

## XITIN VA XITIZAN: KIMYOSI

Boymirzaev Azamat Solievich<sup>1</sup>,  
Kamolov Ziyovadin Zuxriddin o‘g‘li<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Impuls tibbiyot instituti Namangan filiali «Ijtimoiy-gumanitar va aniq fanlar» kafedrasini mudiri, kimyo fanlari doktori, professor

<sup>2</sup>Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

E-mail: ziyovadinkamolov@gmail.com

Tel: +998 93 37512 96

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21057921>

**Annotatsiya:** Xitin va xitozan tabiiy aminopolisakaridlar bo‘lib, ular keng tarqalgan va qayta tiklanadigan resurslardan hisoblanadi, asosan qisqichbaqasimonlar ekzoskeletida mavjud. Ushbu biopolimerlar biodegradatsiyalanadigan, biokompatibil, toksik bo‘lmagan, antibakterial va antimikrobiyal xususiyatlarga ega. Ularning kimyoviy tarkibi, eruvchanligi, tolalar va nanofibrlarga aylantirish imkoniyati keng ilmiy va amaliy tadqiqotlarga sabab bo‘lgan. Xitin va xitozan tolalari elektroyigirish kabi ilg‘or texnologiyalar yordamida tayyorlanadi, bu esa yuqori yuzasi va porozligi bilan biomaterial sifatida potensial qo‘llanilish imkonini beradi. Tolalar va nanofibrlardan biomeditsina, farmatsevtika, kosmetika, suv tozalash, metall ionlarini adsorbsiyalash va boshqa sanoat sohalarida keng foydalanish mumkin. Shu bilan birga, xitin va xitozan nanofibrlari tayyorlashda ekologik va toksik bo‘lmagan erituvchilarni tanlash asosiy muammo hisoblanadi. Ushbu bob xitin va xitozanning kimyoviy tuzilishi, eruvchanligi, tolalar hosil qilishi, elektroyigirish jarayoni va potentsial qo‘llanilishini tahlil qiladi.

**Kalit so‘zlar:** Xitin, xitozan, aminopolisakaridlar, tolalar va nanofibrlari, elektroyigirish, eruvchanlik, biomeditsina, suvni tozalash, kosmetika, biopolimerlar

**Аннотация:** Хитин и хитозан – это природные аминополисахариды, широкодоступные и возобновляемые ресурсы, в основном содержащиеся в экзоскелете ракообразных. Эти биополимеры биоразлагаемы, биосовместимы, нетоксичны, обладают антибактериальными и противомикробными свойствами. Их химический состав, растворимость и способность к преобразованию в волокна и нановолокна привели к обширным научным и практическим исследованиям. Волокна хитина и хитозана получают с использованием передовых технологий, таких как электропрядение, что открывает потенциальные возможности их применения в качестве биоматериалов благодаря большой площади поверхности и пористости. Волокна и нановолокна могут широко использоваться в биомедицине, фармацевтике, косметике, водоочистке, адсорбции ионов металлов и других промышленных областях. В то же время выбор экологически чистых и нетоксичных растворителей является серьезной проблемой при получении нановолокон хитина и хитозана. В этой главе рассматриваются химическая структура, растворимость, образование волокон, процесс электропрядения и потенциальные области применения хитина и хитозана.

**Ключевые слова:** хитин, хитозан, аминополисахариды, волокна и нановолокна, электропрядение, растворимость, биомедицина, очистка воды, косметика, биополимеры

**Abstract:** Chitin and chitosan are natural aminopolysaccharides, which are widely available and renewable resources, mainly found in the exoskeleton of crustaceans. These biopolymers are biodegradable, biocompatible, non-toxic, antibacterial and antimicrobial. Their chemical composition, solubility, and ability to be converted into fibers and nanofibers have led to extensive scientific and practical research. Chitin and chitosan fibers are prepared using advanced technologies such as electrospinning, which allows for potential applications as biomaterials due to their high surface area and porosity. The fibers and nanofibers can be widely used in biomedicine, pharmaceuticals, cosmetics, water treatment, metal ion adsorption and other industrial fields. At the same time, the selection of environmentally friendly and non-toxic solvents

is a major challenge in the preparation of chitin and chitosan nanofibers. This chapter reviews the chemical structure, solubility, fiber formation, electrospinning process and potential applications of chitin and chitosan.

