

## A-KETOGLUTARAT VA NATRIY MALAT QO‘SHILGAN POLIVINIL SPIRTI ASOSIDAGI BIOAKTIV PLYONKALAR OLIISH VA ULARNING TADQIQOTI.

*Xo‘jamqulova Muazzam Bahriddin qizi*

*Termiz Davlat universiteti kimyo yo‘nalishi 1-kurs talabasi*

*Ilmiy rahbar: Turdimurodov Otabek*

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada polivinil spirti (PVS/PVA) asosida A-ketoglutarat ( $\alpha$ -ketoglutarat) va natriy malat qo‘shilgan bioaktiv plyonkalarni olish hamda ularning fizik-kimyoviy va funksional xossalarini baholash yoritiladi. PVA suvda eruvchan, biokompatibil va plyonka hosil qiluvchi polimer bo‘lib, organik kislotalar va ularning tuzlari bilan vodorod bog‘lari hamda (mos sharoitda) esterlanish/crosslinking hisobiga tarmoqsimon strukturalar hosil qilishi mumkin. Natriy malat PVA matritsada plastifikator va gidrofil-gidrofon muvozanatini boshqaruvchi komponent sifatida,  $\alpha$ -ketoglutarat esa biofaol metabolit sifatida (hamda karbonil/karboksilat guruhlari orqali polimer zanjirlararo o‘zaro ta’siri kuchaytiruvchi modda sifatida) ko‘rib chiqiladi. Plyonkalar eritma-quyish (solution casting) usulida tayyorlanib, FTIR, mexanik sinovlar, nam yutish/shishish, suv bug‘i o‘tkazuvchanligi, termik barqarorlik va (zarur bo‘lsa) biofaollik testlari orqali tavsiflanadi. Natijalardan kutiladiki, qo‘shimchalar PVA plyonkaning strukturasini zichlashtirib, gidrofil xatti-harakatini boshqaradi, mexanik mustahkamlik va barer xususiyatlarini optimallashtiradi hamda bioaktiv funkcionallik uchun platforma yaratadi.

**Kalit so‘zlar:** polivinil spirti (PVA/PVS),  $\alpha$ -ketoglutarat, natriy malat, bioaktiv plyonka, solution casting, FTIR, mexanik xossalar, suv bug‘i o‘tkazuvchanligi, biodegradatsiya.

**Kirish.** Bioaktiv plyonkalar oziq-ovqat qadoqlash, yara parvarishi, dori yetkazib berish va ekologik materiallar yo‘nalishida dolzarb hisoblanadi. Bunday plyonkalarda asosiy talablar: mexanik barqarorlik, namlik va gazlarga nisbatan nazorat qilinadigan o‘tkazuvchanlik, xavfsizlik/biokompatibilik va funksional qo‘shimcha (antimikrob, antioksidant yoki metabolik biofaollik) bilan boyitilgan bo‘lishidir. PVA shu talablarga yaqin bo‘lgan polimerlardan biri bo‘lib, u plyonka hosil qilish qobiliyati, suv bilan o‘zaro ta’siri va modifikatsiya qilish qulayligi bilan ajralib turadi; shu bilan birga uning yuqori gidrofilligi amaliy qo‘llanmalarda barer va namga chidamlilik muammolarini keltirishi mumkin. Shu sababli PVA ni organik kislotalar/tuzlar, ko‘p funksional qo‘shimchalar yoki tarmoq hosil qiluvchi reagentlar bilan modifikatsiya qilish keng

qo‘llanadi. PVA tarkibiga organik kislotalar (jumladan malat/malik kislota hosilalari) kiritilishi kontakt burchagi va suvga chidamlilik kabi xossalarga sezilarli ta‘sir ko‘rsatishi, issiqlik bilan ishlov berilganda esa crosslinking/plastifikatsiya kombinatsiyasi yuzaga kelishi adabiyotlarda qayd etilgan.  $\alpha$ -ketoglutarat (A-ketoglutarat) biologik metabolit sifatida immun va to‘qima regeneratsiyasi bilan bog‘liq jarayonlarda qiziqish uyg‘otadi; u asosidagi polimer tizimlarining yara bitishi kabi yo‘nalishlarda o‘rganilishi biofaollik platformasi sifatida dolzarbligini ko‘rsatadi.

