



I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

## Projekta progress pārskats par periodu 01.04.2018. - 30.06.2018.

<b>Aktivitāte:</b>	Darbības programmas "Izaugsme un nodarbinātība" 1.1.1. specifiskā atbalsta mērķa "Palielināt Latvijas zinātnisko institūciju pētniecisko un inovatīvo kapacitāti un spēju piesaistīt ārējo finansējumu, ieguldot cilvēkresursos un infrastruktūrā" 1.1.1.1. pasākums "Praktiskas ievirzes pētījumi".
<b>Projekta numurs:</b>	1.1.1.1/16/A/144
<b>Projekta nosaukums:</b>	Magnētiskā lauka ierosinātas maisīšanas ietekme uz biotehnoloģiskajiem procesiem
<b>Projekta īstenošanas vieta:</b>	Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Fizikālās enerģētikas institūts, Rīgas Tehniskā universitāte
<b>Projekta zinātniskais vadītājs:</b>	Juris Vanags
<b>Sadarbības iestāde:</b>	Centrālā finanšu un līgumu aģentūra

Projekts tiek īstenots ar Eiropas Reģionālās attīstības fonda finansiālu atbalstu



## Magnētiskā lauka ierosinātas maisīšanas ietekme uz biotehnoloģiskajiem procesiem

**Projekta vispārīgais mērķis:** izpētīt magnētiskā lauka ierosinātas maisīšanas radītā lauka ietekmi uz mikroorganismu augšanu un biosintēzi.

**Projekta specifiskais mērķis:** pētījumu rezultātā noteikt magnētisko piedziņu pielietojamības robežas dažādiem steriliem biotehnoloģiskajiem procesiem.

Pēc projekta īstenošanas grafika pārskata periodā tiek turpināta sekojošas darbības:

2. Rotoru magnētiskā lauka ietekmes izvērtējums uz baktēriju, raugu un mikroaļģu kultivācijas procesiem laboratorijas bioreaktorā;
3. Magnētiskā lauka mērogošana laboratorijas bioreaktorā un to ietekme uz baktēriju, raugu un mikroaļģu kultivāciju

### 2. darbība. Rotoru magnētiskā lauka ietekmes izvērtējums uz baktēriju, raugu un mikroaļģu kultivācijas procesiem laboratorijas bioreaktorā

**Darbības mērķis:** Izvērtēt rotoru magnētiskā lauka ietekmi mikroorganismu (kā baktērijas, raugi, mikroaļģes vai citu kultūru) kultivācijas procesos.

**Izvirzītie uzdevumi mērķa sasniegšanai:**

- Eksperimentu veikšana ar pilnveidoto eksperimentālo iekārtu plāksņveida mikroreaktorā magnētiskā lauka ietekmes novērtēšanai;
- Modelēšanas pētījumi skābekļa masas pārnese koeficienta novērtēšanai;
- OpenFOAM skaitliskās plūsmas mehānikas (CFD) vides apguve;
- Zīdītājšūnu eksperimenti laboratorijas plāksņveida mikroreaktorā.

#### Rezultāti:

Eksperimentu veikšana ar pilnveidoto eksperimentālo iekārtu plāksņveida mikroreaktorā magnētiskā lauka ietekmes novērtēšanai.

Tiek veikti eksperimenti permanento magnētu radītajā magnētiskajā laukā ar dažādām mikroorganismu kultūrām. Tiek uzlaboti tehnisko parametri, kā piemēram, vienādas un nelielas gaisa plūsmas nodrošināšana paralēlos mikroreaktoros.

Analītisko sakarību un COMSOL Multiphysics® programmatūras pielietojums bioreaktora difūzijas procesu modelēšanā

Atstrādāta skābekļa masas pārnese koeficienta,  $kLa$  matemātiskās modelēšanas metode 5L sistēmai ar Ruštona turbīnu. Atrastas divas empīriskas sakarības, kas apraksta maisīšanas ātruma un skābekļa masas pārnese koeficienta sasaisti. Secināts, ka, pirmkārt, optimālais maisīšanas diapazons ir 300-700 apgriezieni minūtē, kas var novest pie augstāka biomasas iznākuma reāla procesa gadījumā. Otrkārt, pieaugot rotora apgriezienu skaitam, nelineāri (logaritmiski) pieaug masas pārnese koeficients. Daļēji koeficienta vērtību ietekmē arī gaisa padeves ātrums. Jo tas ir augstāks, jo augstāka būs koeficienta vērtība. COMSOL modeļa rezultāti tuvināti sakrīt ar analītisko izteiksmju rezultātiem, kas apstiprina rezultātu ticamību. Iegūtās koeficienta vērtības ir 2.30 – 4.20 [ $\text{min}^{-1}$ ] jeb 0.04-0.07 [ $\text{s}^{-1}$ ] robežās pie 100-1000 [apgriez./min] un skābekļa padeves ātruma 0.3 [ $\text{L min}^{-1}$ ].

OpenFOAM modelēšanas skaitliskās plūsmas mehānikas (CFD) vides apguve

Iepazītas OpenFOAM vides pamatfunkcijas (i.e. BlockMesh, SnappyHexMesh, FoamToVTK, Paraview/ParaFoam). Iegūti pirmie attēli ar simulācijas rezultātu pēc apstrādes programmu Paraview (animācija no reaktora šķēluma ar rotējošu 4-lāpstiņu rotoru). Tiek strādāts pie pakāpeniskas pārejas uz modelēšanu OpenFOAM vidē. Pamatojums: OpenFOAM ir atvērtā koda programmatūra ar funkcionāli

plašākām iespējām un lielāku lietotāju atbalsta centru. Turklāt ir vēlams paralēli strādājošs otrs validācijas rīks, kas apstiprinātu COMSOL modeļu adekvātumu.