**Keywords:** Chitin, chitosan, aminopolysaccharides, fibers and nanofibers, electrospinning, solubility, biomedicine, water purification, cosmetics, biopolymers

**Kirish.** Xitin 1811-yilda kimyogar Anri Brakonno (Henri Braconnot) tomonidan kashf etilgan. U ushbu moddani ilk bor ma’lum bir turdagi qo‘ziqorindan ajratib olgan va unga “fungin” deb nom bergan. Brakonno bu moddaning suvli kislota eritmalarida erimasligini kuzatgan. 1823-yilda Ogüst Odye (Auguste Odier) hasharotlar ekzoskeletidan xuddi shu tolali moddani ajratib olgan va unga yunoncha “tunika” yoki “qobiq” ma’nosini anglatuvchi xitin nomini bergan [1].

1859-yilda Sharl Ruje (Charles Rouget) xitinni yuqori haroratda konsentrlangan kaliy ishqori bilan ishlovdan o‘tkazgan. Natijada hosil bo‘lgan modda suvli kislota eritmalarida eriydigan xususiyatga ega bo‘lgan va aynan shu xossa uni xitin polimeridan farqlash imkonini bergan. 1894-yilda ushbu molekula nemis kimyogari Feliks Hoppe-Zeyler (Félix Hoppe-Seyler) tomonidan xitozan deb nomlangan [2].

1930-yillardan boshlab xitin va xitozanga, asosan, tibbiyot va suvni tozalash sohalarida katta qiziqish paydo bo‘ldi, chunki ular tabiatda juda ko‘p miqdorda uchraydigan va qayta tiklanuvchi resurslar hisoblanadi [3].

1970-yillardan e’tiboran esa ushbu ikki biopolimerga bo‘lgan qiziqish yanada ortdi, bunga dengiz mahsulotlarini qayta ishlash sanoati va qisqichbaqasimonlarni konservalash korxonalarida hosil bo‘ladigan katta miqdordagi chiqindilar sabab bo‘ldi. Hozirgi kunda xitin va xitozanning sanoat miqyosida ishlab chiqarilishi, bozorga chiqarilishi hamda qo‘llanilishi doimiy ravishda oshib bormoqda [4].

Xitin va xitozan: kimyosi va eruvchanligi

Xitin tabiatda sellulozadan keyin ikkinchi eng ko‘p uchraydigan biologik makromolekula bo‘lib, u asosan  $\beta$ -(1–4) bog‘lar orqali birikkan 2-atsetamido-2-deoksi- $\beta$ -D-glyukopiranoza birliklaridan hamda qisman  $\beta$ -(1–4) bog‘lar orqali birikkan 2-amino-2-deoksi- $\beta$ -D-glyukopiranoza birliklaridan tashkil topgan chiziqli aminopolisaxariddir. Ushbu biopolimerning yillik tabiiy sintezi miqdori deyarli selluloza ishlab chiqarilishi bilan teng deb baholanadi [5].

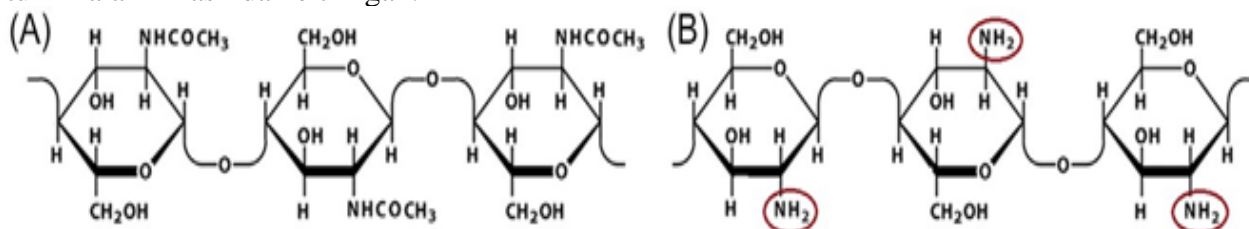
Xitin asosan qisqichbaqasimonlar ekzoskeletida, hasharotlar kutikulalarida va boshqa bo‘g‘imoyoqlilar qobig‘ida uchraydi. Shu bilan birga, u zamburug‘larning katta qismida, ayrim qo‘ziqorin qobig‘ida, yashil suvo‘tlarda, baliq tangachalarida, hujayra devorlarida va achitqi zamburug‘larda ham mavjud. Xitinning asosiy tijoriy manbalari qisqichbaqa va krevetka qobig‘i bo‘lib, ular tarkibida xitin miqdori yuqori bo‘ladi. Umuman olganda, Kumirska va hammualliflarining ma’lumotlariga ko‘ra, qisqichbaqasimonlar qobig‘i tarkibida 30–50% kalsiy karbonat va fosfatlar, 30–40% oqsillar hamda 20–30% xitin mavjud. Biroq bu nisbatlar xitin olinadigan manbaga yoki hatto turning o‘ziga qarab farq qilishi mumkin. Masalan, Bajaj va hamkorlari tadqiqotiga ko‘ra, Crangon crangon krevetkasi chiqindilari tarkibida 10–38% oqsillar, 31–44% mineral moddalar va 24–46% xitin mavjud [6].

