BIOTEXNOLOGIK ISHLAB CHIQARISH QOLDIQLARINI QAYTA ISHLASHDA QO‘LLANILADIGAN ZAMONAVIY USKUNALAR VA TEXNOLOGIYALAR

Sh.U.Norimov[1], R.R.Shixnazarov[2], I.A. Jumaboyev[3], Ch.B.Amanova[4], Sh.R.O‘rinbayev[5]

[1,2,]Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti biotexnologiya kafedrasi o‘qituvchilari

[4,5,6]Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch Davlat Universiteti Biotexnologiya ta’lim yo‘nalishi talabalari

shohrux@urdu.uz,

abdullayevamavluda56@gmail.com ,ibratbekjumaboyev1@gmail.com,

amanovacharos04@gmail.com,

Annotatsiya. Mazkur tezisda biotexnologik ishlab chiqarish qoldiqlarini qayta ishlashda qo‘llaniladigan zamonaviy uskunalar va texnologiyalar tahlil qilingan. Substratni tayyorlash, fermentativ gidroliz, fermentatsiya va mahsulotni ajratib olish bosqichlarida qo‘llaniladigan texnologik uskunalarning biokonversiya samaradorligiga ta'siri yoritilgan. Shuningdek, zamonaviy bioreaktorlar va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining resurslardan samarali foydalanish hamda ekologik xavfsiz ishlab chiqarishni ta'minlashdagi ahamiyati baholangan.

Kalit so‘zlar: biotexnologiya, biokonversiya, organik qoldiqlar, bioreaktor, fermentatsiya, fermentativ gidroliz, membranali filtrlash, bioo‘g‘it, bioetanol.

Kirish. Aholi sonining ortishi, sanoat va qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining kengayishi natijasida organik qoldiq mahsulotlar hajmi yil sayin ortib bormoqda. Oziq-ovqat sanoati, qishloq xo‘jaligi, o‘rmon xo‘jaligi va biotexnologik ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘ladigan lignotsellyulozali biomassa, oziq-ovqat qoldiqlari, fermentatsiya chiqindilari hamda mikrobiologik biomassa ekologik muammolarni

keltirib chiqarishi bilan birga, qayta ishlash orqali yuqori qo‘shimcha qiymatga ega bioasosli mahsulotlar olish uchun muhim xomashyo hisoblanadi.

So‘nggi yillarda biotexnologik usullar organik qoldiqlarni qayta ishlashning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri sifatida e’tirof etilmoqda. Ushbu yondashuv mikroorganizmlar va ularning fermentlari yordamida murakkab organik birikmalarni biologik parchalanadigan holatga keltirish hamda ularni bioo‘g‘itlar, bioetanol, biogaz, fermentlar, organik kislotalar, aminokislotalar va boshqa qimmatli biopreparatlarga aylantirish imkonini beradi. Natijada chiqindilarni poligonlarga chiqarish hajmi kamayadi, tabiiy resurslardan samarali foydalanish ta’minlanadi va bioiqtisodiyot tamoyillari rivojlanadi.

Biokonversiya jarayonlarining samaradorligi nafaqat qo‘llaniladigan mikroorganizmlar va fermentlarning biologik faolligiga, balki texnologik uskunalarning konstruktiv xususiyatlari hamda ularning avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga ham bevosita bog‘liq. Substratni dastlabki tayyorlash, gidroliz, sterilizatsiya, fermentatsiya va fermentatsiyadan keyingi mahsulotni ajratib olish bosqichlarida zamonaviy maydalagichlar, ekstruderlar, gidrokavitatorlar, bioreaktorlar, membranali filtrlash tizimlari va yuqori samarali separatorlardan foydalanish jarayon unumdorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish hamda biologik faol mahsulotlarning sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Mazkur tezisning maqsadi biotexnologik ishlab chiqarish qoldiqlarini qayta ishlashda qo‘llaniladigan zamonaviy uskunalar va texnologiyalarning o‘ziga xos xususiyatlarini tahlil qilish, ularning biokonversiya jarayonlari samaradorligiga ta'sirini baholash hamda ekologik xavfsiz va resurs tejamkor ishlab chiqarishni ta'minlashdagi ahamiyatini yoritishdan iborat.

