HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

UDC 634.37:581.19:66.061

ANJIR (FICUS CARICA L.) BARGIDAN BIOLOGIK FAOL MODDALARNI AJRATIB OLISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH: QURITISH, EKSTRAKSIYA, SAQLASH VA QAYTA ISHLASHNING ZAMONAVIY YONDASHUVLARI

Azizov Aktam Sharipovich
Toshkent davlat agrar universiteti professori, Toshkent, O‘zbekiston.
ORCID: 0009-0004-3519-3807; tel.: +998 (99) 051-43-12.
Homidova Lobar Madievna
Buxoro davlat texnika universiteti, Qishloq xo‘jalik mahsulotlarini saqlash va qayta ishlash texnologiyasi kafedrasi o‘qituvchi-stajyori, Buxoro, O‘zbekiston.
ORCID: 0009-0000-2951-3094; e-mail: khamidovalobar11@gmail.com. Corresponding author.
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.22822540

Annotatsiya. Maqolada anjir (Ficus carica L.) bargini ikkilamchi o‘simlik xomashyosi sifatida qayta ishlash va biologik faol moddalarni ajratib olishning zamonaviy usullari tahlil qilindi. 2017–2026-yillardagi ilmiy manbalar asosida fenol kislotalari, flavonoidlar va furanokumarinlarning texnologik barqarorligi, quritish hamda ekstraksiya parametrlarining ta’siri umumlashtirildi. So‘nggi ishlar 50–60 °C atrofidagi nazoratli quritish ko‘p hollarda fenol va flavonoidlarni saqlash uchun maqbul ekanini, 70–80 °C esa biofaollikni pasaytirishi mumkinligini ko‘rsatadi. Ekstraksiyada suv–etanol tizimlari, ultratovush, homogenizatsiya–ultratovush va chuqur evtektik erituvchilar istiqbolli yo‘nalishlar sifatida baholandi. 2026-yilgi ma’lumotlarga ko‘ra, 40% etanol–suvli HUAE yuqori fenol/flavonoid chiqimi va ekologik afzallik bergan. Mahalliy xomashyo uchun qabul qilish–saralash–quritish–maydalash–ekstraksiya–filtrlash–vakuumda konsentrlash–quritish–standartlash–qadoqlash ketma-ketligi taklif etildi.

Kalit so‘zlar: Ficus carica L., anjir bargi, biologik faol moddalar, fenol birikmalari, quritish, ekstraksiya, ultratovush, standartlash, saqlash.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ЛИСТЬЕВ ИНЖИРА (FICUS CARICA L.): СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СУШКЕ, ЭКСТРАКЦИИ, ХРАНЕНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ

Аннотация. В статье проанализированы современные способы переработки листьев инжира (Ficus carica L.) как вторичного растительного сырья и извлечения биологически активных веществ. По публикациям 2017–2026 гг. обобщено влияние сушки и экстракции на фенольные кислоты, флавоноиды и фуранокумарины. Контролируемая сушка приблизительно при 50–60 °C во многих исследованиях обеспечивает благоприятное сохранение фенолов и флавоноидов, тогда как 70–80 °C может снижать биоактивность. Перспективными направлениями являются водно-этанольная, ультразвуковая и гомогенизационно-ультразвуковая экстракция, а также глубокие эвтектические растворители. По данным 2026 г., HUAE с 40% этанолом обеспечила высокий выход фенолов и флавоноидов при меньшем

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

экологическом воздействии. Предложена технологическая последовательность получения стандартизированного сухого экстракта из местного сырья.

Ключевые слова: Ficus carica L., листья инжира, биологически активные вещества, фенольные соединения, сушка, экстракция, ультразвук, стандартизация, хранение.