**Asosiy qism.** Manbasiga bog‘liq holda xitin tabiatda uchta polimorf shaklda mavjud bo‘ladi:  $\alpha$ -xitin,  $\beta$ -xitin va  $\gamma$ -xitin.  $\alpha$  va  $\beta$  shakllar mos ravishda monoklinik va ortorombik kristall panjaraga ega bo‘lib, uchinchi allomorf bo‘lgan  $\gamma$ -xitin esa alohida shakl emas, balki  $\alpha$  va  $\beta$  shakllarning kombinatsiyasi sifatida qaraladi.  $\alpha$ -xitin,  $\beta$ -xitin va  $\gamma$ -xitin polimer zanjirlarining mos ravishda antiparallel, parallel va navbatma-navbat joylashuviga to‘g‘ri keladi.  $\alpha$ -xitin eng ko‘p tarqalgan va eng barqaror polimorf shakl bo‘lib,  $\beta$ -xitin esa kalmar patlaridan ajratib olinadi va ishqoriy ishlov berish orqali osonlik bilan  $\alpha$ -shaklga aylantirilishi mumkin.

$\alpha$ -xitin odatda qisqichbaqasimonlar ekzoskeletidan, achitqi zamburug‘lar hujayra devorlaridan va bo‘g‘imoyoqlilar kutikulalaridan ajratib olinadi. Tijoriy maqsadlarda esa ushbu polimer asosan krevetka va qisqichbaqa qobig‘idan olinadi. Bunda dastlab kalsiy karbonatlarni olib tashlash uchun kislota bilan ishlov beriladi, so‘ngra oqsillarni ajratish maqsadida ishqoriy ishlov amalga oshiriladi. Bundan tashqari, pigmentlarni yo‘qotish va yuqori sifatli,

aralashmalardan xoli mahsulot olish uchun ko‘pincha rangsizlantirish va tozalash bosqichlari ham qo‘shiladi.

Xitozan xitinning asosiy hosilasi bo‘lib, ishqoriy sharoitda N-deatsetillanish orqali olinadigan tabiiy polimer hisoblanadi. Ushbu biopolimer 2-amino-2-deoksi-(1-4)-β-D-glyukopiranoza qoldiqlaridan, ya’ni D-glyukozamin birliklaridan tashkil topgan chiziqli polisaxariddir. Xitin va xitozanni farqlash uchun N-deatsetillanish darajasiga asoslangan chegaraviy mezon qabul qilingan. Agar atsetillanish darajasi 50% dan yuqori bo‘lsa, polimer xitin deb ataladi, 50% dan past bo‘lsa, u xitozan deb yuritiladi. Xitin va xitozanning kimyoviy tuzilmalari 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Xitin (A) va xitozanning (B) kimyoviy tuzilishi.

