



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
01.01.2017 - 30.06.2017

Aktivitāte:	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".
Projekta numurs:	1.1.1.1/16/A/144
Projekta nosaukums:	Magnētiskā lauka ierosinātas maisīšanas ietekme uz biotehnoloģiskajiem procesiem
Projekta īstenošanas vieta:	Latvijas Valsts koksnes ķīmijas institūts, Fizikālās enerģētikas institūts, Rīgas Tehniskā universitāte
Projekta zinātniskais vadītājs:	Juris Vanags
Sadarbības iestāde:	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 uzsāktas sekojošas darbības:

1. Bioreaktora magnētiskās piedziņas magnētiskā lauka modelēšana un eksperimentālā pārbaude;
2. Rotoru magnētiskā lauka ietekmes izvērtējums uz baktēriju, raugu un mikroaļģu kultivācijas procesiem laboratorijas bioreaktorā.

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

Darbības mērķis: Magnētiskās piedziņas izvēle no efektivitātes viedokļa. Metodikas izveide, ar kuru būs iespējams novērtēt dažādas veiktspējas piedziņas atkarību no procesā pielietojamā mikroorganisma veida.

Izvirzītie uzdevumi mērķa sasniegšanai:

- Magnētiskā lauka skaitliskā modelēšana 5 litru, 1000 litru, 4000 litru un 15 000 litru bioreaktoru magnētiskajiem sajūgiem;
- Bioreaktoru magnētisko maisītāju magnētu magnētiskās indukcijas eksperimentāla noteikšana;
- Eksperimentālas iekārtas izveide magnētiskā lauka nodrošināšanai laboratorijas kolbās.

Rezultāti:

Magnētiskā lauka skaitliskā modelēšana 5 litru, 1000 litru, 4000 litru un 15 000 litru bioreaktoru magnētiskajiem sajūgiem.

Darbība tika uzsākta ar magnētiskā lauka skaitliskās modelēšanas veikšanu un maksimālā griezes momenta eksperimentālu noteikšanu dažādu magnētisko maisītāju ģeometriskajām konfigurācijām.

Izmantoto pastāvīgo magnētu galvenie raksturlielumi: materiāls - NdFeB, tips - N48H.

Tabulā 1 apkopoti magnētisko sajūgu matemātiskā modelēšanas rezultātā iegūtie rezultāti – maksimālais sajūga statistiskais moments un maksimālais īpatnējais moments, kurš norāda magnētu konstruktīvā risinājuma efektivitāti.

Tabula 1

Reaktora tilpums	5 litri	1000 litri	4000 litri	15000 litri
Parametrs				
Maksimālais moments, Nm	1,00	50,47	92,25	252,44
Magnētu īpatnējais moments, Nm/kg	39,58	54,97	48,41	82,26

Konstruācijas modeļu magnētisko lauku matemātiskā modelēšana tika veikta ar datorprogrammu kompleksu Infolytica MagNet. Rezultātā tika iegūti attēli ar precīzu magnētiskā lauka intensitāti dažādos magnētiskā sajūga punktos.

Bioreaktoru magnētisko maisītāju magnētu magnētiskās indukcijas eksperimentālā noteikšana

Pārskata periodā tika veikta dažādu bioreaktoru magnētisko maisītāju pastāvīgo magnētu NdFeB (tips N48H) magnētiskās indukcijas eksperimentāla noteikšana un pārbaude uz termisko izturību četriem taisnstūra (1x1/8x1/16; 1x1/2x1/8; 1x1/2x1/4; 1x1/4x1/8 collas) un diviem arkveida (R_a 47.2 mm, R_i , 37.3 mm, L 25.4 mm, $\varphi = 27$ deg; R_a 62.2 mm, R_i , 52.7 mm, L 25.4 mm, $\varphi = 27$ deg) magnētiem ar gauss-metru. Magnētu maksimālā darba temperatūra, ko noteicis ražotājs ir 120 °C.

