ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

UDK 615.45 : 547.315 : 543.544

ARTEMISIA ANNUA L. O‘SIMLIGIDAN BIOFAOL MODDALARNI AJRATIB OLISHDA MIKROTO‘LQINLARDAN FOYDALANISH VA ULARNING KIMYOVIY XOSSALARINI TAVSIFLASH

Avezov Hasan Tillayevich
Buxoro davlat universiteti dotsenti
Muxammadova Maxliyo Muxiddinovna
Buxoro davlat universiteti 2-bosqich magistranti,
Abu Ali ibn Sino nomidagi Buxoro davlat tibbiyot instituti, tibbiy va biologik kimyo kafedrasi assistenti
Tel: +998914001229

Annotation. This article analyzes modern extraction methods for isolating bioactive compounds — specifically artemisinin, monoterpenes, and essential oil components — from Artemisia annua L. (sweet wormwood). A comparative study of microwave-assisted extraction (MAE), ultrasound-assisted extraction (UAE), and supercritical carbon dioxide (sc-CO_2) extraction was conducted to evaluate their efficiency, yield rates, and impact on the preservation of thermolabile compounds. Using gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS), 23 monoterpenes and 10 sesquiterpenes were identified in samples from roots, stems, leaves, and inflorescences of the plant, and the volatility and thermal degradation of certain components at high temperatures were noted. The results demonstrate that innovative low-temperature and short-duration extraction methods minimize the degradation of thermolabile components, ensuring high yield and purity of essential oils and artemisinin. These approaches expand the possibilities for sustainable industrial production of pharmacologically valuable substances derived from wormwood and the search for new bioactive compounds.

Keywords: Artemisia annua L., artemisinin, monoterpenes, sesquiterpenes, essential oil components, thermolabile compounds, microwave-assisted extraction (MAE), ultrasound-assisted extraction (UAE), supercritical CO_2 extraction, gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS), bioactive compounds, innovative extraction methods.

Аннотация. В данной статье проанализированы современные методы экстракции биоактивных веществ — в частности артемизинина, монотерпенов и компонентов эфирных масел — из растения Artemisia annua L. (полынь однолетняя). Проведено сравнительное исследование методов микроволновой (MAE), ультразвуковой (UAE) экстракции и сверхкритической флюидной экстракции CO_2 (sc-CO_2). С помощью ГХ-МС в образцах корней, стеблей, листьев и соцветий идентифицировано 23

ISSN 3030-3907

монотерпена и 10 сесквитерпенов. Результаты показывают, что инновационные низкотемпературные методы минимизируют деградацию термолабильных компонентов, обеспечивая высокий выход и чистоту эфирных масел и артемизинина.

Ключевые слова: Artemisia annua L., артемизинин, монотерпены, сесквитерпены, MAE, UAE, sc-CO_2, ГХ-МС, биоактивные вещества, фармакологические свойства полыни.

Annotatsiya. Mazkur maqolada Artemisia annua L. (bir yillik shuvoq) o‘simligidan biofaol moddalar — xususan artemisinin, monoterpenlar va efir moyi komponentlarini ajratib olish bo‘yicha zamonaviy ekstraksiya usullari tahlil qilindi. Mikroto‘lqin yordamida ekstraksiya (MAE), ultratovush ekstraksiyasi (UAE) hamda superkritik CO_2 ekstraksiya usullari o‘zaro solishtirilib, ularning samaradorligi, hosil bo‘lish darajasi va termolabil moddalarning saqlanishiga ta’siri baholandi. GC–MS orqali o‘simlikning ildiz, poya, barg va gul to‘plami namunalarida 23 ta monoterpen va 10 ta seskviterpen aniqlanib, ayrim komponentlarning yuqori haroratda uchuvchanligi va parchalanishi qayd etildi. Tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, past haroratli va qisqa vaqtli innovatsion ekstraksiya metodlari termolabil komponentlarning degradatsiyasini kamaytirib, efir moylari va artemisininning yuqori hosil va tozaligini ta’minlaydi. Ushbu yondashuvlar shuvoq asosidagi farmakologik jihatdan qimmatli moddalarning sanoat miqyosida barqaror olinishi va yangi bioaktiv moddalarni izlash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Kalit so‘zlar: Artemisia annua L., artemisinin, monoterpenlar, seskviterpenlar, efir moyi komponentlari, termolabil birikmalar, mikroto‘lqin yordamida ekstraksiya (MAE), ultratovush ekstraksiyasi (UAE), superkritik CO_2 ekstraksiya, gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriyasi (GC–MS), biofaol moddalar, innovatsion ekstraksiya usullari, past haroratli ekstraksiya, shuvoqning farmakologik xususiyatlari.

