Journal of Chemistry of Goods and Traditional Medicine

J Chem Good Trad Med, Volume 5, Issue 2, 2026 Chemistry of Goods

# ANOR (PUNICA GRANATUM L.) PO‘STLOG‘I ASOSIDA BIOLIGANDLAR OLISH VA ULAR ISHTIROKIDA CU VA ZN KOMPLEKSLI MIKROO‘G‘ITLAR SINTEZI.

***Ibrohimjon Rahmonovich Asqarov***
Andijon davlat universiteti Kimyo kafedrasi professori, kimyo fanlari doktori, O‘zbekistonda xizmat ko‘rsatgan ixtirochi, O‘zbekiston TABOBAT Akademiyasi raisi
https://orcid.org/0000-0003-1625-0330

***Jasurbek Mahmudjon o‘g‘li Jalolov***
Farg‘ona davlat texnika universiteti, Kimyo muhandisligi kafedrasi doktoranti.
https://orcid.org/0009-0009-2926-2219

***Farhod Sultonahmadovich Abdugapparov***
Andijon davlat universiteti Kimyo kafedrasi dotsenti, kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
https://orcid.org/0000-0002-4213-8396
E-mail: farhodabdugaffarov@mail.ru

DOI: https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol5.iss2.2026.643

**Kalit so'zlar:** anor po‘stlog‘i, bioligand, Cu-bioxelat, mikroo‘g‘it, IQ-spektroskopik tahlil, polifenollar, koordinatsion kompleks, ekologik o‘g‘it

**Annotatsiya**

Ushbu maqolada anor (Punica granatum L.) po‘stlog‘i asosida bioligandlar olish va ular ishtirokida Cu-bioxelat sintez qilish jarayoni o‘rganildi. IQ-spektroskopik tahlil natijalari fenil va karboksil guruhlarning $Cu^{2+}$ ionlari bilan koordinatsion bog‘ hosil qilganini tasdiqladi. Yangi Cu–O bog‘larining paydo bo‘lishi kompleks hosil bo‘lishini ko‘rsatdi. Olingan biokompleks ekologik xavfsiz mikroo‘g‘it sifatida baholandi.

**Havola uchun:**

Jalolov, J., Asqarov, I., & Abdugapparov, F. ANOR (PUNICA GRANATUM L.) PO‘STLOG‘I ASOSIDA BIOLIGANDLAR OLISH VA ULAR ISHTIROKIDA Cu VA Zn KOMPLEKSLI MIKROO‘G‘ITLAR SINTEZI. Tovarlar Kimyosi Va Xalq Tabobati Jurnali, 5(2). https://doi.org/10.55475/jcgtm/vol5.iss2.2026.643

**Kirish.** Ma’lumki, qishloq xo‘jaligida o‘simliklarning yuqori hosildor bo‘lishi va mahsulot sifatini oshirishda ularni mikroelementlar bilan oziqlantirish muhim ahamiyatga ega. O‘simliklarni o‘sishi va tashqi muhit hamda turli kasalliklarga chidamliligini oshirishda ham mikroelementlarning o‘rni beqiyos. Mis (Cu) va rux (Zn) elementlari ham o‘simlik fiziologiyasida muhim rol o‘ynaydi, chunki ular o‘simliklarda fermentativ jarayonlarda, fotosintez, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, oqsil va nuklein kislotalar sintezi hamda antioksidant himoya tizimini ta’minlashda ishtirok etadi [1].

Jumladan, Zn mikroelement sifatida 300 dan ortiq fermentlarning kofaktori hisoblanib, DNK sintezi va ko‘plab gormonlar almashinuvida ishtirok etadi. Ushbu elementning yetishmovchiligi o‘simlik barglarda xloroz kasalligini kelib chiqishi va o‘sishning sekinlashishiga sabab bo‘ladi [3].

