# ANOR (PUNICA GRANATUM L.) PO'STLOG'I TARKIBIDAGI POLIFENOLLAR: KIMYOVIY TARKIBI, AJRATIB OLISH USULLARI VA BIOLOGIK FAOLLIGI

**Saliyeva Xosiyat Murodjon qizi**
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti magistranti

Ilmiy rahbari: **Pirniyazov Amanbay Joldasbayevich**
Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti Fizikaviy va kolloid kimyo kafedrasi kimyo fanlari nomzodi dotsent
DOI:https://doi.org/10.5281/zenodo.23080418

**Annotatsiya**. Ushbu tezisda anor (Punica granatum L.) po'stlog'ida uchraydigan asosiy polifenol birikmalar, ularning kimyoviy sinflari, ajratib olish va aniqlash usullari hamda biologik faolligi zamonaviy xalqaro ilmiy manbalar asosida tahlil qilindi. Anor po'stlog'i oziq-ovqat sanoatida ko'pincha ikkilamchi mahsulot sifatida qaralsa-da, unda punicalagin, punicalin, ellag va gall kislotalari, flavonoidlar va antosianinlar kabi biologik faol komponentlar yuqori miqdorda to'planishi ko'rsatilgan. Ekstraksiya samaradorligiga erituvchi turi, harorat, vaqt, zarracha o'lchami va qo'llaniladigan texnologiya sezilarli ta'sir ko'rsatadi. An'anaviy erituvchi ekstraksiyasi bilan bir qatorda ultratovush, mikroto'lqin va ferment yordamidagi usullar resurs tejamkor hamda yuqori samarali yondashuv sifatida rivojlanmoqda. Polifenollarning antioksidant, yallig'lanishga qarshi va antimikrob xususiyatlari ularni funksional oziq-ovqat, farmatsevtika va kosmetika uchun istiqbolli xomashyo sifatida ko'rsatadi. Shu bilan birga, in vitro natijalarni klinik samaradorlik bilan tenglashtirish mumkin emasligi, bioo'zlashtirilish va xavfsizlik masalalari qo'shimcha tadqiqotlarni talab qilishi ta'kidlandi.

**Kalit so'zlar:** anor, Punica granatum L., polifenollar, punicalagin, ellag kislota, flavonoidlar, antioksidant faollik, ekstraksiya.

## KIRISH

O'simlik polifenollari — tarkibida bir yoki bir nechta fenol halqalari mavjud bo'lgan, o'simlikning himoya, rang, ta'm va stressga moslashish jarayonlarida ishtirok etuvchi ikkilamchi metabolitlar guruhidir. Ular oziq-ovqat kimyosi, farmakognoziya, biotexnologiya va profilaktik ovqatlanishda katta qiziqish uyg'otadi. Polifenollar erkin radikallar bilan reaksiyaga kirishishi, metall ionlarini xelatlash va hujayra signal yo'llariga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli turli o'simlik manbalaridan polifenollarni ajratib olish, identifikatsiya qilish va ularning biologik faolligini baholash dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi (1.2).

Anor (Punica granatum L.) Markaziy Osiyo, O'rta Yer dengizi hududi va boshqa iliq iqlimli mintaqalarda keng yetishtiriladigan meva hisoblanadi. Uning iste'mol qilinadigan arillari va sharbati bilan bir qatorda po'stlog'i ham bioaktiv komponentlar uchun muhim manbadir. Tadqiqotlarda meva po'stlog'ining umumiy meva massasining taxminan 30–40 foizini tashkil qilishi va polifenollar ayniqsa ushbu qismda yuqori konsentratsiyada uchrashi qayd etilgan (1.3). Anor po'stlog'ini chiqindi emas, balki qayta ishlanishi mumkin bo'lgan fitokimyoviy xomashyo sifatida ko'rish oziq-ovqat chiqindilarini kamaytirish va yuqori qo'shimcha qiymatli mahsulotlar yaratish nuqtai nazaridan ham muhimdir (4.5).



