

**INULINNING KIMYOVIY TUZILISHI, BIOFAOLLIGI VA SANOAT HAMDA
NUTRASEVTIK QO'LLANILISH ISTIQBOLLARI**

Muinova.N.B

Toshkent Kimyo Texnologiya Instituti

t.f.n, dotsent: Radjabov O.I

A.S.Sodiqov nomidagi Biorganik Kimyo Instituti

Mas'ul muallif: muinovanigina@gmail.com

**MAQOLA
MALUMOTI**

ANNOTATSIYA:

MAQOLA TARIXI:

Received: 10.12.2025

Revised: 11.12.2025

Accepted: 12.12.2025

KALIT SO'ZLAR:

*Inulin;
fruktooligasaxaridlar;
dori vositalarini tashib
berish; stabilizatsiya;
glomerulyar filtratsiya;
strukturaviy
moslashuvchanlik;
prebiotic faollik.*

*Ushbu maqolada inulin biopolimer sifatida har
tarafлама o'rganilib, uning kimyoviy tuzilishi,
biologik xususiyatlari, shuningdek sanoatdagi
qo'llanilish sohalari batafsil tahlil qilingan.
Inulinning molekulyar tuzilishi va funksional
guruhlarini uning prebiotik va bioaktiv xususiyatlarini
belgilab berishi, qolaversa, saraton hujayralariga
qarshi potentsial ta'sir mexanizmlarining mavjudligi
ilmiy manbaalar asosida ko'rsatib beriladi.
Tadqiqotda inulinning ovqat qo'shimchasi sifatidagi
nutrasevtik (nutraceutical) qiymati, ichak
mikroflorasini yaxshilashdagi roli,
immunomodulyator ta'siri va metabolik salomatlikka
qo'shgan hissasi yoritilgan.*

Kirish

Nemis farmakologi Valentin Rose Younger 1804-yilda Inula helenium ildizlaridan fruktan inulinni ajratib oldi va Tomson 1917-yilda inulin atamasini fanga kiritdi. Asteraceae va Campanulaceae kabi o'simlik oilalari inulinning boy manbaalari hisoblanadi. Tarkibida inulin ko'p bo'lgan o'simliklarga piyoz, sarimsoq, qushqo'nmas, artishok, dahlias, hindibo va boshqalar kiradi. Tabiatda inulinning turlicha tabiiy manbaalari bor bo'lib, inulin va

inulin birikmalari turli sohalarda, asosan oziq-ovqat va dori-darmon sanoatida barcha davlatlarda ikki asrdan ortiq vaqt davomida qo'llanilib kelinmoqda.[2]



Keng tarqalgan inulin manbaalari: *Cichorium intybus*, Sunchoke, *Dahlia pinnata*

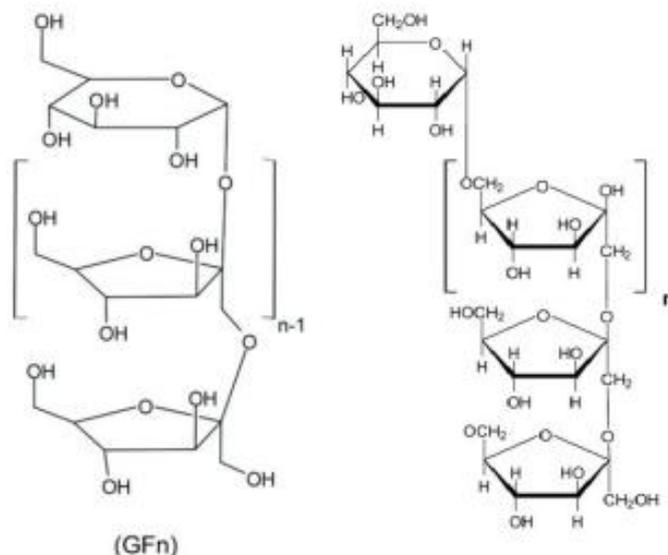
Inulin tabiiy fruktooligosaxarid bo'lib, u prebiotik xususiyatlari, antioksidant va rak hujayralariga qarshi ta'siri bilan mashhur. Shu bilan birga, inulinning farmatsevtik va oziq-ovqat sanoatidagi ahamiyati kengayib bormoqda. Inulinning molekulyar tuzilishi va modifikatsiya yo'llari yangi dori tashuvchi tizimlar, farmatsevtik mahsulotlar va bioplastiklar yaratishda muhim rol o'ynaydi.[1]

