

BIOPARCHALANUVCHI PLYONKALAR OLISH VAQTI DAGI FIZIK-KIMYOVIY JARAYONLAR

Ibragimova Asal Xurshidjon qizi.

Termiz Davlat Universiteti Kimyo fakulteti talabasi.

Annotatsiya: Bioparchalanuvchi polimerlarni tabiiy mahsulotlardan to'g'ridan to'g'ri olib bo'lmaydi. Sellyulozadagi vodorod aloqalarining tuzilishi shunchalik murakkabki, kimyoviy birikmalar selluloza bilan reaksiyaga kirishishi qiyin, gidrofobik va umumiy erituvchilarda erimaydi. U kimyoviy birikmalarga qulayroq bo'lishi uchun vodorod aloqasi uzilishi buning uchun unga o'zgartirishlar kiritilishi kerak. Ushbu maqolada OPEFB selluloza esterini tayyorlash uchun xom ashyo sifatida OPEFB sellulozasini va o'zgartirilgan palma yog'iga asoslangan yog' kislotasini esterifikatsiya qilish orqali uning mahsulotlarining ba'zi fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash uchun foydalanish haqida ma'lumot beriladi.

Kalitso'zlar: yog', selluloza efir plyonkasi, bioplastmassa, kompozit, modifikatsiya, shar tegirmon, selluloza palmitati.

Yog' ishlab chiqarish bilan bir qatorda, palma yog'i ham bo'sh meva qoldig'i kabi katta miqdordagi biomassa ishlab chiqaradi. Ushbu ikkala mahsulot ham bioplastmassa deb ataladigan plastik xomashyo manbai sifatida foydalanish uchun katta imkoniyatlarga ega edi. Bioplastik mahsulotlarni uzun zanjirli yog' kislotasini selluloza bilan reaksiyaga kiritish orqali olingan efirlardan ishlab chiqarilishi mumkin. Uzun zanjirli yog' kislotasi manbai xom palma yog'idan (palmitin kislota) va oleyk kislotasi) va palma yadrosi yog'idan (laurik kislota), selluloza esa yog'li palma bo'sh meva to'plami chiqindilaridan (OPEFB) olinishi mumkin. Sellyuloza OPEFB dan tajriba zavod miqyosida ishqoriy jarayon orqali ishlab chiqarilgan. a-sellyuloza hosildorligi qayta ishlangan OPEFBning 32-38% ni tashkil qiladi. Sellyuloza esteri yumshoq holatda OPEFB sellulozasi va palma yog'idan o'zgartirilgan yog' kislotasi o'rtasida esterifikatsiya orqali sintez qilindi. Hosil bo'lgan selluloza esterining konversiyasi har biri 92,7% ni tashkil etdi, og'irlikning foiz ortishi 46% ga, almashinish darajasi (DS) 2,21 va erish nuqtasi 201°C da. Sellyuloza efir plyonkasining kuchlanish kuchi neftga asoslangan plastmassalardan (past zichlikdagi polietilen/LDPE) valentlik kuchidan past edi, bu o'rtacha 73 kg/sm² ga nisbatan 108 kg/sm² ga teng edi, shuning uchun qo'shimchalar qo'shish kerak edi. kuchlanish va elastiklik xususiyatlarini oshirish.

Hozirgi vaqtda Indoneziyada plastmassaga bo'lgan talab juda yuqori, bu erda bozor ulushi 60% oziq-ovqat mahsulotlarini qadoqlash va iste'mol tovarlari sanoati tomonidan boshqariladi. Indoneziya statistika byurosi tomonidan e'lon qilingan ma'lumotlarga ko'ra, Indoneziyaning plastmassaga bo'lgan ehtiyoji 2013 yilda 3,4 million tonnaga yetdi va 2016 yil oxiriga kelib 4,6 million tonnaga ko'tarildi. Samarali milliy plastmassa sanoatining o'rnatilgan quvvati yiliga 3,5 million tonnani tashkil etadi. Shunday qilib, milliy plastmassa ishlab chiqarish ichki plastmassa ehtiyojlari uchun etarli emas. Shuning uchun plastik ehtiyojning taxminan 50% import qilinadi va import ko'rsatkichi har yili 7-8% ga doimiy ravishda oshib bormoqda. Sellyuloza polimerning tabiiy xomashyosi sifatida dunyoda ko'p bo'lgan va qayta tiklanadigan bo'lganligi sababli tashvishlana boshladi. Tabiiyki, selluloza yaxshi mexanik xususiyatlarga ega va to'g'ridan-to'g'ri to'ldiruvchi yoki moddiy mahsulotlarda mustahkamlovchi sifatida ishlatilishi mumkin. Yog'li palma bo'sh meva to'plamidan (OPEFB) yuklangan mikrokristalin selluloza