IMPROVING THE TECHNOLOGY FOR RECOVERY OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM FIG (FICUS CARICA L.) LEAVES: MODERN APPROACHES TO DRYING, EXTRACTION, STORAGE AND PROCESSING

Abstract. Modern approaches to valorizing fig (Ficus carica L.) leaves and recovering bioactive compounds were analyzed using publications from 2017–2026. The effects of drying and extraction on phenolic acids, flavonoids and furanocoumarins were summarized. Controlled drying around 50–60 °C often provides a favorable balance between moisture removal and retention of phenolics, whereas 70–80 °C may reduce bioactivity. Hydroethanolic extraction, ultrasound-assisted extraction, homogenization–ultrasound-assisted extraction and deep eutectic solvents are promising technologies. A 2026 study showed that HUAE with 40% ethanol–water achieved high phenolic and flavonoid recovery together with lower environmental impact. For local raw material, a process sequence including reception and sorting, controlled drying, milling, extraction, filtration, vacuum concentration, low-temperature drying, standardization, packaging and storage is proposed.

Keywords: Ficus carica L., fig leaves, bioactive compounds, phenolic compounds, drying, extraction, ultrasound, standardization, storage.

KIRISH

Долзарблиги. Anjir (Ficus carica L.) mevasi oziq-ovqat sifatida keng qo‘llanadi, biroq vegetatsiya va hosil yetishtirishda hosil bo‘ladigan barg biomassasi ko‘pincha yetarlicha qiymatlantirilmaydi. Shu bilan birga, barglarda polifenollar, flavonoidlar, fenol kislotalari, kumarinlar, terpenoidlar va boshqa ikkilamchi metabolitlar mavjud. 2021-yildagi keng qamrovli sharhda barglarda 126 tagacha komponent qayd etilib, polifenollar ustun guruhlardan biri ekani ko‘rsatilgan [1]. Besh nav bargining gidroetanolli ekstraktlari bo‘yicha 2023-yilgi tadqiqot kimyoviy profil va biologik faollik navga sezilarli bog‘liqligini tasdiqladi [2].

Ikkilamchi metabolitlarning to‘planishiga genotip, barg yoshi, yorug‘lik, harorat, suv va oziqlanish sharoiti ta’sir qiladi [3]. Barg yetilish bosqichlarini solishtirgan tadqiqotda 14 ta polifenolik komponent aniqlanib, kaftar kislota va kversetin glikozidlari miqdori yetilish davomida o‘zgargan [4]. Shu sababli xomashyoni standartlashtirishda nav, yig‘ish vaqti va dastlabki ishlov sharoitlari hisobga olinishi lozim. Asosiy texnologik muammo – namlikni tez kamaytirish bilan birga issiqlik va oksidlanishga sezgir moddalarning yo‘qolishini cheklash hamda keyingi ekstraksiyada yuqori qaytarilishni ta’minlashdir. Mazkur maqolaning maqsadi quritish, saqlash va ekstraksiya bo‘yicha zamonaviy natijalarni birlashtirib, mahalliy anjir bargidan standartlashtirilgan ekstrakt olishga yo‘naltirilgan texnologik yondashuvni asoslashdan iborat.

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

MATERIALLAR VA USULLAR

Maqola tahliliy ilmiy sharh sifatida bajarildi. 2017–2026-yillarda e'lon qilingan, F. carica bargi yoki barg ekstrakti alohida o'rganilgan va texnologik parametrlar, fenol/flavonoid tarkibi yoki biofaollik miqdoriy baholangan maqolalar ustuvor tanlandi. Manbalar PubMed, nashriyotlarning rasmiy platformalari va DOI bo'yicha tekshirildi. Turli ishlardagi erituvchi, birlik va ekstrakt bazasi farqlari sababli sonli natijalar faqat o'z tajriba sharoiti doirasida talqin qilindi; tavsiya etilgan texnologik sxema bir nechta tadqiqotlarda takroran tasdiqlangan tamoyillar va 2025–2026-yillardagi yashil ekstraksiya natijalarini birlashtirish asosida shakllantirildi.