Inulin oshqozon-ichak traktining yuqori qismida fermentativ ravishda assimilyatsiya qilinmaydi, shu boisdan u qondagi glyukoza darajasini o'zgartirmaydi va insulin-glukagon muvozanatiga aralashmaydi.[12]

Inulin aslida prebiotik bo'lib, oshqozon kislotaliligiga va fermentativ hazm qilishga chidamli hazm bo'lmaydigan tarkibiy qismdir. Shu bilan birga, inulin yo'g'on ichak mikrobiotasi tomonidan fermentlanishi va sog'lik uchun foydali bo'lgan ba'zi yo'g'on ichak bakteriyalarining o'sishini shuningdek, faolligini rag'batlantirishi mumkin.[8]

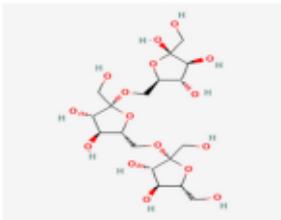
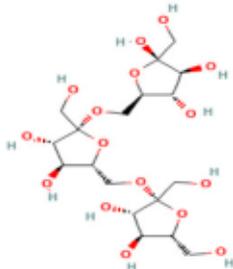
Inulin β -(2 \rightarrow 1) bog'langan fruktoza zanjiridan iborat bo'lganligi sababli, oshqozon-ichak sistemasining yuqori qismida fermentativ gidrolizsiz yo'g'on ichakka yetib boradi. U β -fruktozidaza ishlab chiqaruvchi bakteriyalar tomonidan gidrolizlanadi. Inulin strukturasi fruktozil guruhlarining chiziqli zanjirlari (2-1) glikozid bog'lar bilan bog'langan va ularning uchlarida a-D-(1-2) glyukopiranozid halqalari joylashgan.(1-jadval).[11] O'simliklardan olingan inulinlar 2-100 fruktoza birligiga ega va ularning suvda eruvchanligi zanjir uzunligiga bog'liq.(1-rasm) Odatda inulin chiziqli tuzilishga ega, ammo ba'zi inulinlar β -(2-6) bog'lanishlari bilan bog'langan shoxlarga ega. O'simlikdan olingan inulinda DP 2-60 gacha o'zgarib turadi va uning molekulyar og'irligi 104 dan kam bo'ladi.

Ammo mikrobial inulin 106 dan yuqori molekulyar og'irlikka ega. Shunga qaramay ularning fiziologik xususiyatlari har xil yoki bir xil ekanligi to'liq o'rganilmagan.[10]



2-rasm. Inulin(C₆H₁₀ O₅)_n va fruktooligosaxarid(C₆H₁₀ O₅)_n tuzilishi

Qisqa zanjirli inulinning molekulyar og'irligi uning zanjir uzunligiga bog'liq va 1500-1600 Da orasida o'zgarib turadi. O'simliklarda fruktan ishlab chiqarish uchun saxaroza-saxaroza fruktoziltrans-feraza glyukozil-1,2 fruktozil-1,2 fruktoza deb nomlanuvchi kestoza hosil bo'lishi uchun fruktoza molekulasini bir saxaroza qismidan ikkinchisiga o'tkazishni katalizlaydi. Fruktan-fruktan-fruktoziltransferaza inulin zanjirini uzaytiradi. Bundan tashqari, inulin ba'zi mikroorganizmlar tomonidan inulosukraza deb ataladigan fruktoziltransferaza orqali ishlab chiqarilishi mumkin.[4]

