



29.09.2023

ERAF projekts Nr. 1.1.1.1/20/A/041

“Tehnoloģiju izstrāde notekūdeņu dūņu pārstrādei sekundārās izejvielās”,

Rīgas Tehniskā Universitāte un sadarbībā ar SIA “Bio RE”

Galvenie zinātniskie rezultāti

MP9 (16.06.2023. – 29.09.2023.)

Darbība 1.5. “Fermentējamo ogļhidrātu iegūšana bioloģiskās hidrolīzes ceļā”, Rūpnieciskais pētījums

Aktivitātes mērķu sasniegšanai tika veikta dažādu dūņu (pirmējās, pirmējo dūņu nogulsnes, restu nogrābšņi, smilšu/tauku ķērāju frakciju, sekundāro, proteīn-brīvo un anaerobi apstrādāto) enzimatiskā hidrolīze ar komerciāliem enzīmiem un RTU laboratorijā pagatavotiem enzīmu maisījumiem no *Irpex lacteus*. Augstākie rezultāti tika sasniegti, apstrādājot restu nogrābšņus ar *Celluclast* enzīmu (30 EGU/g) – pēc 48 h ieguva 109 mg/g jeb 97% no ogļhidrātiem tika atbrīvoti kā cukuri. Dažos eksperimentos tika pārsniegta 100% saharifikācijas pakāpe (restu nogrābšņi ar *Celluclast* 140 EGU/g, *Cellic CTec2* 30, 155 FPU/g). Apstrādājot pirmējās dūņas, visvairāk cukuru tika iegūti ar *Irpex lacteus* enzīmu (140 FPU/g deva) – 25 mg/g.

Darbība 2.1. “Proteīnu izdalīšana no aktīvo dūņu hidrolizāta ar membrānu tehnoloģijām un fizikāli ķīmiskajām metodēm”, Rūpnieciskais pētījums

Nemot vērā iepriekš gūtās atziņas, eksperimentālais process tika virzīts uz ķīmisko proteīnu izdalīšanu – šoreiz uzsvāru liekot nevis uz sāļu, bet gan organisko šķīdinātāju izdalīšanas metodēm, jo literatūras dati norāda, ka augstas molekulu masas organiskos savienojumus ir iespējams efektīvi izdalīt ar šāda veida metodēm. Pēc vairākiem neveiksmīgiem mēģinājumiem tika atrasta metode, kā izdalīt proteīnus no šķīduma. Metode paredz izmantot aukstu acetonu, kas jāsamaisa ar hidrolīzes masas centrifugātu vismaz 1:1 attiecībā. Šī metode ļāva panākt veiksmīgu proteīnu izsāļošanu. Izmantojot šo metodi, bija iespējams izdalīt 50 - 80% no proteīna, kas bija šķīdumā. Svarīgs arī bija fakts, ka izsāļotie proteīni pēc tam ir šķīstoši ūdenī, kas šo metodi īpaši izceļ starp jau izmantotajām. Neskatoties uz veiksmīgu proteīna izsāļošanu, ir jāatzīst, ka iegūtā masa satur lielu neorganisko sāļu koncentrāciju un tā rezultātā proteīna koncentrācija nogulsnēs bija tikai 50 - 80%. Tas norāda, ka šis process nav ideāls un ka ir jārisina jautājums par neorganisko sāļu klātbūtni.

Darbība 2.2. “Fermentējamo cukuru izdalīšana no aktīvo dūņu hidrolizāta ar membrānu tehnoloģijām un fizikāli ķīmiskajām metodēm”, Rūpnieciskais pētījums

ERAF projekts Nr. 1.1.1.1/20/A/041 “Tehnoloģiju izstrāde notekūdeņu dūņu pārstrādei sekundārās izejvielās.”

Pēc optimālāko parametru atlases Darbībā 1.5., uzsākti membrānu filtrācijas testi, izveidota dažādu membrānu kaskāde un attīrīta ogļhidrātu maisījuma pagatavošana.

Darbība 3. “Pilota iekārtas izstrāde NAID dezintegrācijas un/vai hidrolīzes un proteīnu izdalīšanai”, Rūpnieciskais pētījums

Pētījumu periodā, sekojot līdzi iekārtas moduļu tapšanas procesam, tika koriģēti atsevišķi montāžas izpildes posmi un novērstas konstruktīvās neatbilstības. Tika veikta pilotiekārtas montāža pēc moduļu piegādes. Tika sagatavota infrastruktūra plānotajiem eksperimentiem ar pilotiekārtu. Veikti pirmie testa eksperimenti, kas uzrādīja nepieciešamību paaugstināt kavitācijas moduļa piedziņas elektromotora jaudu. Iekārtas elektromotora jauda (7,5 kW), kas piedzen kavitācijas moduli, ir par mazu. Pašlaik nav iespējams paaugstināt sistēmā spiedienu, palielināt hidraulisko pretestību kavitācijas modulī, tādā veidā optimizēt kavitācijas procesu. Ir pieņemts lēmums uzstādīt elektromotoru ar jaudu 15 kW. Ir uzsākta pilotiekārtas pārbūve.