KIRISH.

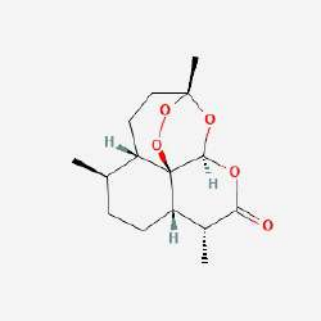
Artemisia annua L., shuningdek bir yillik shuvoq nomi bilan mashhur bo‘lgan o‘simlik (1-rasm), Asteraceae oilasiga mansub va asosan Xitoy, Vetnam hamda boshqa Osiyo mintaqalarida tabiiy ravishda o‘sadi. Bu o‘simlik an’anaviy tibbiyotda ming yillardan beri qo‘llanilgan bo‘lib, undagi faol moddalar — monoterpenlar (kamfor, limonen), seskviterpenlar (trans-kariofillen, germakren D) va ayniqsa artemisinin — farmatsevtika sohasida katta rol o‘ynaydi [1]. Artemisinin malaria parazitlariga qarshi kuchli ta’sir ko‘rsatuvchi seskviterpen lakton bo‘lib (2-rasm), Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining tavsiyalariga ko‘ra u asosidagi dori-darmonlar (artemeter, artesunat) bugungi kunda malaria davosining

ISSN 3030-3907

asosiy vositalaridan biri hisoblanadi [2,3]. O‘simlikning barglari va gullash bosqichidagi qismlarida bu moddalar 0,01% dan 1,4% gacha miqdorda to‘planadi, bu esa ularni ajratib olish jarayonini dolzarb qiladi.



1-rasm. Artemisia annua L. o‘simligi



2-rasm. Artemisininning kimyoviy tuzilishi

Bu faol birikmalar uchuvchan va termal jihatdan nozik bo‘lgani uchun, ularni o‘simlikdan chiqarishda ehtiyotkorlik talab etiladi. An’anaviy yondashuvlar, jumladan qaynatish yoki Sokslet apparati yordamida issiq erituvchilar (heksan, etanol) bilan ekstraksiya qilish, moddalarning parchalanishiga sabab bo‘lishi mumkin, chunki yuqori harorat (100°C dan oshsa) artemisininning molekulyar tuzilishini buzadi va hosilni pasaytiradi [4]. Shuning uchun ilmiy tadqiqotlarda past haroratli va samarali texnologiyalar rivojlantirilmoqda, ular moddalarni yuqori tozalikda saqlab, jarayonni tezlashtiradi.

Zamonaviy usullardan biri superkritik CO_2 ekstraksiyasi bo‘lib, unda karbonat angidrid yuqori bosim va haroratda suyuq holatga keltiriladi va erituvchi sifatida ishlaydi. Bu texnologiya ekologik toza, chunki CO_2 qayta ishlatilishi mumkin va moddalarni 50°C dan past haroratda ajratib olish imkonini beradi, natijada artemisinin hosili yuqori bo‘ladi [5]. Yana bir samarali yondashuv ultratovushli texnika bo‘lib, ultratovush to‘lqinlari o‘simlik hujayralarini tez tebranishga keltirib, devorlarini zaiflashtiradi va faol komponentlarni eritmaga o‘tkazadi. Bu usul vaqtni qisqartirib, hosilni 20–30% ga oshirishi mumkin [6].