O‘simlik tarkibidagi Cu esa plastotsianin va oksidoreduktaza fermentlari tarkibiga kiradi. Plastotsianin fotosintezda elektron tashishni ta’minlab, energiya hosil bo‘lishida ishtirok etadi. Oksidoreduktaza fermentlari esa redoks jarayonlarni boshqarib, metabolizm va antioksidant himoyani ta’minlaydi. Bu esa o‘simlikni tashqi muhitga chidamlilikni oshiradi, biroq misning ortiqcha miqdori o‘simlik uchun toksik ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli ushbu mikroelementlarning faqat miqdori emas, balki ularning qanday kimyoviy shaklda qo‘llanilishi ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda qishloq xo‘jaligi amaliyotida Cu va Zn asosan sulfat tuzlari ($CuSO_4$ va $ZnSO_4$) ko‘rinishida qo‘llaniladi. Bunday hollarda bu birikmalarni ishqoriy va karbonatli tuproqlarda kam eruvchan holatga o‘tishi ularni o‘simlik tomonidan o‘zlashtirilishini qiyinlashtiradi [4]. Bundan tashqari, bu tuzlarni o‘simliklarga yuqori konsentratsiyada berilishi fitotoksik ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli so‘nggi yillarda dunyoning ko‘plab mintaqalarida o‘simliklar tomonidan oson o‘zlashtiriladigan va kam toksik bo‘lgan organik va xelatlangan mikroo‘g‘itlarga qiziqish ortib bormoqda.

Masalan, Zn-aminokislota xelatlari $ZnSO_4$ ga nisbatan bug‘doyda don sifati va mineral tarkibini yaxshilashda yuqori samaradorlikka ega ekanligi aniqlangan [5]. Shuningdek, organik xelatlar esa karbonatli tuproqlarda oddiy tuzlarga nisbatan yuqori natija berishi qayd etilgan [6].

Shu nuqtai nazardan, ko‘plab tadqiqotchilar tomonidan yangi turdagi bioligandlar asosidagi mikroo‘g‘itlar olishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Bioligandlar tabiiy organik moddalar bo‘lib, metall ionlari bilan koordinatsion komplekslar hosil qilish xususiyatini namoyon etadi. Bunday birikmalar qatoriga aminokislotalar, organik kislotalar, gumin moddalar, flavonoidlar va tanninlar kabi biologik faol birikmalar kiradi [7,8].

Bioligandlar tarkibiga kiritilgan metall ionlarini barqaror holda saqlaydi, ularni o‘simlik organizmiga oson kirishini ta’minlaydi va toksik ta’sirini kamaytiradi.

Mualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarida bioxelatlar hozirda qo‘llanilib kelinayotgan sintetik xelatlarga ekologik jihatdan maqbul bo‘lgan alternativ vositasifatida yuqori baholangan [9].

Shu bois tabiiy xom ashyolardan bioligandlar olish va ular asosida mikroo‘g‘itlar ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Bunday tabiiy manbalar orasida anor po‘stlog‘i (*Punica granatum L.*) alohida ahamiyatga ega. Anor po‘stlog‘i meva massasining katta qismini tashkil etishi bilan bir qatorda oziq-ovqat sanoatida chiqindi sifatida tashlab yuboriladi. Lekin, anor po‘stlog‘i biologik faol moddalarga boy manba hisoblanadi.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlarda anor po‘stlog‘i tarkibida punikalagin, ellagen kislotasi, gall kislotasi va turli flavonoidlar mavjudligi aniqlangan [10,11].

Ushbu birikmalar tarkibida ko‘p sonli gidroksil (-OH) va karboksil (-COOH) guruhlari bo‘lib, ular metall ionlari bilan koordinatsion birikmalar hosil qiladi. Shu jihatdan anor po‘stlog‘i bioligand sifatida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan arzon va bioparchalanuvchan xom ashyo hisoblanadi.

