

METANOGENEZA ȘI PRESIUNEA

Nikolić Vasilie, Institutul de Cercetări Alimentare, București

Multă vreme s-a crezut că producția de biogaz nu este influențată de presiune.

Reprezentanți de marcă ai microbiologiei teoretice și ai celei industriale au opinat că metabolismul celular al microorganismelor se desfășoară fără modificări semnificative chiar la presiuni mari și foarte mari. Ca argument se aduceau următoarele:

- A. Fermentațiile lactică, proteolitică etc. nu sunt influențate de presiune;
- B. În anumite industrii cum este cea de vinificație sau cea a berii, presiunile generate de dioxidul de carbon degajat pot ajunge la valori mari, de ordinul a 7-10 bar.
- C. S-a mai argumentat că metanul, sub formă de gaz de baltă, se degajă și în mîlul de la fundul lacurilor și al bălților;
- D. În adâncurile oceanelor se produce gaz metan de fermentație care este stocat sub formă de hidruri și se degajă aleator, mai ales în urma unor evenimente tectonice.

Totuși, unele observații făcute asupra fermentației metanogene în fermentatoarele cu ax vertical, denumite, oarecum impropriu, metantancuri, au arătat o serioasă diminuare a producției de biogaz atunci când, din anumite motive creștea presiunea de deasupra nivelului materialului din fermentator.

Aceste considerente au determinat abordarea, de către autor, a unei analize critice a fenomenului de metanogeneză, privită dintr-un unghi mai inedit și anume cel al unui bilanț energetic.

ANALIZA ENERGETICĂ A METANOGENEZEI

Considerând că mulțimea de microorganisme complexe, responsabile de producerea biogazului, absorb din substrat diferite părți: $S_1, S_2, S_3 \dots S_i$, fiecare având un conținut energetic potențial: $E_{S1}, E_{S2}, E_{S3} \dots E_{Si}$ și că elimină o serie de metaboliți: $M_1, M_2, M_3 \dots M_i$ care, la rândul lor, au fiecare un conținut energetic potențial: $E_{M1}, E_{M2}, E_{M3} \dots E_{Mi}$, pe baza principiului conservării energiei se poate scrie:

$$\sum E_{Si} = E_B + \sum E_{Mi} \quad (1)$$

în care, prin E_B s-a notat energia biologică necesară mulțimii de microorganisme pentru întreținerea activităților lor vitale.

Relația (1) este însă valabilă numai atunci când suma volumelor părților de substrat $\sum V_{Mi}$, este egală cu suma volumelor metaboliților $\sum V_{Si}$, adică atunci când:

$$\sum V_{Mi} = \sum V_{Si} \quad (2)$$

În numeroase procese fermentative condiția dată de relația (2) este satisfăcută și, în această situație, presiunea din sistem nu are prea mare influență asupra desfășurării procesului fermentativ.

Alta este situația în cazul procesului metanogen la care elementele de substrat sunt lichide, soluții sau coloizi iar unii metaboliți sunt sub formă gazoasă, din care unul, metanul,

are el însuși o ridicată valoare energetică. Apare deci o creștere de volum (ΔV), care modifică relația (2) astfel:

$$\sum V_{Mi} = \sum V_{Si} + \Delta V \quad (3)$$

Pentru expulzarea biogazului având volumul ΔV , în condițiile de presiune P , este necesară o energie de expulzare (E_{exp}), mulțimea de microorganisme lucrând în acest caz în mod similar unui compresor:

$$E_{exp} = \Delta V \times P \quad (4)$$

În relația (4), dacă ΔV se exprimă în m^3 iar P în pascali, E_{exp} rezultă în jouli.

Prin urmare, în cazul situației descrise în relația (3), relația (1) trebuie corectată astfel:

$$\sum E_{Si} = E_B + \sum E_{Mi} + E_{exp} \quad (5)$$

Pentru verificarea considerentelor teoretice de mai sus a fost montată, în laborator, o instalație de producere continuă a biogazului, măsurându-se, timp de câteva săptămâni, producția specifică de biogaz în condițiile creșterii treptate a presiunii. Din datele măsurătorilor a rezultat curba din diagrama prezentată în figură 1.