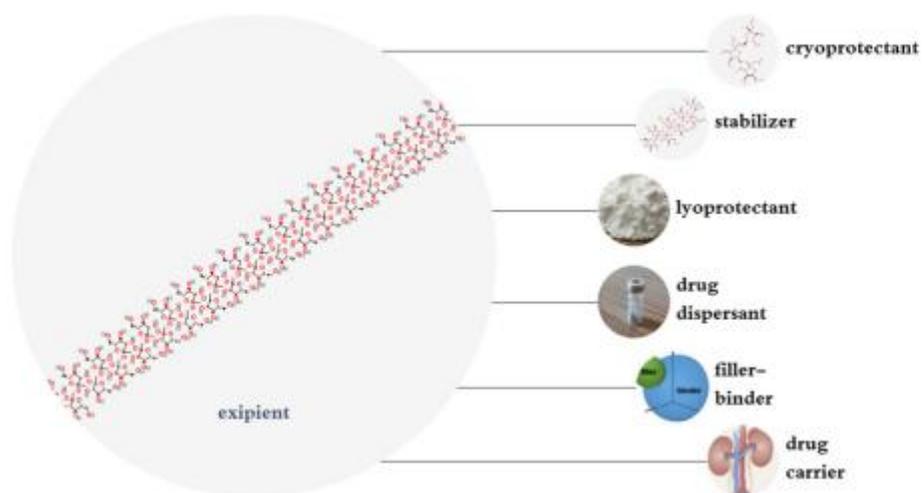
	Name/ PubChem CID	Molecular Weight g/mol	XLogP3- AA	Hydrogen Bond Donor Count	Hydrogen Bond Acceptor Count	Rotatable Bond Count	Topological Polar Surface Area Å	Canonicalized
<p>$C_{228}H_{382}O_{191}$</p> 	Inulin [USP: BAN]/ 18772499]	6179	-70.2	116	191	149	3040	Yes
<p>$C_{24}H_{42}O_{21}$</p> 	Inulin— chicory Inulin— jerusalem artichoke/ 132932783	666.6	-7.4	14	21	13	384	Yes
<p>$C_{18}H_{32}O_{16}$</p> 	Levan— Eravim herbicola 440946	504.4	-6	11	16	10	296	Yes

Note: Inulin; Linear chain of $\beta(2 \rightarrow 1)$ -linked fructosyl groups with α -D-(1 \rightarrow 2) glucopyranoside at the end and Levan; linear or branched chain of $\beta(2 \rightarrow 6)$ -linked fructosyl groups, with possible $\beta(2 \rightarrow 1)$ branches.

1-jadval. Turli inulin birikmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari

Tadqiqot va natijalar. Inulin ko'plab farmatsevtik xususiyatlarga ega. U dorilarni yo'g'on ichakka yetkazish uchun ishlatilishi mumkin. Fizik-kimyoviy nuqtai nazardan, inulin yuqori molekulyar og'irlikka ega, eritilganda biroz yopishqoq bo'lib qoladi. U boshqa oligo- yoki polisaxaridlarga nisbatan yuqori molekulyar egiluvchanlikka ega. Inulinning gigroskoplik xususiyati va kristallanish darajasi past. Yuqorida aytib o'tilgan xususiyatlar inulinni oqsillar uchun yaxshi stabilizatorga aylantiradi. Bir tadqiqot ishqoriy fosfotazaning inulin bilan liofilzatsiyasi uning faolligini saqlab qolganligini ko'rsatdi. Bundan tashqari, inulin qoramol plazmasi oqsilini muzlatish bilan quritish jarayonida denaturatsiyadan himoya