Anor po‘stlog‘idan polifenollar ajratib olishda qo‘llaniladigan texnologiyalar ularning bioligand sifatidagi samaradorligiga bevosita o‘z ta’sirini ko‘rsatadi. ekstraksiya (suv-etanolli), ultratovush yordamidagi ekstraksiya va fermentatsiya usullarida polifenollar olish samarali ekanligi tajribalarda aniqlangan [12,13].

Ekstraksiya sharoiti o‘zgarishi natijasida fenol birikmalar tarkibi va miqdori ham o‘zgaradi, bu esa keyingi kompleks hosil qilish jarayoniga ta’sirini o‘tkazadi. Shu sababli bioligandlarning kimyoviy tarkibini nazorat qilish asosiy vazifalardan hisoblanadi.

Polifenollar metall ionlari bilan kompleks hosil qilish xususiyatiga ega bo‘lib, bu jarayon fenol guruhlarning dissotsiatsiyalanishi va metall ionlari bilan koordinatsiyalanishi orqali amalga oshadi.

Mualliflar tomonidan polifenollar metallarni o‘ziga biriktirish xususiyatiga ega ekanini ta’kidlab o‘tilgan [14].

Shuningdek, tadqiqotchilar karboksil va gidroksil guruhlar metall bog‘lanishida asosiy rol o‘ynashi ta’kidlangan [15].

Aniqlanishicha Cu ning organik moddalar bilan mustahkam kompleks hosil qila oladi. Bu tajribalarda o‘z isbotini topgan [16].

Bu ma’lumotlar anor po‘stlog‘i tarkibidagi polifenollar $Cu^{2+}$ va $Zn^{2+}$ ionlari bilan barqaror komplekslar hosil qilishi mumkinligini nazariy jihatdan asoslaydi.

Anor po‘stlog‘ining metalllar bilan o‘zaro ta’siri bir qator tajribaviy ishlar bilan tasdiqlangan [17,18,19,20].

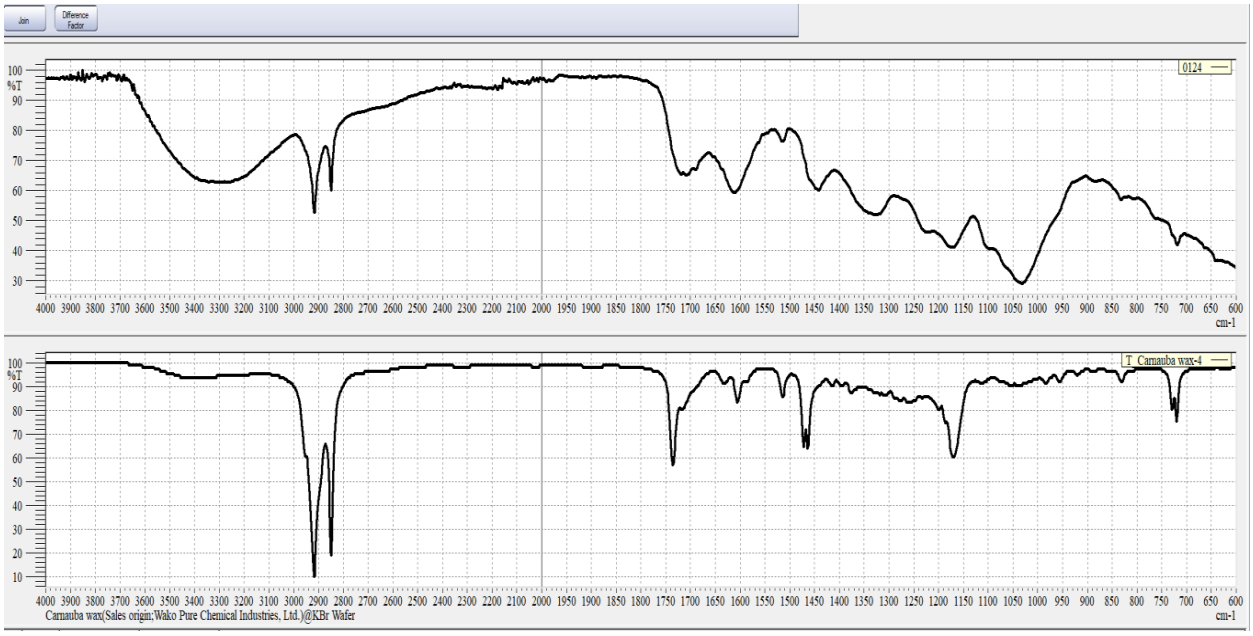
Ushbu tadqiqotlar anor po‘stlog‘i ekstrakti metalllar bilan kimyoviy o‘zaro ta’sirlashib, barqaror komplekslar hosil qilish xususiyatiga ega ekanini isbotlaydi.

