar šķīduma ekstrakcijas palīdzību, prekursoru sajaukšana noteiktā stehiometrijā (RE piedevas saturs 0.5, 5 un 50 mol%) un tam sekojošā pirolīze. Darba ietvaros kā ekstrahentu izmantoja karbonskābi (baldriānskābi) bez šķīdinātāja. Visu iegūto prekursoru un to maisījumu termiskā uzvedība tika izpētīta, izmantojot termogravimetrisko analīzi (TGA) un diferenciālo skenējošo kalometriju (DSC). Parādīts, ka neatkarīgi no pievienotās RE piedevas Ti-saturošam prekursoram novērota TiO<sub>2</sub> kristalizācijas procesam atbilstošā eksotermiskā pīķa nobīde uz lielāku temperatūras vērtību pusi. Piedāvāti Ti un RE karboksilātu termiskās destrukcijas mehānismi. Organisko komponentu pilnīga destrukcija TiO<sub>2</sub> pulveru iegūšanas laikā apstiprināta ar infrasarkanā Furjē (FTIR) spektroskopiju. Iegūto materiālu fāzes sastāvu noteica ar rentgenstaru difrakcijas (XRD) metodi. Turklāt individuālu un ar RE dopētu TiO<sub>2</sub> pulveru kristalizācijas un anatāza fāzes pāreju rutilā procesi tika izpētīti kā funkcija no pirolīzes temperatūras, dopanta un tā daudzuma. Parādīts, ka dopēšana ar RE metāliem stabilizē anatāza fāzi līdz 650°C (0.5 mol% dopētiem pulveriem) un 750°C (5 mol% dopētiem pulveriem), bet nedopētam TiO<sub>2</sub> pulverim anatāza fāzes pāreja rutilā ir novērota jau 550°C temperatūrā. TiO<sub>2</sub> pulveru morfoloģiju pētīja ar transmisijas elektronu mikroskopiju (TEM). Iegūto pulveru, kā arī TiO<sub>2</sub> P-25 (Degussa) un komerciāla anatāza fotokatalītiskā aktivitāte tika novērtēta metilēnzilā (MB) šķīduma sadalīšanas reakcijā zem UV-VIS starojuma. Rezultātu salīdzinošā analīze parādīja, ka izmaiņas materiālu fotokatalītiskajā aktivitātē nav monotonas. Labākā fotokatalītiskā efektivitāte tika novērota ar 0.5 mol% Eu dopētam TiO<sub>2</sub>, kas eksperimenta laikā spēja sadalīt 96% no MB daudzuma. Skaidrojums par Eu piedevu sadalījumu TiO<sub>2</sub> matricā tika sniegts, pamatojoties uz emisijas un ierosmes spektriem.

## LITERATŪRA

- [1] Gupta, S.M., Tripathi, M. *Sci. Bull.* **2011**, 56(16), 1639-1657.  
[2] Chen, D., Cheng, Y., Zhou, N., et al. *J. Clean. Prod.* **2020**, 121725.

**RE-doped nanocrystalline TiO<sub>2</sub> powder synthesis by extraction-pyrolytic method and study of physicochemical properties.** The aim of this work is to produce nanocrystalline TiO<sub>2</sub> with different rare earth elements (RE) (RE = Ce, Eu, Gd) additives by the extraction-pyrolytic method (EPM) using mixtures of Ti- and RE-containing valeric acid based extracts. The thermal behavior of all obtained precursors and their mixtures was studied using thermogravimetric analysis (TGA) and differential scanning calorimetry (DSC). Complete removal of organic components during the production of TiO<sub>2</sub> powders was confirmed by infrared Fourier (FTIR) spectroscopy. The phase composition of the produced materials was determined by X-ray diffraction (XRD) method. The morphology of TiO<sub>2</sub> powders was studied by transmission electron microscopy (TEM). Correlation between synthesis parameters (RE content and pyrolysis temperature) and phase composition of pyrolysis products as well as their efficiency in the reaction of photocatalytic degradation of methylene blue (MB) have been studied. An explanation of the distribution of Eu additives in the TiO<sub>2</sub> matrix was provided based on the emission and excitation spectra.



## Ekotekstila iegūšana un īpašību izpēte

Adelīna Dubure (2.kursa Materiālzinātnes maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Anna Borisova (zinātniskā vadītāja)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
e-pasts: adelinadubure@gmail.com

Lai iegūtu tekstilšķiedru gala izstrādājumu, tekstilmateriāls tiek pakļauts dažādiem apdares procesiem – pirmapstrādei, krāsošanai un/vai apdrukāšanai un nobeiguma apdarei. Sietspiedes metode ir apdrukāšanas veids, kuru izmanto, lai tieši uznestu drukas pastu uz tekstilmateriālu. Galvenās drukas pastas sastāvdaļas ir krāsvielas un to maisījumi, biezinātāji, tekstilpalīgvielas un krāsvielu fiksācijas aģenti [1].

Ekoloģiskās problēmas tekstilrūpniecībā rodas dažādu ražošanas procesu laikā – krāsošanā, apdrukāšanā u.c. Ekotekstils ir tekstilmateriāli, kas tiek ražoti videi draudzīgā veidā. Viena no attīstības tendencēm, izmantojot drukas pastas, ir aizstāt drukas pastas komponentes ar mazāk kaitīgajām alternatīvām, tādā veidā samazinot ekoloģiskās problēmas, kas saistītas ar tekstilrūpniecību [2].

Darba mērķis ir kokvilnas un vilnas audumu apdrukāšana ar videi draudzīgajiem drukas pastu sastāviem, drukāšanas kvalitātes novērtēšana un optimālo sastāvu un uznesamas tehnoloģijas izvēle.

Darbā ir izmantots 100% kokvilnas audums (biezums 0,234 mm, 1m<sup>2</sup> masa 140,2 g/m<sup>2</sup>) un 100% vilnas audums (biezums 0,355 mm, 1 m<sup>2</sup> masa 254, 4 g/m<sup>2</sup>). Apdrukāšanas procesā, izmantojot dabīgās krāsvielas, ir nepieciešams kodinātājs, lai krāsvielas saistītos ar šķiedru. Darbā kā kodinātājs izmantots alauns, bet kā alternatīvu tam - sojas piens. Papildus tam drukas pastas sastāvā ir urīnviela, kā alternatīva PEG-400, NaHCO<sub>3</sub>, ludigols, glicerīns, 60% etiķskābe un nātrija algināta biezinātājs. Kopumā ir izveidoti trīs drukas pastu sastāvi ar dažādām sastāvdaļām gan kokvilnai, gan vilnai. Pēc apdrukāšanas apdruka tiek fiksēta ar diviem paņēmieniem – termofiksāciju un tvaicēšanu.

Kopā ir sagatavoti 110 paraugi – 2 paralēlie paraugi katrā sērijā, izvēloties labāko fiksācijas paņēmieni – termofiksāciju vai tvaicēšanu. Apdrukātu paraugu kvalitātes novērtēšana veikta saskaņā ar ISO standartiem: kolorimetrijas rādītāju noteikšana, apdrukas noturība pret 5 ciklu mazgāšanu un mākslīgo apgaismojumu.

Ņemot vērā apdrukas kvalitāti un noturības rezultātus, ir izvēlēti 2 drukas pastas sastāvi kokvilnas audumam un 2 – vilnas audumam, kas tiks pakļauti padziļinātai tālākais izpētei.

### LITERATŪRA

- [1] Miles Leslie W. C. *Textile printing*. 2<sup>nd</sup> Edition. Society of dyers and colourists, 2003. 338 p. ISBN 0901956791.  
[2] Rekaby M., Nassar S.H. & Salem A.A. *J. Textile Inst.* **2009**, *100*, 486-495.

**Production of ecotextile and the research of the properties.** Ecotextiles are type of textile materials that are being produced in environmentally friendly way. In this work printing with environmentally friendly paste of different composition on cotton and wool fabrics were studied.

# ZnO sintēze ar solvotermālo un mikroviļņu asistēto sintēzes metodi un īpašību salīdzinājums

Ramona Dūrena (2.kursa Materiālu nanotehnoloģiju maģistra programmas studente)

Dr. phys. Pāvels Onufrijevs (zinātniskais vadītājs)

*Pusvadītāju fizikas laboratorija, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
e-pasts: ramona.durena@gmail.com

Cinka oksīds (ZnO) ir pusvadītājs ar platu tiešo aizliegto zonu (3,37 eV), ar lielu eksitonu enerģiju istabas temperatūrā (60 meV), pjezoelektriskām un piroelektriskām īpašībām. ZnO fotoluminescences (PL) spektrs sastāv no 2 maksimumiem – eksitonu joslas un defektu joslas. Eksitonu joslas emisijā pie 295 K dominē brīvo eksitonu rekombinācijas 1 LO fonona replika ar īsu dzīves laiku. Tādēļ ZnO potenciālais pielietojums ir kā scintilatoram. Līdz šim pieejamas vairākas publikācijas par iespējamiem ZnO monokristālu šādiem pielietojumiem [1]. Monokristālu ieguvei ir vairāki trūkumi – to augšanu kontrolē termodinamiskie procesi, kas ir relatīvi lēni; sarežģīts un dārgs ieguves process; limitētas sastāva variācijas; gala materiāla forma atkarīga no kristāla augšanas procesa. Nanokristālisku pulveru presētās caurspīdīgās keramikās varētu novērst šos trūkumus, Tādēļ pētījumi tiek vērsti uz ZnO nanoizmēru daļiņu pulveru iegūšanu un to īpašību modifikāciju [2].

Darba mērķis ir iegūt ZnO nanokristālisku materiālu ar divām dažādām sintēzes metodēm – solvotermālo (ST) un mikroviļņu asistēto solvotermālo metodi (MWST), noskaidrot dopanta Li ietekmi uz paraugiem un noteikt piemērotāko sintēzes metodi iespējamiem materiāla pielietojumiem.

Paraugu sagatavošanai izmantotas 2 metodes: ST un MWST. Izmantoti reaģenti: cinka acetāts; litija nitrāts (0, 0,5, 1, 3, 5 atom%); nātrija hidroksīds un šķīdinātāji (etanols, metanols un ūdens). Paraugu pētīšanai izmantota Rentgenstaru pulvera difraktometrija, Ramana analīze, skenējošā elektronu mikroskopija, luminiscences (PL) pētījumi.

No iegūtajiem rezultātiem tika konstatēts, ka abas sintēzes metodes (ST un MWST) ir ar ļoti līdzīgu pamatideju sintēzes gaitai, tomēr atšķirības sildīšanas procesā rezultējas ar stipri atšķirīgiem rezultātiem. Optiskie mērījumi rāda, ka visi nedopētie paraugi sastāv no atšķirīgi uzlādētām skābekļa vakancēm ( $V_O$ ) un dažādo polaritāšu sintēzes vides veicina dažādu enerģijas vakanču veidošanos. MWST metodē iegūst ZnO pulverus ar izteiktāku eksitona luminiscences maksimumu atbilstoši proporcijai starp eksitona maksimuma intensitāti un defekta maksimuma intensitāti. MWST metodes gadījumā mazāk polārā sintēzes vide (etanols) rada intensīvāku eksitona joslas luminiscenci. Paraugam, kas iegūts ar MWST metodi un dopēti ar Li joniem var novērot – jo vairāk ievadīti Li joni, jo lielāki spriegumi rodas materiālā un PL intensitāte palielinās par kārtu. Palielinot lāzera jaudu, palielinās ierosināto elektronu dzīves laiks un iegūtās PL intensitāte, kas tiek novērota visiem paraugiem. To varētu skaidrot ar kavētu vakanču veidošanos starpmezglu Li dēļ, kas kavē ierosināto elektronu rekombināciju ar cauriem.

## LITERATŪRA

- [1] Samadi, M.; Zirak, M.; Naseri, A.; Khorashadizade, E.; Moshfegh, A. Z. *Thin Solid Films* **2016**, *605*, 2–19.  
[2] Wojnarowicz, J.; Chudoba, T.; Lojkowski, W. *Nanomaterials* **2020**, *10*, 1086.

**Synthesis of ZnO by Solvothermal and Microwave-Assisted Synthesis Method and Characterization.** Zinc Oxide (ZnO) is a wide bandgap semiconductor (3.37 eV) with high exciton energy at room temperature (60mV), piezoelectric and pyroelectric properties. Its possible application could be as a scintillator. There are studies on such possible applications of monocrystals, but monocrystals have many disadvantages like their price. So nanocrystalline ZnO powders are of interest for making transparent ceramics with several pressing techniques. This work deal with ZnO powder synthesis methods – solvothermal (ST) and microwave-assisted solvothermal synthesis (MWST), synthesized in 3 different solvents (water, methanol, ethanol) and doped with Li-ions (0, 0.5, 1, 3, and 5 atom%). In conclusion, the highest exciton to defect luminescence band ratio is for the sample, that was synthesised with MWST method in a less polar synthesis medium (ethanol). By doping this sample with Li-ions, the exciton luminesce band intensity increases by an order of magnitude.

# Elektrovadoši polimērkompozīti pielietojumam pašregulējošos sildelementos

Sintija Eglīte (1.kursa Materiālzinātnes un nanotehnoloģijas maģistra programmas studente)

Mg. sc. ing. Astrīda Bērziņa, Dr. phys. Artis Linarts (zinātniskie vadītāji)

*Tehniskās fizikas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
e-pasts: [Sintija.Eglite\\_3@rtu.lv](mailto:Sintija.Eglite_3@rtu.lv)

Mūsdienās pastāv dažādi sildelementi, taču nav īsti tāda sildelementa, kas būtu ne tikai elastīgs, bet arī uzturētu konkrētu līdzsvara temperatūru. Kā viens no risinājumiem varētu būt tieši elektrovadoši polimērkompozīti, kam piemīt elastība, elektrovadāmība, un tiem ir pašregulējoša sildelementa īpašības. Šādi materiāli paver jaunas iespējas sildelementu pielietojumā un nodrošina ērtāku un komfortablāku produkta pielietojumu. Pašregulējošo sildelementu materiāliem pievadot spriegumu, temperatūra pieaug, jo izdalās Džoula siltums, bet elektriskā pretestība nelineāri palielinās. Šādam materiālam piemīt pozitīvais temperatūras pretestības koeficients (PTC) un attiecīgi tas pats regulē caurplūstošās strāvas stiprumu [1]. Šī darba mērķis ir izpētīt poliizoprēnu (PI) un etilēnvinilacetātu (EVA) kā polimēra kompozītmateriālus, kas ne tikai strādātu, kā pašregulējoši sildelementi, bet tie būtu elastīgi, ērti un piemēroti nēsāšanai, atrodoties tuvu cilvēka ķermenim. Šī darba ietvaros tika izpētītas divas polimēru matricas: EVA un PI. EVA gadījumā tika pētīts nešķerssaistīts EVA-CB un šķerssaistīts EVA-CB-DCP, kur kā šķerssaistītāns aģents tika izmantots dikumilperoksīds (DCP), bet PI gadījumā – šķerssaistīts PI-CB, kompozītu vulkanizējot. Paraugi tika sagatavoti, sākumā izšķīdinot polimēru hloroformā. Šķīdumam pievieno attiecīgu daudzumu elektrovadošu oglekļa kvēpu nanodaļiņu (CB) (10 - 30 md), ko ar ultraskaņu disperģē hloroformā. Šķerssaistītiem EVA paraugiem papildus pie CB-hloroforma maisījuma tiek pievienots DCP (1, 2 un 3md). Maisījumu labi samaisa un šķīdinātāju iztvaicē. PI paraugi papildus tiek valcēti, lai palielinātu maisījuma homogenitāti. Visi paraugi tiek temperatūrā presēti, lai iegūtu formu un/vai šķerssaistītu. Iegūtajiem kompozītiem tika izpētītas paraugu termo-elektriskās īpašības, mainot ārējās vides temperatūru, (paraugu sildot krāsni līdz 60°C) un mērot to elektriskās pretestības izmaiņu, kā arī iekšēji sildot, pievadot 5V lielu spriegumu (EVA paraugiem) vai 2,7V (PI paraugiem) un mērot paraugu elektrisko pretestību, temperatūru un caurejošās strāvas stiprumu. Visiem paraugiem tika novērots PTC efekts.

Pētījumā tika aplūkota arī CB daudzuma ietekme uz līdzsvara temperatūru nešķerssaistītiem EVA-CB paraugiem. Palielinot CB daudzumu kompozītā, sasniegtā līdzsvara temperatūra pieaug, jo samazinās kompozīta elektriskā pretestība – vairāk CB veido vairāk elektrovadošos kanālus cauri matricai. Šķerssaistītajiem EVA-CB kompozītiem, palielinot DCP daudzumu, sasniegtā līdzsvara temperatūra samazinās, jo pieaug parauga sākotnējā elektriskā pretestība. Tas ir skaidrojams ar to, ka palielinot DCP daudzumu, materiālā palielinās šķerssaistīšu skaits, kas traucē CB daļiņām izveidot elektrovadošo tīklu. Paraugi ar DCP daudzumu 1 un 2 md uzrādīja sliktākus rezultātus nekā paraugi ar DCP saturu – 3 md.

Savukārt, PI-CB paraugiem tika novērots, ka palielinoties CB daudzumam, palielinās materiāla sasniegtā līdzsvara temperatūra, turklāt palielinās arī relatīvā pretestības izmaiņa. PI-CB kompozītiem visoptimālākais spriegums ir 2,7V, jo pie šī sprieguma kompozīta līdzsvara temperatūra nepārsniedz šķerssaistīta PI destrūģēšanās temperatūru un ir tuva cilvēka ķermeņa sildīšanas komforta temperatūrai. PI paraugu izveide un mērījumu atkārtojamība ir daudz labāka, salīdzinot ar EVA kā matricu, līdz ar to var secināt, ka vislabākais kompozītmateriāls izvirzītajam mērķim ir PI-CB kompozītmateriāls ar 30md CB, jo tas sasniedz visaugstāko līdzsvara temperatūru un pretestības izmaiņu.

## LITERATŪRA

[1] Liu, Y.; Zhang, H.; Porwal, H.; Busfield, J. J.; Peijs, T.; Bilotti, E. *Polymer International* **2019**, 68, 299–305.

**Electro-conductive polymer composites uses as self-regulating heating elements.** Self-regulating heating materials are materials, which generate heat, by applying a voltage, without overheating. In this research two polymer matrix have been investigated: EVA (both cross-linked and non-cross-linked) and PI (cross-linked). Cross-linked PI-CB (CB - 30phr) is the best option for our aim – find a material that can be used as an elastic self-regulating heating element for the human body. This material has good conductivity, the reached equilibrium temperature is close to the human body comfort temperature, while the heating-cooling process cycle is repeatable.

# Cietā poliuretāna putuplasta kā siltumizolācijas materiāla iegūšana no tallu eļļas polioliem un jaunās paaudzes uzputošanās aģenta ar zemu globālās sasilšanas potenciālu

Raimonds Grūbe (1.kursa Ķīmijas maģistra programmas students (LU))

Ph. D. Miķelis Kirplūks (zinātniskais vadītājs)

*Polimēru laboratorija, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts*

*e-pasts: raimonds.grube@kki.lv*

Cietais poliuretāna (PU) putuplasts ir viens no visefektīvākajiem siltumizolācijas materiāliem, kas tiek plaši izmantots tādās industrijās kā būvniecība, dzesēšanas iekārtu ražošanā un kosmosu kuģu būvē. Tomēr PU nozare saskaras ar būtiskām problēmām. Pirmkārt, augstā globālās sasilšanas potenciāla (GSP) dēļ fluorogļūdeņraži (HFC) kā uzputošanās aģenti PU putuplastā tiek pakāpeniski izslēgti no Eiropas tirgus. Šobrīd industrijā tiek lietoti tādi HFC, kuru globālās sasilšanas potenciāls (GSP) sasniedz pat 18000. Otrkārt, lielāko daļu PU materiālu iegūst no naftas izcelsmes izejvielām, kuras ir nepieciešams aizstāt ar ilgtspējīgākām izejvielām. Piemēram, naftas ķīmijas polioliem ir iespējams aizstāt ar atjaunojamo resursu polioliem. LZP FLPP projekta "PURGE" ietvaros Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūtā tiek veikts pētījums par cietā PU putuplasta kā siltumizolācijas materiāla iegūšanu no ilgtspējīgiem tallu eļļas polioliem un jaunās paaudzes uzputošanās aģenta (Opteon™ 1100), kura GSP ir viens.

PU polimēru matricas izstrādei tika izmantoti ilgtspējīgi tallu eļļas polioli ar dažādu funkcionalitāti un reaktivitāti. Mainot poliolu masas attiecību PU polimēru matricā, tika izveidotas PU putuplasta sērijas ar šķērssaišu blīvumu starp saitēm ( $M_c$ ) robežās no 374 līdz 508 g/mol. Šķērssaišu blīvums tika noteikts matemātiski aprēķinot un no tā ir atkarīgas PU putuplasta mehāniskās un termiskās īpašības. Cietais PU putuplasts tika uzputots atvērtā formā un tajā noturēts 24 h. Iegūtajiem PU putuplastiem tika noteikts šķietamais blīvums (ISO 845:1995), spiedes izturība (ISO 844:1978), siltuma vadītspēja (ISO 8301:1991) un slēgto poru saturs (ISO 4590:2003). Izmantojot iekārtu Foam Qualification System FOAMAT 285, iegūtajam PU putuplastam tika noteikti tādi tehnoloģiskie parametri kā starta laiks un sarukums. Izstrādāto materiālu sākotnējā siltumvadītspēja bija  $\sim 19 \text{ mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Izstrādātais cietais PU putuplasts ir piemērots izmantošanai siltumizolācijas paneļiem un kā izolācijas materiāls saldēšanas iekārtās.

Rigid polyurethane (PU) foam is effective thermal insulation material that is broadly used in the construction industry. To fulfil this rigid PU foam must have a closed cell structure, low density, low thermal conductivity and excellent mechanic properties. Nowadays, European Union (EU) acknowledges that bio-based materials play a key role in the transition from a fossil to a bio-based economy, and they are essential to the development of a more circular and decarbonized economy. Rigid PU foams are among the most efficient thermal insulation materials, however, the PU industry is faced with crucial challenges. Firstly, the common hydrofluorocarbon (HFC) blowing agents are phased out from the European market. Secondly, the majority of PU materials are obtained from non-renewable feedstock which is not in line with the directions (sustainable and inclusive economic development & circularity). Therefore, a study was conducted at Latvian State Institute of Wood Chemistry regarding the development of bio-based rigid PU foam as thermal insulation from tall oil derivative bio-polyols and novel low global warming potential (GWP) blowing agent - Opteon 1100.

## PATEICĪBA

Pētījumu finansē Latvijas Zinātnes Padome, projekts „Poliuretāna putuplastu siltumizolācijas trūkumu novēršana, nosakot un mainot parametrus, kas ietekmē polimēru matricas gāzu caurlaidību (PURGE)”, projekts Nr. lzp-2019/1-0354.

# Triboelektrisko rindu izveide, balstoties uz polimēru fizikāli ķīmiskām īpašībām

Līva Ģērmāne (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Mg. sc. ing. Linards Lapčinskis (zinātniskais vadītājs)

*Tehniskās fizikas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
e-pasts: Liva.Germane@rtu.lv

Līdz ar fosilās enerģijas izsīkšanu, intriģējošs ir kļuvis jautājums par elektroenerģijas veidošanos dabā, lai varētu novērotos efektus izmantot pašu labā un radīt “zaļo” elektroenerģiju. Kontaktelektrifikācija, zināma arī kā triboelektrifikācija, ir dabas parādība, kad, sakontaktējot un atraujot divus materiālus, uz to virsmām rodas elektrostatisks lādiņš. Lai gan šis efekts ir zināms jau ļoti ilgu laiku, par tā darbības mehānismu joprojām norit diskusijas. Polimēru kontaktelektrifikācijai tiek piedāvāti trīs darbības mehānismi – elektronu pārnese, jonu pārnese un kovalentās saites šķelšanas mehānisms [1]. Līdz ar izpratnes rašanos par kontaktelektrifikācijas mehānismiem, ir attīstītas arī iekārtas elektroenerģijas iegūšanai, kas balstās uz šo parādību [2]. Triboelektriskie nanoģeneratori (TENG) ir iekārtas, kurās kontaktelektrifikācijas efekts ir apvienots ar elektrostatisko indukciju elektrības iegūšanas procesā.

Lai izvēlētos piemērotus materiālus TENG konstrukcijai, tradicionāli tiek izmantotas empīriski apkopotas triboelektriskās rindas. Tā ir secība, kurā sakārto materiālus pēc to tendences uzlādēties pozitīvi vai negatīvi. Jaunākie pētījumi liecina, ka triboelektrifikācijas rezultātā radies lādiņš cieši korelē ar polimēru fizikāli ķīmiskajām un mikromehāniskajām īpašībām [3-5].

Šis pētījums pierāda, ka zināšanas par polimēru īpašībām ļauj prognozēt, kāds lādiņš rodas triboelektrifikācijas rezultātā. Tas tiek panākts, nosakot korelāciju starp abu iesaistīto polimēru triboelektrifikācijas lādiņa blīvumu un kohēzijas enerģijas blīvumu. Cietvielu kohēzijas enerģija atbilst enerģijai, kas jāpievada, lai sadalītu vielu atsevišķos atomos [6] un tā tiek apkopota no literatūrā pieejamajiem datiem. Polimēra parauga lādiņš tiek noteikts izmantojot Faradeja kausa slēgumu kurā tiek mērīta strāva (*Keithley 6514* elektrometrs savienots ar *Picoscope 5444B* osciloskopu), pēc kontakta ar pretējo polimēra paraugu, izmantojot *INSTRON E1000 All-Electric* dinamiskās testēšanas iekārtu. Lādiņš tiek aprēķināts kā integrālis no strāvas pieauguma līnijas maksimālā signāla. Kopumā pētījumā tika izmantoti 14 dažādi polimēri.

## LITERATŪRA

- [1] Lacks, D. J.; Shinbrot, T. *Nat. Rev. Chem.* **2019**, *3*, 465–476.
- [2] Zhu, G.; Peng, B.; Chen, J.; Jing, Q.; Wang, Z. L. *Nano Energy* **2015**, *14*, 126–138.
- [3] Lapčinskis, L.; Mālnieks, K.; Blūms, J.; Knite, M.; Oras, S.; Kāāmbre, T.; Vlassov, S.; Antsov, M.; Timusk, M.; Šutka, A. *Macromol. Mater. Eng.* **2019**, *305*, 1900638.
- [4] Šutka, A.; Mālnieks, K.; Lapčinskis, L.; Kaufelde, P.; Linarts, A.; Bērziņa, A.; Zābels, R.; Jurkāns, V.; Gorņevs, I.; Blūms, J.; Knite, M. *Energy Environ. Sci.* **2019**, *12*, 2417–2421.
- [5] Šutka, A.; Linarts, A.; Mālnieks, K.; Stiprais, K.; Lapčinskis, L. *Mater. Horiz.* **2020**, *7*, 520–523.
- [6] Mizutani, U.; Inukai, M.; Sato, H.; Zijlstra, E. S. *Phys. Metall.* **2014**, 103–202.