Indukcijas pētīšanas metodes īss pārskats: mērījumu veikšana divos punktos uz magnētu virsmas (centrā no apakšas un augšas) istabas temperatūrā 21°C. Magnēti tika sildīti līdz 70°C; 80°C; 90°C; 100°C; 110°C un 120°C. Katrā temperatūrā magnēti tika turēti 40 minūtes. Atkārtoti paliekošās indukcijas mērījumi tika veikti pēc magnētu atdzišanas līdz istabas temperatūrai 21°C.

Iegūtie dati liecina, ka palielinot temperatūru, pētāmo magnētu paliekošā indukcija saglabājas līdz 110°C, bet pie 120°C tā jau sāk neatgriezeniski samazināties par 5,09%.

Eksperimentālas iekārtas izveide magnētiskā lauka nodrošināšanai laboratorijas kolbās

Balstoties uz eksperimenta rezultātiem par magnētu indukciju dažādās temperatūrās, tika pārtraukta iekārtas v1 veidošana konkrēta magnētiskā lauka nodrošināšanai laboratorijas kolbās. Iekārtas v1 veidošanai sākotnēji tika paredzēts novietot magnētus gan laboratorijas kolbas ārpusē, gan iekšpusē, lai palielinātu maksimāli iespējamo sasniedzamo magnētisko indukciju. Sterila procesa nodrošināšanai daļa (laboratorijas kolba un iekšpusē iestiprinātie magnēti) no v1 iekārtas būtu jāsterilizē autoklavējot 120 °C. Tomēr balstoties uz magnētu indukcijas eksperimentiem, iekārtas v1 konstruēšana un izgatavošana tika pārtraukta, jo pieejamie magnēti pēc sterilizēšanas nesaglabātu savas īpašības.

Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, tika izstrādāts jauns risinājums, izmantojot elektromagnētu ar regulējamu jūga kanālu, kura iestaftajā 6 mm gaisa spraugā, pievadot elektromagnēta spolei 2,3 A lielu strāvu bija iespējams nodrošināt gaisa spraugā 0,48 T lielu magnētisko indukciju. Veicot eksperimentus, izmantojot regulējamu līdzstrāvas barošanas avotu, bija iespējams mainīt strāvas lielumu elektromagnēta spolē un līdz ar to arī indukciju gaisa spraugā.

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:

- Eksperimentālas iekārtas izveide magnētiskā lauka nodrošināšanai laboratorijas kolbās;
- Piemērotas CFD (*Computational Fluid Dynamics*) programmas izvēle;
- Eksperimentāla laboratorijas bioreaktora rotora maksimālā spēka momenta noteikšana;
- Projekta rezultātu prezentēšana starptautiskā zinātniskā konferencē.

Rezultāti:

Eksperimentālas iekārtas izveide magnētiskā lauka nodrošināšanai laboratorijas kolbās

