

“Biodens” – bioreaktor intenzivnog dejstva

Lj. Nikolić, dipl. inž., Z. Vasić, dipl. inž., N. Vulićević, dipl. inž. i B. Todorović, dipl. inž., Holding korporacija “Goša”, Centar za eksperimentalno bioinženjerstvo, Industrijska 70, 11420 Smederevska Palanka

U radu su izložene perspektive fermentacionih procesa i način određivanja karakteristika izmene mase, kao jedan od važnih uslova za prikazivanje i dokumentovanje karakteristika fermentacije. Prikazani su i rezultati eksperimentalnih ispitivanja karakteristika pilotskog bioreaktora “biodens”, u različitim režimima rada (nominalni i maksimalni režim, režim narastanja biomase). Svojim parametrima izmena mase, eksperimentalni pilotski bioreaktor “biodens” značajno nadmašuje postojeće analogne uređaje.

Aktivnosti na polju biotehnologije su se poslednjih godina značajno pojačale i u istraživanju i u razvoju. Napredak u biotehnologiji doprinosi u razvoju novih, efikasnih i ekonomičnih fermentacionih procesa za proizvodnju različitih proizvoda: antibiotika (penicilin, tetraciklin, streptomycin), polisaharida (dekstran, ksantan, pululan), vitamina (vitamin B₁₂, B₂, β-karoten), amino-kiselina (L-glutaminska, L-lizin, L-valin), organskih kiselina (limunska, sirćetna, glukonska, itakonska), enzima (δ-amilaza, glukoamilaza, pektinaza), proteina (insulin), alkohola (etanol, butanol), ketona (acetone), i brojnih drugih proizvoda. Fermentacioni procesi, a proizvodnja lekovitih supstanci (insulin, interferon, hormon rasta) posebno, već sada imaju neprocenjive vrednosti, a od njih se tek u budućnosti očekuju novi doprinosi boljem, zdravijem i dužem življenju.

Nasuprot hemijskoj sintezi koja je veliki potrošač energije, skupa je i doprinosi zagađenju životne sredine – sve više dolazi do izražaja efikasna mikrobiološka sinteza bez zagađenja.

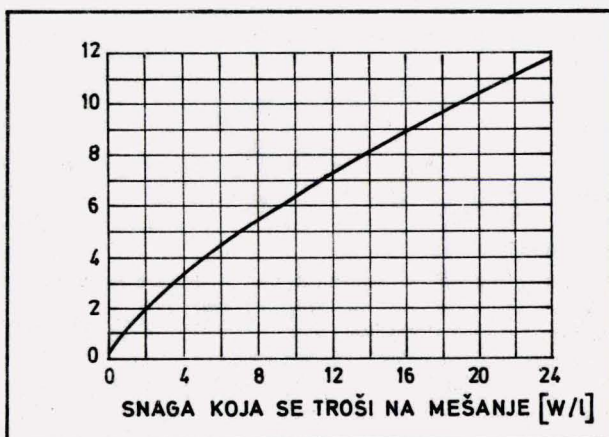
Za razliku od drugih industrijskih grana, od naročitog značaja za dalji razvoj biotehnologije je i činjenica da su sirovine za ovu industrijsku granu poljoprivredni proizvodi, otpadni i nusproizvodi prehrambene industrije (melasa, hidrol, voda od močenja kukuruza) koji su obnovljivi. Tako će ova industrija u manjem stepenu osećati dalje produbljivanje sirovinsko-ekonomske krize. Zahvaljujući usmerenom radu mikroorganizama, otpadni i sporedni proizvodi mogu se pretvoriti u ekonomski značajne metabolite.

S obzirom na veliki značaj i ekonomsku opravdanost razvoja fermentacionih procesa, u narednom periodu se očekuje buran razvoj biotehnologije, a sadašnja dostignuća u enzimologiji, mikrobiologiji, genetici i biohemiji predskazuju da će biotehnologija biti tehnologija XXI veka.

