



CAPPARIS SPINOSA L. TARKIBIDAGI FLAVONOIDLARNING FITOKIMYOVIY XUSUSIYATLARI VA BIOLOGIK FAOLLIGI: ZAMONAVIY TADQIQOTLAR TAHLILI

Asqarov Ibrohim Rahmonovich¹, Obidova Shohsanam Akromjon qizi²

¹ kimyo fanlari doktori (DSc), professor

² kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD),

Andijon davlat universiteti Kimyo kafedrası o‘qituvchisi

Annotatsiya. *Capparis spinosa* L. (kovul) oziq-ovqat, farmasevtika va xalq tabobatida qo‘llanib kelinadigan, biologik faol ikkilamchi metabolitlarga boy istiqbolli o‘simlik hisoblanadi. So‘nggi yillarda uning tarkibidagi polifenol birikmalar, ayniqsa flavonoidlarning kimyoviy tarkibi, o‘simlik organlari bo‘yicha taqsimlanishi va biologik xususiyatlarini o‘rganishga katta e‘tibor qaratilmoqda. Mazkur maqolada Scopus bazasida indekslangan jurnallarda chop etilgan zamonaviy ilmiy adabiyotlar ma‘lumotlari asosida *C. spinosa*ning fitokimyoviy tarkibi, asosiy flavonoidlari, ularni aniqlashning zamonaviy xromatografik usullari hamda biologik faolligi tahlil qilindi. Adabiyotlar tahlili kovul tarkibida rutin, kversetin, kempferol, izoramnetin, miritsetin va ularning glikozid hosilalari muhim o‘rin egallashini ko‘rsatadi. Flavonoidlarning sifat va miqdor tarkibi o‘simlik organi, geografik kelib chiqish, rivojlanish bosqichi, ekstraksiya usuli va qayta ishlash sharoitlariga bog‘liq ravishda o‘zgarishi mumkin. Zamonaviy HPLC, HPLC-DAD, LC-MS/MS va UHPLC-MS usullari kovulning individual metabolit profilini aniqlashda muhim analitik imkoniyatlar yaratadi. Mavjud ma‘lumotlar *C. spinosa*ni tabiiy antioksidantlar, funksional ingredientlar va farmasevtik ahamiyatga ega biologik faol moddalar manbai sifatida baholash imkonini beradi. Shu bilan birga, mahalliy kovul xomashyosining individual flavonoid tarkibini standartlashtirilgan analitik usullarda chuqur o‘rganish keyingi tadqiqotlarning dolzarb yo‘nalishi hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: *Capparis spinosa* L., kovul, flavonoidlar, rutin, kversetin, kempferol, izoramnetin, polifenollar, antioksidant faollik, HPLC, LC-MS/MS, fitokimyoviy.

Kirish. Tabiiy manbalardan biologik faol moddalarni izlash, ularning kimyoviy tuzilishi, fizik-kimyoviy xususiyatlari va biologik faolligi o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rganish zamonaviy bioorganik va farmasevtik kimyoning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. O‘simliklarning ikkilamchi metabolitlari orasida polifenol birikmalari va flavonoidlar struktur xilma-xilligi hamda keng biologik faollik spektri bilan alohida ahamiyat kasb etadi [1,2].

Flavonoidlar umumiy C₆–C₃–C₆ uglerod skeletiga ega polifenol birikmalar bo‘lib, ularning molekular tuzilishidagi gidroksil guruhlarining soni va joylashishi, glikozidlanish darajasi, metoksillanishi hamda kon‘yugirlangan elektron tizimning xususiyatlari fizik-kimyoviy va biologik faollikning shakllanishiga ta’sir ko‘rsatadi. O‘simliklarda flavonoidlar ultrabinafsha nurlanishdan himoyalani, oksidlovchi stressga javob, pigmentatsiya va boshqa fiziologik jarayonlarda ishtirok etadi [1].

Flavonoidlarga boy istiqbolli o‘simliklardan biri *Capparis spinosa* L. hisoblanadi. Kovul Capparaceae oilasiga mansub ko‘p yillik kserofit o‘simlik bo‘lib, qurg‘oqchil va yarim qurg‘oqchil hududlarda o‘sishga moslashgan. Uning g‘unchalari va mevalari oziq-ovqat mahsuloti sifatida ishlatiladi, turli organlari esa an‘anaviy tabobatda qo‘llanib kelgan [1,3].