**Prediction of triboelectric series based on polymer physico-chemical properties.** Contact electrification is a natural phenomenon when static charge is created on the surface by contacting and separating two materials. There is still an on-going discussion about the mechanism of this phenomena in polymers, however, as these mechanisms are made clearer, devices for generating electricity based on contact electrification are also developed. To make these devices, known as triboelectric nanogenerators (TENG), empirically compiled triboelectric series are consulted. In this study a triboelectric series of 14 polymers is compiled to showcase that knowledge of polymer’s properties allows to predict the charge formed in triboelectrification of polymers.

# Reciklētu polimēru un rapšu salmu kompozītu izveide un raksturošana

Zanda Iesalniece (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. sc. ing. Remo Merijs Meri, Agnese Ābele (zinātniskie vadītāji)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
epasts: zandaiesalniece@gmail.com*

Polimēru materiālu izmantošanas apjoms ar katru gadu aug arvien straujāk. Lietojot pārstrādes tehnoloģijas un otrreizēji izmantojot polimēru materiālus, ievērojami tiek samazināts neatjaunojamo resursu patēriņš. Iegūstot bioloģiski bāzētus polimēru kompozītmateriālus, tiek izpildīta Eiropas Savienības aprites ekonomikas uzraudzības sistēmas paredzētā politika. Tā paredz resursu otrreizēju izmantošanu, lai veicinātu neatjaunojamo resursu saglabāšanu un otrreizēju pārstrādi. Līdz ar to šādiem pētījumiem tiek pievērsta pastiprināta uzmanība [1]. Retāk pētījumi tiek veikti, izmantojot rapšu salmus kā bioloģisko pildvielu polimēru matricā. Rapsis pēdējo gadu laikā guvis augstu popularitāti un ierindojas kā otrais izplatītākais kultūraugs Latvijas lauksaimniecībā [2].

Darba mērķis ir ar atjaunojamām un otrreiz pārstrādātām izejvielām izveidot polipropilēna kompozītus. Raksturot iegūtos kompozītus, pētīt to termiskās un mehāniskās īpašības. Izmantotie materiāli: 1) Reciklēts polipropilēns (Reggranulat PP B), Nordic Plast; 2) Polipropilēnam piepotēts maleīnskābes anhidrīds (Licocene MA 6452); 3) Polietilēnam piepotēts maleīnskābes anhidrīds (Licocene PE-MA 4351); 4) Nātrija hidroksīds; 5) Rapšu salmi ("Pioneer" rapsis); 6) Antioksidants (Irganox 1010). Izmantotās pētījuma metodes: rapšu salmi smalcināti rotortipa smalcinātājā, izmantojot sietu ar acs izmēru 0,25 mm, pēc tam sijāti pneimosijātājā, izmantojot sietus ar acs izmēriem 0,5 mm un 0,05 mm. Pirms tālākas darbības rapšu šķiedras tika žāvētas vakuumskapī 60 °C 24 stundas. Polipropilēns tika žāvēts tādā pašā režīmā. Daļa no rapša šķiedras tika apstrādāta ar nātrija hidroksīdu (5 wt%), to vārot 60 °C 1 stundu, kas pēc tam tika skalotas ar destilētu ūdeni līdz sasniedza pH ≈ 6-8, un tika žāvētas žāvskapī 60 °C 24 stundas un vakuumskapī 60 °C 24 stundas [3]. Komponentes tika samaisītas noteiktās attiecībās, izmantojot divgliemežu ekstrūderi, iegūstot vēlamās kompozīcijas, kas pēc tam tika presētas un izveidoti testēšanas paraugi. Izmantotās testēšanas metodes: Kausējuma indekss; Dinamiskās bīdes reometrija; FT-IR; TGA; DSK; Liece; Triecienizturība; Blīvums.

Tika iegūti polipropilēna kompozīti, kuriem, pievienojot ar nātrija hidroksīdu modificētu rapsi un antioksidantu, tika uzlabotas termiskās un mehāniskās īpašības. Iegūtie materiāli uzrādīja izteikti labākas termiskās īpašības. Lieces pētījumi uzrādīja lielāku elastības moduli kompozītu materiāliem. Pētījums parāda iespējamu risinājumu neatjaunojamo resursu saglabāšanai, iegūstot kompozītu materiālu ar salīdzinoši līdzīgām vai pārākām īpašībām attiecībā pret pārstrādātu polipropilēnu.

## LITERATŪRA

- [1] Morselleto, P. *Resour., Conserv. Recycl.* **2020**, *153*, 104553.
- [2] Centrālās statistikas pārvaldes datubāzes. Lauksaimniecības kultūru sējumu platība, kopražā un vidējā ražība. [https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks\\_\\_03Augk\\_ikgad/LAG020.px/table/tableViewLayout1/](https://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/lauks/lauks__03Augk_ikgad/LAG020.px/table/tableViewLayout1/) (lapa skatīta 15.11.2019.).
- [3] Dixit, S.; Yadav, V.L. *J. Cleaner Prod.* **2019**, *240*, 118228.

**Recycled polymer and rapeseed straw filled composite development and characterization.** In this study rapeseed fiber filled recycled polypropylene composites have been prepared using extrusion and pressing methods. The composites showed increased thermal and mechanical properties. The study shows that these types of materials are a possible solution to the decreasing quantity of non-renewable resources, producing equal or superior composite materials to recycled polypropylene by using second hand raw materials and presumably unusable biomass.



# Biodegradablu polimēru plastificēšana un īpašību raksturošana

Sandra Jaundžeikare (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. sc. ing. Remo Merijs-Meri, M. sc. ing. Madara Žiganova (zinātniskie vadītāji)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*

Ar katru gadu sintētisko polimēru atkritumu daudzums pieaug, tāpēc vides piesārņošana ar tiem ir nopietna ekoloģiskā problēma. Līdz ar to svarīgi palielināt polimēru izstrādājumu ekoloģisko racionalitāti. Sintētisko polimēru dabiska sadalīšanās praktiski nenotiek, savukārt bidegradabliem polimēriem dabiska sadalīšanās ilgst mazāk par pusgadu [1].

Polimēru izmantošana iepakojumiem sastāda 35,9% no visiem polimēru izmantošanas veidiem [2]. Tādējādi biodegradablu polimēru izmantošana iepakojumiem būtiski samazinātu piesārņojumu.

Mērķis ir uzlabot vides un dzīves kvalitāti, samazināt ietekmi uz globālo sasilšanu, palielinot biodegradablu polimēru, tostarp arī poli 3-hidroksibutirāts-ko-3-hidroksivaleriāta (PHBV), izmantošanas iespējas plēvju ražošanai. Iegūt materiālu ar maksimāli labām deformatīvām īpašībām plānu plēvju iegūšanai.

Izmantotie materiāli: 1) Poli 3-hidroksibutirāts-ko-3-hidroksivaleriāts; 2) Trietilcitrāts.

Kompozītu iegūšanas metodoloģija: Poli 3-hidroksibutirāts-ko-3-hidroksivaleriāts maisīts ar trietilcitrātu, iegūstot 10%, 20%, 30% kompozītus, valcēts pie valču temperatūrām 165°C un 175°C un ātrumiem 20 apgr/min un 30 agr/min. Kompozīti presēti 180°C temperatūrā ar spiedienu 5 MPa.

Izmantotās testēšanas metodes: Kausējuma indekss; Furjē transformācijas infrasarkanā spektroskopija; Termogravimetriskā analīze; Diferenciāli skenējošā kalorimetrija; Stiepe; Blīvums.

Tika iegūti poli 3-hidroksibutirāta-ko-3-hidroksivaleriāta kompozīti, kuriem, pievienojot trietilcitrātu tika uzlabota plūstamība, deformatīvās un termiskās īpašības plānu plēvju iegūšanai.

## LITERATŪRA

[1] Chinaglia, S., Tosin, M., Degli-Innocenti, F. *Polymer Degrad. Stab.* **2018**, *147*, 237-244.

[2] Greyer, R.; Jambeck, J. R.; Lavander Law, K. Production, use, and fate of all plastics ever made. <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782> (Lapa skatīta 21.04.2021)

**Preparation and characterization of biodegradable polymer composites.** In this study, poly 3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate composites with triethyl citrate were developed using two-roll mills, while test specimens were prepared using compression moulding. The composites showed higher flowability, thermal and deformative properties, indicating that the use of a plasticizer improves the properties of the PHBV. The study shows that the use of biodegradable materials is a solution to replace synthetic polymers in various packaging, because the resulting composites can be used to obtain thin films. This would increase the ecological rationality of polymer products.

# Nanocelulozi saturoša biopolimēra tinte stereolitogrāfijas 3D drukai

Maksims Jurinovs (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr. sc. ing.* Sergejs Gaidukovs, *Mg. sc. ing.* Anda Barkāne (zinātniskie vadītāji)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
*e-pasts: maksims.jurinovs@rtu.lv*

Pēdējos gados biopolimēru materiāliem no atjaunojamiem avotiem ir tendence aizstāt no naftas iegūtos polimērus. Biomateriāli piedāvā tādas pašas vai pat labākas tehnoloģiskās, funkcionālās un mehāniskās īpašības, vienlaicīgi nodrošinot vienkāršo pārstrādi, zemākas izmaksas un mazāku ietekmi uz vidi. Vienlaikus 3D drukāšana ir ražošanas tehnoloģija, kas izstrādāta kā veids, kā nodrošināt efektīvu polimēru materiālu ražošanu ar zemu atkritumu daudzumu. Biopolimēru materiālu pielietojums UV 3D drukāšanas tehnoloģijā var palīdzēt mazināt vai ar laiku pilnībā novērst no naftas iegūto materiālu izmantošanu. Koksnes celulozes nanomateriāli ir jauni materiāli ar daudziem daudz sološiem izmantošanas veidiem un jomām [1]. Mūsu pētījuma mērķis bija uzlabot biopolimēru tintes UV gaismas 3D printēšanai, pievienojot nanofibrilētu celulozi (NFC) kā pildvielu. Šajā pētījumā stereolitogrāfijas 3D printēšanas tehnoloģija tika izmantota, lai ierosinātu akrilētu sojas pupu eļļas (AESO) tinšu brīvo radikālu polimerizāciju, pievienojot reakīvus monomērus un NFC. Tika sagatavotas 4 šādas kompozīcijas veidi: tukša tinte un 3 kompozīcijas ar NFC saturu 0,1, 0,5 un 1 masas %. Viskozitātes mērījumi tika veikti, lai kontrolētu sagatavoto tintes maisījumu printēšanas tehnoloģiskās īpašības [2]. Printēto paraugu polimerizācijas īpašības tika pētītas izmantojot FTIR. Mehāniskās īpašības tika izpētītas stiepes, lieces un triecienizturības testos, kā arī izmantojot DMA. Lai noteiktu pildvielas ietekmi uz kompozīta termisko stabilitāti, tika veikti termogravimetrijas mērījumi. Secināts, ka NFC iejaukšana AESO matricā ievērojami uzlabo materiālu elastības moduli un stiprību. Savukārt sabrukšanas robežpagarinājums arī uzrādīja ievērojamus uzlabojumus. Jāatzīmē, ka NFC ievadīšana nesamazināja kompozītmateriālu termisko stabilitāti.

## LITERATŪRA

[1] Trache, D.; Tarchoun, A. F.; Derradji, M.; Hamidon, T. S.; Masruchin, N.; Brosse, N.; Hussin, M. H. *Front. Chem.* **2020**, *8*, 392.

[2] Taormina, G.; Sciancalepore, C.; Messori, M.; Bondioli, F. *J. Appl. Biomater. Funct. Mater.* **2018**, *16*, 151-160.

**Nanocellulose-containing biopolymer inks for stereolithographic 3D printing.** In this study, thermal and mechanical properties of acrylated epoxidized soybean oil (AESO) filled with nanofibrillated cellulose (NFC) inks were studied. It is concluded that NFC loading into the EASO resin significantly enhance the elastic modulus and strength of the materials. While the elongation at the breaks also shows drastic increasement. Moreover, filler is not decreasing the thermal stability of 3D printed samples.

## Papīrs no nanocelulozes

Ilja Markins (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

Dr. sc. ing. Sergejs Gaidukovs, Mg. sg. ing. Sergejs Beļuns (zinātniskie vadītāji)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*

Nepārstrādāti atkritumi mūsdienās ir ļoti aktuāla problēma. Viens no šāda tipa atkritumu piemēriem ir plastmasa. Radot alternatīvu plastmasai, kuru var pārstrādāt, samazināsies piesārņojuma daudzums. Viens no iespējamajiem variantiem – papīrs uz nanocelulozes bāzes. Nanoceluloze un tās polimēru bāzes kompozīti ir izmantoti dažādos pielietojumos; plēves, e-papīrs, displeja ierīce, biomateriāli, pārklājuma piedevas, pārtikas iepakojums [1].

Šī darba mērķis – izstrādāt metodiku nanofibrilētas celulozes papīra iegūšanai un to fizikālās īpašības uzlabošanai, izmantojot pildvielas.

Paraugu sagatavošanai izmantots 1% tīras celulozes šķīdums, kas tiek izlaists 5 reizes zem augsta spiediena (30000 psi) caur microfluidizer LM20. Pēc tam, gatavam NFC šķīdumam pievieno pildvielas. Tiek izveidoti daudzi paraugi ar atšķirīgu ksilāna un lignīna piedevu procentuālo daudzumu, kā arī ar vairākiem hibrīdiem, kuriem pievienotas abas vielas. Paraugi testēšanai – plēvītes - iegūti pēc žāvēšanas. Turpmāk no tiem izgriež testa paraugus. Testi notiek uz iekārtas Tinius Olsen 25 ST stiepes režīmā. Veicot testu, pārbauda elsatības moduli un stiepes izturību. Rezultāti parādīja, ka labākas īpašības iegūst, pievienojot ne vairāk kā 5% vienas no piedevām. Piemēram, pievienojot lignīnu 2,5% apmērā no parauga kopējās masas, elastības modulis tika palielināts par 66%, un, pievienojot ksilānu 5% apmērā no parauga kopējās masas, elastības modulis tika palielināts par 200%. Dažas piedevu kombinācijas arī parādīja ārkārtīgi augstus rezultātus, 3 reizes palielinot elastības moduli, savukārt, citas piedevu kombinācijas deva tādu pašu rezultātu kā tīrs NFC produkts. Paraugiem ar ksilānu 2,5% un 5% apmērā no kopējās masas ir ievērojams stiepes izturības pieaugums - 2 reizes. Pārējiem paraugiem šī parametra izmaiņas ir nenozīmīgas.

Ar ksilānu un lignīnu palīdzību tika uzlaboti NFC papīra fizikāli mehāniskie rādītāji. Izdevās palielināt tās stiepes izturību un elastības moduli, salīdzinot ar tīro produktu. Labākie rezultāti tika sasniegti, pievienojot nelielu pildvielu daudzumu.

### LITERATŪRA

[1] Rana, S. S.; Gupta, M. K. *Polymer Comp.* **2020**, *41*, 5257-5268.

**Paper of nano cellulose.** In this study mechanical properties of nano fibrillated cellulose (NFC) were tested and improved. Firstly, it was prepared from 1% solution of pure cellulose by using microfluidizer LM20. Then samples were prepared of pure NFC and NFC + Xylan or Lignin. These samples were tested on machine Tinius Olsen for elastic modulus and tensile stress. The results have shown improvement of NFC properties with adding Xylan or Lignin in small doses.

# Polimērkompozītu izveidošana ar modificētiem rapšu salmiem

Karīna Ņikitina (2. kursa Ķīmijas Tehnoloģijas maģistra programmas studente)

Dr.sc.ing. Remo Merijs-Meri, Agnese Ābele, Ritvars Bērziņš (zinātniskie vadītāji)

Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
 e-pasts: [knikitina1996@gmail.com](mailto:knikitina1996@gmail.com)

Rūpes par vidi, kā arī sintētisko šķiedru augstās izmaksas ir radījušas interesi dabiskās šķiedras izmantošanai polimēru kompozītos. Visbiežāk biokompozītu veidošanā izmanto tieši celulozes šķiedras, jo tās ir pieejamas un atrodamas lielā daļā dabas vielu. Šajā darbā celulozes šķiedras tiek izdalītas no rapšu salmiem, kas pēc ražas novākšanas paliek uz laukiem [1].

Darba eksperimentālajā daļā no rapšu salmiem izdalīta celuloze mersmerizācijas procesā (1.att.), izveidoti tās polimērkompozīti ar PP dažādās koncentrācijās un testētas to īpašības. Eksperimenta rezultātā iegūti 4 dažādi polimērkompozīti ar 10%, 20 %, 30 % un 40 % celulozes koncentrācijām polimērkompozītā. Redzams, ka, palielinoties celulozes koncentrācijai materiālā, palielinās tā lieces stiprība un modulis, taču pie 40 % celulozes šīs īpašības samazinās. Pēc līdzīgas tendences mainās arī stiepes modulis, taču maksimumu tie sasniedz tieši pie 40 % celulozes koncentrācijas, bet stiepes stiprība pakāpeniski samazinās. Vislielākā triecienizturība ir PP kompozītam ar 30 % celulozes saturu. Atbilstoši literatūras datiem, materiāla kausējuma indekss, palielinoties celulozes koncentrācijai, samazinās, bet blīvums palielinās [2] (1.tabula).

Pēc iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka, iestrādājot materiālā celulozi, maksimālā celulozes koncentrācija kompozītā ir 30 %, jo pēcāk polimēra īpašības pamatā ievērojami pasliktinās. Turpmākos pētījumos plānots izveidot modificētas celulozes (2.att.) polimērkompozītus, kuru mehāniskās īpašības varētu būt vēl augstākas.



1. att. Celulozes mikroskopijas attēls



2.att. Modificētas celulozes mikroskopijas attēls

1.tabula. PP/celulozes polimērkompozītu īpašības.

Kompozīts	Lieces stiprība, MPa	Lieces modulis, MPa	Stiepes stiprība, MPa	Stiepes modulis, MPa	Stiepes deformācija, %	Triecienizturība, kJ/m <sup>2</sup>	Kausējuma indekss, g/10min (180°C/2,16 kg)	Blīvums, g/cm <sup>3</sup>
PP	42,26	1274	37,58	1179,1	820	-	9,4	0,9
PP/ 10 % celuloze	34,58	947,4	16,65	1134,8	2,71	6,28	6,34	0,84
PP/ 20 % celuloze	36,16	1108,8	15,04	1578,3	1,23	6,47	6,10	0,93
PP/ 30 % celuloze	37,40	1586,0	11,37	1763,9	0,73	6,82	5,71	0,94
PP/ 40 % celuloze	29,05	1545,0	8,07	2497,0	0,30	4,72	1,62	0,99

## LITERATŪRA

- [1] Mohanty, A. K.; Misra M.; Drzal, L. T. Natural fibres, biopolymers, and biocomposites, New York: Taylor & Francis Group, 2005, p. 896.  
 [2] Yuan, Q.; Wu, D.; Gotama, J.; Bateman, S. J. *Thermoplast. Compos. Mater.* **2008**, *21*, 195-208.

**Formation of polymer composites with modified rapeseed straw.** Cellulose fibers are most often used in the formation of biocomposites, as they are available and found in many natural substances. In this work, cellulose fibers are extracted from rapeseed straw, which remains in the fields after harvest. The work begins with cellulose extraction from rapeseed straw and further development of composites containing polypropylene and cellulose at 4 different concentrations (10%, 20 %, 30 %, 40 %). From the tests results, it can be concluded that the maximum concentration of cellulose in the composite is 30 %. In further research, it is planned to create modified cellulose polymer composites with even higher mechanical properties.

# Nogulsnēšanās mehānismu pētījumi Li-metāla bateriju noslodzes laikā

Arnita Spule (2. kursa maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Andris Šutka, Ph. D. Aleksandar Matic, Matthew Sadd (zinātniskie vadītāji)

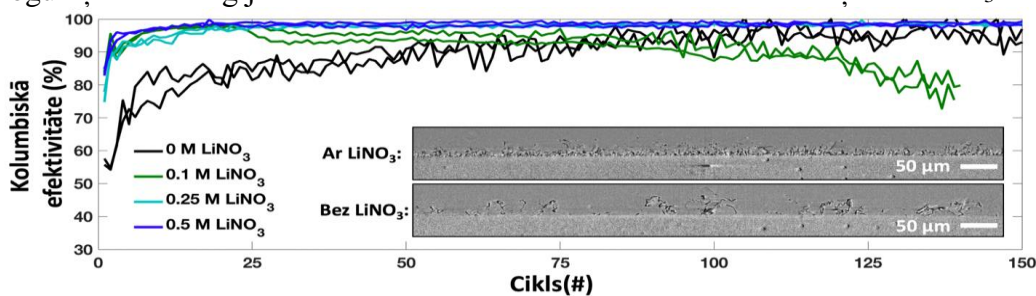
Funkcionālo materiālu tehnoloģiju zinātniskā laboratorija, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: [arnitasp@gmail.com](mailto:arnitasp@gmail.com)

Litija jonu baterijas mūsdienās ir plaši sastopamas datoros, viedtālrunos, elektromobīļos un citās ierīcēs. Tomēr, palielinoties pieprasījumam pēc augstākas ietilpības enerģijas uzglabāšanas sistēmām, nepieciešams domāt ārpus jau pieejamajām mūsdienu tehnoloģijām. Viens no potenciālajiem risinājumiem ir izmantot Li-metālu kā anoda materiālu grafitā vietā. Li-metāls ir perspektīvs tā augstās teorētiskās īpatnējās kapacitātes 3860 mAh/g (grafītam – 372 mAh/g) un zemā reducēšanās potenciāla (-3.04 V) dēļ [1]. Tomēr ir būtiski trūkumi, kas ierobežo Li-metāla bateriju komercializāciju, piemēram, zema kolumbiskā efektivitāte (uzlādes/izlādes kapacitāšu procentuālā attiecība) un nevienmērīga Li-metāla nogulsnēšanās uzlādes laikā, veidojot asas, neregulāras struktūras, ko sauc par dendrītiem. Šie dendrīti ir risks īssavienojumiem un citiem nopietniem drošības apdraudējumiem. Lai novērstu dendrītu veidošanos un paaugstinātu kolumbisko efektivitāti, ir nepieciešams nodrošināt vienmērīgu Li-metāla nogulsnēšanos. Viens no risinājumiem ir piemeklēt atbilstošu elektrolīta sastāvu. Literatūrā plaši apskatīta elektrolīta piedeva, kura krietni uzlabo Li-metāla baterijas veiktspēju, ir litija nitrāts  $\text{LiNO}_3$ , tomēr detalizēts mehānisms un saistība ar nogulsnēšanas procesu joprojām nav skaidra [2].

Lai pētītu Li nogulšņu morfoloģiju, tika izveidotas Li-Cu šūnas, ar dažādu  $\text{LiNO}_3$  koncentrāciju elektrolītā. Šūnas tika galvanostatiski cikliski izlādētas un uzlādētas pie strāvas blīvuma  $0.1 \text{ mA/cm}^2$ , lai noteiktu šūnu kolumbisko efektivitāti, kā arī tika uzņemti rentgenstaru tomogrāfijas attēli šūnu noslodzes laikā, lai novērotu dendrītu veidošanos laikā.

No 1. att. ir redzams, ka, palielinot  $\text{LiNO}_3$  koncentrāciju elektrolītā, kolumbiskā aktivitāte ir augstāka un stabilāka. Pēc iegūtajiem tomogrāfijas attēliem arī novērots, ka Li nogulsnēšanās uzlādes laikā ir krietni vienmērīgāka un blīvāka, ja ir pievienots  $\text{LiNO}_3$  elektrolīts.

Var secināt, ka  $\text{LiNO}_3$  pievienošana elektrolīta sastāvam ievērojami uzlabo šūnu veiktspēju un kolumbisko efektivitāti, kā arī ar rentgenstaru tomogrāfijas palīdzību iespējams novērot skaidru atšķirību Li nogulšņu morfoloģijā šūnu noslodzes laikā un salīdzināt tās izmaiņu ar  $\text{LiNO}_3$  elektrolīta sastāvā un bez tā.



**1. att.** Li-Cu pusšūnu kolumbiskā efektivitāte pie dažādām  $\text{LiNO}_3$  koncentrācijām elektrolītā; attēla iekšpusē – 2D tomogrāfijas attēli ar Li nogulšņu morfoloģiju.

## LITERATŪRA

- [1] Liu, Y. *et al. Adv. Sci.* **2021**, 2003301.  
[2] Jin, H. *et al. J. Electroanal. Chem.* **2020**, 874, 114484.

**Operando investigations of Deposition Mechanisms of Li-metal Batteries.** To investigate the impact of the  $\text{LiNO}_3$  additive within the electrolyte in Li-metal batteries, Li-Cu half-cells were assembled and galvanostatically cycled at a current density of  $0.1 \text{ mA/cm}^2$ . It was observed that with an increase of  $\text{LiNO}_3$  concentration, coulombic efficiency and cycling stability was increased which agrees with literature [2]. Complementing these results, *operando* Tomographic imaging was performed to study the morphology of deposited Li-metal, and the change of this morphology in time, showing a clear difference between the systems with and without  $\text{LiNO}_3$  added to the electrolyte.

# No atjaunojamajām izejvielām iegūti putupoliuretāna kompozīti kriogēnajai izolācijai

Beatrise Stūre (2.kursa Materiālzinātnes maģistra programmas studente)

Dr. sci. ing. Sergejs Gaidukovs, Dr. sci. ing. Uģis Cābulis (zinātniskie vadītāji)

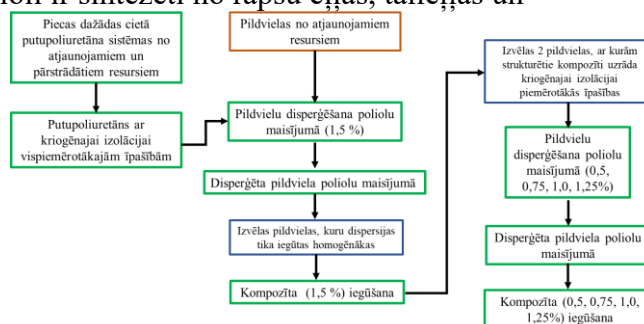
Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
Polimēru laboratorija, Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts  
e-pasts: beatrise.sture@gmail.com

Mūsdienās ķīmijas industrijā mēģina samazināt no naftas iegūto savienojumu pielietojumu, veicinot atjaunojamo resursu izmantošanu. Ar dabiskajām šķiedrām (DŠ) strukturēti polimērmateriāli tiek pētīti jau salīdzinoši ilgi. DŠ, kuru galvenā sastāvdaļa ir celuloze, ir vairākas priekšrocības, piemēram, zemas izmaksas, zems blīvums, tās bioloģiski noārdās, kā arī ir viegli modificējamas. DŠ trūkumus – polaritāte, hidrofilā daba, termiska nestabilitāte. Silanēšanas procesā notiek DŠ virsmas modificēšana, kuras galarezultātā siloksāna “tiltiņi” sasaistās ar uz celulozes virsmas esošajām hidroksilgrupām. Strukturējot polimērmateriālus ar DŠ, t.sk. nanocelulozi (NC), iegūst kompozītmateriālus ar uzlabotām mehāniskajām īpašībām - augstāku stiepes stiprību, uzlabotu elastības moduli, labāku stingumu, u.c. [1].