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Ushbu ishning maqsadi anor po‘stlog‘idagi asosiy polifenol guruhlarini tavsiflash, ularni ajratib olish va tahlil qilishga doir zamonaviy yondashuvlarni umumlashtirish, biologik faollik mexanizmlarini tahlil qilish hamda amaliy qo‘llash istiqbollarini baholashdan iborat. Ish adabiyotlar tahliliga asoslangan bo‘lib, Food Chemistry, Journal of Functional Foods, Molecules, Industrial Crops and Products va Sustainable Food Technology kabi xalqaro manbalardagi ma’lumotlar umumlashtirildi.

**ASOSIY QISM**

**1. Anor po‘stlog‘ining polifenol tarkibi**

Anor po‘stlog‘ining polifenol profili murakkab bo‘lib, unda gidrolizlanuvchi tanninlar, fenol kislotalar, flavonoidlar va antosianinlar mavjud. HPLC-DAD-ESI/MS usulida o‘tkazilgan klassik tadqiqotda anorning turli anatomik qismlarida 48 ta fenolik birikma aniqlangan; ular orasida ellagitanninlar, gallotanninlar, gidroksibenzoat va gidroksisinnamat kislotalar, antosianinlar hamda dihidroflavonollar qayd etilgan (3). Bu ma’lumot anor po‘stlog‘ining bitta komponent emas, balki ko‘p komponentli fitokimyoviy tizim ekanini ko‘rsatadi.

Gidrolizlanuvchi tanninlar orasida punicalagin anor po‘stlog‘ining eng muhim marker birikmalaridan biridir. U α- va β-izomerlar ko‘rinishida uchrashi mumkin hamda gidroliz jarayonida ellag kislota hosil bo‘lishi bilan bog‘liq. Punicalin va pedunculagin ham shu guruhga kiradi. Zamonaviy sharhlarda punicalagin anor po‘stlog‘i polifenollarining dominant komponentlaridan biri sifatida ko‘rsatiladi; aynan shu sababli uning ekstraksiyasi va tozalash texnologiyalari alohida tadqiqot yo‘nalishiga aylangan (2.5).

Fenol kislotalardan ellag va gall kislotalari eng ko‘p tilga olinadi. Bundan tashqari, kofe, ferul, p-kumar, xlorogen va boshqa kislotalar aniqlanishi mumkin (1). Flavonoid fraksiyasiga katexin, epikatexin, kversetin hosilalari va rangli antosianinlar kiradi. Biroq aniq tarkib nav, yetishtirish sharoiti, pishganlik darajasi, po‘stloqning qaysi qismi olingani, quritish usuli va ekstraksiya protokoliga qarab sezilarli o‘zgarishi mumkin (1.3). Shuning uchun turli tadqiqotlardagi mg GAE/g yoki alohida komponent konsentratsiyalarini bevosita solishtirishda metodologik farqlar hisobga olinishi lozim.

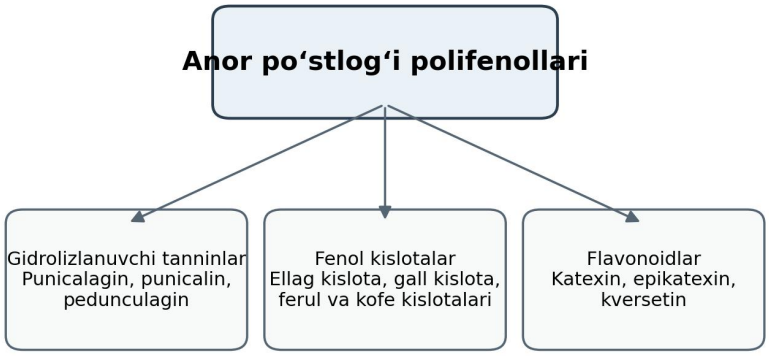
**1-jadval. Anor po‘stlog‘idagi asosiy polifenol guruhlari va ularning ahamiyati**

| Polifenol guruhi | Asosiy vakillar | Asosiy ilmiy ahamiyati |
|---|---|---|
| Ellagitanninlar | Punicalagin, punicalin, pedunculagin | Yuqori antioksidant salohiyat; anor po‘stlog‘i uchun muhim markerlar |
| Fenol kislotalar | Ellag, gall, kofe, ferul, p-kumar kislotalari | Radikal tutish, xelatlash va oksidlanish jarayonlarini cheklash bilan bog‘liq |
| Flavonoidlar | Katexin, epikatexin, kversetin hosilalari | Antioksidant va hujayra signal yo‘llari bilan bog‘liq biologik faollik |
| Antosianinlar | Sianidin, delfinidin, pelargonidin hosilalari | Rang shakllanishi va antioksidant xususiyatlar |