Organik birikmalar asosidagi xelat tuzilishli mikroo‘g‘itlar bo‘yicha olib borilagn ko‘plab tadqiqotlar ularning agrobiologik samaradorligini tasdiqlaydi. Jumladan, Zn-aminokislota xelatlari bug‘doyda yuqori samara berganini ko‘rsatgan. Cu asosidagi organik o‘g‘itlar ham fotosintez va mahsuldorlikka ijobiy ta’sir ko‘rsatgan. Bu esa Cu va Zn ionlarini organik matritsaga kiritish ularning samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi [21] .

Anor po‘stlog‘i asosidagi bioligandlar qo‘shimcha afzallikka ega, chunki ular kompleks hosil qilishdan tashqari antioksidant xususiyatga ham ega. Bu esa anor po‘stlog‘i asosidagi Cu va Zn komplekslari o‘simliklarda tashqi muhitga bo‘lgan himoyani ham kuchaytirishi mumkinligini bildiradi [22,23].

Shu bilan birga, adabiyotlar tahlili muhim ilmiy bo‘shliq mavjudligini ko‘rsatadi. Anor po‘stlog‘i polifenollari va ularning metalllar bilan o‘zaro ta’siri yaxshi o‘rganilgan bo‘lsa-da, ular asosida Cu va Zn kompleksli mikroo‘g‘itlar yaratish va ularning agrobiologik samaradorligini baholash bo‘yicha tadqiqotlar uchramaydi. Bu esa mazkur yo‘nalishning ilmiy yangiligini belgilaydi.

Tadqiqot natijalari. Infraqizil spektroskopiya (IQ) usuli anor po‘stlog‘i ekstrakti asosida sintez qilingan Cu-bioxelatning tuzilishini va kompleks hosil bo‘lish jarayonida ishtirok etuvchi funksional guruhlarni aniqlash maqsadida qo‘llanildi. Bu jarayonda bioligand (anor po‘stlog‘i ekstrakti) va hosil qilingan Cu-kompleks spektrlari taqqoslab tahlil qilindi (1-rasm).




1-rasm. Bioligand va Cu-kompleks IQ-spektrlari

Anor po‘stlog‘i ekstrakti spektrida 3200–3600 $sm^{-1}$ diapazonida keng va intensiv yutilish sohalari kuzatildi, bu fenol va gidroksil (–OH) guruhlarga xosdir. $Cu^{2+}$ ionlari bilan kompleks hosil bo‘lgandan so‘ng mazkur sohalar intensivligining kamayishi va past chastotalar tomon siljishi qayd etildi. Bu holat gidroksil guruhlarning deprotonlashishi va metall ionlari bilan koordinatsion bog‘lar hosil qilganini ko‘rsatadi.

2920–2850 $sm^{-1}$ sohadagi C–H valent tebranishlariga tegishli yutilishlar har ikki spektrda ham kuzatildi va ularda sezilarli o‘zgarishkuzatilmadi. Bu bioligandning alifatik qismi kompleks hosil bo‘lish jarayonida deyarli o‘zgarmasdan qolganini anglatadi.