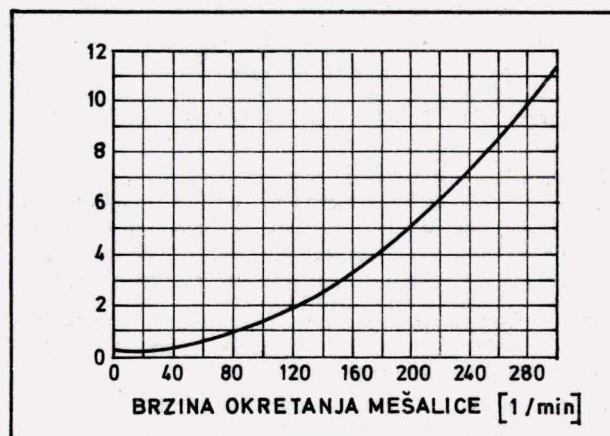
Da bi se stvorio određeni produkt fermentacije, neophodno je obezbediti odgovarajuće uslove sredine u kojoj se odvija fermentacioni proces. Uticaj okoline na mikroorganizme može se posmatrati sa nekoliko aspekta: 1) hranljiva podloga, 2) prisustvo odnosno odsustvo kiseonika, 3) koncentracija H⁺, 4) temperatura, 5) prisustvo nepoželjnih mikroorganizama. Proces fermentacije odvija se u biohemijskim reaktorima-fermentorima različitih dimenzija i namene. Nije uvek moguće različite mikroorganizme i različite biosinteze (po tipu reakcije) koje oni provode uspešno obavljati u univerzalnoj posudi.

Program aeracije i mešanja je značajan faktor izbora ili konstrukcije bioreaktora.

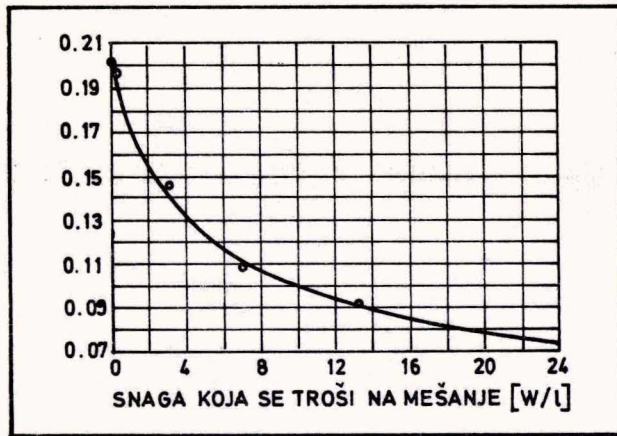
Udruvanjem vazduha u tečnost kroz instalaciju za dovod vazduha obezbeđuje se odgovarajuća koncentracija kiseonika, a mešanjem fermentacione tečnosti pomoću posebno konstruisanih mešalica, postiže se razbijanje mehurova vazduha, čime se povećava rastvorljivost kiseonika i olakšava njihova apsorpcija od strane mikroorganizama. Za dobro vođenje proizvodnje, važno je održavati koncentraciju rastvorenog kiseonika iznad kritične vrednosti, jer smanjenjem



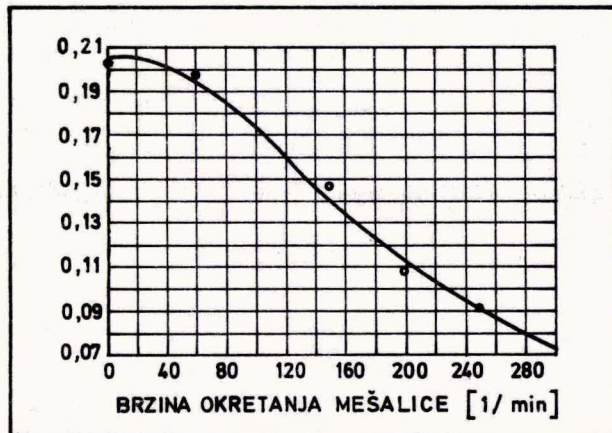
Slika 1. Zapreminski koeficijent prenosa kiseonika



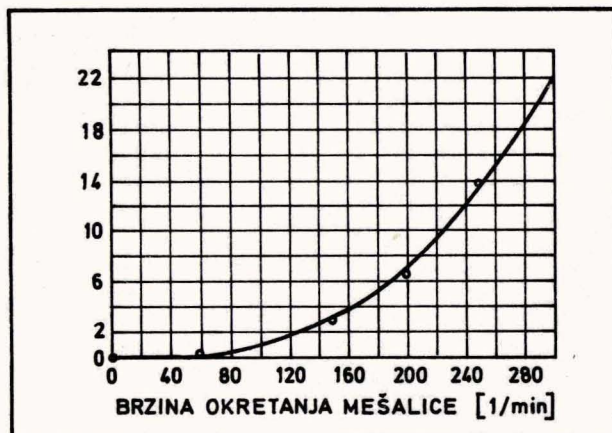
Slika 2. Zapreminski koeficijent prenosa kiseonika