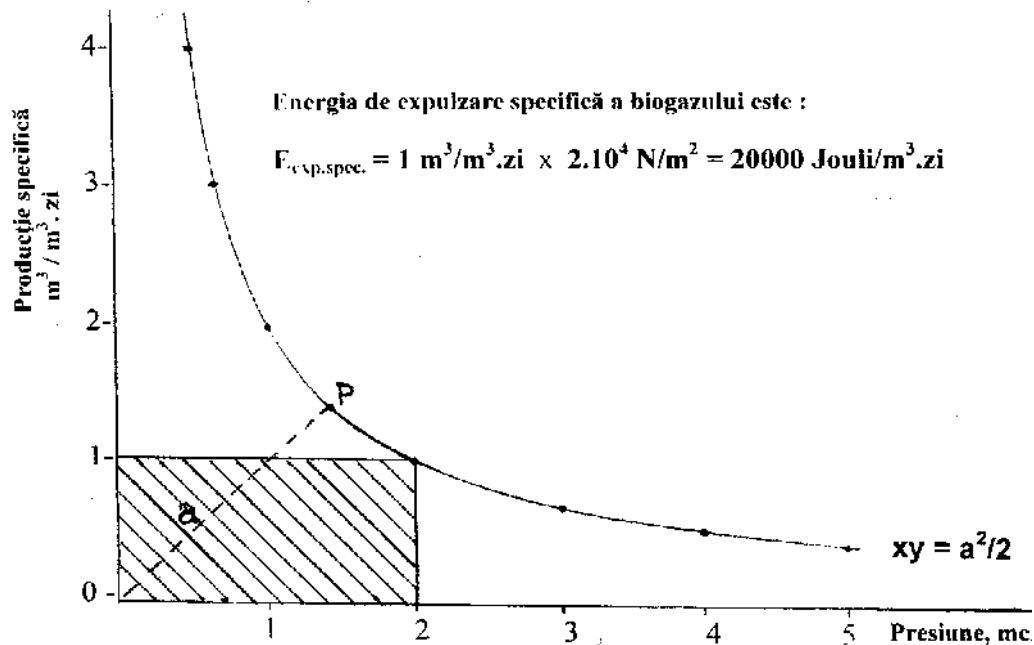


Fig. 1 Influența presiunii asupra producției specifice de biogaz

Curba reprezintă un segment de hiperbolă având drept asimptote chiar axele de coordonate, situație, în care ecuația curbei devine:

$$xy = a^2/2 \quad (6)$$

În relația (6) „ a ” = 0-P adică distanța minimă dintre curbă și originea axelor de coordonate. Se observă că $a^2/2$ este o suprafață constantă, delimitată de coordonatele unui

punct de pe curbă în orice poziție a acestuia. Pentru a afla semnificația fizică a acestei constante trecem la unificarea în sistemul SI a unităților de măsură știind că $1 \text{ mCA} = 10^4 \text{ Pa}$. Dacă se ține seamă, totodată, că $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$, suprafața delimitată de coordonatele punctului M va avea ca unități de exprimare

$$\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3 \cdot \text{zi}} \times \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{m}^3 \cdot \text{zi}} = \frac{\text{jouli}}{\text{m}^3 \cdot \text{zi}} \quad (7)$$

Din relația (7) rezultă că, în cazul diagramei de mai înainte, produsul constant al coordonatelor oricărui punct de pe curba care caracterizează producția specifică de biogaz în funcție de presiune, este, de fapt, o energie specifică: energia necesară expulzării biogazului produs de 1 m^3 de substrat în decurs de o zi.

Din exemplul ilustrat în diagramă se observă că:

$$E_{\text{exp.spec.}} = 1 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{zi} \times 2 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 = 20.000 \text{ jouli}/\text{m}^3 \cdot \text{zi}$$

Această valoare nu este deloc neglijabilă și ea explică diminuarea producției de biogaz odată cu creșterea presiunii. În funcție de cantitatea de biogaz care se poate obține zilnic dintr-un metru cub de substrat și care poate varia, de exemplu, între 1 și $3 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{zi}$, la o putere calorifică medie de 23.000 kJ/m^3 , energia de expulzare reprezintă între 0,086 și 0,029 % din energia efectiv produsă. Procentul e mic tocmai fiindcă metabolitul (biogazul) are o valoare energetică ridicată, dar practica arată că biocenoza specifică metanogenezei este foarte sensibilă la variațiile de presiune din sistem.