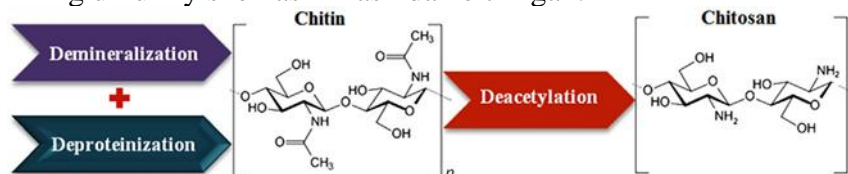
Xitozan qayta tiklanuvchi biopolimer sifatida biologik parchalanishi, biokompatibilligi, zaharsizligi, kimyoviy modifikatsiyaga qulayligi va metall ionlarini kuchli bog‘lash (xelatlash) qobiliyati tufayli katta e’tibor qozongan. Ushbu polimer kimyo, biokimyo, biologiya, biotexnologiya, tibbiyot, farmakologiya, oziq-ovqat texnologiyasi, dengiz fanlari, qishloq xo‘jaligi va boshqa ko‘plab sohalarda keng qiziqish uyg‘otmoqda[7].

Xitozan tibbiyot va farmatsevtika sohalarida yara bog‘lovchi materiallar, dori yetkazib berish tizimlari va qon ivishini oldini oluvchi vosita sifatida keng qo‘llaniladi. Bundan tashqari, u suvni tozalash, oqova suvlarni qayta ishlash, oziq-ovqat qo‘shimchalari, yara bitishini tezlashtiruvchi materiallar, to‘qima muhandisligi, kosmetik preparatlar, to‘qimachilik sanoati, qog‘oz ishlab chiqarish va plyonka texnologiyalarida ham muhim ahamiyatga ega.

**Xitin va xitozanni ajratib olish (ekstraksiya qilish).** Xitinni ajratib olish va uni keyinchalik xitozanga aylantirish jarayonlari ikki xil usulda amalga oshirilishi mumkin: kimyoviy usullar hamda biologik usullar, jumladan mikrobiologik fermentatsiya va fermentativ reaksiyalar yordamida [30–32].

Bundan tashqari, ko‘plab tadqiqotchilar xitin va xitozanni ajratib olish uchun samarali, tezkor va ekologik jihatdan xavfsiz muqobil usullarni topish maqsadida elektrokimyoviy, sonokimyoviy, fermentativ va mikroto‘lqinli sintez kabi turli ekstraksiya texnikalarini o‘rganib chiqqanlar. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, mikroto‘lqin texnologiyasi xitin va xitozanni ajratib olishda juda foydali bo‘lishi mumkin. An’anaviy ekstraksiya usullari bilan solishtirganda, mikroto‘lqinli usul reaksiya vaqtini keskin qisqartiradi, noxush yon reaksiyalarni kamaytirish hisobiga mahsulot unumdorligi va tozaligini oshiradi.

Xitozanni ajratib olish jarayoni quyidagi asosiy bosqichlardan iborat: demineralizatsiya, deproteinizatsiya va deatsetillanish. Pigmentlarni, asosan β-karotin va astaksantinni yo‘qotish uchun rangsizlantirish bosqichi ham qo‘shilishi mumkin. Bunda aseton, natriy gipoxlorit va vodorod peroksid kabi turli organik va noorganik erituvchilardan foydalaniladi. Xitin va xitozanni ajratib olish jarayonining umumiy sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



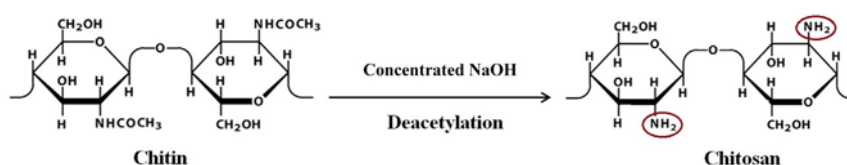
2-rasm. Xitin va xitozanni ajratib olish (ekstraksiya) jarayoni.

**Demineralizatsiya.** Demineralizatsiya bosqichi qisqichbaqasimonlar ekzoskeletining asosiy noorganik tarkibiy qismlari bo‘lgan kalsiy karbonat va kalsiy fosfatni olib tashlashdan iborat. Ushbu bosqich suyultirilgan xlorid kislota eritmasida amalga oshiriladi. Parchalanish

reaksiyasi davomida ajralib chiqadigan CO<sub>2</sub> gazi miqdori mineral moddalarning tarkibini baholashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi [1].