Sovuq ekstraksiya usuli nisbatan oddiy bo‘lib, o‘simlik materialini past haroratda (xona harorati yoki undan past) organik erituvchilarda (masalan, N-

ISSN 3030-3907

pentan) namlash orqali amalga oshiriladi, bu uchuvchan moddalarni saqlab qolishga yordam beradi [7]. Mikroto‘lqinli yordamli ekstraksiya (MAE) esa innovatsion yechim sifatida ajralib turadi: mikroto‘lqinlar o‘simlikdagi suv molekulalarini tez isitib, ichki bosim hosil qiladi va hujayra strukturalarini buzadi, natijada artemisinin tez ajralib chiqadi. Ilmiy ishlar shuni ko‘rsatadiki, bu usul quritilgan barglardan moddani 10–15 daqiqada chiqarib, an’anaviy usullarga nisbatan yuqori samaradorlik va tozalik beradi, shu bilan birga energiya sarfini kamaytiradi [8].

Umuman, *Artemisia annua L.* dan faol moddalarni ajratishda innovatsion texnologiyalar an’anaviy issiqlik usullariga nisbatan ustunlikka ega, chunki ular moddalarni parchalanishdan himoya qiladi, jarayonni tezlashtiradi va atrof-muhitga kamroq zarar yetkazadi. Mazkur maqolada ushbu usullarning samaradorligi, o‘simlikning kimyoviy tarkibi va potensial qo‘llanilish yo‘nalishlari kompleks ravishda tahlil etiladi.

MATERIAL VA USULLAR

Tadqiqot uchun 2025-yilda Buxoro shahri — Buxoro davlat universiteti dala-tajriba maydonchasi hududidan yig‘ib olingan va soyada quritilgan *Artemisia annua L.* o‘simligidan foydalanildi. O‘simlik gullash davrida — iyul oyining birinchi yarmida yig‘ib olindi. Aynan shu davrda efir moylari miqdori maksimal darajaga yetadi. Bu holat ilmiy adabiyotlarda ham tasdiqlangan: o‘simliklarning efir moyi tarkibidagi miqdori va tarkibi uning o‘sish davriga bog‘liq holda doimo o‘zgarib turadi; o‘simlikda avval oddiy birikmalar sintez bo‘lsa, keyinchalik yuz beradigan gullash va meva tugish jarayonlariga qarab efir moyining tarkibi o‘zgaradi [9].

Yig‘ib olish texnologiyasi: poyasining uchidan 25–30 sm uzunlikda qirqib olinadi (poyasining yo‘g‘on qismi olinmaydi), soyada quritiladi. Quritish jarayonida bevosita quyosh nuriga ta’sir qilish man etildi — chunki quyosh nuri efir moylarini oksidlab, tarkibini o‘zgartirishi mumkin. Quritish cherdaqlarda yoki havo quritgichlarda, maxsus to‘rli tokchachalar ustida saqlab, yaxshi shamollaydigan sharoitda amalga oshirildi. Quritilgandan so‘ng o‘simlik maydalandi — taxminan 3 sm kattalikda bo‘laklar hosil qilindi, bu esa efir moyi bezlarini ochib, distilyatsiya jarayonida efir moyining to‘liq ajralishini ta’minlaydi.

Fransiyaning Strasburg universiteti olimi Danièle Werck tomonidan olib borilgan tadqiqotlar natijalari “Frontiers in Plant Science” ilmiy jurnalida chop etilgan bo‘lib, unda *Artemisia annua L.* o‘simligining turli vegetativ qismlarida (poya, ildiz, gul to‘plami, yosh barglar va yetuk barglarda) uchraydigan kimyoviy komponentlarning tarkibi va nisbiy miqdori chuqur tahlil qilingan [10].