Putupoliuretāni (PPU) tiek plaši izmantoti siltuma un skaņas izolācijā, autobūvē, mēbeļu ražošanā, kā arī citās nozarēs, tāpēc to daudzpusīgais pielietojums veicina ilgtspējīgu izejvielu pieprasījumu. PPU ražošanai piemērotus polioli var iegūt no dažādām eļļām – rapšu, sojas, rīcineļļas, kā arī no talleļļas (celulozes ražošanas blakusprodukta), kuras izmantošana nekonkurē ar pārtikas industriju [2].

Pateicoties PPU daudzpusīgajām īpašībām, tā šūnu struktūrai, kas iztur termiskos un mehāniskos spriegumus, PPU kā kriogēno izolāciju arvien vairāk izmanto sašķidrināto gāzu ( $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$ , dabas gāze) uzglabāšanai [3]. Sašķidrinātas gāzes, kā efektīvu degvielu izmanto aviācijā un kosmosa industrijā.

Darba mērķis ir iegūt kriogēnajai izolācijai piemērotu PPU kompozītu, izmantojot atjaunojamajās izejvielas, un, kā armējošo materiālu dažādas DŠ - koksnes putekļus, mikrocelulozi un NC, kā arī šo DŠ silanētās formas. PPU kompozītu izstrādē izmantotie polioli ir sintezēti no rapšu eļļas, talleļļas un pārstrādāta polietilēnterftalāta (PET). Armējošie materiāli tika disperģēti poliolos dažādās koncentrācijās līdz 1,5 % (attiecībā pret kompozīta masu). Lai izvērtētu poliolu dispersiju kvalitāti, tām tika uzņemti attēli ar stereomikroskopu. Iegūto kompozītmateriālu fizikāli-mehāniskās īpašības tika testētas istabas un kriogēnajās temperatūrās, kā arī tika noteikts to siltumvadītspējas koeficients, blīvums un citi parametri. Labākai uzskatāmībai eksperimentālās daļas plāns ir attēlots 1.shēmā.



1.shēma. Eksperimentālās daļas plāns.

## LITERATŪRA

- [1] Kargarzadeh, H.; Sheltami, R.A.; Ahmad, I.; Abdullah, I.; Dufrense, A. *Polymer* **2015**, *56*, 346-357.  
 [2] Alagi, P.; Hong, S. C. *Macromol. Res.* **2015**, *23*, 1079-1086.  
 [3] Stirna, U.; Beverte, I.; Yakushin, V.; Cabulis, U. *Polyurethane and Polyisocyanurate Foams in External Tank Cryogenic Insulation. Polymers at Cryogenic Temperatures*. London: Springer, 2013, pp.203-242, ISBN: 978-3-642-35335-5, eISBN: 978-3-642-35335-2.

**Polyurethane foam for cryogenic insulation obtained from renewable materials.** Polyols for polyurethane foams were obtained from renewable and recycled materials. Obtained composites were structured with wood dust, microcellulose and nanocellulose. Characteristics as tensile and compressive strenght were tested in both room and cryogenic temperatures.



# Katalizatoru un reakcijas apstākļu ietekme uz polilaktīda pāresterificēšanas procesu

Rūta Zariņa (2. kursa materiālzinātnes maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Sergejs Gaidukovs (zinātniskais vadītājs)

Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

Rīgas Tehniskā universitāte

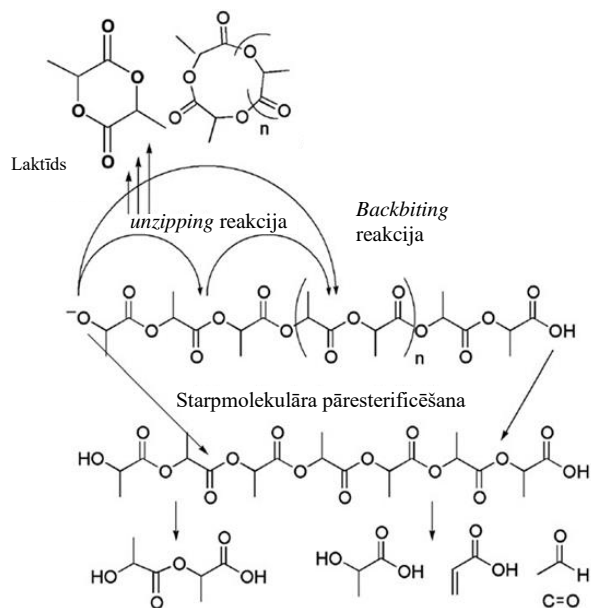
e-pasts: rutazarina22@gmail.com

**Ievads.** Polilaktīds (PLA) šobrīd ir viens no visplašāk pētītajiem un izmantotajiem bioloģiski noārdāmiem un atjaunojamiem termoplastiskajiem polimēriem [1]. Tomēr dēļ PLA piemītošā trausluma, tas bieži tiek sajaukts ar citu biopoliesteri, kā piemēram, poli (butilēna sukcinātu) (PBS). Maisījums, kas sastāv no PLA un PBS, piedāvā specifiskās materiāla īpašības, bet termodinamiski izdevīgais divfāžu sastāvs bieži ierobežo tā pielietojumu [2]. Tādējādi tika veikts pētījums, lai noskaidrotu, kā katalizatori un reakcijas apstākļi ietekmē polilaktīda reaktivitāti un uzlabotu tā reaktīvo savietojamību ar citiem biopoliesteriem.

**Materiāli un metodes.** Veiktajos eksperimentos izmantots komerciāli pieejamais PLA (*Purapol L130*), šķīdinātāji (N,N-Dimetilacetamīds, Toluols, cikloheksanols), 1wt% pāresterificēšanās katalizatori (p-toluolsulfonskābe,  $Zn(OAc)_2$ ,  $Sn(Oct)_2$ ,  $Ti(OBu)_4$ ,  $K_2CO_3$ , DBU, 0,4mol%  $SnCl_2$ / 0,2 mol% p-toluolsulfonskābe) un mainīti reakcijas temperatūra un laiks. Reakcijas veiktas normālā vai inertā vidē. Lai izpētītu, kā reakcijas apstākļi un dažādi pāresterificēšanas katalizatori ietekmē komerciāli pieejamo polilaktīdu un tā ķīmisko saderību ar Polibutilēna sukcinātu, reakcijā iegūtie paraugi tika analizēti, izmantojot DSC, TGA, KMR un GPC analīžu metodes.

**Rezultāti.** Novērots, ka atkarībā no reakcijā pievienotā pāresterificēšanās katalizatora un izmantotajiem reakcijas apstākļiem izmainās PLA makromolekulu skaita masa ( $M_n$ ), svara molekulmasa ( $M_w$ ) un tā fizikālās īpašības. Iegūtos rezultātus var skaidrot ar to katalizatori ietekmē ne tikai produktu kopolimēru ķēdes sastāvu, bet arī ietekmē reakcijā iesaistīto polimēru daudzumu [3]. Jāpiebilst, ka novērota arī pāresterificēšanās katalizatoru aktivitātes izmaiņas atkarībā no ūdens klātbūtnes reakcijā. Tā aktivitāte var palielināties vai tieši pretēji samazināties ūdens klātbūtnē, kā  $Ti(OBu)_4$  katalizatoru gadījumā.

Secināms, ka katalizatori un reakcijas apstākļi ietekmē polilaktīda reaktivitāti un palīdz uzlabot tā reaktīvo savietojamību ar citiem biopoliesteriem.



## 1. att. Polilaktīda pāresterificēšanās mehānismi.

### LITERATŪRA

- [1] Spinella, S., Samuel, C., Zhu, J., et al. *Biomacromolecules* **2015**, *16*, 1818–1826.  
 [2] Su, S., Kopitzky, R., Tolga, S., Kabasci, S. *Polymers* **2019**, *11*, 11193.  
 [3] Liu, C., Lin, S., Zhou, C., et al. *Polymer* **2013**, *54* (1), 310-319.

**The effect of catalyst and reaction conditions on the transesterification of Poly Lactic Acid.** Aim of the work was to investigate impact of catalyst and reaction conditions on the reactivity of Poly Lactic acid in order to improve its reactive compatibilization with other biopolyesters. The number of PLA macromolecules ( $M_n$ ), the molecular weight ( $M_w$ ) and its physical properties change depending on the transesterification catalyst added in the reaction and the reaction conditions used.

# Kompozītu uz reciklēta un pirmējā augsta blīvuma polietilēna (ABPE) maisījumu bāzes ekspluatācijas un reoloģiskās īpašības

Mārtiņš Zālītis (2.kursa materiālzinātnes maģistra programmas students)

*Dr. sc. ing.* Jānis Kajaks (zinātniskais vadītājs)

*Polimērmateriālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
e-pasts: martins.zalitis@inbox.lv

Pēdējo 30 gadu laikā daudzi pētījumi ir saistīti ar bio-kompozītu ražošanu un pētīšanu. Populārākie materiāli šajā jomā ir koka šķiedras polimēru kompozīti (KPK), kurus veido no poliolefīniem un dažādas koksnes šķiedrām. Visplašāk kā polimēra matricas izmantoto augsta blīvuma polietilēnu (ABPE) un polipropilēnu. Iepriekš veiktie pētījumi parādīja, ka saplākšņa slīpēšanas putekļi ir perspektīva pildviela KPK matricas modificēšanai [1]. Ļoti daudz ABPE nonāk arī atkritumu plūsmā un tiek pārstrādāti otrreiz, tāpēc nepieciešams veicināt reciklēta augsta blīvuma polietilēna (rABPE) apriti un izmantošanu.

Iepriekš veiktā pētījumā tika noskaidrots, ka, pievienojot rABPE pirmējā ABPE matricai, kompozītmateriāla īpašības būtiski nepasliktinās, kompozīcijas ir iespējams ekstrudēt un izmantot KPK iegūšanai [2].

Pētījuma mērķis ir noskaidrot pašas matricas ar dažādu ABPE un rABPE atiecību, ietekmi uz kompozītmateriālu ekspluatācijas un reoloģiskajām īpašībām.

Šim nolūkam tika sajaukti pieci maisījumi ar dažādām ABPE un rABPE atiecībām: 1 - ABPE 100%, 2 - ABPE 75% / rABPE 25%, 3 - ABPE 50% / rABPE 50%, 4 - ABPE 25% / rABPE 75%, 5 - rABPE 100%. Kā pirmējais tika izmantots ABPE, marka HMA 014 (KI=4 g/10min), bet kā reciklētais rABPE ražots SIA Nordic Plast” (KI=4-8 g/10min). Maisījumi sajaukti ar valcēšanas metodi. Iegūtie materiāli sasmalcināti, lai izgatavotu paraugus turpmākiem pētījumiem. Iegūto materiālu kausējuma indekss ir noteikts saskaņā ar ASTM D 1238 standartu. Uz hidrauliskās laboratorijas preses Carver 4386 iegūti plākšņu paraugi ar biezumu 0,6 mm stiepes pārbaudei (EN ISO 527) un mikrocietības noteikšanai ar Vicker M-41 pie 200 g lielas slodzes. Ar spiedliešanas metodi tika iegūti standarta izmēra stieniši, kurus izmantoja lieces (EN ISO 178) un triecienizturības (ASTM D 256 M ) pārbaudēs.

Pētījumu rezultāti rāda, ka, palielinoties rABPE saturam matricā, palielinās kausējuma viskozitāte un samazinās tecēspēja. Paraugu virsmas mikrocietība palielinās par 80%, triecienizturība samazinās par 43%. Stiepes mērījumu rezultāti rāda, tecēšanas spriegums un sagraušanas spriegums būtiski nemainās, bet sagraušanas pagarinājums pirmējam ABPE ir 25 reizes lielāks, nekā rABPE. Lieces rezultāti savukārt parāda, ka, mainoties kompozīta matricas sastāvam, lieces stiprība un elastības modulis maz izmainās, paraugi ir pietiekami elastīgi. Pētījumu rezultāti parāda, ka no reoloģijas un ekspluatācijas viedokļa visas matricas ir izmantojamas kompozītmateriālu ieguvei, bet ABPE/rABPE attiecība matricā tiek izvēlēta atkarībā no materiāla izmantošanas sfēras.

## LITERATŪRA

- (1) Kajaks, J.; Kolbins, A.; Kalnins, K. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* **2016**, 111.
- (2) Kajaks, Janis; Kalnins, Karlis; Zalitis, Martins; Matvejs, J. In *Solid State Phenomena* **2021**, 320, 119–125.

**Exploitation and rheological properties of composites based on mixtures of recycled and virgin high density polyethylene (HDPE).** The study focuses on the effects of matrix with HDPE and recycled HDPE relations on the technological, exploitation and rheological properties. The result of the studies show that from a rheological and exploitation point of view, all mixtures useable for composite extraction, but the ratio of HDPE/rHDPE in the matrix is selected depending on the material's sphere of use.

**ORGANISKO SAVIENOJUMU ĶĪMIJAS UN TEHNOLOĢIJAS  
APAKŠSEKCIJA**

# Šķīdinātāju ietekme uz bērza tāss sauso ekstraktu antioksidantu īpašībām un betulīna pārkristalizācijas procesu

Rūdolfis Bērziņš (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

Dr. sc. ing. Aigars Pāže, Dr. chem. Inese Mieriņa (zinātniskie vadītāji)

Organiskās ķīmijas tehnoloģijas katedra, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: rudis.berzins@gmail.com

Nepārtrauktas āra bērza (*Betula pendula* Roth.) koksnes pārstrādes rezultātā rodas ievērojams daudzums bērza mizas blakusprodukta, kur vidēji 20% no tā veido bērza tāss (BT). Bērza tāss sastāvā ir bioloģiski aktīvi savienojumi no terpenoīdu, ēterisko eļļu, steroīdu, fenolu savienojumu, monosaharīdu, u.c. organisko vielu klasēm, starp kurām vidēji 20-40% veido triterpenoīdi, kā betulīns, betulīnskābe un lupeols [1]. Lielāko daļu no šiem individuālajiem savienojumiem var iegūt BT ekstrakcijas procesā [2]. Ekstraktvielās esošajiem triterpenoīdiem piemīt pretvīrusu, imūnmodulējoša un brūču dziedinoša iedarbība, taču BT fenolu savienojumiem antioksidanta aktivitātes un ādu aizsargājošas īpašības, kuras var būt noderīgas kosmētikas, kā arī pārtikas rūpniecībā [2,3]. Efektīva pieeja tīra betulīna iegūšanai ir BT sausā ekstrakta pārkristalizēšana organiskajos šķīdinātājos. Zinātniskajā literatūrā ir aprakstīta betulīna pārkristalizācija atsevišķos šķīdinātājos to maisījumos un azeotropos, taču ir maz informācijas par dažāda oglekļa ķēdes garuma spirtu ietekmi uz betulīna tīrību pēc BT sauso ekstraktu pārkristalizācijas procesa [4]. Ekstraktus ieguva BT ekstrakcijas procesā ar etanolu, 1-butanolu, 2-propanolu un etilacetātu, izmantojot samaltu un sijātu 1-3 mm tāss frakciju 30 L reaktorā, pēc kā sekoja ekstraktu ietvaicēšana un žāvēšana. Sauso ekstraktu pamatsastāva triterpenoīdus noteica ar GC-FID iekārtu, fenola savienojumus, izmantojot gallusskābi un *Folina-Čikalteu* reaģentu, taču monosaharīdus noteica pēc *Malaprades* reakcijas. Iegūtos ekstraktus pievienoja kosmētiskajai ūdens-eļļā tipa emulsijām 30 un 60 mg/g koncentrācijās, kurām noteica antioksidantu aktivitāti, izmantojot *ML „Oxipres”* iekārtu. Pārkristalizācijai izmantoja etanola ekstraktu (75% betulīna sastāvu), kurš bija daļēji attīrīts ar dejonizētu ūdeni, monosaharīdu un fenolu daļējai atdalīšanai. Izejvielu šķīdināja 1 litrā etanola, 1-propanola, 2-propanola, 1-butanola, 2-butanola un 1-pentanola šķīdinātāja viršanas temperatūrā. Iegūtos maisījumus atdzesē, filtrē, filtrātu ietvaicē un iegūtos produktus žāvē, maļ un fracionē.

Sausajiem ekstraktiem, kas iegūti etanolā, 1-butanolā un etilacetātā, bija līdzīgs iznākums - 25% no sausas BT masas, bet 2-propanola ekstraktam bija zemākais iznākums - 20%. 1-Butanola ekstrakts iegūts ar visaugstāko betulīna saturu (55%). Visaugstākais kopējo fenolu savienojumu saturs bija etanola un 2-propanola ekstraktos (3,36% un 3,58%), taču etanolā pārkristalizētajā produktā tie bija vismazāk (0,26%). Antioksidantu aktivitāte emulsijās palielinās, izmantojot attiecīgos ekstraktus: pārkristalizētā produkta >etilacetāta>1-butanola>etanola>2-propanola. Pārkristalizācijas eksperimentos lielākā BT sausā ekstrakta šķīdība sasniegta 1-butanolā (269 g/L), taču augstākā tīrība >95% sasniegta etanola un 2-propanola pārkristalizācijas procesos. Novērtējot antioksidantu aktivitāti, tiek secināts, ka 2-propanolā iegūtais sauss ekstrakts ir vispiemērotākais izmantošanai kā produktu antioksidanta piedevu. Iegūstot un analizējot attīrītos produktus, tika secināts, ka etanols ir piemērotākais šķīdinātājs BT ekstrakta pārkristalizācijai, jo betulīna satura pieaugums ar vienu apstrādi bija vislielākais - no 75% līdz 95%.

## LITERATŪRA

- [1] Abyshev, A. Z.; Agaev, É. M.; Guseinov, A. B. *Pharm. Chem. J.* **2007**, *41*, 419-423.
- [2] Blondeau, D.; St-Pierre, A.; Bourdeau, N.; Bley, J.; Lajeunesse, A.; Desgagné-Penix, I. *MicrobiologyOpe.* **2020**, *1*.
- [3] Alakurtti, S.; Mäkelä, T.; Koskimies, S.; Yli-Kauhaluoma, J. *Eur. J. Pharm. Sci.* **2006**, *29*, 1-13.
- [4] Eckerman, C.; Ekman, R. *Paperi ja Puu.* **1985**, *67*, 100-106.

**Influence of solvents on the antioxidant properties of the birch outer bark dry extracts and betulin recrystallization process.** A wood processing by-product - birch outer bark (BOB) contains a variety of biologically active compounds. Several solvents were used for BOB extraction and recrystallization process and their results compared. Extract antioxidant activity was determined in water-oil emulsions. It was concluded that the most optimal solvent for BOB extraction process is 1-butanol extract, ethanol is most suited for betulin recrystallization process. 2-Propanol extract shows the highest antioxidant activity.

# Ar C-C saiti saistītu triazola-purīna konjugātu sintēze un to ķīmisko pārvērtību izpēte

Aleksejs Burcevs (2. kursa ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

Dr. chem. Irina Novosjolova (zinātniskā vadītāja)

Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

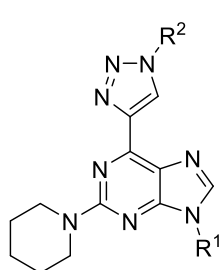
Rīgas Tehniskā universitāte

e-pasts: burcevs.aleksejs24@gmail.com

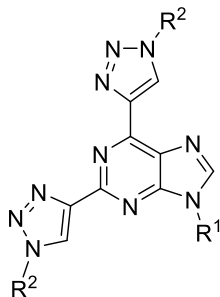
Purīna-triazola konjugātiem piemīt fluorescentās īpašības un tos potenciāli var izmantot OLED tehnoloģijās un šūnu iezīmēšanā [1,2]. Nesen bija atklāts, ka 2,6-bistriazolilpurīna atvasinājumus var izmantot kā metāla jonu detektorus [3].

Šajā darbā bija sintezēti dažādi 6- un 2,6-bis(1*H*-1,2,3-triazol-4-il)-9*H* purīna atvasinājumi **1-2**, izmantojot Micunobu, Sonogašira, azīda-alkīna [2+3] ciklopievienošanās un  $S_NAr$  reakciju sekvenci.  $S_NAr$  reakcijā ar karbazolu tika novērota triazola cikla atvēršanās un iegūti produkti **3** ar iznākumiem līdz 84% (1. att.). Bija veikta iegūto savienojumu fotofizikālo īpašību izpēte. Kvantu iznākumi DCM šķīdumā sasniedza 81%.

## C-C triazolilpurīni

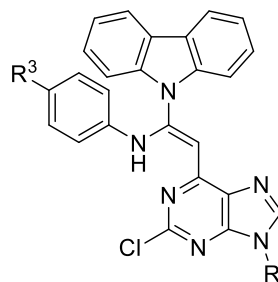


**1**, līdz 83%  
9 piemēri

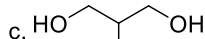
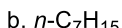
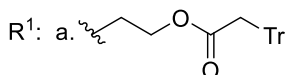


**2**, līdz 85%  
6 piemēri

## Triazola cikla atvēršanas produkti



**3**, līdz 84%  
4 piemēri



**1a:** R<sup>1</sup> = a; R<sup>2</sup> = 4-MeO-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-  
QY (DCM) = 80%, QY (plāna kārtiņa) = 12%

## 1. att. Triazolilpurīna atvasinājumi **1-3**.

### LITERATŪRA

- [1] Šišūlins, A.; Bucevičius, J.; Tseng, Y.; Novosjolova, I.; Traskovskis, K.; Bizdēna, Ē.; Chang, H.; Tumkevičius, S.; Turks, M. *Beilstein J. Org. Chem.* **2019**, *15*, 474–489.
- [2] Traskovskis, K.; Sebris, A.; Novosjolova, I.; Turks, M.; Guzauskas, M.; Volyniuk, D.; Bezvikonnyi, O.; Grazulevicius, J.; Mishnev, A.; Grzibovskis, R.; Vembris, A. *J. Mater. Chem. C* **2021**, *9*, 4532–4543.
- [3] Jovaisaite, J.; Cīrule, D.; Jeminejs, A.; Novosjolova, I.; Turks, M.; Baronas, P.; Komskis, R.; Tumkevičius, S.; Jonusauskas, G.; Jursenas, S. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2020**, *22*, 26502–26508.

**Synthesis of C-C linked triazole-purine conjugates and study of their chemical transformations.** In this work 6- and 2,6-bis(1*H*-1,2,3-triazol-4-yl)-9*H*-purine derivatives **1-2** were synthesized using the sequence of Mitsunobu, Sonogashira, azide-alkyne [2+3] cycloaddition and  $S_NAr$  reactions. In the  $S_NAr$  reaction with carbazole the formation of triazole ring opening products **3** was observed.

# Synthesis of imidazolyltetrazole derivatives via purine ring opening

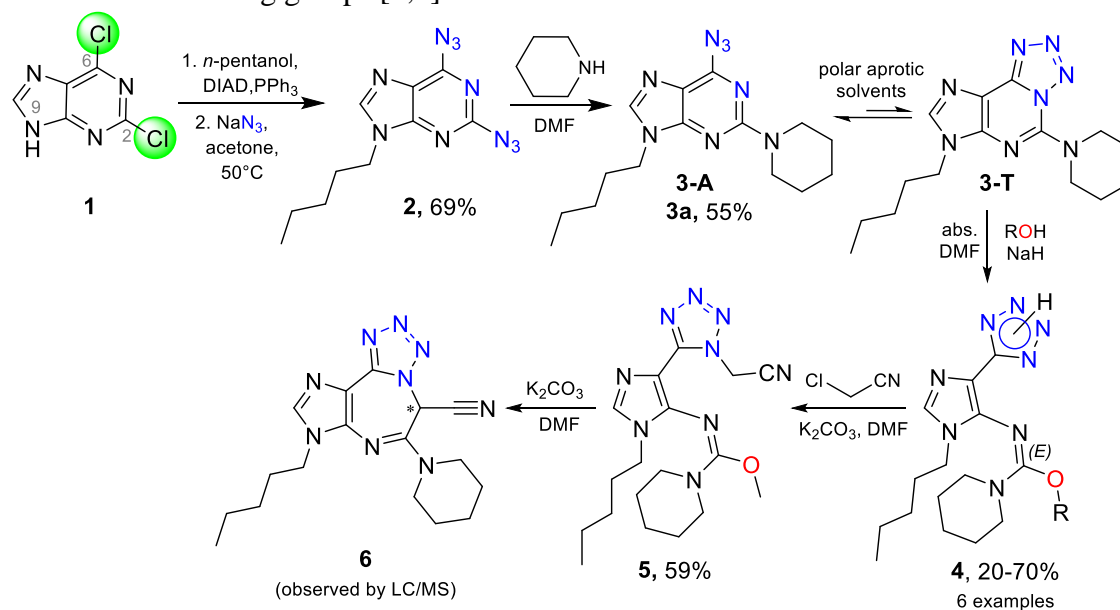
Dinesh Kumar (4<sup>th</sup> year student of Chemical Technology Bachelor program)

*Dr. chem. Irina Novosjolova, Dr. chem. Māris Turks*

*Institute of Technology of Organic Chemistry, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry,  
Riga Technical University  
e-mail: Dinesh.Kumar@rtu.lv*

Imidazolyl and tetrazolyl derivatives possess a wide spectrum of biological activities, including cytostatic and nootropic applications. Presence of tetrazole moiety usually increases efficacy and enhances prolongation of drug action [1].

In this work derivatives of general structure **3** were synthesized and used in  $S_NAr$  reactions with *O*-nucleophiles. We observed that compounds **3** exist in azido-tetrazole tautomeric equilibrium (Scheme 1). The extent of this equilibrium is strongly influenced by solvent, temperature and nearby electron-donating/electron-withdrawing groups [2,3].



**Scheme 1.** Synthesis of imidazolyltetrazole derivatives and an application of their reactivity.

In optimized conditions  $S_NAr$  reactions with alkoxides resulted in imidazolyltetrazole derivatives **4** in yields up to 70%. In reactions tetrazole ring at C6-N1 blocks nucleophilic attack at C6 and acts as an internal leaving group, leading to N1-C2 bond cleavage and yielding a new class of derivatives. Chemical application of the obtained derivatives is further studied.

## REFERENCES

- [1] Ostrovskii, V. A.; Trifonov, R. E.; Popova, E. A. *Rus. Chem. Bull.* **2012**, 61, 768–780.
- [2] Temple, C.; Kussner, C. L.; Montgomery, J. A. *J. Org. Chem.* **1966**, 31, 2210–2215.
- [3] Sebris, A.; Turks, M. *Chem. Heterocycl. Compd.* **2019**, 55, 1041–1043.

**Imidazoliltetrazola atvasinājumu sintēze purīna cikla atvēršanās reakcijās.** Šajā pētījumā azīda-tetrazola līdzsvars tika izmantots purīna cikla atvēršanas reakcijās ar *O*-nukleofiliem, iegūstot imidazoliltetrazola atvasinājumus ar iznākumiem līdz 70%.