**Adabiyotlar tahlili** . PVA asosidagi plyonka va kompozitlar bo‘yicha so‘nggi tahliliy ishlar PVA ning plyonka hosil qilishi, biokompatibiligi va aralashmalar bilan moslashuvchanligini ta‘kidlaydi; ayniqsa “faol” qadoqlash va biomateriallar uchun barer va mexanik ko‘rsatkichlarni boshqarishning asosiy yo‘li sifatida polimer-zanjirlararo o‘zaro ta‘sirni kuchaytirish (vodorod bog‘lari, ion-juftlar, esterlanish/crosslinking) ko‘rsatiladi. Organik kislotalar (malat/malik kislota kabi) PVA ning gidrofil xossasini pasaytirishi yoki issiqlik bilan ishlov berilganda crosslinking effektini kuchaytirishi mumkin; bu mexanik mustahkamlik va barer ko‘rsatkichlarini yaxshilashga olib kelishi haqida ma‘lumotlar bor.  $\alpha$ -ketoglutarat esa metabolik biofaolligi sababli biomateriallarda (masalan, yara bitishida) “faol komponent” sifatida ko‘rib chiqilmoqda; shu asosda uni PVA matritsasiga kiritish plyonkani bioaktiv platformaga aylantirish ehtimolini kuchaytiradi.

**Metodologiya.** Plyonka olish (solution casting)

1. PVA eritmasi: PVA (odatda 5–10% m/v) distillangan suvda 80–90°C da to‘liq eriguncha aralashtiriladi, so‘ng 40–50°C gacha sovutiladi.

2. Qo‘shimchalar kiritish:

– Natriy malat alohida oz miqdor suvda eritilib, PVA eritmasiga qo‘shiladi.

–  $\alpha$ -ketoglutarat (kislota yoki tuz shaklida) eritilib qo‘shiladi.

Kompozitsiya variantlari tajriba dizaynida 3 guruhda tanlanadi: (i) nazorat PVA, (ii) PVA+natriy malat, (iii) PVA+natriy malat+ $\alpha$ -ketoglutarat.

3. pH/ion kuchi: agar plyonka juda gidrofil bo‘lib qolsa yoki xiralashish kuzatilsa, pH ni neytral atrofida ushlab (tamponlash) va qo‘shimchalar miqdorini optimallashtirish tavsiya qilinadi.

4. Quyish va quritish: eritma tekis substratga quyilib, 25–40°C da changsiz sharoitda quritiladi; zarur bo‘lsa, 80–120°C da qisqa issiqlik ishlovi berilib, struktura zichlashtiriladi (malat tizimida bu bosqich muhim bo‘lishi mumkin).

Tavsiflash va sinovlar

A) FTIR: PVA ning –OH,  $\alpha$ -ketoglutarat/malatning –COO<sup>-</sup>/C=O signallari va

ularning siljishi orqali o‘zaro ta’sir baholanadi.

B) Mexanik sinov: mustahkamlik, uzilishdagi cho‘zilish, Young moduli.

C) Suv yutish/shishish: ma’lum vaqt oralig‘ida massa o‘zgarishi va shishish koeffitsienti.

D) Suv bug‘i o‘tkazuvchanligi (WVTR) yoki namlikka chidamlilik: barer xossalar baholanadi.

E) Termik tahlil (TGA/DSC) va morfologiya (SEM): termik barqarorlik va mikrotuzilma.

F) Biofaollik (qo‘llanishga qarab): masalan, antimikrob screening (agar maqsad qadoqlash yoki yara parvarishi bo‘lsa) va sitotoksiklik/biokompatibilik (biomed maqsadda).

**Natijalar.** Struktura va spektral belgilari: FTIR da karboksilat va karbonil guruhleri bilan bog‘liq tebranishlarda siljishlar (hamda –OH zonasi kengayishi) kuzatilishi PVA zanjirlari bilan vodorod bog‘lari/ion-juft o‘zaro ta’sir kuchayganini ko‘rsatadi; bu, odatda, plyonka matritsasining “zichlashuvi” bilan bog‘lanadi. Malat va organik kislotalar PVA tizimida gidrofil xatti-harakatni boshqarishi va issiqlik ishlovi bilan kombinatsiyada crosslinking/plastifikatsiya effektini berishi haqida adabiyotlar mavjud.

Mexanik xossalar: natriy malat qo‘shilishi plastifikatsiya hisobiga cho‘ziluvchanlikni oshirishi mumkin, ammo haddan tashqari miqdorda bo‘lsa mustahkamlik pasayadi;  $\alpha$ -ketoglutarat bilan birga qo‘llanganda esa (kompozitsiya va quritish rejimiga bog‘liq holda) mustahkamlikni muvozanatlash, zanjirlararo o‘zaro ta’sirni kuchaytirish va plyonka yaxlitligini yaxshilash kutiladi.

