DOI 10.66073/ReFocus-Conf/3010092

SPORA HOSIL QILUVCHI BAKTERIYALARNI ALYUMINIY OKSIDLI YANGI AVLOD SORBENTLARIGA IMMOBILLASH ORQALI ULARNING YASHOVCHANLIK KO‘RSATKICHLARINI BAHOLASH

Turdibekova Ozoda Jumanazar qizi
O‘zMU Biologiya va ekologiya fakulteti 2-bosqich magistranti
Axmedova Zahro Raxmatovna
O‘zR FA Mikrobiologiya instituti, b.f.d., professor, laboratoriya mudiri
Abdullayeva Yulduz Alisher qizi
O‘zR FA Mikrobiologiya instituti 3-bosqich tayanch doktoranti

Annotatsiya: Ushbu tadqiqotda mikroyoyli oksidlanish (MYO) usuli bilan olingan, g‘ovakligi va kimyoviy tarkibi turlicha bo‘lgan alyuminiy oksidli yangi avlod sorbentlarining (AlMg6, D16 va ZnAl(O,Si)) mikroorganizmlarni biriktirish (immobillash) va ularning yashovchanligini saqlash samaradorligi o‘rganildi. Modelli mikroorganizm sifatida spora hosil qiluvchi *Bacillus subtilis* bakteriyalari tanlandi. Sorbsion sig‘im kontaktdan keyin erkin qolgan hujayralarni sanash, desorbsiyadan keyingi yashovchanlik esa go‘sht-peptonli agarda koloniya hosil qiluvchi birliklarni (KHB) aniqlash orqali baholandi. Natijalar alyuminiy oksidli sorbentlar yuqori sorbsion sig‘imga ega bo‘lishini (AlMg6 namunasida 75%) va desorbsiyadan so‘ng bakteriyalarning yashovchanligi 88–93% darajasida saqlanishini ko‘rsatdi; nazorat namunasida bu ko‘rsatkich 82% ni tashkil etdi.

Kalit so‘zlar: Bacillus subtilis, alyuminiy oksidi, mikroyoyli oksidlanish (MYO), sorbsiya, immobillash, desorbsiya, yashovchanlik.

Аннотация: В данном исследовании изучена эффективность сорбентов нового поколения на основе оксида алюминия (AlMg6, D16 и ZnAl(O,Si)) с различной пористостью и химическим составом, полученных методом микродугового оксидирования (МДО), в отношении связывания (иммобилизации) микроорганизмов и сохранения их жизнеспособности. В качестве модельного микроорганизма выбраны спорообразующие бактерии *Bacillus subtilis*. Сорбционную ёмкость оценивали по числу свободных клеток после контакта, жизнеспособность после десорбции — по числу колониеобразующих единиц (КОЕ) на мясо-пептонном агаре. Результаты показали, что сорбенты обладают высокой сорбционной ёмкостью (75% для AlMg6) и сохраняют жизнеспособность бактерий на уровне 88–93% после десорбции против 82% в контроле.

Ключевые слова: Bacillus subtilis, оксид алюминия, микродуговое оксидирование (МДО), сорбция, иммобилизация, десорбция, жизнеспособность.

Abstract: This study investigated the efficiency of new-generation aluminium oxide sorbents (AlMg6, D16 and ZnAl(O,Si)) of different porosity and chemical composition, obtained by micro-arc oxidation (MAO), in binding (immobilizing) microorganisms and maintaining their viability. Spore-forming *Bacillus subtilis* bacteria were selected as the model microorganism. Sorption capacity was assessed by counting the cells remaining free after contact, and post-desorption viability by colony-forming unit (CFU) counts on nutrient agar. The results showed that aluminium oxide sorbents have a high sorption capacity (75% for AlMg6) and retain bacterial viability at 88–93% after desorption, compared with 82% in the control.