1700–1600 $sm^{-1}$ diapazonidagi yutilish polosalari karbonil (C=O) va aromatik halqalarning tebranishlariga tegishli bo‘lib, bioligand spektrida aniq namoyon bo‘ldi. Kompleks hosil bo‘lgandan keyin

ushbu polosaning past chastotalar tomon siljishi va yutilish intensivligining o‘zgarishi kuzatildi. Bu karboksil va aromatik guruhlarning $Cu^{2+}$ ionlari bilan koordinatsion bog‘lar hosil qilganini bildiradi.

1600–1400 $sm^{-1}$ sohadagi yutilishlarda ham sezilarli o‘zgarishlar qayd etildi. Bu diapazon odatda karboksilat ($COO^-$) guruhlarning asimmetrik va simmetrik tebranishlariga tegishli bo‘lib, yutilish sohalarining o‘zgarishi –COOH guruhlarning metall bilan bog‘lanib, $COO^-$ holatiga o‘tganini tasdiqlaydi.

1300–1000 $sm^{-1}$ diapazonida C–O va C–O–C guruhlariga tegishli polosalarda ham intensivlik o‘zgarishi kuzatildi. Bu fenol va efir guruhlar ham kompleks hosil bo‘lish jarayonida ishtirok etganini ko‘rsatadi.

Eng muhim natija sifatida, Cu-bioxelat spektrida 600–400 $sm^{-1}$ diapazonida yangi yutilish sohalari paydo bo‘ldi. Ushbu yutilishlar Cu–O bog‘lariga xos bo‘lib, metall va bioligand o‘rtasida koordinatsion bog‘lar hosil bo‘lganining bevosita isboti hisoblanadi.

Shunday qilib, IQ spektroskopik tahlil natijalari anor po‘stlog‘i ekstrakti tarkibidagi fenol va karboksil guruhlar $Cu^{2+}$ ionlari bilan barqaror biokompleks hosil qilganini ko‘rsatadi. Spektral yutilishlar siljishi va yangi Cu–O bog‘lariga tegishli signallarning paydo bo‘lishi kompleks hosil bo‘lish jarayonini to‘liq tasdiqlaydi.

**Tajriba qism.**

***Foydalanigan reaktiv va jihozlar***.

Reaktivlar: NaOH 1% li, $H_2O_2$ 3% li, anor po‘stlog‘i, distillangan suv.

Jihozlar: Laboratoriya quritish shkafiga (Model: ShS 80-01 SPU), laboratoriya tegirmoni (Model: KIKA M20 WERKE), magnitli aralashtirgich (Model:MS-7-X-550-PRO).

***Anor po‘stlog‘ini tayyorlash.***

Tadqiqotlarda bioligand manbai sifatida anor (Punica granatum L.) po‘stlog‘i ishlatildi. Xom ashyo mahalliy bozordan olinib, avvalo distillangan suv bilan bir necha marta yuvildi va tashqi qo‘shimchalardan tozalandi. Yuvilgan po‘stloqlar laboratoriya quritish shkafiga (Model: ShS 80-01 SPU) joylashtirilib, 60–70 °C haroratda 6–8 soat davomida quritildi.

Quritilgan material laboratoriya tegirmonida (Model: KIKA M20 WERKE) maydalandi va 0,5–1 mm o‘lchamli zarracha fraksiyasigacha maydalanib, keyingi tadqiqotlar uchun havo kirmaydigan idishlarda saqlandi.

***Bioligandni ishqoriy ekstraksiya qilish.***

Anor po‘stlog‘i tarkibidagi polifenol birikmalarni faollashtirish maqsadida ishqoriy ekstraksiya usuli qo‘llanildi. Buning uchun maydalangan biomassa 1 % li NaOH eritmasi bilan 1:10 (massasi/hajm) nisbatda aralashtirildi.

