

RĪGAS TEHNISKĀS UNIVERSITĀTES OLAINES TEHNOLOĢIJU KOLEDŽA



RTU
OLAINES TEHNOLOĢIJU
KOLEDŽA

Septītā zinātniski praktiskā konference

I LĪMEŅA PROFESIONĀLĀS AUGSTĀKĀS IZGLĪTĪBAS
STUDIJU PROGRAMMU ĪSTENOŠANA:
PROBLĒMAS UN RISINĀJUMI

6. zinātnisko rakstu krājums

I līmeņa profesionālās augstākās izglītības studiju programmu

īstenošana: problēmas un risinājumi

Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledžas septītās zinātniski praktiskās konferences rakstu krājums

Olainē, 2022.gada 8.decembrī.

Rakstu krājumā apkopoti 2022.gada 8.decembrī notikušās Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledžas septītās zinātniski praktiskās konferences “I līmeņa profesionālās augstākās izglītības studiju programmu īstenošana: problēmas un risinājumi” materiāli.

Rakstu krājumā atspoguļots autoru viedoklis, pieredze un informācijas apmaiņa, pētījumi, diskusija un perspektīvas, kā arī problēmas un to risinājumi pirmā līmeņa profesionālās augstākās izglītības studiju programmu realizācijā. Rakstu autori ir Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledžas un Latvijas Universitātes mācībspēki un Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledžas audzēkņi.

Par rakstu saturu atbildīgi to autori.

Konferences organizācijas komiteja:

Dace Vilkena – skolvadības Mg., koledžas direktore

Uģis Rusmanis – Mg.env., direktora vietnieks studiju un pētniecības darbā

Lāsma Balceraite – Mg.oec., studiju daļas vadītāja

Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledža

T.Zeiferta iela 2, Olaine, Olaines novads, LV-2114

Tālrunis: +371 25623747

E-pasts: olaineskoledza@otk.lv

ISBN 978-9934-8925-3-0

SATURS

IEVADS	5
VIRTUĀLO LABORATORIJAS DARBU LIETOŠANA FIZIKĀLĀ UN VISPĀRĪGĀ ĶĪMIJĀ, AR DARBU PARAUGIEM A.Jēgermane, K.Kiris	6
MŪŽIZGLĪTĪBA KĀ VĒRTĪBA MŪSDIENĀS L.Balceraite, V.Lubkina, S.Ušča	31
PARAZĪTU SUGU NOTEIKŠANA IZMANTOJOT SANGERA SEKVENĒŠANAS METODI R.Gailuma	43
FIZIKĀLĀS ĶĪMIJAS APGUVES VEICINĀŠANA ATTĀLINĀTAJĀS STUDIJĀS A.Jēgermane, I.Margeviča-Grinberga	51
INFLUENCE OF PROCESSING AND OF PROCESSING AND EXTRACTION TECHNOLOGIES ON PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF PECTIN OBTAINED FROM PUMPKIN (<i>Cucurbita moschata</i>) BY-PRODUCTS D.Konrāde	62
SACCHAROMYCES CEREVISIAE AUGŠANAS UN VAIROŠANĀS (INOKULĀCIJAS) PROCESA IZPĒTE J.Pisarjonoka	70

RECYCLED POLYPROPYLENE BASED BLENDS WITH ETHYLENE-OCTENE COPOLYMER AND NANOCOMPOSITES WITH ZINC OXIDE	78
--	----

A.Kokins, I.Bočkovs, J.Zicāns, R.Merijs Meri, T.Ivanova, J.Grabis, T.Rezņika

IEPLŪDES NOTEKŪDĒŅU RAKSTUROŠANA PĒC TO BIODEGRADĀCIJAS SPĒJAS UN IZTVAIKOŠANAS PAKĀPES	86
--	----

V.Smirnova

BENEFICIAL ROLE OF MICROBIAL BIOFILM IN BIODEGRADATION PROCESSES	120
---	-----

L.Žorža

IEVADS

Šis kārtējais, nu jau pēc skaita sestais, koledžas Zinātnisko rakstu krājums nāk klajā laikā, kad turpinās Latvijas izglītības sistēmas pilnveidošana. 2022. gadā Izglītības un zinātnes ministrijā apstiprināta Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledžas (turpmāk – RTU OTK) Attīstības un investīciju stratēģija 2021. – 2027. gadam.

Stratēģijā definētā RTU OTK misija ir sagatavot profesionālus, augstas raudzes speciālistus Latvijas ķīmijas, farmācijas, biotehnoloģijas, vides, pārtikas un to saskarozarēs ilgtspējīgā un kvalitatīvā izglītības procesā modernu tehnoloģiju vidē izglītības programmās ar augstu pievienoto vērtību. RTU OTK galvenās vērtības ir izcila kvalitāte, mērķtiecīga izaugsme, profesionāla atbildība, savstarpēja uzticēšanās un patīkama darba vide.

Labus priekšnosacījumus akadēmiskajam personālam un studentiem radošam un kvalitatīvam studiju un pētniecības darbam viennozīmīgi ir radījušas par ERAF projekta līdzekļiem uzbūvētās un aprīkotās 11 laboratorijas. Iespējams, ka arī kopumā nelabvēlīgā COVID pandēmijas ietekme, šoreiz ir nospēlējusi arī kādu pozitīvāku lomu – mācību spēkiem un audzēkņiem ir bijis vairāk laika pievērsties tieši zinātniski pētnieciskajam darbam.

Rakstu krājumā apkopoti RTU OTK mācībspēku praktiskie pētījumi un to veikšanas laikā radušās atziņas. Jāatzīmē, ka jau otro reizi pēc kārtas, rakstu krājumā ievietoti raksti angļu valodā. Tāpat nozīmīgs ir fakts, ka praktiskos pētījumus veikuši un savus rakstus ievietojuši arī vairāki koledžu absolvējušie studenti, kuriem būs lieliska iespēja tikt pie savas pirmās publikācijas.

Ar šo konferenci un rakstu krājumu ir noslēgušies kārtējie divi zinātniskās pētniecības gadi, kas gan iesniegto rakstu skaita, gan to kvalitātes un apjoma ziņā ir bijuši daudzkārt produktīvāki par iepriekšējiem diviem. Šis fakts ir pierādījis RTU OTK akadēmiskā personāla pedagoģisko kompetenci un prasmi neapstāties pie paveiktā. Lai pietiek spēka, izturības, zināšanu un prasmju rezultatīvi darboties arī turpmāk, lai sagatavotu kvalificētus speciālistus un tādējādi veicinātu Latvijas ekonomisko izaugsmi un sabiedrības labklājību!

Konferences organizācijas komiteja

VIRTUĀLO LABORATORIJAS DARBU LIETOŠANA FIZIKĀLĀ UN VISPĀRĪGĀ ĶĪMIJĀ, AR DARBU PARAUGIEM

USING OF VIRTUAL LABORATORY WORKS IN PHYSICAL AND GENERAL CHEMISTRY WITH WORKS EXAMPLES

Mag. ķīm., Anastasija Jēgermane, Mag.sci.edu, mag. paed. Kaspars Kiris

VR darbi, PhET simulācija, OLabs mācību platforma, virtuālā laboratorijas darba apraksts "pH pamati", Virtuālā laboratorijas darba apraksts "Galvaniskais elements", Virtuālā laboratorijas darba apraksts "Tindala efekts."

IEVADS

Virtuālais darbs ir viena no efektīvajām mācību metodēm. Šādi darbi ļauj audzēkņiem apgūt lielāku materiāla daudzumu, izmantojot interaktīvu pieeju un maksimālu informācijas tehnoloģiju izmantošanu mācību procesā.

Svarīga ir virtuālo darbu pieejamība latviešu valodā.

Ir jābūt iespējai veikt laboratorijas darbus bez laboratorijas izmantojot informācijas tehnoloģijas.

Audzēknis var veikt virtuālo darbu, izmantojot klēpj datoru, planšet datoru vai tālruni, sēžot mājās vai parkā.

Virtuālo laboratorijas darbu priekšrocības:

1. var simulēt jebkurus procesus;
2. nav nepieciešams laboratorijas aprīkojums un iekārtas;
3. vizuālie un interaktīvie.

Tēmas aktualitāte: Krasi palielinās materiāla izmantošanas un apgūšanas iespēja, izmantojot informācijas tehnoloģijas. Interaktīvās un virtuālās laboratorijas ļauj veikt tālmācību bioloģijā, fizikā un ķīmijā. Tas paplašina izglītības iegūšanas un kvalifikācijas celšanas iespējas.

Darba mērķis: uzrakstīt trīs virtuālus laboratorijas darbu aprakstus, kurus vārēs lietot izmantojot datoru, telefonu un planšeti.

Darba uzdevumi:

1. Uzrakstīt trīs virtuālo laboratorijas darbu aprakstus izmantojot (*PhET*) simulāciju un *OLabs* mācību platformu:
 - I. vienu vispārīgā ķīmijā un divus fizikālā ķīmijā.
2. Uzrakstītus virtuālus laboratorijas darbus nostrādāt ar audzēkņiem virtuāli izmantojot datorus un telefonus un reāli veicot laboratorijas darbus klātienē.
3. Veikt audzēkņu aptauju "Virtuālo laboratorijas darbu lietošana fizikālā un vispārīgā ķīmijā".

TEORĒTISKĀ DAĻA

Virtuālie laboratorijas darbi

Virtuālie laboratorijas darbi jeb virtuālā laboratorija - ekrāna simulators vai kalkulators, kas palīdz pārbaudīt idejas un novērot rezultātus. Audzēkņi izmanto modernās tehnoloģijas, lai veiktu virkni eksperimentu, kas dod precīzus rezultātus [1].

Mūsdienu izglītības process kļūst efektīvāks, izmantojot interaktīvus, ar multimediju bagātus izglītības resursus, kas nodrošina aktīvas mācību metodes. Izglītības resursi un virtuālās realitātes sistēmas vislabāk atbilst šīm prasībām. Šādu elektronisko resursu piemērs ir virtuālas laboratorijas, kas var simulēt reālās pasaules objektu uzvedību datorā izglītības vide un palīdzēt audzēkņiem iegūt jaunas zināšanas un prasmes tādās zinātniskās un dabas disciplīnās kā ķīmija, fizika, datorzinātnes u.c [2.], [5.].

Virtuālo laboratorijas darbu nozīme

Skola 2030 un attālinātais mācību process stimulē ķīmijas, fizikas pētījumus veikt izmantojot virtuālus laboratorijas darbus, jo šie mācību priekšmeti nav iespējamie bez praktiskiem laboratorijas darbiem [2.].

Virtuālās laboratorijas veicina paaugstinātu redzamību, interaktivitāti, kā arī studentu izziņas un radošās aktivitātes veidošanos.

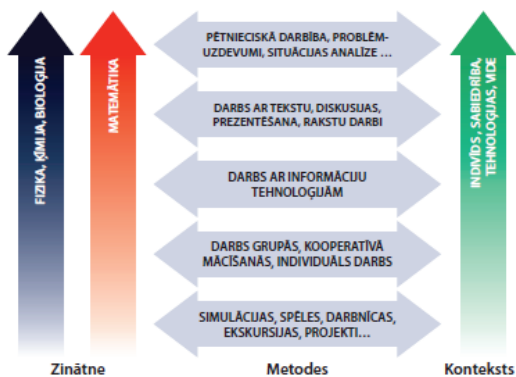
Virtuālās laboratorijas ļauj simulēt apkārtējās pasaules objektus un procesus, organizēt piekļuvi reālai laboratorijas iekārtai [2].

Virtuālo laboratorijas darbu lietošana Latvijā

Virtuālo laboratorijas darbu lietojums Latvijā palielinās līdz ar jauno mācību standartu ieviešanu 2020 gadā.

Audzēkņi:

- Aktīvi mācas – jauta, risina un analīze problēmas, argumentē un diskutē;
- Darbojas kā pētnieki - novēro, prognoze, eksperimentē, izvērtē, secina;
- Sadarbojas, attīstot komunikatīvas un sociālas prasmes;
- Izmanto mūsdienu tehnoloģiju piedāvātas iespējas (skatīt *1. attēlu*).



1. attēls Mūsdienīgs mācību process

Avots. <https://www.yumpu.com/lv/document/read/41884044/rokasgramata-dabaszinatnu-un-matematikas-skolotajam/7>

Mūsdienīgs – uz audzētāja virzīts mācību process [3.]

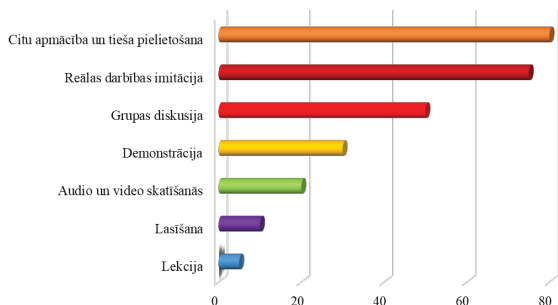
Viens no virtuālo laboratoriju veidošanas mērķiem ir tikties pēc visaptverošas izpētīto procesu vizualizācija, un viens no galvenajiem uzdevumiem ir nodrošināt iespēju sagatavot studentu vispilnīgākajai savas būtības uztverei un izpratnei.

Jaunais mācību saturs veidots atbilstoši pasaules tendencēm, lai audzētājs darbotos kā pētnieks, mācību procesā izmantojot informāciju tehnoloģiju progresa radītas iespējas. Mācību procesā ienāk metodes, kuras palīdz attīstīt prasmes un sekmē audzētāju mācību motivāciju [2.].

Virtuālo laboratorijas darbu lietošana ārvalstīs

1.1. Virtuālo laboratorijas darbu lietošana Amerikā

Amerikāņu pedagogs Edgars Deils daudzu gadu pasniedzēja pieredzes laikā uzzināja, ka lekciju klausīšanās un lasīšana ir vismazāk efektīvi materiāla apgūšanas veidi, savukārt reālu darbību simulācija un imitācija ļauj pilnībā apgūt informāciju (skatīt 2. attēlu)[4.].



2. attēls Mācību materiālā apgūšanas pakāpe

Avots <https://rb.ru/longread/VR-education/>

Reālas darbības imitācija – simulācijas laboratorijas darbi. Lekcija, lasīšana, audio un video skatīšana, demonstrācija, kā arī grupas diskusija ir tradicionālās mācību metodes.

Mācību materiālā apgūšanas pakāpe, kuras pamatā ir profesora Edgara Deila un viņa sekotāju pētījumi, parāda, kurā virzienā virzīties [4].

1.2. Virtuālo laboratorijas darbu lietošana Ķīnā

Ķīnas pētījumā tika pārbaudīta virtuālās realitātes (tālāk tekstā VR) metožu ietekme uz akadēmisko sekmību, mācīšanās efektivitāti un studentu ilgtermiņa atmiņu. Tika izveidotas četrās grupās pa 10 cilvēkiem katrā. Pirmās divas grupas studēja materiālu, izmantojot VR tehnoloģijas, otrā - izmantojot tradicionālās metodes.

Pamatojoties uz pētījuma rezultātiem, kas veikti uzreiz pēc apmācībām, "VR-studentu" grupa parādīja atzīmes, kas bija par 27 % augstākas nekā grupa, kas tradicionāli apguva mācību materiālu.

Atkārtoti pētījuma rezultāti bija arī par labu VR: izrādījās, ka virtuālā realitāte veicina ne tikai materiāla simulāciju, bet arī zināšanu saglabāšanu. "VR-studentu" rādītāji par 32 % pārsniedza kontroles grupas rādītājus.

Veicot studentu subjektīvo novērtējumu par piedāvātajām mācību metodēm, 80 % atzīmēja, ka VR metodes viņiem ļoti patīk, 20 % - ka drīzāk patīk, nekā nepatīk, 95 % ziņoja, ka salīdzinājumā ar tradicionālajām VR apmācībām tas ir vairāk "iekļaujošs" un interaktīvāks, 85 % atzīmēja, ka virtuālā realitāte uzlabo zināšanu saglabāšanu, 70 % pamanīja, ka sāka labāk izprast materiālu, 50 % pievērsa uzmanību koncentrācijas pieaugumam, 45 % - akadēmisko rādītāju pieaugumam [4].

1.3. Virtuālo laboratorijas darbu lietošana Krievijā

2015. gadā Petrozavodskas Valsts universitātē tika veikts interesants pētījums, kura laikā tika pēģta virtuālās realitātes izmantošanas efektivitāte mācīšanai pusaudžiem un pieaugušiem. Zinātnieki salīdzināja veiksmīgo mācību materiāla apgūšanu, izmantojot tradicionālās un VR metodes.

Bija izveidotas piecas mācību programmas bioloģijā un ģeometrijā. Materiāls tika pielāgots demonstrēšanai, izmantojot *VR Z800* brilles un *Oculus Rift Development Kit 2*. Pētījumā piedalījās vidusskolas audzēkņi, kā arī pieaugušie un seniori. Slikti studējošie no "VR grupas" pēc tēmas apgūšanas, izmantojot virtuālo realitāti, sniedza par 40 – 50 % pareizākas atbildes, un izcilie studenti uzrādīja 100 % rezultātus [4.].

EMPĪRISKĀ DAĻA

Lai novērtētu virtuālo laboratorijas darbu nozīmi, ka arī iespējamās problēmas veicot virtuālo laboratorijas darba izpildi, veikts pētījums. Pētījumā piedalījās Rīgas Tehniskās universitātes Olaines Tehnoloģiju koledžas 2, 3 un 4 kursa audzēkņi (40 audzēkņi kopā: Biotehnoloģijas programmas un Analītiskās ķīmijas tehniķi).

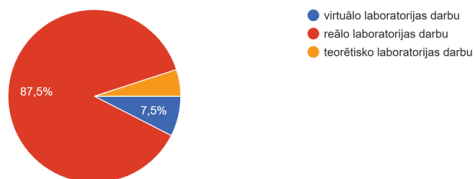
Pētījuma laikā uzrakstīti četri virtuālo laboratorijas darbu paraugi/apraksti (1. pielikums), kuri nostrādāti ar pētījuma iesaistītiem dalībniekiem gan virtuāli, gan klātienē veicot identisko reālo laboratorijas darbu.

Pēc virtuālā laboratorijas darba izpildes visi pētījuma dalībnieki aizpildīja anketu (2. pielikums).

Anketas izvērtēšana

Anketas dalībniekiem bija iespēja atbildēt uz jautājumu "Kuru no laboratorijas darba variantiem veiktu labāk?" (skatīt 3. attēlu):

40 atbildes



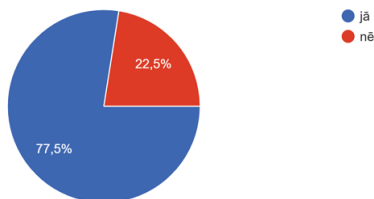
3. attēls Laboratorijas darbu veidi

Iegūtie rezultāti šajā jautājumā ļauj secināt, ka ap 88 % no respondentiem izvēlās veikt reālo laboratorijas darbu, 7,5 % virtuālo un 5 % teorētisko. Tas nozīmē, ka ja ir iespēja īstenot mācību procesu klātienē, jāizvēlas reālus laboratorijas darbus, virtuālus laboratorijas darbus labāk un efektīvāk izmantot tēmas nostiprināšanai, pirms pārbaudes darba veikšanas.

Respondentiem bija iespēja arī pamatot savu atbildi šeit ir daži no tiem:

1. *"Jo kvalifikācijas eksāmenu mēs kārtosim klātienē, pieredzes un prasmes no reāliem laboratorijas darbiem krietni vairāk";*
2. *"Veicot laboratorijas darbu realitātē var mācīties no savām kļūdām, kas pieļautas darba gaitā, piemēram, neprecīza šķīdumu pagatavošana utt.";*
3. *"Virtuālie darbi ir laba iespēja, bet tomēr tikai reālie darbi dod praktiskas zināšanas un pieredzi, kā strādāt laboratorijā";*
4. *"Var labāk saprast tēmu, nevis virtuālo, bet ja nav iespējas strādāt reāla laboratorijā, ir labi aizvietot ar virtuāliem laboratorijas darbiem".*

Vai Jūs vēlētos veikt virtuālos laboratorijas darbus arī turpmāk?
40 atbildes



4. attēls Vai lietot VR arī turpmāk?

No 4. attēla var redzēt, ka lielāka daļa no respondentiem veiktu virtuālus laboratorijas darbus arī turpmāk (fizikālā, vispārīgā un neorganiskajā ķīmijā), protams neaizstājot pilnībā reālus laboratorijas darbus.

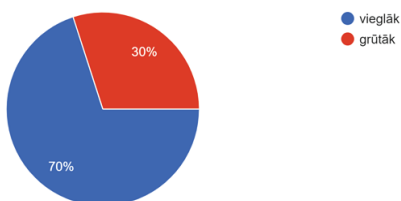
Pamatojumi no respondentiem:

1. *"Tas būtu interesantāk mācību procesā, jo stundu dažādība";*
2. *"Jo tas attīsta manas dator prasmes";*
3. *"Vēlētos, bet tikai, ja nav pieejama reālā laboratorija. Ja ir, tad noteikti labāk veiktu darbu klātienē";*
4. *"Labāk uz vietas, ja būs ārkārtas gadījums, tad virtuālo";*

5. *"Dažreiz gribas kaut ko jaunu, tā ir ar virtuālo laboratorijas darbu ir interesantāk strādāt ne tikai pie galda laboratorijā, bet arī pie datora mājās vai koledžā";*
6. *"Tādēļ, ka tas ir labāk nekā teorētisko laboratorijas darbu, jo paskaidro vairāk un mums vistīcāmāk būs jāveic darbi attālināti".*

Laboratorijas darbu salīdzinājums, lai noskaidrotu kuru no laboratorijas darbiem jauniešiem ir vieglāk izprast un izpildīt (skatīt 5. attēlu).

Veikt virtuālo laboratorijas darbu salīdzinot ar reālo laboratorijas darbu Jums bija 40 atbildes



5. attēls. VR vai reāls laboratorijas darbs ir vieglāks?

Neskatoties uz iepriekšēja jautājuma sniegtajām atbildēm, lielākai daļai no jauniešiem bija vieglāk izpildīt virtuālo laboratorijas darbu salīdzinājumā ar reālo laboratorijas darbu.

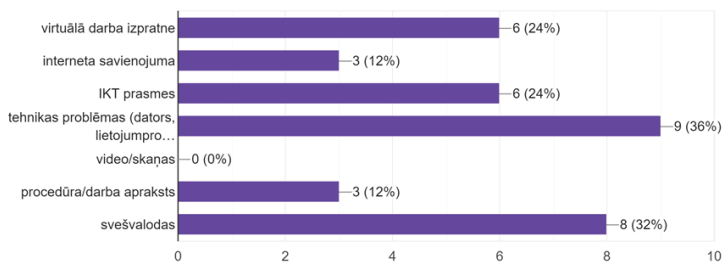
Skaidrojums

1. *"Jo darbs bija ļoti elementārs, bet reālo laboratorijas darbu veicot ir iespēja pagatavot šķīdumus, veikt aprēķinus utt.";*
2. *"Ātrāk un ir visi paskaidrojumi";*
3. *"Es labāk saprotu darbu, kad rakstu uz papīra";*
4. *"Virtuālais darbs bija ļoti viegli izprotams. Reālā laboratorijas darbā ir vairāk jādomā";*
5. *"Reālajā laboratorijas darbā jādomā ne tikai par darba veikšanu, bet arī par pareizo trauku izvēli, šķīdumu pagatavošanu. Virtuālā laboratorijas darbā viss jau ir dots";*
6. *"Jo laboratorijas darbā klātienē darbs sastāv no dažiem posmiem, lai tiktu pie gala rezultātiem dažreiz ir jāgatavo šķīdumi, kuri virtuāli programmā jau ir gatavi un pareizi".*

Veicot audzēkņu aptauju, noskaidroju arī galvenās problēmas ar kuriem saskaras jaunieši veicot virtuālo laboratorijas darbu (skatīt 6. attēlu).

Veicot virtuālo laboratorijas darbu vai Jums bija kāda no problēmām?

25 atbildes



6. attēls. Galvenās problēmas veicot VR darbu

No 6. attēla var secināt ka lielākai daļai no respondentiem bija trīs galvenās problēmas:

1. Deviņiem respondentiem bija "tehnikas problēmas (dators, lietojumprogrammas u.c.)";
2. Astoniem svešvalodas problēmas;
3. IKT prasmes un paša virtuālā darba izpratne.

SECINĀJUMI

1. Veicot literatūras pētīšanu, noskaidrots, ka virtuālie laboratorijas darbi ir nepieciešami, jo nodrošina efektīvo vielas apguvi;
2. IKT lietošana Latvijas mācību iestādēs kļūst arvien populārākā, virtuālie laboratorijas darbi dod iespēju apgūt mācību materiālu efektīvi, interesanti jebkurā laikā un vietā izmantojot telefonus, planšetes vai datorus;
3. Uzrakstīti trīs virtuālo laboratorijas darbu apraksti;
4. Laboratorijas darbi nostrādāti ar audzēkņiem virtuāli un praktiski (reāli/klātienē);
5. Anketas rezultāti liecina, ka jaunieši labprāt veiktu virtuālos laboratorijas darbu attālinātā mācību procesā īstenošanā;
6. Virtuālie laboratorijas darbi ir efektīvs rīks mācību materiāla nostiprināšanai;
7. Virtuālie laboratorijas darbi nevar aizvietot reālus laboratorijas darbus.

PRIEKŠLIKUMI

1. Lai turpinātu lietot virtuālos laboratorijas darbus jauniešiem jāapgūst svešvaloda un IKT prasmes;
2. Jānodrošina audzēkņus ar stabilu un drošu tehniku;
3. Izmantot virtuālus laboratorijas darbus attālinātā mācību procesā un mācību vielu nostiprināšanai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. **What are virtual laboratories and how do they work in eLearning?** Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: <https://www.talentlms.com/blog/virtual-laboratories-elearning/#:~:text=A%20virtual%20laboratory%20is%20an,experiments%20that%20yield%20authentic%20results.>
2. **Virtuālā laboratorija ķīmijas tālmācībai.** Virtuālo laboratoriju loma fizikas mācīšanā. Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: <https://zakazatkontrolnuyu.ru/lv/conference-student/virtual-laboratory-for-remote-chemistry-classes-the-role-of-virtual-laboratory-work-in-the-teaching-of-physics.html>.
3. **Rokasgrāmata dabaszinātņu un matemātikas skolotājam. 1. daļa "Fizika. Ķīmija. Bioloģija. Matemātika".** Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: http://priede.bf.lu.lv/grozys/Didaktika/DZIT/Citi_resursi/DZMP_materiali/Vertesana.pdf
4. Обучение будущего: заменит ли виртуальная студия учителей и учебники? Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: <https://rb.ru/longread/VR-education/>
5. **Moodle e-mācību ieviešanas profesionālās izglītības iestādēs koncepcija.** Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: [IGorbans_IKT_izglitiba-MOODLE_e-macibu_ieviesanas_koncepcija.pdf](#).
6. **PhET simulācija "Skābes, bāzes šķīdumi".** Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html.
7. **OLabs simulācija "Tindala efekts".** Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: Distinguishing Between Solutions (Simulator) : Class 9 : Chemistry : Amrita Online Lab (olabs.edu.in).

8. **Interactive simulation "Electrochemical Cells"**. By Gary L. Bertrand University of Missouri-Roll. Pieejams internetā [skatīts 19.09.2020.]: [Electrochemical Cells \(mst.edu\)](http://mst.edu).

1. PIELIKUMS

Virtuālā laboratorijas darba apraksts "pH pamati" (ķīmija)

pH pamati virtuāls laboratorijas darbs, tiek lietots, kā pamats, lai pārbaudītu audzēkņu zināšanas par tēmu pH. Pēc kuras izpildes var secināt, kas zināšanas, kas būtu jāpapildina.

Mērķi:

- ✓ Iepazīties ar vides pH.
- ✓ Iepazīties ar pH dažādiem šķīdumiem;
- ✓ Noteikt pH ar pH metru un indikatorpapīru dažādiem šķīdumiem.

Darba piederumi

Darbs tiek veikts, izmantojot simulāciju, kas pieejama vietnē:

https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html



Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

Jāizvēlas **'Introduction'**

Simulatorā iespējams noteikt vides pH ar pH metru (1) un pH indikatora papīrs (2) (ūdenim, stiprai skābei, vājai skābei, stiprai bāzei un vājai bāzei).



Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

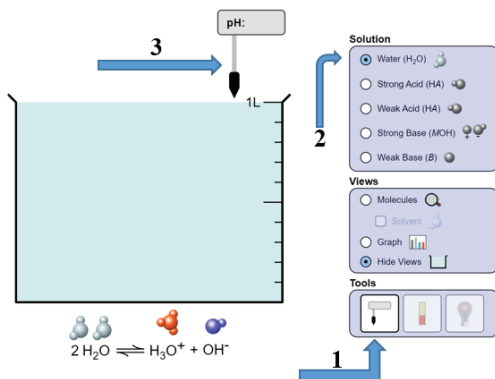
Galvenie lietojamie rīki simulatorā:

- pH metrs;
- pH skala;
- paraugi (stipra skābe, vāja skābe, stipra bāze un vāja bāze);
- Vārglāze/trauks.

Situācija Nr.1

Rīku izvēle:

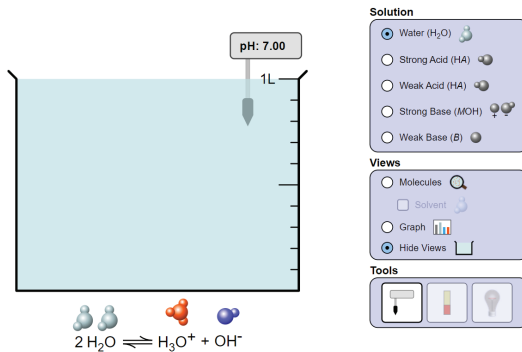
- 1) Lai nolasītu pH vērtību ar pH metru jāizvēlas -> pH metrs;
- 2) Tad jāizvēlas paraugs, kuram noteikt pH



Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

pH nolasīšana:

- I. pH metrs jāievieto izvēlētajā paraugā



Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

1. Uzdevumi:

- a) Noteikt pH skaitlisko vērtību stiprai skābei, vājai skābei, stiprai bāzei un vājai bāzei ar pH metra palīdzību;

Screenshot:

Hipotēze:

Lielumi:

- ✓ Fiksētais
- ✓ Atkarīgais
- ✓ Neatkarīgais

1. tabula

pH noteikšana dažādām vielām

Nr. p. k.	Vielas	pH skaitliskā vērtība

Secinājumi

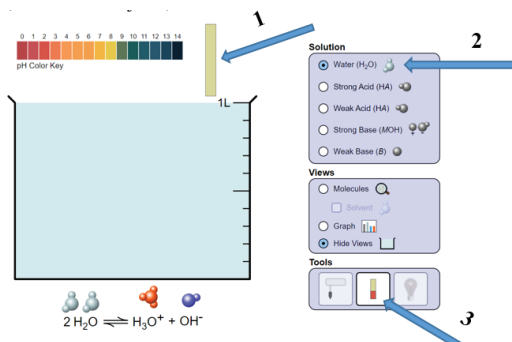
Situācija Nr.2

Galvenie lietojamie rīki simulatorā:

- pH skala;
- pH indikatora papīrs;
- paraugi (stipra skābe, vāja skābe, stipra bāze un vāja bāze);
- Vārglāze/trauks.

Rīku izvēle:

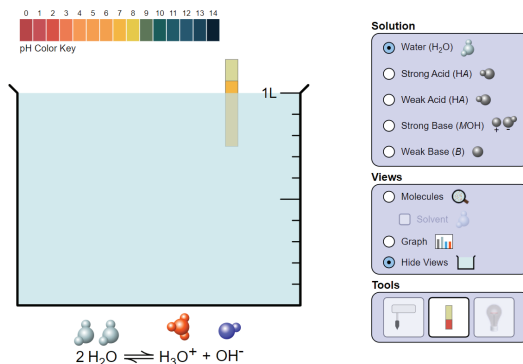
- 1) Lai nolasītu pH vērtību ar pH indikatora papīru jāizvēlas -> pH indikatora papīrs;
- 2) Tad jāizvēlas paraugs, kuram noteikt pH
- 3) Un pH metrs, lai veiktu mērījums;



Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

pH nolasīšana:

- I. pH indikatora papīrs jāievieto izvēlētajā paraugā



Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

II. salīdzina pH indikatora papīrs krāsu pH skalu un nosaka pH skaitlisko vērtību

Avots https://phet.colorado.edu/sims/html/acid-base-solutions/latest/acid-base-solutions_en.html

2. Uzdevums

- a) Noteikt pH skaitlisko vērtību stiprai skābei, vājai skābei, stiprai bāzei un vājai bāzei ar pH indikatora papīrs palīdzību;

Screenshot:

2. tabula

pH noteikšana dažādām vielām

Nr. p. k.	Vielas	pH skaitliskā vērtība

Secinājumi [6.].

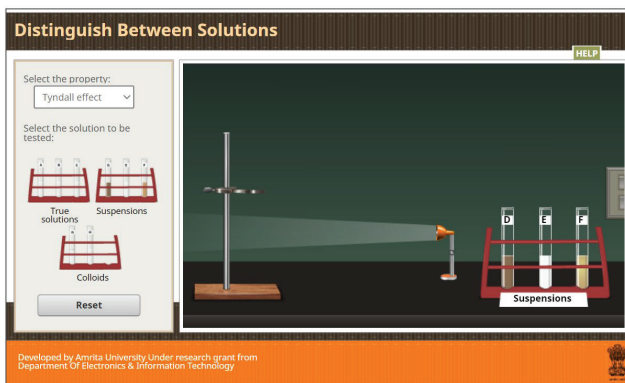
Simulācijas darbs "Tindala efekts" (fizikālā ķīmijā)

Virtuālā laboratorijas darba apraksts. Dod iespēju audzēkņiem apgūt zināšanas par tēmu "Gaismas izkliede dispersajās sistēmās".

Izmantojot simulācijas programmu: <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>.

Novērot Tindala efektu.

Programmas apraksts



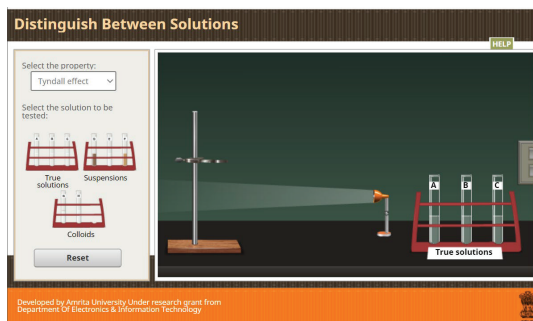
Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Tātad, kā redziet aprakstā:

- 1) Izmantojot **"Select the property"** – izvelēties **'Tyndall effect'**
- 2) Klikšķinot uz mēģeņu statīviem ar šķīdumiem: ('True solutions', 'Suspension' un 'Colloids') var izvelēties, pētāmus šķīdumus, kurus pārbaudīsiet uz Tindala efektu.