NATIJALAR VA ULARNING MUHOKAMASI

1. Fitokimyoviy profil va xomashyoni standartlashtirish

F. carica bargida xlorogen, kofe, p-kumar va kaftar kislotalari, shuningdek rutin, izokversetin, kversetin, luteolin va kaempferol kabi flavonoidlar aniqlangan [1, 4]. Fenolik profil ko'p komponentli bo'lgani uchun tayyor ekstraktni faqat bitta marker orqali baholash yetarli emas. Amaliy standartlashda umumiy fenollar (TPC), umumiy flavonoidlar (TFC), kamida 2–4 individual xromatografik marker va antioksidant testlarni birlashtirish maqsadga muvofiq. Bargda psoralen va bergapten kabi furanokumarinlar ham bo'lishi mumkin; shu sababli oziq-ovqat yoki fitochoy mahsulotlarida maqsadli xavfsizlik nazorati talab qilinadi [1]. Xomashyo partiyasida nav, yig'ish sanasi, bargning rivojlanish bosqichi, namlik va begona aralashmalar qayd etilishi keyingi jarayonning qayta ishlab chiqariluvchanligini oshiradi.

2. Quritish va saqlash rejimi

Quritish faqat namlikni chiqarish emas, balki ekstraktning keyingi kimyoviy sifatini belgilovchi kritik bosqichdir. Soya va pechda quritilgan barglarni solishtirgan ishda umumiy fenollar, flavonoidlar, taninlar hamda DPPH va ABTS faolligi quritish usuliga bog'liq bo'lgan [5]. Tray-dryerda 35–55 °C va 1,3–2,4 m/s havo tezligi sinovdan o'tkazilganda 50 °C va 1,9 m/s sharoitida flavonoid miqdori eng yuqori bo'lgan [6].

2026-yilda to'rtta nav 50–80 °C da baholanganda 60 °C umumiy bioaktivlik uchun maqbul, 70–80 °C esa fenol/flavonoid va DPPH faolligining pasayishi bilan bog'langan [7]. Demak, mahalliy navlar uchun 50–60 °C diapazoni tajriba oynasi sifatida olinishi, yakuniy optimum havo tezligi, qatlam qalinligi va quritish davomiyligi bilan birgalikda aniqlanishi kerak. Quritilgan barg to'liq sovitilgach namlikdan va yorug'likdan himoyalovchi qadoqqa joylanadi; saqlashda namlik, rang, begona hid, mikrobiologik holat hamda davriy TPC/TFC nazorati qo'llanishi mumkin.

3. Ekstraksiya texnologiyalarini optimallashtirish

Ekstraksiyada erituvchi qutbliligi, xomashyo–erituvchi nisbati, maydalik, harorat va vaqt birgalikda ta'sir qiladi. RSM asosidagi tadqiqotda 23,07% atseton, 51,82 °C va 118,02 min sharoitida TPC 29,44 mg GAE/g va DPPH bo'yicha 59,48% qiymati olingan [8]. Bu ko'p omilli optimallashtirishning samaradorligini ko'rsatadi, biroq oziq-ovqat ingrediyenti uchun etanol–suv tizimi reglament va xavfsizlik nuqtayi nazaridan afzal. Chuqur evtektik erituvchilar bilan olib borilgan ishda glitserol–ksilitol–fruktoza DES polifenol va furanokumarinlarni samarali ajratgan, mikroto'lqin esa jarayonni tezlashtirgan [9].

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

2021-yilda barg chiqindilarini fraksiyalashda etil-atsetat fraksiyasi 83,92 mg/g flavonoid, DPPH IC50 0,54 mg/ml, ABTS 80,28% va FRAP 3,46 mmol/g ko‘rsatgan; HPLC-QTOF-MS/MS-DPPH orqali 11 antioksidant flavonoid aniqlangan [10]. 2025-yilda ultratovushli ekstraksiya RSM bilan optimallashtirilib, flavonoid chiqimi 35,28 mg/g ga yetgan [11]. Ultratovush massoalmashinuv qarshiligini kamaytirishi mumkin, biroq lokal qizishning oldini olish uchun quvvat–vaqt–harorat birgalikda boshqarilishi lozim.