Fitokimyoviy tadqiqotlarda *C. spinosa* tarkibida flavonoidlar, fenol kislotalari, glyukozinolatlar, alkaloidlar, sterollar, tokoferollar, karotinoidlar, yog‘ kislotalari va boshqa biologik faol moddalar aniqlangan. Ayniqsa, rutin, kversetin, kempferol va ularning turli glikozid hosilalari kovul fitokompleksining muhim komponentlari sifatida qayd etilgan [2,5].

Zamonaviy ilmiy adabiyotlarda kovulning antioksidant, yallig‘lanishga qarshi, antimikrob, antidiabetik, gepatoprotektor va boshqa biologik xususiyatlari to‘g‘risida ko‘plab ma’lumotlar mavjud [1,4]. Biroq murakkab o‘simlik ekstraktining biologik ta’sirini faqat bitta individual komponent bilan izohlash to‘liq yondashuv hisoblanmaydi. Kovulning biologik potentsiali uning ko‘p komponentli fitokimyoviy tizimi bilan bog‘liq holda baholanishi lozim. Mazkur maqolaning maqsadi Scopus bazasida indekslangan jurnallarda chop etilgan ilmiy adabiyotlar ma’lumotlari asosida *Capparis spinosa* L. tarkibidagi asosiy flavonoidlarni tizimlashtirish, ularning bioorganik-kimyoviy xususiyatlari va biologik faolligini tahlil qilish, zamonaviy analitik usullarning imkoniyatlarini baholash hamda mahalliy kovul xomashyosini keyingi chuqur fitokimyoviy tadqiq etish zaruratini ilmiy asoslashdan iborat.

***Capparis spinosa* L. ning fitokimyoviy tarkibi.** *C. spinosa* ko‘p komponentli fitokimyoviy tizim hisoblanadi. Zamonaviy tadqiqotlarda o‘simlikning g‘unchalari, mevalari, barglari, poyasi, urug‘i va ildizlaridan turli sinflarga mansub ikkilamchi metabolitlar aniqlangan [1,2]. Flavonoidlar kovulning muhim polifenol komponentlari qatoriga kiradi. Ilmiy manbalarda rutin, kversetin, kempferol, izoramnetin, miritsetin va ularning glikozid shakllari *C. spinosa*ning turli organlarida aniqlangani qayd etilgan [2,5,6].

Rutin - kversetinning glikozid hosilasi bo‘lib, kovulda keng uchraydigan flavonoidlardan biridir. Uning molekulasida kversetin aglikoni va rutinoza uglevod qismidan tashkil topgan. Glikozidlanish molekulaning qutbliligi, eruvchanligi va biologik muhitdagi xususiyatlariga ta’sir ko‘rsatadi.

Kversetin flavonollar sinfiga mansub bo‘lib, uning molekulasida bir nechta fenol gidroksil guruhlar mavjud. Bunday struktur xususiyat elektron yoki vodorod atomini berish va hosil bo‘lgan fenoksil radikalini rezonans mexanizmi orqali barqarorlashtirish qobiliyatiga ta’sir ko‘rsatadi. Kempferol ham kovul fitokompleksida muhim o‘rin tutuvchi flavonoidlardan biridir. *C. spinosa* g‘unchalarida kempferol-3-O-rutinozid kabi glikozid hosilalari aniqlangan [3]. Izoramnetin esa kversetinning metoksillangan hosilasi bo‘lib, metoksil guruhining

mavjudligi uning qutbliligi va biologik muhitda taqsimlanish xususiyatlariga ta'sir qilishi mumkin.

Kovul tarkibida flavonoidlar bilan bir qatorda fenol kislotalari ham mavjud. Zamonaviy UHPLC-MS tadqiqotlarida sinap, p-kumar, ferul va vanilin kislotalari kabi fenol komponentlar aniqlangan [6]. Shu sababli *C. spinosa* ekstraktlarining biologik faolligini baholashda nafaqat flavonoidlar, balki butun fenol kompleksini hisobga olish maqsadga muvofiq.