Piemērs

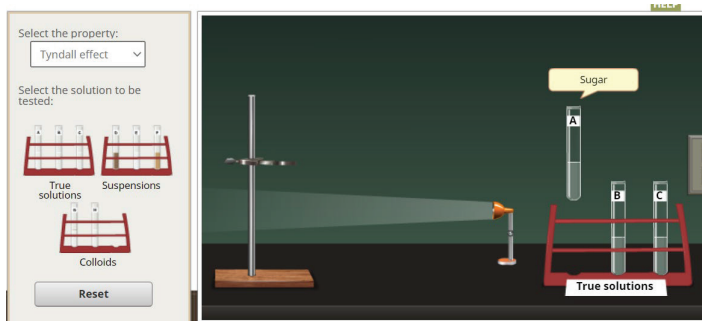
1. Izmantojot **"Select the property"** – izvelēties **'Tyndall effect'**;



Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

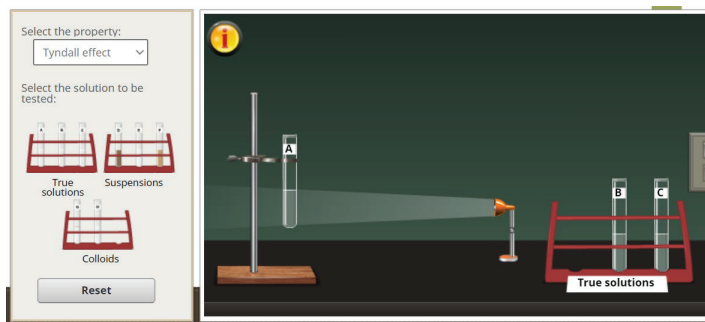
- Kā varat redzēt izvēloties Tindala efekts automātiski parādās ‘*True solutions*’ (Īstie šķīdumi) trīs varianti (A, B un C), katrai mēģenei ir jāpārbauda parādība (Tindala efekts).
- Ir statīvs, kur var ievietot mēģeni (A, B un C), katru atsevišķi.
- Apgaismojums (lampa) var bīdīt tuvāk zemāk, augstāk.
- Ja gadījumā viss iekrāsojas zils -> klikšķiniet ārpus programmas uz baltā fona. Vai ‘*Reset*’.

Izvēlos suspensijas un mēģeni ‘A’: (Ar peles palīdzību, parādās roka, tad var bīdīt):



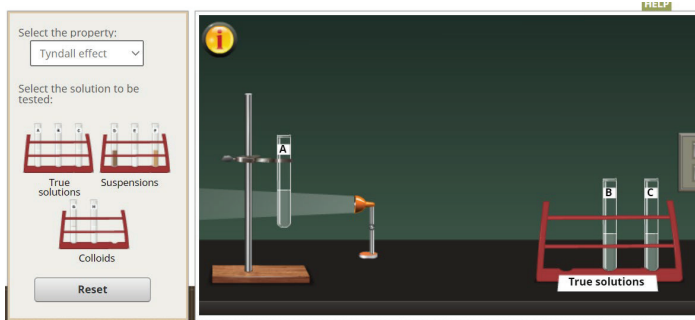
Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Ievietoju statīvā tieši gredzenā:



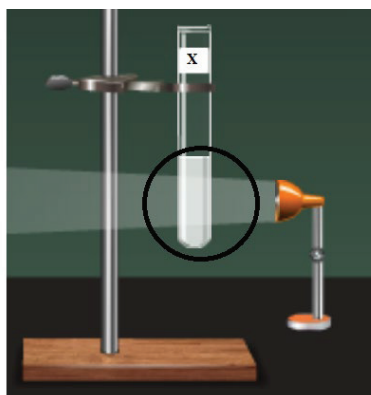
Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Pietuvīnu lampu:



Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Tad var redzēt (**secinājums**), ka apgaismojot mēģeni 'A', Tindala efekts nav novērojams. (Skaidrojums notiek absorbcija), tāpēc ar Tindala efekta palīdzību īstus šķīdumus var atšķirt no koloidāliem.



Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Izvēlos citu mēģeni 'X' (piemērs, lai Jums būtu ko veikt pašiem)

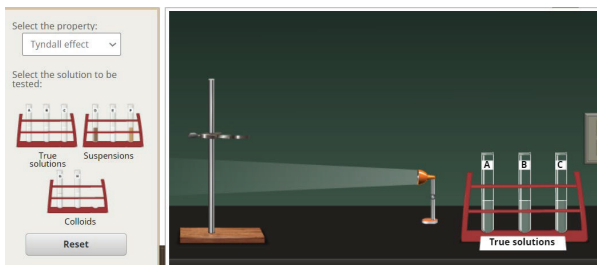
Tad var redzēt (**secinājums**), ka apgaismojot mēģeni 'X', Tindala efekts ir novērojams (speciāli palielināju, lai Jūs to varētu saskatīt un saprast, kā izskatās pareiza atbilde).

DARBA UZDEVUMI

1. Apgūt simulācijas programmu:
<https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>;
2. Nosakiet, kuriem šķīdumiem/suspensijām ir novērojams Tindala efekts;

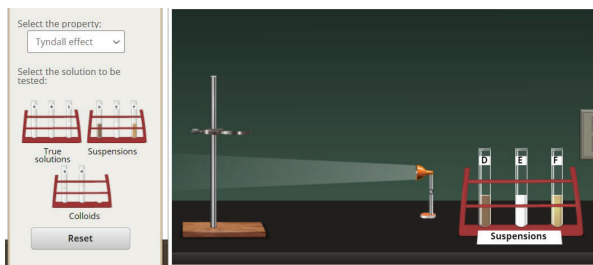
3. Novērot Tindala efektu (**jānovēro**, jo pārbaudot trīs pozīcijas ('True solutions', 'Suspension' un 'Colloids'), Tindala efekts ir novērojams);

Nr.1



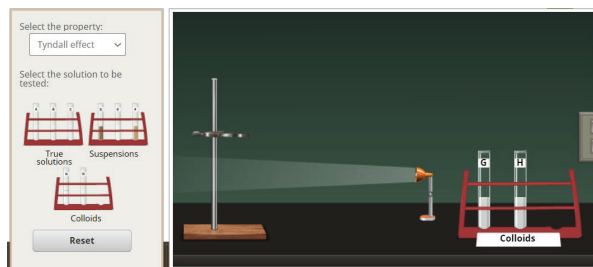
Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Nr. 2



Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

Nr. 3



Avots <https://amrita.olabs.edu.in/?sub=73&brch=2&sim=28&cnt=4>

4. Uzrakstīt simulācijas darba protokolu (pielikumā).
5. Uzrakstīt secinājumus, kuram variantam (Nr. 1; Nr. 2 vai Nr.3) un kurās mēģenēs ar burtiem, bija novērojams Tindala efekts [7.].

Simulācijas programma "ELECTROCHEMICAL CELLS (Elektroķīmiskā šūna)"

ELECTROCHEMICAL CELLS
Gary L. Bertrand
University of Missouri-Rolla
[Background](#)

Standard Potentials:

Select Electrode on Left:
Electrodes:

Select Solution on Left:
Solutions:

Concentration (moles/liter):
0.0001 to 2.00

[Measure Cell Voltage](#)


About this Simulation

Select Electrode on Right:
Electrodes:

Select Solution on Right:
Solutions:

Concentration (moles/liter):
0.0001 to 2.00

[New Problem](#)
Level



Solution in Salt Bridge is
2.00 M Sodium Nitrate

Avots <https://web.mst.edu/~gbert/Electro/Electrochem.html>

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Left' - izvēlēties 'Cadmium'

'Select Solution on Left' – izvēlēties 'Cadmium Nitrate'

'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 1.00

***** Komatu nelikt tikai punktu*****

Pēc tam

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Right' - izvēlēties 'Copper'

'Select Solution on Right' – izvēlēties 'Copper(II) Nitrate'

'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 0.1

Tad jānoklikšķina uz 'Measure Cell Voltage'

Rezultāts: 0.713 V

Un uz iekārtas parādās Galvaniskā elementa EDS noteikšanas rezultāts, [V]:

ELECTROCHEMICAL CELLS
 Gary L. Bertrand
 University of Missouri-Rolla
[Background](#)

Standard Potentials:

Select Electrode on Left:

Select Solution on Left:

Concentration (moles/liter):
 0.0001 to 2.00

[Measure Cell Voltage](#)

Solution in Salt Bridge is
 2.00 M Sodium Nitrate

[About this Simulation](#)

Select Electrode on Right:

Select Solution on Right:

Concentration (moles/liter):
 0.0001 to 2.00

[New Problem](#)

Level

Avots <https://web.mst.edu/~gbert/Electro/Electrochem.html>

Izlasiet: Darba mērķi un teorētisko pamatojumu:

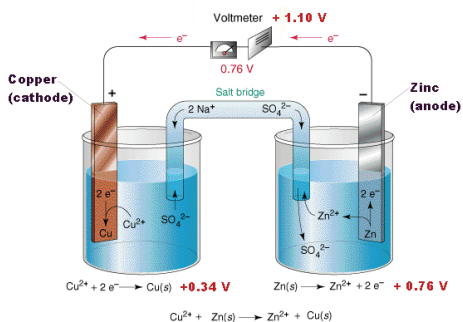
GALVANISKAIS ELEMENTS

Darba mērķis

Iepazīties ar galvaniskā elementa uzbūvi un darbību.

Teorētiskais pamatojums

Galvaniskā elementā anods ir cinka plāksnīte, kas iegremdēta cinka sulfāta šķīdumā, bet katods - vara plāksnīte, kas iegremdēta vara sulfāta šķīdumā. Galvaniskā elements parādīts 1. attēlā.



Avots <https://www.online-sciences.com/chemistry/electrochemistry-electrochemical-cells-galvanic-cell-or-voltaic-cell-importance-structure/>

1. attēls. Galvaniskā elementa uzbūve

Elektrodu potenciālus un galvaniskā elementa elektrodzinējspēku (EDS) aprēķina pēc vienādojumiem (1) un (2), ka arī (3):

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = E_{Zn^{2+}/Zn}^{\circ} + \frac{0,059}{2} \cdot \log(Zn^{2+}) \quad (1)$$

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = E_{Cu^{2+}/Cu}^{\circ} + \frac{0,059}{2} \cdot \log(Cu^{2+}) \quad (2)$$

kur

$E_{Zn^{2+}/Zn}^{\circ}$ - Cinka elektroda standartpotenciāls, (V);

$\log(Zn^{2+})$ - Cinka elektrolīta molārā koncentrācija, (mol/L).

$$EDS = E_K - E_A \quad (3)$$

DARBA UZDEVUMI:

1. Izmantojot simulācijas programmu pieejams:
<http://web.mst.edu/~gbert/Electro/Electrochem.html>
2. Nosakiet galvaniskā elementa EDS:

Nr.1

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Left' - izvēlēties 'Zinc'

'Select Solution on Left' – izvēlēties 'Zinc Nitrate'

'Concentration (moles/liter)' – ievadīt **1.00**.

Pēc tam

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Right' - izvēlēties 'Copper'

'Select Solution on Right' – izvēlēties 'Copper(II) Nitrate'

'Concentration (moles/liter)' – ievadīt **0.1**.

***** Komatu nelikt tikai punktu*****

Tad jānoklikšķina uz 'Measure Cell Voltage'

Rezultāts: _____ V

Nr.2

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Left' - izvēlēties 'Zinc'
'Select Solution on Left' – izvēlēties 'Zinc Nitrate'
'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 0.5.

Pēc tam

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Right' - izvēlēties 'Copper'
'Select Solution on Right' – izvēlēties 'Copper(II) Nitrate'
'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 1.00.

* ** Komatu nelikt, tikai punktu**

Tad jānoklikšķina uz 'Measure Cell Voltage'

Rezultāts: _____ V

Nr.3

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Left' - izvēlēties 'Silver'
'Select Solution on Left' – izvēlēties 'Silver Nitrate'
'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 1.00.

Pēc tam

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Right' - izvēlēties 'Silver'
'Select Solution on Right' – izvēlēties 'Silver Nitrate'
'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 1.00.

* ** Komatu nelikt, tikai punktu**

Tad jānoklikšķina uz 'Measure Cell Voltage'

Rezultāts: _____ V

Nr.4

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Left' - izvēlēties 'Silver'
'Select Solution on Left' – izvēlēties 'Silver Nitrate'
'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 0.1.

Pēc tam

Izmantojot izvēlni 'Select Electrode on Right' - izvēlēties 'Silver'
'Select Solution on Right' – izvēlēties 'Silver Nitrate'
'Concentration (moles/liter)' – ievadīt 0.5.

* ** Komatu nelikt, tikai punktu**

Tad jānoklikšķina uz 'Measure Cell Voltage'

Rezultāts: _____ V [8].

2. PIELIKUMS

Aptauja "Virtuālo laboratorijas darbu lietošana fizikālā un vispārīgā ķīmijā"

1. Vai Jums patika veikt virtuālo laboratorijas darbu?

- jā
- nē

Kāpēc?

-

2. Veicot virtuālo laboratorijas darbu vai Jums bija kāda no problēmām?

- virtuālā darba izpratne
- interneta savienojuma
- IKT prasmes
- tehnikas problēmas (daturs, lietojumprogrammas u.c.)
- video/skaņas
- procedūra/darba apraksts
- svešvalodas

3. Veikt virtuālo laboratorijas darbu salīdzinot ar reālo laboratorijas darbu Jums bija

- vieglāk
- grūtāk

Kāpēc?

-

4. Ja, Jums būtu izvēle, Jūs labāk veiktu

- virtuālo laboratorijas darbu
- reālo laboratorijas darbu
- teorētisko laboratorijas darbu

Kāpēc?

5. Vai Jūs vēlētos veikt virtuālos laboratorijas darbus arī turpmāk?

- jā
- nē

Kāpēc?

-

6. Kuros moduļos/mācību priekšmetos skolotāji izmanto IT (datorus, planšetes, telefonus)?

-

7. Kuros moduļos/mācību priekšmetos Jūs izmantojat IT (datorus, planšetes, telefonus)?

-

Saite uz elektronisko aptauju: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScVWHd-hrwcwAoTqVKSxpMOIAe76VcqbFOa-Jv8nzqi-dDD9Q/viewform>

MŪŽIZGLĪTĪBA KĀ VĒRTĪBA MŪSDIENĀS

Lifelong learning as a value

Mg. eoc. Lasma Balceraitė
Prof, Dr.paed. Velta Lubkina
Dr.paed. Svetlana Usca

Abstract. *Due to changes in the labour market over the last thirty years adult education has developed significantly. Adult education is becoming an integral part of every person's life and advancement towards certain goals. Many adults attempt to learn independently, by using information technology. During the Covid-19 pandemic, educational processes could only continue in e-environment, using e-platforms (Zoom, Microsoft Team, etc.) or blended learning (a mix of face-to-face lessons and lessons on e-platforms).*

The study was carried out within the framework of the Master's Thesis "Transformation of Educational Values in Lifelong Learning". Aim of the research: to seek the views of the Latvian population on the current educational values in lifelong learning in order to compare them in the period before and after the Covid-19 pandemic.

The paper analyses scientific literature and research; analytical reasoning is based on the results of the questionnaire.

Keywords: *adult learning, lifelong learning, motivation, values in education.*

Ievads

Introduction

21. gs gan pasaulē, gan Latvijā notiek straujas pārmaiņas gan sociālajā un politiskajā, gan ekonomiskajā jomā, tās rada vajadzību pēc izmaiņām izglītībā (Izglītības attīstības pamatnostādnes 2021.-2027.gadam "Nākotnes prasmes nākotnes sabiedrībai", 2020). Izglītība pamatoti tiek uzskatīta par to cilvēces darbības jomu, kas visciešāk ietekmē cilvēku dzīves kvalitāti un labklājību. Izglītības sistēmas uzdevums ir reaģēt uz laika izaicinājumiem.

Mūsdienų izglītības sistēmā tiek veidots pamats cilvēka personības veidošanai, tiek sekots izglītības procesa maiņas tendencēm.

Pēdējo trīsdesmit gadu laikā sabiedrības izglītošana ir piedzīvojusi lielas pārmaiņas. Katras nākamās izmaiņas ir bijusi atbilde uz mainīgajiem sociālajiem un tehnoloģiskajiem apstākļiem. Šobrīd izglītība piedzīvo jaunas reformas, kuras pasteidzināja gan Latvijā, gan pasaulē Covid-19 pandēmija. Tas, savukārt, radīja nepieciešamību transformēt izglītības sistēmu, ieviešot mācību procesā informācijas tehnoloģijas, lai pieaugušo izglītība būtu pieejama visā Latvijas teritorijā.

Pētnieku grupa apkopojusi ieguvumus no attālinātajām mācībām t.i. informācijas tehnoloģiju attīstību, darba resursu ekonomija, plašāka izglītības pieejamība (Oliveira, Penedo, Pereira, 2018).

Pētījums veikts maģistra darba "Izglītības vērtību transformācija mūžizglītībā" ietvaros ar mērķi: noskaidrot Latvijas iedzīvotāju viedokli par esošām izglītības vērtībām mūžizglītībā, to salīdzināšanai pirms Covid-19 pandēmijas un pēc pandēmijas posmā.

Rakstā ir veikta zinātniskās literatūras un pētījumu analīze, analītiskie spriedumi balstīti uz anketas iegūtajiem rezultātiem.

Izglītības vērtības pieaugušo izglītībā

Educational values in adult education

Mūsdienās cilvēka zināšanas kļūst par valsts stratēģisko bagātību un par galveno ekonomiskās izaugsmes resursu. Pieaugušo izglītība ir nepieciešama dažādu aspektu dēļ, jo ir notikušas demogrāfiskā izmaiņas Eiropā, darba tirgū, un strauja tehnoloģiju attīstība, kur nepieciešamas zināšanas, lai ar tām strādātu (Castaño Muñoz, Redekers, Vuorikari, & Pendija, 2013). Katrs no šiem aspektiem ir tiešā veidā saistīts ar mūžizglītības nepieciešamību 21.gs. un tās attīstību. Zināšanas nodrošina indivīdam personīgo izaugsmi un lielākas iespējas darba tirgū. Mūžizglītības attīstība ir svarīgs ekonomiskās attīstības līdzeklis visos Latvijas reģionos.

Zināšanas ir gan vērtība, gan līdzeklis savas labklājības paaugstināšana un ekonomiskās veicināšanai gan Latvijā, gan pasaulē. Zināšanas ir konkurētspējas līdzeklis, tikai gudra un izglītota sabiedrība spēj pareizi izmantot tehnoloģijas un nodrošināt to ilgtspēju savā labā. Izglītība kopumā, visdažādākās nozarēs ir Latvijas tagadnes un nākotnes vērtība (Austruma, 2009). Pētījuma ietvaros veikta saistošo terminu un izglītības vērtību definīciju izpēte (skat. 1.tab.).

1. tabula. Izglītības un vērtību definējumi
Table 1 Definitions of education and values

Termini	Terminu skaidrojumi
Kas ir vērtības?	Vērtības ir indivīda uzskati, tās attiecas uz vēlamajiem mērķiem. Vērtības kalpo kā standarti vai kritēriji. Vērtību mijiedarbība veido indivīda rīcību un lēmumus (Schwartz, S.H., 2017).
Motivācija	cilvēka uzvedības virzītājspēks, kas mudina un uztur mērķa sasniegšanu (Bostrom, E., & Palm, T., 2020).
Vērtības Latvijas Republikas Izglītības likumā	Šī likuma mērķis ir nodrošināt katram Latvijas iedzīvotājam iespēju attīstīt savu garīgo un fizisko potenciālu , lai veidotos par patstāvīgu un attīstītu personību , demokrātiskas Latvijas valsts un sabiedrības locekli (Izglītības likums, 1998).
Vērtīzglītība	Personas pamatvērtību - garīguma, morāles, kultūras, gara un fiziskās stājas - izkopšana, ģimenes vērtību un nacionālās identitātes apzināšanās; personas pašapziņas, pašvērtības apziņas, pašrefleksijas, valodspējas un radošuma izkopšana; iecietības, izlīgumspējas, līdzjūtības u.c. vispārcilvēcisko spēju attīstīšana; ievirze, motivācija un sagatavošana veiksmīgai profesionālajai karjerai (Izglītības attīstības pamatnostādnes 2021.-2027.gadam “Nākotnes prasmes nākotnes sabiedrībai”, 2020)
Mūžizglītība	ir izglītības process cilvēka dzīves garumā, kas balstās uz mainīgām vajadzībām iegūt zināšanas, prasmes, pieredzi, lai paaugstinātu vai mainītu savu kvalifikāciju atbilstoši darba tirgus prasībām, savām interesēm un vajadzībām (Pieaugušo izglītība, 2020).
Pieaugušo izglītība	daudzveidīgs mācību process, kas nodrošina pilngadīgas personas attīstību un konkurētspēju darba tirgū (Izglītības likums, 1998).

Izglītības un zinātnes ministrijas sagatavotajā dokumentā “Izglītības attīstības pamatnostādnes 2021.-2027.gadam “Nākotnes prasmes nākotnes sabiedrībai” tiek norādīts izglītības attīstības virsmērķis – “nodrošināt kvalitatīvas izglītības iespējas visiem Latvijas

iedzīvotājiem, lai veicinātu viņu potenciāla attīstību un īstenošanu visa mūža garumā, un lai veidotu viņu spējas mainīties un atbildīgi vadīt pastāvīgās pārmaiņas sabiedrībā un tautsaimniecībā” (2020).

Pētnieces Lazarides un Raufelder (2021) norāda, ka šobrīd mācīšanās nav tikai jaunu zināšanu iegūšana, bet svarīgas ir arī gūtās emocijas procesa laikā, piemēram, prieks par paveikto un sasniegto, vai tieši pretēji neapmierinātība un garlaicība mācību laikā.

Pētījuma ietvaros, veicot publikāciju izpēti un novērošanu pedagogiskajā darbā, varam secināt, ka pēdējo divdesmit gadu laikā ir notikusi spēcīga izglītības transformācija, kas saskatāms tajā, ka agrāk cilvēki tiecās uz aroda un diploma iegūšanu, tad šobrīd spēcīgu lomu spēlē izglītojamā motivācija un emocijas procesa laikā. Zinātnieku pētījumi (Phan, H.P., Ngu, B.H., Lins, R.-Y., Wang, H.-W. & Shi, S., 2019) norāda uz to, ka skolotāja uzdevums ir rūpēties par katra izglītojamā labsajūtu, lai tas raisītu pozitīvas emocijas, piemēram, atlaide mācībām vai stipendija, kas ir svarīgs faktors mūžizglītībā.

Mūžizglītības un pieaugušo izglītības transformācija *Transforming Perspectives in Lifelong Learning and Adult Education*

Pieaugušo izglītība ir neatņemama mūžizglītības daļa. Iesaistei pieaugušo izglītībā nav noteikts vecumposms, bet ir iespēja atgriezties izglītības procesā pēc pamatskolas, vidusskolas pabeigšanas, vai pārtraukšanas, vai arī pēc augstākās izglītības ieguves, lai iegūtu jaunas zināšanas, prasmes, kompetences vai pilnveidotu jau esošās.

Mūžizglītība ietver formālo, neformālo un ikdienas mācīšanos, tā ir orientēta uz pieaugušajiem un nodrošina personības attīstību un konkurētspēju darba tirgū cilvēka mūža garumā. Zinātnieku grupa (Castaño Muñoz, Redekers, Vuorikari, & Pendija, 2013) norāda, ka mūžizglītībā ietver visas mācīšanās darbības pēc pamatizglītības apguves, paverot iespējas personai pilnvērtīgi pašrealizēties dažādās jomās vai, piemēram, pārkvalificēties vai celt savu kvalifikāciju.

Šobrīd pasaules kopienas strādā pie tā, lai mūžizglītība būtu pieejama gan kvalificētam, gan mazāk kvalificētam darba spēkam, gan arī, lai tas veidotu taisnīgāku un saliedētāku sabiedrību (Lifelong learning in transformation: promising practices in Southeast Asia, 2017).

Latvijai šobrīd nav skaidras un vienotas sistēmas par mūžizglītības attīstību, šāda sistēma ir nepieciešama, lai sabiedrībai dotu iespēju piemēroties jaunajiem darba tirgus apstākļiem, kādā no intervijām bija norādījis Saeimas deputāts M. Luksa (2020). Šobrīd valstij ir ievērojami vairāk jāvērtē uzmanība uz pieaugušo izglītības veicināšanu, lai valsts un katrs indivīds varētu atkopties pēc sekām, ko izraisīja Covid-19 pandēmija. Tāpat valsts uzdevums ir iesaistīt darba tirgū darbiniekus, kuri zaudēja darbu pandēmijas dēļ, tādēļ ir jābūt izstrādātai stratēģijai, lai efektīvi izmantotu cilvēku prasmes darba vietās.

Katram izglītojamajam ir savi motīvi, kādēļ vēlas paplašināt esošās prasmes vai iegūt jaunas. Pētījumā "Nodarbināto pieaugušo ar zemu kvalifikāciju efektīvākas iesaistes mācībās izvērtējums" (2020) tiek uzsvērts, ka galvenie ieguvumi no mācībām ir jaunas darba vietas atrašana, paaugstinājums amatā, lielāka darba samaksa un jauni darba pienākumi. Daļai pieaugušo izglītošanās sniedz iespēju labāk izpildīt savus darba pienākumus, personīgie ieguvumi, uzlabojums ikdienas dzīvē un jaunas iespējas personīgā biznesa veidošanā. Savukārt, daļai pieaugušo motivāciju mācīties rada darba devēja uzslava vai atzinības izteikšana.

Daļa pieaugušo izglītojamie izvēlas, lai attīstītu un pilnveidotu savu personību. Tomēr daudzos gadījumos izglītojamie apgūst jaunas prasmes, lai turpinātu savu karjeru vai nezaudētu esošo darbu.

Lai pārtrauktu Covid-19 pandēmijas izplatību, daudzās valsts iestādēs, uzņēmumos un izglītības vietās tika ieviesta jauna politika, proti, strādāt no mājām- attālināti. Vairākos pētījumos tika atklāts, ka Covid-19 pandēmija būtiski ir ietekmējusi izglītības nozari (Efriana, 2021). Par galveno mācību metodi tika izmantota tiešsaistes mācīšanās pieeja. L. Efriana (2021) norāda, ka Covid-19 pandēmijas apstākļos šī metode varēja būt risinājums, lai mācību process varētu turpināties. Pandēmijas laiks pierādīja, ka arvien vairāk ikdienas darbus, tai skaitā apmācības var veikt attālināti.

Neskatoties uz to, ka ne vienmēr ir sarežģīti veicami uzdevumi, tomēr izmantojot jaunās tehnoloģijas, cilvēkiem ir jābūt atbilstošām prasmēm, lai ar tām rīkotos. Pētījumā "Launch of the 2019 Skills Outlook: Thriving in a Digital World" Eiropā tikai Beļģija, Dānija, Somija, Nīderlande, Jaunzēlande, Norvēģija un Zviedrija apsteidz citas valstis digitalizācijas jomā. Te iedzīvotājiem ir labas prasmes un labs atbalsts mūžizglītības sistēmai, kas ļauj viņiem maksimāli izmantot visas priekšrocības, ko dod digitalizācija. Savukārt, Itālijā, Lietuvā, Slovēnijā cilvēkiem bieži trūkst pamatprasmes, lai varētu darboties digitāli (2019). Latvijā, salīdzinot ar citām OECD valstīm, pieaugušo digitālās prasmes ir vērtējamas kā zemas (Pieaugušo digitālās, tehnoloģiju, un valodu prasmes: to attīstīšanas iespējas un izaicinājumi Latvijā", 2021), ko apliecina arī Ziņojums par Latvijas produktivitāti (2020), ka Latvijā ir viens

no augstākajiem iedzīvotāju īpatsvaram dažādu vecumu grupās, kuriem ir zems vispārējo digitālo prasmju līmenis.

Lai Latvijas darba tirgus spētu attīstīties, ir nepieciešami speciālisti, kas gatavi visu laiku pilnveidot savas prasmes un apgūt jaunas. Iepriekš minētajā ziņojumā norādīts, ka vairāk kā trešdaļa pieaugušo nepiedalās un arī nākotnē neplāno piedalīties pieaugušo izglītības aktivitātēs (2021). No pieaugušo izglītības jābūt ekonomiskam pienesumam Latvijas darba tirgū. Šobrīd nav veikti pētījumi cik liels būtu IKP, ja visas personas, kas ir ar zemu kvalifikāciju vai bez tās pilnveidotu vai apgūtu jaunas un tās pielietotu darba tirgū.

Latvijas Republikas Saeimas izdotajā ziņojumā “Pieaugušo digitālās, tehnoloģiju, un valodu prasmes: to attīstīšanas iespējas un izaicinājumi Latvijā” (2021) tiek secināts, ka veiktie pasākumi palielināt pieaugušo dalību izglītībā Latvijā ir zemi, tas nozīmē, ka pieaugušie nav bijuši gatavi mainīt savus paradumus, lai apgūtu jaunas prasmes. M. Luksa norāda, ka iedzīvotāju motivāciju mācīties iespējams varētu paaugstināt, veidojot individuālu pieeju katram, t.i. personiski uzrunājot mazkvalificētus darbiniekus vai darba meklētājus, kā arī sniedzot atbalstu karjeras attīstībā (2020). Pētījumā “Nodarbināto pieaugušo ar zemu kvalifikāciju efektīvākas iesaistes mācībās izvērtējums” (2020) tiek secināts pieaugušajiem ir nepieciešama konsultācija, lai noskaidrotu piemērotāko mācību programmu un, otrkārt, ir nepieciešams nozīmīgs atbalsts no darba devējiem mācībām un tādu mācību norises organizācija.

Pētījuma metodoloģija *Research methodology*

Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās respondenti vecumā no 25 līdz 70 gadiem, vidējais vecums 40 gadi. Vecuma posmā no 25 līdz 34 gadiem piedalījās 40 % no kopējā respondentu skaita, no 35 līdz 44 gadi – 34 %, no 45 līdz 64 gadi – 25 % un no 65 gadi līdz 70 – 1 %.

Kopējais respondentu skaits 389, no kuriem 70,4 % ir sievietes un 29,6 % vīrieši, pēc tautības 91 % ir latvieši, 7,2 % krievi un 1,8 % cita. Veiktajā pētījumā tika aptverta visa Latvijas Republika, t.i. no galvaspilsētas aptaujā piedalījās 29 % respondenti, no Rīgas reģiona 18,8 %, no Vidzemes 13,1 %, no Kurzemes 12,9 %, no Zemgales 12,9 % un Latgales 13,4 %.

No kopējā respondentu skaita augstākā izglītība ir 68,1 %, profesionālā vidējā izglītība 17,5 %, vidējā izglītība 12,6 %, pamatizglītība 1,3 % un sākumskola vai nepabeigta pamatskola 0,5 %.

Esošajā darba vietā strādā līdz vienam gadam 7,2 % no kopējā respondentu skaita, no viens līdz divi gadi 8,7 %, no diviem līdz pieciem gadiem 22,1 %, no pieciem līdz 10 gadiem 21,1 %, vairāk kā 10 gadi 35,5 %, savukārt, šobrīd nav darba attiecībās 5,4 %.

Instrumentārijs

Anketa tika izveidota no 25 jautājumiem, kas tika sadalīti divos blokos. Pirmajā blokā tika uzdoti jautājumi, kas saistīti ar attieksmi pret esošām izglītības vērtībām, to salīdzināšanai pirms Covid-19 pandēmijas un pēc Covid-19. Otrajā blokā respondenta demogrāfiskie dati, izglītību, darbības jomu un nodarbinātību.

Pētījuma ierobežojumi

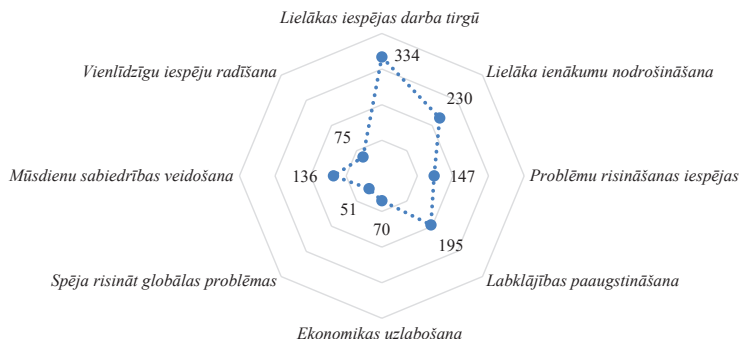
Aptauja tika izveidota interneta aptaujas vietnē *Google Forms*, un interneta saite uz šo aptauju tika publicēta dažādos sociālajos tīklos laika posmā no 2021. gada aprīļa līdz jūnijam. Šāda pieeja ļauj aptvert plašu respondentu loku, tomēr jāņem vērā, ka piedalās tie, kuri ir aktīvi sociālajos tīklos. Mazaktīvo respondentu grupa netiek aptverta. Iegūtie rezultāti iezīmē tendences.

Pētījuma rezultāti *Research results*

Pētījuma ietvaros tika veikta anketēšana, kas pēc būtības ir subjektīva datu ieguves forma, tomēr ar šo metodi ir iespējams apzināt sabiedrības daļas viedokli. Aptaujas mērķis bija noskaidrot Latvijas iedzīvotāju viedokli par esošām izglītības vērtībām mūžizglītībā, to salīdzināšanai pirms Covid-19 pandēmijas un pēc pandēmijas posmā. Aptaujā iegūtie dati sniedz atbildes uz pētījuma mērķi izvirzītajiem uzdevumiem par mūžizglītības vērtībām.

Būtisks faktors pieaugušo izglītības apguvei ir dzīves vieta, jo nokļūšana līdz mācību vietai ir izšķiroša tam vai izglītojamais būs gatavs laika resursa ziņā un finansiālā sākt un pabeigt izvēlēto mācību programmu. Veiktajā aptaujās tika noskaidrots, ka no kopējā respondentu skaita pilsētā dzīvo 72,5 %, ciemā – 18,8 % un viensētā – 8,7 %.

Pētījums parādīja, ka pieaugušie izvēlas mācīties dažādu motīvu vadīti. Respondentiem tika uzdots jautājums “Kādi ir ieguvumi no izglītības?”



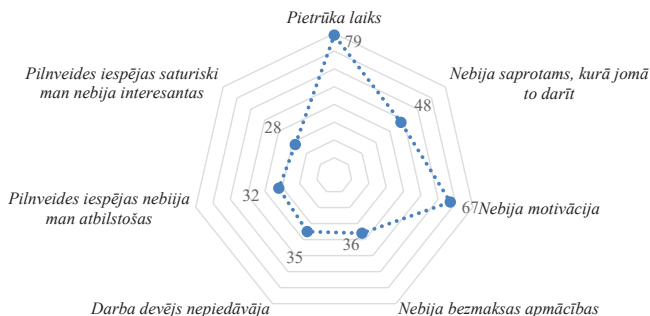
1.attēls. Ieguvumi no izglītības (gadījumu skaits, aptaujas dati)
 Figure 1 Advantages of education (number of cases, survey data)

Iegūtie aptaujas dati ļauj secināt, ka 86,9 % respondenti uzskata, ka, iegūstot izglītību, pastāv lielākas iespējas darba tirgū, 59,1 % ir norādījuši, ka pastāv lielāka iespēja ienākumu gūšanai un 50,1 % norādīja, ka tiek paaugstināta sava labklājība. Kopumā var secināt, ka lielākoties pieaugušie izvēlās mācīties, lai iegūtās prasmes varētu pielietot darba tirgū, kas nodrošinātu augstāku atalgojumu.

No anketēšanas rezultātiem tika noskaidrots, ka mazāk kā puse, t.i., 39,8 % no visiem respondentiem, strādā darbības jomā, kurā ir iegūta izglītība, vairāk kā ceturtdaļa no kopējā respondentu skaita ir norādījuši, ka nestrādā jomā, kurā tika iegūta izglītība, savukārt, 5,4 % nav iegūta profesija. Savukārt uz uzdoto jautājumu “Vai Jūsu esošās prasmes atbilst darba tirgus prasībām?” apstiprinoši atbildēja 42,4 %, savukārt, “drīzāk jā” norādīja 51,2 % un drīzāk neatbilst un neatbilst – 6,4 % respondentu. Tas dod iespēju secināt, ka ne visi, kas ieguvuši arodizglītību, vidējo profesionālo vai augstāko profesionālo izglītību, strādā attiecīgajā jomā.