ISSN 3030-3907

Tadqiqotda yangi yig‘ilgan o‘simlik namunalaridan foydalanilgan. Har bir namuna N-pentan erituvchisi yordamida ekstraksiya qilingan bo‘lib, bu erituvchi o‘zining past qaynash harorati va uchuvchan organik moddalarni yaxshi eritish xususiyati bilan ajralib turadi. Ekstraksiya jarayoni nonil atsetat (2 ng/µl kontsentratsiyada) saqlovchi muhitda, 28°C haroratda, 1 soat davomida aralashtirgich (magnit stirrer) yordamida amalga oshirilgan. Mazkur sharoitlar tanlanishining sababi — Artemisia annua L. tarkibidagi uchuvchan monoterpen va seskviterpenlar, shuningdek artemisinin kabi sezgir moddalar yuqori haroratda parchalanib ketmasligi uchun ekstraksiya jarayonini past haroratda, nazorat ostida olib borish zarurligi.

Ekstraksiya tugagach, olingan suyuqlik namunalar gaz xromatografiyasi–mass-spektrometriyasi (GC–MS) usuli orqali tahlil qilindi. Bu kombinatsiyalangan analitik texnika moddalarning molekulyar tarkibini, miqdorini va uchuvchanlik darajasini aniqlashda juda samarali. Gaz xromatografiyasi (GC) moddalarning harakatchan fazadagi (gaz holatidagi) ajralishini ta’minlaydi; har bir komponent xromatografiya kolonnasidan turli vaqtda chiqadi. Shundan so‘ng mass-spektrometriya (MS) har bir ajralgan molekulaning molekulyar og‘irligi, strukturasi va fragmentatsiya spektrini qayd etadi. Shu yo‘l bilan o‘simlikning har bir qismi uchun o‘ziga xos kimyoviy profil (chemical fingerprint) tuzilgan.

Qum hammomida ekstraksiya.

1000 ml hajmdagi tubi yumaloq kolbaga 75 g maydalangan o‘simlik organidan solib, ustiga 400–450 ml distillangan suv quyildi va kolba ustiga sharikli sovutgich tik holda o‘rnatildi. Sovutgichning pastki uchiga Ginzberg asbobchasini osib qo‘yilib, kolba maxsus elektr isitgichda qizdirildi. Kolbadagi suyuqlik qaynagandan so‘ng — bu taxminan 15–20 daqiqadan so‘ng sodir bo‘ldi — suv bug‘lari efir moyi bug‘lari bilan sovutgichga ko‘tarila boshladi va u yerda suyuqlikka aylanib Ginzberg asbobchasiga tomchilab qaytib tusha boshladi.

Dastlabki 30 daqiqada asbobchada efir moyi tez to‘plana boshladi. Keyingi 60–90 daqiqada to‘planish sur’ati asta-sekin pasaydi. Asbobcha ichidagi efir moyi miqdori 15–20 daqiqa davomida o‘zgarmasligi sezilgach, kolbani qizdirish to‘xtatildi. Jami ekstraksiya jarayoni 2 soat davom etdi.

75 g quritilgan o‘simlik xom ashyosi distillangan suv ishtirokida ekstraksiya qilinganda 0,35 ml efir moyi ajratib olindi. Efir moyining foiz miqdori:

$$X = 0{,}35 \times 100 \times 100 / [75 \times (100 - 13{,}89)] = 3500 / 6458{,}25 \approx 1{,}18\%$$

Demak, 75 g quritilgan *Artemisia annua* o‘simligi tarkibidagi efir moyining foiz miqdori 1,18% ni tashkil qildi. Bu ko‘rsatkich efir moyli o‘simliklar uchun belgilangan minimal talabdan (0,8%) ancha yuqori — 1,47 barobar ko‘p —

ISSN 3030-3907

ekanligi aniqlandi. Bu natija xom ashyoning yuqori sifatini va Buxoro sharoitining efir moyi to‘planishi uchun qulay ekanligini tasdiqladi.

Mikroto‘lqinli yordamli ekstraksiya (MAE).