# Aromātisku mijiedarbību veicinošu grupu ievadīšana fosforescentu irīdija(III) kompleksu molekulās

Kirills Dmitrijevs (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

Dr. chem. Kaspars Traskovskis (zinātniskais vadītājs)

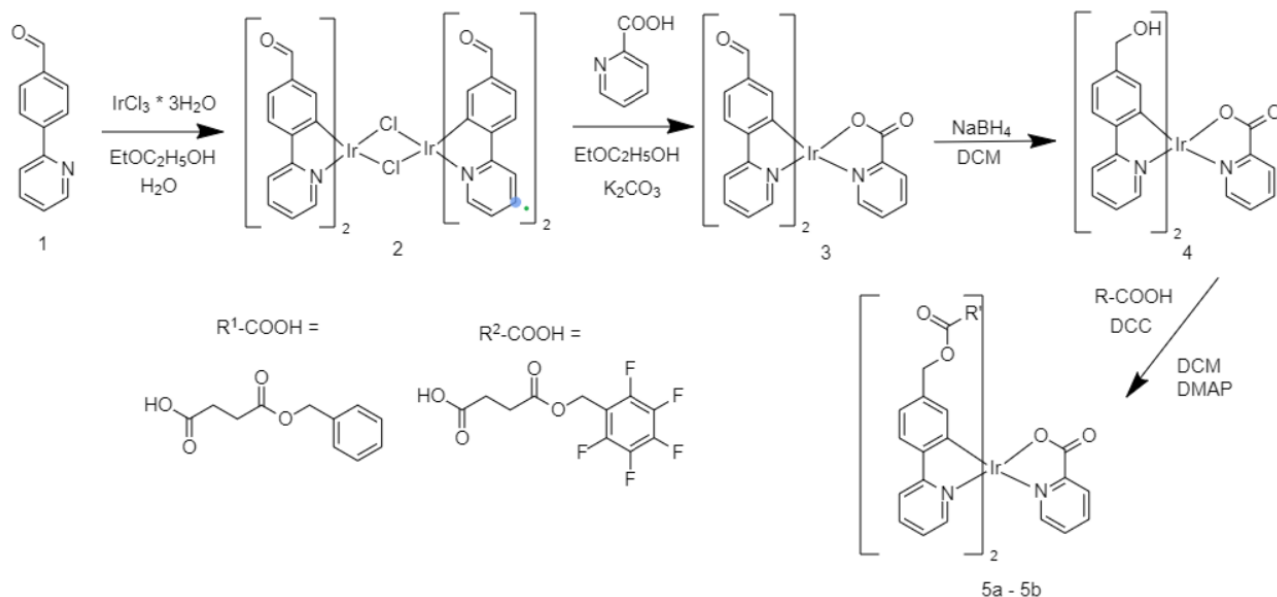
Lietišķās ķīmijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte

Rīgas Tehniskā universitāte

e-pasts: kirills.dmitrijevs@rtu.lv

Ciklometalētie irīdija(III) kompleksi ir zināmi kā fosforescējoši luminofori ar augstu emisijas kvantu iznākumu. Savas efektivitātes dēļ tie ir biežāk lietotie organisko gaismu emitējošo diožu (OLED) emiteri. Cietā fāzē irīdija(III) kompleksiem izpaužas pakošanās izsaukta efektivitātes dzēsšanās, ar ko saistāma OLED iekārtu ārējā kvantu iznākuma samazināšanās.[1]

Pamatojoties uz zināmiem strukturāliem piemēriem [2], darba uzdevums ir ievadīt irīdija(III) kompleksu molekulās tādas aromātiskās grupas, kas veicinātu aromātiskas mijiedarbības rašanos starp minēto grupu un kompleksa polāro virsmu, tādā veidā samazinot pakojuma dzesēšanās efektus. Ir zināms, ka pentafluorētām fenilgrupām piemīt izteikta spēja mijiedarboties ar dažādām aromātiskām sistēmām.[3] Tādam mērķim tika sintezēts irīdija (III) komplekss (Ppy-OH)<sub>2</sub>Ir(pic), kas satur funkcionalizējamu hidroksilgrupu pie ppy liganda. Tālāk tam ar diestera tiltiņu tika pievienota fenilgrupa vai pentafluorfenilgrupa (5a un 5b).



1.att. Savienojumu sintēzes shēma.

## LITERATŪRA

- [1] Kawamura, Y.; Brooks, J. *Phys. Rev. Lett.* **2006**, *96*, 17404.  
 [2] Traskovskis K.; Kokars V. *Inorg. Chem.* **2019**, *58*, 4214–4222.  
 [3] William J.; Mullin, Pawle, R. H. *J. Mater. Chem. C* **2019**, *7*, 1198-1207.

**Introduction of aromatic-interaction capable groups in phosphorescent iridium(III) complexes.** Iridium (III) complexes are well-known phosphorescent luminophores. They are often used as organic light-emitting diode emitters, because of their emission efficiency. However, in solid form iridium (III) complexes suffer from concentration quenching. To solve this problem, aromatic-interaction capable groups were introduced in complex molecules. It is expected that pentafluorophenyl group will interact with the surface of a complex molecule and prevent concentration quenching. For this goal iridium (III) complex (Ppy-OH)<sub>2</sub>Ir(pic) was synthesized, which contains free hydroxyl groups at ppy ligands. Pentafluorophenyl and phenyl groups were subsequently attached to yield desired target compounds.



# Fluorētu aminoskābju inkorporācija plasmepsīna II aktīvā centra dinamikas pētījumiem

Laura Drunka<sup>a,b</sup> (4. kursa ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. chem Raitis Bobrovs (zinātniskais vadītājs)

<sup>a</sup>Latvijas organiskās sintēzes institūts

<sup>b</sup>Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

Rīgas Tehniskā universitāte

e-pasts: laura.drunka@osi.lv

Malārija ir viena no pasaulē izplatītākajām un nāvējošākajām slimībām. Līdz ar medikamentu labāku pieejamību vāji attīstītajās valstīs arvien biežāk tiek ziņots par malāriju izraisošā parazīta *P. Falciparum* rezistenci pret esošajiem medikamentiem, tāpēc ir aktuāli meklēt jaunus zāļu vielu mērķus. Kā vieni no potenciāliem zāļu vielu mērķiem tiek pētīti plasmepsīni – aspartilproteāzes, kas piedalās hemoglobīna šķelšanas katalītiskajā mehānismā, īpaši plasmepsīns II. Tomēr plasmepsīniem līdzīgas ir vairākas cilvēka organismā atrodamās aspartilproteāzes, kas norāda uz vajadzību pēc selektīviem inhibitoriem. Tiek uzskatīts, ka selektivitāti ietekmē plasmepsīnu aktīvā centra tuvumā esošās cilpas novietojums, tāpēc ir nepieciešams veikt proteīna dinamikas pētījumus.

KMR spektroskopija kā metode līdz šim jau daudz pierādījusi savu noderību dažādu biomolekulu pētījumos, tomēr liela izmēra proteīniem *klasiskās* KMR metodes ( $^1\text{H}/^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$ ) nav piemērojamas lielā aminoskābju (un līdz ar to arī signālu) skaita dēļ. Kā viens no risinājumiem tiek piedāvāts ieviest bioloģiskās sistēmās tikpat kā neesošu atomu, piemēram,  $^{19}\text{F}$ , kas izmantots šajā pētījumā.

Fluorētu aminoskābju inkorporēšanai molekulā izmantotas vairākas biosintētiskas metodes. Veikta plasmepsīna II ekspresija *E. coli* BL21(DE3) šūnās vai auktrotrofajās *E. coli* DL39(DE3) šūnās, fluora atoma ieviešanai šūnu augšanas barotnē pievienojot 6-fluoroindolu. Iegūtais nešķīstošais proteīns atdalīts no šķīstošiem piemaisījumiem, refoldēts un attīrīts ar anjonu apmaiņas hromatogrāfiju. Autokatalītiski tika nošķelts prosegments un proteīns vēlreiz attīrīts, izmantojot gēlfiltrācijas hromatogrāfiju. Proteīna tīrība pārbaudīta ar SDS-PAGE gēlu, iznākumi noteikti spektrofotometriski, fluora inkorporācija novērota ar  $^{19}\text{F}$  KMR spektroskopiju.

Par piemērotāko un veiksmīgāko metodi fluorētu aminoskābju inkorporācijai var uzskatīt auktrotrofo *E. coli* koloniju izmantošanu plasmepsīna II ekspresijai.

## LITERATŪRA

- [1] World Health Organization, **2020**.
- [2] Bobrovs, R.; Jaudzems, K.; Jirgensons, A. *J. Med. Chem.* **2019**, *62*, 8931–8950.
- [3] Kitevski-LeBlanc, J. L.; Prosser, R. S. *Prog. Nucl. Magn. Reson. Spectrosc.* **2012**, *62*, 1–33.
- [4] Gee, C. T.; Arntson, K. E.; Urick, A. K.; Mishra, N. K.; Hawk, L. M. L.; Wisniewski, A. J.; Pomerantz, W. C. K. *Nat. Protoc.* **2016**, *17* (9), 1118–1127.

**Incorporation of fluorinated amino acids to study dynamic properties of plasmepsin II binding site.** Malaria infection in humans is caused by *Plasmodium Falciparum* parasite. Plasmepsins are aspartic proteases of *P. Falciparum* responsible for catalytic hemoglobin degradation mechanism and thus are being investigated as potential drug targets. However, plasmepsins share many structural similarities with human aspartic proteases emphasizing the need for selective inhibitors.  $^{19}\text{F}$  NMR spectroscopy can be used as a tool for dynamic studies of plasmepsin II binding site.

In this study fluorinated amino acid incorporation is achieved by protein biosynthesis. Plasmepsin II is expressed in *E. coli* bacteria, lysed, refolded and purified by ion exchange and gel filtration chromatography.

# Annelētu pirimidīna atvasinājumu sintēze un KMR spektroskopiskā analīze

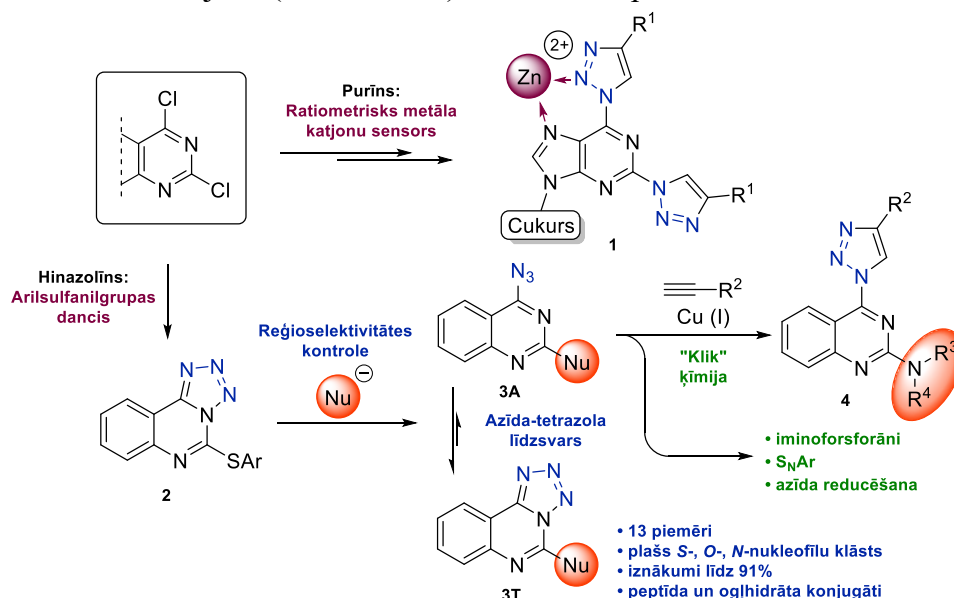
Andris Jeminejs (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

Dr. chem. Irina Novosjolova, Dr. chem. Ērika Bizdēna (zinātniskās vadītājas)

Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: andris.jeminejs@rtu.lv

Jau vairākus gadu desmitus kondensēti pirimidīna atvasinājumi tiek plaši pētīti, pateicoties to neaizstājamai lomai šūnu bioloģijā un plašam farmakoloģisko aktivitāšu un fotofizikālo īpašību spektram. Ar  $S_NAr$  reakciju palīdzību pirimidīna gredzenā ievadīti aizvietotāji deva ceļu plašam pretvēža un antivīrusu preparātu klāstam, kā fludarabīns, erlotinibs and abakavīrs.[1] Savukārt azido- un triazolilatvasinājumiem ir atklātas fluorescentas “push-pull” elektronu sistēmas.[2]

Darbā ir izstrādātas metodes annelētu pirimidīna atvasinājumu sintēzei, kā arī ar KMR palīdzību pētīti tautomērā līdzsvara un kompleksēšanās procesi (1. shēma). Purīna bistriazolilnukleoziātu atvasinājumiem **1** tika atklāta ratiometriskā kompleksēšanās izraisīta fluorescences izmaiņa, kas tika novērota ar KMR titrēšanas palīdzību, nosakot katjonu ( $Zn^{2+}$  un  $Ca^{2+}$ ) dažādās kompleksēšanās vietas un attiecību.[3]



## 1. shēma. Annelēto pirimidīna atvasinājumu sintēžu un pētījumu klāsts.

Hinazolīnu rindā tika atklāts “arilsulfanilgrupas dancis” – neparasta vairāku saskaņotu  $S_NAr$  reakciju virkne, kas izmanto azīda-tetrazola tautomēro līdzsvaru, veidojot produktu **2** ar augstiem iznākumiem.[4] Novērotais tautomērais līdzsvars tika tālāk pielietots kā reģioselektivitātes slēdzis, iegūstot dažādus modificētus hinazolīna atvasinājumus, ieskaitot tetrazolo[1,5-c]hinazolīnus **3** un 4-triazolilhinazolīnus **4**.

### LITERATŪRA

- [1] Roopan, S.M., Sompalle, R. *Synth. Commun.* **2016**, 46, 645–672.
- [2] Šišulīns, A., Bucevičius, J., Tseng, Y.-T., Novosjolova, I., Traskovskis, K., Bizdēna, Ē., Chang, H.-T., Tumkevičius, S., Turks, M. *Beilstein J. Org. Chem.* **2019**, 15, 474–489.
- [3] Jovaisaite, J., Cīrulle, D., Jeminejs, A., Novosjolova, I., Turks, M., Baronas, P., Komskis, R., Tumkevičius, S., Jonusauskas, G., Jursenas, S. *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2020**, 22, 26502–26508.
- [4] Jeminejs, A., Goliškina, S.M., Novosjolova, I., Stepanovs, D., Bizdēna, Ē., Turks, M. *Synthesis* **2021**, 53, 1443–1456.

**Synthesis and NMR study of annulated pyrimidine derivatives.** Several synthetic approaches for the synthesis of annulated pyrimidine derivatives were developed. Acquired products exhibit azide-tetrazole tautomeric equilibrium and ratiometric complexation-induced fluorescence change that can be monitored by NMR.

# Subtilizīnam radniecīgās serīna proteāzes (PfSUB1) inhibitoru izveide

Armands Kazia (2.kursa ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

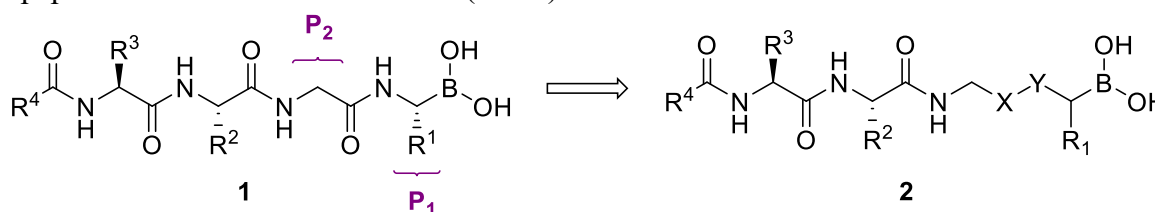
*M. sc.* E. Līdumniece, *Dr. chem.* Aigars Jirgensons (zinātniskie vadītāji)

*Latvijas Organiskās sintēzes institūts*

*e-pasts:* Armands.Kazia@osi.lv

Malārija ir dzīvībai bīstama slimība, kuru izraisa *Plasmodium* parazīti un tā ir cēlonis aptuveni 400 000 nāves gadījumiem katru gadu [1]. Galvenā problēma malārijas ārstēšanai ir rezistences veidošanās, kas skārusi visus pašlaik izmantotos preparātus, ieskaitot artemiziniņa kombinēto terapiju. [2] Tāpēc nepieciešamas jaunas zāļvielas [3], kas varētu iedarboties uz parazītu, izmantojot unikālus mehānismus. Subtilizīnam radniecīgā serīna proteāze (PfSUB1) nodrošina parazītu egresu no asinsšūnām un tā inhibitori ir potenciāli jaunas paaudzes pretmalārijas preparāti [4].

Mūsu darba uzdevums ir izveidot P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub> depeptidizētus PfSUB1 inhibitorus **2**, balstoties uz iepriekš izveidotās peptīdiskās borskābes **1** struktūru (1. att.)



1.att. P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub> modificētie savienojumi

Inhibitoru **2** sintēzē tika pielietota būvbloku pieeja, atsevišķi iegūstot *N*-acilētu dipeptīdu un amino borskābes fragmentu. Dipeptīds tika iegūts, izmantojot zināmas peptīdsaites veidošanas reakcijas no komerciāli pieejamām aminoskābēm, bet amino- grupu saturošās borskābes – vairāku soļu sintēzē, kas ietver dažādu funkcionālo grupu reakcijas. Iegūtajiem savienojumiem **2** tiks noteikta PfSUB1 inhibitorā aktivitāte un salīdzināta ar peptīdisko analogu **1**.

## LITERATŪRA

- [1] World malaria report 2020: 20 years of global progress and challenges. ISBN 978-92-4-001579-1  
 [2] [https://www.who.int/malaria/media/artemisinin\\_resistance\\_qa/en/](https://www.who.int/malaria/media/artemisinin_resistance_qa/en/)  
 [3] Wells, T.; van Huijsduijnen, R.; Van Voorhis, W. *Nat Rev Drug Discov.* **2015**, *14*, 424–442.  
 [4] Semma, S.; Giovanni, S.; Brindisi, M.; Tripaldi, P.; Brogi, S.; Savini, L.; Fiorini, I.; Novellino, E.; Butini, S.; Campiani, G.; Penzo, M.; Blackman, M. J. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2012**, *22*, 5317-5321.

**Development of subtilisin-like serine protease inhibitors.** Several boronic acid fragment containing depeptidized inhibitors were synthesised to evaluate their inhibitory activity compared to known substrate **1**. Synthetic route to compounds **2** was based on building block approach. Synthesised peptidic part and amino boronic acid moiety were coupled together via amide bond forming reaction.

# Sulfanil- un sulfonilhinazolīnu atvasinājumu sintēze

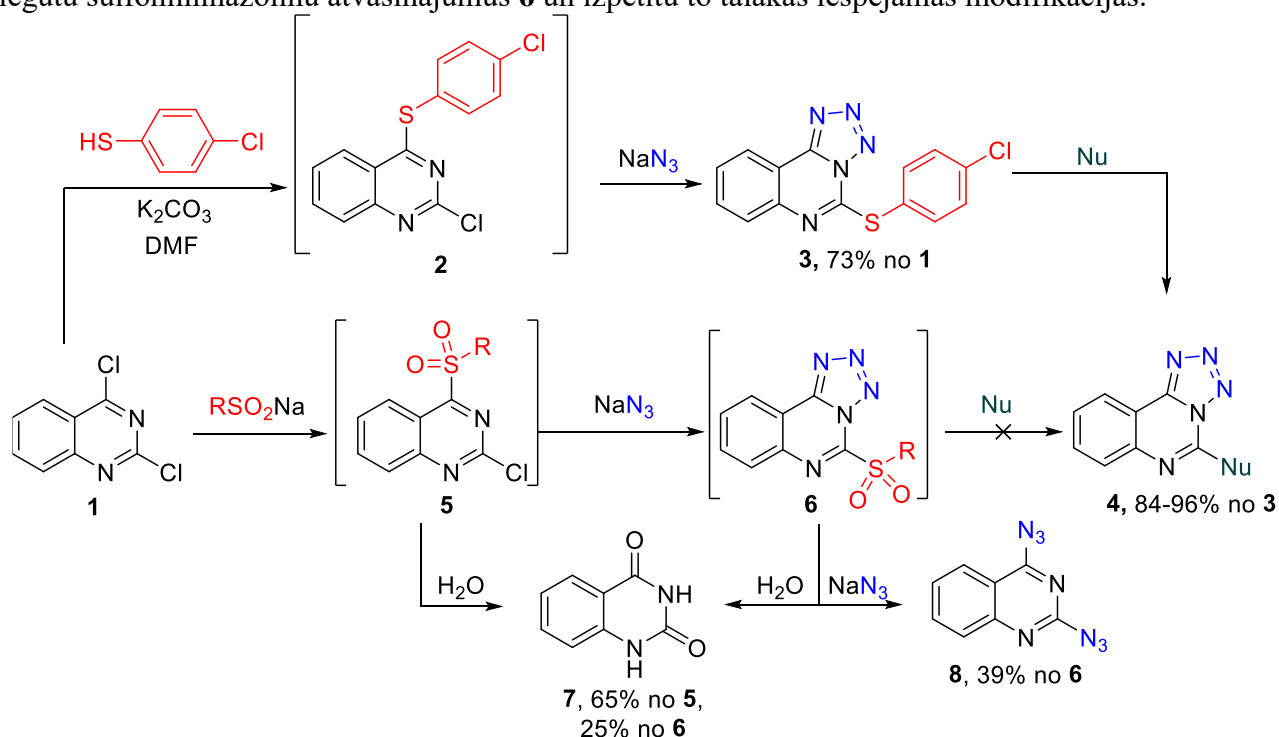
Dāgs Dāvis Līpiņš (1.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

Dr. chem. Irina Novosjolova, Bc.sc. ing. Andris Jeminejs (zinātniskie vadītāji)

Organiskās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: davisdags@gmail.com

Hinazolīna atvasinājumi tiek plaši pētīti, pateicoties to plašajam pielietojumam vēža ārstēšanā, kā piemērs pieminami tādi hinazolīnu saturoši pretvēža medikamenti kā erlotinibs, lapatinibs un afatinibs.[1]

Nesen hinazolīnu rindā tika atklāta ķīmisko pārvērtību virkne, ko nosauca par “arilsulfanilgrupas danci”, kuras rezultātā var selektīvi iegūt 5-(arīltio)tetrazolo[1,5-c]hinazolīnu **3**. [2] Savienojums **3** kā izejviela tika tālāk izmantots, lai sintezētu dažādus 5-aizvietotus tetrazolo[1,5-c]hinazolīnus **4** ar augstiem iznākumiem. Iespējamo alternatīvo sintēzes ceļu izpētē tika pielietots purīnu rindā atklātais “sulfonilgrupas dancis” [3], lai iegūtu sulfonilhinazolīnu atvasinājumus **6** un izpētītu to tālākās iespējamās modifikācijas.



## 1. shēma. Sulfanil- un sulfonilhinazolīnu sintēze un modifikācijas.

Pētījuma gaitā tika konstatēts, ka sulfonilhinazolīnu starpprodukti ir nestabili un viegli hidrolizējas par hinazolīndionu **7** vai reaģē ar azīdu līdz diazidohinazolīnam **8** sulfonilgrupas augstas labilitātes dēļ. Sulfonilhinazolīnu viena reaktora sintēzē netika detektēts  $S_NAr$  reakciju produkts **4**, kas ir viegli iegūstams, izmantojot “arilsulfanilgrupas danci”. No pētījuma var secināt, ka hinazolīnu rindā sulfonilgrupas pielietošana nav efektīva 5-(sulfonil)tetrazolo[1,5-c]hinazolīnu **6** iegūšanai, un tālākām modifikācijām “arilsulfanilgrupas danča” produkts **3** ir labāka izejviela.

## LITERATŪRA

- [1] Aziz, M. N.; Panda S. S.; Shalaby E. M.; Fawzy N. G.; Girgis A. S. *RSC Adv.* **2019**, 9, 28534–28540.  
 [2] Jeminejs, A.; Goliškina, S.M.; Novosjolova, I.; Stepanovs, D.; Bizdēna, Ē.; Turks, M. *Synthesis* **2021**, 53, 1443–1456.  
 [3] Zaķis, J. M.; Ozols, K.; Novosjolova, I.; Vilškersts, R.; Mishnev., A.; Turks, M. *J. Org. Chem.* **2020**, 85, 4753–4771.

**Synthesis of sulfanyl and sulfonyl quinazoline derivatives.** The previously developed method of “sulfonyl group dance” in purines was attempted in quinazolines and compared to the “arylsulfanyl group dance”, with the conclusion that sulfonyl quinazolines are unstable and the “arylsulfanyl group dance” method yields a better result.

# *Argiope argetanta* tubuliformā spidroīna 1 N-terminālā domēna dimerizācijas mehānisma strukturālie pētījumi

Megija Šede<sup>a,b</sup> (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

M.Sc. biol. Jēkabs Fridmanis<sup>b</sup> (zinātniskais vadītājs)

<sup>a</sup>Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte

<sup>b</sup>Latvijas Organiskās sintēzes institūts

e-pasts: [megija.sede@gmail.com](mailto:megija.sede@gmail.com)

Zirnekļa zīds ir dabīgs biopolimērs, kas ir viegls, mehāniski izturīgs, elastīgs, bioloģiski saderīgs un bioloģiski noārdāms. Šīs īpašības padara to par ideāli piemērotu biomateriālu pielietojumiem audu inženierijā un zāļu vielu transportā.<sup>1</sup> Taču zīda iegūšana no zirnekļiem liela mēroga rūpniecībai nav iespējama un biotehnoloģiskās iegūšanas metodes saskaras ar grūtībām laboratorijas apstākļos atkārtot dabīgo zīda vērpsanas procesu.<sup>2</sup>

Zirnekļa zīds ir izgatavots no proteīniem, ko sauc par spidroīniem. Tie sastāv no N-terminālā un C-terminālā domēna, kas atbild par zīda veidošanos, un gara, repetatīva reģiona, kas nosaka zīda mehāniskās īpašības. Dabā ir sastopami 7 dažādi zīda veidi, no kuriem tubuliformais spidroīns (TuSp) ir viens no vismazāk pētītajiem. Sieviešu kārtas zirnekļi to izmanto oliņu ārējās daļas vērpsanai. Zirnekļa zīda pārejā no šķīduma uz cietām šķiedrām svarīgu lomu spēlē pH izmaiņas iniciēta N-terminālā domēna dimerizācija. Lai spētu laboratorijas apstākļos atkārtot zīda vērpsanas procesu, ir svarīgi izprast N-terminālā domēna dimerizācijas mehānismu.<sup>2</sup>

Darba mērķis ir iegūt trīs N-terminālā domēna mutantus, kas teorētiski veidotu pH neatkarīgu monomēru, un četrus mutantus, kas veidotu pH neatkarīgu dimēru, un pētīt iegūto mutantu uzvedību dažādās pH vērtībās, izmantojot <sup>1</sup>H-<sup>15</sup>N HSQC KMR.