Saeimas ziņojumā par “Pieaugušo digitālās, tehnoloģiju, un valodu prasmes: to attīstīšanas iespējas un izaicinājumi Latvijā” (2021) tika norādīts, ka viena trešā daļa pieaugušo nekad nav izglītojušies pēc pamatizglītības vai vidusskolas iegūšanas un to neplāno darīt tuvākajā laikā. Lai noskaidrotu respondentu aktivitāti par iesaisti pieaugušo mācībās, tika uzdots jautājums, vai līdz Covid-19 pandēmijai un pandēmijas laikā to ir darījuši. No iegūtajiem datiem var secināt, ka 60,4 % ir iesaistījušies apmācībās, 29,5 % respondentu nebija tāda iespēja, savukārt, 11,1 % respondentu norādīja, ka to nevēlējas.

Lai celtu darba ražīgumu darba vietā, darbiniekiem nepārtraukti ir jāpaaugstina savas kompetences, tādēļ ne tikai darbiniekam, bet arī darba devējam jāmeklē iespējas un risinājumi, kā to efektīvāk izdarīt. Daudzi respondenti, kas bija darba attiecībās strādājot klātienē vai attālināti Covid-19 pandēmijas laikā cēla un pilnveidoja savas prasmes un kompetences dažādās jomās (informāciju un telekomunikācijas jomā – 34,2 %, svešvalodas – 18,3 %, savā profesijā – 45,2 %, jauna profesija – 15,4 %, personīgās prasmes un sociālās kompetences – 33,2 %, paplašināja savu redzes loku – 41,9 %). Vairāk kā puse respondentu izvēlējās pilnveidot prasmes vai iegūt jaunas pēc paša iniciatīvas, savukārt, 26,5 % to darīja gan pēc savas un darba devēja iniciatīvas, 5,1 % iesaistījās mācībās, pēc darba devēja iniciatīvas, savukārt 16,5 % norādīja, ka netika pilnveidotas prasmes vai iegūtas jaunas Covid-19 ārkārtējās situācijas laikā.



2.attēls. Iemesli, kas atturēja no iesaistes pieaugušo mācībās Covid 19 laikā (gadījumu skaits, aptaujas dati)

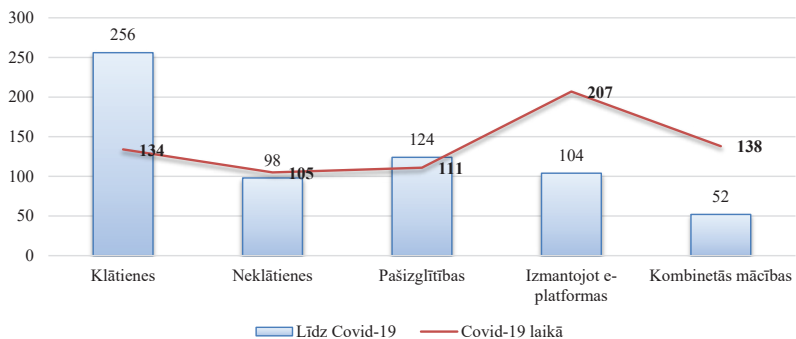
Figure 2 Reasons that discouraged adult learning during Covid 19 (number of cases, survey data)

Iegūtie dati norāda, ka prasmju pilnveidošanai un jaunu iegūšanai galvenais šķērslis bija laika trūkums, ko norādīja vairāk kā piektdaļa, t.i. 20,3 % no visiem respondentiem, un motivācijas trūkums 17,2 %. Lai iesaistītos pieaugušo izglītībā ir jābūt motivācijai to darīt, tā var izpausties kā iekšējā (pašvērtējuma celšana, atzinība) vai/un ārējā (amata paaugstinājums, algas paaugstinājums). Autori D. Mallows un J. Litser (2016) savā pētījumā ir norādījuši, ka viens no veidiem, kā panākt plašāku iesaisti pieaugušo izglītībā, ir cieši sasaistīt piedāvājumu ar motivāciju.

Respondenti norāda apgūt jaunas prasmes un iemaņas galvenokārt motivē tas, ka var iegūt vairāk zināšanu par to, kas interesē 72,5 %, ir vēlme iegūt ikdienā noderīgas zināšanas un prasmes 57,3 %, sevis pilnveidošana kā personību 58,1 % un celt savu pašvērtējumu 45,8 %. Pētījumos norāda, ka pieaugušos vairāk motivē pašizaugsmes iespējas, intereses un vēlme mācīties (Mirke & Cakula, 2019), kas anketēšanā arī apstiprinājās.

Daļai respondentu ir svarīgi mācību laikā veidot jaunus kontaktus 36,8 % un uzturēt komunikāciju 32,1 %. Nedaudz mazāk kā puse, t.i. 47,3 %, norādīja, ka svarīgi ir iegūt dokumentālu apliecinājumu par apmeklētajiem kursiem vai semināriem. 37,5 % respondentu norādīja, ka cēla savu kvalifikāciju, lai labāk veiktu savus darbu pienākumus, aptuveni trešdaļa vēlas palielināt iespēju dabūt jaunu darbu, savukārt, 14,7 % samazināt riskus zaudēt to. Vairāk kā piektdaļa norādīja, ka jaunas vai papildus zināšanas un prasmes ir nepieciešamas, lai uzskatu savu biznesu.

Covid-19 pandēmijas laikā darba un izglītības process lielākoties tika organizēts attālināti. Tiešsaistes mācības ir tiešā veidā vērstas uz interneta tehnoloģiju izmantošanu, kas ir ļoti atkarīgas no to pieejamības (Efriana, 2021). Centrālās statistikas pārvaldes dati liecina, ka mājāsaimniecībās interneta pieejamība katru gadu turpina pieaugt. 2019. gadā 85,4 % mājāsaimniecībās bija pieejams internets (Turpina pieaugt interneta izmantošana mājāsaimniecībās, 2019). Tādēļ var uzskatīt, ka Latvijas infrastruktūra ir pietiekami labi attīstīta, lai apmācības sekmīgi varētu norisināties attālināti. Arī anketas dati norāda personas, kuras izmanto interneta pakalpojumus vairāk kā 70 % dzīvo pilsētā, kur ir labāks interneta pārklājums.



3.attēls. Mācību organizācijas forma līdz Covid-19 un pandēmijas laikā (gadījumu skaits, aptaujas dati)

Figure 3 Learning organization form up to Covid-19 and during the pandemic (number of cases, survey data)

Anketēšanā tika noskaidrots, ka līdz Covid-19 pandēmijai mācību organizācijas forma “klātiene” bija ērtāka un pieejamāka 65,8 % respondentu, savukārt, pandēmijas laikā vai pēc pandēmijas vairs tikai šādu apmācības formu izvēlētos 34,4 %, no 3.attēla redzams, ka puse izglītojamo priekšroku turpmāk dos kādai citai mācību organizēšanas formai, kas, galvenokārt, skaidrojams ar resursu ekonomiju, nemācoties klātienē, t.i. naudas un laika resurss, kas tiek patērēts dodoties uz mācību vietu.

Tiešsaistes mācības ir tālmācības daļa, kas apvieno elektroniskās tehnoloģijas vai internetā balstītas tehnoloģijas. Tiešsaistes mācības ir mācību stundu organizēšana, lai sasniegtu lielas izglītojamo grupas (Efriana, 2021). No iegūtajiem datiem anketēšanā redzams, ka līdz Covid – 19 pandēmijai izmantojot e-platformas (piemēram, Zoom, Microsoft Team u.c.) izvēlējas vidēji 26,7 %, savukārt tagad tie būtu gandrīz 53,2 % no kopējā respondentu skaita. Tāpat vērojams, ka kombinētās mācības (daļa nodarbību klātienē, daļa e-platfomās) būs pieprasītākas nekā līdz Covid-19 pandēmijai. Būtiski izmaiņas nav vērojamas mācību organizēšanas formai, ko turpmāk izvēlēties respondenti, t.i. neklātie un pašizglītība, ko vidēji atzīmēja no 25 – 30 % no kopējā respondentu skaita. No aptaujas datiem var secināt, ka nākotnē klātienes mācību forma ar vien samazināsies, ja valsts politika uz to būs vērsta. Veiktajā pētījumā “Izvērtējums par attālinātā darba ietekmi uz produktivitāti ilgtermiņā un priekšlikumu sagatavošana produktivitātes paaugstināšanai attālinātā darba apstākļos” (2021) aprēķini norāda, ka aptuveni 38 % no nodarbinātajiem potenciāli var strādāt attālināti, savukārt, izglītībā 68 %.

Pāreja no tradicionālajām mācību metodēm prasa jaunas vai papildus prasmes digitālajās tehnoloģijās (Howard, Boettcher, Justice,&Schenk, 2010). Vairāk kā 83,5 % respondentu bija norādījuši, ka šobrīd digitālās zināšanas netraucē apgūt jaunas prasmes, savukārt daļēji traucē vai traucē bija norādījuši 15,9 %, kas ir vērtējams kā labs rezultāts, lai nākotnē mācību procesu varētu virzīt uz daļēji attālinātu izmantojot e-apmācību platformas.

Tādā veidā veiktais pētījums norādīja uz izglītības vērtību transformācijas nepieciešamību, kas jau uzsāka pandēmijas apstākļos un ir iegūta būtiska pieredze mācību procesa organizēšanai mūžizglītībā pēcpandēmijas posmā.

Secinājumi

Pētījums veikts maģistra darba "Izglītības vērtību transformācija mūžizglītībā" ietvaros ar mērķi: noskaidrot Latvijas iedzīvotāju viedokli par esošām izglītības vērtībām mūžizglītībā, to salīdzināšanai pirms Covid-19 pandēmijas un pēc pandēmijas posmā.

Veiktā pētījuma rezultātā varam izdarīt vairākus secinājumus:

1. Veicot publikāciju izpēti un novērošanu pedagoģiskajā darbā, varam secināt, ka pēdējo divdesmit gadu laikā ir notikusi spēcīga izglītības transformācija, kas saskatāms tajā, ka agrāk cilvēki tiecās uz aroda un diploma iegūšanu, tad šobrīd spēcīgu lomu spēlē izglītojamā motivācija un emocijas procesa laikā. Zinātnieku pētījumi (Phan, H.P., Ngu, B.H., Lins, R.-Y., Wang, H.-W. & Shi, S., 2019) norāda uz to, ka skolotāja uzdevums ir rūpēties par katra izglītojamā labsajūtu, lai tas raisītu pozitīvas emocijas, kas ir svarīgs faktors mūžizglītībā.
2. Pētījuma ietvaros veikta anketēšana, kas sastāv no 25 jautājumiem, kas tika sadalīti divos blokos: jautājumi, kas saistīti ar attieksmi pret esošām izglītības vērtībām, to salīdzināšanai pirms Covid-19 pandēmijas un pēc Covid-19 un respondentu demogrāfiskie dati, izglītība, darbības joma un nodarbinātība.
3. Veiktā datu analīze saistībā ar:
 - Ieguvumiem no izglītības;
 - Iemesliem, kas atturēja no iesaistes pieaugušo mācībās Covid 19 laikā;
 - Mācību organizācijas formām līdz Covid-19 un pandēmijas laikā, norādīja uz izglītības vērtību transformācijas nepieciešamību, kas jau uzsāka pandēmijas apstākļos un ir iegūta būtiska pieredze mācību procesa organizēšanai mūžizglītībā pēc pandēmijas posmā.

Summary

Adult education is becoming an integral part of every person's life and advancement towards certain goals. Many adults attempt to learn independently, by using information technology.

As a result of the study we can draw several conclusions:

1. By researching publications and observing pedagogical work, we can conclude that a powerful transformation of education has taken place over the last twenty years, which is evidenced by the fact that previously people sought to acquire a profession and a diploma, but nowadays a strong role is played by the motivation of learners and their emotions during the process. Studies by researchers (Phan, H.P., Ngu, B.H., Lins, R.-Y., Wang, H.-W. & Shi, S., 2019) suggest that it is the teacher's task to take care of the well-being of each learner, by evoking positive emotions, which is an important factor in lifelong learning.

2. The study included a questionnaire of 25 questions that was divided into two blocks: questions related to the attitude towards current educational values in order to make a comparison between the period before and after the Covid-19 pandemic, and the demographics, education, scope of activity and employment of the respondents.

3. The data analysis performed in relation to:

- Benefits of education;
- Reasons for not willing to participate in adult education during Covid-19;
- Forms of learning organization before Covid-19 and during the pandemic, pointed out the need for transformation of educational values, which has already begun during the pandemic conditions and has provided significant experience for the organization of learning process in lifelong learning after the pandemic.

Literatūra References

- Austruma, S. (2009). Jauniešu vērtības patērētājsabiedrībā Latvijā. Pieejams: https://dspace.lu.lv/dspace/bitstream/handle/7/4694/21767-Spodra_Austruma_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bostrom, E., & Palm, T. (2020). Expectancy-value theory as an explanatory theory for the effect of professional development programmes in formative assessment on teacher practice. *An international journal of teachers' professional development, Vol. 24*, pp. 539–558. DOI: 10.1080/13664530.2020.1782975
- Castañó Muñoz, J.; Redekers, K., Vuorikari, R., & Pendija, Ī. (2013). Open Education 2030: planning the future of adult learning in Europe. *European Commission. Published by Taylor & Francis, Vol. 28*, No. 3, 171–186. DOI:10.1080/02680513.2013.871199
- Efriana, L. (2021). Problems of Online Learning during Covid-19 Pandemic in EFL Classroom and the Solution. *JELITA: Journal of English Language Teaching and Literature, Volume 2, Number 1*, 38-47. Retrieved from <https://jurnal.stkipmb.ac.id/index.php/jelita/article/view/74/52>
- Howard, C., Boettcher, J., Justice, L., & Schenk, K. (2005). *Encyclopaedia of distance learning. Volume 2*. Idea Group, USA, Gregory C. Sales. Developing online Faculty competencies.
- Izglītības attīstības pamatnostādnes 2021.-2027.gadam “Nākotnes prasmes nākotnes sabiedrībai” (2020). Pieejams: Izglītības un zinātnes ministrija. https://www.izm.gov.lv/sites/izm/files/iap2027_projekta_versija_apspriesana_16072020_1_2.pdf
- Izglītības likums (1998). Pieejams: Latvijas Republikas tiesību akti. <https://likumi.lv/ta/id/50759-izglitiba-likums>
- Izvērtējums par attālinātā darba ietekmi uz produktivitāti ilgtermiņā un priekšlikumu sagatavošana produktivitātes paaugstināšanai attālinātā darba apstākļos (2021). Pieejams: Ekonomikas ministrija. <https://www.em.gov.lv/lv/media/4223/download>
- Latvijas produktivitātes ziņojums (2020). Pieejams: Ekonomikas ministrija. <https://www.em.gov.lv/lv/media/8753/download>
- Launch of the 2019 Skills Outlook: Thriving in a Digital World (2019). Retrieved from <https://www.oecd.org/education/oecd-skills-outlook-e11c1c2d-en.htm>
- Lazarides, R., & Raufelder, D. (2021). Control-value theory in the context of teaching: does teaching quality moderate relations between academic self-concept and achievement emotions? *British Journal of Educational Psychology, Vol. 91*, pp. 127–147. DOI: 10.1111/bjep.12352
- Lifelong learning in transformation: promising practices in Southeast Asia (2017). Retrieved from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253603>
- Luksa, M. (2020). *Pieaugušo izglītība: pārmaiņas norisinās, bet lēni*. Pieejams: <https://lvportals.lv/norises/314133-pieauguso-izglitiba-parmainas-norisinās-bet-lēni-2020>
- Mallows, D., & Litster, J. (2016). *How can we motivate adults to engage in literacy and numeracy learning?* Pieejams: <https://dera.ioe.ac.uk/28521/1/skills-lifelong-learning-motivating-engagement.pdf>
- Mirke, E., & Cakula, S. (2019). Adults' Digital Competence and Readiness for Online Learning: Preliminary Findings on Latvian Adult Learners' Readiness to Study Online. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 8*(1), pp. 22–27. DOI: 10.30534.2019.0581.12019
- Nodarbināto pieaugušo ar zemu kvalifikāciju efektīvākas iesaistes mācībās izvērtējums (2020). Pieejams: Izglītības un zinātnes ministrija. <http://petijumi.mk.gov.lv/node/3180>

- Pieaugušo digitālās, tehnoloģiju, un valodu prasmes: to attīstīšanas iespējas un izaicinājumi Latvijā (2021). Pieejams: LR Saeima. https://www.saeima.lv/petijumi/Pieauguso_izglitiba_petijums.pdf
- Pieaugušo izglītība (2020). Pieejams: Izglītības un zinātnes ministrija. <https://www.izm.gov.lv/lv/pieauguso-izglitiba>
- Phan, H.P., Ngu, B.H., Lins, R.-Y., Wang, H.-W. & Shi, S. (2019). Predicting and enhancing students' positive emotions: An empirical study from a Taiwanese sociocultural context. *Heliyon*, Vol. 5, No. 10. DOI: h10.1016/j.heliyon.2019.e02550
- Santana de Oliveira, M.M., Torres Penedo, A.S., & Pereira, V. (2018). Distance education: advantages and disadvantages of the point of view of education and society. *Dialogia*, Vol. 29, 139-152. DOI: 10.5585/dialogia.N29.7661
- Schwartz, S.H. (2017) The Refined Theory of Basic Values. *Values and Behavior*, 51-72. DOI: 10.1007/978-3-319-56352-7_3
- Turpina pieaugt interneta izmantošana māsaimniecībās (2019). Pieejams: Centrālās statistikas pārvalde. <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/zinatne-ikt/datori-internets/meklet-tema/2580-iedzivotaju-interneta-lietosanas-paradumi>

PARAZĪTU SUGU NOTEIKŠANA IZMANTOJOT SANGERA SEKVENĒŠANAS METODI

Detection of parasite species using the Sanger sequencing method.

Rūta Gailuma

IEVADS

Helmintožu izraisīto problēmu aktualitāte ir saistīta ar to plašo izplatību un negatīvo ietekmi gan uz dzīvniekiem, gan uz cilvēku organismu. Galvenais patogēnu avots ir savvaļas dzīvnieki, kuri pārnēsā dažādus vīrusus, viensūņus un parazitiskos tārpus. Savvaļas dzīvniekiem pārvietojoties, tie tālāk izplata dažādus vīrusus, viensūņus, kā arī parazitus. Izpētot dzīvnieku helmintofaunu var iegūt informāciju par dzīvnieku veselības stāvokli [1.,63-68.lpp.].

Ir noskaidrots, ka dažas plēsēju sugas var kalpot par helmintožu izplatītājiem arī starp mājdzīvniekiem un cilvēkiem. Cilvēkiem, nonākot saskarsmē ar nomedītajiem dzīvniekiem un lietojot tos uzturā, kā arī nepievēršot pastiprinātu uzmanību personīgajai higiēnai, cilvēki tiek pakļauti lielākam helmintožu inficēšanās riskam. Tāpat arī inficēšanās risks pastāv starp dzīvnieku un cilvēku savstarpējiem kontaktiem (Bagrade 2008).

Tā kā daudziem helmintiem ir vāji izteiktas, kā arī līdzīgas morfoloģiskās pazīmes mūsdienās sugu noteikšanai papildus izmanto molekulārās metodes. Līdz šim Latvijā ir veikti helmintu pētījumi plēsēju populācijās, bet sugas lielākoties ir noteiktas pēc morfoloģiskajām pazīmēm.

Šī darba **mērķis** ir, izmantojot molekulārās metodes, noteikt vilka paraugos sastopamās lenteņu sugas, kuras iepriekš pēc morfoloģiskajām pazīmēm tika noteiktas kā *Taenia* ģints parazitīti. Šāds pētījums nākotnē varētu būt noderīgs, pētot tālāk ne tikai vilku, bet arī citu plēsēju sugu, tādu kā lūšu, lapsu un jentosuņu helmintofaunu.

Dotā mērķa sasniegšanai izvirzīti sekojoši darba uzdevumi:

1. Izdalīt DNS no parazitītiem, kuri atrasti 2019./2020/ gada medību sezonā nomedītajos vilkos.
2. Amplificēt parazitītu citohoma c oksidāzes subvienības I (COI) un NADH dehidrogenāzes subvienības I (ND1) gēnu rajonus .
3. Nosekvenēt un noskaidrot biežāk sastopamākās helmintu sugas vilka populācijā

EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

DNS koncentrācijas noteikšana

No 13 vilku muskuļaudu paraugiem izdalīti 17 lenteņu DNS paraugi, no kuriem tikai 11 paraugiem izdevās noteikt koncentrācijas (13. tabula). 6 paraugiem koncentrācijas neizdevās noteikt (tabulā koncentrācijas atzīmētas ar “-” zīmi). Savukārt, tikai 4 – 6 paraugiem koncentrācijas bija pietiekošas PCR veikšanai. Ideālā gadījumā DNS koncentrācijai jābūt no 50 – 100 ng uz 50 μl uz reakcijas maisījuma kopējo tilpumu jeb 10 – 50 ng uz 10 μl reakcijas maisījuma kopējo tilpumu.

13.tabula

Izdalīto lenteņu DNS koncentrācijas

N.p.k.	Vilka parauga reģistr.nr.	Lenteņa DNS izdalīšanas nr.	Koncentrācija	Vienības	A260	A280	260/280	260/230
1	Vi-3	Len-11	2,902	ng/ul	0,058	0,024	2,42	0,08
2	Vi-4	Len-12	0,968	ng/ul	0,019	0,021	0,90	0,09
3	Vi-5	Len-13	-9,496	ng/ul	-0,190	-0,115	1,64	-3,11
4	Vi-6 (1)	Len-14	0,910	ng/ul	0,018	0,017	1,06	0,04
5	Vi-6 (2)	15	15,720	ng/ul	0,314	0,131	2,40	0,72
6	Vi-7 (1)	16	1,340	ng/ul	0,027	0,018	1,48	0,11
7	Vi-7 (2)	17	0,039	ng/ul	0,001	0,003	0,27	0,01
8	Vi-8	18	-1,351	ng/ul	-0,027	-0,029	0,94	-0,29
9	Vi-12	19	-0,631	ng/ul	-0,013	-0,016	0,80	-0,22
10	Vi-13	20	1,685	ng/ul	0,034	0,025	1,33	0,18
11	Vi-14 (1)	21	-8,903	ng/ul	-0,178	-0,106	1,68	1,53
12	Vi-14 (2)	22	8,451	ng/ul	0,169	0,093	1,81	0,58
13	Vi-15	23	24,98	ng/ul	0,500	0,221	2,26	1,40
14	Vi-1309	24	-0,492	ng/ul	-0,010	-0,006	1,70	-0,09
15	Vi-11310	25	24,680	ng/ul	0,494	0,001	-54,87	2,51
16	Vi-1312 (1)	26	3,163	ng/ul	0,063	0,015	4,26	1,53
17	Vi-1312 (2)	27	-2,523	ng/ul	-0,050	-0,053	0,95	0,78

Nākamajā dienā DNS paraugiem (N.p.k. 2, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 14, 17.) veica atkārtotu DNS koncentrāciju noteikšanu (tabula). Pieciem paraugiem (N.p.k. 2, 3, 4, 7, 8) DNS

koncentrācija palielinājās, līdz ar to, var secināt, ka daļai paraugos DNS bija slikti izšķīdis vai arī DNS netika precīzi uzņemts uz spektrofotometra, kas ietekmēja koncentrācijas un tīrības nolasišanu. Arī tīrība četros gadījumos bija novērojama laba.

14. tabula.

Izdalīto DNS paraugu atkārtota koncentrācijas noteikšana

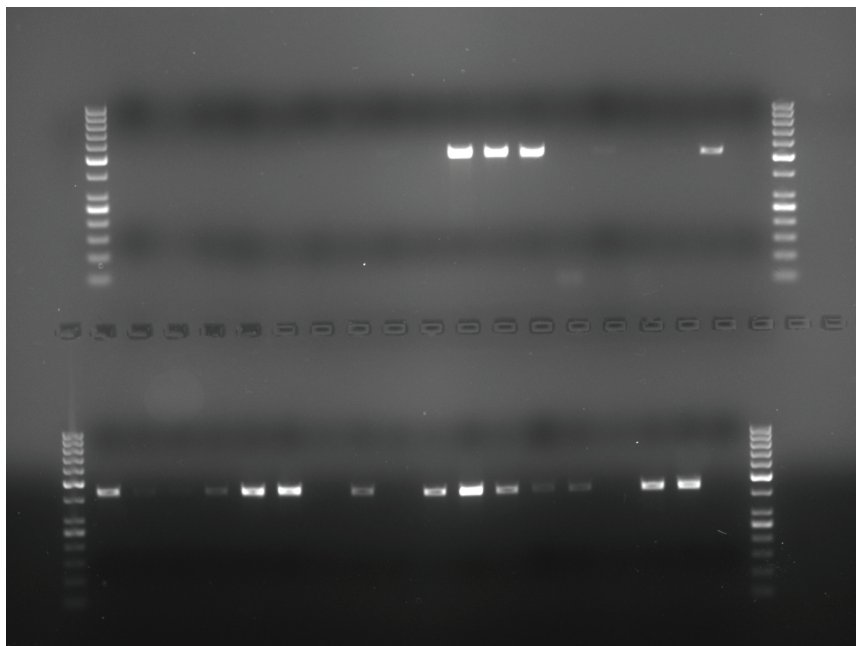
N.p.k.	Vilka biomateriāla parauga reģistr. nr.	Lenteņa DNS izdališanas nr.	Koncentrācija	Vienības	A260	A280	260/280	260/230
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	Vi-4	Len-12	0,982	ng/ul	0,020	0,015	1,32	0,04
3	Vi-5	Len-13	-0,220	ng/ul	-0,004	-0,009	0,47	-0,01
4	Vi-6 (1)	Len-14	0,894	ng/ul	0,018	0,014	1,30	0,04
7	Vi-7 (2)	Len-17	0,397	ng/ul	0,008	-0,002	-3,58	0,03
8	Vi- 8	Len-18	0,898	ng/ul	0,018	0,009	1,94	0,07
9	Vi-12	Len-19	-2,438	ng/ul	-0,049	-0,039	1,27	-0,61
11	Vi-14 (1)	Len-21	-1,750	ng/ul	-0,035	-0,035	0,99	-1,86
14	Vi-1309	Len-24	-2,881	ng/ul	-0,058	-0,048	1,20	0,98
2 atk	Vi-4	Len-12	7,632	ng/ul	0,153	0,082	1,85	0,05
3 atk	Vi-5	Len-13	2,372	ng/ul	0,047	0,012	3,80	0,03
4 atk	Vi-6 (1)	Len-14	5,318	ng/ul	0,106	0,060	1,79	0,06
7 atk	Vi-7 (2)	Len-17	2,869	ng/ul	0,057	0,022	2,55	0,04
8 atk	Vi- 8	Len-18	3,948	ng/ul	0,079	0,026	3,09	0,07
9 atk	Vi-12	Len-19	-0,3938	ng/ul	-0,008	-0,014	0,55	-0,01
11 atk	Vi-14 (1)	Len-21	-0,2834	ng/ul	-0,006	-0,018	0,32	-0,01
14 atk	Vi-1309	Len-24	-1,618	ng/ul	-0,032	-0,049	0,66	-0,04
17 atk	Vi-1312 (2)	Len-27	-1,617	ng/ul	-0,032	-0,017	1,90	-3,24
17 atk	Vi-1312 (2)	Len-27	-1,223	ng/ul	-0,024	-0,015	1,67	-0,33

3.2. Agarozes gēla elektroforēze

Tā kā DNS koncentrācijas ļoti variēja, tika nolemts veikt PCR ar visiem 17 izdalītajiem DNS paraugiem.

Veicot PCR produktiem agarozes gēla elektroforēzi, novēroja, ka, ~500 bp garus ND1 gēnu saturošus PCR produktus (izmantojot praimerus JB11 un JB12) veiksmīgi izdevies amplificēt 7 paraugiem no 17 (skat. 10. att.). Savukārt, ~450 bp garus COI gēnu saturošus PCR

produktus (izmantojot praimerus JB3 un JB4,5) veiksmīgi izdevies amplificēt 14 no 17 paraugiem. Nevienā gadījumā negatīvajā kontrolē nav novērojama kontaminācija (negatīvā kontrolē ir tīra), kā arī nav novērojamas nespecifisku PCR produktu amplifikācijas.



10. attēls. **A.** Amplificētie ~500 bp gari PCR produkti, izmantojot mitohondriālos ND1 gēnu rajona praimerus JB11 un JB12. M – 50 bp marķieris, 1-17 – iegūtie PCR produkti, NK – negatīvā kontrole. **B** Amplificētie ~450 bp gari PCR produkti, izmantojot mitohondriālos NADH dehidrogenāzes I subvienības gēnu rajona praimerus JB3 un JB4.5. M – 50 bp marķieris, 1-17 – iegūtie PCR produkti, NK – negatīvā kontrole

3.3. Parazītu sugu noteikšana

Kopš zināms, ka mitohondriju DNS ir ātrāks evolūcijas ātrums nekā kodola DNS, mitohondriju gēniem, tādiem kā, citohroma c oksidāzes I un II apakšvienības (COI un COII jeb COX1 un COX2) gēni, tikuši izmantoti, lai pētītu filoģenētiskās attiecības starp radniecīgiem organismiem[11].

Pētot lenteņus (Bowles et al. 1992) nosekvencēja daļu no COI gēna 56 *Echinococcus* izolātiem, ieskaitot 4 *Echinococcus* sugas un klasificēja tos 11 dažādos genotipos. (Bowles un McManus, 1994). Izmantoja COI sekvenču, lai raksturotu deviņas *Taenia* sugas, savukārt šīs un citas sekvenču (Okamoto et al., 1995) tika izmantotas, lai secinātu par *Taenia* ģints

filoģenētiskajām attiecībām (Queiroz un Alkire, 1998). Analizējot 17 lenteņu paraugus no 13 vilku biomateriāliem, konstatētas nelielas nukleotīdu nomaiņas, piemēram, 14., 18., 21., 22. un 27. paraugam pēc paraugu apvienošanas, sekvenses 140. pozīcijā, sekvenējot ar abiem COI praimeriem (JB3 un JB4.5) novērojama nukleotīda C nomaiņa uz T. Tāpat arī 18. un 22. paraugam 239. pozīcijā novērojama A nukleotīda nomaiņa uz T, savukārt 24. paraugam – 172. pozīcijā T nukleotīda nomaiņa uz C, bet 20. paraugam – 281. pozīcijā C nukleotīda nomaiņa uz T (1.pielikums). Tāpat arī 21. paraugam, sekvenējot ar abiem COI praimeriem, JB 11 un JB12, pēc paraugu apvienošanas, sekvenses 199. pozīcijā novērojama nukleotīda A nomaiņa uz G, 248. pozīcijā novērojama T nukleotīda nomaiņa uz C, bet 326. pozīcijā – G uz A (2.pielikums). Taču visas iegūtās sekvenses uzrādīja sakritību ar *Taenia krabbei* gan izmantojot COI (15. tabula), gan ND1 (16. tabula) praimerus.

15. tabula

Ar COI praimeriem iegūto sekvenču sakritība ar NCBI datubāzē atrodamajām sekvenčēm

Parauga Nr.	Praimeris	Noteiktā suga	Pārklājums [%]	Idenitāte [%]	Sekvenses nr. ar kuru sakrīt NCBI datubāzē (accession)
1	2	3	4	5	6
11	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.5	MT227288,1
11	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	91	99.74	MT227288,1
12	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	94	96.19	MT227288,1
12	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.26	MT227288,1
13	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	97	98.28	MT227288,1
13	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	96	97.79	MT227288,1
14	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.76	MT227284,1
14	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.75	MT227288,1
15	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.76	MT227288,1
15	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	96	99.00	MT227288,1
16	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.76	MT227288,1
16	JB4.5	<i>Tanenia krabbei</i>	96	99.25	MT227288,1
18	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.73	MT227284,1
18	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.99	MT227288,1
20	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	97	98.25	MT227288,1

15.tabulas turpinājums

10	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	96	99.25	MT227288,1
21	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	95	98.75	MT227284,1
21	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	93	99.49	MT227284,1
22	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.25	MT227288,1
22	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.24	MT227284,1
23	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.25	MT227288,1
23	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	94	97.78	MT227288,1
24	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	96	98.75	MT227288,1
24	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	96	99.26	MT227288,1
26	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	100	97.62	KX962474,1
26	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	92	98.99	MT227288,1
27	JB3	<i>Taenia krabbei</i>	211	99.15	KX962434,1
27	JB4.5	<i>Taenia krabbei</i>	702	98.50	MT227284,1

Salīdzinot iegūtos rezultātus ar 2003. un 2008. gadā ievāktu vilku biomateriālu, kuri izvērtēti pēc morfoloģiskajām pazīmēm, konstatētas 17 dažādas helmintu sugas, no kurām 7 bija *Taenia* - *Taenia crassiceps* (8.8%), *Taenia hydatigena* (41.2%), *Taenia (ovis) krabbei* (8.8%), *Taenia multiceps* (47.1%), *Taenia pisiformis* (20.6%), *Taenia polyacantha* (11.8%), *Taenia spp.* (8.8%). Līdzīgas lenteņu sugas bija sagaidāmas arī 2019./2020.gadā nometīto vilku paraugos. Iespējams, šīs atšķirības starp noteiktajām sugām ir novērojamas paraugu ievākšanas un uzglabāšanas dēļ, jo, kā iepriekš tika minēts, paraugi bieži vien sairst, ja tos atkārtoti sasaldē un atkausē vai ilgstoši uzglabā spirtā un tas ļoti apgrūti sugu noteikšanu pēc morfoloģiskajiem parametriem.

16. tabula

Ar NDI praimeriem iegūto sekvenču sakrītība ar NCBI datubāzē atrodamajām sekvencēm.

Parauga Nr.	Praimeris	Noteiktā suga	Kopējais punktu skaits Pārklājums [%]	Kopējā atbilstība denitāte [%]	Sekvences nr. ar kuru sakrīt NCBI datubāzē (accession)
1	2	3	4	5	6
18	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.1	EU544625,1

18	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.16	16.tabulas turpinājums
20	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	93	99.36	EU544625,1
20	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	93	99.57	EU544625,1
21	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	93	99.15	EU544625,1
21	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	94	98.94	EU544625,1
22	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.15	EU544625,1
22	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	95	99.57	EU544625,1
24	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	93	98.11	EU544625,1
24	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	93	99.57	EU544625,1
26	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	94	98.55	EU544625,1
26	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	80	94.07	EU544625,1
27	JB11	<i>Taenia krabbei</i>	92	98.85	EU544625,1
27	JB12	<i>Taenia krabbei</i>	91	99.78	EU544625,1

Iegūtos rezultātus varēja ietekmēt arī tas, ka sugu noteikšanai ar molekulārajām metodēm tika izmantots pārāk mazs paraugu (lenteņu) skaits, ņemot no katra vilka biomateriāla (no 2019./2020.gadā nomedītajiem vilkiem) analīzei 1 lentiņi (4 gadījumus no viena vilka paņēmi 2 lenteņi), bet morfoloģiskajai noteikšanai – 34 vilku biomateriāli (no 2003.un 2008.gadā nomedītajiem vilkiem). Tāpat arī iespējams, ka, lenteņus morfoloģiski vērtējot, ārējās pazīmes starp sugām bija ļoti līdzīgas, kā tas tika novērots arī Lavikainen et al., 2008, kā arī 2010 pētījumā. Mitohondriju DNS dati, kas iegūti iepriekšējos pētījumos, atklāja divas ģenētiski atšķirīgas sugas (*T. krabbei* un *T. ovis*), kas pēc morfoloģiskajām pazīmēm līdzinās *T. krabbei* un morfoloģiski ir gandrīz neatšķiramas.