**Deproteinizatsiya.** Deproteinizatsiya bosqichi oqsillarni suyultirilgan natriy gidroksid (NaOH) eritmasi yordamida ishqoriy ishlov berish orqali yo‘qotishga qaratilgan. Ushbu bosqich natijasida tozalangan xitin olinadi. Agar rangsiz xitin talab etilsa, qo‘shimcha rangsizlantirish bosqichi qo‘llanilishi mumkin. Qoldiq pigmentlar, masalan karotinoidlarni olib tashlash uchun aseton yoki organik erituvchilar aralashmasidan foydalaniladi. Shuningdek, krevetka qobig‘i chiqindilaridan ajratib olingan oqsillar hayvonlar uchun sifatli ozuqa manbai bo‘lishi aniqlangan.

**Deatsetillanish.** Deatsetillanish bosqichi xitinni xitozanga aylantirish, ya’ni atsetil guruhlarini olib tashlash jarayonidir. Xitinning deatsetillanishi odatda yuqori haroratda konsentrlangan natriy yoki kaliy gidroksid eritmasi bilan ishqoriy ishlov berish orqali amalga oshiriladi. Deatsetillanish reaksiyasi 3-rasmda ko‘rsatilgan.



3-rasm. Xitinning kimyoviy deatsetillanish jarayoni.

Xitozan polimeri asosan ikki muhim parametr bilan tavsiflanadi: deatsetillanish darajasi (DD) va molekulyar massa (MM). Ushbu ikki parametr xitozanning fizik-kimyoviy xossalari ga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Xitozanning amaliy qo‘llanilishi bevosita uning DD va MM qiymatlariga bog‘liqdir. Ekstraksiya jarayoni davomida ishlov berish harorati, ishqor konsentratsiyasi, reaksiya vaqti hamda xitinning dastlabki ishlov darajasi kabi omillar xitozanning molekulyar massasiga ta’sir etishi mumkin.

**Xitin va xitozanning eruvchanligi.** Eruvchanlik polimerlarning ishlov berilishi va qo‘llanilishi uchun eng muhim parametrlardan biridir. Umuman olganda, xitozan va selluloza kabi kristall polisaxaridlarning suvdagi eruvchanligi past bo‘ladi. Shu sababli ularning eruvchanligini oshirish maqsadida parchalanish va modifikatsiya kabi turli strategiyalar qo‘llanilgan.

Xitinning yarim-kristall strukturasi ga ega bo‘lishi va kuchli intra- va intermolekulyar vodorod bog‘larining mavjudligi bu polimerning umumiy organik va noorganik erituvchilarda erimaydigan xususiyatini ta’minlaydi. Biroq, xitinning erimaydiganligi uning potensial qo‘llanilishiga to‘siq sifatida qaraladi.

Xitin suvda, zaif kislota yoki ishqor eritmalarida va organik erituvchilarda erimaydi. Shu bilan birga, u yuqori konsentrlangan noorganik kislotalarda, masalan, xlorid kislotasi, sulfat kislota va fosfor kislotasi eritmalarida eriydi. Shuningdek, uning β-polimorf shakli konsentrlangan format kislotasida eriydi. Bundan tashqari, xitinning eruvchanligi boshqa erituvchilarda ham tekshirilgan, masalan: N,N-dimetilasetamid (DMA) 5–8% LiCl bilan, dikloro- va trikloroatsetik kislotalar, lityum tiotsiyanat, CaBr<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O bilan to‘yingan metanol, heksafluoroizopropil spirti, heksafluoroketon, va N-metil-2-pirollidon. Shuningdek, kalsiy xlorid dihidrat bilan to‘yingan metanol tizimi ham xitinni eritishda ishlatilgan. Ushbu erituvchilar yordamida xitin erishi mumkin bo‘lsa-da, ularning ko‘pi zaharlidir, korroziv, zararli yoki sekin parchalanadigan hisoblanadi.

Xitinning eng muhim hosilasi bo‘lgan xitozan N-atsetil-D-glyukozamin va D-glyukozamin birliklaridan tashkil topgan. Har bir D-glyukozamin birligi erkin amin guruhga ega bo‘lib, bu guruhlar protonlanib, polimerni musbat zaryad bilan ta’minlaydi va natijada xitozanning suyultirilgan kislota eritmalarida eruvchan bo‘lishiga imkon beradi.