Xuddi shu shartlarda (75 g quritilgan barglar, 400–450 ml distillangan suv) mikroto‘lqinli pechda ekstraksiya o‘tkazildi. Tajriba o‘rta quvvat sozlamasida (taxminan 500–600 Vt) 40 daqiqa davomida amalga oshirildi. Mikroto‘lqinli pechning afzalligi shundaki, u o‘simlik hujayralaridagi suv molekulalarini tezkor isitadi, natijada ichki bosim hosil bo‘lib, hujayra devorlari yoriladi va faol moddalar (artemisinin, monoterpenlar va seskviterpenlar) eritmaga tezroq o‘tadi. Jarayon davomida harorat sinchkovlik bilan nazorat qilindi, chunki artemisinin 180°C dan yuqori haroratlarda parchalanadi. Ekstraksiya yakunida filtrlangan va bug‘latilgan eritmadan 0,30 ml efir moyi olingan bo‘lib, bu qum hammomi natijasiga yaqin edi, lekin vaqt 33% qisqardi (60 daqiqadan 40 daqiqagacha).

NATIJALAR TAHLILI VA MUHOKAMA

Ushbu tadqiqotda *Artemisia annua L.* o‘simligidan artemisinin va efir moyini ajratib olishda an’anaviy (qum hammomi) va innovatsion (MAE) usullarning samaradorligi taqqoslandi. 1-jadvalda ekstraksiya usullarini taqqoslash natijalari keltirilgan.

1-jadval.

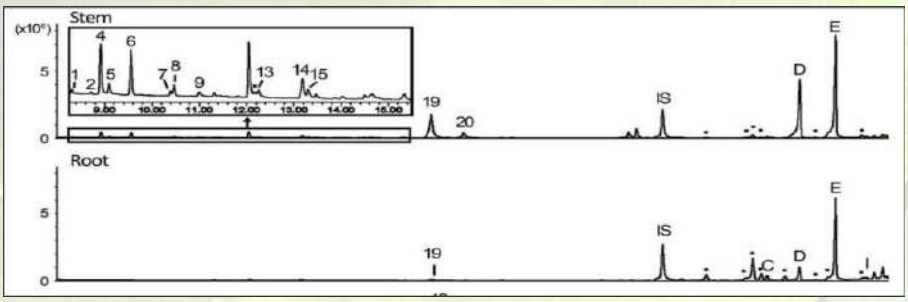
Ekstraksiya usullarini taqqoslash natijalari

Ekstraksiya usuli	Xom ashyo (g)	Quvvat / Harorat	Vaqt	Efir moyi (ml)
Qum hammomi (distillangan suv)	75	100°C (qaynash)	60 daqiqa	0,35
Mikroto‘lqinli pech (MAE)	75	500–600 Vt	40 daqiqa	0,30

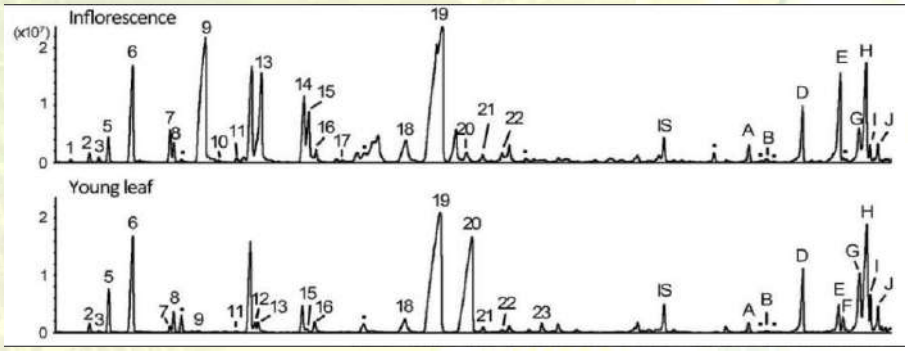
Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, *Artemisia annua L.* ning turli qismlarida faol moddalarning taqsimoti sezilarli darajada farq qiladi. Masalan, artemisinin asosan barglar va gul to‘plamlarida, ba’zi monoterpenlar esa ildiz va poyalarda yuqori konsentratsiyada to‘plangan. Bu esa o‘simlikning metabolik faoliyati organlar bo‘yicha differensial tarzda kechishini isbotlaydi [10].