Pastāv arī iespējāmība, ka nosekvenētie fragmenti, izmantojot šos praimerus, nav ar tik lielu izšķirtspēju un tādēļ, būtu nepieciešami papildus praimeri, lai pārliecinātos par iegūtu rezultātu precizitāti.

Savukārt, Lavikainen et al., 2011 konstatēja, ka Somijā *T. hydatigena* izplatība vilku helmintofaunā bija aptuveni 10%, bet *T. krabbei* - 40%. Tās pašas divas sugas tika atrastas arī 10 Zviedrijas vilkos, kur no 49 identificētajiem lenteņiem astoņi pārstāvēja *T. hydatigena* un 41 - *T. krabbei*. Tādas pašas sugas tika identificētas arī Anderson, 2010 vilku helmintofaunas pētījumā, daļēji izmantojot to pašu materiālu. Kamēr Igaunijā izplatītākās bija *T. multiceps*, *T. ovis*, *T. hydatigena* un *T. pisiformis* (Moks et al., 2006), bet Latvijā – iepriekš nosauktās *T. multiceps*, *T. hydatigena*, *T. pisiformis*, *T. polyacantha*, *T. crassiceps*, *T. ovis krabbei*. Lavikainen et al., 2011 šīs atšķirības helmintu faunā starp vilku populācijām, izskaidroja, ar

atšķirīgu uzturu. Somijā un Zviedrijā briežu dzimtas dzīvnieki (galvenokārt Eirāzijas aļņi) ir galvenais vilku barības avots, un parasti citas sugas viņu uzturu sastāta tikai nelielu daļu. *T. multiceps* augstāka sastopamība abās Baltijas valstīs norāda uz aitu, kā arī zaķveidīgo un grauzēju nozīmi vilku uzturā, jo konstatēti *T. pisiformis*, *T. polyacantha* un *T. crassiceps*. No otras puses, *T. pisiformis* trūkums Somijas un Zviedrijas vilkiem var atspoguļot parazitā ģeogrāfisko izplatību. Apskatot, ikgadējo pārskatu par MAAF finansēto pētījumu “Lielo plēsēju populāciju stāvokļa izmaiņas medību ietekmē”, var novērot nelielas izmaiņas starp vilku barošanās paradumiem. Iespējams, šīs nelielās izmaiņas barošanās paradumos, arī varēja ietekmēt sagaidāmos rezultātus.

SECINĀJUMI UN PRIEKŠLIKUMI

1. No divus gadus veciem lenteņu paraugiem, turētus 70 % spirtā, ir iespējams izdalīt DNS.
2. Gan ar COI, gan ND1 praimerus ir iespējams izmantot vilku helmintofaunā atrodamās *Taenia* ģints parazitū noteikšanai.
3. Visos 17 DNS paraugos konstatēta tikai viena lenteņu suga - *Taenia krabbei*.
4. Starp iegūtajām lenteņu sekvencēm ir novērojamas nukleotīdu nomaiņas.
5. Turpmākajām analizēm *Taenia* ģints parazitū noteikšanai nepieciešams izmantot vairāk lenteņu paraugu, kā arī papildus specifiskos praimerus.

FIZIKĀLĀS ĶĪMIJAS APGUVES VEICINĀŠANA ATTĀLINĀTAJĀS STUDIJĀS

PROMOTING THE ACQUISITION OF PHYSICAL CHEMISTRY IN DISTANCE LEARNING

Mg. ķīm., A.Jēgermane, Dr.paed., asoc.prof., Ieva Margeviča-Grinberga

Ievads

Kopš Covid-19 pandēmijas sākuma, daudzās pasaules valstīs studiju process tiek organizēts attālināti. Covid-19 izraisīto globālo skolu slēgšanas kontekstā izglītības sistēmas visā pasaulē cenšas nodrošināt studentiem taisnīgu tālmācību. Tomēr ļoti maz ir zināms par dažādu risinājumu izmantošanu vai to efektivitāti.

Rezultātā izglītība ir krasi mainījies, ievērojami palielinoties e-mācībām, kur studijas notiek attālināti un digitālās platformās.

Attālinātas studijas daudziem studentiem ir jau pierasts mācīšanās veids, taču daudzi studenti ar attālināto mācīšanās saskarēs pirmo reizi. Attālinātajā studiju procesā ir daudzi ļoti pozitīvi faktori, piemēram, studēt var sev ērtākā laikā, nav jāiet uz augstskolu, bet var studēt savā istabā, sev ērtos un patīkamos apstākļos, izmantojot dažādas tiešsaistes platformas, var tērzēt un apmainīties viedokļiem, iegūt informāciju no saviem studiju biedriem un docētājiem. Taču vairāki tiešsaistes studēšanas aspekti ir arī diezgan izaicinoši- studentam pašam jāorganizē savs darba laiks, jāseko līdzi visiem uzdotajiem darbiem, dažreiz jāpārvar tehniski šķēršļi, kā arī, strādājot vienatnē, dažreiz nākas arī pārvarēt vientulības sajūtu, ja attālinātā komunikācija ne vienmēr aizstāj sarunu klātienē draugu un kursabiedru bariņā [1. by Daina Ezertēva] [1.]

Divus gadus studijas notikušas attālināti un joprojām daļa no studiju kursiem notiek attālināti. Piemēram visi praktiskie darbi profesijai nepieciešamas prasmes tiek apgūtas klātienē, bet lekcijas/teorijas notiek tiešsaiste izmantojot Zoom vai MS Teams platformas.

Izvērtējot vienu studiju gadu var teikt, ka daži studenti tikuši galā ar studijām ļoti labi, bet vairāki studenti saskaršies ar studiju kursa apguves grūtībām.

Grūti bija tikt gala ar lekciju materiālu apjomu dažām lekcijām slaidu un informāciju apjoms bija ļoti liels. Bija daudz patstāvīgo darbu, kurus vajadzēja nodot īsā laika posmā.

Vislielākās problēmas bija ar to ka lekcijas netika vadītas tiešsaistē, bet uzdevumu veikšana un darbs ar lekciju materiāliem.

Pētījumi liecina, ka tiešsaistes mācīšanās palielina informācijas saglabāšanu un prasa mazāk laika, kas nozīmē, ka koronavīrusa izraisītās izmaiņas var saglabāties (Cathy Li, 2020).

Būtiski ir veikt pētījumu par Covid-19 laikmeta iegūto izglītības kvalitāti.

Tēmas aktualitāte

ASV Izglītības departamenta veiktais pētījums (2009) par studentu mācīšanos attālināti liecina, ka studenti, kas mācījušies tiešsaistē, vidēji guvuši labākus rezultātus nekā klātienē studenti. Labākie sasniegumi bija kursos, kuros tika izmantotas sadarbības metodes vai pasniedzējs sniedzis tiešus norādījumus. Vājāki rezultāti ir darbiem, kas veikti individuāli (Dalbiņa, 2020.).

Tēmas aktualitāte rosināja meklēt atbildi uz jautājumu, kā kvalitatīvi veicināt studiju kursa "Fizikālā ķīmija" apguvi attālināti?

Darba mērķis uzdevumi

Mērķis

izpētīt ar kādam grūtības saskaršies studenti, apgūstot studiju kursu "Fizikālā ķīmija" attālināti un izstrādāt priekšlikumus efektīvai šī kursa apguves veicināšanai attālināti.

Uzdevumi

1. Analizēt zinātnisko un metodisko literatūru par attālināto studiju procesu;
2. Anketēt studentus par attālinātā procesa norisi studiju kursā "Fizikālā ķīmija";
3. Analizēt un apkopot iegūtus datus;
4. Izstrādāt priekšlikumus studiju kursam "Fizikālā ķīmija", to efektīvā apguve attālinātajā studiju laikā.

Pētniecības metodes un bāze

Metodes

- Zinātniskās literatūras analīze
- Anketēšana

- Datu apkopošana un izvērtēšana

Bāze

Koledžas 15 studenti no 20 līdz 55 gadiem.

1. TEORĒTISKĀ DAĻA

Efektīvas e-mācības

Efektīvai e-mācību programmai no pasniedzējiem tiek sagaidīts atbilstošs atbalsts, lai viņi varētu izstrādāt e-mācību kursus, veidot studentu aktivitātes tā, lai e-mācības neietvertu tikai satura piegādi un vēl svarīgāk ir tas, ka pasniedzējiem jāiemācās atvieglot e-mācību vidi, kurai ir atšķirīgas iezīmes un izaicinājumi nekā mācībām tradicionālajā universitātes tālmācības vidē (Eyitayo un Ginnini, 2004).

E-mācības veidi

Ir divi galvenie e-mācības veidi:

- asinhronā
- sinhronā

Asinhronā e-mācība ļauj studentam piedalīties, pamatojoties uz laiku un grafiku, bez tiešas mijiedarbības ar pasniedzēju.

Sinhronā e-mācība ietver mijiedarbību ar pasniedzēju tīmeklī reāllaikā (Mehlenbacher B et al 2000) [3.].

Izglītības efektivitāte

Izglītības efektivitāte attiecas uz to, vai konkrēts resursu kopums pozitīvi ietekmē sniegumu, un ja, jā, tad cik lielā mērā.

Efektīva izglītība nav obligāti visefektīvākā, jo efektivitāti nevar tieši salīdzināt ar resursu izmantošanu vai izmaksām (The effectiveness of E-learning, n.d.).

Klātienē un tiešsaistes mācību efektivitāte

Pētījumi par klātienē un tiešsaistes mācībām apstiprina tās efektivitāti izglītības jomā.

Pielietojot e-mācības, studenti spēja asimilēt informāciju tikpat labi vai pat labāk nekā studenti, kas studē tradicionālā veidā, un ka tiešsaistes studijas izrādījās efektīvas, īpaši

kautrīgu, viegli iebiedējamu gadījumu gadījumā, un lēni studē studenti, kuriem parasti nav drosmes runāt un izteikties auditorijā (Coman et al, 2020).

E-apmācību efektivitātes elementi

Saskaņā ar Chickering un Gamson (1991) un Chickering un Ehrmann (1996), pozitīva tiešsaistes studiju vide ietver septiņus labas studiju prakses principus.

Tie ietver:

- studentu un mācībspēku kontaktu veicināšana;
- studentu sadarbības veicināšana;
- veicināt aktīvu studēšanu;
- sniegt tūlītēju atgriezenisko saiti;
- laika uzsvars uz uzdevumu;
- paust lielas cerības;
- cienīt dažādus talantus un studiju veidus [6.].

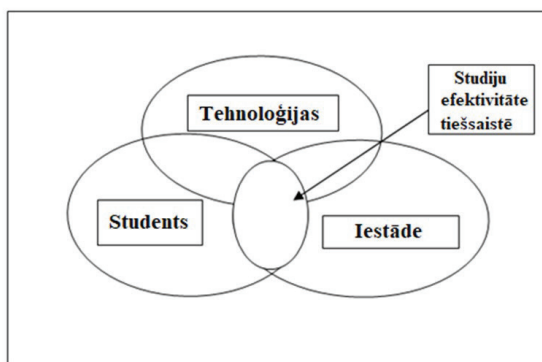
SunTze reiz teica: "Pazīsti savu ienaidnieku, kā pazīsti sevi."

Runājot par tiešsaistes studijām, "ienaidnieks" nav persona vai priekšmets, bet gan faktori, kas izraisa neveiksmes izglītībā. Panākumi tiešsaistes studijas rodas, apvienojot vismaz trīs būtiskus faktorus, proti, tehnoloģijas, iestādi (ieskaitot administrāciju un mācībspēkus) un studentus. Izprotot faktorus, kas veicina studijas tiešsaistē, studiju mērķi, visticamāk, tiks sasniegti (Werner, 2002.).

Iestāde - pedagogi, kuri zina kā:

- izmantot rīkus, lai uzlabotu mācīšanos;
- mijiedarboties ar studentiem;
- radīt ērtu mācību vidi;
- radoši tuvināt studentus un piesaistīt viņu uzmanību;
- iekļaut ikvienu studentu;
- izmantot tehnoloģijas (Coman et al, 2020).

Studiju vide tiešsaistē



1. attēls. Studiju vide tiešsaistē (Werner, 2002)

Izmantojot 1. attēlu, tiešsaistes studiju vide liek lielu uzsvāru uz šiem trim faktoriem. Neefektivitāte nevienā no šiem faktoriem nelabvēlīgi ietekmēs studiju sekmīgu norisi. Šo faktoru apvienošana ir liels izaicinājums iestādēm, kas vada tiešsaistes kursus (Jon M. Werner. 2002.) [7.].

34 faktori, kas ietekmē mācību efektivitāti (Noesgaard & Ørngreen, 2013)

E-mācīšanās risinājumi un process (artefakts)

Aktīva mācīšanās
Piemērojams praksei
Līdzsvars starp asinhronām un sinhronām darbībām
Kognitīvā slodze
Sadarbība
Komunikācija
Datora rotaļīgums
Dizains
Mācību sastatnes
Mijiedarbība (students - pasniedzējs un vienaudži)
Skolēnu kontrole
Modelēšana
Uz problēmām balsītas studijas
Prakse (gadījumu izpēte, uz gadījumiem balstīta mācīšanās un simulācijas)
Struktūra
Tehnoloģiskie ierobežojumi
Lietojamība

Individuālie (subjekts)

Vecums
Ieejas rādītāji
Pieredze profesijā
Valoda (otrā valoda)
Studenta īpašības
Kontroles kodols
Motivācija
Paredzamā darba slodze
Mācīšanās uztvere
Iepriekšēja pieredze e-apmācībā
Iepriekšējā apmācība
Iepriekšēja tiešsaistes pieredze

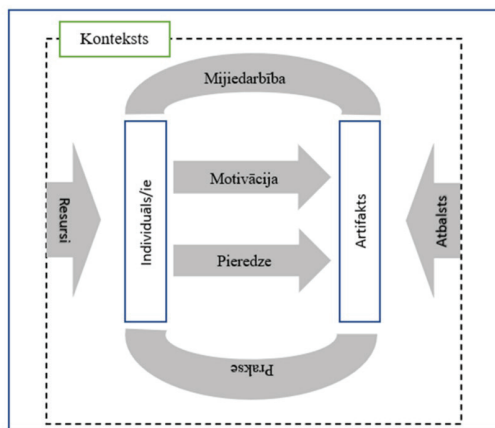
Konteksta inscenējums (konteksts + objekts)

Mācību vide
Atbalsts
Lietotājam pieejamie tehnoloģiskie resursi
Pieejamais laiks mācībām

Literatūras pētījumā apskatītie raksti skaidri nosaka prioritāti faktoriem, kas saistīti ar e-apmācības risinājumu un procesu, lai gan kontekstuālie faktori var būt kritiskāki e-apmācības efektivitātei (Noesgaard S. S. and Ørngreen R. 2013.) [8].

Galvenie faktori, kas ietekmē efektivitāti

Pēc autoru (Signe Schack Noesgaard and Rikke Ørngreen 2013.) domām šis modelis (skatīt 2. attēlu) parāda galveno efektivitāti ietekmējošo faktoru savstarpējo saistību, taču tas nevar pastāvēt atsevišķi, jo šajā abstrakcijā, tāpat kā daudzos literatūras pārskata dokumentos, nav ņemta vērā definīciju lielā dažādība. Tomēr tas ir labs līdzeklis, lai sāktu diskusijas par efektivitāti.



2. attēls. **Efektivitātes ietekmējošie faktori** (Noesgaard & Ørngreen, 2013)

Izpratne par faktoriem, kas tiek uzskatīti par izšķirošiem efektīvai e-apmācībai pieaugušo izglītības kontekstā, var ļaut studiju speciālistiem pārdomāt savas prioritātes attiecībā uz studiju dizainu. Modeļi un faktoru sarakstu var izmantot kā kontrolosarakstu un sākumpunktu, lai apspriestu, kā nodrošināt, lai tiktu ņemti vērā faktori, kas attiecas uz konkrētiem e-apmācības dalībniekiem, kontekstiem un risinājumiem (Signe Schack Noesgaard and Rikke Ørngreen 2013.).

Autori iesaka topošajiem pētniekiem un dizaineriem izstrādājot efektīvo e-apmācību, kritiski apsveriet noteiktās definīcijas, pasākumus un faktoros (Signe Schack Noesgaard and Rikke Ørngreen 2013.) [8.].

2. EMPĪRISKĀ DAĻA

Lai novērtētu attālinātā procesa norisi un to efektivitāti studiju kursā "Fizikālā ķīmija", veikts pētījums.

Pētījumā piedalījās izglītības iestādes 2 kursa studenti (kopā 11 respondenti).

Pētījuma laikā veikta studentu anketēšana un to izvērtēšana, lai izstrādātu priekšlikumus un veiktu uzlabojumus studiju kursam "Fizikālā ķīmija", to efektīvā apguve attālinātajā studiju laikā.

Pētījumā piedalījās izglītības iestādes 2 kursa studenti (kopā 15 respondenti).

Biotehnoloģijas studiju programmas studenti (grupā studē 9 studenti). Pārtikas produktu kvalitātes kontroles studenti (grupā studē 6 studenti). No 15 studentiem tika sniegtas atbildes no 11 studentiem.

Aptaujas rezultāti

Aptaujas rezultāti apkopoti 1. tabulā

1. tabula

Jautājums	Atbildes			
	Teorija	Prakse	50 % teorija 50 % prakse	
1. Tiešsaistes lekcijas laikā ("Fizikālā ķīmija") bija vairāk teorijas vai praktisko darbu?	4	1	6	
2. Kā Jūs varētu novērtēt tiešsaistes lekciju materiālu?	Labi	Izcili	Pietiekami	
	3	6	2	
3. Vai tiešsaistes kursu materiāls ir pietiekamā apjoma?	Nē	Jā	Neatšķiras no klātienēs	
	0	10	1	
4. Tiešsaistes kursā laikā "Fizikālā ķīmija" Jūs gribētu vairāk teorijas vai praktisku darbu?	Teorija		Prakse	
	5		6	
5. Vai Jūs gribētu, lai testi un uzdevumi būtu veidoti Moodle?	Jā	Nē	Nezinu	Vienalga
	3	6	1	1
6.* Kas būtu, tas ko vajadzētu uzlabot studiju kursā "Fizikālā ķīmija"?	1. Ar profesiju saistītus laboratorijas darbus; 2. Novērošanas laboratorijas darbus			
7. Kopš attālinātām mācībām, vai Jums ir pieejamas individuālās konsultācijas?	Jā	Nē	Nezinu	
	5	0	6	

1. tabulas turpinājums

Jautājums	Atbildes			
8. Kādas bija grūtības, ar kurām Jūs saskaraties tiešsaistē?	Tehniskas	Nebija	Zināšanu trūkums	Interneta
	4	2	3	2
9. Vai bija grūtības tiešsaistes lekcijā?	Reti	Nemaz	Nebieži	Nereti
	6	3	1	1
10. Ar kādām citām grūtībām Jūs saskaraties lekcijā?	Tehniskas	Nebija	Zināšanu trūkums	Interneta
	4	2	3	2
11. Vai Jūs vispār esat apmierināts ar tiešsaistes nodarbībām un attālināto studiju procesu?	Jā		Ne	
	11		0	
12. Ja Jums būtu izvēle, tad Jūs labāk studētu:	attālināti	50 % attālināti un 50 % klātienē		tikai klātienē
	3	6		2
13. Kāda platformā Jums notiek tiešsaistes lekcijas kopumā?	Zoom	Google	Skype	MS Teams
	7	1	1	2

Ar profesiju saistītie laboratorijas darbi – ir divas studiju grupas: 1. studiju grupa "Pārtikas produktu kvalitātes kontrole" un 2. studiju grupa "Biotehnoloģija". Līdz ar to turpmāk būtu jāveido praktiskie laboratorijas darbi, kurus varētu sasaistīt ar divām šīm profesijām. Jāievieš skaidrojumi, kur izvēlētajā profesijā varētu būt noderīga (arī lietota) konkrēta no studiju kursa "Fizikālā ķīmija" programmas tēma.

Novērošanas laboratorijas darbi – nozīmē, ka klātienē noris praktiskais laboratorijas darbs 1:1 un citi studenti tiešsaistē vēro šo laboratorijas darbu, vai arī jāuzfilmē praktisko laboratorijas darbu un tad šo video jānosūta studentiem kā uzdevuma variants (studenti piedāvā šo variantu, jo 2019./2020. mācību gadā strādāju ar studentiem un vidusskolēniem izmantojot variantu praktiskais laboratorijas darbs 1:1 un citi studenti tiešsaistē vēro tiešsaistē.).

Veicot aptauju atklājas ļoti svarīgs mīnuss attālinātajā studiju procesa organizēšana – kā lielāka daļa respondentu 54,5 % nezina vai ir vispār sniegtas individuālās konsultācijas. Rezultāta visi studenti, atkārtoti informēti par individuālo konsultācijas grafiku.

Docētājiem un lektoriem atkārtoti jāveic studentu informēšana par konsultāciju norisi attālinātajā studiju procesā.

Aptaujas 8. un 9. jautājums liecina, par to ka studentiem tiešsaistes nodarbībās ir tehniskas un interneta grūtības. Tas ir vispopulārākās attālināto mācību procesa problēmas. Šo problēmu var atrisināt daļēji pirms nodarbības pārbaudot tehnikas gatavību darbam (atjauninājumi, mikrofona pieslēgšana, skaņas, video pārbaude). Interneta problēmas novērst gandrīz nav iespējams, jo interneta stabilitāte un signāla stiprums ir atkarīgs no daudziem faktoriem.

Vēl ir jāatzīmē, ka studentiem ir zināšanu trūkums, kas traucē vielu/materiālu pilnīgai apgušanai. Nodarbības šīs problēmas tiek risinātas ar vairākiem skaidrojumiem un piemēriem. Dažreiz tiek ieteikta papildus literatūra, kas varētu palīdzēt.

Kopumā 11 no 15 studentiem (4 nesniedza atbildi) ir apmierināti ar studiju procesa norisi un ar tiešsaistes nodarbībām.

Nākotnē koledžai būtu jāpadomā par iespēju piedāvāt studijas 50 % attālināti un 50 % klātienē. Protams teorija varētu notikt un tiek vadīta tiešsaistē, bet praktiskiem darbiem ir jānotiek tikai klātienē!

SECINĀJUMI I

- vairāki institucionālie faktori ir atbildīgie par veiksmīgu e-mācību ieviešanu augstākajā izglītībā;
- pedagogu zināšanas un priekšstati par IT izmantošanu un interneta pieejamību ir vieni no kritiskajiem faktoriem efektīvām e-mācībām;
- e-mācības ir spēcīgs instruments, kas uzlabo izglītības kvalitāti un zināšanu apmaiņu;
- e-mācību struktūra – no tā cik labi strukturēta lekcija (kas nodrošina mijiedarbību starp lektoru un studentiem, sniedz iespēju praktizēt tiešsaistes materiālu, imitāciju vai reālās dzīves situācijas) veicina e-mācību efektivitāti;
- Attālinātas studijas ir IT integrācija studijās un studēšanā, dod iespēju studentiem studēt efektīvi, bet lektoriem, docētājiem ir jāveic savs darbs un jāpilda uzdevumi, lai studiju process noritētu efektīvi.

SECINĀJUMI II

1. Studiju kurs "Fizikālā ķīmija" neskatoties uz studentu slodzi e-mācībās noris diezgan efektīvi;
2. Studenti ir apmierināti ar lekciju apjomu, struktūru, studiju procesa organizēšanu;
3. Šajā aptaujā no studentiem nav atgriezeniskās saites par nepieciešamiem uzlabojumiem, kas būtu jāveic, lai studiju process noritētu vēl efektīvāk. Domāju, ka tas ir saistīts ar to ka studentiem ir lielā slodze un arī varbūt negrib, lai būtu veiktas izmaiņas, jo nevar prognozēt kādas būs izmaiņas un rezultāti.
4. Pētījums rāda, kā ir nepieciešamas individuālās konsultācijas, lai apgūtu lekciju materiālu.

PRIEKŠLIKUMI

1. Atstāt un lietot novērošanas laboratorijas darbus (Zoom platformā);
2. Ar profesiju saistītie laboratorijas darbi – savā studiju kursā sasaistīt laboratorijas darbus ar pārtiku un biotehnoloģiju;
3. Veikt izmaiņas studiju kursā "Fizikālā ķīmija", lai palielinātu laboratorijas darbu skaitu;
4. Strukturēt lekcijas pēc 9G vai 5E, jo tas palīdzēs novērst pētījumā atklātas problēmas un grūtības.
5. Informēt studentus par studiju procesa organizēšanu attālināti (lekciju, konsultāciju un praktisko darbu norisē);
6. Ar IT speciālistu ciešāk sadarboties lai novērstu tehniskās problēmas.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Cik efektīvi noris attālinātā mācīšanās dažādās pasaules valstīs? Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: Cik efektīvi noris attālinātā mācīšanās dažādās pasaules valstīs? | UNESCO Latvijas Nacionālā komisija
2. ATTĀLINĀTAS STUDIJAS VIA - ieteikumi, lai attālinātā studēšana būtu jēgpilna un efektīva by Daina Ezertēva – 2020. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: ViA e-mācības: ATTĀLINĀTAS STUDIJAS VIA - ieteikumi, lai attālinātā studēšana būtu jēgpilna un efektīva;

3. Factors for Effective E-learning Integration in Higher Education in Sub-Sahara Africa. Kassimu A. Nihuka, Institute of Continuing Education Open University of Tanzania. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: 110837-Article Text-333753-1-10-20150831 (3).pdf;
4. The effectiveness of E-learning in higher education institutions Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: THE EFFECTIVENESS OF E-LEARNING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS (googleusercontent.com);
5. Claudiu Coman, Laurențiu Gabriel Țiru, Luiza Meseșan-Schmitz, Carmen Stanciu and Maria Cristina Bularca (2020). Online Teaching and Learning in Higher Education during the Coronavirus Pandemic: Students' Perspective. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10367>;
6. Arthur W. Chickering and Zelda F. Gamson (2006). Seven Principles for Good Practice in Undergraduate Education. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: (PDF) Seven Principles of Good Practice in Undergraduate Education (researchgate.net);
7. Chee Meng Tham, Jon M. Werner (2002). Designing and Evaluating E-Learning in higher education: A Review and Recommendations. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: Designing and Evaluating E-Learning in Higher Education: A Review and Recommendations | Request PDF (researchgate.net);
8. Signe Schack Noesgaard and Rikke Ørngreen (2013). The Effectiveness of E-Learning: An Explorative and Integrative Review of the Definitions, Methodologies and Factors that Promote e-Learning Effectiveness. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1062121.pdf>.
9. The COVID-19 pandemic has changed education forever. This is how . Cathy Li, Head of Media, Entertainment and Sport Industries, World Economic Forum, Farah Lalani, Community Lead, Global Coalition for Digital Safety, World Economic Forum. Pieejams internetā [skatīts 30.10.2021.]: <https://www.weforum.org/agenda/2020/04/coronavirus-education-global-covid19-online-digital-learning/>

INFLUENCE OF PROCESSING AND OF PROCESSING AND EXTRACTION TECHNOLOGIES ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PECTIN OBTAINED FROM PUMPKIN (*Cucurbita moschata*) BY-PRODUCTS

Daiga Konrade, Institute of Technology of Organic Chemistry, Faculty of Materials Science and Applied Chemistry, Riga Technical University, P. Valdena str. 3, Riga, LV-1048, Latvia +371 29131746 (e mail: daiga.konrade@rtu.lv)

Abstract

Pumpkin (*Cucurbita* spp.) – a tropical fruit in the family Cucurbitaceae is widely grown worldwide – Northern Europe region, too. During pumpkin processing, for example, juice extraction, by-products – pumpkin pulp and peel remain, still containing antioxidant activities. Pumpkin by-products are source for pectin which has a unique chemical structure and physical properties. The plant source and extraction method are important factors determining pectin properties. Ultrasonic (US), microwave (MW), conventional hot water/acid (HW) and combined extractions (CE) (combined HW, MW and US treatment) were used to determine the most efficient pectin extraction method for obtaining highest yields.

Pectin yield (PY) calculated on a dry matter (DM) basis reached 3.8% – 16.2 % in pumpkin by-product samples. Extraction with hot water gave 5.4 – 6.2% PY, extraction with MW resulted 7.8% – 16.2% PY, US assisted extraction resulted 9.8 – 11.7% PY, CE resulted to PY 3.3% – 4.2%. High-methoxylated pectin (degree of esterification (DE) > 50%) was isolated from pumpkin by-products; galacturonic acid (GalA) content was 74.20 – 81.01%, methoxyl (ME) content was 7.67 – 9.55%, equivalent weight – 685 – 745 mg/mL, moisture content ≤ 10%, ash of extracted pectin ≤ 10%. The results demonstrate that extraction with hot water, microwaves and ultrasound also can be effectively used as environmentally friendly methods for isolation of high-methoxylated pectin from by-products in pumpkin processing and further used for food and cosmetics industries as thickener, gelling agent, cation-binding agent in innovative products.

Keywords *extraction, microwave, pectin, pumpkin by-products, ultrasound, waste*

Introduction

The food loss and reducing food waste is attracting an increasing focus on the part of society. Food waste in primary food production is about 9.1±1.5 MT, and 16.9±2.7 MT in processing [1]. During food primary production from vegetables by-products occur – peel, pomace, about 18 – 21% of the fruit is discarded in the form of peel or seeds, still rich in biologically active substances such as fibres, vitamins, carotenes, organic acids, micro and macronutrients that play an important role in human health; it has been found out that the concentration of bioactive compounds in by-products is higher than in the edible part of the fruit [2].

Pumpkin (*Cucurbita* spp.) by-products are promising sources of pectin, which can be further used in food as E440a (pectin) and E440b (amidedated pectin), cosmetics and non-food industries as thickener and gelling agent, cation-binding agent, as well as sources of antioxidants as polysaccharides from pumpkins have such chemical structure that provides anti-diabetic, immunomodulating, antitussive, astringent biological properties [3, 4].

Pectin is acid-rich polysaccharide from plant cell walls - multifunctional and versatile hydrocolloid [5–7].

The global pectin market was valued at USD about 887.67 million in 2020 and projected to reach growth of 7.27% during the period from 2021 to 2026.¹

Commercially pectin is extracted from citric fruits and apples, sugar beets, though several scientific reports have investigated pectin extraction from various plants: sunflower residues, lemon, passion fruit, pomegranate, melon peel, pistachio green hull, pomelo peel, cacao pod husks [5 – 12].

The composition and yield of pectin depend on the plant source, harvest time, extraction technique and conditions employed during pectin isolation and purification [13 – 15]. Research of different extraction methods and results of pectin yield have been studied: conventional heating in acid, enzymatic extraction, microwave, ultrasound, combined methods electromagnetic, autoclaving [14, 16 – 19].

Extraction of pectin with conventional method is performed with hot acidified water with inorganic (sulfuric, nitric, hydrochloric) or organic acids (tartaric, citric), (temperature above 60° C; pH range of 1.5 – 3; time for 0.5 – 6 h) [11]. Usage of these methods is considered to rise the degradation of obtained pectin and is considered as time consuming. Pectins, generally located in the middle lamella of the cell walls, can be easily extracted with water [12]. Therefore, the aim of research was to elaborate the most effective and environmentally friendly methods and materials for utilizing peel and flesh of pumpkin - waste products obtained in food processing.

Materials and Methods

Pumpkin's (*Cucurbita moshata*) by-products were used for extraction of pectin. By-products: peel and pomace after primary pre-treatment of making purees. For extraction of pectin's fresh (dry weight (DW) 11±2%) by-products were used and conventionally dried (50±2°C, 18 – 24 h, to constant moisture content 3 – 4%) by-products. After drying materials were grinded and sifted through 1.2 mm sieve, collected and kept in plastic bags in dark place +20°C±2°C.

Distilled water, ethanol – C₂H₅OH and citric acid – C₆H₈O₇ were used for extraction process.

The study of pectin from pumpkin (*Cucurbita moschata*) by-products with different extraction methods (MW – microwave, HW – hot water extraction; US – Ultrasound, CE – combined extraction methods) were evaluated to obtain the highest yield. All samples were prepared and analysed in triplicate (n=3).

Sample preparation

1. 20 g of dried pumpkin by-product sample was dissolved in a) distilled water (1:15, w/v), pH= 4 – 4.5 and b) with 0.1M citric acid (1:15w/v), pH values pH=2.2 – 2.7 respectively.
2. Pumpkin by-products (fresh) were dissolved in a) distilled water (1:6 (w/v), pH= 3 – 3.5 and b) with 0.1M citric acid (1:6(w/v), pH= 2 – 3.5).

Hot water extraction (HW)

Conventional hot water extraction was done according to Citric acid method (CA-HP) with some modifications [13].

The resulting solutions, prepared samples were heated at 80°C for 60 min, centrifuged (*Sigma 4-16KS*) at 7000 rpm for 30 min. Collected supernatants were treated with three volumes (v/v) of absolute ethanol at +4±1°C for 14 – 16h. The pectin precipitates were collected by re-centrifugation, and then were washed twice with 70% (v/v), 80% (v/v), and 90% (v/v) ethanol, respectively. Finally, the pectin was dispersed in distilled water and dried (DW≤ 9%).

Microwave (MW)

¹ <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/pectin-market> visited 28.10.2021

Microwave heating extraction is an alternative extraction technique, where electromagnetic radiation is involved in the microwave frequency range in the sample to rotate and produce energy in solvent [6]. The samples were treated in a microwave oven with constant temperature heating with power 1000 W (MW1), 800W (MW2) 600W (MW3) for 10 min.

Ultrasound extraction (US)

Ultrasound extraction was performed in ultrasonic processor *UP200S Hielscher Ultrasound Technology*.

The extraction was performed by continuous ultrasound waves at a frequency of 40 kHz temperature of US bath $t = +80^{\circ}\text{C}$; time – 30 min.

Combined extraction (US and HW; US and MW)

CE extractions were performed without citric acid addition, 20 min US, 20 min HW extraction [14, 21, 23, 24].

After MW, US and CE treatment samples were cooled to $+22\pm 2^{\circ}\text{C}$ and procedure was done as described for HW extraction.

Determination of pectin yield (PY)

The pectin yield was computed:

$$\text{PY (\%)} = \text{Weight of dried pectin (g)} / \text{Weight of pumpkin by-product (g)} * 100$$

Equivalent Weight

Pectin (0.5 g), ethanol (5 mL), sodium chloride (1.0 g), distilled water (100 mL), and few drops of phenol red indicator were dissolved and titrated against standard 0.1 M NaOH until the colour of indicator changed (pH 7.5) to pink and persisted for at least 30 seconds.

Equivalent weight = Weight of alkali (g)* 100 / Normality of alkali*Volume of alkali (mL) [16].

Ash content

Ash content in extracted pectin samples was determined according to AOAC 942.05 method [17].

Galacturonic acid (Gal A) content measurement

The Gal A content of pectin was determined by the *m-hydroxy diphenyl* method [13].

0.1 mg/mL extracted pectin sample solution (1 mL) and 0.0125 mol/L borax sulfuric acid solution (5 mL) were evenly blended and cooled. After that the mixture was placed at 80°C water bath for 6 min and cooled down to room temperature. Next, 0.15% (w/v) of *m-hydroxy biphenyl* solution (100 μL) was mixed with above mixture. Afterwards, the absorbance was measured at 530 nm after 20 min. D-(+) Gal A (*Sigma-Aldrich, Merc KGaA*) was used as a standard (0 – 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$).

