POLI-L-LAKTID ASOSIDAGI BIOPARCHALANUVCHAN MATERIALLAR FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARIGA BENTONIT TA'SIRINI BAHOLASH

Sanjar Tillayev
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti,
E-mail: sanjar.tillayev83@gmail.com
Ergash Abduraxmanov
Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada PLA/m-Selluloza/Bentonit asosida olingan bioparchalanuvchan materiallar fizik-kimyoviy xossalariga namunalar tarkibiga kiritilgan bentonitning ta'sirini baholash borasida tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Sintez qilingan materiallarning xossalari zamonaviy tadqiqot usullari: IQ-spektroskopiya, SEM, XRD, TGA, DTA, DSC, gidrofillikni aniqlashning optik usullari va boshqalar vositasida tekshirildi.

Kalit so'zlar: poli-L-laktid; modifikatsiyalangan selluloza; bentonit; bioparchalanuvchan materiallar; fizik-kimyoviy xossalar.

Аннотация. В данной статье представлены результаты исследований по оценке влияния бентонита на физико-химические свойства биоразлагаемых материалов, полученных на основе PLA/м-целлюлозы/бентонит. Свойства материалов исследовались с использованием современных методов: ИК-спектроскопии, СЭМ, РФА, ТГА, ДТА, ДСК, оптических методов определения гидрофильности и др.

Ключевые слова: поли-L-лактид; модифицированная целлюлоза; бентонит; биоразлагаемые материалы; физико-химические свойства.

Abstract. This article presents the results of studies on the effect of bentonite clay on the physicochemical properties of biodegradable materials, based on PLA/m-cellulose/bentonite. The properties of materials were studied using modern methods: IR spectroscopy, SEM, X-ray diffraction, TGA, DTA, DSC, optical methods for determining hydrophilicity, etc.

Keywords: poly-L-lactide; modified cellulose; bentonite; biodegradable materials; physicochemical properties.

Kirish

Dunyoda hozirgi kunda plastik materiallar ishlab chiqarishning yillik hajmi 400 mln tonnadan ortiq bo'lib, ularning 2,3 mln tonnadan ortiqrog'i bioparchalanuvchan materiallardir. Bu jami ishlab chiqarish hajmining 0,5 % inigina tashkil etadi [1-3]. Bioparchalanuvchan plastik materiallar ishlab chiqarishda keng qo'llaniladigan xom ashyolardan biri – poli-L-laktid bo'lib, oson olinishi, fizik-kimyoviy xossalarining yetarli darajada ekanligi, atrof-muhitga

ISSN 3030-3907

tushganda tez parchalanishi, zaharli komponentlar hosil qilmasligi uning muhim ustunligi bo‘lsa, boshqa tomondan tannarxining qimmatligi, zarur fizik-kimyoviy hamda mexanik xossalarni ta’minlash uchun qo‘shimchalarga bo‘lgan ehtiyoj uning raqobatbardoshligiga ta’sir ko‘rsatadi [4, 5]. Zarur fizik-kimyoviy va mexanik xossalar berish, shuningdek mahsulot tannarxini pasaytirish uchun juda ko‘plab tadqiqotlar olib borilmoqda. Xususan, turli arzon to‘ldiruvchilar qo‘shish, xom ashyo bazasini kengaytirish olinishida jarayonlar samaradorligini oshirish va boshqa yo‘llar jadal tadqiq etilmoqda. Shunday yo‘llardan biri poli-L-laktid matritsaga arzon to‘ldiruvchilar: selluloza, kraxmal, xitin, nanotolalar bilan bir qatorda mineral komponentlar kiritish orqali tannarxini pasaytirish, shuningdek zarur xossalarni talab darajasida saqlab qolish mumkinligi tadqiq etilmoqda [5, 6]. Masalan, polilaktid/xitozan matritsaga bentonit kiritish materiallar xossalariga ijobiy ta’sir ko‘rsatganligi keltirilgan [6]. Xitozan/PCL/PLA matritsaga ham netonit minerali kiritish imkoniyati tadqiq etilganda, materiallarning mexanik mustahkamligi yaxshilanganligi ko‘rsatilgan [7]. Bentonit mineralini organik birikmalar bilan modifikatsiyalash uning xitozan matritsaga dispersiyasini kuchaytirishi ko‘rsatilgan [8]. Adabiyotlar ma’lumotlaridan polilaktid, modifikatsiyalangan selluloza matritsaga bentonit minerali kiritish orqali bioparchalanish xususiyatiga ega materiallar olish va ularning xossalarini tadqiq etish borasidagi tadqiqotlar kam o‘rganilganligi aniqlandi.

Mazkur ishda poli-L-laktid, modifikatsiyalangan selluloza asosidagi bioparchalanuvchan materiallar xossalariga bentonit minerali ta’sirini baholash borasidagi tadqiqotlar natijalari keltirilgan.