Xitozan organik erituvchilar yoki suvda erimaydi, lekin ko‘pchilik suvli kislota eritmalarida, masalan sirka, sitrat, format, oksalat va sut kislotalari, uning pKa qiymatidan past pH (5–6,5) sharoitida eriydi. Shuningdek, ba’zi boshqa erituvchilar, masalan, dimetil sulfoksid (DMSO), p-toluen sulfon kislota va 10-kamfor sulfon kislota, xitozanni eritishda ishlatiladi. Ba’zi mineral kislotalar, masalan, xlorid va nitrat kislotalari ham xitozanni eritishda ishlatiladi, lekin fosfor va sulfat kislotalari mos kelmaydi [4].

Xitinning va xitozanning eruvchanligiga ta’sir qiluvchi omillar adabiyotlarda keng yoritilgan: deatsetillanish darajasi (DD), molekulyar massa (MM), eritmaning pH qiymati, ion kuchi va harorat. Bir nechta tadqiqotlar eruvchanlik, molekulyar massa va DD orasidagi bog‘liqlikni aniqlagan. Xitinning eruvchanligi uning molekulyar massasiga bog‘liq emas, balki N-atsetil amin guruhlarining soni bilan aniqlanuvchi atsetillanish darajasiga bog‘liq.

Bundan tashqari, xitin va xitozan tarkibidagi reaktiv guruhlar, masalan amin va gidroksil guruhlari, ularga ko‘plab kimyoviy modifikatsiyalarni o‘tkazish imkonini beradi. Bu kimyoviy modifikatsiyalar xitin va xitozanning eruvchanligini oshirish vositasi sifatida ishlatiladi.

**Xulosa.** Xitin va xitozan — bu ajoyib aminopolisakaridlar bo‘lib, turli sohalarida keng qo‘llanilishi mumkin. Ular tabiiy resurs sifatida ko‘p miqdorda mavjud bo‘lib, asosan qisqichbaqasimonlar (crabs va shrimps) ekzoskeletida uchraydi. Xitin va xitozan biopolimerlar bo‘lib, ularning kimyoviy va biologik xususiyatlari qiziqarli: biodegradatsiyalanadigan, biokompatibil, toksik bo‘lmagan, antibakterial va antimikrobiyal faollikka ega. Shu sababli, ular keng sohalarida qo‘llaniladi: biomeditsina, farmatsevtika, qishloq xo‘jaligi, shuningdek, sanoat sohalarida, masalan, oqova suvlarni tozalashda, chunki ular ko‘plab metall kationlarini adsorbsiyalash va kompleks hosil qilish qobiliyatiga ega.

#### Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

- [1] I. Hamed, F. Ozogul, J.M. Regenstein, Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan and chitoooligosaccharides): a review, Trends Food Sci. Technol. 48 (2016) 40—50. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.11.007>.
- [2] K.P. Rahate, An overview on various modifications of chitosan and its applications, Int. J. Pharm. Sci. Res. (2013) 4175—4193. Available from: [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.4\(11\).4175-93](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.4(11).4175-93).
- [3] S.P.M. Castro, E.G.L. Paul’in, Is chitosan a new panacea? Areas of application, Complex. World Polysacch. (2012) 3—46.
- [4] K. Kurita, Chitin and chitosan: functional biopolymers from marine crustaceans, Mar. Biotechnol. 8 (2006) 203—226. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10126-005-0097-5>.
- [5] K.K. Gadghey, A. Bahekar, Studies on extraction methods of chitin from crab shell and investigation of its mechanical properties, Int. J. Mech. Eng. Technol. 8 (2017) 220—231.
- [6] P. Gonil, W. Sajomsang, Applications of magnetic resonance spectroscopy to chitin from insect cuticles, Int. J. Biol. Macromol. 51 (2012) 514—522. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.06.025>.
- [7] K. Mohan, S. Ravichandran, T. Muralisankar, V. Uthayakumar, R. Chandirasekar, C. Rajeevgandhi, et al., Extraction and characterization of chitin from sea snail *Conus inscriptus* (Reeve, 1843), Int. J. Biol. Macromol. 126 (2019) 555—560. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.241>.