Degree of esterification (DE)

The degree of esterification was determined using the titration method. 10 mL of extracted pectin sample solution (5 mg/mL) was mixed with phenolphthalein indicator (3–5 drops). The solution was titrated with NaOH (0.1 mol/L) until the colour of sample solution turned to pink and the dosage of NaOH solution was recorded (V1). Afterwards the mixture and 2 mL of NaOH solution (0.5 mol/L) were mixed uniformly and shaken vigorously for 15 min. Then the HCl solution (0.5 mol/L) was added when stirring until pink colour of indicator just disappeared. Then phenolphthalein indicator (3–5 drops) was added to the mixture and the solution was titrated with NaOH solution (0.1 mol/L) until the colour of sample solution turned to pink again. The dosage of NaOH solution was recorded (V2).

The calculation formula of DE value was as following:

$$\text{DE (\%)} = (V_2 / (V_1 + V_2)) * 100 \text{ [19, 27, 28].}$$

Methoxyl content

The neutral solution of equivalent weight determination was collected, treated with 25 mL of 0.25N NaOH solution, mixture was stirred at room temperature for 30 minutes, 25 mL of 0.25N HCl was added and the solution was titrated with 0.1N NaOH until the endpoint [20].

Methoxyl content = (Volume of alkali(mL)*Normality of alkali*3.1) / Weight of sample (g)

Galacturonic acid (Gala) content

Galacturonic acid content was ascertained in the light of carbazole-sulfuric acid colorimetric titration with some modifications.

1 mL of pectin solution was fully reacted with 5 mL concentrated sulfuric acid and hydrolysed for about 20 min in a water bath at 75°C. Afterwards, alcohol-based carbazole solution (200 µL, 0.15 %, w/v) was added to the cooled reaction mixture and it was left to colour in a dark environment for about 2 h. The absorbance was recorded at 530 nm. The GlaA content was calculated by a standard curve of D-(+)-Galacturonic acid (0 – 200 µg/mL) [21].

Results and Discussion

The yield of pectin

The yield of pectin (PY) in samples (Fig.1) from fresh by-products varied from 3.8 % to 16.2 % depending on extraction type – the highest yield was obtained with using MW (1000 W), pectin yield in samples from dried pumpkin by-products was 3.3% – 14.8 %, the most effective method for extraction was MW – 14.8 % followed by extraction with US – 9.8 % for fresh by-products and 11.7 % for dried by-products. Studies of pectin extraction from sisal waste with ultrasound extraction showed that the optimal conditions are: ultrasonic power of 61 W; temperature of 50 ° C; time of 26 min and solid/ liquid ratio of 1:28 g / ml, increase in the yield with the increase of ultrasonic power (up to 65 W) was observed and then decreased [7]. The highest yield of pectin (PY=7.1 %) with MW from unutilised pumpkin after seed collection for oil extraction was observed at t = 102.2° C, T = 10 min [22]. The increase in the pectin yield was a result of microwave heating, though the time and energy should be controlled to avoid the burning or overheating of the materials [9]. Pectin’s yield with MW from pumpkin cup and skin increased (to 24.21 % in pumpkin skin) by increasing the temperature to 90°C and by increasing the extraction time to 30 minutes, though the microwave energy was very low (20 W). Microwave heating over conventional systems have advantages: a rapid energy transfer, selective heating, faster throughputs, fast on and off switching, clean environment at the point of use and compact equipment [22]. Therefore, the extraction by MW power > 800W resulted in higher PY. Microwaves generate an internal heating of the sample that leads to a better material disruption and a higher diffusion of components out [9].

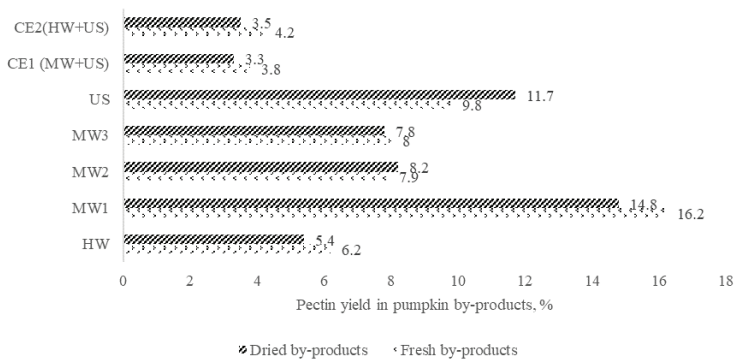


Fig.1 Pectin yield (PY) from pumpkin by-products obtained using different extraction methods MW1 – MW3- microwave assisted extractions; HW- hot water assisted extraction; US- ultrasound assisted extraction; CE1-extraction (MW+ US); CE2 (HW+US); data are presented as mean values (n=3)

Moisture content of pectin from pumpkin by-products varied from 5.17 % to 8.64 %. Commercially produced pectin from apple has moisture content $\leq 10\%$, therefore it can be considered that the moisture content in extracted pectin doesn't enhance the growth of micro-organisms and production of pectinase enzymes and cannot further affect the pectin quality [23].

Ash content

Ash content (Table 1) in extracted pectin samples ranged from $1.42\pm 0.06\%$ to $3.22\pm 0.21\%$, pectin from apple Sigma-Aldrich CAS Nr. 9000-69-5 (residue $\leq 7\%$). For good quality gel formation from pectin the maximum limit for ash content is 10%. There is a strong negative correlation ($r=-0.8$; $r=-0.89$) between pectin yield and ash content in samples; ash content increases while PY decreases. The ash content in research indicated the purity of pectin from pumpkin by-products.

Table1

Properties of pectin obtained from pumpkin by-products

	Pectin from dried pumpkin by-products					Pectin from fresh pumpkin by-products				
	MW	HW	US	CE1	CE2	MW	HW	US	CE1	CE2
Moisture content, %	5.2±0.1	6.0±0.1	6.4±0.1	7.4±0.2	6.2±0.1	8.4±0.2	7.2±0.2	6.5±0.1	7.2±0.1	8.6±0.2
Ash, %	2.11±0.24	3.22±0.21	2.14±0.08	2.88±0.14	2.65±0.18	1.72±0.08	1.94±0.05	1.42±0.06	2.24±0.08	2.68±0.02
Methoxyl content, %	8.58±0.05	9.55±0.05	7.82±0.02	8.44±0.05	8.42±0.02	8.34±0.04	9.25±0.04	7.67±0.03	8.05±0.02	9.22±0.07

MW - microwave assisted extraction; HW - hot water assisted extraction; US - ultrasound assisted extraction; CE1 – combined extraction (MW+ US); CE2 – combined extraction (HW+US); Mean \pm SD; the data are presented as mean values (n=3)

Methoxyl content

The methoxyl content (Table1) is an important factor in controlling the setting time of pectin's and the ability of the pectin to form gels[2]. Methoxy content in pumpkin by-product pectin samples ranged from 7.67% to 9.55%, the higher content in samples prepared using hot water/ acid (HW) extraction, while lower in samples obtained by US extraction.

Degree of esterification and Galacturonic acid content

Degree of esterification (DE) (Fig. 2) varied from 69.81 % to 74.60 %. It can be classified as of high degree of esterification (DE), for commercial Apple pectin DE is 50 – 75%, extracted pectin from pumpkin by-products with combined extractions without citric acid showed lower DE. The esterification degree of pectin could also affect the viscosity of pectin solutions in further usage [24].

Pectin is a complex polysaccharide containing multiple different monosaccharide residues but particularly rich in galacturonic acid (GalA), the amount of galacturonic acid residues in pectin is an important parameter in the quantitative and structural analysis[2]. The content of GalA in pectin from pumpkin by-product samples ranged from 76.20% to 81.09%, comparing with commercial pectin from apples ~50%. Sedigheh (2021) found the amount of galacturonic acid in pumpkin skin and cap 38.04% and 46.6% [25]. Low value of GalA means that the extracted pectin might have a high amount of protein, therefore can be predicted that pectin from pumpkin by-products has low content of protein[26].

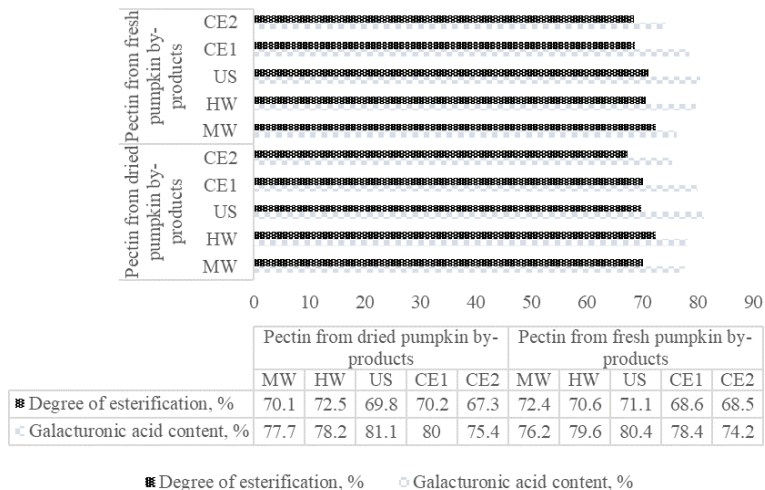


Fig.2 Degree of esterification and Galacturonic acid content in pectin samples obtained from pumpkin by-products

MW - microwave assisted extraction; HW - hot water assisted extraction; US - ultrasound assisted extraction; CE1 - combined extraction (MW + US); CE2 - combined extraction (HW + US); the data are presented as mean values (n=3)

Equivalent weight

Equivalent weight (Fig. 3) in extracted pectin samples ranged from 635 ± 45 to 745 ± 87 , compared with apple pectin (833 to 1666.30), lemon pomace pectin from 368 ± 3 to 1632 ± 137 , it is lower [3, 35]. The increased or decreased equivalent weight probably might depend from the amount of free acids, the lower equivalent weight could be of partial degradation of pectin [15].

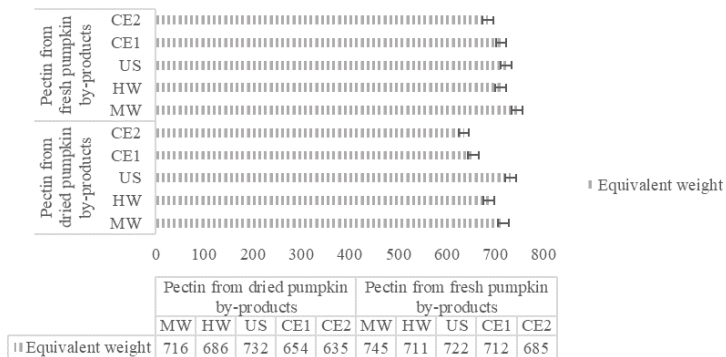


Fig. 3 Equivalent weight of pectin from pumpkin by-products

MW - microwave assisted extraction; HW - hot water assisted extraction; US - ultrasound assisted extraction; CE1 – combined extraction (MW+ US); CE2 - combined extraction (HW+US); the data are presented as mean values (n=3)

Conclusions

The reduce of waste products in food primary production from pumpkins (*Cucurbita spp.*) can be solved by promoting value added products. Pumpkin by-products are good source of pectin with high degree of esterification, low ash content and can be further used as gelling or binding agent in food industry. Ultrasound assisted and microwave extractions could be used as an alternative method to extract pectin from pumpkin by-products with the advantages of lower extraction temperatures, shorter extraction time, reduce of energy consumption and without application of acids for extraction.

Acknowledgment

This work has been supported by the European Regional Development Fund within the Activity 1.1.1.2 “Post-doctoral Research Aid” of the Specific Aid Objective 1.1.1 “To increase the research and innovative capacity of scientific institutions of Latvia and the ability to attract external financing, investing in human resources and infrastructure” of the Operational Programme “Growth and Employment” (No.1.1.1.2/VIAA/4/20/656).

References

- [1] Å. Stenmark, C. Jensen, T. Quedsted, and G. Moates, *Estimates of European food waste levels*. 2016.
- [2] P. L. Bush, *Pectin: Chemical Properties, Uses and Health Benefits*. New York: Nova Science Publishers, Inc, 2014.
- [3] R. Simpson and G. A. Morris, “The anti-diabetic potential of polysaccharides extracted from members of the cucurbit family : A review,” *Bioact. Carbohydrates Diet. Fibre*, vol. 3, no. 2, pp. 106–114, 2014, doi: 10.1016/j.bcdf.2014.03.003.
- [4] C. Gamonpilas, C. Buathongjan, T. Kirdsawasd, M. Rattanaprasert, and M. Klomtun, “Food Hydrocolloids Pomelo pectin and fiber : Some perspectives and applications in food industry,” *Food Hydrocoll.*, vol. 120, no. May, p. 106981, 2021, doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.106981.
- [5] Y. Wandee, D. Uttapap, P. Mischnick, and V. Rungsardthong, “Production of pectic - oligosaccharides from pomelo peel pectin by oxidative degradation with hydrogen peroxide,” *Food Chem.*, p. 129078, 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129078.
- [6] T. Anh, T. Dao, H. K. Webb, and F. Malherbe, “Food Hydrocolloids Optimization of pectin extraction from fruit peels by response surface method : Conventional versus microwave-assisted heating,” *Food Hydrocoll.*, vol. 113, no. November 2020, p. 106475, 2021, doi: 10.1016/j.foodhyd.2020.106475.
- [7] J. P. Maran and B. Priya, “Ultrasound-assisted extraction of pectin from sisal waste,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 115, pp. 732–738, 2015, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.07.058.
- [8] Y. Zouambia, K. Y. Ettoumi, M. Krea, and N. Moulai-mostefa, “ORIGINAL ARTICLE A new approach for pectin extraction : Electromagnetic induction heating,” *Arab. J. Chem.*, vol. 10, no. 4, pp. 480–487, 2017, doi: 10.1016/j.arabjc.2014.11.011.
- [9] M. Kratchanova, E. Pavlova, and I. Panchev, “The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin,” vol. 56, pp. 181–185, 2004, doi: 10.1016/j.carbpol.2004.01.009.
- [10] S. George *et al.*, “Pectin modifications and the role of pectin-degrading enzymes during postharvest softening of Jonagold apples,” *FOOD Chem.*, vol. 158, pp. 283–291, 2014, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.138.
- [11] B. B. Koubala *et al.*, “Physicochemical properties of pectins from ambarella peels

- (*Spondias cytherea*) obtained using different extraction conditions,” *Food chemistry*, vol. v. 106 issue 3. 2008.
- [12] E. Taboada *et al.*, “Isolation and characterisation of pectic substances from murta (*Ugni molinae* Turcz.) fruits,” *Food Chem.*, vol. 123, no. 3, pp. 669–678, 2010, doi: 10.1016/j.foodchem.2010.05.030.
- [13] D. Sun, X. Chen, and C. Zhu, “International Journal of Biological Macromolecules Physicochemical properties and antioxidant activity of pectin from hawthorn wine pomace : A comparison of different extraction methods,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 158, pp. 1239–1247, 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.052.
- [14] S. K. Sharma, S. Bansal, M. Mangal, A. K. Dixit, R. K. Gupta, and A. K. Mangal, “Utilization of food processing by-products as dietary, functional, and novel fiber: A review,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 56, no. 10, pp. 1647–1661, 2015, doi: 10.1080/10408398.2013.794327.
- [15] J. Yang, T. Mu, and M. Ma, “Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp,” *Food Chem.*, vol. 244, no. September 2017, pp. 197–205, 2018, doi: 10.1016/j.foodchem.2017.10.059.
- [16] B. S. Virk and D. S. Sogi, “Extraction and Characterization of Pectin from Apple (*Malus Pumila* . Cv Amri) Peel Waste,” vol. 2912, 2007, doi: 10.1081/JFP-200033095.
- [17] N. Thiex, L. Novotny, and A. Crawford, “Determination of Ash in Animal Feed: AOAC Official Method 942.05 Revisited,” *J. AOAC Int.*, vol. 95, no. 5, pp. 1392–1397, Sep. 2012, doi: 10.5740/jaoacint.12-129.
- [18] Y. Xu *et al.*, “Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars,” 2015.
- [19] M. Yu, Y. Xia, M. Zhou, Y. Guo, J. Zheng, and Y. Zhang, “Effects of different extraction methods on structural and physicochemical properties of pectins from finger citron pomace,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 258, no. October 2020, p. 117662, 2021, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.117662.
- [20] S. A. Bhat and E. Singh, “Extraction And Characterization of Pectin From Guava Fruit Peel.,” 2014.
- [21] P. Rodsamran and R. Sothornvit, “Microwave heating extraction of pectin from lime peel : Characterization and properties compared with the conventional heating method,” *Food Chem.*, vol. 278, no. October 2018, pp. 364–372, 2019, doi: 10.1016/j.foodchem.2018.11.067.
- [22] Z. Ko, M. Aguedo, and Z. Hromádková, “Chemical Engineering and Processing : Process Intensi fication Microwave-assisted extraction of pectin from unutilized pumpkin biomass,” vol. 102, pp. 9–15, 2016, doi: 10.1016/j.cep.2015.12.009.
- [23] A. Dhiman, P. Ramachandran, and S. Attri, “Extraction of Pectin from Ripe Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch ex. Poir) Using Eco-Friendly Technique,” Dec. 2017
- [24] S. Yoo *et al.*, “Structural Characteristics of Pumpkin Pectin Extracted by Microwave Heating,” vol. 77, no. 11, pp. 1169–1173, 2012, doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02960.x.
- [25] S. Yazdanpanah and Manochehr Yazdanpanah, “Extraction of pectin from skin and cap of pumpkin by microwave,” *J. Food Res.*, vol. 31, no. 1, pp. 177–190, 2021, doi: 10.22034/fr.2021.39051.1727.
- [26] A. K. M. Azad, M. A. Ali, M. S. Akter, J. Rahman, and M. Ahmed, “Isolation and Characterization of Pectin Extracted from Lemon Pomace during Isolation and characterization of pectin extracted from lemon pomace during ripening,” no. March, 2014, doi: 10.11648/j.jfns.20140202.12.

SACCHAROMYCES CEREVISIAE AUGŠANAS UN VAIROŠANĀS (INOKULĀCIJAS) PROCESA IZPĒTE

ANALYSIS OF GROWTH AND PROPAGATION PROCESS (INOCULATION) OF SACCHAROMYCES CEREVISIAE

Jeļena Pisarjonoka

Saccharomyces cerevisiae, augšana, inokulācija, avots

Literatūras apraksts

Saccharomyces cerevisiae (turpmāk *Sacch.cerevisiae*) ir vienšūnas mikroorganisms, kas pieder pie mikroskopiskajām sēnēm. Rauga šūnu pirmo reizi aprakstīja Antonijs fon Lēvenhuks, skat. 1.attēlu.



1.att. Antonija van Lēvenhuka (1632–1723) portrets¹

Raugu šūnas var būt apaļas, ovālas, dažreiz iegarenas vai sfēriskas, taisnstūrveida (no hanteļu formas līdz pat trīstūrveida formai). Tās ir lielākas par baktērijām, vairojas pumpurojoties, bet nelabvēlīgos vairošanās apstākļos vairojas arī ar sporām (Stewart, 2014).

Rauga izmērs svārstās no 2 līdz 8 μm diametrā un 3 līdz 15 μm garumā. Dažreiz tie var izaugt līdz pat 40 μm. Šūnas ir bezkrāsainas, bet kolonijas izskatās baltas, krēmkrāsā vai gaiši brūnas. Šūnas satur protoplastu, ko ieskauj noteikts šūnapvalks. Raugs satur arī citoplazmas membrānu vai plazmas membrānu šūnas, sienas iekšējā pusē. Šī plazmas membrāna ieskauj citoplazmu un kodolu, skat. 2. attēlu.

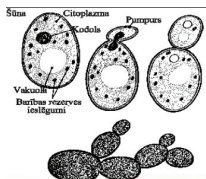
Dažādos literatūras avotos aprakstīto *Saccharomyces* ģints sugu kopskaits pārsniedz 200. Daudzas no tām vairs nav saglabājušās tīrkultūrās, dažas vispār nekad nav izolētas tīrkultūrās.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Antonie_van_Leeuwenhoek, skatīts 15.09.2022

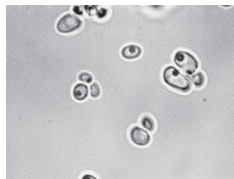
Klase – *Saccharomycetes*

Ģints – *Saccharomyces*

Dzimta – *Saccharomycataceae*



2. att. Rauga šūna²



3. att. Šūna mikroskopā³

Sacch. cerevisiae ar saviem fermentiem ierosina spirta rūgšanu un pārraudzē cukurus etilspirtā un ogļskābajā gāzē. Šo īpašību dēļ raugu sugas – *Sacch. cerevisiae* - kultūras ļoti sen lieto spirta un pārtikas rūpniecībā. Tās pašas sugas dabas raugi atrodami augsnē un vairojas uz saldiemi augļiem un ziedu nektāra (Stewart, 2014).

Sacch. cerevisiae ir plaši pazīstams ar savu lomu pārtikas biotehnoloģijas ražošanā. Tā ir izšķiroša sastāvdaļa fermentācijas procesā, kas pārvērš cukuru spirtā, kas ir alus, vīna un destilēto dzērienu sastāvdaļa. To izmanto arī cepšanas procesā kā bioloģisko irdinātāju.

Sacch. cerevisiae ir fakultatīvs anaerobs, jo tas spēj augt skābekļa deficīta apstākļos. Šā vides stāvokļa laikā glikoze tiek pārveidota par dažādiem starpproduktiem, piemēram, etanolu, CO₂ un glicerīnu.

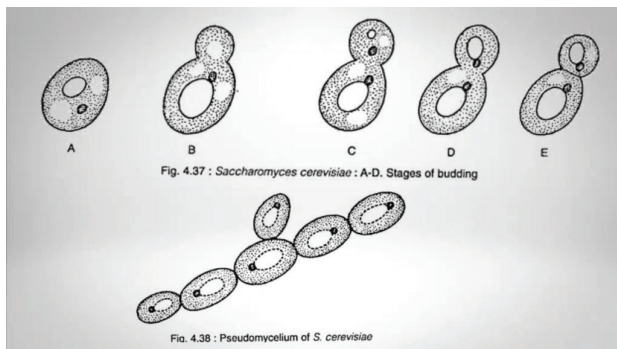
Sacch. cerevisiae augšanai un attīstībai nav nepieciešama saules gaisma, tie izmanto organiskos savienojumus kā enerģijas avotu. Lielākoties kā oglekļa avotus izmanto monosaharīdus jeb cukurus, kā arī var izmantot disaharīdus, kā, piemēram, saharozi un maltozi.

Visi raugi, kas pārraudzē glikozi spēj arī pārraudzēt fruktozi un mannozi. *Sacch. cerevisiae* šķidrās barotnēs pārraudzē glikozi, fruktozi, saharozi, 1/3 rafinozes, maltozi un vienkāršos dekstrīnus [3].

Sacch. cerevisiae vairojas pēc pumpurošanās metodes, tas nozīmē, ka uz mātes šūnas virsmas veidojas pumpurs jeb izaugums. Vairošanās procesā pumpurs sāk palielināties un tad sāk pakāpeniski atdalīties. Šī procesa laikā sākas mitohondriju un vienas meitas kodola migrācija no mātes šūnas uz pumpuru. Starp pumpuru un mātes šūnu veidojas šķērstarpsiena, kā rezultātā pumpurs atdalās no mātes šūnas. Līdz ar to atdalītais pumpurs izveido jaunu meitas šūnu. Atdaloties, pumpurs atstāj pumpuru rētu. Bieži vien pumpuri netiek atdalīti no mātes šūnas, tāpēc tie veido vairāk pumpuru, kā rezultātā veidojas sazarotas vai nesazarotas ķēdes, kas izskatās kā īsa hifa, skat. 4. attēlā.

² <https://microbiologynote.com/saccharomyces-life-cycle-morphology-economic-importance/>, skatīts 15.09.2022

³ <https://wineserver.ucdavis.edu/industry-info/enology/wine-microbiology/yeast-mold/saccharomyces-cerevisiae>, skatīts 15.09.2022



4.att. *Saccharomyces cerevisiae* pumpurošanās process²

Laboratorijā un pētījumos raugu šūnu skaitu noteikšanai var izmantot gan kvalitatīvo, gan kvantitatīvo metodi. Kvalitatīvā metodē izmanto spektrofotometru, mērot optiskā blīvuma izmaiņas, kā rezultātā ir iespējams izveidot grafiski rauga augšanas līkni un salīdzināt ar teorētisko mikroorganismu augšanas līkni. Pielietojot kvalitatīvo, raugu šūnu skaitu var noteikt mikroskopējot, izolējot un nosakot koloniju veidojošo vienību skaitu uz agarizētām vai šķidrajām barotnēm.

Pētījuma **mērķis** izpētīt *Saccharomyces cerevisia* augšanas procesu šķidrajās barotnēs, mainot galveno oglekļa komponentu.

Izvirzītie darba uzdevumi:

1. Pagatavot un sterilizēt šķidro barotni;
2. Pagatavot starta kultūru;
3. Pagatavot (inokulatu) un kultivēt 30 °C temperatūrā;
4. Noteikt, noteiktajā laika intervālā, šūnu masu pēc spektrofotometriskās metodes pie viļņu garuma – 620 nm;
5. Mikroskopēt sākuma, vidus un beigu *Saccharomyces cerevisiae* šūnas šķidrajā barotnē;
6. Pamatojoties uz iegūtajiem datiem, konstruēt augšanas līkni un identificēt augšanas fāzes;
7. Izvērtēt iegūtos datus, nosakot pie kura oglekļa avota notiek intensīvāka *Saccharomyces cerevisia* augšana.

EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

Reaģenti, palīgīdzekļi un iekārtas:

- Barotnes komponentes (rauga ekstrakts, peptons, glikoze, fruktoze un saharoze)
- Attīrīts/destilēts ūdens
- Pārtikas raugs (maizes, sausais raugs) – *Saccharomyces cerevisiae*
- pH metrs
- Magnētiskais maisītājs ar ampulu
- Laboratorijas svāri ar precizitāti ±0,01 g

- Koniskā kolba, V = 300 mL
- Svēršanas lāpstiņas
- Mērcilindrs, V = 100 mL
- Vates aizbāžņi
- Autoklavēšanas papīrs un gumijas
- UV laminārs
- Automātiskā pipete, 1 mL
- Spirta lampa
- 1 mol/L HCl šķīdums (pH korekcijai)
- Sterilizācijas indikatorlente
- Vertikālais autoklāvs
- UV/VIS Spektrofotometrs ar kivetu
- Inkubators-kraftītājs
- Mikroskops
- Priekšmetstikliņi
- Pastera pipetes un mēģenes (paraugu ņemšanai)
- Sterilizācijai – 70 % etilspirta šķīdums

Šķidro barotņu pagatavošana:

- Pagatavo barotnes uz 150 mL, *Saccharomyces cerevisiae* inokulācijai, pēc 1. tabulas dotās informācijas.

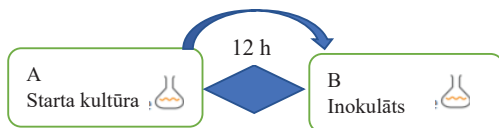
1. tabula

Saccharomyces cerevisiae barotnes komponentes

Veids	Kompleksā		
Nosaukums	YPD (rauga ekstrakta-peptona-glikozes barotne)		
Komponenti	1,5 g rauga ekstrakta 3 g peptons 3 g glikoze	1,5 g rauga ekstrakta 3 g peptons 3 g fruktoze	1,5 g rauga ekstrakta 3 g peptons 3 g saharoze
C avots	Glikoze	Fruktoze	Saharoze
pH	5,5	5,5	5,5

- Izmēra šķidro barotņu pH, pēc nepieciešamības koriģē pH ar 1 mol/L HCl.
- Sterilizē pagatavotās barotnes autoklāvā pie 121^oC temperatūras 15 minūtes.

Starta kultūras pagatavošana (aseptiskos apstākļos):



- Pagatavo 10 mL YPD barotni un sagatavo sterilizācijai, 121^oC 15 minūtes.
- Pagatavo starta kultūru pēc zemāk norādītās informācijas (aseptiskos apstākļos UV laminārā).

- Ievieto starta kultūru inkubatorā-kratītājā uz 12 stundām 30 °C temperatūrā.

 Organisms

Nosaukums	A starta kultūra
Apraksts	<i>Sacch.cerevisiae</i> inokulāts audzēts inkubatorā-kratītājā
Organisms	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (maizes raugs)
Izcelsme	No lielveikala (sausais raugs) ievieto 0,02 g barotnē.
Inokulācijas tilpums	10 mL YPD barotnes 100 mL koniskajā kolbā

 Kultivēšanas parametri

Apgriezienu skaits	300 apgr./min
Temperatūra	30 °C
Laiks	min. 12 h

Inokulāta pagatavošana (aseptiskos apstākļos):

- UV laminārā pārnēs 10 mL starta kultūras, aseptiskos apstākļos, 150 mL šķidrajās barotnēs.
- Paņem suspensijas daudzumu (apmēram 3 – 5 mL) no inokulāta, ievērojot aseptiku, uz mikroskopisko analīzi un optiskā blīvuma noteikšanu, 0 stunda.
- Pagatavoto inokulātu ievieto inkubatorā-kratītājā 30 °C temperatūrā uz 72 stundām.

 Organisms

Nosaukums	B inokulats (sējmateriāla kultivēšana)
Apraksts	<i>S.cerevisiae</i> inokulāts audzēts inkubatorā-kratītājā, lai iegūtu inokulātu
Organisms	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (maizes raugs)
Izcelsme	10 mL no A kultūras (starta kultūra)
Inokulācijas tilpums	5 mL A kultūras pārnest svaigā, sterilā 150 mL YPD barotnē
Biomasa iznākums	6-8 g/L

 Kultivēšanas parametri

Apgriezienu skaits	300 apgr./min
Temperatūra	30 °C
Laiks	72 h

- *Saccharomyces cerevisia* inokulācijas procesa laikā noņem paraugus noteiktajā laika posmā, optiskā blīvuma noteikšanai.

Rezultāti un to izvērtējums

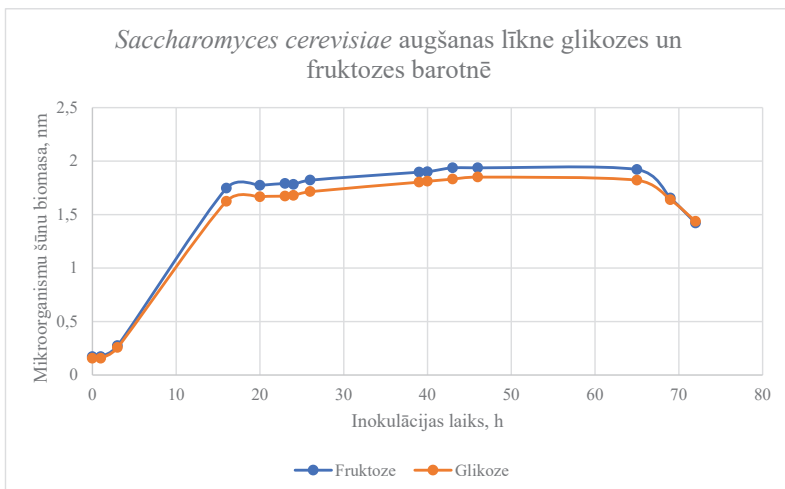
Analizējot *Saccharomyces cerevisiae* inokulācijas procesa norisi 72 stundu laikā, tika iegūti pamatdati pie viļņu garuma 620 nm (šūnu biomasa) un 540 nm (glikozes saturs), skat. 2. tabulu.

2. tabula

Saccharomyces cerevisiae optiskā blīvuma dati 72 stundu laikā

Inokulācijas laiks, h	Viļņu garums, nm		
	540 nm	620 nm	620 nm
0	0,2758	0,1713	0,1560
1	0,2759	0,1714	0,1565
3	0,3880	0,2740	0,2566
16	1,9109	1,7464	1,6239
20	1,9388	1,7734	1,6661
23	2,0675	1,7906	1,6728
24	1,9457	1,7822	1,6791
26	1,9845	1,8218	1,7145
39	2,0498	1,8965	1,8032
40	2,0526	1,9000	1,8113
43	2,2166	1,9372	1,8317
46	2,0899	1,9370	1,8504
65	2,0741	1,9208	1,8211
69	1,8025	1,6545	1,6387
72	1,1344	1,4208	1,4361
Galvenais C avots		Fruktoze	Glikoze

Galvenais uzdevums bija izpētīt pie kura oglekļa avota rauga augšana un attīstība ir labāka, līdz ar to šūnu biomasas dati tika apkopoti grafiskā veidā, skat. 5. attēlu.

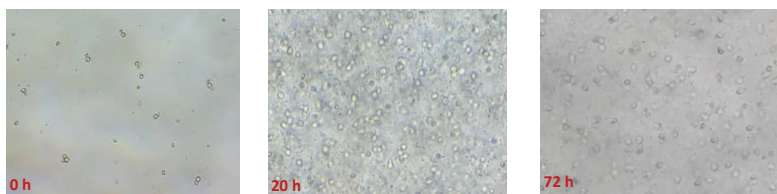


5. att. *Saccharomyces cerevisiae* augšanas un attīstības likne

Pēc grafika datiem var secināt, ka *Saccharomyces cerevisiae* attīstība ir labāka pie C avota – fruktozes, kas arī apstiprinās teorētiski, jo rags labāk patērē augļu cukuru – fruktozi.

No 0 – 1 stundai, pēc grafika datiem, var secināt, ka ir lag fāze, kad raugs sintēzē konkrētajā barotnē fermentus un šajā laikā nenotiek šūnu augšana. Log fāze jeb eksponenciālā fāze noritēja no 3 – 16 stundai, šajā laikā rauga šūnu ātrums pakāpeniski palielinājās un šūnas auga ar patstāvīgu ātrumu. Sākot no 16 stundas līdz 65 stundai iestājas stacionārā fāze, kurā šūnas vairs neaug (augšana apstājas) un tad iestājas atmiršanas fāze, jo barotnē vairs nav barības vielas un raugu šūnu aktivitāte apstājas.

Inokulācijas procesa laikā tika veikta arī šūnu mikroskopēšana 0 stundā, 20 stundā un 72 stundā, skat. 6. attēlu, lai izpētītu rauga šūnu skaitu un sekot līdzi, lai *Saccharomyces cerevisiae* augšanas un attīstības procesa laikā, paraugu ņemšanas procesā, nenotiktu inficēšanās ar citu mikroorganismu kultūru.



6. att. *Saccharomyces cerevisiae* mikroskopēšanas dati 72 stundu laikā (C avots – fruktoze)

Secinājumi

1. Tika identificētas *Saccharomyces cerevisiae* augšanas fāzes, pamatojoties uz grafika datiem.

2. Lag fāze noritēja no 0 stundas līdz 1 stundai, log fāze noritēja no 3 stundas līdz 16 stundai, stacionārā fāze noritēja no 16 stundas līdz 65 stundai, sākot no 65 stundas rauga šūnas zaudēja savu aktivitāti un iestājās atmiršanas fāze.
3. *Saccharomyces cerevisiae* augšana un attīstība norit labāk barotnē, kurā galvenais oglekļa avots ir fruktoze.
4. Atmiršanas fāze fruktozes un glikozes barotnē iestājas praktiski vienlaicīgi, 69 stundā.
5. Precīzāku rezultātu iegūšanai vēlams veikt inokulācijas procesu bioreaktorā skābekļa klātbūtnē.