TAJRIBAVIY QISM. *Materiallar va metodlar*. Ishda qo‘llanilgan kimyoviy reagentlar: L-sut kislota – 80% li eritmasi (“Baza ximreaktivov”, Moskva); poli-L-laktid – “ring-opening polimerazation” usulida sintez qilindi (M_w= 20÷74 kDa); selluloza – o‘simliklar chiqindilaridan ajratib olindi; bentonit minerali – PBMA, PBMB, PBG, PPD markalari (“Bentonit” MCHJ, O‘zbekiston); dioksan. Usullar: PLA sintezi uchun “ring-opening polimerization” usuli; bioparchalanuvchan materiallar sintezi “solvent casting method” usulida; selluloza olish uchun ishqoriy va sulfatli usullar; materiallarning fizik-kimyoviy xossalarini tavsiflash uchun FTIR, XRD, SEM, TGA, DTA, gidrofillikni aniqlash uchun kontakt burchagini optik aniqalsh usullari va boshqalardan foydalanildi.

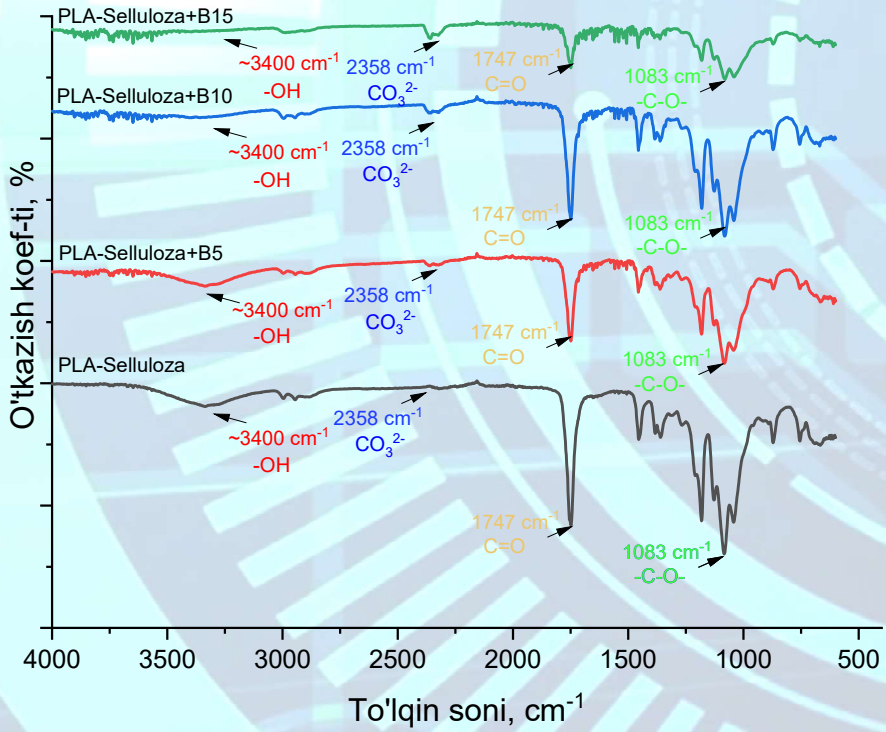
Bioparchalanuvchan materiallar sintezi. Dastlab, poli-L-laktid sintez qilindi, to‘ldiruvchi sifatida o‘simliklar chiqindilaridan olingan sellulozadan foydalanildi [9]. Sellulozani poli-L-laktid matritsaga kiritish uchun dastlab uni kimyoviy modifikatsiyalash zarurati mavjud. Shu sababli, sellulozani L-sut kislotasi hamda uning oligomeri bilan kimyoviy modifikatsiyalandi [5, 9].

ISSN 3030-3907

Tajribalarda sintez qilingan poli-L-laktid, modifikatsiyalangan selluloza hamda modifikatsiyalangan bentonit asosida “solvent casting method” usulida bioparchalanuvchan materiallar sintez qilindi.

Buning uchun polilaktidni o‘zida yaxshi erituvchi – dioksandan foydalanildi. 10 g miqdordagi polilaktid 100 ml dioksanga aralashtirilib, 1 sutka qoldirildi. Bunda hech qanday ortiqcha aralashtirishlar, chayqatishlar va boshqa ta’sirlar qilinmadi. Olingan massa yaxshilab aralashtirilib, gomogen holiga keltirildi. So‘ngra, shu gomogen aralashma bir necha bo‘laklarga bo‘linib, har biriga turli nisbatlarda modifikatsiyalangan selluloza va bentonit mineralidan ma’lum miqdorda qo‘shildi, yaxshilab aralashtirildi. Qaytar sovutkich yordamida 80±2 °C da 20 minut qizdirildi, mahsulot filtrlash yo‘li bilan erituvchidan ajratildi, bunda erituvchining 90-95 % qismi toza holda ajralib chiqdi. Olingan mahsulot ochiq havoda quritildi, tegishli shakl berildi.

SINTEZ QILINGAN MATERIALLARNING FIZIK-KIMYOVIY XOSSALARINI TADQIQ ETISH. *Materiallar tarkibiga kiritilgan bentonit mineralining makromolekulalar bilan ta’sirini baholash.* Quyidagi 1-rasmda PLA/mod-selluloza 80:20 tarkibli namunalar tarkibiga 5%, 10% va 15% gacha bentonit minerali kiritilgan namunalarning IQ-spektrlari (IRAffinity-1S, Shimadzu, Yaponiya) qiyosiy keltirilgan.