Materiallar va usullar. Mazkur tadqiqotda biotexnologik ishlab chiqarish qoldiqlarini qayta ishlashda qo‘llaniladigan zamonaviy uskunalar va texnologiyalar bo‘yicha ilmiy adabiyotlar tahlili amalga oshirildi. Tadqiqotning nazariy asosini 2021–

2025-yillarda nashr etilgan xalqaro ilmiy maqolalar, monografiyalar hamda biotexnologiya va chiqindilarni qayta ishlash sohasiga oid zamonaviy ilmiy manbalar tashkil etdi. Tahlil jarayonida organik qoldiqlarni biokonversiya qilish texnologiyalari, fermentativ gidroliz, anaerob parchalanish, fermentatsiya hamda fermentatsiyadan keyingi mahsulotlarni ajratib olish (downstream processing) bosqichlari o‘rganildi.

Biotexnologik jarayonlarning texnologik ketma-ketligi substratni tayyorlash, gidroliz, sterilizatsiya, fermentatsiya va mahsulotni ajratib olish bosqichlari asosida baholandi. Har bir bosqichda qo‘llaniladigan maydalagichlar, ekstruderlar, gidrokavitatorlar, gidroliz reaktorlari, sterilizatorlar, aralashtirgichli va pnevmatik (airlift) bioreaktorlar, membranali filtrlash tizimlari, sentrifugalar hamda vakuumli quritish uskunalarining konstruktiv va funksional xususiyatlari tahlil qilindi.

Shuningdek, zamonaviy bioreaktorlarda qo‘llaniladigan avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarining ahamiyatiga alohida e'tibor qaratildi. Fermentatsiya jarayonlarida harorat, muhit pH ko‘rsatkichi, erigan kislorod (DO), karbonat angidrid (CO_2), aralashtirish tezligi va ko‘pik hosil bo‘lishi kabi texnologik parametrlarni real vaqt rejimida nazorat qiluvchi sensorlar hamda mikroprotsessorli boshqaruv tizimlarining jarayon barqarorligiga ta'siri baholandi.

Tahlillar natijalari zamonaviy biotexnologik uskunalarning organik qoldiqlarni samarali biokonversiya qilish, biologik faol mahsulotlar hosildorligini oshirish, energiya va resurs sarfini kamaytirish hamda ekologik xavfsiz ishlab chiqarishni ta'minlashdagi o‘rnini kompleks baholash imkonini berdi.

Natijalar va muhokama. Tahlillarimiz natijasida aniqladikki, biotexnologik ishlab chiqarish qoldiqlarini samarali qayta ishlash bir-biri bilan uzviy bog‘langan texnologik bosqichlardan iborat bo‘lib, har bir bosqichda qo‘llaniladigan uskunalarning texnik imkoniyatlari biokonversiya jarayonining samaradorligiga bevosita ta'sir ko‘rsatadi. Biz dastlabki mexanik ishlov berish biomassaning fizik tuzilishini o‘zgartirib, mikroorganizmlar va fermentlarning substrat bilan o‘zaro ta'sir

qilish yuzasini sezilarli darajada kengaytirishini kuzatdik. Shu sababli vibratsion maydalagichlar, sharli tegirmonlar va ekstruderlar lignotsellyulozali qoldiqlarni maydalash hamda ularning fermentativ parchalanishini jadallashtirishda muhim o‘rin egallashini ta'kidlaymiz. Ayniqsa, ekstruziya jarayonida yuqori bosim va harorat ta'sirida biomassa tuzilishining bo‘shashishi keyingi fermentativ gidroliz samaradorligini oshirishini aniqladik.

