



UDK: 678.746

Zulayho A. OTAXANOVA,

Tayanch doktorant, Namangan davlat universiteti, Namangan, O'zbekiston

E-mail: otaxanovazulayho67@gmail.com. ORCID: 0009-0001-4841-9359.

Dilfuza M. SATTAROVA,

PhD, dotsent, Namangan davlat universiteti, Namangan, O'zbekiston

E-mail: iminova_d@mail.ru. ORCID: 0009-0000-8964-2488.

Professor F.F. Xoshimov taqrizi asosida

EFFECT OF FILM THICKNESS ON THE SWELLING DEGREE OF FILMS BASED ON MULBERRY SILKWORM (BOMBYX MORI) CHITOSAN

Annotation

In this study, the eco-friendly and biodegradable biopolymer chitosan was successfully extracted from silkworm (*Bombyx mori*) pupae - a renewable secondary raw material from the sericulture industry. Using the solvent casting method, films of varying thicknesses (0.027 - 0.072 mm) were synthesized from solutions of four different volumes (5, 10, 15, and 20 ml) based on the extracted chitosan and 20% glycerol (as a plasticizer). The article investigates the kinetics of how film thickness influences the material's hydrophilic properties.

Experimental results demonstrated that, in a liquid water environment, an increase in thickness - driven by the volumetric relaxation of polymer chains - raises the swelling degree from 56.0% to 126%. The data obtained enable the design of optimal geometric parameters for the targeted medical application of chitosan-based films, tailored to specific wound types (based on exudate levels).

Keywords: Mulberry silkworm, chitosan, glycerin, film thickness, degree of saturation, solution injection method, wound dressing.

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ НА СТЕПЕНЬ НАБУХАНИЯ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА (BOMBYX MORI)

Аннотация

В данном исследовании из куколок тутового шелкопряда (*Bombyx mori*) – возобновляемого вторичного сырья шелководческой отрасли – был успешно выделен экологически безопасный и биоразлагаемый биополимер хитозан. Методом полива раствора (solvent casting) были получены пленки различной толщины (0,027 – 0,072 мм) из растворов четырех разных объемов (5, 10, 15 и 20 мл), содержащих выделенный хитозан и 20% глицерина (в качестве пластификатора). В статье исследуется кинетика влияния толщины пленки на гидрофильные свойства материала.

Экспериментальные результаты показали, что в водной среде увеличение толщины, обусловленное объемной релаксацией полимерных цепей, приводит к росту степени набухания с 56,0% до 126%. Полученные данные позволяют определять оптимальные геометрические параметры пленок на основе хитозана для их целевого медицинского применения с учетом типа раны (в зависимости от интенсивности экссудации).

Ключевые слова: тутовый шелкопряд, хитозан, глицерин, толщина пленки, степень насыщенности, метод инъекции раствора, перевязочный материал для ран.

PLYONKA QALINLIGINING TUT IPAK QURTI (BOMBYX MORI) XITOZANI ASOSIDAGI PLYONKALARNING BO'KISH DARAJASIGA TA'SIRI

Annotatsiya

Ushbu tadqiqot ishida ipakchilik sanoatining qayta tiklanadigan ikkilamchi xomashyosi – tut ipak qurti (*Bombyx mori*) g'umbaklaridan ekologik xavfsiz va biologik parchalanuvchan xitozan biopolimeri muvaffaqiyatli ajratib olindi. Olingan xitozan va 20 % miqdordagi glitserin plastifikatori asosida quyish (solvent casting) usuli yordamida to'rt xil hajmdagi (5, 10, 15, 20 ml) eritmalaridan foydalanib, turli qalinlikdagi (0.027 – 0.072 mm) plyonkalar sintez qilindi. Maqolada plyonka qalinligi omilining material gidrofil xossalriga ta'sir kinetikasi o'rganildi.

Ekspirimental natijalar shuni ko'rsatdiki, suyuq suv muhitida polimer zanjirlarining hajmiy relaksatsiyasi hisobiga qalinlik ortishi bo'kish darajasini 56.0 % dan 126 % gacha oshiradi. Olingan ma'lumotlar xitozan asosidagi plyonkalarni tibbiyotda jarohat turiga (ekssudat miqdoriga) qarab maqsadli qo'llash uchun optimal geometrik parametrlarni loyihalash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: Tut ipak qurti, xitozan, glitserin, plyonka qalinligi, bo'kish darajasi, eritma quyish usuli, yara qoplamasi.