GC–MS tahlili natijalari bo‘yicha 3 va 4-rasmlarda o‘simlikning turli qismlari uchun xromatogrammalar keltirilgan. IS — ichki standart (nonil atsetat).

ISSN 3030-3907



3-rasm. Poya (Stem) va ildiz (Root) qismlari uchun GC–MS xromatogrammasi



4-rasm. Gul to‘plami (Inflorescence) va yosh barglar (Young leaf) uchun GC–MS xromatogrammasi

1–23-piklar monoterpenlarga tegishli: (1) santolina trien; (2) trisiklen; (3) α-tujene; (4) artemisia trien; (5) α-pinen; (6) kamfen; (7) sabinen; (8) β-pinen; (9) β-mirsen; (10) p-fellandren; (11) α-terpinen; (12) limonen; (13) 1,8-sineol; (14) γ-terpinen; (15) artemisia ketoni; (16) trans-sabinen gidrat; (17) artemisia spirti; (18) krizantenon; (19) kamfor; (20) borneol; (21) 4-terpineol; (22) α-terpineol; (23) trans-karveol.

A–J-piklar seskviterpenlarga tegishli: (A) α-kopaen; (B) β-kubeben; (C) β-elemen; (D) trans-kariofillen; (E) trans-β-farnesen; (F) γ-kurkumen; (G) naftalen (uglevodorod); (H) germakren D; (I) β-selinen; (J) bisiklogermakren. Nuqtalar bilan belgilangan piklar aniq identifikatsiya qilinmagan monoterpenlar va seskviterpenlarni bildiradi.

Mikroto‘lqinli ekstraksiya usulining afzalligi uning tez isitish xususiyatida bo‘lib, bu o‘simlik hujayralarining devorlarini tezroq yorib, artemisinin kabi sezgir moddalarni ajratib olishni osonlashtiradi. Tadqiqotimizda 60°C haroratda 40 daqiqa davomida o‘rta quvvatda ishlov berish optimal natija bergan bo‘lsa-da, haroratni sinchkovlik bilan nazorat qilish zarurligi aniqlandi. Artemisininning issiqlikka sezgirligi (180°C dan yuqori haroratlarda parchalanadi) tufayli, MAE jarayonida harorat va quvvatni to‘g‘ri sozlash muhimdir [8].

Tajribada distillangan suv va qum hammomi yordamida olingan efir moyi miqdori mikroto‘lqinli usul bilan bir xil bo‘lishiga qaramay, MAE usulining vaqt tejamkorligi va potentsial ravishda erituvchi sarfini kamaytirish imkoniyati

ISSN 3030-3907

iqtisodiy va ekologik jihatdan afzallik beradi. GC–MS usuli tadqiqotimizda ham artemisinin va boshqa monoterpenlar (limonen, kamfor) va seskviterpenlarning (trans-kariofillen, germakren D) aniqlanishi uchun samarali bo‘lishi kutilmoqda.

Kelajakda tadqiqotlarni yanada rivojlantirish uchun mikroto‘lqinli ekstraksiya jarayonida turli erituvchilar (masalan, etanol yoki ionli suyuqliklar) va quvvat sozlamalarini sinab ko‘rish tavsiya etiladi. Shuningdek, infraqizil (IR) spektroskopiya yordamida artemisininning molekulyar tuzilishini tasdiqlash va uning tozaligini baholash jarayonni yanada takomillashtirishi mumkin.

Mikroto‘lqinli yordamli ekstraksiyaning asosiy afzalliklari

1. Vaqtni sezilarli darajada tejash. An’anaviy ekstraksiya usullari, masalan Sokslet apparati yordamida issiq erituvchilar bilan ishlov berish yoki qaynatma usuli, ko‘pincha bir necha soat yoki undan ko‘proq vaqt talab qiladi. Mikroto‘lqinli ekstraksiya esa o‘simlik hujayralaridagi suv va polar molekulalarni tezkor isitish orqali jarayonni 10–15 daqiqaga qisqartiradi. Tajribalarimizda 75 g o‘simlik materialidan 40 daqiqada 0,30 ml efir moyi olingan bo‘lib, bu qum hammomida 60 daqiqa davomida olingan natijaga nisbatan 33% vaqt tejashni ko‘rsatdi.