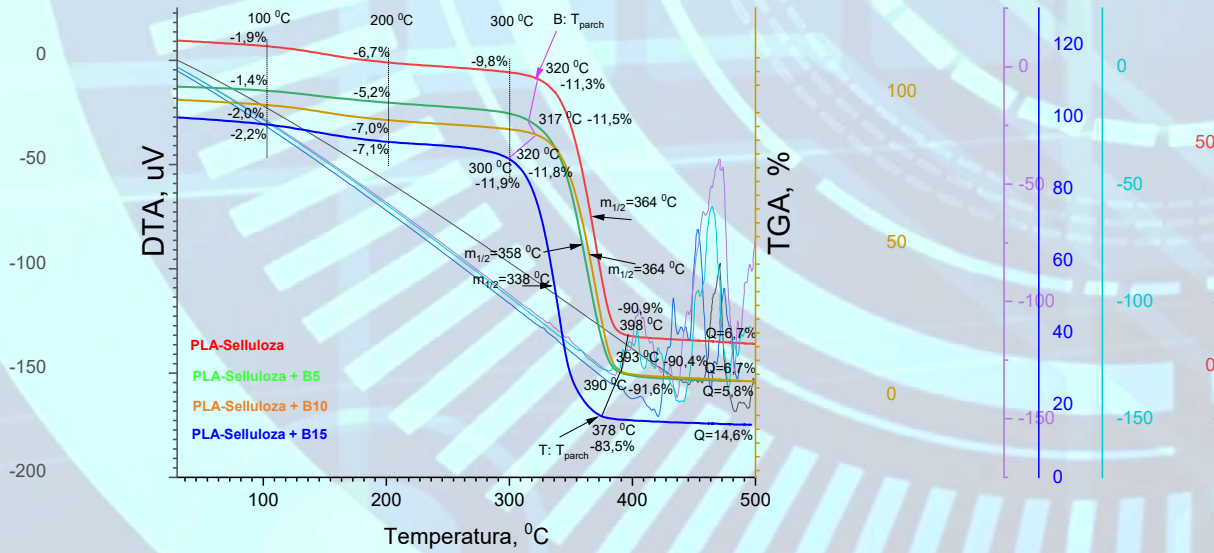
1-rasm. PLA/mod-Selluloza 80:20 tarkibli namunalarga 15 % gacha bentonit minerali kiritilgan materiallarning IQ-spektrlari

Olingan IQ-spektr (1-rasm) ma’lumotlaridan ~3400 cm^{-1} sohada PLA/m-Selluloza tarkibli materiallar namunasida gidroksil (-OH) guruhiga tegishli,

ISSN 3030-3907

intensivligi past polosalar kuzatilganligi, biroq ushbu polosalar material tarkibiga 5% bentonit kiritilganda intensivlikning yanada pasayishi yoki 10% va 15% bentonit saqlagan namunalarda esa butunlay yo‘qolganligi aniqlandi. Bu o‘z navbatida bentonit tarkibidagi mineral komponentlar (montmorillonit) metallar ionlari bilan -OH guruhi o‘rtasida ta’sir yuzaga kelganligini ko‘rsatadi. PLA/m-Selluloza 2358 cm-1 sohada polosa mavjud emas, biroq bentonit qo‘shilgan namunalarda uning miqdori ortishi bilan shu sohada karbonat (CO_3^{2-}) xos bo‘lgan yutilish polosalarining paydo bo‘lishi va intensivlikning ortib borishi kiritilgan mineral komponent tarkibi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. PLA-m-selluloza tarkibli materiallarda 1747-1742 cm-1 sohada karbonil (C=O) guruhining valent tebranishlariga xos polasalarning ham quyi sohaga siljishi ham namunada bentonit ulushining ortishi bilan polosalar intensivligi proporsional ravishda kamayib borishi PLA tarkibidagi karbonil guruhi hamda mineral komponent metallari ionlari orasida kimyoviy ta’sirlar yuzaga kelganligini isbotlaydi. Xuddi shunday ssenariy murakkab efir bog‘i (-C-O-C-) uchun ham ro‘y beradi. Ya’ni, PLA dagi -O-C=O guruhning -C-O- xarakteristik tebranishlariga tegishli 1128,36; 1083,99 hamda 1043,49 cm^{-1} sohalarda ko‘rinadigan polosalarning qo‘shilgan bentonit miqdoriga proporsional ravishda intensivligining kamayishi hamda quyi sohaga siljishi ushbu funksional guruh va mineral tarkibidagi metall ionlari orasida ta’sirlar yuzaga kelganligini isbotlaydi. 871,82 cm^{-1} sohadagi polosa polilaktidning amorf sohasiga; 754,17 cm^{-1} polosa esa kristallik sohasiga tegishli.

Materiallar termik xossalariga bentonit minerali ta’sirini baholash. PLA/modifikatsiyalangan selluloza (80:20) tarkibli namunalarga 15% gacha bentonit minerali qo‘shilishidan olingan materiallarning termik xossalarini tadqiq etish bo‘yicha olib borilgan tajribalar natijalari quyidagi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Polilaktid-modifikatsiyalangan selluloza asosidagi materiallar termik xossalariga bentonit minerali ta’sirini baholash