qiladi. Inulin asil-gomoserin-lakton(AHL) asilazlarni faolligini yo'qotmasdan quritish uchun ishlatilishi mumkin. Inulin turli nanozarralar uchun mos stabilizator bo'la oladi. Xulosa qilib aytganda, inulinning o'ziga xos xususiyatlarini o'rganish orqali undan fermentlar va terapevtik peptidlarni qoplash uchun foydalanish mumkin. Inulinning o'ziga xos va moslashuvchan tuzilishi, stabilizatsiya, himoya ta'siri va hujayralarni to'g'ri nishonga olish qobiliyati uni boshqa biologik parchalanadigan polisaxaridlarga nisbatan mukammal dori yetkazib beruvchi tashuvchiga aylantiradi.[3] Inulinning molekulyar tuzilishi polimer zanjirining ko'proq harakatlanish erkinligini ta'minlaydi. Bu esa strukturaviy moslashuvchanlik keltirib chiqaradi va inulinni tibbiyotda turli sohalarda ishlatish mumkin bo'lgan ko'p qirrali materialga aylantiradi.[7]



2-rasm. Farmatsevtika sanoatida inulinning turli yo'nalishlarda qo'llanilishi

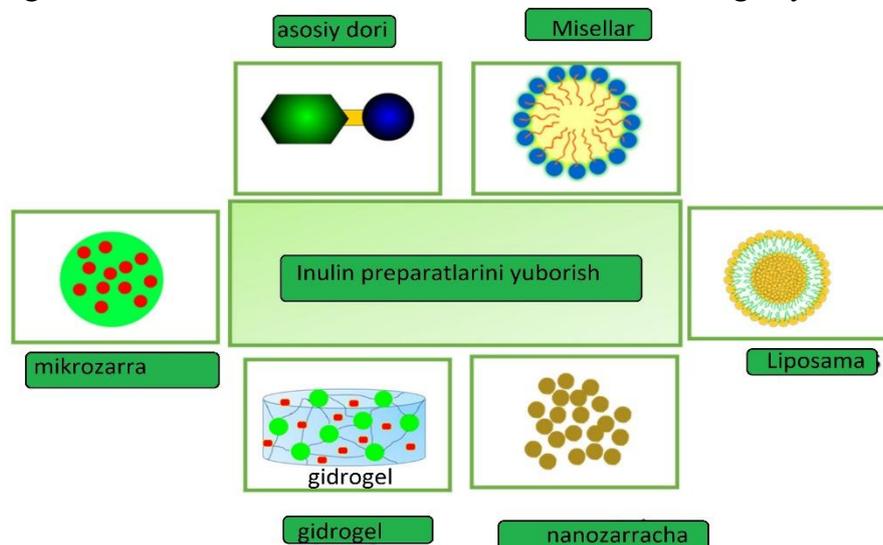
Og'iz bo'shlig'i orqali qabul qilinadigan, suvda yomon eriydigan dori vositalarining xususiyatlarini yaxshilashning istiqbolli usullaridan biri, bu inulin kabi birikmalar yordamida qattiq dispersiya hosil qilishdir. Oshqazon-ichak sistemasida bu dorilar sekin eriydi va ularning biomavjudligi past bo'ladi.[6] Inulin suvda, ayniqsa yuqori haroratda juda yaxshi eruvchanlikni namoyish etadi, bu esa gidratsiyani osonlashtiradi va yomon eriydigan dori vositalarining erishini yaxshilaydi. Bu xususiyat uni dorivor moddalarning biomavjudligini oshirish uchun farmatsevtika sohasida qimmatli yordamchi moddaga aylantiradi. O'tkazilgan tadqiqotlarning birida inulin, inutek R Sp1 deb nomlangan