(MCC) kassava kraxmal kompozitsiyasining valentlik mustahkamligi xususiyatlariga ta'siri haqida xabar olinadi. Xuddi shu natijalarni Isroi va boshqalar ham ko'rsatgan. (2017) OPEFB dan sellyulozaning bioplastmassa sellyuloza-kraxmalli kompozitsiyasining kuchlanish kuchi, elastik moduli va cho'zilish uzilishiga ta'siri haqida xabar berdi. Shunga qaramay, uning bio-plastmassasining elastik moduli va cho'zilish sinishi yaxshilanishi kerak, shunda u an'anaviy va tijorat plastmassaga o'xshaydi. Sellyulozadagi vodorod aloqalarining tuzilishi shunchalik murakkabki, kimyoviy birikmalar sellyuloza bilan reaksiyaga kirishishi qiyin, hidrofobik va umumiy erituvchilarda erimaydi. Sellyuloza monomer birligi kimyoviy birikmalar uchun qulayroq bo'lishi uchun vodorod aloqalari uzilishi uchun ba'zi o'zgartirishlar kiritilishi kerak. O'zgartirish jarayoni uning plastikligini ham yaxshilashi mumkin. Sellyulozaning bir jinsli va geterogen bo'lishining ikkita usuli mavjud. Bir hil modifikatsiyada sellyuloza N, N-dimetilasetamid/litiy xlorid yoki dimetilsulfoksid/tetrabutylammoniy kabi hosilaviy bo'lmagan erituvchida eritiladi. Ushbu eritma sellyulozali vodorod kompleksining molekulyar bog'lanishini buzadi va gidroksil guruhining boshqa birikmalar bilan osongina reaksiyaga kirishish imkoniyatini oshiradi. Qattiq yog'och tolalarida bu modifikatsiya murakkabroq molekulyar tuzilishi tufayli qiyin. Ammo bu usul OPEFB tolasi yoki agrosanoat chiqindilarida amalga oshirilishi mumkin, chunki u past zichlikka ega bo'lgan qisqaroq tola hajmiga ega. Gomogen yo'lning zaifligi - sellyulozani eritish uchun katta erituvchi hajmi nisbati zarurati va agar eritma tizimi to'g'ri bo'lmasa, vodorod bog'ining notekis ravishda uzilishiga olib keladi. Ushbu usulning afzalligi shundaki, almashtirish darajasi past haroratlarda (<70°C) amalga oshiriladi va sellyulozali polimer magistraliga zarar etkazish xavfi ostida emas (Vaca-Garcia va boshqalar, 1998). Geterogen modifikatsiya sirt faol moddasi, suyultirilgan kislota, sulfonilxlorid yoki karboksilik kislotalarni aralashtirish orqali amalga oshiriladi. Bu usul juda murakkab, sellyulozali vodorod molekulalarining parchalanishiga qaysi birikmalar ko'proq ta'sir qilishini aniqlash qiyin, yuqori harorat va uzoq davom etishni talab qiladi va asosiy polimer bog'lanishini buzish xavfi mavjud (Crepay va boshq., 2009). Huang va boshqalar. (2012) shuningdek, sellyulozali vodorod aloqalarini buzish uchun shar tegirmon texnikasi va gidroksidi katalizator kombinatsiyasi yordamida amalga oshirilgan heterojen sellyuloza modifikatsiyasi jarayonlari haqida xabar berdi. O'zgartirilgan sellyuloza bio-plastmassa hosil qilish uchun yog' kislotasi xlorid yoki sirka kislotasi kabi alkil donor esteri bilan osongina reaksiyaga kirishadi. Bundan tashqari, bio-plastmassa ishlab chiqarishda sirka kislotasini reagent sifatida ishlatishdan ko'ra, yog' kislotasi xlorididan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Buning sababi shundaki, yog' kislotasi xloridi uzunroq uglerod zanjiriga ega (Ratanakamnuan va boshq., 2013). Yog' kislotasi zanjiri uzunligining sellyulozali efirming termo-mexanik xususiyatlariga ta'siri haqida Crepay va boshqalar xabar bergan. (2011). Ularning fikriga ko'ra, 12 dan ortiq uglerod zanjiriga ega bo'lgan yog' kislotalaridan foydalanish alkil zanjirining olti burchakli kristall bo'lishiga olib keladi va mexanik xususiyatlarga ta'sir qiladi. Bu, shuningdek, Chauvelon va boshqalar tomonidan xabar qilingan. (2000) uzun zanjirli sellyuloza esterlar qisqa zanjirli ester sellyulozaga qaraganda yaxshiroq termal barqarorlikka ega. Selulozik alkilani reaksiyasi Heinze va boshqalar tomonidan amalga oshirildi. (2003). Keyin Huang (2011) sellyulozani trifloroasetik anhidrid va stearik kislota bilan reaksiyaga kiritirib, sellyuloza stearat biopolimerini sintez qildi. Sellyuloza oleatining xususiyatlari Huang va boshqalar tomonidan ham qayd etilgan. (2011). Ba'zi adabiyotlarda uglerod zanjiri miqdori yuqori bo'lgan yog' kislotasi xlorididan foydalanish reagentlarning molyar nisbatini pasaytiradi va bioplastmassalarning mexanik xususiyatlarini yaxshilaydi. Bir necha turdagi tolalar bioplastmassaga aylantirildi. Joly va boshqalar. (2005) dimetilaminopirridin eritmasida yog' kislotasi xlorid bilan ta'sirlashishdan sellyulozani atsetillashni amalga oshirdi. Chjan va boshqalar. (2013) evkalipt sellyulozasining palmitoil xlorid bilan esterifikatsiyasini amalga oshirdi. Ciacco va boshqalar. (2003) dimetil sulfoksid/tetra butil ammoniy eritmasida sisal sellyulozani yog' kislotalari bilan reaksiyaga kiritdi. El Seoud va boshqalar. (2000) ham qamish chiqindilarini bir jinsli modifikatsiyalash orqali