ISSN 3030-3907

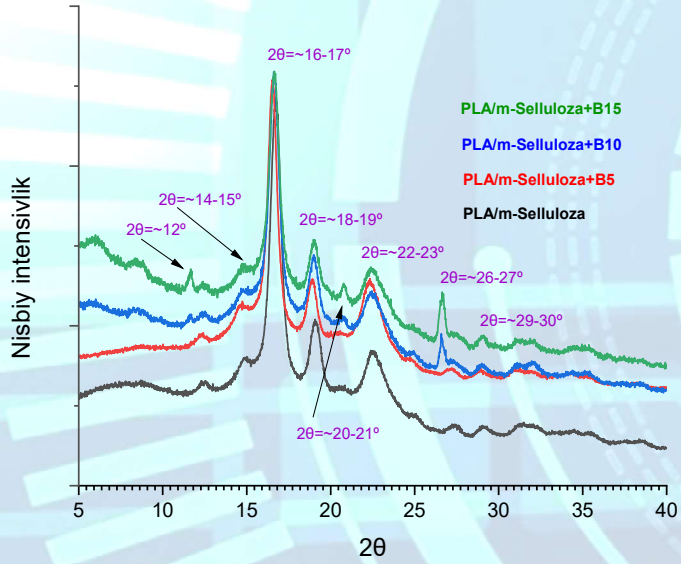
Rasmdagi ma’lumotlar asosida quyidagi xulosalarni chiqarish o‘rinli: PLA/m-Seelluloza (80:20) material 100 ºC gacha qizdirilganda tarkibidagi gigroskopik va kristallizatsion suv hisobiga uning 1,9% i massasi kamayadi; 200 ºC gacha qizdirilganda erituvchi (dioksan) qoldiqlari, shuningdek, PLA va m-selluloza tarkibida bo‘lgan oson uchuvchan komponentlar hisobiga massa yo‘qotish 6,7% ni tashkil etdi; 300 ºC da bu ko‘rsatkich 9,8% ga yetdi. Material namunasining asosiy parchalanishi – bu eng katta massa yo‘qotish bo‘lib, katta ehtimol bilan PLA va sellulozaning to‘liq termik desktruksiyasi hisobiga ro‘y beradi. Asosiy parchalanish temperaturasi boshlanish nuqtasi 320 ºC bo‘lib, 398 ºC gacha davom etadi va bunda namuna massasining 90,9% i parchalanishini ko‘rishimiz mumkin. Namunaning 50% i parchalanishi uchun talab etiladigan temperatura 364 ºC bo‘lib, 500 ºC da qolgan qoldiq miqdori 6,7% ga tengligi aniqlandi.

Material tarkibiga kiritilgan bentonit ulushi ortib borishi bilan (5%-10%-15%) 100 ºC dagi massa yo‘qotish mos ravishda 1,4%-2,0%-2,2% ni tashkil etganligi aniqlandi. 200 ºC gacha bo‘lgan oraliqda ham bir qonuniyat ko‘zga tashlanadi: dastlab 5% kiritilgan bentonit hisobiga massa yo‘qotish (5,2%) toza PLA/m-sell materialga nisbatan (6,7%) pastroq, biroq bentonit miqdori ortishi bilan massa yo‘qotish ko‘payib borganligi (7,0% va 7,1%) kuzatildi. Namunaga kiritilgan bentonit hisobiga asosiy parchalanishning boshlanish temperaturasi 320 ºC dan (PLA/m-sell) 300 ºC gacha (PLA/m-sell+B15) pasayganligini ko‘rish mumkin. Asosiy parchalanishning tugash temperaturasida ham ayni shu holat: toza PLA/m-sell namunaga (398 ºC) ga nisbatan kamayib borib, mos ravishda 393 ºC-390 ºC-378 ºC ga qadar pasayib borganligi bentonit minerali miqdori ortishi bilan materiallar asosiy parchalanish temperaturasi pasayib boradi, degan xulosa qilishga imkon beradi. Buning sababi – bentonit minerali tarkibidagi mineral komponentlar hamda metallar birikmalari parchalanish jarayonida katalitik rol o‘ynaydi, degan xulosa chiqarish mumkin. Bentonit minerali ulushi ortishi bilan materiallar namunalarining 50% massa yo‘qotishi uchun zarur bo‘lgan temperatura ham pasayib borganligi: 364 ºC (5%) – 358 ºC (10%) - 338 ºC (15%) aniqlandi. 500 ºCda qoldiq mahsulotlar miqdorida nomutanosibliklar kuzatilgan bo‘lsada, bentonit miqdorining ortishida kul qoldig‘i miqdori oshib bordi: 6,7% - 5,8% - 14,6%.

Barcha namunalarda temperaturaning ~400 ºC gacha bo‘lgan diapazonida uzluksiz endotermik jarayonlar sodir bo‘lib, undan keyin esa 500 ºC gacha oraliqda barcha namunalarda ekzotermik effektlar kuzatildi. Endotermik jarayonlar bioparchalanuvchan materiallarning termik destruksiyasi hisobiga bo‘lgan bo‘lsa, ekzotermik jarayonlar qoldiq uglerodning oksidlanishi natijasi hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