inulinning sirt faol hosilasi va polivinilpirolodoning (PVP) qattiq dispersiyalarida tashuvchilar sifatida qo'llanilishi taqqoslandi. Ushbu tashuvchilar diazepam, fenofibrat, ritonavir, efavirenz kabi ba'zi lipofil dorilarning eruvchanligini oshirishga xizmat qildi.[6] Natijalar shuni ko'rsatdiki, bu dorilarning turli dorivor preparatlar eritmasida erish tezligi quidagi tartibda ko'tarilgan: inulin 2,3 kDa<PVP k30<<inutek R SP1. Boshqa bir tadqiqot shuni ko'rsatdiki, preparatni o'z ichiga olgan qattiq dispersiyali tabletkalarga super parchalanuvchi moddalar qo'shilishi fenofibratning eruvchanlik darajasini oshiradi. 4kDa inulindan tashkil topgan qattiq dispersiyali tabletkalar tez erish qobiliyatini va mukammal saqlash barqarorligini ko'rsatdi. Tarkibida vkam eruvchan inson immunitet tanqisligi virusining proteaza ingibitori TMC240 tez eriydigan inulin asosidagi qattiq dispersiyali tabletkalar sotuvga chiqarildi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, qattiq dispersiyali inulin matrisasidagi TMC240 da in vitro va in vivo ajralishi kuchaydi. Amorf tuzilishli inulin to'g'ridan-to'g'ri presslash yo'li bilan olingan tabletkalar uchun o'zaro bog'lovchi to'ldiruvchi sifatida, uzunroq zanjirli va sekinroq eriydigan inulinlar esa, chaynaladigan tabletkalar yoki pastillalar uchun to'ldiruvchi-bog'lovchi sifatida ishlatilishi mumkin.[9]

Inulin turli organlar uchun dori tashuvchi sifatida ham ishlatiladi. Inulin glomerulyar filtratsiya tezligini(GFR) o'lchash uchun "oltin standart" sifatida ishlatilgan. Chunki inulin tomir ichiga yuborilgandan keyin, qon oqsillari bilan bog'lanmaydi va buyraklar tomonidan filtrlangandan so'ng reabsorbsiyalanmaydi va metabolizatsiya ham qilinmaydi. Bu xususiyatlar esa inulinni GFR ni o'lchash uchun noyob material va nefron bilan bog'liq patologiyalar uchun samarali dori tashuvchisiga aylantiradi. Shunga asoslanib, infeksiyaga qarshi, yoki yallig'lanishga qarshi dorilarni to'g'ridan-to'g'ri siydik yo'llariga yetkazib berish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan DDS ishlab chiqarildi. Bundan tashqari inulin suvda o'z-o'zini hosil qiluvchi, E vitamin (gidrofobik dori)ni o'z ichiga olgan va uni yaxshi tartiblangan tarzda ajratadigan mitsellyar tizimni shakllantirish uchun ishlatilishi mumkin.[14]

Tibbiy tadqiqotlardagi eng muhim muammolardan biri bu yo'g'on ichak kasalliklarini davolash uchun kerak bo'ladigan dori vositalarini yo'g'on ichakka yo'naltirishdir. Shu maqsadni amalga oshirishda inulindan foydalaniladi. DDS preparatini ishlab chiqarish uchun boshlang'ich material sifatida inulindan foydalanish uning noyob xususiyatlariga asoslanadi. Masalan u yo'g'on ichak bakteriyalari tomonidan parchalanadi, ammo inulinning o'zi metabolik jihatdan zaharsiz hisoblanadi. Inulin yordamida olingan pH-sezgir gidrogellar bo'kish, oshqozon suyuqligiga nisbatan barqarorlik va inulinaza va

esteraza ishtirokida biologik parchalanish kabi ajoyib xususiyatlarga ega va bu xususiyatlar gidrogellarni yo'g'on ichak saratonini davolashda munosib nomzodga aylantiradi.[12]