Literatūra

1. Bast, E. Mikrobiologische Methoden. – Berlin: Spectrum Akademischer Verlag, 2001. – 431 ff
2. Zariņš, P. Mikrobioloģijas praktikums. – Rīga: Zvaigzne, 1973. - 180.lpp.
3. https://medicine.lv/raksti/raugi_pme, skatīts 19.09.2022
4. <https://www.sciencedirect.com/topics/neuroscience/saccharomyces-cerevisiae>, skatīts 15.09.2022

RECYCLED POLYPROPYLENE BASED BLENDS WITH ETHYLENE-OCTENE COPOLYMER AND NANOCOMPOSITES WITH ZINC OXIDE

A.Kokins¹, I.Bochkov¹, J.Zicans¹, R.Merijs Meri¹, T.Ivanova¹, J.Grabis², T.Reznika³

1: Institute of Polymer Materials, Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Riga Technical University, Latvia

2: Institute of Inorganic Chemistry, Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Riga Technical University, Latvia

3: Riga Technical University Technology College of Olaine, Latvia

Post-consumer polymer, nanocomposite, mechanical and thermal properties

I. INTRODUCTION

Amount of solid waste is known to increase in global level. When looking forward, global waste is expected to grow to 3.40 billion tonnes by 2050, more than double population growth over the same period. Overall, there is a positive correlation between waste generation and income level. Worldwide, waste generated per person per day averages 0.74 kilogram. It is estimated that 1% increase in national income creates a 0.69% increase in municipal solid waste amount [1], clearly demonstrating that great attention should be paid to effective waste management. An important part of effective waste management system is well developed collection system of end-of-life products. 60% of plastic products and parts have a use phase between 1 and 50 years, or even more. Nowadays considerable part of annually collected end-of-life products is attributed to thermoplastic polymers due to it wide use and internationally recognized identification-code system. In spite of the fact in average up to 60% of thermoplastic polymer materials are recovered nowadays in EU, from which 2/5 are recycled while remaining 3/5 are thermally recovered [2]. Thus there is a great field to expand plastic recycling rates. An important stimulus to reach this aim is increment of added value of the materials based on secondary polymers. This can be achieved by modifying polymers with nanostructured additives. For an example, ZnO can be used to improve weathering, thermal and mechanical characteristics. Development of nanocomposites on the bases of post-consumer polymers is attractive, however, greatly challenging issue, due to possible impairment of structure and exploitation properties during life cycle of the materials.

II. MATERIALS AND METHODS

Following polymer matrices were used: commercial polypropylene PP (Moplen HP456J) and recycled polypropylene RPP (kindly supplied by SIA Nordic Plast). Ethylene-1-octene copolymer EOC (Engage 8200) was used as impact modifier of PP and RPP. The amount of EOC in the blend was varied in the range from 0 to 30 wt. %.

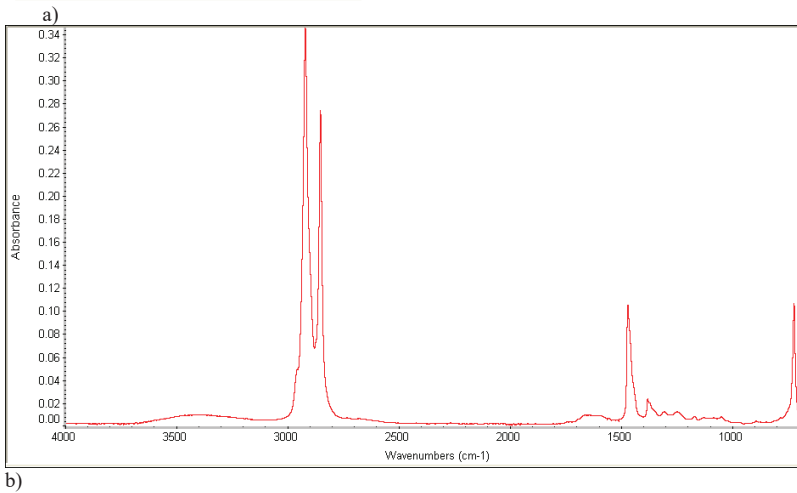
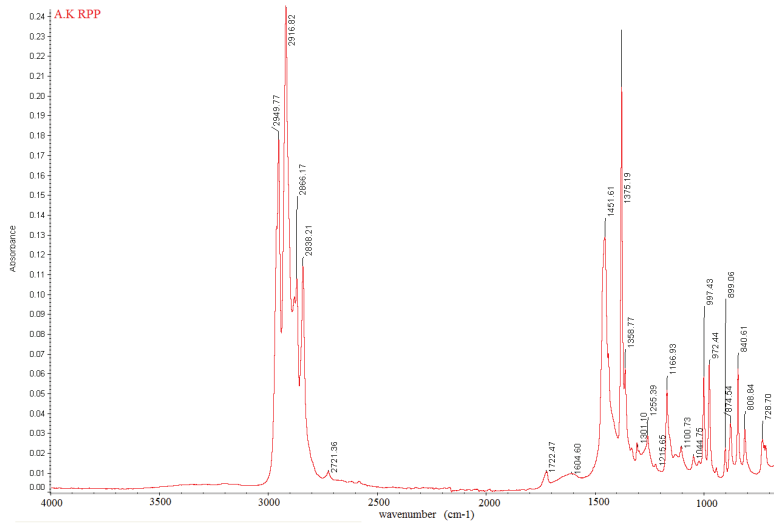
Plasma synthesized tetrapod-shaped zinc oxide ZnO nanoparticles (arm length of 70-100 nm and diameter of 10 nm) were synthesized in the RTU Institute of Inorganic Chemistry by plasma torch. The amount of ZnO in the investigated systems was 1 and 2 wt. %.

Nanocomposites with ZnO have been obtained by using two-roll mills LRM-S-110/3E (Labtech Engineering Company). Dumbbell type specimens for tensile properties testing have been punched from the compression molded plates, obtained by using hydraulic laboratory press LP-S-50/S.ASTM (Labtech Engineering Company). Rectangular bar type specimens for impact properties have been manufactured by injection molding by using Mini-Jector Model 55 machine (Miniature Plastic Molding).

Chemical composition has been determined by using Thermo Fischer Nicolet 6700 FT-IR analyzer. Melt mass flow rate (MFR) at 190°C and 2,16 kg has been determined by using ИИРТ – AM melt indexer. Density has been determined by hydrostatic weighting. Shore hardness has been determined by Shore-D durometer. Room temperature tensile properties have been determined by using Zwick/Roell universal testing machine BDO-FB020TN at the rate of the upper moving crosshead of 50 mm/min. Room temperature impact properties have been determined by using Zwick 5102 Charpy impact tester with load capacity of 4J. Thermal properties in oxidative environment have been determined by using Mettler Toledo TGA1/DSC thermogravimetric analyzer.

III. RESULTS AND DISCUSSION

Component structures of following polymer matrices are demonstrated in Fig.1. Ethylene-1-octene copolymer EOC (Engage 8200) spectrum conforms to primary non-destructive polymer spectrum. As expected the structure recycled polymer has been destructed during the life cycle of the primary product, as the result the RPP is characterized by appearance of the signals at carbonyl absorption region and higher melt mass flow rate values. Ethylene-1-octene copolymer EOC as additive is characterized with low impurity value (purity – 97%)



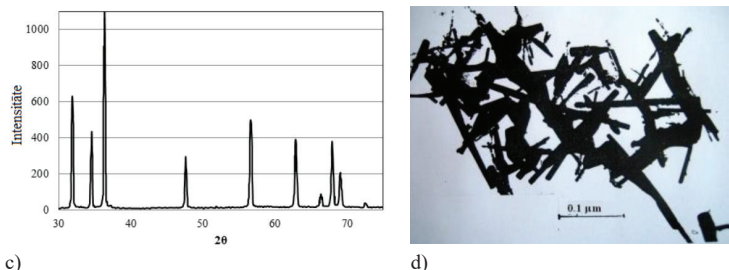


Fig. 1. FTIR spectra of RPP (a), EOC38 (b) as well as XRD spectra (c) and TEM micrograph (d) of plasma synthesized ZnO

By considering characteristic properties of PP, RPP, EOC and ZnO, modification of PP or RPP matrix with EOC leads to the decrement of the values of density, whereas melt mass flow rate values are increased. Modification of either PP/EOC based matrix with ZnO leads to increment of both melt mass flow rate and density. Comparatively, the composites with RPP are characterized with higher melt mass flow rate values (Fig.2a) and higher density values (Fig.2b) in comparison to virgin PP. Higher density values of RPP may denote to the presence of inorganic additives or impurities. Despite this, experimental density values of PP and RPP composites do not differ much from theoretically calculated values according to the rule of mixtures.

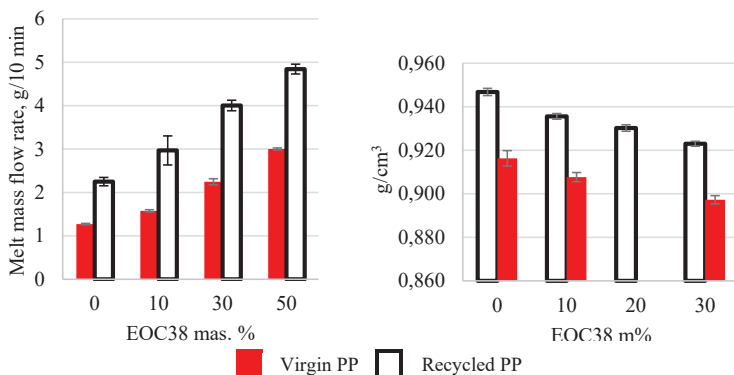


Fig. 2. Melt mass flow rate (a) and density (b) values of neat PP, RPP and its composites with EOC in comparison to the primary polymer based systems

Shore-D hardness values of the investigated composites are demonstrated in Fig. 3a. As one can see there is no discernable difference between Shore-D hardness

values of PP and RPP based compositions with EOC38. Bulk mechanical properties in quasistatic tensile and impact loadings are demonstrated in Fig. 3b.

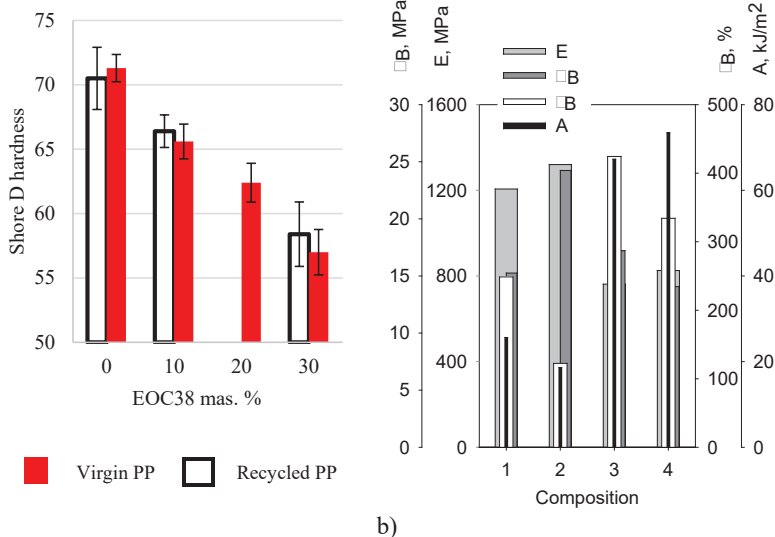


Fig.3. Shore-D hardness (a) of PP/EOC38 and RPP/EOC compositions as well as bulk mechanical characteristics of RPP (1), RPP+1%ZnO (2), RPP+20%EOC (3) and RPP+20%EOC+1%ZnO (4): modulus (E), stress at break (σ_B), relative deformation at break (ϵ_B) and impact strength (A).

It has been determined that addition of EOC content up to 30 wt.% in the polypropylene matrix, allows relative elongation at break increment by ca 64% and 12% for RPP and PP based systems, respectively. At the same EOC content impact strength of RPP and PP based systems grows 4-fold and 5-fold respectively. By increasing the content of ZnO in the polymer matrix, in general allows increase tensile modules of the compositions, in average by 10% at the nanofiller content of 1%. In Fig. 3. the effects of 20wt.% of EOC and 1wt.% of ZnO on the main stress-strain characteristics of RPP based composites are shown as an example.

By increasing the contents of ZnO and EOC allows also increase thermal stability of the investigated systems as it is clearly demonstrated in Fig. 4, depicting thermogravimetric curves of the selected systems of investigation. The effect of ZnO addition proportionally greater is in the case of RPP as matrix, evidently because of the fact that thermal resistance of RPP+20%EOC blend is greater than that of RPP. Improvement of thermal resistance of the investigated compositions, along with EOC addition, evidently is explained by smaller amount of tertiary carbon atoms (at which thermal cleavage of the macromolecular chain is usually

initiated) in the elastomer macromolecule in comparison to that of PP. Improvement of thermal resistance of the investigated compositions, along with growing ZnO content, is evidently explained with improved thermal conductivity of the material, leading to enhanced distribution of the heat in bulk of the test specimen. Simultaneously, in the presence of impermeable inorganic nanofiller particles in the polymer matrix gas exchange (oxygen supply and emission of inert incombustible gases) in the vicinity of burning zone is inhibited, thus leading to retardation of destruction processes.

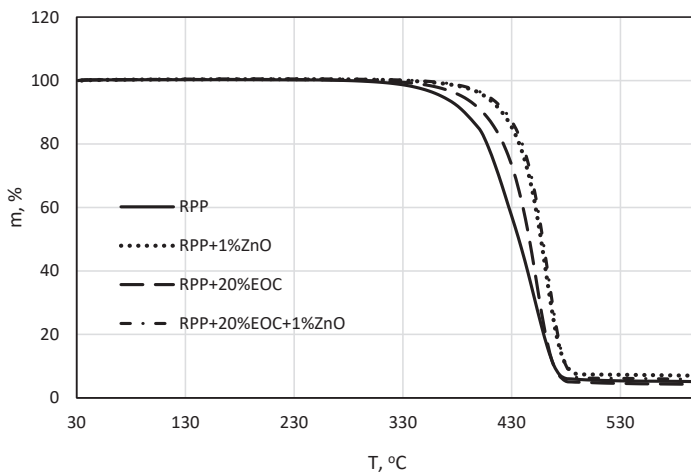


Fig. 4. Thermogravimetric curves of RPP, RPP+1%ZnO, RPP+1%ZnO, RPP+20%EEOC and RPP+20%EEOC+1%ZnO

IV. CONCLUSIONS

As a result of investigation comprehensive data base about mechanical and thermal properties of polypropylene nanocomposites with ZnO have been developed. It has been also demonstrated that post-consumer polypropylene can be successfully used for development of polymer nanocomposites with considerably improved exploitation properties, being an important prerequisite for promotion of polymer recycling.

REFERENCES

- [1] Christofer Igwe Idumah, Theoma C.Nwuzor. Novel trends in Plastic Management, SN Applied sciences 1, article No.1. <http://www.link.springer.com/article/10.1007/s442452-019-1468-2.html>
- [2] Plastics – the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data for 2019. Association of Plastics Manufacturers Plastics Europe. 2020, 64 p.

The Authors

Ivans Bockhkov: Received M. sc. ing. in Materials science in 2010. Currently working as researcher in Institute of Polymer Materials, Faculty of Material Science and Applied Chemistry, Riga Technical University, Latvia. E-mail: ivans.bockovs@gmail.com

Arvis Kokins: Received Mg. sc. ing. in Material Nanotechnologies. Currently working in Riga Stradiņš University, Latvia

Janis Zicans: Dr.sc.ing. – Director of the Institute of Polymer Materials of the Faculty of Material Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University; e-mail: zicans@ktf.rtu.lv

Remo Merijs Meri: Dr.sc.ing. – Head of the Department of Polymer Materials Technology of the Faculty of Material Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University; e-mail: remo.merijs-meri@rtu.lv

Tatjana Ivanova: M.sc.ing. – Researcher of the Institute of Polymer Materials of the Faculty of Material Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University

Janis Grabis: Dr.chem. – Director of the Institute of Inorganic Chemistry of the Faculty of Material Science and Applied Chemistry of the Riga Technical University; e-mail: Janis.Grabis_3@rtu.lv

Tatjana Reznika: M.sc.ing. – lecturer of the Riga Technical University's Technology College of Olaine; e-mail: tatjana.reznika@otk.lv

Kokins A., Bockhov I., Zicans J., Merijs Meri R., Ivanova T., Grabis J., Reznika T.
RECYCLED POLYPROPYLENE BASED BLENDS WITH ETHYLENE-OCTENE COPOLYMER AND NANOCOMPOSITES WITH ZINC OXIDE

In the current research applicability of post-consumer polypropylene for development of polymer nanocomposites is evaluated. Nanocomposites have been based on polypropylene (post-PP) and its blend with ethylene-octene copolymer (EOC). Plasma synthesized nanostructured zinc oxide (ZnO) has been used as nanofiller. It has been demonstrated that addition of nanostructured ZnO allows improve mechanical and thermal properties of polymer nanocomposites. It has been also demonstrated that post-PP can be successfully used for full or partial substitution of the primary polymer in the nanocomposite with ZnO, without losing of its performance.

Piedāvātājā pētījumā tiek novērtēta otrreizējā polipropilēna izmantošana polimēru nanokompozītu iegūšanai. Tika iegūti nanokompozīti uz otrreizējā polipropilēna (post-PP) un otrreizējā polipropilēna un etilēn-oktēna kopolimēra (EOC) maisījumu bāzes. Kā nanofilleru izmantoja nanostrukturētu cinka oksīdu (ZnO), kuru sintezēja plazmas vidē. Parādīts, ka nanostrukturēta ZnO pildviela dod iespēju uzlabot polimēru nanokompozītu mehāniskās un termiskās īpašības. Arī tiek demonstrēts, ka post-PP var veiksmīgi izmantot, pilnīgi vai daļēji aizvietojot primāro polimēru nanokompozīcijās ar ZnO, nepasliktinot to īpašības.

SAĪSINĀJUMI

ĶSP – ir skābekļa daudzums (mg/L), kas nepieciešama, lai oksidētu organiskās vielas vienā litrā ūdens. Tas ir lielums, ko izmanto, lai raksturotu ūdeņu piesārņojuma pakāpi ar organiskām vielām.

BSP – skābekļa daudzums (mg O₂/L), kas nepieciešams mikroorganismiem organisko vielu sadalīšanai aerobos bioķīmiskos procesos.

SVAV – sintētiskās virsmas aktīvās vielas.

IAL – individuālie aizsardzības līdzekļi.

Hach Lange LCK – iepriekš dozēti reaģenti noslēgtās kivetes.

MBBR tehnoloģija (moving bed biofilm reactor) – kustīga (šķidrums) biofiltra izmantošana ar aktīvajām dūņām.

IEPLŪDES NOTEKŪDEŅU RAKSTUROŠANA PĒC TO BIODEGRADĀCIJAS SPĒJAS UN IZTVAIKOŠANAS PAKĀPES

Valērija Smirnova

Notekūdeņi, bioreaktors, bioloģiska attīrīšana, mikroorganismi

Lielākajā daļā Eiropas valstu jau šobrīd ir noteikti normatīvi, pie kādiem pilsētu notekūdeņu attīrīšanas ietaises drīkst pieņemt attīrīšanai no citiem notekūdeņu radītājiem vai arī vispār nedrīkst pieņemt, tāda gadījumā notekūdeņu attīrīšanu jāveic uz vietas notekūdeņu rašanās vietā, tajā skaitā farmācijas uzņēmumiem. Faktiski notekūdeņi, kas izplūst no farmaceitiskām uzņēmumam, atšķiras pēc to satura un koncentrācijas.

Pēdējo desmit gadu laikā membrānu bioreaktoru izmantošana farmaceitisko notekūdeņu attīrīšanā ir ieguvusi lielu uzmanību, jo tā ir tehniski un ekonomiski labākā alternatīva notekūdeņu attīrīšanai. Membrānu bioreaktoru mikroorganismu koncentrācija var sasniegt līdz 20 mg/L, kas palielina organisko molekulu noārdīšanas spēju [9].

Darba mērķis: izpētīt notekūdeņu biodegradācijas spēju un iztvaikošanas pakāpi.

Darba uzdevumi:

- Aplūkot un izpētīt notekūdeņu bioloģisko attīrīšanu;
- Aplūkot un izpētīt notekūdeņu testēšanas metodes;
- Aplūkot un izpētīt notekūdeņu iztvaikošanas pakāpi;
- Notekūdeņu fizikāli-ķīmiskā un mikrobioloģiskā testēšana;
- Testēšanas datu apkopojums.

Notekūdeņu bioloģiska attīrīšana

Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas mērķis ir noārdīt notekūdenī esošos suspendētos un izšķīdušos organiskos piemaisījumus, izmantojot mikroorganismu metabolismu un ar to saistītos bioķīmiskos procesus. Bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas princips ir balstīts uz mikroorganismu spēju sadalīt organiskos savienojumus vienkāršās vielās – ūdenī, metānā,

sērūdeņradi, oglekļa dioksīdu. Lielākā daļa notekūdeņu attīrīšanas iekārtu ir paredzētas, lai atdalītu ne tikai oglekli saturošas organiskās vielas, bet arī, piemēram, slāpekli un fosforu.

Maz piesārņotu un vidēji piesārņotu notekūdeņu attīrīšanai izmanto aerobos paņēmienus, bet, kad piesārņojums ar organiskām vielām pēc BSP pārsniedz 1,5-2,0 g/L, notekūdeņus izdevīgi attīrīt ar fermentācijas paņēmieniem anaerobos apstākļos. Efektīvākai darbībai un labākai slāpekļa un fosfora samazināšanai var kombinēt aerobos un anaerobos bioloģiskās attīrīšanas paņēmienus.

Visas notekūdeņu bioloģiskās ietaises var iedalīt ietaisēs, kurās organisko vielu noārdīšanu veic mikroorganismi, kas atrodas ūdenī piejauktu daļiņu veidā (aktīvo dūņu ietaises), un otrā ietaišu grupā, kurā mikroorganismi ir fiksēti virsmai; - kā bioloģiska plēvīte (bioloģiskie filtri, MMBR process). Trešā grupā var iedalīt dažādas ietaises, kurās ir kombinētas abās šīs metodes [1.,114.-115.lpp., 9.].

Bioloģiskās notekūdeņu attīrīšanas tehnoloģijas

Bioloģiskās tehnoloģijas galvenokārt pamatojas uz mikroorganismu darbību noteiktos mākslīgi radītos apstākļos. Organismu ķīmisko savienojumu bioloģiskās destrukcijas procesi visbiežāk saistīti ar jaunu organismu rašanos, kurus savukārt izmanto par barības ķēdi. Notekūdeņu attīrīšanas iekārtās visu aktīvo dūņu organismiem piemīt heterotrofā barošanās, kur barībai izmanto gatavus organiskos savienojumus. Šie savienojumi ir to eksistencei nepieciešamais enerģijas avots, kā arī kalpo par specifisko atomu un molekulu avotu šūnu struktūras uzturēšanai, atjaunošanai un protoplazmas veidošanai augšanas procesā.

Vairums tauku, olbaltumvielu un ogļhidrātu ir lielu molekulu veidā, kuras mikroorganismi caur savām membrānām nevar uzsūkt šūnā. Lai metabolizētu šīs lielas molekulas, mikroorganismi spiesti producēt atbilstošus fermentus. Visizplatītākā mikroorganismu grupa ir baktērijas, kuru eksofermenti sašķeļ organisko vielu molekulas mazākās daļās, kuras pēc tam mikroorganismi asimilē savās šūnās.

Gandrīz jebkurās notekūdeņu bioloģiskajās attīrīšanas iekārtās līdztekus baktērijām attīstās arī augstākie mikroorganismi, kas barojas ar baktērijām. Jo garāka barības ķēde, jo vairāk enerģijas zūd biomasas veidošanai.

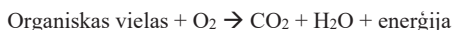
Notekūdeņu dūņas, kas rodas notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas rezultātā, sastāv no organiskas izcelsmes materiāla un tajās ir daudz biogēno elementu (slāpeklis, fosfors). Tās var izmantot kā mēslojumu un piedevu komposta gatavošanai. AS "Grindeks" notekūdeņu dūnas centrifugē, lai saņemtu atbilstošu mitruma saturu, un nodot līgumorganizācijai. Dūņu

izmantošana augsnes mēslošanai ir pieļaujama tikai pēc to apstrādes, kuras mērķis ir samazināt dūņu masas mitrumu, kā arī patogēno mikroorganismu saturu. Notekūdeņu dūņas un to kompostu var izmantot augsnes mēslošanai lauksaimniecības zemēs, teritoriju apzaļumošanai, kā arī mežsaimniecībai. Normatīvajos aktos ir noteiktas kvalitātes prasības notekūdeņu dūņām un to kompostam, ka arī ir noteikta dūņu kvalitātes, kvantitātes un izmantošanas uzskaites kārtība. [1., 114.-115.lpp.,]

Aerobās, anaerobās un fakultatīvi anaerobās baktērijas

Baktērijas ir vienšūnu organismi – saprofiti, kas barojas ar notekūdeņu izšķīdušajām organiskajām vielām, veicinot to sadalīšanos un mineralizēšanos. Tie ir galvenie notekūdeņu attīrīšanas iekārtu biocenozes organisko vielu patērētāji un oksidētāji. Baktērijas noārda organiskas vielas, pārvēršot tās nekaitīgos šķīstošos neorganiskos savienojumos. Notekūdeņu attīrīšanas procesā izplatītākie aerobie mikroorganismi ir *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Comomonas*, *Brevibacterium*, *Azothobacter*, *Bacillus Sphaerotilus natans* u.c.

Aerobās baktērijas oksidē organiskas vielas, izšķīduša skābekļa klātbūtnē, lai iegūtu enerģiju, kura nepieciešama baktēriju augšanai.

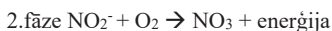
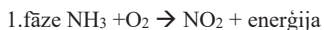


Ķīmiskie elementi, no kuriem sastāv organiskās vielas, oksidējas, veidojot savienojumus, kuru molekulās ir lielākais iespējamais skābekļa atomu daudzums. Organiskais slāpeklis oksidējoties veido nitrātus, sērs – sulfātus, fosfors – fosfātus, ogleklis – oglekļa dioksīdu un ūdeņradis – ūdeni.

Anaerobās baktērijas oksidē (sadala) organiskās vielas bez brīvā, izšķīduša skābekļa klātbūtnes, izmantojot skābekli, kurš atrodas citos savienojumos, piemēram, nitrātos un sulfātos.

Fakultatīvi anaerobās baktērijas izmanto gan gaisa, gan ķīmiski saistīto skābekli.

Autotrofās baktērijas oksidē neorganiskos savienojumus, lai iegūtu enerģiju un izmantotu oglekļa dioksīdu CO_2 kā oglekļa avotu. Tās ir nitrificējošās un sēra baktērijas, kuras aktīvi darbojas notekūdeņu nitrifikācijas procesā. Nitrifikācijas baktērijas oksidē amonjaku nitrātā. Oksidēšana notiek divās fāzēs:



Sēra baktērijas oksidē sērūdeņradi par sērskābi:



Notekūdeņu dūņas

Notekūdeņu dūņas ir cietais atlikums un mikroorganismu biomasa, kas rodas notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanās rezultātā. Notekūdeņu dūņu masa sastāv no organiskas izcelsmes materiāla un tajās ir daudz biogēno elementu (slāpeklis, fosfors), tos var izmantot kā mēslojumu vai piedevu komposta gatavošanai. Dūņu izmantošana augsnes mēslošanai ir pieļaujama tikai pēc to apstrādes, kuras mērķis ir samazināt dūņu masas mitrumu, kā arī patogēno mikroorganismu saturu [2.].

Notekūdeņu attīrīšanas reglamentējošie normatīvie akti

Atsaucoties uz Rīgas pilsētas centralizētās ūdensapgādes un kanalizācijas sistēmas ekspluatācijas, lietošanas un aizsardzības noteikumiem, kuri stājas spēkā 29.12.2017., centralizētajā kanalizācijas sistēmā aizliegts novadīt notekūdeņus:

- kas satur ūdens videi īpaši bīstamās vai bīstamās vielas atbilstoši normatīvajam aktam par piesārņojošo vielu emisiju ūdenī, izņemot minētās vielas koncentrācijā, kas nepārsniedz tabulā (skat.1.tab.) minētos rādītājus, ja sabiedrisko ūdenssaimniecības pakalpojumu līgumā ir noteikta cita maksimāli pieļaujamā vielu koncentrācija;
- kuru temperatūra pārsniedz 40 °C;
- kas satur degošus piemaisījumus un izšķīdinātas gāzveida vielas, kuras veicina uzliesmojošu maisījumu rašanos centralizētajā kanalizācijas sistēmā;
- kas satur bioloģiski nedegradējamās sintētiskās virsmas aktīvās vielas ;
- kas satur skābes un citas vielas, kuras var izraisīt cilvēka veselībai bīstamu gāzu (sērūdeņraža, oglekļa oksīda, zilskābes, sēroglekļa u.c.) izdalīšanos;
- kas satur radioaktīvas vielas;
- kas satur cietus priekšmetus, būvniecības materiālus, tekstilizstrādājumus, smiltis un taukvielas;
- kas satur pārtikas un ražošanas atkritumus.

Rīgas pilsētas centralizētajā kanalizācijas sistēmā novadāmo notekūdeņu sastāvs

Piesārņojošā viela	Maksimāli pieļaujamā piesārņojošās vielas koncentrācija, mg/l
Suspendētās vielas	450,00
Ķīmiskais skābekļa patēriņš	700,00
Kopējais slāpekļis	46,00
Kopējais fosfors	9,00

Faktori, kas kavē notekūdeņu attīrīšanu

Viens no nozīmīgākajiem faktoriem, kas kavē bioloģisko notekūdeņu attīrīšanu – barības vielu trūkums mikroorganismiem. AS “Grindeks” notekūdeņu attīrīšanas iekārtas kā barības viela tiek izmantota fosforskābe, kuru padod 1. reaktorā. Fosforskābes padeve notiek proporcionāli laboratorijā nomērītā notekūdeņu ŪSP vērtībai bufertvertnē.

Apkārtējās vides temperatūras nosaka mikroorganismu attīstības iespējas un intensitāti. Ikviens mikroorganisms attīstās noteiktās temperatūras robežās. Optimāla temperatūra, kurā attīstās mikroorganismi, notekūdeņu attīrīšanai ir no 25 līdz 37°C, kā rezultātā var secināt, ka tie ir mezofilie mikroorganismi.

Katram mikroorganismam ir savi noteikti pH vienību minimumi, maksimumi un optimumi, kuros tie var attīstīties. Vairums mikroorganismiem optimāls pH ir no 6,5 līdz 7,5, kā arī faktori, kas var negatīvi ietekmēt notekūdeņu attīrīšanu:

- nepietiekama bioplēves nesēju pildījuma pakāpe MBBR procesā;
- neatbilstoša oglekļa avota padeve denitrifikācijas procesā;
- svārstīga notekūdeņu plūsma, hidrauliskais aiztures laiks;
- nepietiekama izšķīdušā skābekļa koncentrācija;
- maza mikroorganismu daudzveidība;
- zema biomasas koncentrācija [6., 25.-27.lpp.].

Notekūdeņu testēšanas metodes

Ķīmisko parametru testēšana

Ķīmiskai kontrolei tiek veiktas sekojošie testi:

- $\text{PO}_4 - \text{P}$ un kopēja fosfora saturs noteikšana;
- Ķīmiskā skābekļa patēriņa noteikšana;
- Bioķīmiskā skābekļa patēriņa noteikšana;
- Kopējā slāpekļa noteikšana;
- $\text{NH}_4 - \text{N}$ noteikšana;
- $\text{NO}_2 - \text{N}$ noteikšana;
- $\text{NO}_3 - \text{N}$ noteikšana;
- Fenola saturs noteikšana.

Pārsvārā ķīmiskai kontrolei izmanto Hach Lange LCK kivešu testus, kuri tiek definēti kā ātrie ekspresstesti, skat. 1.attēlu [4.].



1.attēls. Hach Lange LCK kivešu tests (LCK 346 – Fenola saturs noteikšana)

Parametru raksturojums

Kopējais fosfors (P_{kop}) labi raksturo antropogēno ietekmi uz ūdeņu kvalitāti. Maz ietekmētiem ūdeņiem $P_{\text{kop}} < 0,05 \text{ mg/L}$.

ĶSP ir skābekļa daudzums ($\text{mg O}_2/\text{L}$), kas nepieciešams pilnīgai organisko vielu oksidēšanai ķīmiskos procesos ar kālija bihromātu. ĶSP ir lielāks par BSP, jo tiek oksidētas visas organiskās vielas. Tīriem virszemes ūdeņiem ĶSP lielums varētu būt ap 8 – 12 mg/L , bet

farmācijas ražošanas notekūdeņos var sasniegt 5000-6000 mg/L. Augstas KSP vērtības parāda piesārņojuma līmeni, arī dabiskas izcelsmes piesārņojumu, skat. 2. attēlu.



2. attēls. Ķīmiskā skābekļa patēriņa noteikšana

BSP ir skābekļa daudzums ($\text{mg O}_2/\text{L}$), kas nepieciešams mikroorganismiem organisko vielu sadalīšanai aerobos bioloģiskos procesos. Jo šis radītājs ir lielāks, jo lielāks organisko vielu daudzums ūdenī. Praksē bieži lieto BSP5, kad skābekļa patēriņš tiek noteikts pēc 5 dienu ilga oksidēšanas procesa. Ražošanas notekūdeņiem tas var sasniegt 750-10800 mg/L . Šajā gadījumā radītājs ir par 60 – 70 % mazāks nekā pilnais BSP, ko parasti nosaka kā BSP20 (procesa ilgums 20 dienas). Tiek lietots arī radītājs BSP7 (procesa ilgums 7 dienas).

Par ūdeņu piesārņojumu ar biogēniem elementiem liecina:

- slāpekļa savienojumu klātbūtne, kuru raksturo ar kopējo slāpekli (N_{kop}), nitrātu slāpekli (N-NO_3), nitrītu slāpekli (N-NO_2) un amonija slāpekli (N-NH_4);
- fosfora savienojumu klātbūtne, kuru raksturo ar kopējo fosforu (P_{kop}), ortofosfātu (PO_4).

Slāpekļa savienojumi ūdeņos ir nestabili un nepārtraukti notiek to transformācijas procesi. Norisinās slāpekļa savienojumu asimilācija (N, sevišķi N-NO_3 uzņem augi), amonifikācija (noārdoties organiskām vielām), nitrifikācija (amonija oksidēšana par nitrātiem un nitrītiem), denitrifikācija (nitrātu reducēšana par N_2) un N fiksācija.

Amonija slāpekļlis (N-NH_4) ir augu barības elements, taču toksisks daudziem ūdens organismiem. Amonija slāpekļlis var kalpot kā indikators ūdens piesārņojumam ar organiskām vielām (notekūdeni, lauksaimniecības noplūdes). Tīros ūdeņos N-NH_4 parasti ir mazāk par 0,1 mg/L . Ražošanas notekūdeņos lielums var sasniegt 260 mg/L . (sk.3.att.)



3. attēls. Amonija slāpekļa noteikšana

Nitrītu slāpekļlis ($N\text{-NO}_2$) ir nestabils, veidojas anaerobos apstākļos noārdoties organiskām vielām. $N\text{-NO}_2$ koncentrācija lielāka par 0,15 mg/L ir toksiska zivīm. Dabiskos apstākļos $N\text{-NO}_2$ koncentrācija ir ļoti zema (<0,015 mg/l), to paaugstina, piemēram, notekūdeņu piesārņojums.

Nitrātu slāpekļlis ($N\text{-NO}_3$) ir svarīgs un ātri uzņemams augu barības elements, taču dzeramajā ūdenī kļūst par potenciālu riska faktoru veselībai (nitrāti ietekmē hemoglobīna saturu asinīs). Paaugstinātu $N\text{-NO}_3$ koncentrāciju izsauc notekūdeņu piesārņojums, lauksaimniecības noplūdes (punktveida un difūzais piesārņojums), noplūdes no izgāztuvēm, augu un dzīvnieku atlieku sadalīšanās ūdenī. (sk. 4.att.)