Darbība 4. “Dūņu tālākas apsaimniekošanas iespējas pēc proteīnu un ogļhidrātu izdalīšanas”, Rūpnieciskais pētījums

Šajā pētniecības periodā tika veikti tālāki pētījumi pa to, kā NAID dezintegrācija un hidrolīze ietekmē biometāna potenciālu dūņās. Biometāna potenciāla noteikšanas testi nepārprotami norāda, ka dūņu apstrāde pazemina dūņu biometāna potenciālu. Salīdzinot biometāna potenciāla mērījumu rezultātus, ir redzams, ka paraugi, kas iepriekš ir apstrādāti ar fizikāli-ķīmiskajām metodēm un no šķīduma ir izņemta daļa organikas, uzrāda ievērojami mazāku biometāna potenciālu salīdzinājumā ar neapstrādātām dūņām. Tas nozīmē, ka reakcijas masā izšķīdušo organisko vielu zudumu nekompensē fakts, ka palikušie ķīmiskie savienojumi teorētiski varētu kļūt pieejamāki AF hidrolīzes mikroorganismiem. Šis secinājums, norāda, ka dūņas, no kurām iepriekšējos procesos tiks izdalīti proteīni vai citas biogēnās vielas, būs grūtāk utilizēt un samazināsies to pielietošanas iespējas tautsaimniecībā.

Turpināta dūņu tālākas izmantošanas iespēju izpēte, analizētas higienizācijas metodes, rezultāti prezentēti starptautiskās zinātniskās konferencēs:

1. “International Sustainable Resource Recovery Strategies Toward Zero Waste (FULLRECO4US)”, Stambula, 13-15 Septembris, ar mutisko ziņojumu: Linda Mezule “Assesment of sewage sludge for nutrient recovery and its accelerated use in agriculture”.
2. “Retase: Rethink food resources, losses, and waste 2023”, Atēnas, 27-29 Septembris, ar mutisko ziņojumu: Linda Mežule “Assesment of sewage sludge hygienization methods for its accelerated use in agriculture: nutrient recovery as an alternative approach”.

Darbība 5.1. “Jauna produkta sintēze no NAID hidrolizētajiem proteīniem. Sintēzes produkta hidrofilā lipofilā balansa (HLB) vērtību un kritisko micellu koncentrācijas (CMC) analīze un optimizācija”, Eksperimentālā izstrāde

Pēc tam, kad izdevās proteīnu izsāļošana izmantojot acetonu, no iegūtās proteīnu masas, izmantojot jau iepriekš lietotās sintēzes metodes, izdevās iegūt VAV ar aktīvās vielas koncentrāciju līdz 28%. Lai arī iegūtā virsmas aktīvā viela ir ar augstāku aktīvās vielas koncentrāciju, tās īpašības salīdzinājumā ar tām, kas tika iegūtas tikai no apstrādātām dūņām

nav īpaši atšķirīgas un uzrāda virsmas spraiguma samazināšanas spēju līdz 32mN/cm² pie aktīvās vielas koncentrācijas 0.06% un HLB vērtību 3 – 5 .

Darbība 5.2. “Uz proteīnu bāzes sintezēto VAV testi nepārtrauktas darbības biogāzes reaktorā”, Eksperimentālā izstrāde

Tehnisku iemeslu nebija iespējams nodrošināt AF fermentācijas reaktoru stabilu darbību, lai pilnvērtīgus kvalitatīvu eksperimentu un pārbaudītu VAV ietekmi uz dažādiem substrātiem un AF procesu kā tādu. Konstruētā iekārta ir paredzēta primāri nostādinātām dūņām, jo atspiestu dūņu izmantošanas gadījumā tās atkal būtu jāšķaida vismaz attiecībā 1:1. Tika apskatītas šīs tautsaimniecībā aktuālākas problēmas:

1. Viena no mūsdienu bioloģisko attīrīšanas iekārtu problēmām ir tieši nepietiekams “C” avots kā ienākošajos notekūdeņos, tā arī denitrifikācijas procesā. Tāpēc būtu ļoti nozīmīgi, ja daļu no trūkstošā “C” avota būtu iespējams atgriezt no izvadīto dūņu plūsmas, tās iepriekš apstrādājot ar hidrodinamiskās kavitācijas iekārtu. Tas savukārt ļautu samazināt notekūdeņu apsaimniekošanas izmaksas.
2. Kā vēl viens pētījumu objekts tiks izvirzīta arī dūņu saistītā ūdens samazināšana. Esam novērojuši, ka hidrodinamiski apstrādāto dūņu masa ir daudz homogēnāka salīdzinājumā ar neapstrādātu masu. Tas, savukārt, nozīmē, ka, lietojot dažādus flokulantu polimērus, dūņas būtu iespējams atspiest ar daudzu lielāku efektivitāti, samazinot saistītā ūdens apjomu tajās – līdz ar to būtu iespējams samazināt atspiesto dūņu daudzumu.

Darbība 6. “Fermentējamo cukuru ražošanas un izdalīšanas tehnoloģiskā procesa izstrāde lielām (virs 100 000 CE) un mazām/vidējām (zem 50 000 CE) NAI”, Rūpnieciskais pētījums.

Uzsākts darbs pie kopējā tehnoloģiskā procesa shēmas izveides un procesu kartes formulēšanas. Publicēts zinātniskais raksts Q1 līmeņa žurnālā par dūņu sastāvu dažāda izmēra NAI: Zarina R., Mezule L., 2023. Opportunities for resource recovery from Latvian municipal sewage sludge. *Heliyon*, e20435.