3-rasm. Inulindan dorini tashuvchi sifatida foydalanish sxemasi

Xulosa. Inulin hozirgi ilm-fan dunyosida istiqbolli, tibbiyotda va dori-darmon ishlab chiqarishda keng ko'lamda foydalanish mumkin bo'lgan kelajak biopolimerlaridan biridir. Uning prebiotik xususiyatlari, immun tizimini qo'llab-quvvatlashi, metabolik jarayonlarga ijobiy ta'siri hamda saraton hujayralariga nisbatan ta'sir mexanizmlari inulinni nutrasevtik modda sifatida qo'llash imkonini beradi. Shuningdek, inulinning toksik bo'lmaganligi, biodegradatsiyaga uchrashi, fizik-kimyoviy barqarorligi va modifikatsiyaga mosligi uni oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika, tibbiyot, biotexnologiya va ekologik toza materiallar ishlab chiqarish kabi ko'plab sohalarda qo'llashda istiqbolli biopolimerga aylantiradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Hines, D.J.; Kaplan, D.L. Poly(lactic-co-glycolic) Acid-Controlled-Release Systems: Experimental and Modeling Insights. Crit.

Rev. Ther. Drug Carr. Syst. 2013, 30, 257–276. [CrossRef]

[2] Lim, T.Y.; Poh, C.K.; Wang, W. Poly (lactic-co-glycolic acid) as a controlled release delivery device. J. Mater. Sci. Mater. Electron.

2009, 20, 1669–1675. [CrossRef]

[3] Tardif, H.; Arnold, C.; Hayes, C.; Eagar, K. Establishment of the Australasian Electronic Persistent Pain Outcomes Collaboration

[4] Liu, Z.; Jiao, Y.; Wang, Y.; Zhou, C.; Zhang, Z. Polysaccharides-based nanoparticles as drug delivery systems. *Adv. Drug Deliv.*

Rev. 2008, 60, 1650–1662. [CrossRef]

[5] Torres, F.G.; Troncoso, O.P.; Pisani, A.; Gatto, F.; Bardi, G. Natural Polysaccharide Nanomaterials: An Overview of Their

Im-munological Properties. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, 20, 5092. [CrossRef]

[6] . Kaur, N.; Gupta, A.K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Biosci.* 2002, 27, 703–714. [CrossRef]

[PubMed]

[7] Mensink, M.A.; Frijlink, H.W.; Maarschalk, K.V.D.V.; Hinrichs, W.L. Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical

characteristics. *Carbohydr. Polym.* 2015, 130, 405–419. [CrossRef]

[8] Van Arkel, J.; Sevenier, R.; Hakkert, J.C.; Bouwmeester, H.J.; Koops, A.J.; van der Meer, I.M. Tailor-made fructan synthesis in

plants: A review. *Carbohydr. Polym.* 2013, 93, 48–56. [CrossRef] [PubMed]

[9] Mandracchia, D.; Tripodo, G.; Latrofa, A.; Dorati, R. Amphiphilic inulin-d- α -tocopherol succinate (INVITE) bioconjugates for biomedical applications. *Carbohydr. Polym.* 2014, 103, 46–54. [Google Scholar] [CrossRef]

[10] Kaur, N.; Gupta, A.K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Biosci.* 2002, 27, 703–714. [Google Scholar] [CrossRef]

[11] Banguela, A.; Hernández, L. Fructans: From natural sources to transgenic plants. *Biotechnol. Apl.* 2006, 23, 202–210. [Google Scholar]

[12] Ni, D.; Zhu, Y.; Xu, W.; Bai, Y.; Zhang, T.; Mu, W. Biosynthesis of inulin from sucrose using inulosucrase from *Lactobacillus gasser* DSM 20604. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, 109, 1209–1218. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]

[13] Peshev, D.; Van den Ende, W. Fructans: Prebiotics and immunomodulators. *J. Funct. Foods* 2014, 8, 348–357. [Google Scholar] [CrossRef]

[14] Nester, K.; Plazinski, W. Conformational properties of inulin, levan and arabinan studied by molecular dynamics simulations. *Carbohydr. Polym.* 2020, 240, 116266. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]