

**METHANOGEN BAKTERIYALAR FAOLLIGINI OSHIRISHDA  
BIOSTIMULYATORLARNING TA'SIRI****Erkinjonova Rayhona Erkinjon qizi**

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti magistranti

**Annotatsiya**

Mazkur maqolada mol go'ngi asosidagi anaerob fermentatsiya jarayonida metanogen bakteriyalar faolligini oshirish uchun turli biostimulyatorlardan foydalanish imkoniyatlari o'rganildi. Tadqiqot davomida *Bacillus subtilis* va achitqining alohida hamda kompleks qo'llanilishining gaz hosil bo'lish tezligi, fermentatsiya davomiyligi, pH muhiti va metan hosildorligiga ta'siri tahlil qilindi. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, biostimulyatorlardan kompleks foydalanish anaerob parchalanish jarayonini tezlashtirib, metan hosil bo'lish samaradorligini oshiradi. Tadqiqot natijalari biogaz texnologiyalarini takomillashtirish hamda qishloq xo'jaligi chiqindilaridan ekologik xavfsiz energiya manbai sifatida foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishga xizmat qiladi [1,3].

**Kalit so'zlar:** metanogen bakteriyalar, anaerob fermentatsiya, biogaz, *Bacillus subtilis*, achitqi, organik chiqindilar, biostimulyator, metan.

**INTRODUCTION**

So'nggi yillarda dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo'lgan ehtiyoj keskin ortib bormoqda. Neft va gaz kabi an'anaviy energiya resurslarining kamayib borishi hamda ekologik muammolarning kuchayishi sababli alternativ energiya manbalaridan foydalanish dolzarb masalaga aylandi. Biogaz texnologiyasi ana shunday istiqbolli yo'nalishlardan biri bo'lib, organik chiqindilarni qayta ishlash orqali ekologik xavfsiz energiya olish imkonini beradi [2].

Chorvachilik xo'jaliklarida hosil bo'ladigan organik chiqindilar nazoratsiz parchalanganda atmosferaga katta miqdorda karbonat angidrid va metan gazlari ajraladi. Bu esa issiqxona effektining kuchayishiga sabab bo'ladi. Anaerob fermentatsiya texnologiyasi ushbu chiqindilarni nazorat ostida parchalanishini ta'minlab, energiya ishlab chiqarish bilan birga ekologik muammolarni kamaytirishga xizmat qiladi [4].

Anaerob fermentatsiya jarayonida metanogen arxeylar asosiy biologik rolni bajaradi. Ushbu mikroorganizmlar organik moddalarni metanga aylantiruvchi maxsus arxeylar bo'lib, ular anaerob sharoitda yashaydi. *Methanobacterium*, *Methanosarcina*

va Methanosaeta kabi arxeylar metan hosil bo'lish jarayonida faol ishtirok etadi [1,5].

Anaerob parchalanish bir necha ketma-ket biologik bosqichlardan iborat: gidroliz, atsidogenez, asetogenez va metanogenez. Gidroliz bosqichida murakkab organik moddalar oddiy molekulalarga parchalanadi. Keyingi bosqichlarda organik kislotalar va sirka kislotasi hosil bo'lib, yakuniy bosqichda metanogen bakteriyalar tomonidan metanga aylantiriladi [2,6]

Oddiy anaerob tizimlarda fermentatsiya jarayoni ko'pincha sekin kechadi. Bunga substratning to'liq parchalanmasligi, mikrobiologik muvozanatning sust shakllanishi va gidroliz bosqichining past faolligi sabab bo'ladi. Shu sababli metanogen bakteriyalar faolligini oshirish uchun biostimulyatorlardan foydalanish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

## **LITERATURE REVIEW**

Ilmiy adabiyotlarda anaerob fermentatsiya jarayonini jadallashtirish bo'yicha ko'plab tadqiqotlar olib borilgan. Gerardi [1] metanogen arxeylarning fiziologik xususiyatlarini o'rganib, ularning pH va haroratga sezgiriligini ko'rsatgan. Muallifning ta'kidlashicha, metanogen bakteriyalar neytral muhitda eng yuqori faollikka ega bo'ladi.