Flavonoidlarning molekular tuzilishi va bioorganik xususiyatlari. Flavonoidlarning bioorganik-kimyoviy xususiyatlari ularning molekular tuzilishi bilan chambarchas bog'liq. Fenol gidroksil guruhlari elektron va vodorod almashinish reaksiyalarida ishtirok etishi mumkin. Kon'yugirlangan π -elektron tizim esa hosil bo'lgan radikal oraliq mahsulotlarning rezonans orqali barqarorlashishiga sharoit yaratadi.

Kversetin va kempferol struktur jihatdan bir-biriga yaqin flavonollar bo'lsa-da, gidroksil guruhlarning soni va joylashishi bilan farqlanadi. Ushbu farq ularning redoks xususiyatlari, qutbliligi va biologik tizimlar bilan o'zaro ta'siriga ta'sir qilishi mumkin. Rutin molekulasida kversetin aglikoniga rutinoza qoldig'ining birikishi uning fizik-kimyoviy xususiyatlarini sezilarli o'zgartiradi. Glikozidlanish ko'pincha flavonoid larning suvli muhitdagi xususiyatlariga, ekstraksiyalanishiga va biologik mavjudligiga ta'sir qiluvchi muhim struktur omillardan biri hisoblanadi.

Izoramnetinda metoksil guruhining mavjudligi esa tegishli gidroksillangan analoglarga nisbatan molekulaning lipofilligini o'zgartirishi mumkin. Demak, kovul tarkibidagi flavonoidlarni faqat umumiy miqdor ko'rsatkichi bilan emas, balki individual struktur shakllari bo'yicha o'rganish bioorganik kimyo nuqtai nazaridan muhimdir.

Flavonoidlarning o'simlik organlari bo'yicha taqsimlanishi. Adabiyot ma'lumotlarining qiyosiy tahlili *C. spinosa*ning fitokimyoviy tarkibi o'simlik organiga bog'liq ravishda sezilarli farqlanishini ko'rsatadi. Barglar, gullar, g'unchalar, mevalar, urug'lar, poya va ildizlarda biologik faol birikmalarning sifat va miqdor tarkibi bir xil emas [1,2].

Kovul g'unchalari flavonoidlarga boy qismlardan biri sifatida baholanadi. Aksay va hammualliflar yangi hamda fermentatsiya qilingan kovul g'unchalari va mevalarining bioaktiv komponentlarini LC-DAD-ESI-MS/MS usuli yordamida tadqiq qilgan. Tadqiqotda g'unchalarning fenol komponentlarga boyligi, ular tarkibida kversetin-3-O-rutinozid, kempferol-3-O-rutinozid va boshqa flavonoid glikozidlar mavjudligi qayd etilgan [3].

Mevalarda ham rutin muhim flavonoid komponentlardan biridir. Ammo o'simlik organlari o'rtasidagi farqlar flavonoid biosintezi va to'planishining organ-spetsifik xususiyatlarga ega ekanligini ko'rsatadi. Bundan tashqari, xom va qayta ishlangan g'uncha hamda mevalarni UHPLC-MS yordamida o'rgangan 2025-yilgi tadqiqotda rutin, kversetin, kempferol, miritsetin va izoramnetin aniqlangan [6]. Xom kovul namunalari umumiy polifenollar va flavonoidlar miqdorining qayta ishlangan ayrim namunalarga nisbatan yuqori bo'lishi qayta ishlash jarayoni fitokimyoviy profilga ta'sir qilishi mumkinligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, turli ilmiy ishlarda keltirilgan miqdoriy natijalarni bevosita taqqoslashda ehtiyotkorlik talab etiladi. Chunki geografik kelib chiqish, yig'ish vaqti, o'simlik organi,

ekstraksiya usuli, erituvchi tarkibi hamda analitik metodlarning farqlanishi natijalarga ta’sir qilishi mumkin.

Capparis spinosa flavonoidlarini aniqlashning zamonaviy analitik usullari. *C. spinosa*ning murakkab fitokimyoviy tarkibi individual komponentlarni ishonchli identifikatsiya qilish uchun yuqori selektivlik va sezgirlikka ega analitik usullardan foydalanishni talab qiladi.