Kirish. Hozirgi vaqtda materialshunoslik va farmatsevtika sohasining eng muhim va dolzarb yo'nalishlaridan biri - an'anaviy sintetik plastiklar o'rni bosuvchi, biologik mos, toksik bo'lmagan va tabiatda oson parchalanadigan biopolimer qoplamalar yaratishdir [1]. Bunday polimerlar orasida qisqichbaqasimonlar va hasharotlar qobig'idan olinadigan xitinning deasetillanish mahsuloti - xitozan alohida o'rin tutadi. Hozirgi kunda xitozan o'zining antibakterial, qon to'xtatuvchi (gemostatik), to'qima regeneratsiyasini tezlashtiruvchi xususiyatlari tufayli tibbiyotda eng istiqbolli xomashyo hisoblanadi. Uning antibakteriallik xususiyati xitozan makromolekulyar zanjiridagi amin ($-NH_2$) guruhlarini hisobiga kelib chiqadi [1,2].

Odatda jahon bozorida xitozan dengiz mahsulotlari (krab, krivetka) qobig'idan olinadi [3]. Biroq, ipakchilik sanoati rivojlangan mamlakatlarda tut ipak qurtining (*Bombyx mori*) g'umbak va kapalak qoldiqlari tarkibida xitin miqdori yuqoriligi

sababli, ulardan xitozan ajratib olish "yashil kimyo" (green chemistry) prinsiplariga mos keluvchi, arzon va qayta tiklanadigan muqobil manba bo'lib xizmat qiladi [4,5].

Xitozan kislotali muhitda gomogen eritmalar hosil qilib, quriganida shaffof va mustahkam plyonkalar hosil qiladi. Ushbu plyonkalarining o'ta mo'rtligini kamaytirish va elastikligini oshirish uchun ularga plastikator sifatida ko'p atomli spirt - glitserin qo'shiladi. Biopolimer plyonkalarining tibbiyotda samarali qo'llanilishi ularning suv va namlik molekullari bilan o'zaro ta'sir qilish xarakteriga bog'liq. Yaraga qo'yilgan qoplama jarohat suyuqligini (ekssudatni) samarali shimishi, ammo o'z strukturaviy yaxlitligini yo'qotmasligi, shu bilan birga yara yuzasida optimal namlik muvozanatini saqlab turishi zarur [6,7].

Mavjud adabiyotlarda xitozan plyonkalarining kimyoviy tarkibi va modifikatsiyalari ko'p o'rganilgan bo'lsa-da, yara qoplamasi uchun muhim parameter bo'lgan plyonka qalinligining materialning suyuq muhitdagi diffuziya kinetikasiga ta'siri yetarlicha tizimli yoritilmagan.

Ushbu tadqiqot ishining maqsadi - tut ipak qurti xitozani asosida turli qalinlikdagi plyonkalarni sintez qilish hamda qalinlik omilining materialning distillangan suvda bo'kish (swelling) xususiyatiga ko'rsatadigan ta'sir mexanizmlarini fundamental darajada ochib berishdan iborat.

Materiallar va usullar.

2.1. Tut ipak qurti xitozanini ajratib olish va eritma tayyorlash. Tadqiqotda foydalanilgan xitozan biopolimeri tut ipak qurti (*Bombyx mori*) qoldiqlaridan ketma-ket deproteinizatsiya (NaOH eritmasida), demineralizatsiya (HCl eritmasida) va deasetillanish (40 – 50 % li NaOH muhitida, yuqori haroratda) bosqichlari orqali laboratoriya sharoitida ajratib olindi.

2.2. Har xil qalinlikdagi plyonkalarni shakllantirish (Solvent Casting). Plyonka hosil qiluvchi gomogen eritma tayyorlash uchun xitozan kukuni 1 % li sirka kislotasi (CH_3COOH) eritmasida eritildi. To'liq erish (gomogen sistema) kuzatilguniga qadar aralashma magnitli aralastirgichda xona haroratida (12 soat) aralastirildi. Hosil bo'lgan polimer eritmasiga quruq modda massasiga nisbatan 20 % miqdorda glitserin ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$) plastifikatori qo'shildi va yana 2 soat davomida intensiv ravishda aralastirildi.