4.attēls. Nitrātu un nitrītu noteikšanas testa strēmeles

Kopējais slāpekļlis (N_{kop}) raksturo kopējo neorganiskā ($N\text{-NO}_2$, $N\text{-NO}_3$, $N\text{-NH}_4$) un organiskā slāpekļa savienojumu saturu ūdeņos. Tiros ūdeņos N_{kop} svārstās ap 0,1 - 0,5 mg/l.

Koncentrācija augstāka par 1 mg/L norāda uz antropogēno piesārņojumu. Ļoti svarīgs radītājs ir N un P attiecība. [5.,8.]

Notekūdeņu biodegradācijas spēja un iztvaikošanas pakāpe

AS “Grindeks” notekūdeņu attīrīšanas reaktoros tipiskā gadījumā temperatūra svārstās 30-35 °C robežās. Pie paaugstinātas temperatūras un intensīvas aerācijas, daļa ūdenī esošo gaistošo savienojumu var iztvaikot. Halogēnītie un aromātiskie savienojumi ar lielāko tieksmi iztvaiko, tomēr skābekļa saturošie organiskie savienojumi (acetons, spirti) – vieglāk biodegradējas. AS “Grindeks” ražošanas procesos izmanto dažādus gaistošos organiskos savienojumus (šķīdinātājus), kuru uzskaitījums un raksturojums pēc to fizikāli ķīmiskajām īpašībām dots 2.tabulā.

2.tabula

Gaistošie organiskie savienojumi

Savienojumu nosaukums	Vielas šķīdība ūdenī	Henrī konstante, [Pa.m ³ /mol]	Oktanola ūdens koeficients, log K _{ow}	Viršanas temperatūra, [°C]
Metilētilketons(2-butanons)	290g/L pie 20 °C	Nav atrasts	0,29	79-80 °C
Etilspirts	>1,000 g/L pie 20 °C	Nav atrasts	-0,35	78 °C
Acetons	Sajaucas visās porcijās	2,929 pie 25 °C	-0,23	56,05 °C
Izopropilspirts	Pilnībā sajaucas ar ūdeni	Nav atrasts	0,05	82,5 °C
Metilēnchlorīds	20 g/L pie 20 °C	0,002 pie 24,8 °C	1,25	40 °C
Metanols	sajaucas visās proporcijās	Nav atrasts	-0,77	65 °C
Toluols	573 mg/L pie 25 °C	485	2,73	110,6 °C
1-dioksāns	1,000 g/L pie 20 °C	0,486 pie 25 °C	-0,42	100,8-101,5 °C

Tert-butilmetilēteris	42 g/L pie 20 °C	Nav atrasts	1,06	55,3 °C
Dimetilformamīds	sajaucas visās proporcijās	Nav atrasts	-1,01	153 °C
Tetrahidrofurāns	sajaucas visās proporcijās	Nav atrasts	0,45	65 °C
Heksametildisilazāns	spontāna sadalīšanās	Nav atrasts	2,62	125 °C
Piridīns	1,000 g/L pie 20 °C	Nav atrasts	0,64	115,2 °C
Acetonitrils	1,000 g/L pie 25 °C	3,5 pie 20 °C	-0,34	81,65 °C
Dimetilsulfoksīds	sajaucas visās proporcijās	0,001 pie 21 °C	-1,35	189 °C

Balstoties uz literatūras analīzi var secināt, ka:

- jo lielāka Henrija konstante, jo lielāka iztvaikošanas pakāpe;
- jo mazāks ir oktanolā ūdens koeficients, jo gaistošiem savienojumiem ir mazāka tieksme sorbēties aktīvās dūņās.

Ekspierimentāla daļa

Ekspierimentālās daļas mērķis ir noteikt kāda daļa no AS "Grindeks" ražošanas notekūdeņu piesārņojuma iztvaiko un kāda un kāda daļa iesaistās biodegradācijas procesā. Mērījumi veikti paraugu kopu sadalot 2 daļās – viena paraugu daļa tiek inkubēta sterilā vidē, bez mikroorganismu pievienošanas un otra parauga daļa inkubēta analogos vides apstākļos pievienojot aktīvās dūņas. Ekspierimentiem sekots līdz konkrētos laika intervālos noņemot paraugus un veicot parametru ķīmisko testēšanu, kā arī mikrobioloģiskās analīzes, lai sekotu līdz biomasas pieaugumam paraugos ar aktīvajām dūņām un sterilās vides saglabāšanai kontroles paraugos bez mikroorganismiem.

Izmantojamās vielas un aparatūra

Ekspierimentālās daļas izmantojamās vielas un trauki:

- 6 kolbas;
- sterili pipešu uzgaļi(1 mL, 5mL);

- sterili mērcilindri (50mL, 500mL)
- automātiska pipete (1mL, 5mL)
- vārglāze;
- šļirču filtri (0,22 μm un 1,6 μm);
- bioplēves nesēji (5 gabali)

Pagatavotie šķīdumi un barotnes:

- Fosfātu buferšķīdums (pH =7);
- Barotnes *Sabouraud agar* (sēnīšu audzēšanai) un *Tryptone Soya Extract Agar* (baktēriju audzēšanai);
- 3% sērskābes šķīdums.

Izmantojamā aparatūra un testi:

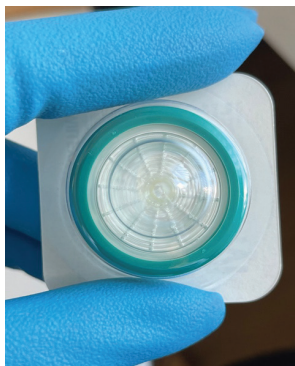
- Hach Lange LCK kivešu testi;
- Spektrofotometrs UV/VIS

Eksperimentu metodika

- 1) Tika paņemts 2 litri notekūdeņu bufertvertnes parauga un pH noregulēts līdz 7,5 ar 3 % sērskābes šķīdumu.
- 2) Nofiltrēts ar vakuumfiltrāciju (sk.5.att.)
- 3) Nofiltrēts ar šļirču filtriem (0,22 μm) (sk.6.att.)
- 4) Katrā kolbā tika ieliets 180 mL bufertvertnes parauga un 20 mL fosfātu bufera. 4.-6. kolbām pievienotas 5 bioplēves nesēji. (sk.7.att.).
- 5) Kolbas tika ievietotas kratītājā - inkubatora pie 35 °C temperatūras. (sk.8.att.).
- 6) Paraugi tika testēti 0.,1.,3.,7., un 8. dienās. Tika pārbaudīts K₂SP, kopējais slāpeklis, amonija, nitrītu/nitrātu un fenola saturs. Kā arī veikta mikrobioloģiska testēšana (mikroorganismu daudzums paraugā). (sk.9. un 10.attēlā)
- 7) Eksperiments veikts 3 atkārtojumos.



5. attēls. Parauga vakuumfiltrācija



6. attēls. Šļircu filtrs (0,22 μm)



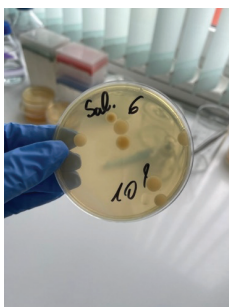
7. attēls. Bioplēves nesēji



8. attēls. Sagatavotie paraugi ievietoti inkubatora – kratītājā



9. attēls. Ķīmiska skābekļa patēriņa testēšana paraugā



10. attēls. Parauga uzsēšanas rezultāti

Fosfātu satura noteikšanas princips

Fosfātu joni reaģē ar molidbāta un antimona joniem skābā vidē, veidojot antimona fosfātmolidbāta kompleksu, kas pēc tām ar askorbīnskābi tiek reducēts līdz fosfomolidbēna zilajam.

Darba gaita:

- 1) LCK kivetē noņemt aizsargfoliju un noskrūvēt vāciņu.
- 2) Pievienot LCK testam ar pipeti 0,5 mL analizējamā parauga.
- 3) LCK kivetē aizskrūvēt ar vāciņu.
- 4) LCK testā esošo šķidrumu stipri sakrata.
- 5) Termostatā karsēt 15 minūtes pie 170 °C.
- 6) Atdzisušai kivetē (18-20 °C) pievienot reaģentu B – 0,2 mL.
- 7) Aizskrūvēt ar vāciņu (ar reaģentu)
- 8) LCK testā esošo šķidrumu stipri sakrata.
- 9) Pēc 10 minūtēm testa kivetē 1 reizi sakrata un veic mērījumu spektrofotometriski pie 535 nm.
- 10) LCK kivetē nodod utilizācijai.

Ķīmiskā skābekļa patēriņa noteikšana

Testēšanas parauga daļu karsē dzīvsudraba sulfāta klātbūtnē (hlorīdu maskēšanai) kopā ar noteiktu daudzumu kālija dihromāta un sudraba sulfāta (katalizators) klātbūtnē koncentrētas sērskābes vidē. Šajā laikā oksidējamās vielas reducē dihromātu saskaņā ar vienādojumu:



Spektrofotometriski tiek mērīts radušais Cr^{3+} jonu zaļais krāsojums.

Darba gaita:

- 1) LCK kivetē kārtīgi sakrata, lai sajaukt kivetē esošo šķidrumu.
- 2) Atskrūvēt vāciņu un ar pipeti LCK testam pievienot analizējamo paraugu (daudzums ir atkarīgs no testa robežām).
- 3) Vāciņu aizskrūvēt un rūpīgi noslaucīt LCK kivetē.
- 4) LCK testā esošo šķidrumu sakrata.
- 5) Ielikt termostatā uz 15 minūtēm karsēties (170 °C).

- 6) Pēc karsēšanas, LCK testu kārtīgi sakratīt.
- 7) Atdzesēt līdz 18-20 °C.
- 8) Spektrofotometriski noteikt rezultātu.
- 9) LCK kivetī nodod utilizācijai.

Šajā metodē ir traucējošie faktori, tā ir izmantojama ūdens paraugiem ar hlorklorīdu koncentrāciju līdz 1500 mg/L. Augstāka hlorklorīdu koncentrācija dod paaugstinātus rezultātus.

Datu apstrāde

1.eksperimenta testēšanas rezultāti tiek aprakstīti no 3. līdz 7. tabulās. 1.pielikumā tiek pievienots testēšanas rezultātu grafiskais atspoguļojums.

Analizējot 0. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 3. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem, gan ar bioplēves nesējiem, gan bez, testēšanas rezultāti ir ļoti līdzīgi.

3.tabula

Testēšanas rezultāti 0.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	4535,00	107,00	3,73	0,00	0,00	13,00
2.	4525,00	105,60	3,82	0,00	0,00	13,20
3.	4674,00	119,40	3,80	0,00	0,00	13,00
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	4578,00	110,67	3,78	0,00	0,00	13,07
4.	4650,00	118,40	3,83	0,00	0,00	13,10
5.	4525,00	108,00	3,83	0,00	0,00	12,80
6.	4640,00	109,20	3,74	0,00	0,00	13,00
Vid (ar bioplēves nesējiem)	4605,00	111,87	3,80	0,00	0,00	12,97

Veicot mērījumus pēc 24 stundām, skat. 4. tabulu, var secināt, ka paraugiem ar bioplēves nesējiem fenola koncentrācija, kopēja slāpekļa un ĶSP testēšanas rezultāti samazinās straujāk, nekā kontrolparaugos, kas liecina par notiekošo biodegradāciju sākumu paraugos ar bioplēves nesējiem.

4.tabula

Testēšanas rezultāti 1.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	4015,00	100,40	0,10	0,00	0,00	12,80
2.	3939,00	103,20	0,07	0,00	0,00	12,70

3.	4045,00	107,40	0,03	0,00	0,00	12,80
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	3999,67	103,70	0,07	0,00	0,00	12,77
4.	3500,00	77,70	0,45	0,00	0,00	8,38
5.	3386,00	87,40	0,42	0,00	0,00	7,05
6.	3558,00	83,80	0,43	0,00	0,00	7,25
Vid (ar bioplēves nesējiem)	3481,33	82,90	0,43	0,00	0,00	7,56

Analizējot 3. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 5. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem ĶSP turpina samazināties. Paraugiem ar nesējiem fenola koncentrācija turpina strauji samazināties, tomēr amoniju jonu saturs sāk palielināties, kas liecina, ka kontrolparaugos sāk iztvaikoties gaistošie savienojumi, bet paraugos ar bioplēves nesējiem turpinās bidegradācija.

5.tabula

Testēšanas rezultāti 3.dienā

Parauga Nr.	ĶSP, mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	2537,00	103,60	0,16	0,00	0,00	13,10
2.	2559,00	103,40	0,15	0,00	0,00	13,00
3.	2607,00	100,80	0,19	0,00	0,00	13,00
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	2567,67	102,60	0,17	0,00	0,00	13,03
4.	1214,00	79,20	4,02	0,00	0,00	0,60
5.	1235,00	78,60	6,81	0,00	0,00	0,60
6.	1236,00	80,80	5,21	0,00	0,00	0,70
Vid (ar bioplēves nesējiem)	1228,33	79,53	5,31	0,00	0,00	0,63

Analizējot 7. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 6. tabulu), var secināt, ka ĶSP un fenola koncentrācija visiem paraugiem samazinās, bet ļoti lēni. Salīdzinot amonija jonu testēšanas rezultātus, paraugiem ar bioplēves nesējiem, koncentrācija ļoti strauji palielinājās. Visiem paraugiem kopēja slāpekļa saturs palielinās, kas liecina, ka, paraugiem, ar bioplēves nesējiem turpinās bidegradācija, bet ne tik strauji, kontrolparaugos turpinās iztvaikošana.

Testēšanas rezultāti 7.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	2388,00	99,00	0,40	0,00	0,00	12,30
2.	2213,00	116,00	0,50	0,00	0,00	13,00
3.	2271,00	107,00	0,20	0,00	0,00	12,60
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	2290,67	107,33	0,37	0,00	0,00	12,63
4.	1132,00	103,00	93,40	0,00	0,00	0,30
5.	1158,00	110,00	97,10	0,00	0,00	0,40
6.	1136,00	110,50	94,00	0,00	0,00	0,30
Vid.(ar bioplēves nesējiem)	1142,00	107,83	94,83	0,00	0,00	0,33

Analizējot 8. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 7. tabulu), var secināt, ka ĶSP, kopēja slāpekļa, amonija jonu testēšanas rezultāti visiem paraugiem samazinās. Bet fenola koncentrācija palielinās, kas liecina, ka biodegradācija spēja un iztvaikošana pakāpe sāk samazināties.

Testēšanas rezultāti 8.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1	2	3	4	5	6	7
1.	2281,00	110,80	0,22	0,00	0,00	12,90
2.	2124,00	110,60	0,31	0,00	0,00	13,10
3.	2108,00	103,60	0,35	0,00	0,00	12,90

7.tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	2171,00	108,33	0,29	0,00	0,00	12,97
4.	1004,00	105,80	36,40	0,00	0,00	0,90
5.	1009,00	104,20	37,00	0,00	0,00	0,90
6.	1007,00	103,40	33,80	0,00	0,00	0,80
Vid. (ar bioplēves nesējiem)	1006,67	104,47	35,73	0,00	0,00	0,87

Kopumā, 1.eksperimenta rezultāta, paraugiem bez bioplēves nesējiem KSP samazinājās par 43%, bet ar bioplēves nesējiem par – 88%, kas liecina, ka 43% piesārņojuma ir gaistošie savienojumi, kas izgaist bez mikroorganismu klātbūtnēs. Visa eksperimentā garumā, paraugiem bez bioplēves nesējiem fenola saturs samazinājies uz 1%, tomēr ar bioplēves nesējiem samazinājies par 93%, kas liecina ka fenols pamatā tiek biodegradēts. Tomēr amonija jonu koncentrācija paraugiem bez bioplēves nesējiem samazinājās par 92%. Paraugiem ar bioplēves nesējiem amonija jonu saturs rezultāti palielinājās 9 reizēs, kas liecina, ka aktīvo dūņu klātbūtnē notika organisko slāpekļa savienojumu biodegradācija – pāreja amonija formā.

Ka arī 8.dienā tika veikta mikrobioloģiska testēšana. Pirmos trīs kontrolparaugos nebija konstatēta mikroorganismu klātbūtne, kas liecina, ka sterila vide bija nodrošināta eksperimenta laikā, ceturtajā paraugā – $10,3 \cdot 10^5$ KVV/mL, piektajā – $7,5 \cdot 10^5$ KVV/mL un sestajā – $2,4 \cdot 10^5$ KVV/mL.

2.eksperimenta testēšanas rezultāti tiek aprakstīti no 8. līdz 12. tabulās. 2.pielikumā tiek pievienots grafikiskais testu rezultātu atspoguļojums.

Analizējot 0. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 8. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem, gan ar bioplēves nesējiem, gan bez, testēšanas rezultāti ir ļoti līdzīgi.

8.tabula

Testēšanas rezultāti 0.dienā

Parauga Nr.	KSP , mg/L	$N_{\text{kop.}}$, mg/L	$\text{NH}_4\text{-N}$, mg/L	$\text{NO}_3\text{-N}$, mg/L	$\text{NO}_2\text{-N}$, mg/L	Fenols, mg/L
1	2	3	4	5	6	7
1.	5097,00	156,60	4,00	0,00	0,00	8,93
2.	5775,00	154,80	4,06	0,00	0,00	8,87

8.tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
3.	5280,00	154,20	3,84	0,00	0,00	8,97
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	5384,00	155,20	3,97	0,00	0,00	8,92
4.	5255,00	142,00	3,90	0,00	0,00	8,75
5.	4868,00	144,80	3,90	0,00	0,00	8,77
6.	5302,00	152,60	3,99	0,00	0,00	8,87
Vid (ar bioplēves nesējiem)	5141,67	146,47	3,93	0,00	0,00	8,80

Veicot mērījumus pēc 24 stundām, (skat. 9. tabulu), var secināt, ka paraugiem ar bioplēves nesējiem fenola saturs, amonija jonu, kopēja slāpekļa un ĶSP testēšanas rezultāti samazinās straujāk, nekā bez bioplēves nesējiem, kas liecina par notiekošo biodegradāciju sākumu paraugos ar bioplēves nesējiem.

9.tabula

Testēšanas rezultāti 1.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	4708,00	154,40	3,70	0,00	0,00	8,98
2.	4756,00	151,80	3,48	0,00	0,00	8,67
3.	4624,00	155,20	3,87	0,00	0,00	8,98
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	4696,00	153,80	3,68	0,00	0,00	8,88
4.	3875,00	113,80	0,10	0,00	0,00	0,25
5.	3871,00	111,90	0,16	0,00	0,00	0,36
6.	3839,00	112,10	0,10	0,00	0,00	0,32
Vid (ar bioplēves nesējiem)	3861,67	112,60	0,12	0,00	0,00	0,31

Analizējot 3. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 10. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem ĶSP turpina samazināties. Paraugiem ar nesējiem amoniju jonu saturs kā palielināties, bet kopēja slāpekļa koncentrācija samazinās, kas liecina, ka kontrolparaugos sāk iztvaikoties gaistošie savienojumi, bet paraugos ar bioplēves nesējiem turpinās bidegradācija.

Testēšanas rezultāti 3.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	3022,00	164,60	0,41	0,00	0,00	8,98
2.	3092,00	164,60	0,35	0,00	0,00	8,67
3.	3180,00	167,00	0,42	0,00	0,00	8,98
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	3098,00	165,40	0,39	0,00	0,00	8,88
4.	1356,00	100,10	5,65	0,00	0,00	0,39
5.	1251,00	95,90	6,66	0,00	0,00	0,28
6.	1307,00	99,90	5,87	0,00	0,00	0,33
Vid (ar bioplēves nesējiem)	1304,67	98,63	6,06	0,00	0,00	0,33

Analizējot 7. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 11. tabulu), var secināt, ka ĶSP un fenola saturs visiem paraugiem samazinās, bet lēnāk. Amonija jonu koncentrācija paraugiem ar bioplēves nesējiem ļoti strauji palielinājās. Paraugiem ar bioplēves nesējiem kopēja slāpekļa saturs palielinās, bet kontrolparaugiem samazinās.

Testēšanas rezultāti 7.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	2807,00	110,05	0,39	0,00	0,00	8,09
2.	2803,00	108,90	0,45	0,00	0,00	8,15
3.	2860,00	105,90	0,37	0,00	0,00	8,13
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	2823,33	108,28	0,40	0,00	0,00	8,12
4.	1200,00	105,05	33,80	0,00	0,00	0,39
5.	1204,00	104,25	37,50	0,00	0,00	0,35
6.	1206,00	102,95	35,80	0,00	0,00	0,34
Vid (ar bioplēves nesējiem)	1203,33	104,08	35,7	0,00	0,00	0,36

Analizējot 8. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 12. tabulu), var secināt, ka amonija jonu koncentrācija un fenola saturs, paraugiem ar bioplēves nesējiem, palielinās.

Tomēr ĶSP samazinās. Paraugiem bez bioplēves nesējiem fenola koncentrācija sāk palielināties, kas liecina, ka biodegradācija beigšānu. Visiem paraugiem kopēja slāpekļa saturs palielinājās.

12.tabula

Testēšanas rezultāti 8.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	2837,00	174,20	0,39	0,00	0,00	9,01
2.	2865,00	173,80	0,45	0,00	0,00	8,92
3.	2779,00	176,40	0,36	0,00	0,00	9,08
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	2827,00	174,80	0,40	0,00	0,00	9,00
4.	1208,00	145,60	39,20	0,00	0,00	0,80
5.	1223,00	146,80	40,20	0,00	0,00	0,76
6.	1233,00	152,60	38,80	0,00	0,00	0,81
Vid (ar bioplēves nesējiem)	1221,33	148,33	39,4	0,00	0,00	0,79

2.eksperimenta rezultātā, paraugiem bez bioplēves nesējiem ĶSP samazinājies par 47%, bet ar bioplēves nesējiem par – 88%, kas liecina, ka 47% piesārņojuma sastāda gaistošie savienojumi, kas izgaist bez mikroorganismu klātbūtnēs. Visa eksperimenta garumā, paraugiem bez bioplēves nesējiem fenola saturs samazinājies par 1%, tomēr ar bioplēves nesējiem - par 93%, kas liecina ka fenols pamatā tiek biodegradēts. Tomēr amonija jonu saturs paraugiem bez bioplēves nesējiem samazinājies par 90%. Paraugiem ar bioplēves nesējiem amonija jonu koncentrācija palielinājās 10 reizēs. Rezultāti ir līdzīgi 1.eksperimenta rezultātiem.

8.dienā tika veikta mikrobioloģiska testēšana. Pirmos trīs kontrolparaugos nebija konstatētas mikroorganismu klātbūtne, ceturtajā paraugā – $14,4 \cdot 10^5$ KVV/mL, piektajā – $3,2 \cdot 10^5$ KVV/mL un sestajā – $8,7 \cdot 10^5$ KVV/mL.

3. eksperimenta testēšanas rezultāti tiek aprakstīti no 13. līdz 17 .tabulās. 3.pielikumā tiek grafiski atspoguļoti testēšanas rezultāti.

Analizējot 0. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 13. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem, gan ar bioplēves nesējiem, gan bez, testēšanas rezultāti ir ļoti līdzīgi.

13.tabula

Testēšanas rezultāti 0.dienā

Parauga Nr.	ḲSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	5745,00	122,00	32,80	0,00	0,00	12,50
2.	6052,00	120,40	31,20	0,00	0,00	12,60
3.	5999,00	119,60	31,10	0,00	0,00	12,70
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	5932,00	120,67	31,70	0,00	0,00	12,60
4.	6007,00	114,60	30,10	0,00	0,00	12,70
5.	5827,00	117,50	31,60	0,00	0,00	12,50
6.	6009,00	115,30	31,50	0,00	0,00	12,30
Vid (ar bioplēves nesējiem)	5947,67	115,80	31,07	0,00	0,00	12,50

Veicot mērījumus pēc 24 stundām, (skat. 14. tabulu), var secināt, ka paraugiem ar bioplēves nesējiem fenola, kopēja slāpekļa un ḲSP testēšanas rezultāti samazinājās straujāk, nekā bez bioplēves nesējiem. Paraugiem ar bioplēves nesējiem amonija jonu saturs samazinājās līdz 0,0 mg/L, kas liecina par notiekošo strauju biodegradāciju sākumu paraugos ar bioplēves nesējiem.

14.tabula

Testēšanas rezultāti 1.dienā

Parauga Nr.	ḲSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N mg/L,	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1	2	3	4	5	6	7
1.	5188,00	107,40	20,80	0,00	0,00	12,50
2.	5169,00	107,80	20,50	0,00	0,00	12,60
3.	5265,00	109,20	21,10	0,00	0,00	12,60
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	5207,33	108,13	20,80	0,00	0,00	12,57
4.	4423,00	94,80	0,00	0,00	0,00	0,76
5.	4437,00	95,20	0,00	0,00	0,00	0,99

14.tabulas turpinājums

1	2	3	4	5	6	7
6.	4405,00	95,60	0,00	0,00	0,00	0,95
Vid (ar bioplēves nesējiem)	4421,67	95,20	0,00	0,00	0,00	0,90

Analizējot 3. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 15. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem ĶSP turpina samazināties. Paraugiem ar nesējiem amoniju jonu koncentrācija sāk palielināties, bet kopēja slāpekļa un fenola saturs samazinās. Paraugiem bez bioplēves nesējiem amonija jonu saturs samazinājās līdz 0,0 mg/L, kas var liecināt par bidegradācijas sākumu, mikrobioloģisko piesāņojumu dēļ.

15.tabula
Testēšanas rezultāti 3.dienā

Parauga Nr.	ĶSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	2736,00	102,20	0,00	0,00	0,00	13,00
2.	2743,00	106,60	0,00	0,00	0,00	12,90
3.	2810,00	119,40	0,00	0,00	0,00	13,10
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	2763,00	109,40	0,00	0,00	0,00	13,00
4.	1910,00	91,60	0,18	0,00	0,00	0,62
5.	1886,00	95,00	0,22	0,00	0,00	0,62
6.	1807,00	98,40	0,24	0,00	0,00	0,67
Vid. (ar bioplēves nesējiem)	1867,67	95,00	0,21	0,00	0,00	0,64

Analizējot 7. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 16. tabulu), var secināt, ka ĶSP visiem paraugiem turpina samazināties. Paraugiem ar bioplēves nesējiem kopēja slāpekļa un amoniju jonu saturs palielinās. Paraugiem bez nesējiem ļoti strauji samazinās fenola koncentrācija, tomēr palielinājies amonija jonu testēšanas saturs, kas liecina par iespējamu mikrobioloģisko kontamināciju kontroles paraugos. Par to vizuāli liecināja arī testa šķīduma sadalģoššanās.

Testēšanas rezultāti 7.dienā

Parauga Nr.	ḲSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	1907,00	111,40	1,78	0,00	0,00	2,90
2.	1885,00	107,60	1,67	0,00	0,00	3,10
3.	1890,00	110,70	1,92	0,00	0,00	2,70
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	1894,00	109,90	1,79	0,00	0,00	2,90
4.	1321,00	107,40	25,80	0,00	0,00	0,43
5.	1406,00	104,90	26,10	0,00	0,00	0,42
6.	1498,00	104,70	25,80	0,00	0,00	0,48
Vid (ar bioplēves nesējiem)	1408,33	106,67	25,90	0,00	0,00	0,44

Analizējot 8. dienas iegūtos testēšanas rezultātus (skat. 17. tabulu), var secināt, ka visiem paraugiem ḲSP un fenola koncentrācija turpina samazināties. Paraugiem gan ar, gan bez nesējiem amonija jonu un kopēja slāpekļa saturs palielinās.

Testēšanas rezultāti 8.dienā

Parauga Nr.	ḲSP , mg/L	N _{kop.} , mg/L	NH ₄ -N, mg/L	NO ₃ – N, mg/L	NO ₂ – N, mg/L	Fenols, mg/L
1.	1886,00	117,80	2,95	0,00	0,00	1,33
2.	1839,00	118,00	2,90	0,00	0,00	1,10
3.	1895,00	117,20	2,97	0,00	0,00	1,21
Vid.(bez bioplēves nesējiem)	1873,33	117,67	2,94	0,00	0,00	1,21
4.	1349,00	119,80	29,10	0,00	0,00	0,50
5.	1367,00	120,20	29,60	0,00	0,00	0,46
6.	1339,00	119,90	28,80	0,00	0,00	0,49
Vid .(ar bioplēves nesējiem)	1351,67	119,97	29,17	0,00	0,00	0,48

3.eksperimenta rezultātā: paraugiem bez bioplēves nesējiem ḲSP testēšanas rezultāti samazinājās par 72 %, bet ar bioplēves nesējiem par – 78 %. Visa eksperimentā garumā, paraugiem bez bioplēves nesējiem fenola saturs samazinājās par 91 %, tomēr ar bioplēves nesējiem samazinājās par 96%. Amonija jonu koncentrācija paraugos bez bioplēves nesējiem

samazinājās par 91 %. Paraugiem ar bioplēves nesējiem amonija jonu koncentrācija samazinājās par 7 %. 3.eksperimenta rezultāti atšķiras ar 1. un 2. eksperimenta rezultātiem. ĶSP un fenola saturs visiem paraugiem 3.eksperimentā, samazinājās līdzīgi, kas var secināt par mikrobioloģisko piesārņojumu kontrolparaugos. Mikrobioloģiskais piesārņojums varētu veidoties dažādu iemeslu dēļ, piemēram, paraugu ņemšanas laikā. Ņemot vērā novēroto sadalījumu kontroles paraugos, netika veikta papildus mikrobioloģiskā testēšana.

Secinājumi

- Mikroorganismu populācijas augsme ir tieši atkarīga no pieejamā substrāta kvalitātes un daudzuma. Ja barības vielas nav limitējošais faktors, mikroorganismu populācija aug ļoti ātri.
- 1. eksperimenta paraugiem ar bioplēves nesējiem ķīmiska skābekļa patēriņš samazinājās par 88%, bet kontrolparaugiem samazinājās par 43%, kas liecina, ka 43% piesārņojuma sastāda gaistošie savienojumi, kas izgaist bez mikroorganismu klātbūtnēs. Fenola saturs, kontrolparaugiem, samazinājās par 1%, bet ar mikroorganismiem fenola testēšanas rezultāti samazinājās par 93%.
- 2. eksperimenta paraugiem ar bioplēves nesējiem ķīmiska skābekļa patēriņš samazinājās par 88%, bet kontrolparaugiem samazinājās par 47% , kas liecina, ka 47% piesārņojuma sastāda gaistošie savienojumi, kas izgaist bez mikroorganismu klātbūtnēs. Kopēja slāpekļa testēšanas rezultāti visiem paraugiem palielinājās par 41%. Fenola saturs kontrolparaugiem samazinājās par 1%, bet ar mikroorganismiem fenola koncentrācija samazinājās par 93%.
- 1. un 2. eksperimentu rezultātu liecina ka fenols pamatā tiek biodegradēts. Amonija jonu saturs paraugiem bez aktīvām dūņām samazinājās uz 90% un vairāk, tomēr paraugiem ar bioplēves nesējiem pieaug 9-10 reizēs, kas liecina, ka aktīvo dūņu klātbūtnē notika organisko slāpekļa savienojumu biodegradācija – pāreja amonija formā.
- 3. eksperimenta paraugiem ar bioplēves nesējiem ķīmiska skābekļa patēriņš samazinājās par 78%, bet kontrolparaugiem samazinājās par 72%. Fenola saturs kontrolparaugiem samazinājās par 91%, bet ar mikroorganismiem fenola testēšanas rezultāti samazinājās par 96%. Amonija jonu saturs paraugiem bez aktīvām dūņām samazinājās par 91%, tomēr paraugiem ar bioplēves nesējiem samazinājās par 7% . 3.eksperimenta testēšanas rezultāti būtiski atšķiras no 1. un 2. eksperimentie, kas liecina par iespējamu mikrobioloģisko kontamināciju kontroles paraugos. Par to vizuāli liecina arī testa šķīduma sadalīšanās.
- Mikrobioloģiskais piesārņojums varētu veidoties dažādu iemeslu dēļ, piemēram, paraugu ņemšanas laikā.

- Ķīmiska skābekļa patēriņa samazināšanas rezultātā, paraugiem ar bioplēves nesējiem, strauji palielinās amonija saturs.
- Paraugiem ar bioplēves nesējiem būtiski samazinās fenola daudzums jau pirmajā dienā.
- Bioloģiska notekūdeņu attīrīšana ir svarīgākais vides aizsardzības pasākums, jo tas nodrošina, ka izplūdes notekūdeņi no farmācijas uzņēmuma, nav bīstami videi, cilvēka veselībai un atbilst reglamentējošiem normatīviem aktiem.