2026-yilgi ko‘p mezonli tadqiqotda an’anaviy ekstraksiya, UAE va homogenizatsiya–ultratovush (HUAE) solishtirildi. 40% etanol–suvli HUAE eng yuqori fenol va flavonoid qaytarilishini berdi: 36,5 mg GAE/g DW va 28,6 mg QE/g DW. Antioksidant faollik fenol miqdori bilan kuchli bog‘langan (R^2>0,85), hayotiy sikl tahlilida esa ultratovushli variantlarda ekologik ta’sir 90% gacha kamaygan [12]. Bu natija oziq-ovqat darajasidagi suv–etanol ekstraksiyasini intensiv fizik ishlov bilan birlashtirish anjir bargi uchun eng istiqbolli zamonaviy yo‘nalishlardan biri ekanini ko‘rsatadi.

1-jadval. Quritish va ekstraksiya bo‘yicha zamonaviy texnologik ma’lumotlarning qiyosiy tavsifi

Jarayon	**Sharoit**	**Asosiy natija**	**Texnologik xulosa**	**Manba**
Tray quritish	35–55 °C; 1,3–2,4 m/s	50 °C, 1,9 m/s da flavonoid yuqori	50 °C mahalliy validatsiya uchun start nuqta	[6]
Ko‘p navli quritish	50–80 °C	60 °C maqbul; 70–80 °C da biofaollik pasaygan	50–60 °C diapazoni istiqbolli	[7]
UAE	RSM bilan optimallashtirish	Flavonoid 35,28 mg/g	Vaqt va erituvchi sarfini qisqartirish imkoniyati	[11]
HUAE	40% etanol–suv	36,5 mg GAE/g DW; 28,6 mg QE/g DW	Yuqori chiqim va pastroq ekologik ta’sir	[12]

4. Konsentrlash va tayyor ekstraktni standartlash

Ekstraksiya tugagach, eritma qattiq fazadan ajratilib, issiqlikka sezgir moddalarning yo‘qolishini cheklash uchun vakuum ostida konsentrlanishi maqsadga muvofiq. Quruq ekstrakt olishda vakuumli, purkash yoki liofil quritish mahsulot maqsadi va iqtisodiy imkoniyatga qarab tanlanadi. 2025-yilgi UPLC-MS/MS tadqiqotida 17 ta bioaktiv komponent aniqlanib, xlorogen kislota asosiy komponentlardan biri bo‘lgan; ekstrakt DPPH, ABTS, FRAP va CUPRAC testlarida sezilarli antioksidant faollik ko‘rsatgan [13]. Shu bois sifat nazoratida TPC/TFC ni kamida ikki mexanizmga asoslangan antioksidant test hamda HPLC/UPLC markerlari bilan birlashtirish tavsiya etiladi. FTIR-

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

PCA 2026-yilgi ishda navlarni 96,8% aniqlik bilan farqlaganligi sababli, kimyoviy fingerprint uchun tezkor skrining usuli sifatida ham qo‘llanishi mumkin [7].

5. Takomillashtirilgan texnologik sxema va xavfsizlik

Adabiyotlar asosida quyidagi ketma-ketlik taklif etiladi: xomashyoni qabul qilish va nav bo‘yicha identifikatsiya → saralash va tozalash → 50–60 °C da nazoratli quritish → yakuniy namlikni tekshirish → maydalanish → 40–60% suv–etanol diapazonida laboratoriya optimallashtirish → UAE yoki HUAE → filtrlash/tsentrifugalash → vakuumda konsentrlash → past haroratda quritish → TPC/TFC, DPPH/ABTS yoki FRAP va marker HPLC/UPLC orqali standartlash → namlikdan himoyalovchi qadoqlash → quruq va qorong‘i sharoitda saqlash. 50–60 °C va 40–60% etanol qat’iy universal optimum emas; mahalliy nav uchun faktorial yoki Box–Behnken dizayni bilan aniqlashtirilishi kerak.

Xavfsizlik nazoratida furanokumarinlar, pestitsid va og‘ir metall qoldiqlari, mikrobiologik ko‘rsatkichlar va ekstraktning maqsadli dozasi hisobga olinadi. 2026-yilgi suvli ekstrakt tadqiqotida hujayra modellarida keng xavfsizlik oralig‘i kuzatilgan [7]. Anjir bargi choyi bo‘yicha kichik randomizatsiyalangan, ikki ko‘r klinik sinovda ham jiddiy xavfsizlik signali qayd etilmagan [14], biroq tadqiqot hajmi kichik bo‘lgani sababli bu ma’lumotlar davolovchi da’volar uchun yetarli emas. Standartlashtirilgan ekstraktlar funksional oziq-ovqat, fitochoy, tabiiy antioksidant va ayrim kosmetik formulalar uchun xomashyo sifatida istiqbolli bo‘lib, 2026-yilgi HUAE ekstraktlarida Listeria monocytogenes ga nisbatan selektiv antimikrob faollik ham qayd etilgan [12].