Spektrofotometrik usullar umumiy fenol va umumiy flavonoidlar miqdorini baholashda foydali bo‘lsa-da, ular alohida komponentlarni aniq identifikatsiya qilish imkonini bermaydi. Shu sababli individual flavonoid profilini aniqlashda xromato grafik usullar katta ahamiyatga ega. Zamonaviy tadqiqotlarda HPLC, HPLC-DAD, LC-MS/MS, LC-DAD-ESI-MS/MS va UHPLC-MS texnologiyalaridan foydalaniladi [3,6]. HPLC usuli komponentlarni xromatografik ajratish va miqdoriy baholash imkonini beradi. Diod-matrissali detektor bilan birlashtirilgan HPLC flavonoidlarning ultrabinafsha spektral xususiyatlari asosida qo‘shimcha identifikatsiya ma’lumotlarini olish imkonini beradi.

Mass-spektrometriya bilan birlashtirilgan suyuqlik xromatografiyasi esa komponentning ushlanish vaqti bilan bir qatorda uning molekular ionlari va fragmen tatsiya xususiyatlari haqida ham ma’lumot beradi. Bu ayniqsa bir xil yoki yaqin aglikon skeletiga ega, biroq glikozid qismlari bilan farqlanuvchi flavonoidlarni aniqlashda muhimdir. 2025-yilgi *Chemistry & Biodiversity* tadqiqotida ultra-yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi va mass-spektrometriya asosida kovulda rutin, kversetin, kempferol, miritsetin va izaranmetin kabi flavonoidlar bilan bir qatorda bir qator fenol kislotalari ham aniqlangan [6]. Shu tariqa, zamonaviy tadqiqotlarda kovulni faqat “umumiy flavonoid miqdori” asosida baholashdan individual metabolit va kimyoviy fingerprintni aniqlashga o‘tish tendensiyasi kuzatilmoqda. Bu yondashuv turli geografik yoki texnologik kelib chiqishga ega namunalarni qiyosiy baholashda ayniqsa muhimdir.

Flavonoid tarkibi va antioksidant faollik. Kovulning ilmiy adabiyotlarda eng ko‘p o‘rganilgan biologik xususiyatlaridan biri antioksidant faollikdir. Ushbu ta’sir o‘simlik tarkibidagi flavonoidlar, fenol kislotalari va boshqa redoks-faol komponentlar bilan bog‘liq [1,2].

Flavonoidlarning antioksidant xususiyatlarida fenol gidroksil guruhlarining joylashishi, molekuladagi kon’yugatsiya darajasi va substituentlarning tabiati muhim ahamiyatga ega. Fenol gidroksil guruhlari vodorod yoki elektron berish orqali reaktiv radikal zarrachalarni neytrallash jarayonlarida ishtirok etishi mumkin. Kversetin molekulasidagi ko‘p sonli gidroksil guruhlari uning antioksidant xususiyatlarining muhim struktur asoslaridan biridir. Rutin molekulasida kversetin aglikonining glikozidlanishi uning qutbliligi va boshqa fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini o‘zgar tiradi. Kempferol va uning glikozidlari ham kovul ekstraktlarining umumiy antioksidant potensialiga hissa qo‘shishi mumkin.

Yangi va fermentatsiyalangan kovul g‘uncha hamda mevalari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda fenol birikmalarining miqdori va antioksidant faollik o‘rtasida ma’lum bog‘liqlik kuzatilgan [3]. 2025-yilgi tadqiqotda ham xom g‘unchalar yuqori polifenol va flavonoid miqdori hamda kuchliroq in vitro antioksidant potensial bilan tavsiflangan [6]. Biroq ekstraktning antioksidant faolligini faqat bitta flavonoid konsentratsiyasi bilan

bog‘lash to‘g‘ri emas. O‘simlik ekstrakti ko‘p komponentli tizim bo‘lib, flavonoidlar, fenol kislotalari va boshqa metabolitlarning umumiy, additiv yoki ehtimoliy sinergik ta’siri kuzatilishi mumkin.

Boshqa biologik xususiyatlari va farmasevtik istiqbollari. Ilmiy adabiyotlarda *C. spinosaning* antioksidant xususiyatlaridan tashqari yallig‘lanishga qarshi, antimikrob, antidiabetik, gepatoprotektor va boshqa farmakologik ta’sirlari ham o‘rganilgan [1,4,5].