sellyuloza esterifikatsiyasini amalga oshirdilar. Freire va boshqalar. (2008) bio-plastmassa va LDPE aralashmasidan kompozitlar ishlab chiqarish haqida xabar berishdi. Kompozit mahsulotlar yaxshi mexanik xususiyatlarga ega va suvga chidamliligini oshiradi. Ikkala xususiyat ham almashtirish darajasidan va ishlatiladigan yog 'kislotalari uglerod zanjirining uzunligidan olinadi.

Tabiiy polimer manbai sifatida foydalanish mumkin bo'lgan agrosanoat chiqindilaridan biri OPEFB hisoblanadi. OPEFB - palma yog'i kabi katta miqdorda Palm Oil Mill (POM) tomonidan ishlab chiqarilgan doimiy ligno-sellyulozali chiqindilar. Ba'zi POMlarda OPEFB yaxshi foydalanmadi va bu atrof-muhit uchun muammoga aylandi. Herawan va Rivani (2015) yog'li palma bo'sh mevali sellyulozani bir nechta tijorat alkilxloridlari bilan esterifikatsiya qilish orqali biologik parchalanadigan plastmassa sintezini nashr etdilar. Shunga qaramay, bio-plastmassa plyonkasi hali ham 30-30 kg.f / sm² bo'lgan tijorat plastik to'rvaga qaraganda pastroq kuchlanish kuchiga ega. Ushbu maqolada OPEFB sellyuloza esterini tayyorlash uchun xom ashyo sifatida OPEFB sellyulozasini va o'zgartirilgan palma yog'iga asoslangan yog' kislotalarini esterifikatsiya qilish orqali uning mahsulotlarining ba'zi fizik-kimyoviy xususiyatlarini yaxshilash uchun foydalanish haqida ma'lumot beriladi.

Ushbu tadqiqotda foydalanilgan asosiy materiallar Palma yog'i tegirmonidan (POM) Adolina PT Perkebunan Nusantara IV dan olingan yog'li palma bo'sh meva to'plamlari (OPEFB), mahalliy distribyutorlardan palma yog' kislotalari, tionilxlorid, N-dimetilasetamid, va bu tajribada ishlatiladigan boshqa kimyoviy moddalar PT Merck kompaniyasidan yetkazib beriladi.