Namlik va barer ko‘rsatkichlari: PVA ning asosiy muammosi suvga sezgirlik bo‘lgani uchun malat/organik kislota tizimlari bilan strukturani qisman “tarmoqsimon” qilish va suv bug‘i o‘tkazuvchanligini pasaytirish amaliy jihatdan muhim; issiqlik ishlovi bu effektini kuchaytirishi mumkin.

Bioaktivlik:  $\alpha$ -ketoglutarat metabolit bo‘lgani uchun biomateriallarda (masalan, yara bitishi yo‘nalishida) biofaollik komponenti sifatida qiziqish uyg‘otadi; plyonka ichida uning “bog‘langan” va “diffuziya bilan ajraluvchi” fraksiyalari bo‘lishi mumkin, bu esa funksional ta’sirni boshqarish (sust-release) kontseptsiyasiga olib keladi.

**Muhokama.** Ushbu tizimning ilmiy mantiqi PVA ning –OH guruhleri va qo‘shimchalarning –COO<sup>-</sup>/C=O funksional guruhleri o‘rtasidagi ko‘p nuqtali o‘zaro ta’sirga borib taqaladi. Natriy malat ionli tabiatga ega bo‘lgani sababli PVA matritsada ion-dipol va vodorod bog‘larini kuchaytirishi, shu bilan birga plastifikatsiya qilib plyonkaning mo‘rtligini kamaytirishi mumkin.  $\alpha$ -ketoglutarat esa

karbonil va karboksilat funksional guruhlari orqali qo‘shimcha “tutashish nuqtalari” yaratib, morfologiyani tartibga solishi ehtimol. Issiqlik ishlovi (agar qo‘llansa) organik kislotalar ishtirokida crosslinking effektini kuchaytirishi va suvga chidamlilikni yaxshilashi mumkinligi PVA–organik kislota tizimlari bo‘yicha ishlarda ta’kidlangan. Amaliy jihatdan eng muhim masala — kompozitsiyani optimallashtirish: malat miqdori oshib ketganda plyonka juda yumshoq yoki suvda tez shishuvchi bo‘lib qolishi mumkin;  $\alpha$ -ketoglutarat miqdori oshganda esa kristallanish/xiralashish, mo‘rtlik yoki ion kuchi ta’siri ortishi ehtimoli bor. Shuning uchun dizayn-of-experiments ( $3 \times 3$  darajali konsentratsiya matritsasi) va rubrika asosida optimal nuqta tanlash tavsiya etiladi (mexanik + WVTR + shishish + biofaollik).

**Xulosa.**  $\alpha$ -ketoglutarat va natriy malat qo‘shilgan PVA asosidagi bioaktiv plyonkalarni solution casting usulida olish texnologik jihatdan sodda va modifikatsiya imkoniyatlari keng bo‘lgan yo‘nalishdir. Natriy malat PVA plyonkaning mexanik moslashuvchanligini va namlikka nisbatan xatti-harakatini boshqaruvchi komponent bo‘lib xizmat qilishi,  $\alpha$ -ketoglutarat esa bioaktiv metabolit sifatida funksional qiymat qo‘shishi mumkin. Plyonkalarni FTIR, mexanik sinov, nam yutish/shishish va barer ko‘rsatkichlari orqali kompleks baholash kompozitsiyaning optimal tarkibini aniqlashga yordam beradi. Kelgusida sitotoksiklik, biodegradatsiya kinetikasi va (qo‘llanishga qarab) antimikrob/sust-release profillarini chuqur tekshirish maqsadga muvofiq.

### Foydalanilgan adabiyotlar;

1. Bellelli M., Licciardello F., Pulvirenti A., Fava P. Poly(vinyl alcohol) films: effect of citric and malic acid and heat curing on properties. 2018.
2. Valdés C. va boshq. Poly(vinyl alcohol)-malic acid (CLHPMA) gidrogellari: sintez va xossalar. *Polymers*, 2021.
3. Oun A.A. va boshq. PVA asosidagi kompozit plyonkalar bo‘yicha so‘nggi yutuqlar (review). 2022.
4. Fan Y. va boshq. PVA asosidagi biodegradatsiyalanuvchi plyonkalar: tayyorlash, xossalar va qo‘llanilish (review). 2025.
5.  $\alpha$ -ketoglutarat asosidagi polimer tizimlar va ularning biomateriallarda qo‘llanilishi (wound healing yo‘nalishi). 2023.