#### Zīdītājšūnu eksperimenti laboratorijas plāksņveida mikroreaktorā.

Izstrādāta zīdītājšūnu CHO-S kultivēšanas metodika laboratorijas plāksņveida mikroreaktorā. Atšķirībā no eksperimentiem laboratorijas traukos, šeit gāzu maisījuma padeve vienlaicīgi nodrošina ne tikai barības vielas, bet arī suspensijas maisīšanu. Tāpēc noskaidrots, ka šajā eksperimentālajā konstrukcijā gāzes padevi ietekmē tādi plūsmas pretpiediena faktori kā adatas cauruma izmērs, forma un atrašanās augstums, atveres korķu pozīcija un citas īpatnības. Tāpat pārbaudīts, ka pie plūsmas ātruma, kas tuvs baktēriju un raugu kultivēšanas apstākļiem (kur tas ir salīdzinoši lielāks), zīdītājšūnas neizdzīvo. Turpretī pārāk mazas gāzes plūsmas rezultātā šūnu suspensija pietiekoši neapmaisās, un šūnas veido nosēdumus reaktora lejasdaļā. Secināms, ka ar pieejamajām iekārtām optimālus kultivēšanas parametrus nav izdevies atrast. To negatīvi apstiprina arī šūnu konsekventā aglomerēšanās klasteros.

Ar esošo tehnisko aprīkojumu nav iespējams nodrošināt eksperimentu atkārtojamību. Līdz ar to iegūtie šūnu pieauguma rezultāti nav salīdzināmi. Veikti eksperimenti arī statiskā magnētiskā laukā, taču tie nav salīdzināmi.

Neskatoties uz to, ir apzināta zīdītājšūnu CHO-S augšanas dinamika. Plāksņveida mikroreaktorā šūnas veic tikai 1-2 dubultošanās ciklus, kamēr laboratorijas traukos pie vieniem un tiem pašiem sākuma datiem spēj dubultoties 3-4 reizes.

### **3.darbība. Magnētiskā lauka mērogošana laboratorijas bioreaktorā un to ietekme uz baktēriju, raugu un mikroaļģu kultivāciju**

**Darbības mērķis:** Mērogot eksperimentus no standarta laboratorijas eksperimentiem uz laboratorijas bioreaktora izmēriem dažādām mikroorganismu kultūrām.

#### **Izvirzītie uzdevumi mērķa sasniegšanai:**

- Eksperimentu veikšana bioreaktoros ar diviem dažādiem maisītāju veidiem;
- 3D modeļu izstrāde 4 m<sup>3</sup> bioreaktoram;
- Publikācijas iesniegšana starptautiskajai konferencijai.

#### **Rezultāti**

##### Eksperimentu veikšana bioreaktoros ar diviem dažādiem maisītāju veidiem.

Tiek veikti eksperimenti laboratorijas mēroga bioreaktorā ar magnētiskās piedziņas maisītāju un standarta konfigurācijas maisītāju. Tiek veiktas šūnu dzīvotspējas noteikšanas analīzes. Tiek validēts šūnu dzīvotspējas noteikšanas sensors, kas spēj veikt rādījumus automātiski reālajā laikā, kā arī salīdzināti iegūtie dati ar manuāli paņemtajiem paraugiem un manuāli veiktajiem optiskā blīvuma mērījumiem.

##### 3D modeļu izstrāde 4 m<sup>3</sup> bioreaktoram.

Tika izstrādāti un salīdzināti 2D un 3D sajūgu matemātiskie modeļi 4 m<sup>3</sup> bioreaktoram. Veikts iegūto rezultātu salīdzinājums (kritiskais moments, magnētiskā lauka intensitāte un indukcija).

##### Publikācijas iesniegšana starptautiskajai konferencijai.

2018. gada 31. maijā iesniegta publikācija (pilns raksts): “Design of Magnetic Couplings for Bioreactors: Analytical Treatment and Optimization” dalībai starptautiskajā konferencē: 20th European Conference on Power Electronics and Applications, 2018, September, Latvia, Riga.

## **1.darbība. Bioreaktora magnētiskās piedziņas magnētiskā lauka modelēšana un eksperimentālā pārbaude**

### Magnētisko sajūgu veiktspējas aprēķinu metodikas papildināšana.

Tuvojoties projekta zinātniskā vidus posma izvērtējama brīdim, tiek papildināta aprēķinu metodika, kas tika sagatavota projekta 1.darbības laikā. Tika aprēķināta magnētiskā sajūga kritiskā momenta atkarība no polu pāru skaita bioreaktoriem: 1 m<sup>3</sup>, 4 m<sup>3</sup> un 15 m<sup>3</sup>. Veikta 1 m<sup>3</sup> bioreaktora sajūga optimizācija, kuras rezultātā magnētiskā sajūga kritisko momentu izdevās palielināt par 21.9% (no 50.2 Nm uz 61.2 Nm), saglabājot sajūga ārējo diametru, un nemainot gaisa spraugas izmēru.

### **Sapulces par projekta darba uzdevumiem un progresu**

Projekta progresa uzraudzībai un informācijas apmaiņai starp visiem projekta partneriem, pārskata periodā tika noturētas divas sapulces, kurās piedalījās pārstāvji no katra sadarbības partnera. Sapulces tika noturētas sekojošos datumos:

- 2018.gada 23.aprīlī;
- 2018.gada 20.jūnijā.

Pārskats sagatavots un ievietots mājas lapā 2018.gada 29.jūnijā.