Materiallarning kristallik xususiyatlarini kukun rentgen difraksiyasi usulida tadqiq etish. PLA/mod-Sell 80:20 tarkibli namunalarga uning massasiga nisbatan 15 % gacha miqdorda bentonit minerali qo‘shilishidan olingan namunalarning kukun rentgen difraksiyasi usulida tadqiq etish natijalari (difraktogrammasi) quyida keltirilgan (3-rasm). Intensivligi eng yuqori bo‘lgan cho‘qqi toza PLA/m-Selluloza singari 2θ = 16 – 17° sohada chiqqan, bu sohadagi cho‘qqi polilaktidning kristallik strukturasiga mos bo‘lib, qo‘shilgan bentonit hisobiga intensivlikning ortib borishi kuzatildi. 2θ = 19-20° sohada aynan PLA ning α-fazasiga mos keluvchi cho‘qqi saqlanib qolgan. 16-17° va 22,45° sohalarda PLA hamda sellulozaning cho‘qqilari o‘zaro bir-birining ustiga tushgan. 2θ = ~12-13° hamda 2θ = 14-15° sohalardagi sellulozaning kristallik sohalarga mos keluvchi cho‘qqilar bentonit ulushi ortib borishi bilan intensivligi oshib borishi kuzatildi. Bundan, 2θ = 12-13° sohada modifikatsiyalangan sellulozaga xos signallar ekanligi ahamiyatli. 2θ = 10 – 30° diapazonda keng zonada PLA va sellulozaning tartibsiz molekulalari hisobiga yuzaga kelgan amorf soha bentonit qo‘shilgan namunalarning barchasida yaqqol ko‘rinadi.



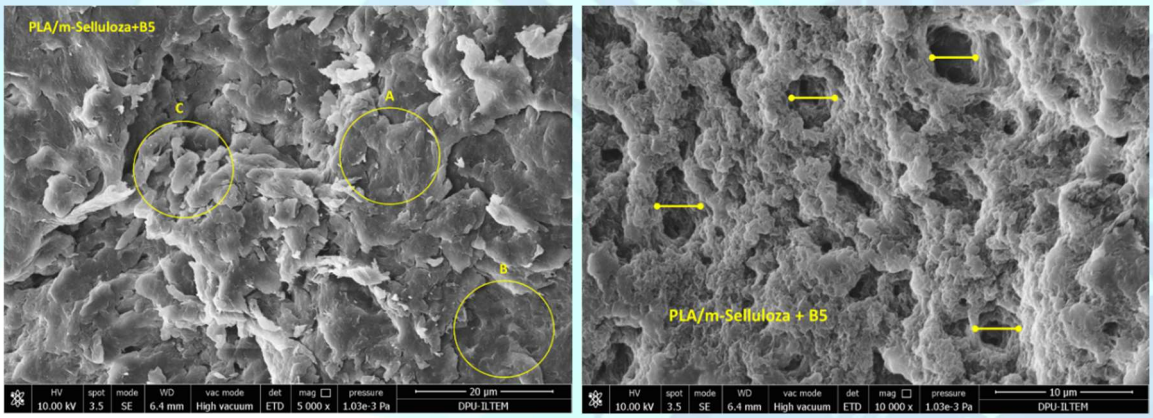
3-rasm. PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunalarga 15 % gacha bentonit minerali kiritilgan materiallar rentgen difraktogrammasi

2θ = 20-35° diapazonda esa modifikatsiyalangan mikrokristallik sellulozaning kristallitlariga xos signallarni ko‘rish mumkin. Undan tashqari, 2θ = 20-21° hamda 26-27° sohalarda toza PLA/m-Selluloza tarkibli namunalarda uchramaydigan, bentonitning 110/210 tekisliklariga xos [10] hamda uning miqdori ortishi bilan intensivligi oshib boruvchi cho‘qqilar qayd etildi.

Materiallarning tekstur va morfologik xususiyatlari. Keyingi tajribalarda PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunaga uning massasiga nisbatan 15 % gacha bentonit minerali qo‘shilgan materiallarning tekstur xossalarining o‘zgarishi tadqiq etildi. Quyidagi 4A va B-rasmlarda PLA/m-Sell/Bentonit 80:20 + 5 % tarkibli

ISSN 3030-3907

namunalar SEM analizi natijalari keltirilgan. PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunalarga massasiga nisbatan 5% miqdorda bentonit kiritilishida olingan materiallar SEM analizi natijalaridan quyidagi xulosalarni qilish o‘rinli: materiallar yuzasida aniq ajralib turuvchi, o‘lchami katta bo‘lgan aglomeratlar kuzatilmaydi (4A-rasm, A va B zonalar). Bu polimer matritsa hamda mineral komponent o‘zaro yaxshi adgezion ta’sirlarga egaligini bildiradi. Shu bilan birga namunaning ba’zi sohalari (masalan, 4A-rasm, C-zona) da bentonitning yetarli darajada yaxshi disperslanmaganligini kuzatish mumkin.



A B

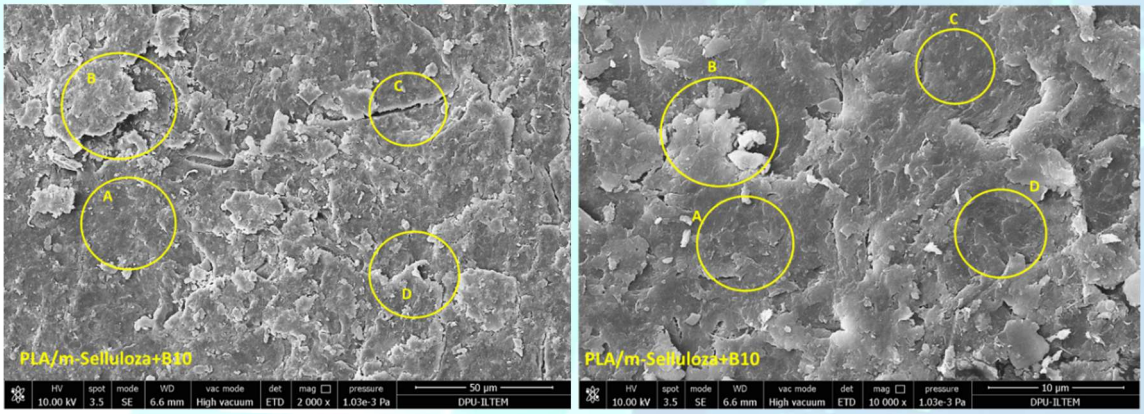
4-rasm. PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunaga 5% miqdorda bentonit kiritilgan materiallar SEM tasviri