În experimentul de laborator, arătat mai înainte, s-a putut constata că, la presiuni ce tind spre 4 mCA (0,4 bar) degajarea de biogaz devine nesemnificativă. Concluzia practică care s-a impus a fost aceea că stratul de lichid supus fermentației metanogene nu trebuie să depășească 3-3,5 m înălțime (0,3-0,35 bar). De aici a rezultat și o concluzie surprinzătoare: în fermentatoarele clasice, de formă cilindro-tronconică, cu ax vertical, degajarea practică de biogaz are loc numai în stratul superior al fermentatorului, până la o adâncime maximă de 4 m. Restul volumului fermentatorului nu produce biogaz, bacteriile metanogene duc o existență latentă până ce, prin amestecare, vor ajunge în zonele de presiune mai scăzută, când își vor relua activitatea de metabolizare a substratului.

Experimentările efectuate la stația pilot de producere a biogazului de la Periș, au fost dirijate un timp și pentru a stabili bilanțul energetic al metanogenezei în lumina considerentelor teoretice de mai sus. Determinări foarte precise au permis trasarea unei diagrame tip Sankey pentru procesul de fermentare cu producerea de biogaz. În figura 2 este prezentată această diagramă care scoate în evidență atât repartiția energetică a produselor substratului cât și fracțiunea energetică necesară activităților vitale ale microorganismelor care generează biogazul (E_4) precum și energia necesară expulzării acestuia de către microorganisme (E_5). După cum se poate vedea, această energie care pare mică în raport cu energiile vehiculate în sistem, are o valoare semnificativă atunci când se raportează la energia necesară microorganismelor (E_4), față de care reprezintă 8,82%.

Fermentatoarele moderne de tipul celor cu ax vertical arătate mai înainte, ajung la înălțimi considerabile, de ordinul zecilor de metri. De pildă, fermentatoarele de la complexul Agrozootehnic din Nordhausen (Germania), cu un volum de câte 8000 m^3 fiecare, înalte de

37 m, sau cele de la instalația de biogaz din Trebon (Cehia), cu fermentatoare de 3400 respectiv 2800 m³ înalte de 25, respectiv 23 m, produc biogaz numai în partea superioară, într-un strat de max. 4 - 5 m iar restul volumului este inutil din punctul de vedere al producției de biogaz. Cum acest strat superior coincide cu partea conică superioară a fermentatorului el nu reprezintă decât un procent mic din volumul total construit. Acest lucru mărește substanțial investiția specifică a fermentatorului sub raportul producției de biogaz.

Ținând seama de cele arătate până acum se poate reveni cu contraargumente la obiecțiile acelor care au negat importanța presiunii în producerea biogazului.

- A. În fermentațiile lactică, proteolitică etc. suma volumelor substraturilor este egală cu suma volumelor metaboliților și din acest punct de vedere, situația este descrisă de relația (2) din demonstrația anterioară, fiind deci valabilă și relația (1);
- B. În exemplul fermentațiilor date, substratul care fermentează este un mono sau dizaharid, deci o substanță cu o valoare energetică foarte mare (cca. 16.700 kJ/kg). Metabolitul rezultat este dioxidul de carbon care are valoare energetică nulă. Rezultă că mulțimea de microorganisme are la dispoziție o resursă energetică foarte mare fapt care îi permite să efectueze un lucru mecanic ridicat la expulzarea dioxidului de carbon și îi rămâne energie suficientă și pentru nevoile proprii;
- C. Gazul de baltă se degajă, într-adevăr, dar numai în apropierea malurilor apelor stătătoare, acolo unde adâncimea nu depășește 3-4 metri; nimeni nu a văzut încă degajându-se gaz de baltă la mijlocul unor lacuri mai adânci.
- D. Fermentațiile de la fundul oceanelor generează metan și chiar și dioxid de carbon. La presiunile enorme și – mai ales – la temperaturile foarte scăzute care domnesc acolo, metanul nu apucă să se degaje sub formă de gaz ci se combină imediat cu moleculele de apă formând hidruri cristaline metastabile care se depozitează la fundul oceanelor. Dioxidul de carbon se dizolvă imediat în apă, favorizat și de presiunea enormă (legea lui Henry) și deci nici el nu apare sub formă de gaz. În aceste situații este satisfăcută condiția din relația (2) și rămâne valabilă situația descrisă de relația (1). Erupțiile vulcanelor submarine sau alte evenimente tectonice care apar uneori în adâncurile oceanelor, descompun brusc, cu mare violență, hidrurile de metan formate cu apă și, ca urmare, are loc o masivă degajare de metan spre suprafața apei, fenomen observat în anumite zone de pe planetă (Zona Bermudelor, nord-vestul Oceanului Pacific, etc.)