LITERATŪRAS UN AVOTU SARAKSTS

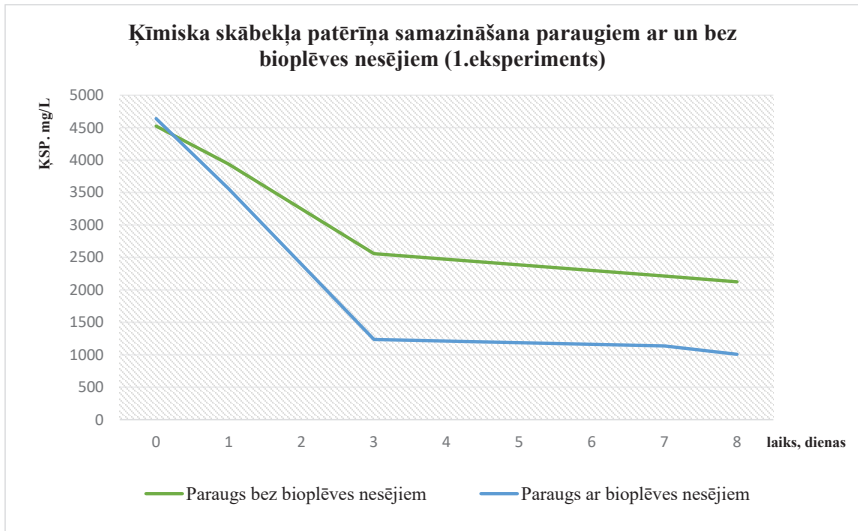
1. Ē. Tilgalis. Notekūdeņu savākšana un attīrīšana. Jelgava: LLU, 2004.
2. Notekūdeņu attīrīšana [tiešsaiste] [skatīts 2021.gadā 9.septembrī] Pieejams: https://www.geo.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/gzzf/zinas/18-LEKCIJA-Notekudenu_attirisana.pdf
3. Rīgas pilsētas centralizētās ūdensapgādes un kanalizācijas sistēmas ekspluatācijas, lietošanas un aizsardzības saistošie noteikumi, spēkā ar 29.12.2017 [tiešsaiste] [skatīts 2021.gadā 9.septembrī]. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/296134-rigas-pilsetas-centralizetas-udensapgades-un-kanalizācijas-sistemas-ekspluatācijas-lietosanas-un-aizsardzības-saistošie-noteikumi>
4. AS “Grindeks” iekšēja reglamentējoša dokumentācija. [skatīts 2021.gadā 20.septembrī]
5. Ūdens piesārņojums un tā attīrīšana [tiešsaiste] [skatīts 2021.gada 17.oktobrī]. Pieejams: https://estudijas.llu.lv/pluginfile.php/129185/mod_resource/content/1/udens_eez.pdf
6. U. Štibe. Notekūdeņu bioloģiskās attīrīšanas rādītāju raksturojums. Rīga: 1991.
7. Rokasgrāmata notekūdeņu dūņu apsaimniekošanai skatīts [2022.gadā 9.janvārī]. Pieejams: [https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Par_centru/ES_projekti/BECOSI/Rokasgramata_2_1_4_%20gala%20versija\(1\).pdf](https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Par_centru/ES_projekti/BECOSI/Rokasgramata_2_1_4_%20gala%20versija(1).pdf)
8. Ganapati D.Yadav. Pharmaceutical Industry Wastewater: Review of the Technologies for Water Treatment and Reuse, [dx.doi.org/10.1021/ie501210j](https://doi.org/10.1021/ie501210j) | Ind. Eng. Chem. Res. 2014, 53, 11571–11592. [skatīts 2022.gada 17.janvārī].
9. Биологическая очистка воды [tiešsaiste] [skatīts 2022.gada 19.janvārī]. <https://losbel.ru/blog/articles/biologicheskaya-ochistka-vody/#point-1>

PIELIKUMI

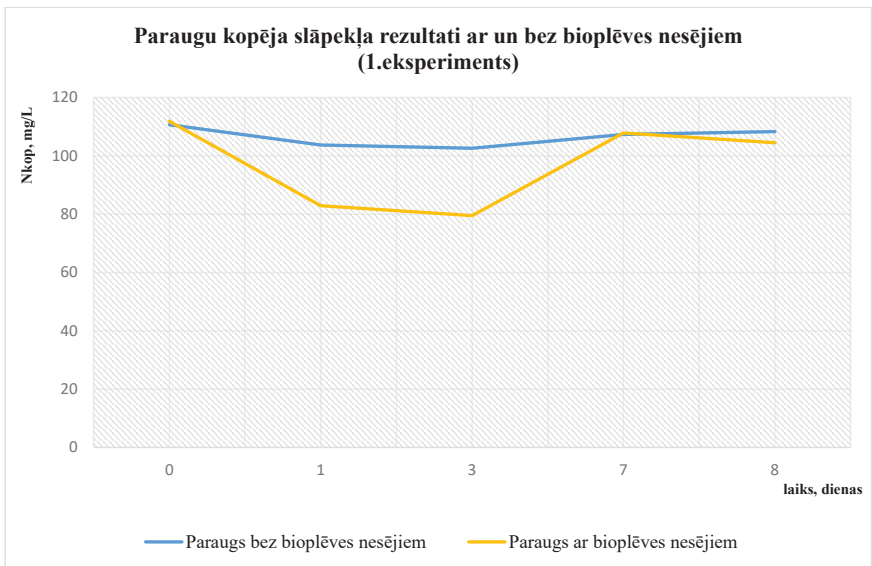
1. PIELIKUMS

1. eksperimenta analīžu rezultāti

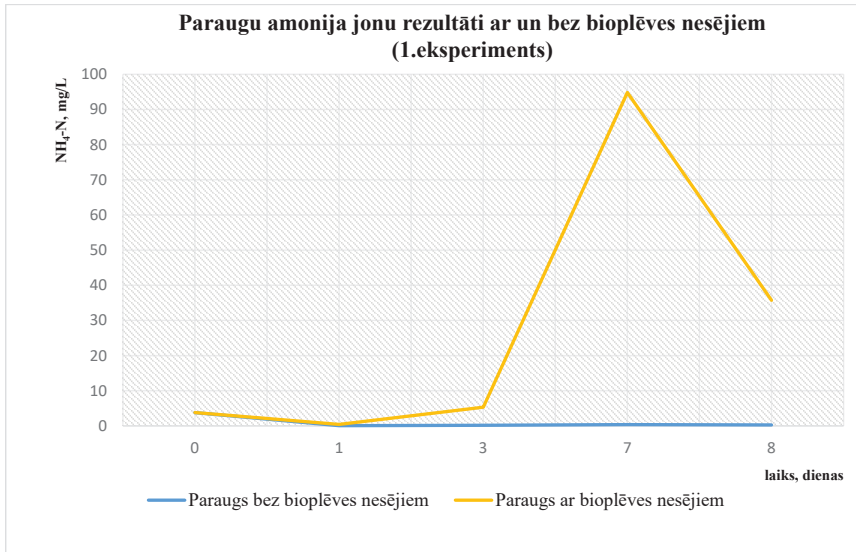
1. grafiks



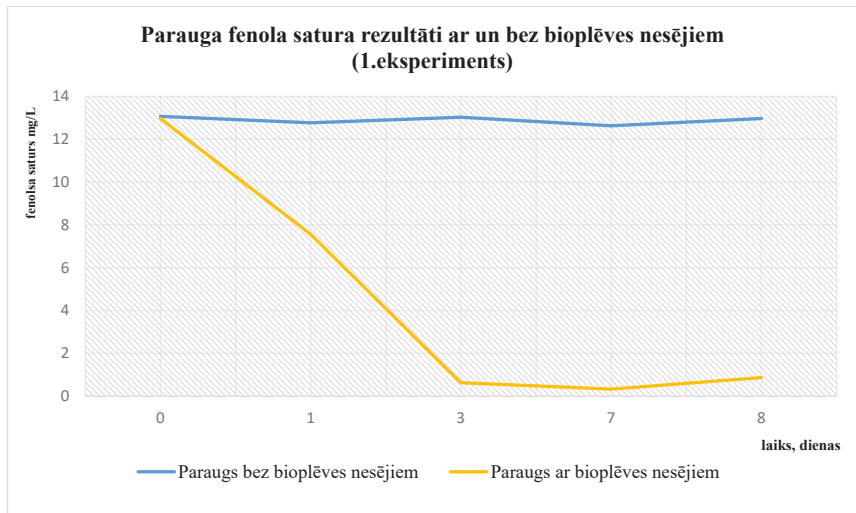
2. grafiks



3.grafiks



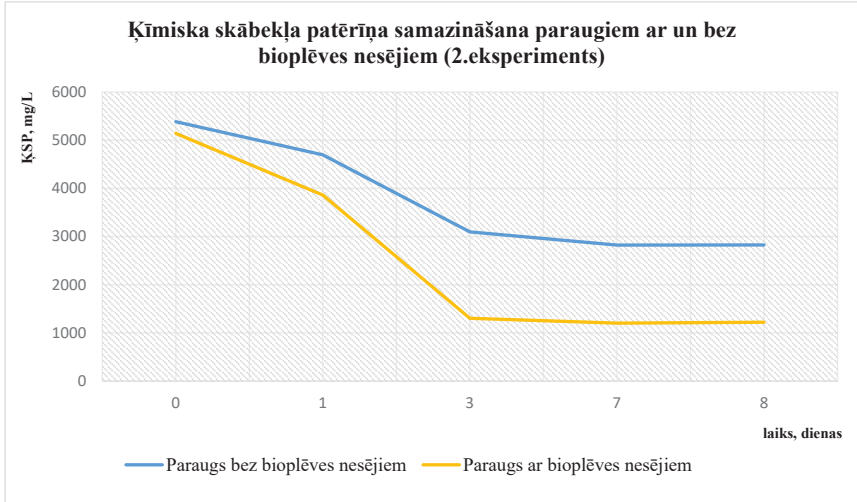
4.grafiks



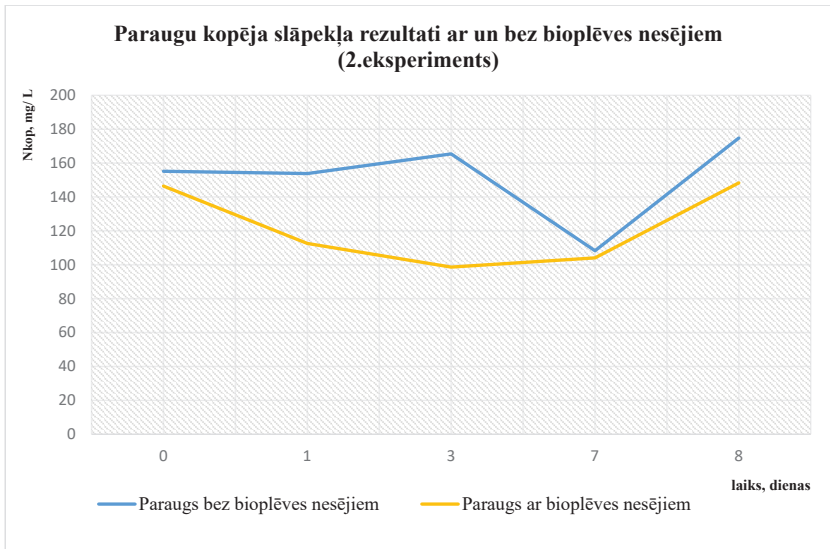
2.PIELIKUMS

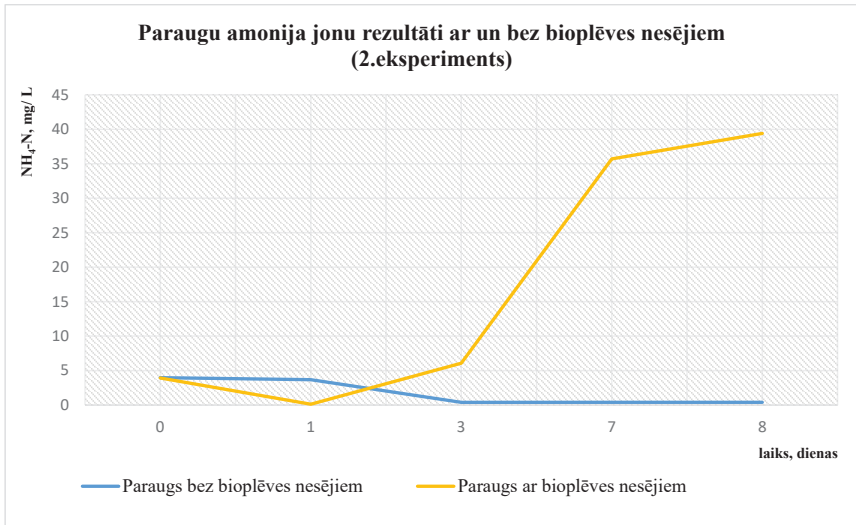
2.eksperimenta analīžu rezultāti

5.grafiks

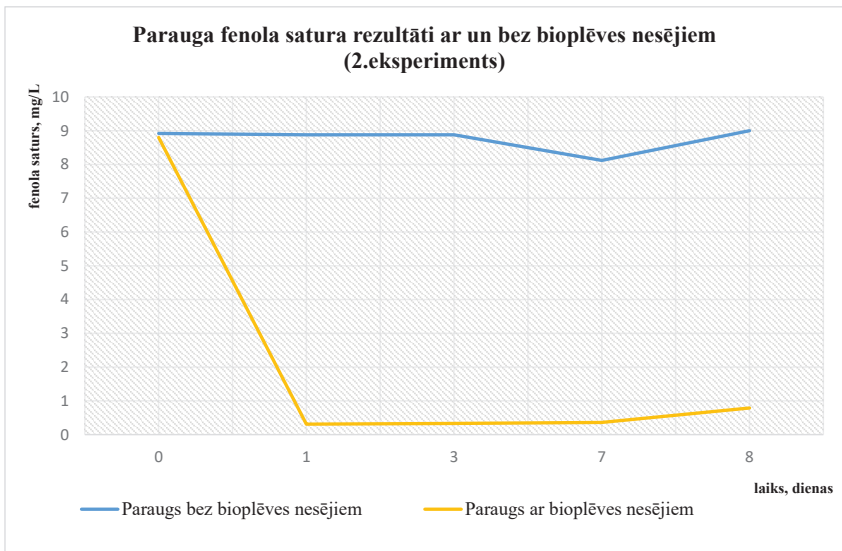


6.grafiks





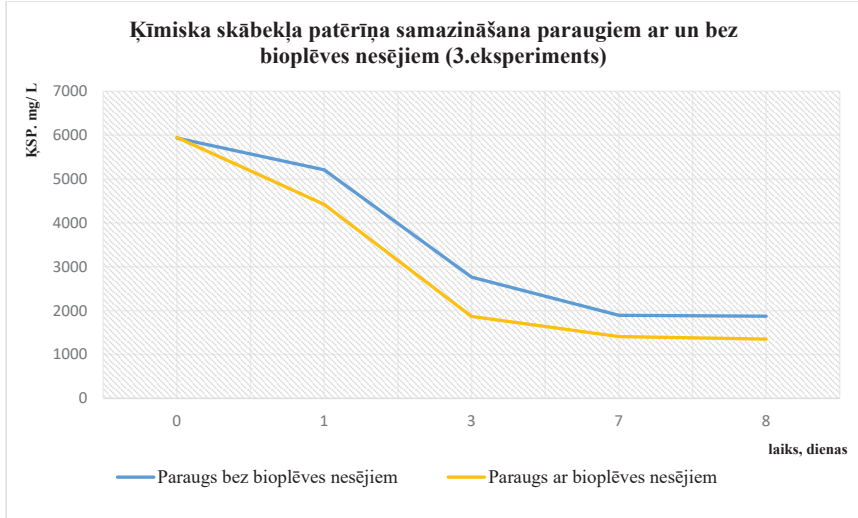
8.grafiks



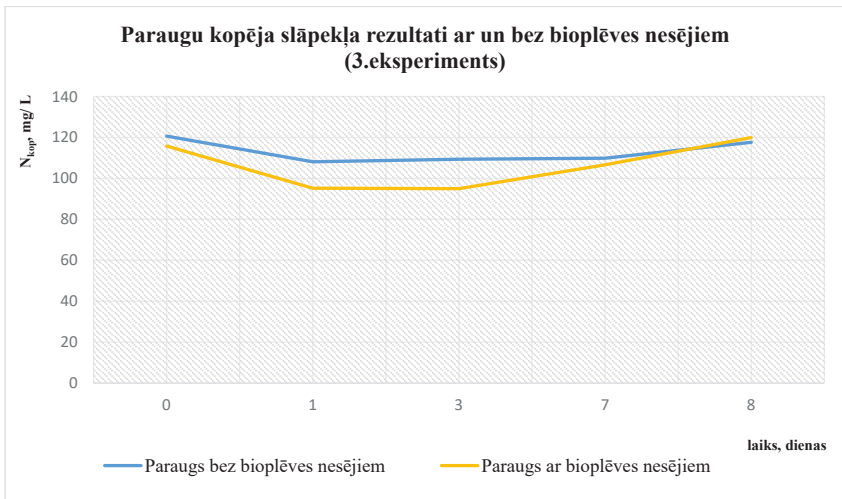
3. PIELIKUMS

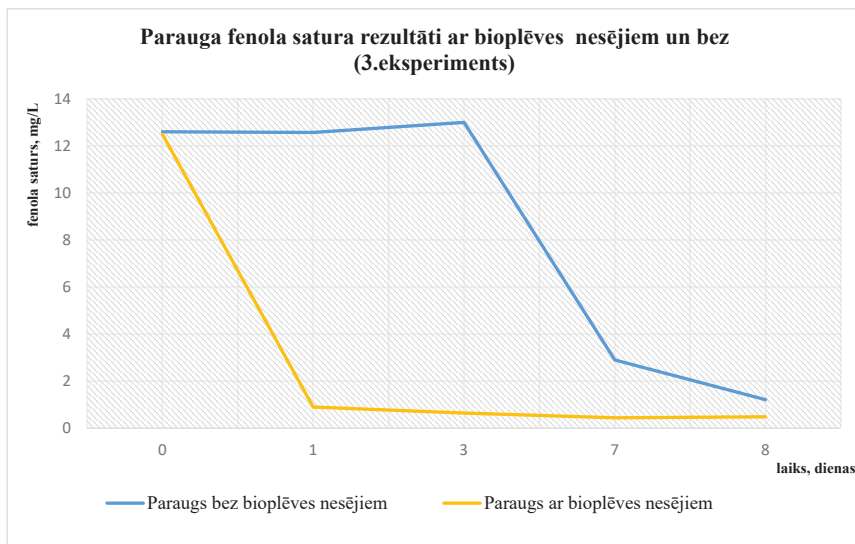
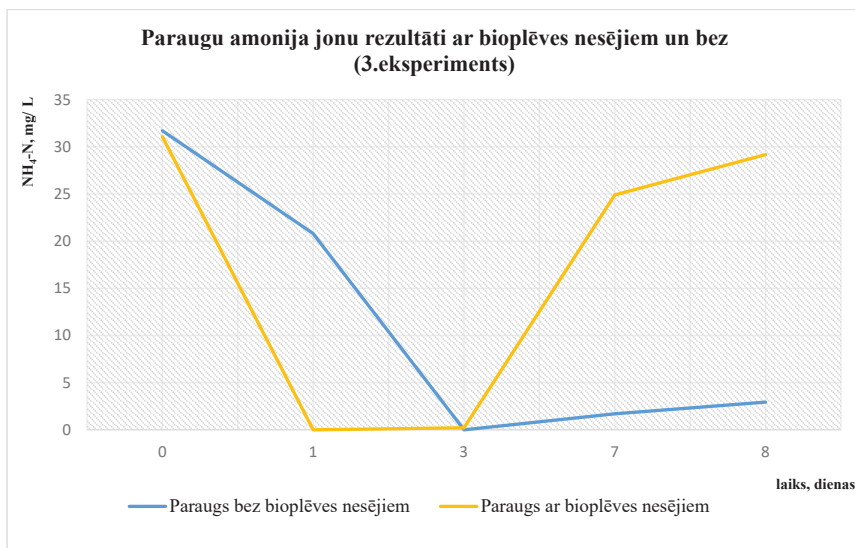
3. eksperimenta analīžu rezultāti

9. grafiks



10. grafiks





BENEFICIAL ROLE OF MICROBIAL BIOFILM IN BIODEGRADATION PROCESSES

Mg.biol. **Laura Žorža**

Biofilm, formaldehyde, benzalkonium chloride, bioplastics, biodegradation

Introduction

When researching the activity and control possibilities of one species or multi-species consortium of microorganisms, it is important not only to be aware about the potential of these microorganisms for biodegradation process but also to consider potential resistance of a particular compound. At the same time, it must not be forgotten that it is always important to carry out a risk assessment, as many disinfectants widely used in industry can not only promote resistance for a particular disinfectant to microorganisms, but also stimulate antibiotic resistance, which is definitely one of the biggest challenges we are facing now [1].

In my research, I have worked with microorganisms of various origins, such as landfill infiltrate, wastewater sludge, bacterial consortia with isolates-degraders, pure cultures and natural microbiome from hydroponically grown plant's rhizosphere. Various methods are used to study the activity of microorganisms and the main tasks and findings I am focusing on are: 1) to measure the removal of pollutant by physiologically active biofilm, non-active biofilm and carrier; 2) to test the structural and functional shift of planktonic and immobilized microbial community upon treatment and 3) to optimize the conditions for biofilm formation and maintaining for biodegradation.

Microbial biofilms

Biofilms are the aggregation of microbial cells, which are associated with the surface in almost an irreversible manner. They are attached with a biotic or abiotic surface integrated into the matrix that they have produced. A biofilm can consist of a single microbial species or a combination of different species of bacteria, protozoa, archaea, algae, filamentous fungi, and yeast that strongly attach to each other and to biotic or abiotic surfaces. However, mixed species biofilms form the majority in most of the environments and single species biofilms host the surface of medical implants and hence being the reason of infections [1, 2].

Bacterial biofilm formation is a complex process and can be described in five main phases. The first one is attachment. Conditioning layer is formed which have a loose collection of carbohydrates and proteins which gets unite with minerals in hard water [1]. The second one is irreversible attachment. As soon as conditioning layer formed, electrical charge accumulates on the surface which attracts the bacteria having opposite charge that result in irreversible attachment of microbial cells. The charges are sufficiently weak that microorganisms could be easily removed by the mild cleanser and sanitizers [1, 2]. In proliferation phase, bacteria get attached to the surface as well as with each other by secreting exopolysaccharides that entraps the cells. The fourth one is maturation. The biofilm environment consists of the nutrient-rich layer which supports the rapid growth of microorganisms. And the last one is dispersion. It is the process of dispersal of biofilm in which actively growing cells gradually sheds daughter cells [1].

Several factors play an important role in microbial attachment: substratum effects, hydrodynamics, characteristics of the aqueous medium, properties of the cells and environmental factors, including availability of certain nutrients, presence of oxygen, environmental pH and temperature [2, 3].

Unlike the planktonic bacteria, biofilms are not effectively eliminated by ordinary cleaning, washing and disinfection methods. In a biofilm, rendering biofilm becomes ten to thousand times less prone to several antimicrobial agents than the same planktonic culture grown bacterium. As compared to planktonic form, bacteria in biofilms shows a discrete physiology like reduced metabolic rate and enhanced cell to cell communication which helps in developing resistance to antibiotics or reduce their effects [2; 4].

The ability of bacteria to colonize surfaces and to establish biofilms are considered serious issues and has been associated with detrimental consequences in many branches related to food, water, pharmacy and healthcare [3]. In view of the serious impact of biofilms on human health and other aspects, researchers have long focused on prevention and control of the harmful biofilms. In an effort to get rid of harmful biofilms, various techniques and approaches have been developed which were mostly concerned with interference against bacterial attachment and quorum sensing as well as biofilm matrix destruction [1, 5]. However, bacterial biofilms can also affect the environments beyond risk. There are numerous beneficial applications of bacterial biofilms. Biofilm-associated bacteria play essential roles in the transformation of hazardous pollutants to harmless substances, the protection of plants against phytopathogens, the plant growth promotion, as well as the removal of excess nutrients from wastewater [3].

Role of microbial biofilms in biodegradation of formaldehyde

Biofilms often plays an important role in different ecosystems and one such positive example is biofilms formed by microorganisms on expanded clay pellets, which are widely used as a substrate for growing various plants in hydroponics. On the one hand, plants are known to play an important role in the purification of air from various pollutants, especially volatile organic compounds, but it is important to be aware of whether and to what extent biofilm microorganisms are involved in the biodegradation of volatile compounds. Knowing this, it is possible to look for different solutions to stimulate the activity of the biofilm [6; 7].

Volatile organic compounds (VOCs) such as formaldehyde, acetone, ethyl acetate, benzene, chloroform are common indoor pollutants [8]. Some VOCs are carcinogenic, damage the nervous and circulatory system [9] and cause allergies, skin irritation and respiratory diseases [10].

Various techniques are used to ensure indoor air circulation and purification from these pollutants. One of the most innovative solutions is the Green Wall System (GWS), which provides indoor air biofiltration. The GWS consists of tanks filled with a substrate, different plant species, as well as irrigation and ventilation systems that provide water circulation in the GWS and allow air to flow. Among the substrates used for air biofiltration systems, polyurethane [11], husk-based substrates with activated carbon [12], mixture of compost-scoria-sugarcane bagasse [13], expanded clay pellets with different amendments[14, 15, 16] and other compositions were reported.

An efficiency of air biofiltration in the GWS is highly dependent on the plant species [6]. The formaldehyde dehydrogenase (FADH) activity in plants was recently suggested for the assessment of the plant remediation efficiency of FA in air at lower concentrations [17]. Plants are capable of absorbing and metabolizing volatile compounds, including formaldehyde. Once they are absorbed through the stomata or cuticle, volatile compounds can be used as a carbon source via the Calvin cycle [18]. The concentration of formaldehyde in the air is an important factor that can affect its removal efficiency [19].

Formaldehyde can be transported from the air to the rhizosphere by plants via foliar uptake and subsequent movement to the root zone [20; 21]. There, formaldehyde can be degraded by microorganisms present in the soil or other substrate [22]. Another aspect of the efficient functioning of the GWS is related to the microbial activity, which is strongly dependent on plant species, substrate, operating conditions and air chemical composition. As FA is highly soluble in water, it is believed that air flow brings FA to the liquid phase of a hydroponic system, where FA can be subjected to microbial biodegradation. In turn, a metabolic activity of microbial communities is highly variable. For example, FA can be produced inside a biofilter as a secondary emission, being one of the first metabolic intermediates in the consumption of methanol in methylotrophic microorganisms [7]. Yet, FA is a subproduct in the metabolism of histidine, choline and a number of plant-derived methoxylated aromatic chemicals such as vanillate, veratrate and caffeate by certain microorganisms [23]. Optimization of operating conditions towards efficient FA removal can notably influence the microbial abundance and activity. Thus, the addition of ozone was shown to stimulate the removal of FA in a biofiltration system. At the same time, ozone inhibited the production of the exopolymeric substances in biofilm without affecting cell viability [24]. Among FA degrading bacteria, different proteobacteria have been detected, e.g., *Pseudomonas*, *Methyloversatilis*, *Methylophilus* and *Methylobacterium* [25].

Benzalkonium chloride

It has already been mentioned that microorganisms in biofilms are more efficient in providing biodegradation processes and this approach is often used in wastewater treatment plants. One of my research directions is to study the biodegradability of benzalkonium chloride using microbial biofilms.

Benzalkonium chloride is one of the most common quaternary ammonium compound found in wastewaters. Quaternary ammonium compounds or QACs are cationic surfactants used in the manufacture of detergents, disinfectants and many personal care products. The widespread use of quaternary ammonium compounds in industrial production has led to large amounts of these compounds entering wastewater [26]. Approximately 75% of QACs end up in wastewater treatment systems each year, with the rest going directly to the environment. It is the most common quaternary ammonium compound used in the pharmaceutical and cosmetics industries, in the production of disinfectants, and in the food industry as a preservative [27].

The widespread use of quaternary ammonium compounds in disinfectants has led to the development of bacterial resistance to these agents [8,27]. Interestingly, long-term exposure of bacteria to QACs has not only contributed to the development of resistance of microorganisms to these compounds, but has also contributed to the development of antibiotic resistance in bacteria [28].

Role of microbial biofilms in biodegradation of bioplastics

Another positive example of using microbial consortia for biodegradation is use of landfill leachate for biodegradation of plastics.

Plastics play a critical role by satisfying the daily needs of people and ensuring the functioning of the industry [29]. Global production and use of plastics is increasing every year leading to raised global concerns of increasing CO₂ emissions and accumulation of primary plastics and their transformed forms in the environment, including soil and aquatic ecosystems. This in turn can not only negatively affect the functioning of ecosystems, but also create potential health risks to humans [30; 31]. It takes a minimum of 50 years for mainstream plastics to break down in nature, whereas biodegradable plastic can be broken down 10 to 20 times quicker [31;32]

Biodegradable plastic products can serve as a good alternative to conventional petroleum-based non-biodegradable plastics. It is believed that in the future the bioplastics industry will develop and expand its production volume in the global market. Biodegradable plastics derived from starch (e.g., cassava (CAS)) are ecologically friendly, abundant, and low cost. The efficiency of the plastic degradation process is dependent on environmental conditions [29].

Studies have shown that humidity, soil enrichment in microorganisms promotes the biodegradability of bioplastics [29]. It was shown that some types of biodegradable plastics “disappeared” after three months in the sea, but still persisted in other environments after 27 months [33]. Therefore, further research on stimulation of biodegradability of different types of plastics is vitally necessary.

Landfill leachates are biologically active, heterogeneous due to the substrate complexity and are a rich source of different microorganisms. Due to these properties, landfill leachates could be applied in different types of biodegradation processes. Recent studies of Indian scientists demonstrated the presence of potential genes in landfill leachates that is associated with the biodegradation of different types of plastics such as polyethylene (PE), polyethyleneterephthalate (PET), and polystyrene (PS). These studies have also shown the presence of enzymatic groups and pathways involved in biodegradation of xenobiotics [34]. In this respect, application of landfill leachates could considerably promote the biodegradation of different types of plastics.

References

- [1] Choudhary, P., Singh, S., Agarwal, V., 2020, 'Microbial Biofilms', in S. Dincer, M. S. Özdenefe, A. Arkut (eds.), *Bacterial Biofilms*, IntechOpen, London. 10.5772/intechopen.90790.
- [2] Sharma D., L.Misba and U.K. Asad. Antimicrobial Resistance and Infection Control (2019) 8:76 <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0533-3>
- [3] Muhammad M. H., I. A. Lawan, F. Xiao, G. Yachong, Y. Yiyan, J. Xu, Q. Junzhi, G. Xiong, H. Tianpei. Beyond Risk: Bacterial Biofilms and Their Regulating Approaches. *Frontiers in Microbiology*. (2020) 11 <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2020.00928>
- [4] Koo, H., Allan, R., Howlin, R. et al. Targeting microbial biofilms: current and prospective therapeutic strategies. *Nat Rev Microbiol* 15, 740–755 (2017). <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.99>
- [5] Blackman, L. D., Qu, Y., Cass, P., & Locock, K. E. S. (2021). Approaches for the inhibition and elimination of microbial biofilms using macromolecular agents. *Chemical Society Reviews*, 50(3), 1587-1616. <https://doi.org/10.1039/d0cs00986e>
- [6] Suárez-Cáceres, G.P., Fernández-Cañero, R., Fernández-Espinosa, A.J., Rossini-Oliva, S., Franco-Salas, A., Pérez-Urrestarazu, L., 2021. Volatile organic compounds removal by means of a felt-based living wall to improve indoor air quality. *Atmos. Pollut. Res.* 12. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.11.009>
- [7] Guerrero, K., Arancibia, A., Cáceres, M., Aroca, G., 2019. Release of formaldehyde during the biofiltration of methanol vapors in a peat biofilter inoculated with *Pichia pastoris* GS115. *Electron. J. Biotechnol.* 40. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2019.04.003>
- [8] Zhang, L., Routsong, R., Strand, S.E., 2019. Greatly Enhanced Removal of Volatile Organic Carcinogens by a Genetically Modified Houseplant, Pothos Ivy (*Epipremnum aureum*) Expressing the Mammalian Cytochrome P450 2e1 Gene. *Environ. Sci. Technol.* 53. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04811>
- [9] Zhu, L., Shen, D., Luo, K.H., 2020. A critical review on VOCs adsorption by different porous materials: Species, mechanisms and modification methods. *J. Hazard. Mater.* <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122102>

- [10] Sahu, L.K., Tripathi, N., Yadav, R., 2017. Contribution of biogenic and photochemical sources to ambient VOCs during winter to summer transition at a semi-arid urban site in India. *Environ. Pollut.* 229. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.06.091>
- [11] Goli, A., Talaiekhazani, A., Eshtiaghi, N., Chisti, Y., Aramesh, Reza, Aramesh, Roya, Shamiri, A., 2017. Biotreatment of formaldehyde-contaminated air in a trickle bed bioreactor. *Desalin. Water Treat.* 93. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21512>
- [12] Pettit, T., Irga, P.J., Torpy, F.R., 2018. Functional green wall development for increasing air pollutant phytoremediation: Substrate development with coconut coir and activated carbon. *J. Hazard. Mater.* 360. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.048>
- [13] Jamshidi, A., Hajizadeh, Y., Amin, M.M., Kiani, G., Haidari, R., Falahi-Nejad, K., Parseh, I., 2018. Biofiltration of formaldehyde, acetaldehyde, and acrolein from polluted airstreams using a biofilter. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 93. <https://doi.org/10.1002/jctb.5496>
- [14] Zdeb, M., Lebioccka, M., 2016. Microbial removal of selected volatile organic compounds from the model landfill gas. *Ecol. Chem. Eng. S* 23. <https://doi.org/10.1515/eces-2016-0014>
- [15] Wu, S., Qi, Y., Yue, Q., Gao, B., Gao, Y., Fan, C., He, S., 2015. Preparation of ceramic filler from reusing sewage sludge and application in biological aerated filter for soy protein secondary wastewater treatment. *J. Hazard. Mater.* 283. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.10.013>
- [16] Kalniņš, M., Žorža, L., Sieriņa, A., Eppers, A., Muter, O., 2020. Abundance and enzyme activity of airborne microorganisms in the experimental green wall system, in: *World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.11159/icept20.156>
- [17] He, X., Li, D., Ablikim, A., Yang, Y., Su, Y., 2021. A rapid method to assess the formaldehyde dehydrogenase activity in plants for the remediation of formaldehyde. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 28. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11230-z>
- [18] Giese M., Bauer-Dorant U., Langebartels C. & Sandermann H. Jr (1994) Detoxification of formaldehyde by the spider plant (*Chlorophytum comosum* L.) and by Soybean (*Glycine max* L.) cell-suspension cultures. *Plant Physiology* 104, 1301–1309.
- [19] Guieysse, B., Hort, C., Platel, V., Munoz, R., Ondarts, M., Revah, S., 2008. Biological treatment of indoor air for VOC removal: potential and challenges. *Biotechnology Advances* 26, 398e410.
- [20] Su YH, Liang YC. 2015. Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (*Chlorophytum comosum*). *J Hazard Mater.*
- [21] Su YH, Liu T, Liang YC. 2010. Transport via xylem of trichloroethylene in wheat, corn, and tomato seedlings. *J Hazard Mater.* 182(1–3): 472–476. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.06.055.
- [22] Weyens N, Thijs S, Popek R, Witters N, Przybysz A, Espenshad J, Gawronska H, Vangronsveld J, Gawronski SW. 2015. The role of plant-microbe interactions and their exploitation for phytoremediation of air pollutants. *Int J Mol Sci.* 16(10):25576–25604. doi: 10.3390/ijms161025576.
- [23] Mitsui, R., Sakai, Y., Yasueda, H., Kato, N.: A novel operon encoding formaldehyde fixation: the ribulose monophosphate pathway in the gram-positive facultative methylophilic bacterium *Mycobacterium gastri* MB19. *J. Bacteriol.* 182, 944–948 (2000)
- [24] Maldonado-Diaz, G., Arriaga, S., 2015. Biofiltration of high formaldehyde loads with ozone additions in long-term operation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-5848-7>

- [25] Wen, H., Wang, J., Yang, C., Bi, X., Zou, P., 2020. Study of the Performance of a Composite Bioreactor on Removal of High Concentrations of Formaldehyde. *Water. Air. Soil Pollut.* 231. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4468-3>
- [26] Zhang, C., Cui, F., Zeng, G.M., Jiang, M., Yang, Z.Z., Yu, Z.G., Zhu, M.Y., Shen, L.Q., 2015. Quaternary ammonium compounds (QACs): a review on occurrence, fate and toxicity in the environment. *The Science of the total environment*, 518-519, pp.352–362.
- [27] Tezel, U. & Pavlostathis, S.G., 2015. Quaternary ammonium disinfectants: microbial adaptation, degradation and ecology. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, pp.296–304.
- [28] Gaze W, O'Neill C, Wellington E, Hawkey P. Antibiotic resistance in the environment, with particular reference to MRSA. *Adv Appl Microbiol.* 2008;63C:249–280.
- [29] Zounggran, Yacouba & Lynda, Ekou & Dobi-Brice, Kouassi & Tchirioua, Ekou & Bakary, Coulibaly & Yannick, Dje. (2020). Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 8. 104396. [10.1016/j.jece.2020.104396](https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104396).
- [30] Lebreton, L., Andrady, A. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Commun* 5, 6 (2019). <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>
- [31] Zheng J., Suh S., 2019. Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nat. Clim. Change*, 9(5),374-378.
- [32] Piribauer B., Laminger T., Ipsmiller W., Koch D., Bartl A., Assessment of microplastics in the environment –fibres: the disregarded twin?, *Detritus*.2020, 9(1) (2020) 201-2012.
- [33] Napper IE, Thompson RC (2019) Environmental Deterioration of Biodegradable, Oxobiodegradable, Compostable, and Conventional Plastic Carrier Bags in the Sea, Soil, and Open-Air over a 3-Year Period. *Environ Sci Technol*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06984>
- [34] Kumar R, Pandit P, Kumar D, et al (2021) Landfill microbiome harbour plastic degrading genes: A metagenomic study of solid waste dumping site of Gujarat, India. *Sci Total Environ* 779:. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146184>

Annotation

There are a big number of articles in the scientific databases about how to get rid of or how to prevent the formation of a harmful biofilm, but far fewer articles focuses on how to stimulate the action of a beneficial biofilm. Biofilms formed by different microorganisms play an important role in ecosystems and human's daily life. This article fuceses on several practical examples of how biofilms formed by microorganisms are used for biodegradation of various toxic compounds and environmental bioremediation.