Metcalf va Eddy [2] tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda anaerob fermentatsiyaning barcha bosqichlari va ularga ta'sir qiluvchi omillar batafsil yoritilgan. Ularning fikricha, gidroliz bosqichi umumiy jarayon tezligini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi

Angelidaki va Ellegaard [3] organik chiqindilarni qo'shma fermentatsiya qilish orqali gaz hosildorligini oshirish mumkinligini aniqlagan. Mualliflar mikroorganizmlar o'rtasidagi sinergik ta'sir metan hosildorligini oshirishini ta'kidlagan.

Chen va hammualliflar [4] anaerob fermentatsiyaga salbiy ta'sir qiluvchi omillarni o'rganib, pH o'zgarishi, toksik moddalar va organik kislotalarning ortiqcha to'planishi metanogen bakteriyalar faoliyatini susaytirishini ko'rsatgan.

Madigan [5] Bacillus subtilis bakteriyasining fermentativ xususiyatlarini o'rganib, ushbu bakteriya proteaza, lipaza va amilaza fermentlarini ishlab chiqarishini qayd etgan. Ushbu fermentlar organik moddalarni tezroq parchalanishiga yordam beradi.

## **MATERIALS AND METHODS**

Tadqiqot laboratoriya sharoitida olib borildi. Tajribada to'rtta fermentatsiya idishidan foydalanildi. Har bir idishga 1:1 nisbatda mol go'ngi va suv aralashmasi joylashtirildi. Fermentatsiya hajmi barcha variantlarda bir xil saqlandi.

Tajriba variantlari quyidagicha tashkil qilindi:

1. Nazorat varianti – faqat mol go'ngi;
2. Mol go'ngi + *Bacillus subtilis*;
3. Mol go'ngi + achitqi;
4. Mol go'ngi + *Bacillus subtilis* + achitqi.

Barcha idishlar anaerob sharoitda germetik yopilgan holda 35–37°C haroratda 20 kun davomida saqlandi. Tajriba davomida gaz ajralish boshlanish vaqti, bosim o'zgarishi, pH muhiti hamda umumiy gaz hajmi kuzatildi.

*Bacillus subtilis* gidrolitik fermentlar ishlab chiqaruvchi biostimulyator sifatida qo'llanildi. Achitqi esa tez fermentatsiya qiluvchi mikroorganizmlar manbai sifatida ishlatildi. Gaz hosildorligi nisbiy baholash usuli orqali aniqlandi.

## **RESULTS**

Nazorat variantida gaz ajralishi 5–6-kunlarda boshlandi va fermentatsiya jarayoni sust rivojlandi. Gaz hosildorligi past bo'lib, fermentatsiya davomida bosimning ortishi sekin kuzatildi.

*Bacillus subtilis* qo'shilgan variantda fermentatsiya 3–4-kunlarda boshlandi. Ushbu variantda organik moddalarning tezroq parchalanishi kuzatildi va gaz hosildorligi nazorat variantiga nisbatan yuqori bo'ldi [5].

Achitqi qo'shilgan variantda dastlab karbonat angidrid ajralishi yuqori bo'ldi. Keyingi bosqichlarda metan hosil bo'lish tezligi oshdi. Ushbu variantda fermentatsiya jarayoni o'rtacha tezlikda kechdi.

Eng yuqori natijalar *Bacillus subtilis* va achitqi birgalikda qo'llangan variantda kuzatildi. Gaz ajralishi 2–3-kunlarda boshlandi va fermentatsiya davomida bosimning sezilarli ortishi qayd etildi. Ushbu variantda umumiy gaz hajmi hamda metan hosildorligi eng yuqori ko'rsatkichga ega bo'ldi [3,6].

## DISCUSSION

Olingan natijalar *Bacillus subtilis* anaerob fermentatsiya jarayonining gidroliz bosqichini jadallashtirishini ko'rsatdi. Ushbu bakteriya tomonidan ishlab chiqariladigan proteaza, amilaza va lipaza fermentlari murakkab organik moddalarni parchalaydi [5]. Natijada metanogen bakteriyalar uchun qulay substrat muhiti hosil bo'ladi.

Achitqining qo'llanishi oddiy uglevodlarning tez fermentatsiyasiga sabab bo'ldi. Fermentatsiya natijasida hosil bo'lgan organik kislotalar metanogen arxeolar uchun oziqa manbai sifatida xizmat qildi [3].