XULOSA. Anjir (Ficus carica L.) bargi biologik faol komponentlarga boy istiqbolli ikkilamchi xomashyodir. Texnologik sifatni nav va barg yetilish bosqichi, quritish harorati, maydalik, erituvchi tarkibi va ekstraksiyani intensivlashtirish usuli belgilaydi. Zamonaviy ma’lumotlar 50–60 °C quritish diapazoni ko‘p holatlarda fenol va flavonoidlarni saqlash uchun maqbul boshlang‘ich oraliq ekanini ko‘rsatadi. Ekstraksiyada suv–etanol tizimini ultratovush yoki HUAE bilan birlashtirish ayniqsa istiqbolli; 2026-yilgi ishda 40% etanol–suvli HUAE yuqori fenol/flavonoid chiqimi va ekologik afzallik bergan. Mahalliy ishlab chiqarishda jarayonni DOE/RSM asosida optimallashtirish, tayyor ekstraktni TPC/TFC, antioksidant testlar va xromatografik markerlar orqali standartlashtirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Li Z, Yang Y, Liu M, Zhang C, Shao J, Hou X, et al. A comprehensive review on phytochemistry, bioactivities, toxicity studies, and clinical studies on Ficus carica Linn. leaves. Biomed Pharmacother. 2021;137:111393. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111393
2. Shiraishi CSH, Zbiss Y, Roriz CL, Dias MI, Prieto MA, Calhelha RC, et al. Fig Leaves (Ficus carica L.): Source of Bioactive Ingredients for Industrial Valorization. Processes. 2023;11(4):1179. https://doi.org/10.3390/pr11041179
3. Wang Y, Liu X, Chen S, Wang Q, Jin B, Wang L. Functions, accumulation, and biosynthesis of important secondary metabolites in the fig tree (Ficus carica). Front Plant Sci. 2024;15:1397874. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1397874

HSR (LONDON),
HOUGHTON STREET REVIEW JOURNAL
ISSN: 2058-5519|Impact factor-15.9
http://houghtonstreetreview.com/index.php/hsr

4. Nadeem M, Zeb A. Impact of maturity on phenolic composition and antioxidant activity of medicinally important leaves of Ficus carica L. Physiol Mol Biol Plants. 2018;24(5):881-887. https://doi.org/10.1007/s12298-018-0550-3
5. Boukhalfa F, Kadri N, Franck T, Mouithys-Mickalad A, Serteyn D, Madani K. Antioxidant capacity and anti-inflammatory potential of two extracts of Ficus carica leaves dried in the shade and in the oven. Mediterr J Nutr Metab. 2019;12(4):365-376. https://doi.org/10.3233/MNM-190309
6. Hermawati E, Yusuf Y, Adhitasari A. Determination of optimum drying condition on flavonoid content of Ficus carica L. leaves using tray dryer. Fluida. 2023;16(1):49-56. https://doi.org/10.35313/fluida.v16i1.4401
7. Vasupen E, Rabpairee K, Toommuangpak W, Sompeerapun O, Chaiwong U, Yuthachit P, et al. Fig Leaf Bioactivity and Safety: Temperature Optimization and FTIR Authentication. Food Sci Nutr. 2026;14(2):e71508. https://doi.org/10.1002/fsn3.71508
8. Yahiaoui S, Kati DE, Chaalal M, Otmani A, Bettache N, Bachir-bey M. Phenolic Compounds of Fig (Ficus carica L.) Leaves: Optimization of Extraction by Response Surface Methodology and UPLC-MS Phytochemical Characterization. Curr Bioact Compd. 2023;19(1):39-51. https://doi.org/10.2174/1573407218666220415135916