Slika 3. Molni udeo kiseonika u izlaznom gasu



Slika 4. Molni udeo kiseonika u izlaznom gasu



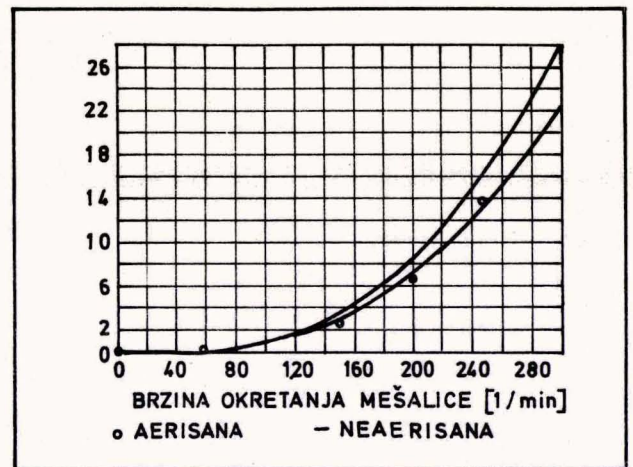
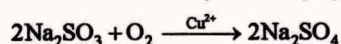
Slika 5. Snaga koja se troši na mešanje u aerisanoj tečnosti

respiracije dolazi do usporavanja svih biohemijskih procesa u ćeliji.

Karakteristike bioreaktora odnosno njegove performanse kada je u pitanju kvalitet mešanja i aeracije, u krajnjoj liniji specifična proizvodnost fermentora (proizvodnost po jedinici aktivne zapremine fermentora), najčešće se prikazuju preko veličina prenosa mase koju takav uređaj može da postigne.

Karakteristike izmene mase pilotskog eksperimentalnog postrojenja intenzivnog dejstva "biodens", zapremine 1000 l istraživane su na sulfatnom modelu.

Sulfitna metoda zasnovana je na odvijanju hemijske reakcije:



Slika 6. Snaga koja se troši na mešanje u aerisanoj tečnosti

Karakteristika ove reakcije je da u širokom opsegu koncentracije Na_2SO_3 , njena brzina ne zavisi od koncentracije sulfita, kao i da je njena brzina veća od brzine rastvaranja kiseonika, pa se ona može upravo i odrediti praćenjem kinetike ove reakcije.

Sulfitni broj se izračunavao na osnovu merenja parcijalnog pritiska kiseonika u prerađenom vazduhu, prema gasnom bilansu. Eksperimentalni podaci dati su u tabeli 1.

Koncentracija kiseonika u izlaznoj gasnoj struji:

$$O_2 \text{ izlaza} = 0,2095 \frac{O_2 \text{ min}}{O_2 \text{ vazd.}}$$

Protok gasa na izlazu:

$$v_{\text{izlaza}} = \frac{0,79}{1 - O_2 \text{ izl.}} v_{\text{ulaza}}$$

Sulfitni broj:

$$R_{O_2} = \left[v_{\text{ulaza}} \cdot O_2 \text{ ulaza} - v_{\text{izlaza}} \cdot O_2 \text{ izlaza} \right] \left[\frac{l O_2}{\text{min}} \right]$$

$$R'_{O_2} = R_{O_2} \frac{32}{22,4} \frac{1}{V} \frac{1}{60} \left[\frac{g O_2}{l \cdot \text{čas}} \right]$$

Sadržaj gasa:

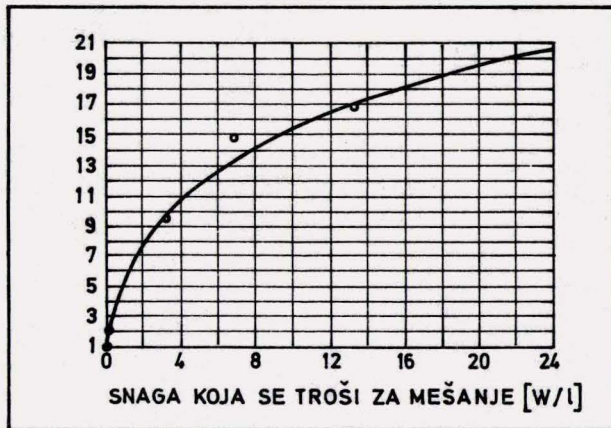
$$\varphi = \frac{4,26 [H_0 - H_{12}]}{V + 4,26 [H_0 - H_{12}]} \quad [\%]$$

Efikasnost korišćenja mehaničke energije:

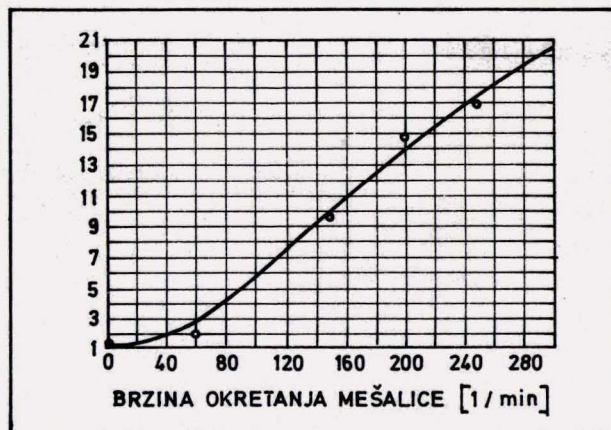
$$f = \frac{R'_{O_2}}{n \cdot I} \left[\frac{kg O_2}{kWh} \right]$$

Ovde su: V – zapremina tečnosti, H – visina mirne tečnosti (kada se isključi mešalica i aeracija), \bar{H} – prosečna visina tečnosti pri datom hidrodinamičkom režimu, U – napon, I – struja rotora.