Bunda, keyingi ishlov berishlarda bu holatni e’tiborga olish zarurligi kelib chiqadi, ya’ni komponentlarning o‘zaro dispersiyasini yaxshilash choralarini ko‘rish lozim bo‘ladi. Tasvirlardan yana ko‘rish mumkin bo‘lgn narsa shuki, ko‘rinadigan mayda aglomeratlar atrofida tirqishlar, yorilishlar hamda yirik bo‘shliqlar deyarli uchramaydi. Bu esa material komponentlari o‘zaro bir-biri bilan yaxshi ta’sirlarga egaligini ko‘rsatadi. Bundan, mexanik yoki boshqa stresslar vaqtida yuklama material komponentlari orasida samarali uzatiladi hamda materialning mexanik mustahkamligini yaxshilashga xizmat qiladi. Materialning boshqa nuqtasidan (4B) olingan tasvirlar kiritilgan bentonit va matritsa o‘rtasida o‘zaro ta’sirlar u qadar yaxshi emasligi, o‘lchamlari 2-7 μm bo‘lgan g‘ovak kanalchalar yuzaga kelganligini ko‘rish mumkin. Bir tomondan bu kanalchalarning bo‘lishi materiallarning fizik-kimyoviy hamda mexanik xossalarining yomonlashishiga olib kelsa, ikkinchi tomondan esa materiallar foydalanishdan so‘ng atrof-muhitga tushganda g‘ovak kanalchalar yordamida suvning ichkariga kirishi hamda materialning degradatsiyasi tezlashishi mumkin.

Keyingi tajribalarda materiallar tarkibiga 10% bentonit kiritish imkoniyatlari o‘rganildi. Olingan natijalar quyidagi 5A va B rasmlarda keltirilgan. Materiallar SEM analizi (5A-rasm) ma’lumotlaridan, unda komponentlarning o‘zaro yaxshi adgezion ta’sirlarga ega, yaxshi dispersiyalangan zonalari (5A, A zona) bilan bir

ISSN 3030-3907

qatorda, o‘lchami yirik – 20-50 μm, chegaralari aniq ko‘rinadigan ko‘p miqdordagi aglomeratlar (5A-rasm, B, C va D zonalar) aniqlandi. Buning asosiy sababi – namunalar tarkibida bentonit miqdori ortishi bilan ularni o‘zaro bir-biro bilan to‘qnashishi hamda yopishishi ehtimoli ko‘payishi bilan izohlanadi. Bentonitning dispersiyasini oshirish yo‘llarini izlash bo‘yicha tadqiqotlar olib borish zarurati mavjudligi kelib chiqadi. O‘lchamlari yirik bo‘lgan aglomeratlar atrofida yoriqlar, tirqishlar hamda bo‘shliqlarning ko‘zga tashlanishi komponentlarning ko‘p qismlarining adgezion ta’sirlari yomonlashganligi to‘g‘risida xulosa qilish mumkin. Bu esa keyinchalik materiallarda mexanik stresslar yuzaga kelganda ularning zaiflashishiga, yuklamaning tekis taqsimlanmasligi oqibatida mexanik mo‘rtlik yuzaga kelishiga sababchi bo‘ladi.



A B

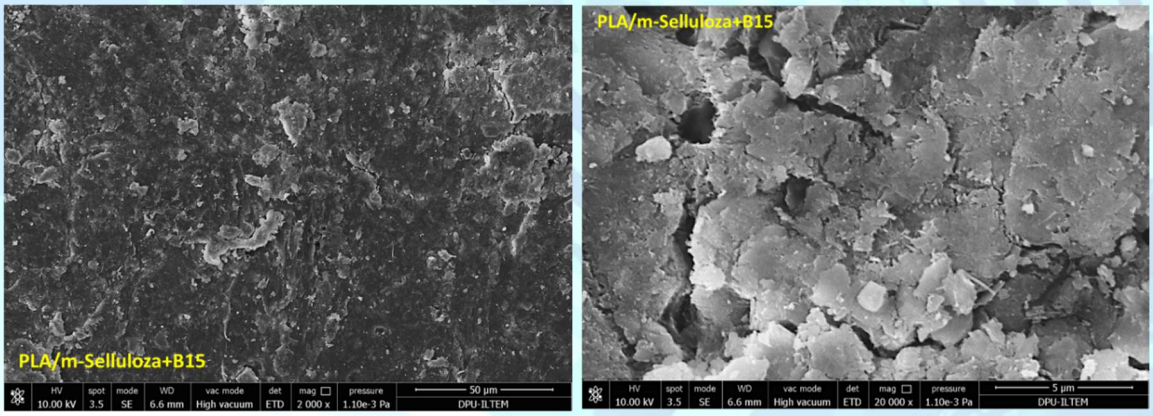
5-rasm. PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunaga 10% miqdorda bentonit kiritilgan materiallar SEM tasviri