Pētījuma ietvaros tika izstrādātas metodes septiņu spidroīna mutantu iegūšanai. Četras mutācijas tika ieviestas, izmantojot polimerāzes ķēdes reakciju, bet trīs mutantu plazmīdas tika iegādātas no *BioCat* kompānijas. Darba gaitā tika veikta spidroīna mutantu ekspresija *Escherichia coli* baktēriju šūnās, izmantojot LB un M9 barotnes. Iegūtie proteīni tika attīrīti, izmantojot preparatīvo proteīnu šķīduma hromotogrāfiju ar niķeļa afinitātes, anjonu apmaiņas un gēlfiltrācijas kolonnām. Attīrīšanas gaita un efektivitāte tika noteikta ar nātrija dodecilsulfāta gēla elektroferēzi. Iegūto paraugu koncentrācijas mērījumi veikti ar UV/Vis un uzņemti 2D <sup>1</sup>H-<sup>15</sup>N HSQC KMR eksperimenti pie pH=8 un pH=5.5.

Pēc iegūtajiem datiem var secināt, ka iegūtie mutanti nav pH neatkarīgi. N-terminālā domēna dimerizācija nav atkarīga tikai no aminoskābju secīgas protonēšanās, bet iespējams arī no citām iekšmolekulārām un hidrofobām mijiedarbībām, kas sekmē domēna dimerizāciju.

## LITERATŪRA

- (1) Gu, Y.; Yu, L.; Mou, J.; Wu, D.; Zhou, P.; Xu, M. *E-Polymers* **2020**, *20*, 443–457.
- (2) Jaudzems, K.; Askarieh, G.; Landreh, M.; Nordling, K.; Hedhammar, M.; Jörnvall, H.; Rising, A.; Knight, S. D.; Johansson, J. *J. Mol. Biol.* **2012**, *422*, 477–487.

**Argiope argentata tubuliform spidroin 1 N-terminal domain dimerisation mechanism.** Spider silk has remarkable physical and biological properties. However, harvesting of silk from spiders is not possible for large scale industrial purposes and current biotechnological approaches face problems with difficulties reproducing the native mechanism of fibre spinning. Spider silk is made out of proteins called spidroins. These proteins are made out of two N- and C-terminal domains and a long and highly repetitive central region. The fibre formation is driven by N-terminal domain self-assembly. However, the mechanism has not been completely understood yet. We present new insights in tubuliform spidroin N-terminal domain dimerization mechanism by obtaining various mutated N-terminal domains. Obtained mutated spidroins were studied by NMR using 2D <sup>1</sup>H-<sup>15</sup>N HSQC.

# Uz tiazola bāzētu N-heterociklisku karbēnu metāla kompleksu sintēze un gaismas emisijas īpašības.

Žanis Sisojevs (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

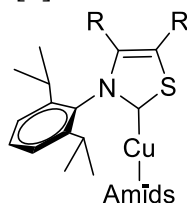
Dr. chem. Kaspars Traskovskis (zinātniskais vadītājs)

Lietišķās ķīmijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,

Rīgas Tehniskā universitāte

e-pasts: [zanis.sisojevs@rtu.lv](mailto:zanis.sisojevs@rtu.lv)

Amīda-karbēna metāla kompleksi ir gaismu emitējošu metālorganisko savienojumu klase, kas savā struktūrā satur elektronakceptoru tiazola karbēnu, elektroniem bagātu amīda ligandu un pārejas metālu (1.attēls). Darba uzdevums ir veikt karbēna un amīda fragmentu modifikāciju, lai iegūtu efektīvākus un stabilākus zilo gaismu emitējošus savienojumus [1].



1.att. Karbēna fragmenta modifikācija.

Izvēlēto ligandu struktūra balstīta uz to elektronisko orbitāļu konfigurāciju. Karbēna-metāla-amīdu kompleksu emisijas viļņa garums ir atkarīgs no enerģijas sarpības starp zemāko neaizņemto molekulāro orbitāli (ZNMO) un augstāko aizņemto molekulāro orbitāli (AAMO). Šāda starpība ir lielāka savienojumiem, kuri izstaro isākus viļņa garumus, un mazāka, savienojumos, kuri izstaro grākus viļņa garumus [2].

## LITERATŪRA

- [1] Di D.; S. Romanov A.; Yang L.; M. Richter J.; P. H. Rivett J.; Jones. S.; H.Thomas T.; Abdi Jalebi M.; H. Friend R.; Linnolathi M.; Bochmann M.; Credgington D. *Science* **2017**, *356*, 159-163.
- [2] S. Romanov A.; T. E. Jones S.; Gu Q.; J. Conaghan P.; H. Drummond B.; Feng J.; Chotard F.; Buizza L.; Foley M.; Linnolahti M.; Credgington D.; Bochmann M. *Chem. Sci.* **2020**, *11*, 435.

**Synthesis and emissive properties of thiazole-based N-heterocyclic carbene metal complexes.** Carbene metal complexes are an emerging class of emitters for organic lights emitting diodes (OLEDs). The goal of this research is to find more effective and stable amide-carbene metal complexes which would have higher quantum yields and increased stability. Carbene and amide ligands with appropriate energy level configuration were chosen to produce blue light emitting compounds.



# Temperatūras ietekme uz Fišera – Tropša sintēzi, izmantojot Fe/SiO<sub>2</sub> katalizatoru

Agija Stanke (2.kursa lietišķās ķīmijas maģistra programmas studente)

*Dr. habil. chem.* Valdis Kampars (zinātniskais vadītājs)

*Lietišķās ķīmijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,*

*Rīgas Tehniskā universitāte*

*e-pasts: agija.stanke@gmail.com*

Fišera – Tropša sintēze (FTS) ir katalītisku procesu kopums sintēzes gāzes pārvēršanai šķīdros ogļūdeņražos [1]. FTS mērķis ir dažādu molekulāro masu parafīnu un olefīnu ražošana, limitējot CH<sub>4</sub> un CO<sub>2</sub> veidošanos [2]. FTS produktu sadalījums atkarīgs no reakcijas termodinamikas un kinētikas; galvenais faktors, kas ietekmē produktu sadalījumu, ir katalizators [1]. Rūpnieciskā mērogā FTS reakciju katalizēšanai tiek lietoti dzelzs un kobalta katalizatori. Salīdzinājumā ar kobaltu, katalizatoriem uz dzelzs bāzes ir izteiktas priekšrocības – tie ir lētāki, izturīgāki pret katalizatoru indēm un to selektivitāte ir vieglāk regulējama ar dažādām manipulācijām, piemēram, pievienojot promotoru vai izmainot procesa parametrus (spiedienu, temperatūru, H<sub>2</sub>/CO attiecību) [3].

Darbā izmantotais Fe/SiO<sub>2</sub> katalizators sintezēts, impregnējot komerciālu granulveida katalizatoru matricu (90% amorfs SiO<sub>2</sub>, 10% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ar Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O. Pēc impregnēšanas katalizators izkarsēts, temperatūru ceļot ar ātrumu 1 °C/min un izturēts 550 °C 5 stundas. Sintezētais katalizators pētīts, izmantojot rentgenstaru difraktometru 2θ diapazonā 10-75°, tekstūras raksturojumi noteikti ar *Quantachrome Nova 4200e* virsmas laukuma un poru izmēra analizatoru. Izmantojot rentgenfluorescences iekārtu *RIGAKU supermini* noteiktais dzelzs saturs katalizatorā ir 11,4%.

Reakcijas temperatūras ietekme pētīta no 240 līdz 300 °C. Katrā eksperimentā lietoti 0,93 g katalizatora ar daļiņu izmēru 1 – 2 mm. Pirms reakcijas katalizators aktivēts 24 h CO atmosfērā. FTS reakcijas veiktas 20 bar *gauge* spiedienā, H<sub>2</sub>:CO:N<sub>2</sub> 4:2:1 gāzu plūsma 70 mL/min. Reakcijas produkti analizēti, izmantojot gāzu hromatogrāfiju, masspektrometriju, <sup>1</sup>H un <sup>13</sup>C KMR un IS atstarošanās spektroskopiju.

Paaugstinot temperatūru no 240 līdz 300 °C, palielinās gan CO konversija, gan CO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> selektivitāte (1. tabula). Vispiemērotākā temperatūra šķīdru ogļūdeņražu sintēzei ir 280 °C, savukārt 260 °C iespējams iegūt vislielāko cieto ogļūdeņražu (vasku) daudzumu. Paaugstinot temperatūru, samazinās 1-olefīnu un spirtu selektivitāte, bet savukārt 2-olefīnu un sazarotu ogļūdeņražu selektivitāte palielinās.

1. tabula. Temperatūras ietekme uz FTS reakciju, izmantojot Fe/SiO<sub>2</sub> katalizatoru.

Reakcijas temperatūra (°C)	CO konversija (%)	CO <sub>2</sub> selektivitāte (%)	CH <sub>4</sub> selektivitāte (%)
240	13,6	1,7	4,1
260	25,1	3,6	5,6
280	34,5	5,6	6,6
300	35,6	7,7	9,9

## LITERATŪRA

- [1] Hu, J.; Yu, F.; Lu, Y. *Catalysts* 2012, 2, 303–326.  
 [2] Comazzi, A.; Galli, F.; Galimberti, M.; Manenti, F.; Bianchi, C. L. M.; Pirola, C. *Bio-syngas Conversion by FT Synthesis with High Loaded Fe-based Catalysts: Kinetic Parameters Regression*, vol. 38. Elsevier Masson SAS, 2016.  
 [3] Van de Loosdrecht J. *et al.*, *Fischer-Tropsch Synthesis: Catalysts and Chemistry*, vol. 7. Elsevier Ltd., 2013.

**Temperature effects in Fischer – Tropsch synthesis over Fe/SiO<sub>2</sub> catalyst.** Influence of the temperature on the FTS reaction proceeding in presence of the synthesized Fe/SiO<sub>2</sub> catalyst was investigated in the temperature range from 240 to 300 °C. The largest amount of the solid fraction (waxes) can be obtained at 260 °C, whereas 280 °C is the most appropriate temperature to obtain the liquid phase hydrocarbons. Higher temperature promotes the formation of branched paraffins and internal olefins, at the same time selectivity of 1-olefins and alcohols decreases.



**SILIKĀTU, AUGSTTEMPERATŪRAS UN NEORGANISKO  
NANOMATERIĀLU TEHNOLOĢIJAS APAKŠSEKCIJA**

# Mālu keramikas un aktīvās ogles kompozīta īpašību atkarība no organisko piedevu graudu izmēra

Alise Bētiņa (1.kursa ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Ruta Švinka (zinātniskā vadītāja)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
e-pasts: alise.betina@rtu.lv

Termiski apstrādājot augstās temperatūrās Latvijas atradņu mālus kopā ar sasmalcinātām valriekstu čaumalām ātrā apdedzināšanas procesā, tiek iegūts kompozīts, kas sastāv no mālu keramikas un aktivētās ogles un kuram piemīt liels īpatnējais virsmas laukums un porainība. Čaumalu pirolīzes procesā iegūst aktivēto ogli, tās aktivācija notiek kompozīta materiāla iegūšanas procesa laikā. Kompozītu sastāvs un iegūšanas tehnoloģija ietekmē produkta fizikāli ķīmiskās īpašības. Kompozīta materiāla paraugu iegūšanai izmanto Liepas pelēkos vai sarkanos devona mālus (71,5%), sasmalcinātas valriekstu čaumalas ( $\varnothing < 1\text{mm}$  vai 1-2mm) (28,5%), karboksimetilcelulozi, ūdeni. Sajauc komponentes, veido granulas no plastiskas izejvielu maisījuma masas, žāvē. Apdedzināšana notiek jau uzkarstētā krāsnī 800 un 900°C temperatūrās 5 un 8 minūtes.

Kompozīta materiāla paraugu kristālisko fāžu sastāvu nosaka ar rentgenstaru pulvera difrakcijas metodi izmantojot Rigaku Ultima + difraktometru. Kompozītam noteikts īpatnējais virsmas laukums un poru tilpums ar slāpekļa adsorbcijas porozimetriju (BET metode), izmantojot Quantachrome, Nova 1200 e porozimetru. Materiāliem noteikta ūdens uzsūce un šķietamais blīvums, izmantojot Arhimēda likumu. Ūdens uzsūce ir materiāla poras piepildošā ūdens daudzuma attiecība pret sausa materiāla svaru, un tā raksturo vaļējo porainību, jo uz vaļējo poru virsmas notiek adsorbcija. Materiāla blīvumu ietekmējošs parametrs ir porainība, kas tiešā veidā ietekmē materiāla mehāniskās īpašības. Porainība samazina materiāla mehānisko stiprību un nodrošina šķidrumu un gāzu pārvietošanos materiālā.

Noteikts, ka sasmalcinātu valriekstu čaumalu graudu izmērs, kompozīta materiāla apdedzināšanas temperatūra un ilgums ietekmē kompozīta materiāla raksturlielumus. Liepas pelēko mālu kompozītam ar mazāku organisko piedevu graudu izmēru īpatnējais virsmas laukums ir lielāks, salīdzinot ar kompozītu, kas iegūts no Liepas sarkanajiem māliem neatkarīgi no apdedzināšanas temperatūras. Mazākā izmēra valriekstu čaumalu gadījumā ir palielināts pirolīzes reakcijas ātrums un lielāka materiāla ūdens uzsūce. Termiski apstrādājot kompozīta materiālu ar lielāku valriekstu čaumalu graudu izmēru (1-2mm) temperatūrās virs 800°C, tas saķep un sablīvējas lielāka lokāla organiskā materiāla sadegšanas siltuma rezultātā.

## LITERATŪRA

- (1) Wang, G.; Wang, S.; Sun, W.; Sun, Z.; Zheng, S. *J. Environ. Sci. (China)* **2017**, *57*, 62–71.
- (2) Ali, I.; Asim, M.; Khan, T. A. *J. Environ. Manage.*, **2012**, *113*, 170–183.

**Dependence of clay ceramics and activated carbon composite properties on grain size of organic additives.** Composite materials obtained from Liepa clay deposit and different size shell of walnuts were fired at the temperatures 800 and 900°C for 5 and 8 min. Composite material of ceramics and activated carbon has good porosity and large specific surface area. Specific surface area of composite obtained by use of grey Liepa deposit clay and the smallest grains of walnuts shell is larger in comparison with composite obtained by use of red Liepa deposit clay. The large grain size reduces the rate of the combustion reaction promoting sintering and compaction of material.

# Dolomīta atkritumproduktu izmantošanas iespējas Liepas mālu keramikas izstrādājumiem

Ronalds Ekerts (4.kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)

*Dr.sc.ing.* Inna Juhņeviča (zinātniskā vadītāja)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*

*e-pasts: [ekerts.re@gmail.com](mailto:ekerts.re@gmail.com)*

Dolomīta ieguves un pārstrādes uzņēmumos iegūtos produktus var iedalīt trijās daļās: šķembas ar graudu izmēru virs 70 mm, dažādu frakciju rupjās pildvielas ar graudu izmēru no 4 līdz 32 mm un smalkie atlikumi ar graudu izmēru mazākiem par 4 mm, kuru sastāvā ietilpst mālu daļiņas, putekļi, smilts un organiski piemaisījumi, kas tiek uzskatīti par dolomīta ražošanas atkritumiem. Dolomīta smalknes pielietošana veicinātu pilnīgāku vietējo izejvielu izmantošanu un risinātu vides piesārņojuma problēmas, samazinot nepieciešamību pēc atkritumu apglabāšanas poligonos [1].

Paraugu veidošanai izmantoti devona perioda māli – Liepas sarkanie, pelēkie un baltie māli. Izgatavoti sastāvi ar dažādu dolomīta smalknes koncentrāciju – 0,5; 1; 5 un 10%. Paraugi tika iegūti ar plastiskās veidošanas paņēmieni, žāvēti istabas temperatūrā ( $22\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) un  $60^{\circ}\text{C}$  temperatūrā. Pēc žāvēšanas paraugi apdedzināti trīs dažādās temperatūrās – 1000, 1050 un  $1100^{\circ}\text{C}$ . Apdedzināšanai izmantoti divi atšķirīgi režīmi – pirmais režīms ar gala izturēšanas temperatūru 2 stundas un temperatūras celšanas ātrumu  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , otrais režīms ar gala izturēšanas temperatūru 1 stunda un temperatūras celšanas ātrumu  $7,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . Paraugiem pētītas īpašības – žāvēšanas un kopējais sarukums, ūdens uzsūce, vaļējā porainība, šķietamais blīvums un noteikta spiedes stiprība ar *ToniTechnik* iekārtu. Kvalitatīvai fāžu noteikšanai veikta rentgenstaru difrakcijas analīze, izmantojot *Rigaku Ultima+* rentgenstaru difraktometru.

Var secināt, ka iegūto paraugu īpašību kopums ir atkarīgs gan no mālu ķīmiskā sastāva, gan dolomīta smalknes koncentrācijas, gan apdedzināšanas temperatūras un režīma.

Dolomīta smalknes pievienošana neizmaina paraugu kopējo sarukumu. Var novērot sakarību starp dolomīta koncentrācijas pieaugumu un šķietamā blīvuma samazināšanos, kas skaidrojams ar to, ka dolomīta sadalīšanās laikā veidojas  $\text{CO}_2$ , veidojot porainu struktūru. Liepas sarkanajiem māliem, pieaugot apdedzināšanas temperatūrai, spiedes stiprība palielinās, bet, pieaugot dolomīta koncentrācijai atbilstošajā temperatūrā, tā samazinās. Spiedes stiprība Liepas baltajiem māliem paraugiem ar dolomīta koncentrāciju līdz 1% ir atkarīga no mālu daļiņu īpašībām. Palielinot dolomīta smalknes daudzumu, spiedes stiprība kļūst atkarīga no fāzēm, kas veidojas apdedzināšanas procesā –  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ , MgO un CaO.

## LITERATŪRA

[1] Bajāre, D.; Korjakins, A.; Pizele, D.; Šahmenko, G. Alternatīvo dolomīta pildvielu pielietojums betona ražošanā. No: Starptautiskā konference “Eco Balt’ 2007”: tēzes, Latvija, Rīga, 10.-11.maijs, 2007. Rīga: Impegro Plus, 2007, 30.lpp

**Application of dolomite waste on ceramic products from Liepa clay.** In production of dolomite breakstone for building materials, the fraction with grain size smaller than 4 mm is formed and classified as dolomite waste. The effect of dolomite waste products on ceramic products from Liepa clay was studied. Samples with different dolomite waste product concentration were prepared, dried, and consequently fired in 3 differing temperatures:  $1000^{\circ}\text{C}$ ,  $1050^{\circ}\text{C}$  and  $1100^{\circ}\text{C}$ . The firing of the samples was performed in two different modes. Afterwards, such ceramic properties as shrinkage, water absorption, apparent porosity, apparent density, and compressive strength were determined. X-Ray diffraction for raw materials and fired products was performed. The set of the properties of the obtained samples depends on the chemical composition of the clays, dolomite waste product concentration, as well the firing temperature and mode. The addition of the dolomite waste to Liepa clay does not change the overall shrinkage of the ceramic samples. Correlation between the increase of dolomite waste and decrease in apparent porosity can be observed, because of the formation of  $\text{CO}_2$  during the decomposition of dolomite forming a porous structure. The compressive strength of Liepa red clay decreases with addition of the dolomite waste. Compressive strength of samples with Liepa white clay and dolomite waste concentration up to 1% depends on the properties of the clay particles. As the concentration grows, the compressive strength becomes dependent on the phases formed during the firing process.

# Varu saturoši pārklājumi AISI 304 nerūsējošam tēraudam: virsmas topogrāfijas un morfoloģijas pētījumi

Mairis Iesalnieks (1.kursa ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr. habil. sc. ing.* Gundars Mežinskis (zinātniskais vadītājs)

*Silikātu materiālu institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*

*e-pasts: [mairis.iesalnieks@rtu.lv](mailto:mairis.iesalnieks@rtu.lv)*

Mūsdienās kā vēl nekad, aug pieprasījums pēc lētiem un izturīgiem antibakteriāliem pārklājumiem. Šīs īpašības spēj nodrošināt sola-gēla metode. Kā substrāts tika izvēlēts AISI 304 nerūsējošais tērauds, jo tas ir izturīgs un viegli kopjams, kā arī tas ir viens no izplatītākajiem nerūsējošā tērauda veidiem ar plašu pielietojumu pārtikas rūpniecībā un medicīnas iestādēs. Lai uzlabotu sola-gēla pārklājumu adhēziju, tika apskatītas zinklipskombīta starpslāņa izmantošanas iespējas. Kā aktīvā antibakteriālā piedeva sola-gēla pārklājumos tika izmantots vara oksīds [1].

Izstrādātā darba mērķis bija iegūt stabilus sola-gēla sistēmas CuO-TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> pārklājumus uz pulēta AISI 304 nerūsējošā tērauda ar vai bez zinklipskombīta starpslāņa, kā arī veikt šo pārklājumu raksturošanu, izmantojot pieejamās pētīšanas metodes.

Tika pagatavoti 4 dažāda sastāva soli, kas saturēja, attiecīgi 0,5; 1; 2 un 3%<sub>mol</sub> vara oksīda izejvielu. Pēc pagatavošanas, soli tika uzklāti uz rūpnieciski pulētām nerūsējošā tērauda plāksnītēm, ar vai bez zinklipskombīta starpslāni [2]. Pārklājumi tika uzklāti izmantojot iemērķšanas-izvilšanas metodi ar šķīdumiem, kas tika novecināti 1, 8, 15, 22 un 29 dienas. Pēc uzklāšanas, pārklājumi tika apdedzināti 400 °C temperatūrā, ar temperatūras celšanas ātrumu 5 °C/min. Gatavie pārklājumi tika raksturoti izmantojot skenējošo elektronu mikroskopiju (*SEM*), rentgenstaru enerģijas dispersijas spektroskopiju (*EDS*), atomspēka spektroskopiju (*AFM*), sekundāko jonu masas spektroskopiju (*TIF-SIMS*), kā arī rentgenstaru fotoelektronu spektroskopiju (*XPS*). Apdedzinātie kserogēli tika pētīti izmantojot *FTIR* spektroskopiju.

Apdedzinātie kserogēli ir kristalogrāfiski amorfi. *FTIR* spektroskopijā ir novērojamas svārstības, kas atbilst visiem pārklājumā ietilpstošajiem oksīdiem. *AFM* gadījumā ir novērojama virsmas raupjainības un daļiņu izmēra palielināšanās līdz ar sola novecināšanas laiku. *SEM* attēlos redzams, ka, pulēta metāla gadījumā, daļiņām ir tieksme aglomerēties. Aglomerātu izmērs ir robežās no 150 līdz 250 nm. Atsevišķo daļiņu izmērs svārstās no 30 līdz 70nm. Fosfatēto paraugu gadījumā, sola-gēla pārklājums aizpilda brīvo vietu starp zinklipskombīta kristāliem. To apstiprina gan *SEM*, gan *EDS* rezultāti. Pamatojoties uz *TOF-SIMS* un *XPS* rezultātiem, ir redzama dzelzs migrācija uz pārklājuma virsmu. Lai to novērstu, ir nepieciešama pārklājuma biezuma palielināšana, vai arī apdedzināšana inertā atmosfērā, lai nepieļautu tērauda oksidēšanos.

## LITERATŪRA

[1] Gurianov, Y.; Nakonechny, F.; Albo, Y.; Nisnevitch, M. *Int. J. Mol. Sci.* **2019**, *20*, 439.

[2] Valanezhad, A.; Matsuya, S. *Surf. Coat. Technol.* **2010**, *205*, 2538-2541.

**Copper-containing coatings on AISI 304 stainless steel: studies of surface topology and morphology.** Nowadays as never before there is a need for cheap and durable antibacterial coatings. These properties can be provided by the sol-gel coating methods. AISI 304 stainless steel was chosen as the substrate because it is durable and easy to maintain, and it is one of the most common types of stainless steel with a wide range of applications. In order to improve the adhesion of the sol-gel coatings, the possibilities of using the zinclipscorbite interlayer were considered. Copper oxide was used as the active ingredient in the sol-gel coatings. The calcined xerogels are crystallographically amorphous. *FTIR* spectroscopy shows fluctuations corresponding to all oxides in the coating. In the case of *AFM*, an increase in surface roughness and particle size is observed with the aging of the sols. *SEM* images show that in the case of polished metal, the particles tend to agglomerate. The size of the agglomerates is between 150 and 250 nm. Individual particle size ranges from 30 to 70 nm. In the case of phosphated samples, the sol-gel coating fills the gaps between the zinclipscorbite crystals. This is confirmed by both *SEM* and *EDS* results. Based on the results of *TOF-SIMS* and *XPS*, the migration of iron to the coating surface is visible. To prevent this, it is necessary to increase the thickness of the coating or manage calcination in an inert atmosphere to prevent oxidation of the steel.

**VISPĀRĪGĀS ĶĪMIJAS TEHNOLOĢIJAS, BIOMATERIĀLU ĶĪMIJAS  
UN TEHNOLOĢIJAS APAKŠSEKCIJA**

# Ar sārnu aktivizētu saistvielu izstrāde ceolītu saturošu granulu izgatavošanai

Pauls Pāvils Ārgalis (2. kursa Materiālzinātnes maģistra programmas students)

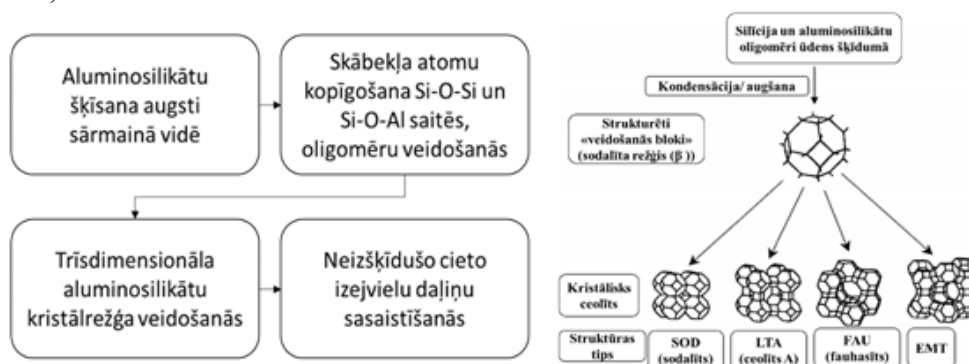
Dr. sc. ing. Kristīne Veģere, Mg. sc. ing. Laura Vītola (zinātniskās vadītājas)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: pargalis123@gmail.com

Sārnu aktivizētas saistvielas ir saistvielas, kuru aktivizēšana notiek ar kādu sārmezemju metāla šķīdumu. Šis process ir izrādījis interesi, jo kā pašu saistvielu var izmantot kalcinētus mālus, elektrofiltru pelnus un izdedžus, kas ir rūpniecības atkritumi. Šos atkritumus var pārstrādāt otrreiz un atrast tiem jaunu pielietojumu. Sārnu aktivizētas saistvielas izmantoja jau Senās Ēģiptes un Romas ēku būvniecībā.