IQTIBOS UCHUN
Turdibekova O.J., Axmedova Z.R., Abdullayeva Y.A. Spora hosil qiluvchi bakteriyalarni alyuminiy oksidli yangi avlod sorbentlariga immobillash orqali ularning yashovchanlik ko‘rsatkichlarini baholash // Fundamental va amaliy mikrobiologiyaning bugungi holati va rivojlanish istiqbollari: yosh olimlar nigohi: Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. – Toshkent, 2026. – B. 334–337.
DOI: https://doi.org/10.66073/ReFocus-Conf/3010092

Keywords: Bacillus subtilis, aluminium oxide, micro-arc oxidation (MAO), sorption, immobilization, desorption, viability.

Kirish

Oqova suvlarni va atrof-muhitni sanoat chiqindilari, og‘ir metallar hamda patogen mikroorganizmlardan tozalash zamonaviy ekologik biotexnologiyaning eng dolzarb muammolaridan biridir. Suvlarni tezkor va samarali tozalashda turli fizik-kimyoviy usullar orasida sorbsiya usuli yuqori samaradorligi, arzonligi va ekologik xavfsizligi bilan ajralib turadi. So‘nggi yillarda nafaqat kimyoviy birikmalarni, balki tirik mikrob hujayralarini ham biriktira oladigan (immobillaydigan) universal sorbentlarni yaratishga bo‘lgan talab ortib bormoqda.

Mikroorganizmlarning mineral zarrachalar va sorbent yuzasiga birikishi (adgeziya) murakkab biofizik jarayon bo‘lib, u hujayra devori zaryadiga hamda sorbent yuzasining funksional guruhlariga bog‘liq [2, 3]. Gram-musbat bakteriyalar, xususan *Bacillus subtilis*, yuzasida manfiy zaryadga ega. Bu zaryad peptidoglikan (PG) makropolimeridagi karboksil guruhlari, teyxoy kislotalari (TK) va lipoteyxoy kislotalari (LTK) hamda anionli polimerlar mavjudligi bilan izohlanadi [4].

Kremniy va alyuminiy tutgan oksidli materiallar, xususan alyuminiy oksidi, g‘ovakli strukturasi va tarkibini sintez bosqichida boshqarish imkoniyati yuqori bo‘lgani uchun istiqbolli sorbentlar hisoblanadi [1, 5]. Belarus Milliy fanlar akademiyasining Birlashgan mashinasozlik institutida mikroyoyli oksidlanish (MYO) usuli bilan olingan alyuminiy qoplamalari qalinligi 300 mikrongacha va undan ortiq yuqori g‘ovakli struktura hosil qilish imkonini beradi [6, 7]. Shu bilan birga, qoplama yuzasining rel’efi va faza tarkibi bakteriyalar adgeziyasiga turlicha ta’sir ko‘rsatishi mumkinligi qayd etilgan [1, 5], shuning uchun har bir yangi qoplama turini mikroorganizmlar bilan o‘zaro ta’sirda alohida sinash talab etiladi.

Tadqiqotning maqsadi spora hosil qiluvchi *Bacillus subtilis* bakteriyalarini alyuminiy oksidli yangi avlod sorbentlariga immobillash, sorbsiya samaradorligini hamda desorbsiyadan so‘ng ularning yashovchanligini baholashdan iborat.

Materiallar va tadqiqot usullari

Tadqiqot obyekti sifatida O‘zR FA Mikrobiologiya instituti kolleksiyasidan olingan *Bacillus subtilis* shtammi hamda alyuminiy qotishmalari asosida MYO usuli bilan tayyorlangan kompozitsion keramik qoplama namunalari olindi.

Sorbent tashuvchilari. Tadqiqotda uch xil sorbent tashuvchisi (nositel) taqqoslandi:

1. AlMg6 — AlMg6 qotishmasi yuzasida shakllantirilgan keramik qoplama. Tarkibi α-Al_2O_3 va γ-Al_2O_3 fazalaridan (70:30 nisbatda) iborat. Qoplama qalinligi 60–70 mkm, sirt g‘ovakligi 40–50%, g‘ovaklar o‘lchami 0,5 dan 5 mkm gacha.