Materiallar tarkibiga 10% bentonit qo‘shilgan namunalarning ushbu nuqtasidan olingan SEM tasvirlari yirik aglomeratlarning yo‘qligi, o‘lchamlari kichik aglomeratlar atrofida esa bo‘shliqlar, tirqishlar hamda yorilishlarning yo‘qligi bilab tavsiflanadi (5B-rasm). Material teksturasida komponentlarning o‘zaro juda yaxshi fazalararo bog‘lanishga ega qismlari (5B-rasm, A, C va D zonalar) ko‘p bo‘lishi bilan bir qatorda, kichik o‘lchamli aglomeratlar zonasi (5B-rasm, B zona) ham ko‘zga tashlanib, bu materiallar sintezida komponentlarni o‘zaro dispersiyasi yetarli darajada ta’minlanmagan degan xulosaga sabab bo‘ladi. Dispersiyani yaxshilash bo‘yicha tajribalar davom ettirilishi maqsadga muvofiqligi ko‘rinadi. Shu bilan birga, agar dispersiya ideal darajada ta’minlansa, polimer matritsaga kiritilgan ko‘p miqdordagi mineral komponent hisobiga mexanik yuklamaning uzatilishi uchun zarur bo‘lgan o‘zaro ta’sir yuzasi katta bo‘lganligi hisobiga materialning fizik-kimyoviy hamda mexanik xossalari yaxshilanadi. Shu sababli, keyingi tajribalarda komponentlarning o‘zaro dispersiyasini oshirish maqsadga muvofiq deb topildi. Shuningdek, material namunasining dispersligi yuqori zonalarida o‘lchamlari 1 mikrondan kichik bo‘lgan (sub-mikron)

ISSN 3030-3907

dispersiyalanish yaqqol ko‘rinib, bu holat materialning xossalarini yaxshilashga xizmat qiladi.

Keying tajribalarda materiallar tarkibiga 15% bentonit qo‘shish imkoniyatlarini baholash bo‘yicha tajribalar olib borildi. Olingan natijalar quyida keltirilgan (6A va B rasmlar).



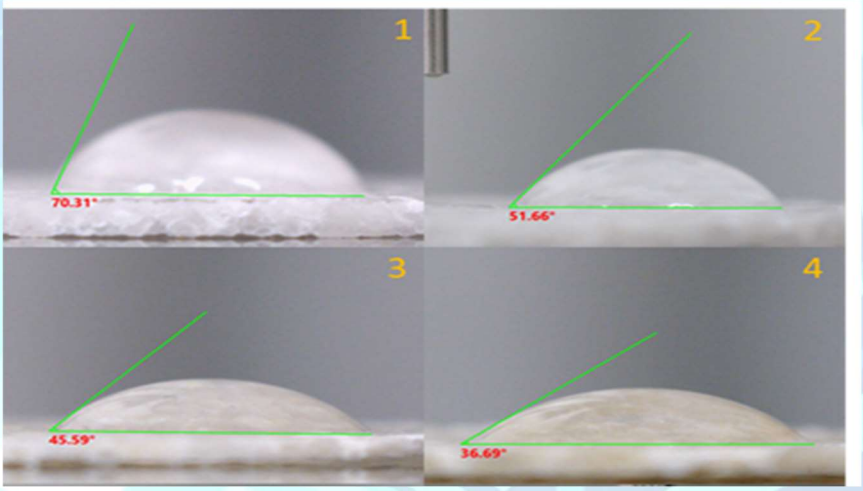
A B

6-rasm. PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunaga 15% miqdorda bentonit kiritilgan materiallar SEM tasviri

6A-rasmdagi ma’lumotlar asosida quyidagi xulosalarni qilish o‘rinli: materialda o‘lchamlari yirik (40-60 μm) va hatto undan katta bo‘lgan, hatto bir-biri bilan birlashib ketgan aglomeratlar ko‘zga tashlanadi. Ushbu aglomeratlar orasida polimer matritsa deyarli yo‘qolib ketganligini ko‘rish mumkin. Aglomeratlar orasida polimer matritsaning yo‘qolishi ushbu komponentlar orasida o‘zaro ta’sirlarni minimalga tushiradi, binobarin materialning fizik-kimyoviy hamda mexanik xossalarini keskin yomonlashishiga olib keladi (6B-rasm).

Materiallarning kontakt burchaklarini optik usulda aniqlash. Materiallarning gidrofilligini ko‘rsatuvchi xususiyatlaridan biri – ularning kontakt burchaklari (θ) bo‘lib, tajribalarda ushbu parametrni aniqlash uchun an’anaviy usul – “o‘tirgan” tomchi usulidan foydalanildi. Analizlar 25 ◦C da kontakt burchagini o‘lchash analizatori (Fytrnonix 9000, Turkiya) da olib borildi. O‘lchashlarda zond suyuqligi sifatida suvdan foydalanildi. Tajribalar 5-11 martadan o‘tkazilib, olingan natijalarning o‘rtacha qiymati aniqlandi. Quyidagi 7-rasmda o‘tkazilgan tajribalarda olingan natijalar keltirilgan.