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

**1-rasm. Anor po'stlog'i polifenollarining asosiy sinflari**




**Asosiy funksional xususiyatlar: antioksidant • yallig'lanishga qarshi • antimikrob • oziq-ovqatni himoyalash**

**2. Polifenollarni ajratib olish va tahlil qilish usullari**

Polifenollarni o'simlik matritsasidan ajratib olishda eng muhim bosqich xomashyoni standart tayyorlashdir. Po'stloq yuvilib, quritiladi, maydalanadi va ma'lum zarracha o'lchamiga keltiriladi. Quritish harorati haddan tashqari yuqori bo'lsa ayrim fenolik komponentlarning parchalanishi yoki oksidlanishi kuchayishi mumkin. 2024-yildagi tajribada muzlatib quritish usuli tekshirilgan variantlar orasida umumiy fenollar va antioksidant ko'rsatkichlarni yuqori darajada saqlab qolgan, quyoshda quritish esa ayrim sifat ko'rsatkichlari bo'yicha pastroq natija bergan (9). Bu holat qayta ishlash texnologiyasi polifenol profiliga ta'sir qiluvchi mustaqil omil ekanini ko'rsatadi.

An'anaviy ekstraksiya usulida suv, etanol, metanol yoki ularning suvli aralashmalari ishlatiladi. Ilmiy va oziq-ovqatga yo'naltirilgan amaliyotda toksikologik nuqtai nazardan suv va etanol aralashmalari afzal ko'riladi. Erituvchi qutbliligi, ekstraksiya vaqti, harorat, qattiq faza–erituvchi nisbati va pH umumiy fenol chiqishiga ta'sir qiladi. 2024-yilda sariq anor po'stlog'i ustida o'tkazilgan LC-MS/MS tadqiqoti erituvchi tanlovi fenolik konsentratsiya va keyingi antioksidant faollikka sezilarli ta'sir qilishini ko'rsatgan (10).

Zamonaviy yashil ekstraksiya yondashuvlariga ultratovush yordamidagi ekstraksiya (UAE), mikroto'lqin yordamidagi ekstraksiya (MAE), ferment yordamidagi ekstraksiya (EAE), bosim ostidagi suyuqlik ekstraksiyasi va superkritik fluid texnologiyalari kiradi. Ularning maqsadi massoalmashinuvni tezlashtirish, erituvchi sarfini kamaytirish va issiqlik ta'sirini nazorat qilishdan iborat. 2025-yilgi sharhda ferment yordamidagi erituvchi ekstraksiyasi ayrim sharoitlarda yuqori chiqim berishi, punicalaginni tozalashda esa suyuqlik xromatografiyasi va boshqa xromatografik yondashuvlar keng qo'llanishi qayd etilgan (5). Biroq laboratoriya samaradorligi sanoat miqyosidagi iqtisodiy samaradorlik bilan har doim ham bir xil bo'lmaydi; energiya, uskunalar, erituvchi regeneratsiyasi va mahsulot xavfsizligi ham hisobga olinadi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Ekstrakt tarkibini baholash uchun umumiy fenol miqdori ko‘pincha Folin–Ciocalteu reaksiyasi yordamida gall kislota ekvivalentida ifodalanadi. Bu usul tez va qulay, lekin u alohida molekulalarni ajratmaydi. Muayyan polifenollarni identifikatsiya va miqdoriy aniqlash uchun HPLC-DAD, HPLC-MS/MS yoki LC-MS usullari zarur (3.10). Antioksidant salohiyat DPPH, ABTS, FRAP, CUPRAC va boshqa testlar bilan baholanadi. Bir testdagi yuqori natija avtomatik ravishda organizmdagi klinik samaradorlikni anglatmasligi sababli kimyoviy antioksidant testlarni biologik model va bioo‘zlashtirilish ma’lumotlari bilan birgalikda talqin qilish kerak (3.5).