Flavonoidlar ushbu biologik xususiyatlarni shakllantiruvchi muhim fitokimyoviy komponentlar qatorida qaraladi. Biroq butun o‘simlik ekstrakti bilan olingan biologik natijani faqat bitta individual flavonoid ta’siriga tenglashtirish ilmiy jihatdan to‘g‘ri emas. Chunki *C. spinosa* tarkibida flavonoidlardan tashqari glyukozinolatlarni, alkaloidlar, fenol kislotalari va boshqa faol metabolitlar mavjud. Shuning uchun istiqbolli tadqiqotlarda ekstraktning individual kimyoviy profili bilan uning biologik faolligi o‘rtasidagi munosabatni kompleks baholash muhim ahamiyat kasb etadi. LC-MS/MS yoki UHPLC-MS kabi zamonaviy analitik texnologiyalarni antioksidant va boshqa biologik testlar bilan birlashtirish “kimyoviy tarkib - molekular tuzilish - biologik faollik” munosabatlarini yanada aniqroq tushuntirish imkonini beradi.

Kovulning oziq-ovqat sanoatida keng qo‘llanilishi uni funksional oziq-ovqat mahsulotlari va nutritsevtik ingredientlar ishlab chiqish nuqtai nazaridan ham istiqbolli obyektga aylantiradi. Fenol komponentlarga boy fraksiyalar esa tabiiy antioksidant substansiyalar yaratish uchun potensial manba bo‘lishi mumkin.

Mavjud tadqiqotlardagi ilmiy bo‘shliqlar va keyingi tadqiqot istiqbollari. *C. spinosa* bo‘yicha katta hajmdagi fitokimyoviy va biologik ma’lumotlar to‘plangan bo‘lsa-da, mavjud tadqiqotlarni qiyosiy tahlil qilish bir qator ilmiy masalalar hali ham to‘liq hal etilmaganini ko‘rsatadi.

Birinchidan, o‘simlikning individual flavonoid tarkibi geografik kelib chiqish va o‘simlik organiga qarab o‘zgaradi. Shu sababli boshqa davlatlarda olingan miqdoriy ko‘rsatkichlarni O‘zbekistonda o‘svuchi kovul xomashyosiga bevosita tatbiq etish ilmiy jihatdan asosli emas. Ikkinchidan, turli tadqiqotlarda ekstraksiya sharoitlari, erituvchilar, xromatografik tizimlar va biologik testlarning farqlanishi natijalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri solishtirish imkoniyatini cheklaydi.

Uchinchidan, umumiy flavonoid miqdorini aniqlash kovulning to‘liq fitokim yoviy xususiyatini ifodalash uchun yetarli emas. Rutin, kversetin, kempferol, izoramnetin, miritsetin va boshqa individual komponentlarni bir vaqtning o‘zida identifikatsiya va miqdoriy baholashga asoslangan metabolit profiling yondashuvi ko‘proq ilmiy axborot beradi. To‘rtinchidan, kimyoviy profil bilan biologik faollik o‘rtasidagi bog‘liqlikni tushuntirish uchun individual metabolitlar miqdorini antioksidant va boshqa biologik ko‘rsatkichlar bilan qiyosiy baholash zarur.

Shu sababli kelgusida O‘zbekistonning turli hududlarida o‘svuchi *C. spinosa* namunalarini standartlashtirilgan protokol bo‘yicha yig‘ish, ularning turli organlaridagi individual flavonoid profilini HPLC-DAD va LC-MS/MS yoki UHPLC-MS usullari yordamida aniqlash, kimyoviy variabellikni baholash hamda olingan fitokimyoviy ko‘rsatkichlarni biologik faollik bilan bog‘lash istiqbolli tadqiqot yo‘nalishi hisoblanadi.