ISSN 3030-3907



7-rasm. Materiallarning gidrofilligining o‘zgarishi

Tarkibiga mineral komponent qo‘shilmagan material namunasi (7.1) ning gidrofilligi o‘rganilganda uning qiymati 70,31° bo‘lib, materiallarning gidrofil ekanligini ko‘rsatadi. PLA/Sell 80:20 tarkibli namunalarga massasiga nisbatan 15 % gacha bentonit minerali qo‘shilishidan olingan materiallarning gidrofilligi qo‘shilgan mineral komponent miqdoriga proporsional ravishda oshib borganligi kuzatildi. 5 % mineral qo‘shilgan materiallarda (7.2) bu qiymat 51,66º bo‘lgan bo‘lsa, 10 % li namunalarda (7.3) 45,59º; 15 % bentonit qo‘shilgan namunalar (7.4) da esa 36,69º ga qadar kamayib borganligi minerallarning qo‘shilishidan materiallarning gidrofilligi oshib borganligi to‘g‘risida xulosa qilishga imkon beradi. Ma’lumki, gidrofillikning oshishi materiallar ishlatilib bo‘lgandan so‘ng atrof-muhitga tushganda, ularning tezroq parchalanishiga olib keladi.

XULOSALAR. PLA/m-Selluloza (80:20) tarkibli namunalarga uning massasiga nisbatan 15 % gacha bentonit minerali qo‘shish orqali bioparchalanuvchan materiallar olish imkoniyatlari tadqiq etildi. Sintez qilingan materiallar xossalari zamonaviy usular vositasida tekshirildi. Bunda, FTIR usulida poli-L-laktid, modifikatsiyalangan selluloza hamda bentonit minerali komponentlari orasida o‘zaro ta’sirlar yuzaga kelishi isbotlandi. Materiallarning termik xossalariga kiritilgan bentonit minerali ta’sir etishi ko‘rsatildi. Bunda, bentonit minerali ulushi ortishi bilan materiallar namunalarining 50% massa yo‘qotishi uchun zarur bo‘lgan temperatura ham pasayib borganligi: 364 ºC (5%) – 358 ºC (10%) - 338 ºC (15%) aniqlandi. XRD usuli natijalariga ko‘ra namunalar tarkibiga bentonit minerali kiritilishi va uning ulushi ortib borishi bilan materiallar kristallik darajasi ortib borishi kuzatildi. SEM analizi natijalari materiallar tarkibiga 10% gacha bentonit kiritilganda komponentlarning dispersiyasi hamda o‘zaro adgezion ta’sirlar yaxshi bo‘lishi, 15% gacha oshirilganda esa dispersiyaning hamda adgezion ta’sirlarning yomonlashishi aniqlandi. Bentonit minerali qo‘shilishi va ulushining ortib borishi materiallar gidrofilligini oshirishi

ISSN 3030-3907

ko‘rsatildi.

FOYDALANILGAN ADBIYOTLAR

1. Europe P. Plastics—The Facts 2022 // Accessed on September. – 2023. – Vol. 27.
2. Ghasemlou M., Barrow C. J., Adhikari B. The future of bioplastics in food packaging: An industrial perspective //Food Packaging and Shelf Life. – 2024. – Vol. 43. – P. 101279.
3. D’Avignon G., Gregory-Eaves I., Ricciardi A. Microplastics in lakes and rivers: an issue of emerging significance to limnology //Environmental Reviews. – 2022. – Vol. 30. – №. 2. – P. 228-244.
4. Rodriguez Reinoso M. et al. Effects of the Manufacturing Methods on the Mechanical Properties of a Medical-Grade Copolymer Poly (L-lactide-co-D, L-lactide) and Poly (L-lactide-co-ε-caprolactone) Blend //Materials. – 2021. – Vol. 14. – №. 21. – P. 6381.
5. Khudaynazarov J., Tillayev S. Polylactide/Modified Cellulose–and Bentonite/Kaolin Clay–Based Biodegradable Materials: Physical–Chemical, Textural, and Thermal Characterizations //Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering. – 2025. – P. e70063.
6. Rihayat T. et al. Poly lactic acid (PLA)/chitosan/bentonite nanocomposites based on cassava starch for materials in biomedical applications //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2018. – Vol. 2049. – №. 1.
7. Wirjosentono B. et al. Preparation of chitosan PCL/PLA nanocomposite blended with bentonite from Aceh, Indonesia //Rasayan Journal of Chemistry. – 2019. – Vol. 12. – №. 4.
8. Gülpınar M. et al. Chitosan-based film incorporated with silver-loaded organo-bentonite or organo-bentonite: Synthesis and characterization for potential food packaging material //International Journal of Biological Macromolecules. – 2024. – Vol. 274. – P. 133197.
9. Khudaynazarov J., Tillayev S. Obtaining oligolactide modified cellulose/PLA biodegradable composite materials // Universum: химия и биология. – 2023. – №. 1-2 (103). – С. 68-73.
10. Raghavendra S. Hebbar, Arun M. Isloor, Balakrishna Prabhu, Inamuddin, Abdullah M.Asiri, A. F. Ismail. Removal of metal ions and humicacids through polyetherimide membrane with grafted bentonite clay // Scientific Reports, March 2018. 8(1). DOI:10.1038/s41598-018-22837-1

ISSN 3030-3907