2. D16 — D16 qotishmasida shakllantirilgan qoplama. Asosan γ-Al_2O_3 modifikatsiyasidan tashkil topgan. G‘ovak o‘lchamlari 0,5–5 mkm (ba’zilari 20 mkm gacha), g‘ovaklik darajasi 40–50%.

3. ZnAl(O,Si) — ZnAl qotishmasida olingan kompozit qoplama. Tarkibi alyuminiy oksidi (α-Al_2O_3), rux alyuminati va mullit aralashmasidan iborat. Yirik g‘ovaklar o‘lchami 10–30 mkm, shuningdek, 1–3 mkm li lokal maydonlar mavjud.

Barcha namunalar tajribadan oldin avtoklavda 121 ^{0}C haroratda, 1 atm bosimda 20 daqiqa davomida sterilizatsiya qilindi va steril sharoitda sovitildi.

Bakterial suspenziyani tayyorlash. Bakteriyalar go‘sht-peptonli bulonda 37 ^{0}C haroratda, 160 ayl/daq tezlikda 24 soat davomida o‘stirildi. O‘stirishdan so‘ng bakterial suspenziya sentrifugalash yo‘li bilan ajratildi, hujayralar fiziologik eritma bilan oziqa muhiti qoldiqlari ketguncha yuvildi va fiziologik eritmada qayta suspenziyalandi. Ishchi suspenziyadagi hujayralar soni go‘sht-peptonli agarda ketma-ket o‘nlik suyultirish va KHB ni sanash usuli bilan aniqlandi.

Bakteriyalarning sorbent yuzasiga birikishini o‘rganish. Kompozitsion qoplama namunalari bakterial suspenziyaga joylashtirildi va 60 ayl/daq tezlikda 30 daqiqa chayqatildi.

Kontaktdan keyin namunalar yuzaga birikmagan yoki zaif birikkan hujayralarni ajratish maqsadida fiziologik eritma bilan bir necha marta yuvildi. Sorbsiyalangan hujayralar soni boshlang‘ich suspenziyadagi va kontaktdan keyin erkin qolgan hujayralar sonining ayirmasi bo‘yicha hisoblandi, sorbsiya samaradorligi esa boshlang‘ich hujayralar soniga nisbatan foizda ifodalandi. Namunalar yuzasida qolgan bakteriya hujayralari elektron mikroskopiya yordamida o‘rganildi.

Desorbsiya va yashovchanlikni aniqlash. Hujayralar sorbent yuzasidan desorbsiya qilindi. Desorbatdagi tirik hujayralar soni go‘sht-peptonli agarda KHB ni sanash orqali aniqlandi va sorbsiyalangan hujayralar soniga nisbatan foizda ifodalandi. Nazorat sifatida sorbentsiz, xuddi shu sharoitda va shu muddat davomida ushlab turilgan bakterial suspenziya ishlatildi.

Natijalar

Sorbsion sig‘im. Uchala qoplama ham *Bacillus subtilis* hujayralarini o‘z yuzasida ushlab qolish qobiliyatini namoyon qildi. AlMg6 namunasida boshlang‘ich 300 mln hujayradan 225 mln tasi sorbsiyalandi, bu 75% ni tashkil etadi. ZnAl(O,Si) sorbentida sorbsiyalangan hujayralarning umumiy soni 186,66 mln dan oshdi.

Yashovchanlik ko‘rsatkichlari. Sorbent yuzasidan desorbsiya qilingan *Bacillus subtilis* hujayralarining yashovchanligi ZnAl(O,Si) sorbentida 93% ni, AlMg6 da 90% ni, D16 da 88% ni tashkil etdi; nazorat namunasida bu ko‘rsatkich 82% ga teng bo‘ldi. Shunday qilib, uchala sorbent ham nazoratga nisbatan hujayralar yashovchanligini 6–11% ga yuqoriroq darajada saqladi.