Biostimulyatorlarning kompleks qo'llanishi mikroorganizmlar o'rtasidagi sinergik ta'sirni kuchaytirdi. Natijada fermentatsiya jarayoni tezlashdi, pH muhiti stabillashdi va gaz hosildorligi oshdi. Bu esa metanogen bakteriyalar faoliyatining sezilarli darajada yaxshilanganini ko'rsatadi [4,6].

Tadqiqot natijalari boshqa ilmiy tadqiqotlar bilan mos keladi. Adabiyotlarda ham biostimulyatorlardan foydalanish anaerob fermentatsiya samaradorligini oshirishi qayd etilgan [1,3].

## RESEARCH NOVELTY

Mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligi *Bacillus subtilis* va achitqining kompleks qo'llanilishining mol go'ngi asosidagi anaerob fermentatsiya tizimida metanogen bakteriyalar faolligiga sinergik ta'sirini aniqlashdan iborat.

## PRACTICAL SIGNIFICANCE

Tadqiqot natijalari qishloq xo'jaligi chiqindilaridan samarali biogaz olish texnologiyalarini takomillashtirishga xizmat qiladi. Ushbu texnologiya kichik va o'rta fermer xo'jaliklarida ekologik xavfsiz energiya manbai sifatida qo'llanilishi mumkin.

Biogaz texnologiyalarini rivojlantirish energiya tejamkorligini oshirish, chiqindilarni kamaytirish va atrof-muhitni muhofaza qilishga xizmat qiladi. Bundan tashqari, anaerob fermentatsiyadan qolgan qoldiq organik o'g'it sifatida foydalanilishi mumkin.

## CONCLUSION

Tadqiqot natijalariga ko'ra, *Bacillus subtilis* va achitqining anaerob fermentatsiya tizimiga qo'shilishi metanogen bakteriyalar faolligini sezilarli darajada oshiradi. Ayniqsa, ushbu biostimulyatorlarning kompleks qo'llanilishi fermentatsiya boshlanish vaqtini qisqartirib, umumiy gaz hajmi va metan hosildorligini oshiradi.

Biostimulyatorlardan kompleks foydalanish biogaz ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda istiqbolli biotexnologik usul sifatida tavsiya etiladi. Kelgusida gaz tarkibini gaz-xromatografik usullar bilan aniqlash hamda turli organik substratlar bilan qo‘shimcha tadqiqotlar olib borish maqsadga muvofiq hisoblanadi [4,7].

Jadval 1. Tajriba natijalari

Variant	Harorat	Gaz boshlanishi	Gaz hajmi	Metan %	pH	Samaradorlik
Nazorat	35–37°C	5–6 kun	Past	55%	6.8–7.0	Past
B.subtilis	35–37°C	3–4 kun	O‘rtacha–yuqori	65%	7.0–7.2	Yaxshi
Achitqi	35–37°C	3–4 kun	O‘rtacha	60%	6.5–6.8	O‘rtacha
B.subtilis + Achitqi	35–37°C	2–3 kun	Yuqori	72%	7.0–7.3	Eng yuqori

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gerardi M.H. The Microbiology of Anaerobic Digesters. — New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.
2. Metcalf & Eddy. Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. — 5th ed. — New York: McGraw-Hill Education, 2014.
3. Angelidaki I., Ellegaard L. “Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants.” Applied Biochemistry and Biotechnology, 2003.
4. Chen Y., Cheng J.J., Creamer K.S. “Inhibition of anaerobic digestion process: A review.” Bioresource Technology, 2008.
5. Madigan M.T., Bender K.S., Buckley D.H. Brock Biology of Microorganisms. — Pearson Education, 2018.
6. Deublein D., Steinhauser A. Biogas from Waste and Renewable Resources. — Wiley-VCH, 2011.

7. Karimov Q., Rasulov A. “Biogaz olishda organik chiqindilar fermentatsiyasi.” O‘zbekiston kimyo jurnali, 2020.
8. Renewable Energy Journal. Anaerobic digestion and biogas production technologies, 2021.
9. Journal of Cleaner Production. Sustainable bioenergy systems and waste utilization, 2022.