Olingan aralashma magnitli aralashtirgichda (Model:MS-7-X-550-PRO) 55–60 °C haroratda 2 soat davomida 300 rpm tezlikda aralashtirildi. Ushbu jarayonda anor po‘stlog‘i tarkibidagi fenol, flavonoid va boshqa funksional guruhlarga ega organik birikmalarning faolligi oshirildi.

Ekstraksiya jarayoni tugagandan keyin aralashma filtrlandi va filtrda qolgan qattiq biomassa distillangan suv bilan bir necha marta yuvilib, ortiqcha ishqor qoldiqlaridan tozalandi.

***Biomassani oksidlovchi asosida faollashtirish.***

Funksional guruhlarning reaksion qobiliyatini oshirish maqsadida biomassa vodorod peroksid ($H_2O_2$) bilan ishlovdan o‘tkazildi. Buning uchun filtrda qolgan biomassa 3 % li $H_2O_2$ eritmasi bilan 1:10 nisbatda aralashtirildi.

Aralashma magnitli aralashtirgichda 50–55 °C haroratda 1 soat davomida 300 rpm tezlikda aralashtirildi. Ushbu oksidlovchi ishlov natijasida biomassa tarkibidagi fenol va karboksil funksional guruhlar faollashib, metall ionlari bilan kompleks hosil qilish qobiliyati oshirildi.

Jarayon tugagandan keyin aralashma filtrlandi va qattiq faza distillangan suv bilan bir necha marta yuvildi. Keyin material 60 °C haroratda 4–5 soat davomida quritildi. Natijada metall ionlari bilan koordinatsion bog‘ hosil qilish qobiliyatiga ega bo‘lgan bioligand olindi.

***Cu-bioxelat sintezi.***

Cu asosidagi bioxelat sintezi olingan bioligandni mis sulfat eritmasi bilan o‘zaro ta’sirlashtirish orqali amalga oshirildi. Buning uchun bioligand 1 % li $CuSO_4$ eritmasi bilan 1:20 nisbatda aralashtirildi.

Olingan aralashma magnitli aralashtirgichda 50–60 °C haroratda 1–1,5 soat davomida 300 rpm tezlikda aralashtirildi. Bu jarayonda bioligand tarkibidagi gidroksil (–OH) va karboksil (–COOH) funksional guruhlar $Cu^{2+}$ ionlari bilan koordinatsion komplekslar hosil qildi.

Reaksiya tugagandan keyin aralashma filtrlandi va qattiq faza Cu-bioxelat sifatida ajratildi. Olingan mahsulot distillangan suv bilan yuvilib, 60 °C haroratda quritildi. Mahsulot unumi 43% ni tashkil qildi.

***Infraqizil spektroskopik tahlil.***

Olingan bioligand va Cu-bioxelatning tuzilishini tahlil qilish uchun infraqizil spektroskopiya (FT-IR) usuli qo‘llanildi. Spektrlar 4000–400 $sm^{-1}$ diapazonida yozib olindi. Spektral tahlil natijasida funksional guruhlar (–OH, –COOH va C–O) ishtirokida metall bilan koordinatsion bog‘lar hosil bo‘lgani hamda Cu–O bog‘larining shakllangani aniqlandi.

**Xulosa.** Ushbu tadqiqot natijalari anor (*Punica granatum* L.) po‘stlog‘i tarkibidagi polifenol birikmalar $Cu^{2+}$ ionlari bilan koordinatsion bog‘lanish orqali barqaror bioxelat hosil qilish qobiliyatiga ega ekanini ko‘rsatdi. IQ-spektroskopik tahlil orqali gidroksil va karboksil guruhlarning kompleks hosil bo‘lish jarayonida faol ishtirok etgani hamda Cu–O bog‘larining shakllangani aniqlandi. Olingan biokompleks yuqori bioo‘zlashuvchi, past toksik va ekologik xavfsiz xususiyatlariga ega bo‘lib, zamonaviy agrokimyoda samarali mikroo‘g‘it sifatida qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