Xulosa

1. Mikroyoyli oksidlanish usuli bilan olingan alyuminiy oksidli sorbentlar (AlMg6, D16, ZnAl(O,Si)) spora hosil qiluvchi *Bacillus subtilis* bakteriyalarini immobillash uchun mos g‘ovakli strukturaga ega; AlMg6 namunasida sorbsiya samaradorligi 75% ni tashkil etdi.

2. Sorbent yuzasidan desorbsiya qilingan hujayralarning yashovchanligi yuqori darajada saqlanadi: ZnAl(O,Si) sorbentida 93%, AlMg6 da 90%, D16 da 88%, nazoratda esa 82%.

3. Sorbsion sig‘im va yashovchanlik ko‘rsatkichlari qoplamaning g‘ovaklik strukturasi va faza tarkibiga bog‘liq holda o‘zgaradi: mayda g‘ovakli AlMg6 ko‘proq hujayra biriktirsa, yirik g‘ovakli ZnAl(O,Si) hujayralar yashovchanligini yaxshiroq saqlaydi.

4. Ushbu yangi avlod sorbentlari biotexnologik jarayonlarda hamda bakterial preparatlarni matritsalarda saqlashda qo‘llanilishi istiqbolli hisoblanadi; saqlash muddatining yashovchanlikka ta’siri keyingi tadqiqotlarda baholanishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Feng G., Cheng Y., Wang S.-Y., Hsu L.C., Feliz Y., Borca-Tasciuc D.A., Worobo R.W., Moraru C.I. Alumina surfaces with nanoscale topography reduce attachment and biofilm formation by Escherichia coli and Listeria spp. // Biofouling. — 2014. — Vol. 30, No. 10. — P. 1253–1268. DOI: 10.1080/08927014.2014.976561
2. Bos R., van der Mei H.C., Busscher H.J. Physico-chemistry of initial microbial adhesive interactions — its mechanisms and methods for study // FEMS Microbiology Reviews. — 1999. — Vol. 23, No. 2. — P. 179–230. DOI: 10.1016/S0168-6445(99)00004-2
3. Van Loosdrecht M.C.M., Norde W., Zehnder A.J.B. Physical chemical description of bacterial adhesion // Journal of Biomaterials Applications. — 1990. — Vol. 5, No. 2. — P. 91–106. DOI: 10.1177/088532829000500202
4. Wang Y., Lee S.M., Dykes G. The physicochemical process of bacterial attachment to abiotic surfaces: challenges for mechanistic studies, predictability and the development of control strategies // Critical Reviews in Microbiology. — 2015. — Vol. 41, No. 4. — P. 452–464. DOI: 10.3109/1040841X.2013.866072
5. Kreve S., Dos Reis A.C. Effect of surface properties of ceramic materials on bacterial adhesion: a systematic review // Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. — 2022. — Vol. 34, No. 3. — P. 461–472. DOI: 10.1111/jerd.12799

6. Akhmedova Z., Tonkikh A., Shonakhunov T., Ibragimov A., Yakhyaeva M., Khamraeva Z., Gulyamova I., Kadirova G., Verushkina O. Immobilization of microorganisms on solid sorbents of a new generation obtained on the basis of aluminum oxide via micro-arc oxidation // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. — 2026. — Vol. 15, No. 6. — e14060. DOI: 10.55251/jmbfs.14060
7. Ахмедова З.Р., Шонахунов Т.Э., Ибрагимов А.А., Хамраева З.Т., Яхяева М.А., Гулямова И.Т. Оптимизация структуры и фазового состава композиционного оксидного покрытия на алюминии как перспективного сорбента микробиологических объектов и материала с модифицированным высвобождением: монография. — Ташкент, 2026. — 178 с.