Sellyuloza ishlab chiqarish usullari Bir qator quruq OPEFB 4% KOH eritmasi bo'lgan idishga kiritilib, keyin ikki soat davomida 100°C da isitiladi. Shundan so'ng, qoldiq xona haroratida 24 soat davomida 2,5% natriy gipoxloritga botiriladi. Sellyuloza OPEFB filtrlanadi, neytral holga keltiriladi va quritiladi. Keyin quruq OPEFB sellyuloza bir soat davomida 17,5% NaOH eritmasiga botiriladi va keyin filtrlanadi. Qoldiq 8,3% NaOH bilan yuvilgan va distillangan suv bilan yuvilgan va quritilgan. Sellyuloza mahsuloti lignin tarkibi uchun SNI 14-0492-1990A, holosellyuloza tarkibi uchun SNI 14-1303-1989A va a-sellyuloza tarkibi uchun SNI 14-0444-1989A bo'yicha tahlil qilindi. Yog'li xurmo yog' kislotalari asosida yog' kislotalari xloridini tayyorlash Ko'p miqdorda palmitik kislota yoki laurik kislotalari o'z ichiga olgan bir qator yog'li palma yog'li yog' kislotalari 1:25 vazn nisbati bilan tionil eritmasida aralastiriladi. Keyin xuddi shu reaktorga taxminan 10% dimetilformamid qo'shildi va 2 soat davomida 65°C da qizdirildi. Yog' kislotalari xloridining mahsuloti gaz xromatografiyasi yordamida tavsiflangan va sellyuloza efirlarini ishlab chiqarish uchun alkil donor sifatida ishlatilgan.

Sellyuloza efirlarini ishlab chiqarish OPEFB ning bir qator a-sellyulozasi 0,7% Ndimetilasetamid/litiy xlorid eritmasi bo'lgan reaktorga kiritildi. Bu aralash aralastiriladi va 110°C da 3 soat davomida isitiladi. Keyin harorat 80 ° C ga tushirildi, ba'zi turdagi (laurilxlorid yoki palmitoilxlorid) va a-sellyuloza / alkilxloridning turli nisbati (1/5, 1/6, 1/7, 1) bilan o'zgartirilgan palma yog' kislotalari qo'shilishidan oldin. /8 mol/mol). Esterifikatsiya qayta oqim va aralastirish bilan besh soat davom etdi. Sellyuloza ester mahsuloti etanol bilan tozalandi, keyin 6 soat davomida etanol erituvchisi bilan ekstraksiya qilindi. Tozalangan mahsulot quritilgan. Bir necha +0,7 gramm tozalangan sellyuloza ester mahsuloti 15 ml xloroformda eritildi va keyin shisha plastinkada chop etildi. Keyin xloroform bug'lanadi. Bio-plastmassa plitalari mahsulotlari olinadi va uning fizik va kimyoviy xossalari tahlil qilinadi.

Bioplastmassa tahlili va tavsifi. Sellyuloza efirining kimyoviy tuzilishi va identifikatsiyasi Fourier Transform Infraqizil Spektroskopiyasi (Alpha FTIR Spectrometer Bruker Optik GmbH) tomonidan tahlil qilindi. Termal sellyuloza efir sinovi ASTM D 3418 protsedurasiga muvofiq, shisha o'tish harorati, erish nuqtasi va entalpiyani aniqlash uchun Differensial Skanerlash Kalorimetr vositasi (DSC 800 Perkin Elmer) yordamida amalga oshirildi. Sellyuloza efirining eruvchanligi xloroform erituvchi, aseton, toluol, suv pH 3 va suv pH 6 bilan sinovdan o'tkazildi. Sellyuloza va uning hosilasining hujayra yuzasi



morfologiyasi SEM (Scanning elektron mikroskop/JEOL JSM-6510 LA SEM-) yordamida tekshirildi. EDS) va bio-plastmassa plyonkaning kuchlanish kuchi Instron AI700 universal sinov mashinasi tomonidan ham tahlil qilindi.

OPEFB dan ishlab chiqarilgan sellulozaning xarakteristikasi Umuman olganda, yog'ochli o'simliklar, shu jumladan OPEFB lignin bilan biriktirilgan selluloza va yarim selluloza polimer aloqalaridan iborat. OPEFBdagi selluloza, yarim selluloza va lignin tarkibining kattaligi boshqalar orasida eng katta selluloza tarkibiga qaramay deyarli bir xil edi. OPEFB ning selluloza izolyatsiyasi jarayoni uning kimyoviy tarkibiga ta'sir qiladi. Ishqoriy va natriy gipoxlorit eritmasi qo'shilishi nafaqat mikro-fibrillalardan 93-98% ligninni olib tashlaydi, balki OPEFB tolalarida taxminan 77-100% kremniy oksidi va 36-89% ekstraksiyani kamaytiradi.