Ceolīti ir homogēni sakārtotu tetraedru molekulu sistēma, kā pamatā ir alumīnija, silīcija un skābekļa atomi. Tie ir alumīnija silikāta minerāli, kurus iespējams atrast dabā, bet to īpašību uzlabošanai ir nepieciešama sintēze laboratorijā. Ceolītiem raksturīgs liels virsmas laukums, tāpēc tiem ir labas sorbcijas spējas. Ceolītus izmanto kā adsorbentus, bet tiem ir pārāk maza mehāniskā stiprība priekš industriāliem pielietojumiem, tāpēc tos veido kā kompozītus kopā ar saistvielām, kas palīdz uzlabot mehānisko stiprību. Izmantojot sārnu aktivizētas saistvielas, iespējams iegūt mehāniski stiprākas granulas ar lielāku sorbcijas spēju, salīdzinot tās ar granulām, kuras veidotas ar saistvielu, kas nav aktivizēta ar sārmezemju metāla šķīdumu. Sārnu aktivizētu saistvielu un ceolītu kompozītu izveide varētu kļūt par perspektīvu virzienu adsorbentu izstrādē ar plašāku pielietojumu klāstu kā citiem adsorbentiem.

Šī pētījuma ietvaros tika izgatavota sārnu aktivizēta saistviela un granulas, kuru sastāvā ir izveidotā saistviela un ceolīts 4A. Izveidotie materiāli tika pētīti un likumsakarība tika noteikta – palielinot aktivizācijas šķīduma un sauso izejvielu attiecību, ceolītu 4A kristāliskā intensitāte palielinās, kā arī ceolīti 4A izveidojas ātrākā laika posmā [1]. Šķidrā stikla pievienošana uzlaboja mehānisko stiprību, bet samazināja ceolītu 4A kristāliskās fāzes intensitāti. Izveidotajām granulām būtu nepieciešama mehāniskās stiprības uzlabošana, lai tās izmantotu industriāli.



1. att. Sārnu aktivizētu saistvielu pamatstruktūras jeb N-A-S-H gēla sintezēšanas shēma un ceolītu tipa sadalījuma diagramma [2].

## LITERATŪRA

- [1] Ārgalis, P.P.; Vītola, L.; Bajare, D. Suitability Assessment for the Application of Adsorption. *Crystals* **2021**, 1–18.  
[2] Ramsay, J.D.F.; Kallus, S. *Zeolite membranes*; Elsevier Masson SAS, 2000; Vol. 6.

**Development of alkali-activated binders for the production of zeolite granules.** The literature review contains information on alkali-activated binders, their history, as well as zeolites, and their applications. Information on the interaction between alkali-activated binders and zeolites was also summarized same as information about different adsorbents, their use, and granulation techniques. The experimental part describes raw materials, their chemical compositions, and calculations for activation solutions. A table was created for the chemical composition of kaolinite, also collected information on the methods used to determine the properties of the material. This study aims to create alkali-activated binder and granules, which contain the binder made and zeolite 4A, with a potential to be better than nowadays commercially used zeolite granules for CO<sub>2</sub> adsorption. Binder and granules with different liquid to solid ratios were made, and their individual properties were tested. The summary will contain all the conclusions about the properties of the binder and the granules.

# Sastāva ietekme uz hialuronskābes/ $\epsilon$ -polilizīna hidrogēlu īpašībām

Kristīne Belūne (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

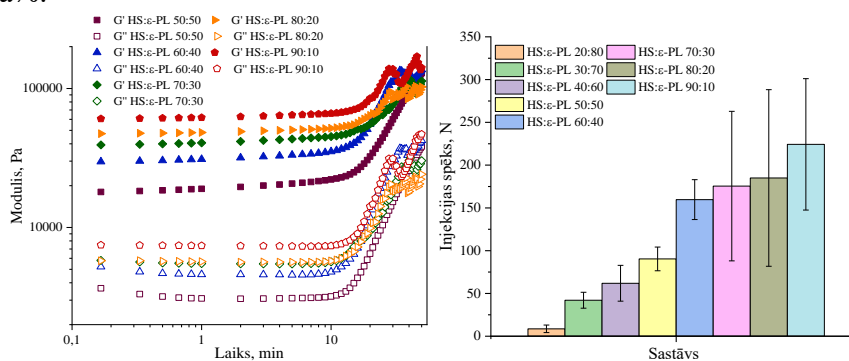
Dr. sc. ing. Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: kristine.belune@rtu.lv

Hialuronskābe (HS) ir dabīgs lineārs polisaharīds, kas sastopams gandrīz visos bioloģiskajos šķidrums un audos. Šī dabīgā biopolimēra struktūrai piemīt tādas izcilas īpašības kā biosaderība, pilnīga bioloģiska noārdīšanās, augsta ūdens saistīšanas spēja, kā arī viskoelastīga uzvedība [1]. Savukārt  $\epsilon$ -polilizīns ( $\epsilon$ -PL) ir dabīgs polipeptīds, ko galvenokārt izmanto pārtikas industrijā, pateicoties tā antibakteriālajai iedarbībai, taču pēdējos gados interese par šo polimēru pieaug arī biomedicīnas jomā, jo tas ir ūdenī šķīstošs, bionoārdāms un biosaderīgs [2]. Apvienojot šos abus biopolimērus, iespējams izveidot fizikāli šķērssaistītus hidrogēlus, tāpēc darba mērķis bija pagatavot HS/ $\epsilon$ -PL hidrogēlus, mainot HS daudzumu kompozītā, un novērtēt to īpašības.

Darbā pagatavoti HS/ $\epsilon$ -PL hidrogēli, mainot HS daudzumu kompozītā no 10svara% līdz 90svara%. Eksperimentāli noteiktas hidrogēlu reoloģiskās īpašības un injekcijas spēks (IS). Hidrogēlu reoloģiskās īpašības nosaka, izmantojot AntonPaar *SpartPave 102* reometru. IF nosaka, izmantojot mehānisko īpašību testēšanas iekārtu, ekstrudējot 10 mm parauga caur 5 ml šļirci, kurai pievienota 14 G izmēra adata.

HS/ $\epsilon$ -PL hidrogēliem krājuma modulis ( $G'$ ) vienmēr ir lielāks par zuduma moduli ( $G''$ ) (skat. 1. att. a)), kas liecina, ka hidrogēls veidojas uzreiz pēc šķidrās fāzes pievienošanas cietajai fāzei. Hidrogēlā palielinoties HS saturam, palielinās  $G'$  un  $G''$  moduļu vērtības, no kā var secināt, ka izveidotais materiāls ir stigrāks un tam paredzamas augstākas mehāniskās īpašības. Pieaugot HS daudzumam izveidotajā materiālā, injekcijas spēka vērtības palielinās no  $8,647 \text{ N} \pm 4,38 \text{ N}$  līdz  $224,3 \text{ N} \pm 76,8 \text{ N}$  (HS: $\epsilon$ -PL 20:80 - HS: $\epsilon$ -PL 90:10) (skat. 1. att. b)), norādot, ka potenciāli injicējami sastāvi ir tie kompozīti, kuros HS saturs nepārsniedz 30 svara%.



1. att. Hidrogēlu raksturojums: a) reoloģiskās īpašības; b) injicējamība.

## LITERATŪRA

- [1] Sokolova, M.; Locs, J.; Loca, D. *Key Eng. Mater.* **2017**, 721, 219–223.  
[2] Dima, S.; Lee, Y. Y.; Watanabe, I.; Chang, W. J.; Pan, Y. H.; Teng, N. C. *Polymers (Basel)* **2020**, 12, 1–10.

**Impact of hyaluronic acid content on the properties of hyaluronic acid/ $\epsilon$ -polylysine hydrogels.** The aim of the study was to prepare hyaluronic acid (HA)/ $\epsilon$ -poly-L-lysine ( $\epsilon$ -PL) hydrogels with different HA content and characterize them towards the rheological properties and injection force. Rheology measurements showed that the storage modulus ( $G'$ ) was always higher than the loss ( $G''$ ) modulus, indicating that the gel was formed immediately after the liquid phase was added to the solid phase. With increasing the HA content in the prepared compositions, the injection force values increased from  $8.647 \text{ N} \pm 4.38 \text{ N}$  -  $224.3 \text{ N} \pm 76.8 \text{ N}$  (HA: $\epsilon$ -PL 20:80 - HA: $\epsilon$ -PL 90:10), indicating that the potential injectable materials are composites with the HA content not exceeding 30 wt%.



# Rekombinanta B hepatīta virsmas antigēna (HBsAg) ieguve rauga *Pichia pastoris* GS115 kultivācijas procesā ar metanola koncentrācijas kontroli

Emīls Bolmanis (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

Dr. sc. ing. Oskars Grīgs (zinātniskais vadītājs)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: emils.bolmanis@biomed.lu.lv

B hepatīta vīrusa daļiņu apvalku veido lipīdi un trīs apvalka proteīni, kuri, iegūti mākslīgās proteīnu ekspresijas sistēmās, spēj apvienoties un veidot ne-infekciozas B hepatīta virsmas antigēna vīrusveidīgās daļiņas (HBsAg VVD), kuras plaši tiek izmantotas kā vakcīnu piegādes platformas [1]. HBsAg VVD ieguve raugā *P. pastoris* ir plaši pētīta un tai piemīt vairākas būtiskas priekšrocības salīdzinājumā ar citām rekombinanto proteīnu ekspresijas platformām, piemēram – viegla mērogojamība, spēja sasniegt augstas šūnu biomasas koncentrācijas vienkāršās un lētās barotnēs un augsti rekombinanto proteīnu iznākumi bez toksīnu vai pirogēnu klātbūtnes [2]. Neskatoties uz rauga augsto rekombinanto proteīnu ieguves produktivitāti, būtiska nozīme ir *P. pastoris* kultivācijas procesu optimizācijai gan no izmantotā celma, gan iegūstamā produkta viedokļa. Ierasti kultivācijas procesa optimizāciju veic, noskaidrojot dažādu kultivācijas procesa faktoru ietekmi uz produkta iznākumu, piemēram, temperatūras, vides pH, izšķīdušā skābekļa līmeņa un substrāta (metanola) piebarošanas ātruma un koncentrācijas. Būtiska nozīme HBsAg VVD ieguvei *P. pastoris* šūnās ir arī iegūtā proteīna attīrīšanas metodei, jo salīdzinoši nesen ir pierādīts, ka HBsAg VVD veidojas tieši attīrīšanas gaitā [3].

Pētījumā tika pārbaudītas divas dažādas *P. pastoris* kultivācijas stratēģijas HBsAg VVD ieguvei laboratorijas mēroga samaisīšanas bioreaktorā (EDF-5.4/BIO-4, *Biotehniskais centrs*), kā arī dažādu kultivācijas procesa parametru (temperatūras, metanola koncentrācijas, izšķīdušā skābekļa līmeņa) un produkta attīrīšanas stratēģijas ietekme uz mērķa produkta iznākumu. Metanola koncentrācija tiešsaistē tika mērīta bioreaktora izejas gāzēs (BCP-EtOH, *Bluesens*) vai ar iegremdējamu sensoru (MeOH sensor, *Raven biotech*) un kontrolēta, izmantojot Cos *et al.* piedāvātu metanola piebarošanas ātruma kontroles PI algoritmu [4].

Izmantojot Gurramkonda *et al.* piedāvāto kultivācijas protokolu [2] ar paaugstinātu metanola koncentrācijas kontroli (6,0 g/L) un pazeminātu izšķīdušā skābekļa līmeni (<10 %), kultivācijas procesa beigās tika sasniegta šūnu sausās biomasas koncentrācija 140 g/L. Izstrādātā proteīnu attīrīšanas metode, kas sastāvēja no proteīna izgulsnēšanas ar amonija sulfātu, izmēra sadalījuma hromatogrāfijas un hidrofobās mijiedarbības hromatogrāfijas soļiem, ļāva iegūt 186 mg/L (1,3 mg/g sausu šūnu) attīrītu HBsAg VVD ar aptuveno tīrības pakāpi 90 %.

## LITERATŪRA

- [1] Roldão, A.; Mellado, M.C.M.; Castilho, L.R.; Carrondo, M.J.; Alves, P.M. *Expert Rev. Vaccines*. **2010**, 9, 1149–1176.
- [2] Gurramkonda, C.; Adnan, A.; Gäbel, T.; Lünsdorf, H.; Ross, A.; Nemani, S.K.; Swaminathan, S.; Khanna, N.; Rinas, U. *Microb. Cell Fact.* **2009**, 8, 1–8.
- [3] Zahid, M.; Rinas, U. *Methods Mol. Biol.* **2019**; 1923, 309–322.
- [4] Cos, O.; Ramon, R.; Montesinos, J.L.; Valero, F. *Biotechnol. Bioeng.* **2006**, 95, 145–154.

**HBsAg production in methanol controlled *P. pastoris* GS115 Mut<sup>S</sup> bioreactor process.** Employing the cultivation protocol presented by Gurramkonda *et al.* [2] and a novel, rapid purification method resulted in 186 mg/L (1,3 mg/g dry cells) purified HBsAg VLPs with approx. 90 % purity.

# Stronciju saturoša hidroksilapatīta sintēze un raksturojums

Anna Dubova (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. sc. ing. Kristīne Šalma-Ancāne, Bc. chem. Artemijs Ščeglovs (zinātniskie vadītāji)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: annadubova@inbox.lv

Osteoporozē ir vielmaiņas kaulu slimība, kurai raksturīgs kaulu masas zudums un kaulaudu mikrostruktūras izmaiņas, kā rezultātā rodas skeleta trauslums un paaugstināts lūzumu risks.<sup>1</sup>

Hidroksilapatīts (HAp) ir bioaktīva keramika, kurai ir laba bioloģiskā savietojamība un bioaktivitāte, tāpēc to plaši izmanto biomedicīnā bojāto kaulaudu reģenerācijai un aizvietošanai.<sup>2</sup>

Stroncija ranelāts (SrRAN) ir pretosteoporozes medikaments, kas iedarbojas uz kaulu struktūru un ārstē osteoporozē. Pēdējos gados ir veikti pētījumi par dažādu SrRAN saturošu biomateriālu izstrādi un izpēti, lai nodrošinātu lokālu zāļu piegādi osteoporozes izraisītā kaula defekta vietā.<sup>3</sup> Ir pierādīts, ka Sr ir spēja uzlabot jaunu kaulaudu veidošanos, aktivizējot Ca sensoru receptorus, vienlaikus kavējot kaulu rezorbciju.

Pētījuma mērķis ir sintezēt SrRAN saturošus HAp un Sr aizvietotus HAp produktus ar vienādam Sr koncentrācijām, kā arī veikt iegūto sintēzes produktu fizikālķīmisko īpašību salīdzinājumu.

Pētījuma uzdevumi ietver: 1) sintezēt tīru HAp produktu, SrRAN saturošus (ar SrRAN 2.9, 8.8, 29.3 masas%) un Sr aizvietotus HAp produktus ar Sr koncentrācijām 1, 3, 10 masas%; 2) salīdzināt savā starpā iegūto sintēzes produktu fāžu sastāvu, molekulāro struktūru, īpatnējo virsmas laukumu, ķīmisko sastāvu.

HAp produktu sintēze tika veikta saskaņā ar šķīduma ķīmisko nogulsnešanas metodi, Ca(OH)<sub>2</sub> suspensijai pievienojot koncentrētu H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ūdens šķīdumu līdz stehiometrikai Ca/P attiecībai 1.67. SrO un SrRAN tiek izmantoti kā Sr avoti SrRAN saturošu HAp un Sr aizvietotu HAp produktu sintēzei. Sintēzes tika veikta 35° C. Pēc nostādīšanas ~ 24 h sintēzes suspensiju sasaldē un liofilizē.

Iegūto sintēzes produktu fāžu sastāvs un molekulārā struktūra uzrādīja HAp fāzei raksturīgos rentgenstaru difrakcijas maksimumus un absorbcijas joslas, kā arī SrRAN klātbūtni SrRAN-HAp produktos. Iegūtajiem sintēzes produktiem konstatēts atšķirīgs īpatnējais virsmas laukums, kas var liecināt par Sr iekļaušanos HAp sintēzes produkta kristāliskajā struktūrā.

## LITERATŪRA

- [1] Delmas, P. D. *Osteoporos. Int.* **2005**, *16*, 16–19.
- [2] Siswoyo, E.; Gunaway. *Matter Int. J. Sci. Technol.* **2018**, *4*, 40-45.
- [3] Wu, T. *et al.* *Biomed. Mater.* **2019**, *14*, 035005.

**Synthesis and characterization of strontium containing hydroxyapatite.** The aim of the study is to synthesize SrRAN containing HAp and Sr substituted HAp products with the same Sr concentrations, as well as to compare the physicochemical properties of the obtained synthesis products. The phase composition and molecular structure of the obtained synthesis products showed the characteristic X-ray diffraction peaks and absorbance bands of the HAp phase, as well as the presence of SrRAN in the SrRAN-HAp products. The changes of the measured specific surface area of the Sr substituted and SrRAN containing synthesis products may indicate the incorporation of Sr into the crystalline structure of the HAp synthesis products.

# Injicējamo biomateriālu izstrāde kaulaudu reģenerācijai

Kristina Dukšte (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. sc. ing. Kristīne Šalma-Ancāne, Mg. sc. ing. Inta Kreicberga (zinātniskās vadītājas)

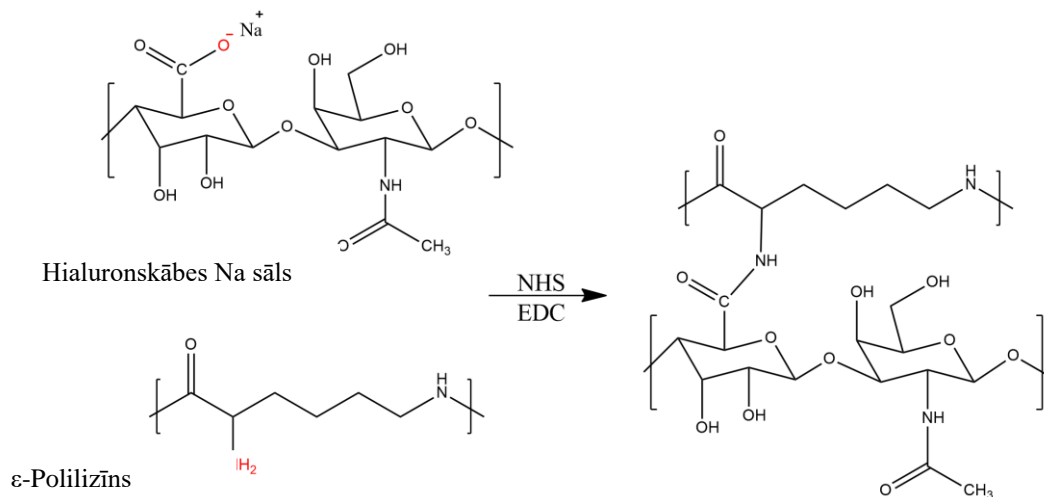
Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: kristiskaa@inbox.lv

Pēc Pasaules Veselības Organizācijas datiem osteoporozē un tās izraisītie kaulu defekti ir otra biežākā saslimšana pasaulē un prognozes liecina, ka pacientu skaits 2030. gadā Eiropā palielināsies par 23 %. Osteoporotisku kaulu lūzumu reģenerācijai būtisku uzlabojumu nodrošinātu mazinvasīvi biomateriāli, kas būtu injicējami tieši kaula defekta vietā, tā samazinot ķirurģisku iejaukšanos un komplikāciju risku pacientiem. Injicējami hidrogēli uz dabīgu polimēru bāzes ir daudzsoļi materiāli kaulaudu inženierijā, jo tie ir bioloģiski saderīgi, organismā noārdās un to struktūra ir līdzīga ekstracelulārajai (ECM) matricai kaulaudos [1, 2].

Darba mērķis ir veikt ķīmiski šķērssaistīta injicējama hidrogēla sintēzi uz hialuronskābes nātrija sāls (HA) un  $\epsilon$ -polilizīna ( $\epsilon$ -PL) bāzes, lai raksturotu reakcijas norisi, apzinātu iespējamus blakusproduktus, kā arī noteiktu šķērssaistīšanas pakāpi un fizikālķīmiskās īpašības.

Polimēru šķērssaistīšanas reakciju veic dejonizēta ūdens vidē, pazeminātā temperatūrā (0-4 °C), kur pirmajā reakcijas etapā aktivizē hialuronskābes nātrija sāli tam pievienojot katalizatorus N-hidroksisukcinimīdu (NHS) un 1-etil-3(3-dimetilaminopropil)karbodiimīda hlorīdu (EDC). Nākamajā reakcijas etapā, aktivētajai HA pievienojot  $\epsilon$ -polilizīnu, notiek abu polimēru šķērssaistīšanās reakcija.

Šķērssaistīšanās reakcijas galaproduktu un atdalītos blakusproduktus liofilizē un analizē ar FTIR, NMR, UV-VIS spektroskopijas metodēm. Šķērssaistītam hialuronskābes un  $\epsilon$ -polilizīna kopolimēram noteikta šķērssaistīšanas pakāpe, kā arī izstrādāta attīrīšanas metode no katalizatoru atlikumiem un reakcijas blakusprodukta.



## 1. att. Hialuronskābes un $\epsilon$ -polilizīna šķērssaistīšanas reakcija.

### LITERATŪRA

- [1] Rosa, M. *Int. J. Mol. Sci.* **2019**, *20*, 618.  
[2] Hernlund, E. *Arch Osteoporos.* **2013**, *8*, 136.

**Development of injectable biomaterials for bone tissue regeneration.** The goal of research is development of injectable biocomposites based on chemical crosslinked  $\epsilon$ -polylysine and hyaluronic acid hydrogels. The synthesis of cross-linked polymers is performed at 0-4 °C using NHS and EDC catalysts. FTIR, NMR and UV-VIS methods are used to analyze the structure of reaction starting materials, products and by-products.

# *In situ* kalcija fosfātu sintēzes tehnoloģijas izstrāde zīda šķīdumā

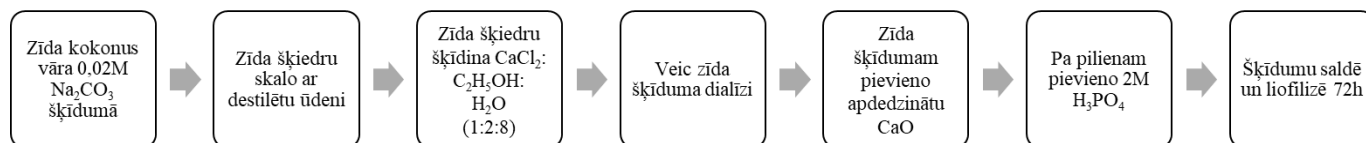
Andra Grava (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. sc. ing. Arita Dubņika (zinātniskā vadītāja)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: andra.grava@rtu.lv

Zīda fibroīns ir dabīgs proteīns ar daļēji kristālisku struktūru, kas nodrošina stingrību un izturību *Bombyx mori* zīdtārpiņa kokonos [1]. Kalcija fosfāti (CaP) ir plaši pielietoti kaulu reģenerācijā, jo tiem piemīt osteokonduktīvas un dažos gadījumos arī osteoinduktīvas īpašības. Hidroksilapatīts (HAp) ir dabiski sastopama kalcija fosfāta forma, kas veido lielāko neorganisko komponentu daļu cilvēka kaulos, savukārt beta-trikalcija fosfāts ( $\beta$ -TCP) ir sintētisks, biorezorbējams, osteokonduktīvs un osteoinduktīvs savienojums, kurš plaši tiek pētīts kā kaulu transplantāts. Bifāziski (sastāv no divām fāzēm) kalcija fosfāti tiek pētīti un izmantoti kā kaulu transplantāti un implantmateriāli mutes, sejas un žokļu ķirurģijā [2]. Kalcija fosfātu *in situ* sintēzes zīda fibroīna šķīdumā pagaidām ir maz izpētītas, taču tām ir augsts potenciāls uzlabot kompozīta mehāniskās īpašības, kā arī *in situ* sintēze nodrošinātu labāku mijiedarbību starp organisko un neorganisko komponentu fāzi [3].

Pētījumā tika iegūts zīda fibroīns no *Bomby mori* zīdtārpiņu kokoniem, kurā pēc tam tika sintezēti kalcija fosfāti (skat. 1. shēmu) pie pH no 4,0 līdz 11,0 ar soli 0,5, precīzāku rezultātu iegūšanai ar soli 0,1. Visi pētījumi paralēli tika veikti ūdenī, lai izvērtētu SF ietekmi uz CaP veidošanos. Iegūtie paraugi tika analizēti izmantojot Furjē infrasarkanā spektroskopiju (FT-IR), rentģendifrakciju (XRD), veikta Rietveld analīze, un izmantota Brunauer-Emmett-Teilor (BET) metode, lai noteiktu virsmas laukumu.



1. shēma. SF/CaP kompozītu iegūšanas shēma.

Izvērtējot iegūtos rezultātus, var secināt, ka tīru HAp zīda fibroīnā ir iespējams iegūt pie pH=10,0, savukārt ūdenī pie pH=10,5. 99% tīru  $\beta$ -TCP, ar nelielu beta-kalcija pirofosfātu ( $\beta$ -CPP) piemaisījumu ir iespējams iegūt pie pH=5,9 gan SF, gan ūdenī. SF/CaP kompozīta veidošanos ietekmē zīda fibroīna sastāvā esošās hidroksil un karboksil grupas, kuras modificē CaP kristālu augšanu un nukleāciju.

## LITERATŪRA

- [1] Ude, A. U. et.al. *Mater. Des.* **2014**, 57, 298–305.
- [2] Jeong, J. et.al. *Biomater. Res.* **2019**, 23, 1–11.
- [3] Mobika, J. et.al. *J. Mol. Struct.* **2020**, 1206, 127739.

**Development of *in situ* calcium phosphate synthesis technology in silk solution.** Silk fibroin is a natural protein, which can be found in *Bombyx mori* silkworm cocoons. Calcium phosphates (CaP) are widely used in bone regeneration due to their osteoconductive and in some cases osteoinductive properties. Hydroxyapatite (HAp) is a naturally occurring calcium phosphate that makes up the majority of human bone inorganic phase, while beta-tricalcium phosphate ( $\beta$ -TCP) is synthetic, bioresorbable, osteoconductive and osteoinductive material. SF/CaP *in situ* synthesis are poorly studied, but they have high potential to improve mechanical properties of the composite and provide better interaction between phases. CaP synthesis can be done in SF, leading to different ratios of HAp and  $\beta$ -TCP. Composites were studied using FT-IR, XRD, including Rietveld analysis, and BET.