În concluzie, presiunea are o influență foarte mare în metanogeneză.

Considerentele de mai sus dar și altele l-au determinat pe autor să abordeze critic concepția și modul de realizare al instalațiilor de biogaz existente și să elaboreze o concepție nouă privind instalațiile mari de producere a biogazului.

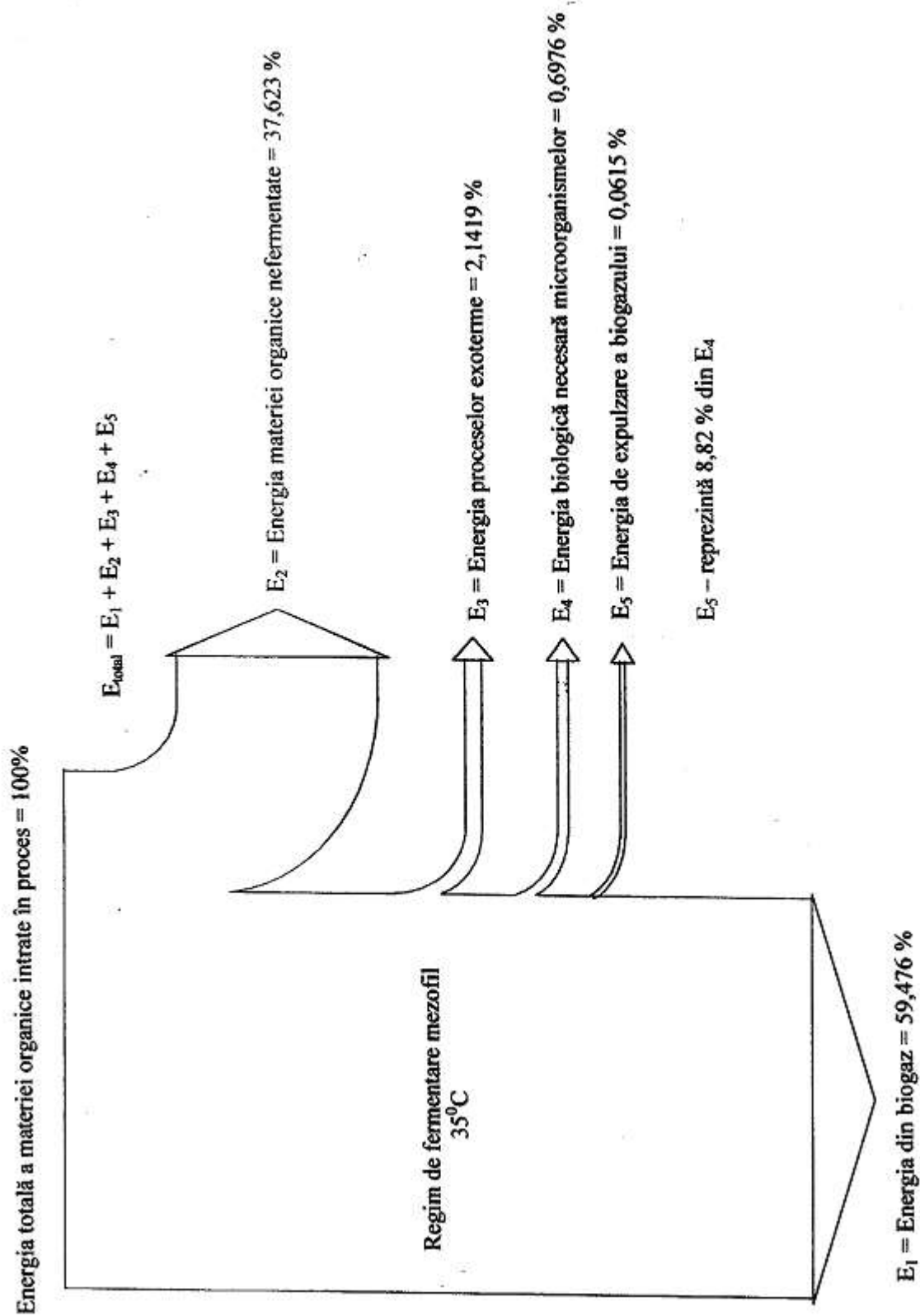


Fig. 2 Diagrama Sankey a bilanțului energetic metanogen