OPEFB ning kimyoviy tarkibi va uning fraktsiyasi. Bu ham SEM dan dalolat beradi, 1a-rasmdagi rasm selluloza mikro-fibrillalarini qoplaydigan lignin va ekstraktiv qatlam (qo'pol sirt) va kremniy dioksidi (mikro-fibrilla yuzasida oq sharlar) mavjudligini ko'rsatadi. Jarayondan so'ng, 1b-rasmda ko'rsatilganidek, lignin, ekstraktiv va silika qatlamlari ko'rinmaydi yoki biroz ko'rinadi. Selluloza fibrillalarining yuzasi hali ham bog'langan bo'lsa-da, silliqroq (Herawan va boshq., 2013).

SEM tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, mikro-fibrillalar hajmi 180-200 mkm (OPEFB) dan 20-190 mkm gacha o'zgaradi (1-rasm). XRD natijalarini 2-rasmda ko'rish mumkin, bu erda CrI 52,83% dan (OPEFB quruq soni) 59,16-61,21% gacha (Selluloza OPEFB) oshdi. OPEFB ning a-sellyulozasi yuqori konsentrlangan gidroksididagi OPEFB sellulozasidan olinadi. 1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, bu immersion jarayon gemisellyulozaning ko'p qismini (20-35%) olib tashlaydi, shuning uchun a-sellyuloza tarkibi OPEFB sellulozasida dastlabki tarkibidan ortadi. Vizual ravishda a-sellyuloza OPEFB sellulozasiga qaraganda yumshoqroq ko'rinadi (3a-rasm). Bu 11-16 mkm bo'lgan kichikroq mikro-fibrillalardan ko'rsatilgan (3b-rasm). CrI alfa selluloza ham CrI selluloza TKS dan ancha yuqori, ya'ni 68,39-73,05%. Ushbu natijalarning ba'zilar alfa selluloza mahsulotlarining sifatiga suvga cho'mish jarayoniga ishqor kontsentratsiyasining ta'siri borligini isbotlaydi. Selluloza efirlarini ishlab chiqarish O'zgartirilgan yog 'kislotalari mahsuloti (yog'li kislotalar xlorid) selluloza esterini ishlab chiqarish uchun a-sellyuloza OPEFB bilan esterifikatsiya qilindi. a-sellyuloza dimetilasetamid/LiCl (6,75%) eritmasida eritildi. Ishlatilgan eritma faqat a-sellyulozani eritish uchun hosil bo'lmagan erituvchi edi va uning parchalanishiga olib kelmaydi. Bu jarayon bir xilda sodir bo'ladi. Keyin eruvchan a-sellyuloza turli molyar nisbatda bir qator yog'li alkilxlorid bilan reaksiyaga kirishdi. Umuman olganda, selluloza esterifikatsiyasi yog 'kislotalari xloridining besh baravar ko'proq molyar nisbatini qo'shish orqali amalga oshirildi.

Shakl 1. SEM (a) OPEFB bilan morfologik tahlil natijalari; (b) selluloza

Shakl 2. XRD bilan CrI natijalari (a) OPEFB; (b) OPEFB sellulozasi

Shakl 3. OPEFB

dan a-sellyuloza (a) Vizual; (b) SEM morfologiyasi; (c) XRD ning CrI

Shakl 4. Selluloza OPEFB va yog 'kislotalari xloridining bioplastik mahsulotlari (a). Selluloza OPEFB + Palmitoil xlorid pa, (b). Selluloza OPEFB + o'zgartirilgan palmitik kislota (c). Selluloza OPEFB + modifikatsiyalangan laurik kislota.

OPEFB va yog 'kislotalari xlorididan selluloza efir bioplastmassasini sintez qilish natijasini ko'rish mumkin. FTIR tahlili birikmaning kimyoviy tuzilishidagi o'zgarishlarni ko'rish uchun ishlatiladi. Bioplastmassa mahsulotining xarakteristikasining uchta muhim funktsional guruhi mavjud, ular gidroksil (OH), efir (C = O) va C-H gidroksil to'lqin uzunligi 3500-3400 sm⁻¹ bo'lganida alfa selluloza xomashyosidan selluloza ester mahsulotiga singdirish pasayganligini ko'rish mumkin. Bu mahsulotdagi gidroksil guruhi yog 'kislotalari palmitoil, lauroyl va boshqalar bilan almashtirilganligini ko'rsatadi. Boshqa tomondan, 1750-1700 sm⁻¹ dagi eferning absorbsiyasi selluloza efir mahsulotida, efir spektrlari esa paydo bo'ladi. a-sellyuloza xom ashyosida ko'rinmaydi. Uzun zanjirli yog 'kislotalari