Tayyorlangan xitozan-glitserin eritmasi geometrik o'lchamlari va diametrlari bir xil bo'lgan diametri 90 mm bo'lgan toza Petri idishlariga quyidagi aniq hajmlarda taqsimlandi: 5 ml, 10 ml, 15 ml va 20 ml. Suyuqlik tarkibidagi erituvchining sekin bug'lanishi va plyonka qatlamining bir xil tekislikda shakllanishini ta'minlash uchun idishlar usti g'ovak oq qog'oz bilan yopildi va 3 sutka (72 soat) davomida xona haroratida (22°C) tabiiy ravishda quritildi.

2.3. Plyonka qalinligini geometrik o'lchash. To'liq qurigan shaffof plyonkalar Petri idishidan ehtiyotkorlik bilan ajratib olindi. Ularning qalinligi raqamli mikrometr (Digital Micrometer, aniqligi 0.001 mm) yordamida aniqlandi. Har bir namunaning geometrik bir xilligini va xatolik darajasini nazorat qilish uchun o'lchash ishlari plyonkaning 5 ta har xil (chetki va markaziy) nuqtalarida amalga oshirildi va yakuniy o'rtacha qiymatlar hisoblab chiqildi.

2.4. Suyuqlikda bo'kish darajasini (Swelling Ratio) aniqlash. Plyonkalarining suyuq muhitdagi shishish xususiyati gravimetrik usulda aniqlandi. Buning uchun har bir namunadan o'lchami aniq 2 x 2 sm bo'lgan kvadrat bo'laklar kesib olindi. Namunalar dastlab quritish shkafida 40°C haroratda to'liq quritildi va analitik tarozida dastlabki quruq vazni (W_d) o'lchab olindi. So'ngra namunalar ichiga distillangan suv quyilgan Petri idishlariga solindi va 3 soat (180 daqiqa) davomida qoldirildi. Shu ikki soat mobaynida har 30 daqiqa davomida plyonkalar suvdan olinib, sirtidagi erkin suv tomchilari filtr qog'ozi yordamida artib olindi va darhol analitik tarozida ho'l vazni (W_w) tortildi. Namunalarning har 30 daqiqa davomidagi bo'kish darajasi ($S_{\%}$) quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$S_{\%} = \frac{W_w - W_d}{W_d} * 100$$

Natijalar va ularning tahlili.

3.1. Plyonkalar qalinligini o'lchash natijalari. Xitozan eritmasi hajmi 5 ml dan 20 ml gacha oshirilganda, erituvchi bug'langandan keyin idish yuzasida qoladigan polimer va glitserinning quruq massasi ortishi hisobiga plyonka qalinligi 0.027 mm dan 0.072 mm gacha mutanosib ravishda ko'paygan (1-jadval):

1-jadval. Eritmasi hajmining plyonkaning geometrik qalinligiga bog'liqligi

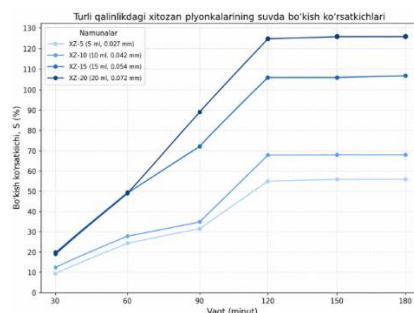
Namunalar	XZ-5	XZ-10	XZ-15	XZ-20
Eritmalar hajmi (ml)	5	10	15	20
Plyonkalar qalinligi (mm)	0.027	0.042	0.054	0.072

3.2. Bo'kish darajasi (Swelling ratio) tahlili. Distillangan suv muhitida 180 minut davomida o'tkazilgan gravimetrik tahlillar natijasida plyonka qalinligi ortishi bilan bo'kish koeffitsiyentining keskin va tizimli ravishda ortishi aniqlandi. Biz o'lchov va hisoblash jarayonini 4 ta namuna bo'yicha olib bordik va quyidagi jadvalga ega bo'ldik (2-jadval):