**2-jadval. Anor po‘stlog‘i polifenollarini ekstraksiya qilish usullarining qiyosiy tavsifi**

| Usul | Afzalliklari | Cheklovlari |
|---|---|---|
| Oddiy erituvchi ekstraksiyasi | Sodda, arzon uskunalar, ko‘plab laboratoriyalarda qo‘llanadi | Vaqt va erituvchi sarfi ko‘proq; issiqlik sezgir birikmalar yo‘qolishi mumkin |
| Ultratovush (UAE) | Massoalmashinuv tezlashadi, vaqt va erituvchi sarfi kamayishi mumkin | Quvvat va vaqtni noto‘g‘ri tanlash parchalanishga olib kelishi mumkin |
| Mikroto‘lqin (MAE) | Tez qizdirish va yuqori ekstraksiya tezligi | Harorat nazorati va maxsus uskuna talab etadi |
| Ferment yordamidagi (EAE) | Hujayra devorini yumshatib, bog‘langan birikmalar ajralishini oshirishi mumkin | Ferment narxi, pH va haroratga sezgirlik |
| Bosim/superkritik usullar | Erituvchi sarfini kamaytirish va selektivlik imkoniyati | Qimmat uskunalar va masshtablash murakkabligi |



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

**2-rasm. Anor po'stlog'idan polifenollarni olish va baholashning umumiy texnologik zanjiri**




Harorat • erituvchi qutbliligi • vaqt • zarracha o'lchami • pH → ekstraksiya samaradorligi va polifenol barqarorligiga ta'sir qiladi

**3. Biologik faollik va amaliy ahamiyati**

Anor po'stlog'i polifenollarining eng ko'p o'rganilgan xususiyati antioksidant faollikdir. Fenolik gidroksil guruhlari elektron yoki vodorod atomini berish orqali reaktiv kislorod turlarini neytrallashi, ayrim metall ionlari bilan kompleks hosil qilishi va lipid peroksidlanish zanjirini susaytirishi mumkin. Pomegranate peel ekstrakti pulp ekstraktiga nisbatan yuqori antioksidant faollik ko'rsatgan klassik tadqiqotlar mavjud (6). Shuningdek, turli meva qismlarini qiyoslagan tadqiqotlarda po'stloq ekstraktlarida umumiy polifenol, tannin va flavonoid miqdori bilan antioksidant ko'rsatkichlar o'rtasida bog'liqlik kuzatilgan (7).

Yallig'lanishga qarshi potensial ham muhim yo'nalishdir. 2022-yilda anor po'stlog'idan bir qator polifenollar ajratib olinib, hujayra modelida yallig'lanish mediatorlariga ta'siri o'rganilgan; mualliflar p38 MAPK va NF-κB signal yo'llari bilan bog'liq mexanizmlarni muhokama qilgan (8). Bunday natijalar molekulyar mexanizmni tushunishga yordam beradi, biroq hujayra madaniyatidagi effektni insondagi davolovchi ta'sir deb to'g'ridan-to'g'ri qabul qilish mumkin emas. Doza, metabolizm, ichak mikrobiotasi orqali biotransformatsiya va birikmalarning bioo'zlashtirilishi klinik natijaga katta ta'sir qiladi.

Antimikrob xususiyatlar oziq-ovqat konservatsiyasi uchun alohida ahamiyatga ega. Pomegranate peel ekstraktlari ayrim bakteriya va zamburug'larga nisbatan o'sishni cheklovchi ta'sir ko'rsatishi mumkinligi qayd etilgan. Yaqin yillardagi sharhlarda bu xususiyatlar tabiiy konservantlar, qadoqlash materiallari va funksional oziq-ovqat ingredientlarini ishlab chiqishda istiqbolli deb baholanmoqda (2.5). Shu bilan birga, ekstraktning ta'mi, rangi, tanninlarga xos burishtiruvchi ta'siri, standartlashtirish va mikrobiologik xavfsizlik kabi omillar mahsulot ishlab chiqishda muhim cheklov bo'lishi mumkin.