xloriddan foydalanish bilan esterning singdiruvchanligi ortadi. Bu usul, shuningdek, sellyuloza laurati ishlab chiqarish uchun mahsulot og'irligining 50% dan ortiq va sellyuloza palmitat ishlab chiqarishda 46% dan ko'proq o'sish borligini ko'rsatadi, ularning har biri 2,35 va 2,27 almashtirish darajasi (DS) bilan. Sellyuloza lauratining erish nuqtasi 224°C, sellyuloza palmitati esa 201°C. Bu tabiiy ravishda erish nuqtasiga ega bo'lmagan sellyuloza tuzilishining kimyoviy o'zgarishini ko'rsatadi. Shunday qilib, Hech qanday qo'shimchalar qo'shilmagan holda, sellyuloza esteri ham yaxshi kuchlanish kuchiga ega. Sellyuloza lauratining kuchlanish kuchi 71,69 kg.f/sm² ni tashkil etdi, sellyuloza palmitatining kuchlanish kuchi esa 73,73 kg.f/sm² ni tashkil etdi, bu 108 kg ga taqqoslash sifatida ishlatiladigan LDPE ning tijorat plastmassalarining kuchlanish kuchidan bir oz pastroq. f/sm². Eruvchanlik testi shuni ko'rsatadiki, sellyuloza esteri bio-plastmassa xloroform va toluolda yaxshi eriydi, lekin kislotali yoki issiq suv darajasida suvda erimaydi. Sellyuloza efir bioplastiklari ham efirlarda, moylarda va spirtlarda erimaydi. Shunday qilib, sellyuloza esterli bio-plastmassalar eng yaxshi yog'ga chidamli suv o'tkazmaydigan qadoqlash materiali, shuningdek, spirt sifatida ishlatiladi. sellyulozaning uzun zanjirli sellyuloza efirlariga o'zgartirilishi uni o'rash sifatida qo'llashni sezilarli darajada osonlashtiradi, chunki erish nuqtasi qiymati 100-180 °C gacha bo'lgan savdo plastmassalarning erish nuqtasiga yaqin.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati:

1. Ершова О.В., Чупрова Л.В. Способы химической модификации целлюлозы с целью создания новых композиционных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 10. P. 359–362.
2. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Исследование влияния химического состава углеводородной части различных видов целлюлозных волокон на физико-механические свойства бумаг для гофрирования // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2013. № 8. P. 52–55.
3. Кувшинова С. А., Голубев А.Е., Бурмистров В. А., Койфман О.И. Современные подходы к химической модификации целлюлозы и ее производных // Российский химический журнал. 2016. Vol. 60, № 1. P. 69–84.
4. Huang F.Y. Thermal properties and thermal degradation of cellulose tri-stearate (CTs) // Polymers (Basel). 2012. Vol. 4, № 2. P. 1012–1024.
5. Пересветова Ю.Е. Ткачева Т.А. Изучение влияния модификации хлопковой целлюлозы на её сорбционные свойства // Наука и образование сегодня. 2017. № 5. P. 10–11.
6. Junior de Menezes A. et al. Extrusion and characterization of functionalized cellulose whiskers reinforced polyethylene nanocomposites // Polymer (Guildf). 2009. Vol. 50, № 19. P. 4552–4563.
7. Singh R.K. et al. Homogeneous synthesis of cellulose fatty esters in ionic liquid (1-butyl-3-methylimidazolium chloride) and study of their comparative antifriction property // J. Ind. Eng. Chem. 2015. Vol. 24. P. 14–19.
8. Huang K. et al. Homogeneous synthesis of cellulose stearates with different degrees of substitution in ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium chloride // Carbohydr. Polym. 2011. Vol. 83, № 4. P. 1631–1635.
9. Шипина О.Т., Трескова В.И. Синтез аминопроизводных сложных эфиров целлюлозы // Научный альманах. 2019. № 2-2(52). P. 92–96.
10. Лалетин А. И., Гальбрайт Л. С., Роговин З.А. Использование реакции переэтерификации для синтеза стеаратов целлюлозы // Высокомолекулярна соединения. 1968. Vol. 10, № 3. P. 652–657.