Bunday yondashuv xalqaro adabiyotlarda mavjud natijalarni oddiy takrorlashdan ko‘ra, mahalliy kovul xomashyosining o‘ziga xos fitokimyoviy xususiyatlarini aniqlash va uni standartlashtirishning ilmiy asoslarini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Xulosa. Scopus bazasida indekslangan jurnallarda chop etilgan zamonaviy ilmiy tadqiqotlarning tahlili *Capparis spinosa* L, murakkab va biologik ahamiyatli fitokimyoviy tarkibga ega o‘simlik ekanligini ko‘rsatadi. Uning tarkibida flavonoidlar, fenol kislotalari, glyukozinolatlar, alkaloidlar va boshqa ikkilamchi metabolitlar aniqlangan. Kovul flavonoidlari orasida rutin, kversetin, kempferol, izoramnetin va miritsetin hamda ularning glikozid hosilalari muhim o‘rin egallaydi. Ushbu birikmalarning struktur xususiyatlari, jumladan gidroksillanish, metoksillanish va glikozidlanish molekulalarning qutbliligi, redoks xususiyatlari va biologik faolligiga ta’sir ko‘rsatadi.

Kovulning fitokimyoviy tarkibi o‘simlik organi, geografik kelib chiqish, yig‘ish va qayta ishlash sharoitlariga bog‘liq ravishda o‘zgarishi mumkin. Ayniqsa, g‘unchalar fenol birikmalarga boy o‘simlik qismi sifatida ajralib turadi, mevalarda esa rutin muhim komponentlardan biri hisoblanadi. HPLC, HPLC-DAD, LC-MS/MS va UHPLC-MS kabi zamonaviy analitik usullar individual flavonoidlarni aniqlash va kovulning kompleks fitokimyoviy profilini shakllantirish imkonini beradi.

Mavjud ilmiy ma’lumotlar *C. spinosani* tabiiy antioksidantlar, funksional ingredientlar, nutritsevtik va farmasevtik ahamiyatga ega biologik faol moddalar manbai sifatida baholashga asos beradi.

Shu bilan birga, O‘zbekiston hududida o‘sovchi *Capparis spinosa* L. populyatsiyalarining individual flavonoid profilini standartlashtirilgan zamonaviy analitik usullar yordamida qiyosiy tadqiq qilish, geografik va organ-spetsifik kimyoviy variabellikni aniqlash hamda “molekular tuzilish -fitokimyoviy profil - biologik faollik” bog‘liqligini baholash keyingi ilmiy tadqiqotlarning muhim yo‘nalishi hisob lanadi. Bu mahalliy kovul xomashyosini farmasevtik va nutritsevtik maqsadlarda ilmiy asosda standartlashtirish uchun zamin yaratishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Annaz H., Sane Y., Bitchagno G.T.M., Ben Bakrim W., Drissi B., Mahdi I., El Bouhssini M., Sobeh M. Caper (*Capparis spinosa* L.): An Updated Review on Its Phytochemistry, Nutritional Value, Traditional Uses, and Therapeutic Potential // *Frontiers in Pharmacology*. -2022. -Vol. 13. -Article 878749.

2. Sun Y., Yang T., Wang C. *Capparis spinosa* L. as a potential source of nutrition and its health benefits in foods: A comprehensive review of its phytochemistry, bioactivities, safety, and application // *Food Chemistry*. -2023. -Vol. 409. -Article 135258.

3. Aksay O., Selli S., Kelebek H. LC-DAD-ESI-MS/MS-based assessment of the bioactive compounds in fresh and fermented caper (*Capparis spinosa*) buds and berries // *Food Chemistry*. -2021. -Vol. 337. -Article 127959.

4. Nabavi S.F., Maggi F., Daglia M., Habtemariam S., Rastrelli L., Nabavi S.M. Pharmacological effects of *Capparis spinosa* L. // *Phytotherapy Research*. -2016. -Vol. 30, No. 11. -P. 1733–1744.

5. Zhang H., Ma Z.F. Phytochemical and pharmacological properties of *Capparis spinosa* as a medicinal plant // *Nutrients*. -2018. -Vol. 10, No. 2. -Article 116.

6. El Amri N., Chabir R., Kachkoul R., Bour A. Phenolic Composition and Phytochemical Analysis of Moroccan Raw and Processed *Capparis spinosa* Buds and Berries // *Chemistry & Biodiversity*. -2025. -Vol. 22, No. 10. -e202500443. DOI: 10.1002/cbdv.202500443.