# Dažādu gaismas parametru ietekme uz mikroaļģu biomasas ražību un kvalitāti

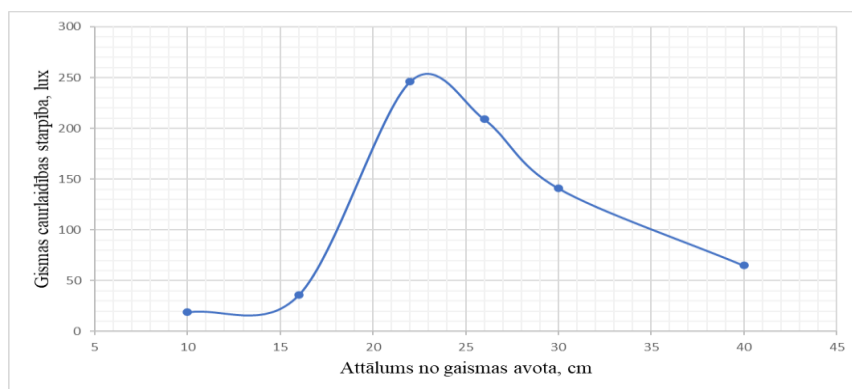
Maksims Kaliņins (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas students)  
Dr. sc. ing. Agnese Stunda-Zujeva (zinātniskā vadītāja)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: maksimk33@inbox.lv

*Artrospira platensis* piemīt antioksidanta, pretiekaisuma un pretvīrusu īpašības, tas aizsargā aknas un nieres, uzlabo asins kvalitāti un samazina anēmijas risku, atvieglo diabēta simptomus un palīdz organismam izvadīt smagos metālus [1]. Neskatoties uz to, ka pieprasījums pēc mikroaļģēm ir augsts, audzēšana ir relatīvi dārga - aptuveni 5–25 eiro par kg. Viena no galvenajām fototrofo mikroaļģu audzēšanas problēmām ir apgaismojums. Saules gaisma ir lētāka, taču atšķirībā no mākslīgā apgaismojuma, tā neļauj kontrolēt mikroaļģu ķīmisko sastāvu un augšanu. Tādēļ tiek meklēti jauni procesa optimizācijas veidi, kas samazinās gaismas vājināšanos [2]. Parasti mikroaļģu audzēšanai tiek izmantotas dienasgaismas spuldzes, savukārt LED lampas uzskatītas par perspektīvu alternatīvu. Tas ir saistīts ar to, ka LED plašā gaismas spektru izvēles dēļ ir labāk piemērotas mikroaļģu bioķīmisko procesu regulēšanai [3]. Šī darba mērķis ir noteikt optimālo gaismas intensitāti *A. platensis* audzēšanai burbuļu kolonnas tipa reaktorā.

Mikroaļģu kultivēšana tika veikta gaismu necaurlaidīgā kastē izvietotās cilindriskās pudelēs. Maisīšanai (barbotāžai) tika izmantoti kompresori, gaismas periods 16 h, temperatūra  $30,9 \pm 0,3$  °C. Kultivēšanas ilgums 24 h. Zarrouk barotnei izmantoti analītiski un pārtikas tīrības reaģenti. Inokulanta koncentrācija raksturota ar gaismas caurlaidību luksos, kas noteikti izmantojot luksometru. Biomasas pieaugums raksturots kā gaismas caurlaidības starpība (1.att.) starp gaismas caurlaidību audzēšanas sākumā un pēc 24 h. Gaismas avots LED, silti balta gaisma (3000K), piestiprināta pie sienas un tās intensitāte mērīta ar luksometru perpendikulāri tai. 57 cm attālumā no LED gaismas intensitāte ir 2430 lux, visas pārējās vērtības tika aprēķinātas, izmantojot apgriezta kvadrāta likumu.

Pēc 24 h vislielākais biomasas pieaugums bija 23 cm attālumā esošajā reaktorā. No kā var secināt, ka optimālā gaismas intensitāte bija 14925 lux.



1. att. Attāluma no gaismas avota ietekme uz mikroaļģu augšanu.

## LITERATŪRA

- [1] Yohana, F.; Hernandez, F.; Khandual, S.; Guadalupe, I.; López, R. *Asian Pacific J. Tropical Biomed.* **2017**, *7*, 14-19.
- [2] Schulze, P. S. C.; Barreira, L. A.; Pereira, H. G. C.; Perales, J. A. *Trends Biotechnol.* **2014**, *32*, 422-430.
- [3] Abu-Ghosh, S.; Fixler, D.; Dubinsky, Z.; Iluz, D. *Biores. Technol.* **2016**, *203*, 357-363.

**Influence of different light parameters on the productivity and quality of microalgae biomass.** The microalgae were cultured at a constant temperature for 24 hours. The maximum density of the culture was obtained at a light intensity of 14925 lux or 23 cm from the light source.

# Amorfā kalcija fosfāta saķepināšana spiediena ietekmē, istabas temperatūras apstākļos

Valentīna Kohane (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

Dr. sc. ing. Kristaps Rubenis (zinātniskais vadītājs)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: tinaignatjeva@inbox.lv

Interese par amorfo kalcija fosfātu (AKF) parādījās 20. gadsimta 70. gados, kad tika izvirzīta hipotēze, ka šis savienojums varētu būt atrodams mugurkaulnieku kaulos<sup>1</sup>.

Amorfā fāze ir viena no retākajiem Ca/P veidiem, viena no starpfāzēm citu CaP savienojumu iegūšanā<sup>2</sup>. Problēma blīvas AKF keramikas iegūšanai ir AKF termiskā stabilitāte, jo AKF pie 700 °C kristalizējas, tāpēc nepieciešams izvēlēties tādas saķepināšanas metodes, kur netiek pielietotas paaugstinātas temperatūras<sup>3</sup>. Šim nolūkam var izmantot tādas metodes kā dzirksteļizlādes plazmas saķepšana un aukstās saķepināšanas process (AS)<sup>1</sup>. Šajā pētījumā paraugu iegūšanai izmantojām auksto saķepināšanu (bez šķidrās fāzes). Pētījuma mērķis bija noskaidrot, kā AKF saķepšanu (sablīvēšanos) un struktūru ietekmē uniaksiāla presēšana istabas temperatūrā.

Pētījumam tika izmantots AKF pulveris, kura sintēze veikta pēc šķīdināšanas-nogulsnešanas metodes<sup>4</sup>. Iegūtais pulveris tika saķepināts pie dažādiem spiedieniem istabas temperatūrā. Iegūtās tabletes tika nosvērtas, kā arī tām izmērīts diametrs un augstums, lai noteiktu to ģeometrisko blīvumu. Patieso blīvumu gan tabletēm, gan pulverim noteica izmantojot hēlija piknometriju. Lai noteiktu lūzumu virsmas morfoloģiju, tabletes tika raksturotas ar skenējošo mikroskopu (SEM). Samaltas tabletes smalkā pulverī tika pārbaudītas izmantojot Furjē spektroskopiju (FT-IR), nosakot tām raksturīgās funkcionālās grupas, savukārt, ar rentgendifraktometriju (XRD) pārbaudīja paraugu fāžu sastāvu.

Rezultātā tika iegūtas tabletes pie dažādiem spiedieniem. Atkarībā no pieliktā spiediena tablešu augstumi mainījās – jo lielāks spiediens pielikts, jo mazāks augstums tabletei. Paraugu relatīvo blīvumu ietekmēja pieliktais spiediens, kas lielāka pieliktā spiediena ietekmē aizvien vairāk tuvojās parauga patiesajam blīvumam. Tika konstatēts, ka pieaugot pieliktajam spiedienam, palielinās parauga gaismas caurlaidība.

Pārbaudot paraugu blīvumus – attiecinot to ģeometrisko pret patieso blīvumu, iegūts relatīvais blīvums, kas pārsniedz 70 %, ja paraugi ir saķepināti augstākā spiedienā par 500 MPa. Pārbaudot paraugus pēc presēšanas FT-IR un XRD, tika konstatēts, ka tie palika amorfi. Paraugu porainība samazinājās un būtiska graudu augšana netika novērota, pieaugot spiedienam, kādā iegūti paraugi (SEM pētījumi).

## LITERATŪRA

- (1) Combes, C.; Rey, C. *Acta Biomater.* **2010**, *6*, 3362–3378.
- (2) Mahamid, J.; Aichmayer, B.; Shimoni, E.; Ziblat, R.; Li, C.; Siegel, S.; Paris, O.; Fratzl, P.; Weiner, S.; Addadi, L. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* **2010**, *107*, 6316–6321.
- (3) Thermally induced crystallization of amorphous calcium phosphate in plasma-spheroidised hydroxyapatite powders <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-11e5f349-1bb2-39af-b90e-320e354eeb20> (accessed Jan 14, 2021).
- (4) Rubenis, K.; Zemjane, S.; Vecstaudza, J.; Bitenieks, J.; Locs, J. *J. Eur. Ceram. Soc.* **2021**, *41*, 912–919.

**Sintering of amorphous calcium phosphate under pressure at room temperature.** The ACP sintering is a hot topic, since in this way it is possible to obtain ceramics that will meet the modern requirements of bioceramics. For ACP synthesis dissolution-precipitation method was used. In this work, the compaction was done at room temperature, but at different pressures. Thus, ACP ceramics with high relative density were obtained, with no phase transition occurring, that was confirmed by XRD and FT-IR. With increasing pressure, the optical transparency of the sample also increased. These results are achieved with a simple uniaxial press.

# UV aktivēta TiO<sub>2</sub> un Nb-TiO<sub>2</sub> gāzes sensora izveide

Annija Kuzma (4. kursa Ķīmijas bakalaura programmas studente)

Mg. sc. ing. Raivis Eglītis (zinātniskais vadītājs)

*Funkcionālo materiālu tehnoloģiju zinātniskā laboratorija, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: annija.kuzma@rtu.lv*

Gāzes sensoriem ir būtiska loma starp vissvarīgākajām tehnoloģijām mūsu ikdienā. Gāzes sensoru tipiskie pielietojumi ir toksisku vielu un sprādzienbīstamu gāzu noteikšana, lai nodrošinātu sabiedrības un sadzīves drošību un rūpniecisko procesu norisi, kā arī monitorētu vides piesārņojumu un gaisa kvalitāti<sup>1</sup>. Savā darbā es izmantoju fotoaktivētu gāzes sensoru, kura darbības mehānisma pamatā ir elektroķīmiskas reakcijas, kas saistītas ar elektroniem/caurumiem, kas radušies fotonu un metāla oksīda virsmas mijiedarbībā istabas temperatūrā. Ierosinātie elektroni var mijiedarboties ar adsorbēto skābekli un tikt savākti, savukārt ierosinātie caurumi var mijiedarboties ar oksidējamām vielām<sup>2</sup>.

Darbā tika sintezētas TiO<sub>2</sub> daļiņas saskaņā ar metodi, ko aprakstīja U.Joost<sup>3</sup>, un sintezēs tika pievienots niobija prekursora šķīdums, lai iegūtu daļiņas ar dažādu niobija saturu. Tālāk ar rotācijas uznešanas metodi uz ITO elektrodiem tika uznessis pārklājums un stundu apdedzināts pie 150 grādiem. Iegūtajiem sensoriem tika mērīta pretestība pie dažādām šķīdinātāju atmosfērām ar un bez UV gaismas iedarbības. Daļiņām tika noteikts kristāliskais sastāvs un izmērs, izmantojot Ritvilda analīzi, rentgenstaru difraktometriju, kā arī caurejošo elektronu mikroskopiju<sup>4</sup>.

Lai iegūtu rezultātus, tika veikti mērījumi TiO<sub>2</sub> sensora paraugam, kā arī gāzes sensora paraugiem, kas ir dopēti ar niobija saturu 5, 10 15 un 20 molprocenti. Tīra TiO<sub>2</sub> sensors uzrādīja izteiktu jutību pret etanolu un butanolu, kā arī labu jutību pret citiem spirtu tvaikiem UV gaismas iedarbībā un sensoram bija novērojama lineāra atbildes reakcija etanola koncentrācijas maiņai, kuru bija iespējams ietekmēt mainot UV gaismas intensitāti. Turklāt sensors uzrādīja rezultātus istabas atmosfērā līdz ~ 44 % relatīvajam mitrumam.

## LITERATŪRA

- (1) Zhang, J.; Liu, X.; Neri, G.; Pinna, N. *Adv. Mater.* **2016**, 795–831.
- (2) Espid, E.; Taghipour, F. *Critical Rev. Solid State Mater. Sci.* **2017**, 416–432.
- (3) Joost, U.; Šutka, A.; Oja, M.; Smits, K.; Döbelin, N.; Loot, A.; Järvekülg, M.; Hirsimäki, M.; Valden, M.; Nömmiste, E. *Chem. Mater.* **2018**, 30, 8968–8974.
- (4) Šutka, A.; Eglītis, R.; Kuzma, A.; Smits, K.; Zukuls, A.; Prades, J. D.; Fàbrega, C. *ACS Appl. Nano Mater.* **2021**, 4, 2522–2527..

**Preparation of UV activated TiO<sub>2</sub> and Nb-TiO<sub>2</sub> gas sensors.** Gas sensors are used for detecting toxic and explosive gases to monitor environmental pollution and air quality. Photo-activated gas sensors works by various electrochemical reactions that involve electrons/holes created by the interactions of photons and the metal oxide surface at room temperature. In this study TiO<sub>2</sub> and Nb-TiO<sub>2</sub> gas sensors are tested for response to ethanol vapor at various concentrations and other solvents at a concentration of 1000 ppm.



# Injicējami CaP saturoši hidrogēlu kompozīti

Mārtiņš Nābels-Šneiders (2. kursa Materiālzinātnes maģistra programmas students)

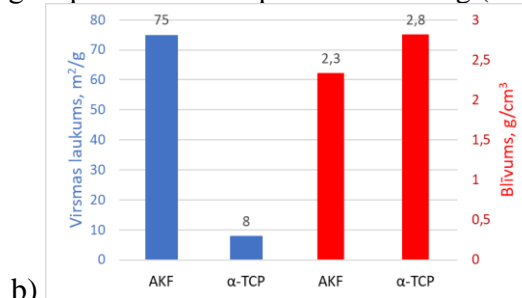
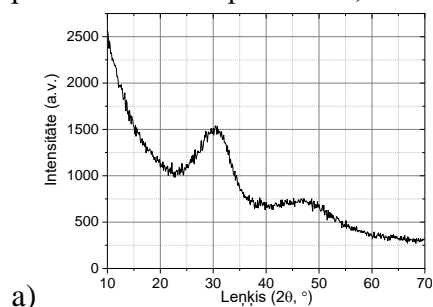
Dr. sc. ing. Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: martins@edu.rtu.lv

Kauls ir kompozītmateriāls, kura organiskā fāze galvenokārt sastāv no kolagēna, savukārt neorganiskā fāze no kalcija fosfātiem (CaP). Kaula defekti var būt gan iedzimti, gan veidojušies attīstoties tādām slimībām kā, piemēram, osteoporoze vai vēzis, kā arī var rasties pēc traumām un kaulu lūzumiem. Šādu defektu labošanai piemēroti būtu sintētiski CaP biomateriāli. Viens no CaP pārstāvjiem ir amorfs kalcija fosfāts (AKF), kas pēc struktūras un ķīmiskā sastāva ir ļoti līdzīgs zīdītāju kaulu un zobu neorganiskajai daļai. AKF ir bioaktīvs un biosaderīgs, kā arī veicina kaulaudu reģenerāciju [1]. Apstrādājot AKF augstās temperatūrās, rodas  $\alpha$ -trikalcijs fosfāts ( $\alpha$ -TCP), kas saskaroties ar ūdeni šķīdumos, veido hidroksilapatītu. Hidrogēli, savukārt, ir ķīmiski vai fizikāli šķērssaistīti polimēru trīsdimensiju (3D) tīkli, kas nešķīst ūdenī. Šķērssaistes satur hidrogēlu kopā un neļauj tam šķīst [2]. Hialuronskābe (HS) ir biopolimērs ar augstu ūdeni uzsūces spēju, viskozitāti un elastību. HS ir ekstracelulārās – ārpusšūnas matricas sastāvdaļa, kas cilvēka organismā uzlabo osteogēni jeb kaulaudu veidošanos un minerālvielu uzsūkšanos. HS ir biosaderīga un bioloģiski noārdāma – drošs materiāls medicīniskam pielietojumam [3]. Apvienojot AKF un HS īpašības, iespējams izveidot injicējamus kompozītmateriālus kaulaudu reģenerācijai. Šādi materiāli būtu piemēroti mazināšanai ķirurģiskām procedūrām, tos injicējot ar šļirci tieši nepieciešamajā kaula defekta vietā.

AKF pagatavošanai izmantota diamonija hidrogēnfosfāta (AHP) un kalcija nitrāta tetrahidrāta (KNTH) šķīdumu ķīmiskā nogulsnešanas metode. Pēc nogulšņu skalošanas un filtrēšanas, tās žāvē 60 °C un granulē. Iegūtās granulas (granulu izmērs intervālā no 180 līdz 250  $\mu\text{m}$ ), skalo spirtā, žāvē ~ 2 stundas 60 °C un apstrādā augstās temperatūrās, iegūstot  $\alpha$ -TCP. Iegūtos izejmateriālus raksturo, izmantojot rentgenstaru difrakometriju (XRD), skenējošo elektronu mikroskopiju (SEM), piknometriju, augsttemperatūras mikroskopiju (ATM), Brunauera-Ennetta-Tellera (BET) metodi.

AHP un KNTH izejvielu molaritātes izvēlētas tā, lai Ca un P molārā attiecība sintēzes gala produktā būtu 1,5. Šāda Ca un P molārā attiecība izvēlēta, lai pēc AKF augsttemperatūras apstrādes varētu iegūt  $\alpha$ -TCP. Izmantojot XRD tika novērtēts sintēzes gala produkta kristāliskums un iegūtie rezultāti parādīja (skat. 1c) att.), ka iegūtais produkts ir rentgenamorfs. Salīdzinot AKF un  $\alpha$ -TCP blīvumus, secināts, ka pirms termiskās apstrādes tas ir 2,3322  $\text{g}/\text{cm}^3$  un pēc termiskās apstrādes – 2,8177  $\text{g}/\text{cm}^3$ . Novērtējot AKF virsmas laukumu secināts, ka tas pirms termiskās apstrādes ir, ir 75  $\text{m}^2/\text{g}$  un pēc termiskās apstrādes – 8  $\text{m}^2/\text{g}$  (skat. 1. b) att.).



**1. att.** a) amorfa kalcija fosfāta XRD rentgenogramma; b) AKF un  $\alpha$ -TCP virsmas laukums un blīvums pirms un pēc augsttemperatūras apstrādes.

## LITERATŪRA

- [1] Dorozhkin, S. Materials **2009**, 2, 399–498.
- [2] Bahram, M.; Mohseni, N.; Moghtader, M. An Introduction to Hydrogels and Some Recent Applications. In Emerging Concepts in Analysis and Applications of Hydrogels; Majee, S. B., Ed.; InTech, **2016**.
- [3] Asari, A. Medical Application of Hyaluronan. Elsevier Ltd, **2004**.

**Injectable CaP containing hydrogel composites.** Amorphous calcium phosphate (ACP) is a member of calcium phosphates (CaP) group which, by structure and chemical composition, is very similar to the inorganic part of mammalian bones and teeth. ACP is bioactive and biocompatible, contributes to the bone regeneration and after high temperature treatment transforms to the  $\alpha$ -tricalcium phosphate ( $\alpha$ -TCP) phase. The aim of the current research was to develop injectable  $\alpha$ -TCP/hyaluronic acid (HA) composite materials able to fill the defected site of the bone. Such composite, when injected into the body and gets in contact with biological fluids, will convert to hydroxyapatite (HAp), which is very similar to inorganic component of the bone.

# Granulētu biokompozītu iegūšana un īpašību izpēte

Maksims Plohuta (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

Mg. sc. ing. Kristīne Irtiševa, Dr. sc. ing. Jurijs Ozoliņš (zinātniskie vadītāji)

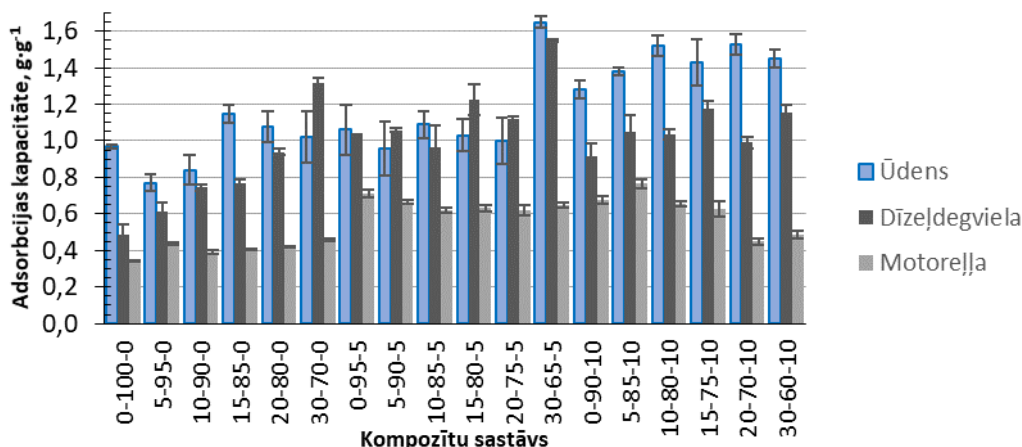
Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: maksims.plohuta@gmail.com

Mūsdienu pasaule saskaras ar tādām problēmām, kā ūdens piesārņojums ar naftas produktiem un pārmērīga atkritumu ģenerēšana. Hidrosfēras piesārņojumam ar naftas produktiem ir smagas sekas. Visefektīvākais naftas savākšanas veids, uz doto brīdi, ir adsorbentu izmantošana. Komerciāli izmantojamie adsorbenti ir efektīvi, bet dārgi [1]. Bioloģiski sorbenti ātri uzsūc ūdeni un ātri grimst.

Darbā tika izgatavoti un pētīti granulēti kompozītmateriāli, izmantojot dabīgas izcelsmes saistvielu no kūdras pārstrādes produktiem (HP), smalcinātu devulkanizētu automobiļu riepu gumiju (CR) un akmeņogļu sadedzināšanas vieglo pelnu sastāvdaļa – dobas alumosilikāta mikrosfēras, jeb cenosfēras (CS).

Tika izgatavotas 19 kompozīcijas ar dažādu HP, CR un CS sastāvu robežās no 0 mas.% līdz 30 mas.%. No iegūtajām kompozīcijām izgatavoja paraugus bloku un granulā veidā, paraugi apzīmēti, norādot sastāvu mas. %, pēc principa CR-HP-CS.

Iegūtajiem kompozītmateriāliem noteica granulā virsmas morfoloģiju, beramo blīvumu un adsorbcijas kapacitāti pret trīs modeļšķīdumiem – ūdeni, dīzeļdegvielu un motoreļļu. Eksperimentāli noteikts, ka ievadot materiālā CS, pieaug paraugu ūdens saistīšana (skat. 1. att.).



1. att. Granulā adsorbcijas kapacitātes izmaiņas atkarībā no paraugu sastāva.

CR klātbūtne visos gadījumos uzlabo granulā sorbcijas spēju pret dīzeļdegvielu, pieaugot CR daudzumam paraugā sorbcijas kapacitāte pieaug. CS ievadīšana paraugā atsevišķiem sastāviem dīzeļdegvielas sorbcijas spēju uzlabo, sasniedzot vairāk kā 1,5 g.g<sup>-1</sup> paraugiem ar sastāvu 30-65-5, kas var būt saistīts ar izveidoto paraugu struktūru. Līdzīgs efekts novērojams motoreļļas gadījumā, CS pievienošana palielina motoreļļas saistīšanās spēju vidēji no 0,4 līdz 0,6 g.g<sup>-1</sup>.

## LITERATŪRA

[1] Lourie E.; Gjengedal, E. *Chemosphere* **2011**, 85, 759–764.

**Preparation of granular biocomposites and research of their properties.** Modern world suffers from problems such as extensive waste generation and water pollution with oil. The most effective way to collect oil spills is adsorption, but commercial sorbents are expensive. Biological sorbents adsorb water and drown fast. Biocomposites from peat, devulcanized crumb rubber from used tyres and cenospheres are prepared. Adsorption capacities for water, diesel and engine oil; bulk density and morphology of surface are studied. Cenospheres improves adsorption capacity of the granules. Diesel adsorption capacity exceeds 1,5 g.g<sup>-1</sup> for sample 30-65-5. Engine oil adsorption capacity increases from 0.4 to 0.6 g.g<sup>-1</sup>.

# Metodes izstrāde un validācija atlikušo šķīdinātāju (hloretāna, 2-hlorpropāna, cikloheksāna, benzola un etilēnglikola) satura noteikšanai fenibūtā

Maksims Razzivins (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas students)

*Dr. nat. techn.* Kristaps Kļaviņš (zinātniskais vadītājs)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: mrazz0494@gmail.com*

Piemērota šķīdinātāja izvēlei zāļu vielu ražošanā ir ļoti būtiska nozīme, jo tas var palielināt ražošanas iznākumu vai piešķirt vielai vēlamas raksturīpašības: kristālu formu, tīrību un šķīdību. Tādejādi, pareiza šķīdinātāja izvēle ir kritisks parametrs sintēzes procesā. Sintēzes procesā izmantotie šķīdinātāji vienmēr paliek gala produktā. Tie tiek definēti kā atlikušie šķīdinātāji: gaistoši organiski savienojumi, kurus izmanto vai tie rodas zāļu substances ražošanas procesā. Tā kā atlikušiem šķīdinātājiem nav terapeitiska ieguvuma un tie pat var būt kaitīgi, tad ir nepieciešamas piemērotas analītiskas metodes, kas ļauj noteikt šo šķīdinātāju daudzumu gala produktā, kā arī to atbilstību produkta specifikācijai [1].

Darba uzdevums bija izstrādāt un validēt gāzu hromatogrāfijas (GH) ar liesmas jonizācijas detektoru metodi hloretāna, 2-hlorpropāna, cikloheksāna, benzola un etilēnglikola satura noteikšanai fenibūtā. Darba gaitā tika izstrādātas divas metodes. Hloretāna, 2-hlorpropāna, cikloheksāna un benzola noteikšanai tika izstrādāta metode izmantojot GH/HS iekārtu aprīkotu ar DB-624 kapilāro kolonnu (garums 60 m, i.d. 0,32 mm, biezums 1,8 μm). Etilēnglikola satura noteikšanai tika izstrādāta derivatizācijas metode ar fenilborskābi metanolā. Vielu analīzi veica izmantojot GH ar liesmas jonizācijas detektoru aprīkotu ar *Restek RTX-5ms* kapilāro kolonnu (garums 30 m, i.d. 0,32 mm, biezums 0,25 μm). Izstrādātās metodes tika validētas balstoties uz vispārpieņemtām vadlīnijām. Abas metodes ir sekmīgi ievestas ražošanas procesā, lai veiktu atlikušo šķīdinātāju rutīnas analīzes.

## LITERATŪRA

[1] E. M. Agency, "ICH guideline Q3C (R6) on impurities: Guideline for Residual Solvents", International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use, vol. 31, 2019.