Farmatsevtika va nutrasevtika sohalarida punicalagin, ellag kislota va boshqa polifenollar oksidlovchi stress bilan bog'liq jarayonlarni modulyatsiya qilishi mumkinligi sababli o'rganilmoqda. 2023-yilgi narrativ sharhda anor po'stlog'i polifenollarining antioksidant va terapevtik salohiyati keng yoritilgan, lekin mualliflar bioo'zlashtirilish, farmakokinetika va klinik tasdiq bo'yicha ma'lumotlar



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

yetarli emasligini ham ta'kidlaydi (4). Bu ilmiy nuqtai nazardan muhim: oziq-ovqat tarkibidagi tabiiy birikmaning laboratoriya sharoitidagi biologik faolligi uni avtomatik ravishda dori vositasi darajasiga olib chiqmaydi.

Anor po'stlog'ini qayta ishlashning yana bir afzalligi — aylana iqtisodiyot tamoyillariga mosligi. Sharbat va konserva ishlab chiqarishdan qoladigan po'stloqni quritish, ekstraksiya qilish va funksional ingredientga aylantirish chiqindi yukini kamaytirishi mumkin. Olingan fraksiyalar antioksidant qo'shimcha, tabiiy rang va konservant komponenti, kosmetik formulalar yoki faol qadoqlash tizimlariga kiritilishi mumkin (2.5). Sanoatga joriy etishda esa xomashyo partiyalarining kimyoviy bir xilligi, pestitsid va og'ir metall nazorati, ekstraktning mikrobiologik sifati, erituvchi qoldiqlari, toksikologik baholash va me'yoriy hujjatlar talablariga rioya qilish zarur.

Polifenol tarkibini standartlashtirish uchun faqat "umumiy fenollar" ko'rsatkichidan foydalanish yetarli emas. Punicalagin kabi marker birikmalarni HPLC yoki LC-MS orqali nazorat qilish, namlik va quruq modda hisobini bir xillashtirish, ekstraksiya sharoitini aniq qayd etish ilmiy natijalar taqqoslanishini oshiradi. Kelgusida mahalliy anor navlarida polifenol profilini o'rganish, navlararo farqlarni aniqlash va suv-etanol kabi xavfsiz erituvchilar asosida ekologik ekstraksiya protokollarini optimallashtirish O'zbekiston sharoitida amaliy ahamiyatga ega bo'lishi mumkin.

**XULOSA**

Anor (Punica granatum L.) po'stlog'i gidrolizlanuvchi tanninlar, fenol kislotalar, flavonoidlar va antosianinlarga boy o'simlik xomashyosi hisoblanadi. Punicalagin, punicalin, ellag va gall kislotalari uning eng muhim polifenol komponentlari qatoriga kiradi. Xalqaro tadqiqotlar po'stloq fraksiyasida polifenollar yuqori miqdorda to'planishini va bu birikmalar antioksidant, yallig'lanishga qarshi hamda antimikrob xususiyatlar bilan bog'liqligini ko'rsatadi (1.4.5).

Polifenollarni samarali ajratib olish uchun xomashyoni quritish, maydalash, erituvchi tarkibi, harorat va vaqt kabi parametrlarni standartlashtirish zarur. An'anaviy erituvchi ekstraksiyasi amaliy jihatdan sodda bo'lsa, ultratovush, mikroto'lqin va ferment yordamidagi zamonaviy usullar ekstraksiya vaqtini va resurs sarfini kamaytirish imkonini beradi (5.9.10). Tahlilda umumiy fenol testi bilan bir qatorda HPLC va LC-MS kabi selektiv usullarni qo'llash aniq kimyoviy profilni olish uchun muhimdir.