Granična vrednost brzine apsorpcije kiseonika vazduha, pri atmosferskom pritisku od 750 do 770 mm Hg i temperaturi sulfitnog rastvora od 30% iznosila je 24–25 $kg O_2/m^3 h$. Pritom sadržaj gasa za date režime iznosi 42–43%. Efikasnost korišćenja mehaničke energije pri prelasku od nominalnog na maksimalni režim rada smanjila se neznatno sa 2,23 do 2,11.



Slika 7. Brzina prenosa kiseonika



Slika 8. Brzina prenosa kiseonika

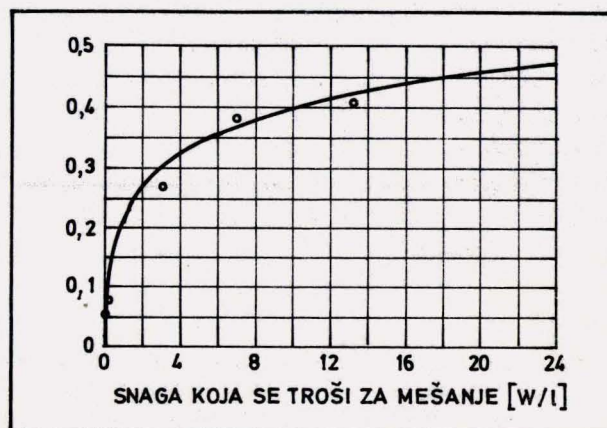
Tabela 1. Rezultati eksperimentalnih ispitivanja karakteristika pilotnog bioreaktora "Biodens" na sulfitnom modelu

ZAPREMINA SULFITNOG RASTVORA od 420 litara						
Protok vazduha na ulazu u aparat	Brzina okretanja mešalice	Snaga koju daje mešalica	Sadržaj gasa	Sulfitni broj	Efikasnost korišćene mehaničke energije	
[m ³ /min]	[l/min]	[W/lit]	[% ob]	[g/l.š.]	[kg O ₂ /kWh]	
1	420	0	2,28	0,60	—	
2	420	250	13,78	37,80	11,86	0,815
3	630	0	6,01	1,30	—	
4	630	60	0,24	7,93	1,95	2,733
5	630	150	2,88	26,55	9,54	2,826
6	630	200	6,73	38,12	14,70	1,955
7	630	250	13,73	40,40	16,78	1,173
8	840	0	10,85	2,04	—	
9	840	150	2,87	31,28	11,98	3,468
10	840	200	6,70	38,26	16,94	2,225
11	840	250	12,16	40,93	20,97	1,560
12	1050	250	10,65	42,58	24,66	2,109

Po svojim parametrima prenosa mase, eksperimentalni pilot-ski bioreaktor "biodens" znatno nadmašuje postojeće analogne uređaje.

Nedostatak ove metode je što se rastvor natrijum-sulfita svojim fizičkim osobinama (viskozitet, površinski napon) znatno razlikuje od hranljivih podloga koje se koriste u bio-hemijskom inženjerstvu, pa primena rezultata dobijenih sulfitnom metodom na realne procese nije uvek moguće. Ispitivanja bioreaktora intenzivnog dejstva "biodens" u režimu narastanja biomase sledi.

Na osnovu rezultata merenja potreba energije pogona me-



Slika 9. Sadržaj gasa

šalice, nađene su zavisnosti za kriterijum snage. U nominalnom režimu rada (zapremina neacrisane tečnosti 0,5 m³, brzina okretanja mešalice od 200 o/min, snaga koju zahteva pogon mešalice iznosi 5 kW.

Vreme mešanja, koje je određeno eksperimentom sa trenutnim dodavanjem indikatorske materije (300 ml), ne prelazi 40 sekundi, pri brzini okretanja mešalice od 150 o/min.

Literatura

- [1] Bašić, D., Bošković, J.: Stručni bilten "Goše", br. 19, 1984.
- [2] Marić, V. i saradnici: *Biohemijsko inženjerstvo*, Prehrambeno-biotehnoški fakultet, Zagreb, 1987.