**Determination of residual solvents (chloroethane, 2-chloropropane, cyclohexane, benzene and ethylene glycol) in phenibut.** The task of this study was to develop the analytical procedure for determination of content of chloroethane, 2-chloropropane, cyclohexane, benzene and ethylene glycol in phenibut according to the declared specification limit 724 ppm, 14 ppm, 3880 ppm, 2 ppm and 620 ppm with respect to API concentration in test solution respectively. The chloroethane, 2-chloropropane, cyclohexane and benzene content determination in phenibut were performed via GC-FID/HS method on a capillary column (DB-624, length 60 m, i.d. 0.32 mm, film 1.8 μm). The ethylene glycol content determination in phenibut was performed via GC-FID method on a *Restek RTX-5ms* column, length 30 m, i.d. 0.32 mm, film 0.25 μm by the derivatization reaction with phenylboronic acid in methanol. The analytical methods for chloroethane, 2-chloropropane, cyclohexane, benzene and ethylene glycol determination in phenibut by gas chromatography was validated. It was found to give linear and reproducible results and the method can be successfully used on a routine basis.

# *Kluyveromyces marxianus* fermentācijas vides sastāva optimizācija un 2- feniletanola iegūšana

Anastasija Šuleiko<sup>2</sup> (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Juris Vanags<sup>1</sup>, Mg.sc.ing. Konstantīns Dubencovs<sup>1,2</sup> (zinātniskie vadītāji)

<sup>1</sup>Biotehniskais centrs AS, <sup>2</sup>Latvijas Valsts Koksnes ķīmijas institūts  
e-pasts: anastasija.gurcinska@gmail.com

2-Feniletanols (2-PE) ir aromātiskais savienojums, kuru plaši izmanto pārtikas, smaržvielu un kosmētisko produktu ražošanā. Mūsdienās, lielākā daļa komerciāli pieejama 2 PE tiek iegūta: (1) tradicionālas ķīmiskās sintēzes rezultātā, vai (2) ekstrahējot šo savienojumu no augiem (rožu ziedu lapiņām). Abas iepriekšminētās metodes ietver sevī vairākus tehniskus ierobežojumus, kuri savukārt ietekmē iegūstamā 2-feniletanola kvalitāti un/vai ražošanas izmaksas.

Alternatīva 2-PE ražošanas metode ir tās biosintēze no L-fenilalanīna ar raugu *Kluyveromyces marxianus* DSM5422. Rauga pielietošana 2-feniletanola biosintēzei ir videi draudzīgāka, jo salīdzinājumā ar tradicionālajām ķīmiskajām metodēm biosintēzes laikā nerodas kancerogēni un/vai kaitīgi blakusprodukti. Biosintezēto 2-PE var uzskatīt par dabiskas izcelsmes produktu ar augstu pievienoto vērtību.

Šī pētījuma mērķis bija noskaidrot sintētiskās augšanas vides un barošanas šķīduma optimālo sastāvu attiecībā uz galvenajām biomasas sastāvdaļām: oglekli, slāpekli un fosforu (C:N:P), lai sasniegtu maksimālo *Kluyveromyces marxianus* biomasas koncentrāciju un 2-PE produktivitāti procesā ar piebarošanu.

Pirmajā etapā specifisko oglekļa, slāpekļa un fosfora patēriņu noteikšanai, tika realizēti vairāki *Kluyveromyces marxianus* mikrokultivēšanas (96 bedrīšu mikroplatēs) eksperimenti. Balstoties uz eksperimentu rezultātiem, tika aprēķinātas optimālās barotnes komponentu koncentrāciju attiecības - C:N:P un tās ir vienādas ar 1:0.043:0.01. Vadoties no tā, ka mikroplatēs un bioreaktoros tiek nodrošināti atšķirīgi kultivācijas nosacījumi (aerācija, maisšana, utt.) barotņu sastāvu ir nepieciešams pielāgot lielāka mēroga kultivācijām.

Otrajā etapā tika realizēti vairāki kultivācijas eksperimenti 5 L laboratorijas bioreaktorā (ar 2-feniletanola sintēzi), lai precizētu optimālo barotnes sastāvu. Pēc fermentācijas eksperimentiem mēs nonācām pie beigu optimālās oglekļa, slāpekļa un fosfora attiecības barošanas šķīdumā - C:N:P = 1:0.0375:0.006.

Maksimālā sasniegtā *Kluyveromyces marxianus* biomasas koncentrācija bija 73 g·L<sup>-1</sup>, un tā ir salīdzināma ar rezultātiem, kas tika iegūti izmantojot uz rauga ekstrakta balstītu barotni. 2-PE biosintēzes laikā maksimālā sasniegta produktivitāte bija 0.372 g·L<sup>-1</sup>·h ar iznākumu 74 %, kas ir ļoti tuvu literatūras datiem [1].

## LITERATŪRA

[1] Mihaľ, M.; Vereš, R.; Markoš, J.; Štefuca, V. *Chem. Eng. Process.: Proc. Intensif.* **2012**, 57-58, 75-85.

### **Optimization of the fermentation medium composition of *Kluyveromyces marxianus* and production of 2-phenylethanol.**

The aim of the present study was to find out the optimal compositions of the synthetic growth medium and feeding solution, in respect to the main components: carbon, nitrogen and phosphorous, to achieve higher *K. marxianus* biomass concentration and 2-PE productivity. The obtained results indicate that the optimal molar relations of feeding solution components C:N:P is respectively 1:0.0375:0.006. The maximal obtained biomass concentration was equal to 73 g·L<sup>-1</sup>, which is comparable to other previously published cultivation results when using 'rich' growth mediums. During the biosynthesis phase, the maximum obtained productivity of 2-PE was 0.372 g·L<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, with a yield of 74%, which is very close to the data presented by other authors.

### **Acknowledgements**

This research was supported by European Regional Development Fund (ERDF) within the framework of the project "Competence center of smart materials and technologies No. 1.2.1.1/18/A/007 and by Bio-economic grant "MarksKultOpt" from the Latvian State Institute of Wood Chemistry.

# Fizikāli šķērssaistīti hialuronskābi saturoši hidrogēli

Alise Švarca (1. kursa Ķīmijas un ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

Dr. sc. ing. Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

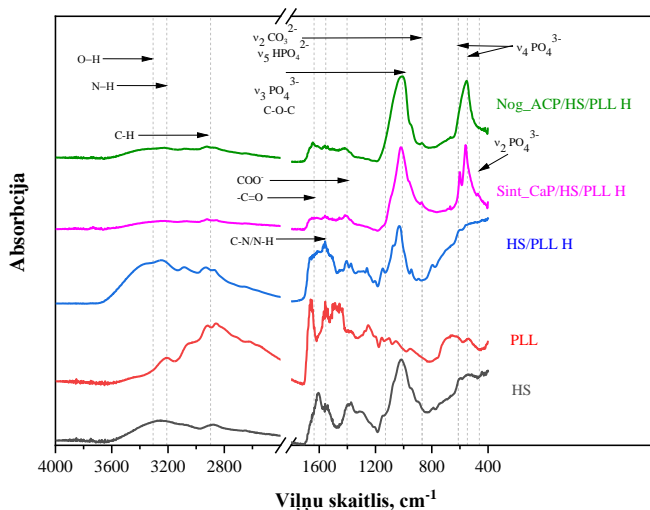
Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: [alise.svarca@rtu.lv](mailto:alise.svarca@rtu.lv)

Ķīmiski šķērssaistītu hidrogēlu sintēzē bieži izmanto šķērssaistīšanās aģentus, kas ir toksiski un var nevēlami ietekmēt hidrogēla komponentes un tajā iekapsulētās aktīvās vielas, tāpēc mūsdienās pastiprinātu zinātnieku interesi kaulaudu inženierijas jomā ir piesaistījuši fizikāli šķērssaistīti hidrogēli, kas ne tikai novērstu ķīmiski šķērssaistīto hidrogēlu trūkumus, bet arī šos hidrogēlus organismā varētu ievadīt, izmantojot mazinvasīvas metodes un būtu iespējams aizpildīt neregulāras formas kaulu defektus [1]. Apvienojot hialuronskābes (HS) un kalcija fosfātu (CaP) īpašības, būtu iespējams iegūt jaunus kompozītmateriālus kaulaudu inženierijas jomā, kurus modificējot ar  $\epsilon$ -polilizīnu (PLL), tiktu izveidoti fizikāli šķērssaistīti injicējami hidrogēli ar antibakteriālām īpašībām [2].

Pētījuma metodiskajā daļā sintezēti divu veidu kompozītmateriāli *in situ* – kalcija fosfāti hialuronskābes šķīdumā (CaP/HS) un amorfais kalcija fosfāts hialuronskābes un  $\epsilon$ -polilizīna šķīdumā (ACP/HS/PLL). CaP/HS un ACP/HS/PLL kompozītmateriāli attiecīgi izmantoti Sint\_CaP/HS/PLL un Nog\_ACP/HS/PLL fizikāli šķērssaistītu hidrogēlu pagatavošanā. Novērtēta un salīdzināta hidrogēlu uzbriešanas pakāpe un gēla frakcija, kā arī raksturota paraugu molekulārā struktūra, izmantojot Furjē transformācijas infrasarkanā spektroskopiju (FT-IR).

Noteiktais CaP/HS un ACP/HS/PLL kompozītmateriālu blīvums (attiecīgi 2,22 un 2,01 g/cm<sup>3</sup>), kā arī molekulārās struktūras analīze, liecina par polimēru klātbūtni sintezētajā materiālā (skat. 1. att.).

Novērtējot hidrogēlu uzbriešanas pakāpi, tika secināts, ka Sint\_CaP/HS/PLL H masa 24 h laikā pieaug par 147 %, taču Nog\_ACP/HS/PLL hidrogēli eksperimenta vidē, tas ir, fosfātu buferšķīdumā, savu formu netur un sadalās.



1. att. FT-IR grafiki.

## LITERATŪRA

- [1] Maitra, J.; Shukla, V. K. *Am. J. Polym. Sci.* **2014**, *4*, 25-31.
- [2] Tracuma, E.; Loca, D. *Key Eng. Mater.* **2020**, *850*, 213-218.

**Physically cross-linked hyaluronic acid containing hydrogels.** Within the current research two types of composite materials were synthesized – calcium phosphates in hyaluronic acid solution (CaP/HA), as well as amorphous calcium phosphate in HA and  $\epsilon$ -polylysine solution (ACP/HA/PLL). Physically cross-linked CaP/HA/PLL and ACP/HA/PLL hydrogels from obtained composite materials were prepared and characterized. Molecular structure analysis indicated the presence of polymers in composites and hydrogels. The swelling ratio of CaP/HA/PLL hydrogels reached 147 % within 24 hours, but ACP/HA/PLL hydrogels decomposed in the experimental media.

# Kontrolētas izdalīšanās gentamicīna sulfāta piegādes sistēmu izveide uz kalcija fosfātu kaulu cementu bāzes

Elīza Tračuma (2. kursa Ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

*Dr. sc. ing.* Dagnija Loča (zinātniskā vadītāja)

*Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte, Rīgas Tehniskā universitāte*  
*e-pasts: eliza.tracuma@rtu.lv*

Uzlabojoties cilvēku dzīves kvalitātei, būtiski ir palielinājies traumu skaits un ar cilvēka vecumu saistīto slimību kā osteoartrīta un osteoporozes īpatsvars, kas ir tieši saistīts ar implantējamo medicīnisko ierīču pieprasījuma palielināšanos. Gūžas locītavas endoprotozēšana ir sarežģīta ķirurģiska operācija, kas saistīta ar augstu pēcoperācijas infekciju risku, kas veidojas 1-3 % pacientu, radot nepieciešamību pēc ilgstošas sistēmiskas antibiotiku terapijas, kas var ilgt pat līdz 6 nedēļām [1]. Kalcija fosfātu kaulu cementi (CPC) ir bioaktīvi, biosaderīgi un osteokonduktīvi biomateriāli, kas sacietējot veido līdzību ar dabīgā kaula neorganisko fāzi, turklāt CPC var tikt modificēti ar antibiotikām, lai lokāli novērstu iespējamo infekciju riskus. Gentamicīna sulfāts (GENTA) ir antibiotika ar plaša spektra iedarbību uz gram-negatīvajām baktērijām [2]. Modificējot gūžas implantus ar CPC, kas satur GENTA tiktu panākts daudzkrāsns efekts, kas nodrošinātu ilgstošu lokālu antibakteriālo aizsardzību un veicinātu kaulaudu integrāciju porainajā implanta struktūrā. Izstrādātā darba mērķis bija pagatavot GENTA saturošus CPC un izstrādāt analītisko metodi GENTA izdalīšanās kinētikas noteikšanai dejonizētā ūdenī (H<sub>2</sub>O) un fosfātu buferšķīdumā (PBS), kā arī izvērtēt izveidotās sistēmas piemērotību infekciju riska novēršanai.

GENTA satura noteikšanai H<sub>2</sub>O un PBS (pH 7,4 un 6,0), izstrādāta UV-Vis analītiskā metode pie viļņu garuma  $\lambda=332$  nm, kas balstās uz GENTA derivatizāciju ar o-phtalaldehīdu. Pagatavoti GENTA saturoši CPC, izmantojot nātrija fosfātu sāļu saturošu šķīdumu un  $\alpha$ -trikalcijs fosfātu ( $\alpha$ -TCP). GENTA saturošajiem CPC novērtēta aktīvās vielas izdalīšanās kinētika trīs dažādās vidēs: H<sub>2</sub>O, PBS (pH 7,4), kas imitē organisma sāļu šķīdumu sastāvu, un PBS (pH 6,0), kas imitē iekaisuma procesa vidi organismā.

Iegūtie rezultāti parādīja, ka fosfātu buferšķīduma pH neietekmē GENTA izdalīšanās kinētiku un pirmo 24 h laikā šķīdinošajā vidē pāriet ~ 4 % GENTA, savukārt pēc 14 dienām šķīdinošajā vidē ir izdalījušies jau ~ 12 % no CPC esošā aktīvās vielas daudzuma. GENTA izdalīšanās pētījumi H<sub>2</sub>O vidē parādīja, ka pirmajās 24 h izdalās tikai ~ 1,7 % un pēc 14 dienām ~ 3,1 % no CPC esošā aktīvās vielas daudzuma.

Pētījumā secināts, ka GENTA izdalīšanās kinētika no CPC ir atkarīga no pētāmajā vidē esošās jonu koncentrācijas, kas samazina GENTA absorbciju uz CPC virsmas, palielinot GENTA izdalīšanās kinētiku līdz pat 3 reizēm salīdzinot ar pētījumiem H<sub>2</sub>O. Izdalītā GENTA koncentrācija nodrošina nepieciešamo minimālo inhibīcijas koncentrāciju (MIC) antibiotiku rezistentākiem (izturīgākiem) mikroorganismiem (4-18  $\mu$ g/ml), salīdzinot ar pētījumiem H<sub>2</sub>O, kur izdalītā GENTA koncentrācija var būt efektīva tikai pret uz antibiotikām jutīgiem mikroorganismiem (0,5  $\mu$ g/ml) [3].

## LITERATŪRA

- [1] Caplin, J. D.; Garcia, A. J. *Acta Biomater.* **2019**, 93, 2-11.
- [2] Colpo, J.; Pigatto, C.; Brizuela, N. *J. Mater. Sci.* **2018**, 53, 7112-7124.
- [3] Bohner, M.; Lemaître, J.; Van Landuyt, P.; Zambelli, P.Y. *Pharm. Sci.* **1997**, 86, 565-572.

**Development of controlled release gentamicin sulfate delivery systems from calcium phosphate bone cements.** The aim of the current study was to prepare local controlled release gentamicin sulfate (GENTA) delivery systems from calcium phosphate bone cements (CPC) and to develop UV-Vis method for the determination of GENTA release kinetics in deionised water (H<sub>2</sub>O) and Phosphate Buffered Saline (PBS pH 7.4 and 6.0) environment. For this purpose, GENTA was dispersed within the CPC matrix. According to the results of our study, the amount of GENTA released from CPC in PBS environment (pH 7.4 and 6.0), clearly exceeded the MIC for the drug resistant microorganisms (4-18  $\mu$ g/ml) compared with studies in water where GENTA concentration could be effective only for sensitive microorganisms (0.5  $\mu$ g/ml).



# Hitozāna un fukoidāna hidrogēlu izstrāde medicīniskam pielietojumam

Evelīna Zascižinska (4. kursa Ķīmijas tehnoloģijas bakalaura programmas studente)

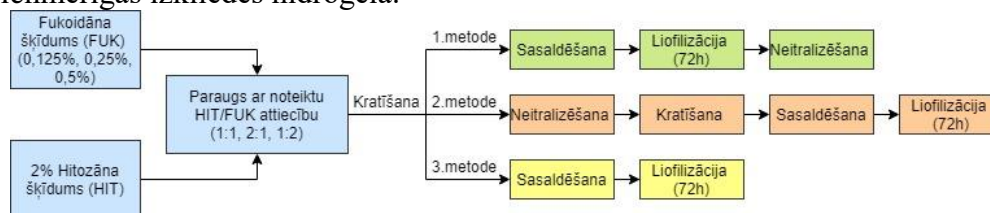
Dr. sc. ing. Arita Dubņika, Mg. sc. ing. Karina Egle (zinātniskās vadītājas)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: [evelina.zas@gmail.com](mailto:evelina.zas@gmail.com)

Hitozāns (HIT) ir dabisks, lineārs polisaharīds, kam piemīt biosaderība, bio-rezorbējamība, mukoadhēzija un antibakteriālas īpašības [1]. Fukoidāns (FUK) ir unikāls, bioloģiski aktīvs polisaharīds, kuram piemīt kā pretiekaisuma, tā antikoagulanta īpašības [1]. Pamatnēm, kuras tiek pagatavotas no šīm abām vielām, ir labas mehāniskās īpašības, kas fizioloģiski atgādina mīkstos audus [2]. Pētījuma mērķis ir izpētīt iegūšanas metodes un iegūt HIT/FUK hidrogēlu, kuru varētu izmantot medicīniskam pielietojumam.

**Hitozāna un fukoidāna šķīdumu pagatavošana.** 2 % HIT šķīdums tiek pagatavots, izšķīdinot HIT pārslas 0,1 % etiķskābes šķīdumā, vienlaicīgi maisot un sildot pie 70 °C. Homogēna šķīduma iegūšanai, šķīdums tiek paskābināts ar koncentrētu etiķskābi līdz pH 3-4, nodrošinot visu HIT pārslu izšķīšanu. FUK šķīduma pagatavošanai, FUK pulveris tiek izšķīdināts dejonizētā ūdenī, iegūstot noteiktas koncentrācijas šķīdumu (0,125 %, 0,25 % un 0,5 %). **Paraugu sagatavošana** veikta atbilstoši 1.shēmai, no fukoidāna un hitozāna šķīdumiem, neitralizēšanai izmantojot nātrija hidroksīdu. Sintezēto paraugu raksturošanai tiek izmantota ūdens uzsūce, gaismas mikroskopija, Furjē transformācijas infrasarkanā spektroskopija (FT-IR), un skenējoša elektronmikroskopija (SEM).

Veicot hidrogēlu pagatavošanu ar 0,5 % un 0,25 % FUK, novērota nevienmērīga šķērssaiste, veidojoties recekļiem līdz ar to hidrogēls ir neviendabīgs. Savukārt 0,125 % FUK gadījumā, notiek vienmērīga šķērssaistīšanās, iegūstot homogēnu hidrogēlu baltā krāsā. Paraugi, neitralizēti pēc liofilizācijas (1. metode), izšķīst neitralizēšanas laikā. Paraugiem, neitralizētiem pagatavošanas laikā (2. metode), ūdens uzsūces dati norāda, ka labākā hidrogēlu attiecība ir 1: 2 (HIT/FUK) ar 0,25 % un 0,5 % FUK, degradēšanās laiks novērots pēc 24 stundām. Visi paraugi, kur 2 % HIT ņemts pārākumā izšķīst ātrāk, salīdzinājumā ar citām vielu attiecībām. Tika noskaidrots, ka 0,125 % FUK koncentrācija ir par mazu, lai veidotu stabilu hidrogēlu. Minētie paraugi degradējas visātrāk, salīdzinot ar paraugiem no 0,25 % un 0,5 % FUK. Šo parādību izskaidro mikroskopā uzņemtās bildes, uzrādot, ka vielas šķērssaistās visa parauga tilpumā tikai tad, kad 0,25 % un 0,5 % FUK tiek ņemts pārākumā, kā arī to, ka 0,125 % FUK izšķīst hitozānā. Paraugi, bez neitralizēšanas (3. metode), degradējas ievērojami ātrāk, vidēji pēc 2 stundām. To pamato arī mikroskopa bildes, kur var redzēt, ka vielu savstarpēja iedarbība ir mazāka, dēļ fukoidāna pavedienu nevienmērīgas izkliedes hidrogēlā.



1.shēma. Hitozāna/fukoidāna hidrogēlu sintēze.

## LITERATŪRA

- [1] Sumayya, A. S.; *et.al. J. Biomater. Sci. Polym. Ed.*, **2017**, 28, 807–825.
- [2] Barbosa, A. I.; *et.al. Mar. Drugs*, **2019**, 17(12).

**Development of chitosan and fucoidan hydrogels for medical application.** The aim of the study was preparation of chitosan/fucoidan hydrogels. Hydrogels were prepared with different ratio of 2 % HIT and 0.125 %; 0.25 %; 0.5 % FUK. The hydrogel prepared with 0.25 % and 0.5 % FUK was not homogeneous. In turn, hydrogels prepared with 0.125 % FUK formed smooth white samples. Samples that were neutralized after lyophilization were immediately dissolved in water. Samples with 0.25 %, 0.5 % fucoidan in a ratio of 1:2 (HIT/FUK), which were neutralized during preparation, degraded later than all (within 24 hours). Samples without neutralization degraded faster (in 2 hours).



# Vāji kristāliska apatīta saķepināšana ar auksto saķepināšanas metodi: kristāliskuma un struktūrā esošā ūdens satura ietekme uz tā saķepšanas spēju

Signe Zemjāne (1. kursa Ķīmijas un ķīmijas tehnoloģijas maģistra programmas studente)

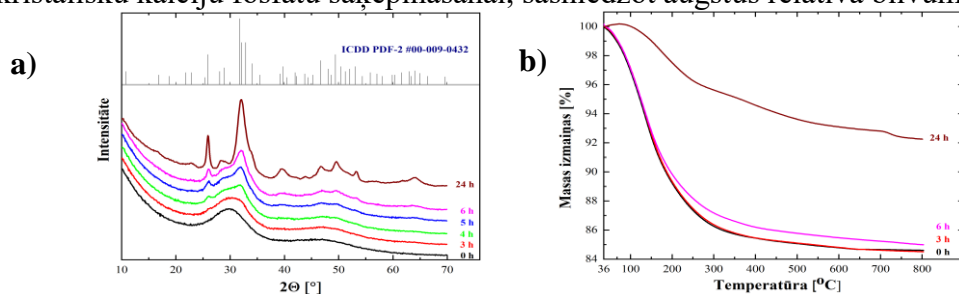
Dr. sc. ing. Kristaps Rubenis (zinātniskais vadītājs)

Vispārīgās ķīmijas tehnoloģijas institūts, Materiālzinātnes un lietišķās ķīmijas fakultāte,  
Rīgas Tehniskā universitāte  
e-pasts: signe.zemjane@rtu.lv

Kalcija fosfāti (KaF) ir plaši pētīti biomateriāli kaulaudu reģenerācijai to lieliskās biosaderības ar kaulaudiem dēļ. KaF saķepšanas spēju zemās temperatūrās, izmantojot auksto saķepināšanas metodi (AS), būtiski ietekmē materiāla kristāliskuma pakāpe un struktūras ūdens daudzums, kas nodrošina daļiņu pārkārtošanos un sablīvēšanos [1]. Šajā pētījumā vāji kristāliska apatīta saķepināšanai pielietota AS, kas balstīta uz auksto saķepināšanas procesu, kā pamatā ir uniaksiāla spiediena pievadīšana paraugam zemās temperatūrās šķidrās fāzes klātbūtnē [2]. Darbā pētītajiem paraugiem netiek pievienota šķidrā fāze, saķepināšana veikta istabas temperatūrā noteiktā spiedienā. AS ar labiem rezultātiem pielietots mūsu iepriekšējā pētījumā par amorfā kalcija fosfāta saķepināšanu (AKF) [3]. Šī pētījuma mērķis bija noskaidrot, kā kristāliskums un struktūrā esošā ūdens saturs ietekmē vāji kristāliska apatīta saķepšanas spēju.

Vispirms darbā iegūts AKF ar šķīdināšanas-izgulsnēšanas metodi [4], kas tika kristalizēts par vāji kristālisku apatītu, sintēzes rezultātā iegūto AFK atstājot sintēzes šķīdumā noteiktu laiku: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 un 24 h. Pēc tam nogulsnes skalotas ar destilētu ūdeni vakuumfiltrā. AS veikta izmantojot hidraulisko laboratorijas presi un presformu ar iekšējo diametru 13 mm noteiktā spiedienā istabas temperatūrā.

Sintezētajam materiālam un no tā iegūtajiem paraugiem noteikts blīvums, tie analizēti ar rentgenstaru difrakciju, Furjē transformācijas infrasarkano spektroskopiju, skenējošo elektronu mikroskopiju un termogravimetriju. Rentgenstaru difrakcijas ainā sintezētajam materiālam (1.a.att.) novērojams, ka kristalizēšanās sākas trešajā stundā pēc sintēzes, turklāt 24 h pēc sintēzes iegūts vāji kristālisks hidroksilapatīts. Termogravimetrijas rezultāti (1.b.att.) liecina, ka palielinot AKF izturēšanas laiku sintēzes šķīdumā, samazinās struktūras ūdens daudzums, ietekmējot saķepšanu. Presēšana neietekmēja kristāliskumu, kāds sintezētajam materiālam bija pēc izturēšanas sintēzes šķīdumā. Saķepināto paraugu relatīvais blīvums tuvojās patiesajam blīvumam. Iegūtie rezultāti liecina, ka aukstā saķepināšana ir pielietojama vāji kristālisku kalciju fosfātu saķepināšanai, sasniedzot augstus relatīvā blīvuma rezultātus.



1. att. a) Rentgenstaru difrakcijas aina sintezētajam AKF atkarībā no izturēšanas laika; b) termogravimetrijas rezultāti sintezētajam AKF atkarībā no izturēšanas laika.

## LITERATŪRA

- [1] Drouet, C. *et al. Am. Mineral.* **2018**, 103(4), 550–564.
- [2] Guo, H.; Baker, A.; Guo, J.; Randall, C. A. *J. Am. Ceram. Soc.* **2016**, 99, 3489–3507.
- [3] Rubenis, K.; Zemjane, S.; Vecstaudza, J.; Bitenieks, J.; Locs, J. *J. Eur. Ceram. Soc.* **2021**, 41, 912–919.
- [4] Vecstaudza, J.; Locs, J. *J. Alloys Compd.* **2017**, 700, 215–222.

**Cold sintering of weakly crystalline apatite: influence of crystallinity and water content in the structure on its sintering ability.** Aim of this study was to investigate how the amount of structure water and degree of crystallinity affects sintering ability of weakly crystalline calcium phosphate materials. It is possible to obtain monolith samples by cold sintering with relative density close to true density. The crystallinity of synthesized material was not affected by cold sintering.