2-jadval. Turli qalinlikdagi xitozan plyonkalarining suvda bo'kish ko'rsatkichlari ($S_{\%}$)

Namunalar	30 minut	60 minut	90 minut	120 minut	150 minut	180 minut
XZ-5	9	24	31	55	56	56
XZ-10	11	27	34	68	68	68
XZ-15	19	50	71	106	106	107
XZ-20	18	49	89	125	126	126

Eng minimal bo'kish darajasi XZ-5 yupqa namunasida (56.0 %) kuzatilgan bo'lsa, maksimal ko'rsatkich XZ-20 qalin namunasida (126 %) qayd etildi. Ushbu o'zgarishni 1-rasmda ko'rish mumkin.



1- Rasm. Turli qalinlikdagi xitozan plyonkalarining suvda bo'kish ko'rsatkichlari.

Polimerlar fizikasiga ko'ra, yupqa plyonkalar quriganda makromolekulyar zanjirlar substrat yuzasiga parallel ravishda o'ta zich jipslashadi, bu esa suv kirishi uchun ichki erkin hajmni cheklaydi. Qalin plyonkalarda esa (0.072 mm) 3 sutkalik quritish davomida polimer plyonkasi hajmiy va g'ovakroq makrotuzilmaga ega bo'ladi. Suvga botirilganda, suv molekulalari ushbu uch o'lchamli matritsa ichiga oson kiradi va xitozanning amin ($-NH_2$) hamda glitserinning gidroksil ($-OH$) guruhlar bilan kuchli gidratatsiya qobiqlarini hosil qilib, polimer zanjirlarini kengaytiradi. Bu esa bo'kish foizining deyarli 2 barobarga ortishini ta'minlaydi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda turli qalinlikdagi xitozan plyonkalarining bo'kish darajasi o'rganildi. Tut ipak qurti (*Bombyx mori*) chiqindilaridan olingan xitozan asosida solventli quyish usulida qalinligi 0.027 mm dan 0.072 mm gacha bo'lgan boshqariladigan biomateriallar muvaffaqiyatli olindi.

Suyuq muhitda gidratatsiya jarayoni hajmiy xarakterga ega bo'lib, plyonka qalinligi ortishi bilan bo'kish darajasi 56.0 % dan 126. % gacha chiziqli ravishda ortishi aniqlandi. Bu holat xitozan plyonkalarining suv bilan o'zaro ta'sir xususiyatlarini baholash, ularning tarkibi va tuzulishini amaliy maqsadlarda optimallashtirish uchun muhim ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR

1. Dan Ch., Alexandra N. A Review of Chitosan-Based Materials for Biomedical, Food, and Water Treatment Applications // Materials. – 2024. – 17. 5770.
2. Шагдарова Б., Луньков А., Жуйкова Ю. va boshq. Критический взгляд на анализ характеристик хитозана: на пути к биомедицинскому применению // Успехи биологической химии, т. – 2026. – с: 263–308.
3. Агоева Э., Хаширова С. Хитозан и его модифицированные формы: получение, свойства, применение. обзор // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2025. Т. 68. Вып. 3
4. Jantzen A. S., Eli'ezer Q., Helena L., va boshq. Extraction, physicochemical characterization, and morphological properties of chitin and chitosan from cuticles of edible insects // Food Chemistry. – 2021. – 343. 128550.
5. Nurutdinova F.M., Rasulova Y.Z. Markaziy osiyoda ipak qurti g'umbaklaridan xitozan ajratib olishning ekologik afzalliklari // Development of science. – Vol.4. – 2025/5.
6. Aleksandra V., Viktoriya N., Valentina A. va boshq. Comparative Analysis of the Functional Properties of Films Based on Carrageenans, Chitosan, and Their Polyelectrolyte Complexes // Marine Drugs – 2021. – Vol. 19, 704.
7. Bhuvaneswari K., Vuong D., Yanika S., Vimal V. Development and Characterization of Compression-Molded Chitosan Composite Films Reinforced with Silica and Titania Fillers // Journal of Manufacturing and Material Processing. – 2026. – Vol. 10. 19.