## Adabiyotlar

1. Ahmed, N.; Zhang, L.; Li, J. Micronutrients and their effects on horticultural crop quality, productivity and sustainability. Scientia Horticulturae, 2024, 318, 112600.
2. Neocleous, D.; Koukounaras, A.; Siomos, A. Impact of chelated or inorganic zinc applications in hydroponics. Agronomy, 2020, 10(6), 881.
3. Kumar, V.; Pandita, S.; Sidhu, G.P.S. Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants. Chemosphere, 2021, 262, 127810.
4. Rahman, N.; Arshad, M.; Afzal, M. Bioavailability, speciation, and crop responses to copper, zinc, and boron fertilization. Agronomy, 2022, 12(8), 1837.
5. Ghasemi, S.; Khoshgoftarmanesh, A.H.; Afyuni, M. Effectiveness of zinc-amino acid chelates in wheat. European Journal of Agronomy, 2013, 45, 68–74.
6. Souri, M.K. Beneficial effects of foliar application of organic chelate fertilizers. Advances in Horticultural Science, 2018, 32, 321–330.
7. López-Rayo, S.; Hernández, D.; Lucena, J.J. EDDS ligand as a soil solubilizer of Fe, Mn, Zn and Cu. Environmental Research, 2023, 216, 114613.
8. Yin, F.; Li, J.; Wang, Y. Biodegradable chelating agents for enhancing phytoremediation. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2024, 281, 116113.
9. Leporino, M.; De Mastro, F.; Santamaria, P. Biochelates as eco-friendly alternatives to synthetic chelates. Scientia Horticulturae, 2025, 330, 112901.
10. Mo, Y.; Zhao, Y.; Wang, L. Pomegranate peel as a source of bioactive compounds. Frontiers in Nutrition, 2022, 9, 887113.
11. Singh, J.; Kaur, H.P.; Verma, A. Pomegranate peel phytochemistry and applications. ACS Omega, 2023, 8, 35452–35469.
12. Huang, Z.; Foo, S.C.; Choo, W.S. Extraction of polyphenols from pomegranate peel. Food & Function, 2025, 16, 210–225.
13. Buenrostro-Figueroa, J.J.; et al. Extraction of polyphenols from pomegranate peel by fermentation. Fermentation, 2023, 9(6), 530.
14. Schmidt, M.A.; Martinez, C.E. Metal mobilization by natural polyphenols. Chemosphere, 2013, 93, 2255–2262.

15. Pan, J.; Li, X.; Zhang, Y. Adsorption mechanism of copper and zinc by biosorbents. Science of the Total Environment, 2022, 805, 150312.
16. Steinberg, S.M.; et al. Copper complexation by dissolved organic matter. Environments, 2018, 5(11), 125.
17. Ben-Ali, S.; Jaouali, I.; Ouederni, A. Adsorption of copper using pomegranate peel. Journal of Cleaner Production, 2017, 142, 3893–3900.
18. El-Ashtoukhy, E.S.Z.; Amin, N.K.; Abdelwahab, O. Removal of copper ions using pomegranate peel. Desalination, 2008, 223, 162–173.
19. Mohammadi, A.; et al. Green synthesis of ZnO nanoparticles using pomegranate peel. Scientific Reports, 2025, 15, 20853.
20. Bouricha, M.; et al. Green synthesis of CuO nanoparticles using pomegranate peel extract. Inorganic Chemistry Communications, 2024, 152, 110598.
21. Ma, J.; et al. Copper and iron foliar fertilizers in grape cultivation. Scientia Horticulturae, 2019, 246, 440–447.
22. Saparbekova, A.A.; et al. Phenolic compounds from pomegranate peel. Molecules, 2022, 27, 9827.
23. Shabir, I.; et al. Bioactive potential of punicalagin. Food Research International, 2024, 180, 113785.