Anor po'stlog'idan olinadigan polifenol ekstraktlari funksional oziq-ovqat, farmatsevtika, kosmetika va tabiiy konservantlar yaratishda istiqbolli. Biroq mavjud dalillarning katta qismi in vitro yoki eksperimental modellarga asoslanganligi sababli klinik samaradorlik va xavfsizlik bo'yicha ehtiyotkor xulosa chiqarish kerak. Kelgusidagi tadqiqotlarda bioo'zlashtirilish, doza–javob munosabati, uzoq muddatli xavfsizlik, mahalliy navlarning kimyoviy standartlari hamda sanoat miqyosidagi "yashil" ekstraksiya texnologiyalariga ustuvor ahamiyat berish maqsadga muvofiq.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2018). Phenolic compounds as beneficial phytochemicals in pomegranate (Punica granatum L.) peel: A review. Food Chemistry, 261, 75–86. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.039
2. Siddiqui, S. A., Singh, S., & Nayik, G. A. (2024). Bioactive compounds from pomegranate peels—Biological properties, structure–function relationships, health benefits and food applications: A comprehensive review. Journal of Functional Foods, 116, 106132. https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106132



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

3. Fischer, U. A., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2011). Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (Punica granatum L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC-DAD-ESI/MSn. Food Chemistry, 127(2), 807–821. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.156
4. Saparbekova, A. A., Kantureyeva, G. O., Kudasova, D. E., Konarbayeva, Z. K., & Latif, A. S. (2023). Potential of phenolic compounds from pomegranate (Punica granatum L.) by-product with significant antioxidant and therapeutic effects: A narrative review. Saudi Journal of Biological Sciences, 30(2), 103553. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103553
5. Huang, Z., Foo, S. C., & Choo, W. S. (2025). A review on the extraction of polyphenols from pomegranate peel for punicalagin purification: Techniques, applications, and future prospects. Sustainable Food Technology, 3(2), 396–413. https://doi.org/10.1039/D4FB00304G
6. Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. Food Chemistry, 96(2), 254–260. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.033
7. Orak, H. H., Yagar, H., & Isbilir, S. S. (2012). Comparison of antioxidant activities of juice, peel, and seed of pomegranate (Punica granatum L.) and inter-relationships with total phenolic, tannin, anthocyanin, and flavonoid contents. Food Science and Biotechnology, 21(2), 373–387. https://doi.org/10.1007/s10068-012-0049-6
8. Li, H.-M., Kouye, O., Yang, D.-S., Zhang, Y.-Q., Ruan, J.-Y., Han, L.-F., Zhang, Y., & Wang, T. (2022). Polyphenols from the peels of Punica granatum L. and their bioactivity of suppressing lipopolysaccharide-stimulated inflammatory cytokines and mediators in RAW 264.7 cells via activating p38 MAPK and NF-κB signaling pathways. Molecules, 27(14), 4622. https://doi.org/10.3390/molecules27144622
9. Sarkar, A., Haque, M. A., & Alam, M. (2024). Unlocking the potential of pomegranate peels as a valuable source of bioactive compounds through effective drying strategies. Food Chemistry Advances, 4, 100622. https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100622
10. Boukezzoula, A., Boudemagh, D., Palko, N., Grishina, M., Bensouici, C., Bounekhel, M., AlShamaileh, E., & Dahamna, S. (2024). Quantification, phytochemical evaluation, and identification of pomegranate yellow peel constituents using LC-MS/MS: Effects of solvent extraction on antioxidant, anti-inflammatory and antibacterial activities. Industrial Crops and Products, 219, 118780. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118780
11. Yasoubi, P., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Azizi, M. H. (2007). Total phenolic contents and antioxidant activity of pomegranate (Punica granatum L.) peel extracts. Journal of Agricultural Science and Technology, 9(1), 35–42.
12. Derakhshan, Z., Ferrante, M., Tadi, M., Ansari, F., Heydari, A., Hosseini, M. S., Conti, G. O., & Sadrabad, E. K. (2018). Antioxidant activity and total phenolic content of ethanolic extract of pomegranate peels, juice and seeds. Food and Chemical Toxicology, 114, 108–111. https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.02.023



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.