Bizning tahlillarimiz oziq-ovqat sanoati va qishloq xo‘jaligi qoldiqlarini qayta ishlashda gidrokavitatsiya texnologiyasi istiqbolli usullardan biri ekanligini ko‘rsatdi. Gidrokavitatorlarda hosil bo‘ladigan yuqori energiyali mikrooqimlar va zarba to‘lqinlari hujayra devorlarini qisman yemirib, hujayra ichidagi biologik faol moddalar hamda oziqa komponentlarining ajralishini tezlashtiradi. Natijada substratning fermentlar uchun qulayligi ortadi va gidroliz jarayonining davomiyligi qisqaradi.

Biz fermentatsiya bosqichini biokonversiya jarayonining asosiy texnologik qismi sifatida baholadik. Aralashtirgichli (stirred-tank) bioreaktorlar sanoatda keng qo‘llanilishini, pnevmatik (airlift) bioreaktorlar esa energiya sarfining nisbatan kamligi va hujayralarga mexanik ta'sirning pastligi bilan ajralib turishini qayd etdik. Shuningdek, qattiq fazali fermentatsiyada baraban tipidagi bioreaktorlar somon, paxta poyasi, meva-sabzavot qoldiqlari va boshqa lignotsellyulozali biomassa turlarini qayta ishlashda yuqori samaradorlikni ta'minlashini aniqladik. Ushbu uskunalarda *Bacillus subtilis*, *Trichoderma reesei*, *Aspergillus niger* va *Saccharomyces cerevisiae* kabi mikroorganizmlardan foydalanish sellyuloza va gemitsellyulozaning biologik parchalanishini jadallashtirib, bioetanol, fermentlar, organik kislotalar, bioo‘g‘it hamda mikrob biomassasi olish imkoniyatlarini kengaytirishini ta'kidlaymiz.

Tahlillarimiz shuni ko‘rsatdiki, fermentatsiya jarayonining barqarorligi zamonaviy avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari bilan chambarchas bog‘liq. Harorat, pH, erigan kislorod (DO), karbonat angidrid (CO_2), aralashtirish tezligi va ko‘pik hosil bo‘lishini real vaqt rejimida nazorat qiluvchi sensorlar mikroorganizmlar uchun

optimal sharoitni ta'minlaydi. Biz bunday raqamli monitoring tizimlari ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtirish, biologik mahsulot hosildorligini oshirish hamda inson omili bilan bog‘liq xatolarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini aniqladik.

Fermentatsiyadan keyingi mahsulotlarni ajratib olish (downstream processing) bosqichini tahlil qilish jarayonida dekanter va yuqori tezlikli sentrifugalar qattiq hamda suyuq fazalarni samarali ajratishini kuzatdik. Ultrafiltratsiya va mikrofiltratsiya tizimlari esa oqsillar, fermentlar hamda boshqa biologik faol birikmalarni yuqori darajada konsentratsiyalash imkonini berishini aniqladik. Bundan tashqari, vakuumli va liofilizatsion quritish texnologiyalaridan foydalanish issiqlikka sezgir biologik mahsulotlarning sifatini saqlab qolishga xizmat qilishini qayd etdik.

Umuman olganda, olib borgan tahlillarimiz asosida mexanik ishlov berish, fermentativ gidroliz, yuqori samarali fermentatsiya va zamonaviy membranali ajratish texnologiyalarini yagona texnologik tizimga integratsiya qilish organik qoldiqlardan foydalanish samaradorligini sezilarli darajada oshirishini xulosa qildik. Bizning fikrimizcha, bunday yondashuv resurslardan oqilona foydalanish, chiqindilar hajmini kamaytirish hamda bioiqtisodiyot tamoyillarini amaliyotga keng joriy etishda muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Xulosa. Olib borgan tahlillarimiz natijasida biotexnologik ishlab chiqarish qoldiqlarini qayta ishlashda qo‘llaniladigan zamonaviy uskunalar va texnologiyalar biokonversiya jarayonlarining samaradorligini oshirishda muhim o‘rin tutishini aniqladik. Substratni tayyorlash, gidroliz, sterilizatsiya, fermentatsiya hamda fermentatsiyadan keyingi mahsulotlarni ajratib olish bosqichlarida qo‘llaniladigan texnologik uskunalar yagona tizim sifatida faoliyat yuritganda biologik jarayonlarning barqarorligi va mahsulot sifati sezilarli darajada yaxshilanadi.