Magnētiskā lauka ietekmes izvērtējumam tika modelētas iekārtas ar dažādu tehnisko izpildījumu. Tā kā iekārtas v1 magnētiskā lauka nodrošināšanai laboratorijas kolbās tehniskajā risinājumā tika atklātas nenovēršanas problēmas, tika veidotas jaunas iekārtas versijas. Iekārtai v2 tika izvēlēta magnētiskā spole ar diviem poliem, starp kuriem ir regulējama sprauga ar augstumu 4 – 10 mm. Šai versijai tika izvēlēts laboratorijas trauks, no kura ar silikona cauruļu palīdzību mikroorganismu kultūra tiek sūknēta starp abiem poliem jeb magnētisko lauku, kam precīzi nosakāma intensitāte. Veicot matemātiskos aprēķinus, tika noteikts, ka 8 h fermentācijas procesā, viss kultūras apjoms magnētiskajā laukā uzstūrētos tikai 15 min, kas, balstoties uz pieejamo zinātnisko literatūru, ir par maz, lai novērotu magnētiskā lauka ietekmi uz mikroorganismu kultūrām. Iekārtai v3 magnētiskā lauka nodrošināšanai tika izvēlēta tā pati magnētiskā spole ar poliem. Mikroorganismu kultivēšanai tika izvēlētas petri plates ar samazinātu augstumu, no kā izriet agara barotnes slāņa samazināšana. Šis faktors veicināja jaunu problēmu rašanos – vienmērīga agara uzklāšanu petri platē, agara izšūšanu pirms minimālā kultivācijas perioda beigām, kas traucē kvalitatīvi noteikt magnētiskā lauka ietekmi mikroorganismu augšanu. Arī iekārtai v4 magnētiskā lauka nodrošināšanai tika izvēlēta magnētiskā spole ar poliem. Iekārtas v4 prototips tika izveidots kā mikro bioreaktors, ko var ievietot spraugā starp poliem, tādējādi viss fermentācijas šķīdums atradīsies magnētiskajā laukā visu eksperimenta laiku. Iekārta v4 tiek veidota no stikla, lai nodrošinātu iespēju to sterilizēt augstās temperatūrās un kvalitatīvi un kvantitatīvi salīdzināt magnētiskā lauka ietekmi uz mikroorganismiem ar kontroles mikro-bioreaktoru.

Piemērotas CFD programmas izvēle

Lai noteiktu laboratorijas bioreaktora radīto plūsmu un tās parametrus, kā arī modelētu mikroorganismu ceļu bioreaktorā, tādējādi aprēķinot šūnu uzturēšanās laiku dažādās magnētiskā lauka intensitātes, kas mainās bioreaktorā atkarībā šūnu attāluma no bioreaktora sienām un maisītāja, un maisītāja rotoru un tā ārējo asi. Tika izmēģinātas vairākas pieejamās CFD simulācijas versijas, piem., *Ansys Fluent*, *Cosmol* un *OpenFOAM*. Balstoties uz iegūtās pieredzes un programmu izmēģinājuma, daļēju vai pilnu versiju

pieejamības, tālākam darbam tika izvēlēta programmatūra *Cosmol*. Uzsākts darbs pie modeļa veidošanas bioreaktoram ar diviem mehāniskiem maisītājiem, ar diviem mehānisko maisītāju veidiem.

Eksperimentāla laboratorijas bioreaktora rotora maksimālā spēka momenta noteikšana

Magnētiskā sajūga maisītāja parametru noteikšanai tika izraudzīta kartupeļu ciete, tomēr tā kā tas ir ne-Ņūtona šķīdums, mainot maisītāja apgriezienus, mainās arī viskozitāte. Turpmākiem pētījumiem tika izvēlēts glicerīns. Izmantojot Ruštona tipa turbīnu, eksperimentāli tika noteikts laboratorijas bioreaktora maksimālais spēka moments, pie kura notiek rotoru noraušanās. Nākamais solis maksimālo spēka momentu noteikšanai būs laboratorijas bioreaktorā ar otru turbīnu tipu – propellera tipa turbīnām.

Projekta rezultātu prezentēšana starptautiskā zinātniskā konferencē

Darbības ietvaros LV KĶI pārstāvis devās uz starptautisku zinātnisku konferenci *French Federation of Biotechnology - Bioreactors Symposium 2017 - Innovative approaches in bioreactors design and operation*. Konferencē tika prezentēti rezultāti par magnētiskā sajūga mērogošanu laboratorijas mēroga un industriālos bioreaktorus, kā arī masas pārnesi un specifisko jaudas pārnesi minētajos bioreaktorus.

Sapulces par projekta darba uzdevumiem un progresu

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

- 2017.gada 26.janvārī;
- 2017.gada 31.martā;
- 2017.gada 19.aprīlī;
- 2017.gada 6.jūnijā;
- 2017.gada 28.jūnijā.