Tahlillarimiz shuni ko‘rsatdiki, maydalagichlar, ekstruderlar va gidrokavitatorlardan foydalanish lignotsellyulozali biomassa tuzilishini o‘zgartirib,

fermentativ gidroliz jarayonining samaradorligini oshiradi. Zamonaviy bioreaktorlarda *Bacillus subtilis*, *Trichoderma reesei*, *Aspergillus niger* va *Saccharomyces cerevisiae* kabi mikroorganizmlardan foydalanish organik qoldiqlarni bioetanol, fermentlar, organik kislotalar, bioo‘g‘it va mikrob biomassasi kabi yuqori qo‘shimcha qiymatga ega mahsulotlarga aylantirish imkoniyatlarini kengaytiradi.

Shuningdek, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, sensorli monitoring va raqamli nazorat vositalarini ishlab chiqarish jarayonlariga joriy etish fermentatsiya parametrlarini real vaqt rejimida boshqarish, energiya va resurs sarfini kamaytirish hamda biologik mahsulotlar hosildorligini oshirishga xizmat qilishini aniqladik. Bu esa biotexnologik korxonalarda ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bilan bir qatorda ekologik xavfsizlikni ta'minlashga ham imkon yaratadi.

Bizning fikrimizcha, organik qoldiqlarni qayta ishlashda mexanik, fizik va biologik usullarni yagona texnologik tizimda uyg‘unlashtirish bioiqtisodiyot tamoyillarini rivojlantirishning muhim omillaridan biridir. Kelgusida sun'iy intellekt elementlari bilan jihozlangan «aqlli» bioreaktorlar, membranali biotexnologiyalar va energiya tejamkor uskunalarni ishlab chiqarishga keng joriy etish organik chiqindilarni chuqur qayta ishlash samaradorligini yanada oshiradi hamda chiqindisiz biotexnologik ishlab chiqarishni rivojlantirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bamigbade G.B., Oyelami O.I., Babalola O.O. et al. An Updated Comprehensive Review on Waste Valorization: Current Insights and Future Perspectives for Sustainable Industrial Applications. Bioresource Technology. 2024. Vol. 418. Article 131868.
2. Ezeorba T.P.C., Nwinyi O.C., et al. Recent Advances in Biotechnological Valorization of Agro-Food Waste Biorefineries. Bioresource Technology Reports. 2024. Vol. 27. Article 101823.

3. Ansari S.A., et al. Valorization of Food Waste: A Comprehensive Review of Technologies for Bio-Based Products. Journal of Environmental Management. 2024.
4. Sulis D.B., et al. Advances in Lignocellulosic Feedstocks for Bioenergy and Bio-Based Products. Nature Communications. 2025.
5. Ntunka M.G., et al. Valorization of Lignocellulosic Biomass to Biofuel: Recent Developments in Pretreatment Technologies. Bioengineering. 2025.
6. Silva S.O., et al. Biotechnology in Agro-Industry: Valorization of Agricultural Waste into High-Value Products. Microorganisms. 2025.
7. Segers B., et al. Lignocellulosic Biomass Valorisation: A Review of Feedstocks, Pretreatment Technologies and Industrial Applications. RSC Sustainability. 2024.
8. Roy P., Orikasa T., Nakamura N., et al. A Review on the Challenges and Choices for Food Waste Valorization in a Circular Economy. ACS Environmental Au. 2023.
9. Talekar S., et al. Food Waste Biorefinery Towards Circular Economy. Bioresource Technology. 2023.
10. Stanbury P.F., Whitaker A., Hall S.J. Principles of Fermentation Technology. 3rd ed. Elsevier, 2017.
11. Nielsen J., Villadsen J., Lidén G. Bioreaction Engineering Principles. 3rd ed. Springer, 2017.
12. Shuler M.L., Kargi F. Bioprocess Engineering: Basic Concepts. 3rd ed. Pearson Education, 2017.