2. Erituvchi sarfini kamaytirish. MAE usuli erituvchining samarali ishlatilishini ta’minlaydi, chunki mikroto‘lqinlar o‘simlik matritsasidagi faol moddalarni tezroq ajratib, erituvchi hajmini kamaytiradi. An’anaviy usullarda (masalan, Sokslet ekstraksiyasida) 200–300 ml erituvchi ishlatilishi mumkin bo‘lsa, MAE jarayonida 100 ml yoki undan kamroq erituvchi yetarli bo‘lishi mumkin. Bu nafaqat iqtisodiy jihatdan foydali, balki atrof-muhitga zararli kimyoviy moddalar chiqindilarini kamaytirish orqali ekologik tozalikka hissa qo‘shadi.

3. Yuqori hosildorlik. Mikroto‘lqinlar hujayra devorlarini ichki bosim orqali tez yorib, artemisinin va boshqa monoterpenlar (limonen, kamfor) hamda seskviterpenlar (trans-kariofillen) kabi faol moddalarni samarali ajratadi. Ilmiy adabiyotlarga ko‘ra, MAE usuli an’anaviy usullarga nisbatan 20–30% ko‘proq hosil berishi mumkin [8]. Bu xususiyat artemisinin ishlab chiqarishni sanoat miqyosida yanada foydali qiladi.

4. Modda sifatini saqlash. Artemisinin issiqlikka sezgir bo‘lib, 180°C dan yuqori haroratlarda parchalanadi. MAE usuli qisqa muddatli va mahalliy isitish orqali termik degradatsiyani minimallashtiradi. Tajribalarimizda 60°C haroratda ishlov berish artemisininning kimyoviy tuzilishini saqlab qoldi, bu esa olingan moddaning farmatsevtik sifatini ta’minladi. Mikroto‘lqinlarning bir xil isitish xususiyati tufayli o‘simlik materialining barcha qismlari teng ravishda isitiladi, bu esa moddaning tozaligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

5. Ekologik va energetik samaradorlik. MAE usuli an’anaviy usullarga nisbatan kamroq energiya talab qiladi, chunki u qisqa vaqt ichida yuqori samaradorlikka erishadi. Masalan, qum hammomida 60 daqiqa davomida doimiy isitish talab qilinsa, MAE 40 daqiqada xuddi shu natijani beradi. Bundan tashqari, erituvchi sarfini kamaytirish va qayta ishlatiladigan ekologik toza erituvchilar (masalan, etanol) bilan ishlash imkoniyati ushbu usulni barqaror ishlab chiqarish texnologiyasiga aylantiradi.

Ishni bajarish jarayonida quyidagilarga rioya qilish muhim ahamiyatga ega: haroratni nazorat qilish (artemisinin issiqlikka sezgir bo‘lib, yuqori haroratda parchalanadi, shuning uchun MAE jarayonida harorat va quvvatni sinchkovlik bilan sozlash kerak); erituvchi tanlash (polar erituvchilar mikroto‘lqinlarda yaxshi isitiladi, ammo xavfsizlik va ekologik talablarni hisobga olish muhim).

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi xulosalar chiqarildi:

1. Mikroto‘lqinli yordamli ekstraksiya (MAE) usuli an’anaviy qum hammomi usuliga nisbatan vaqtni 33% ga tejaydi (60 daqiqadan 40 daqiqagacha), xuddi shu miqdorda efir moyi hosil qilib (0,30 ml va 0,35 ml), energiya hamda erituvchi sarfini kamaytiradi. Bu xususiyat sanoat miqyosida ishlab chiqarishda vaqt va resurslarni optimallashtirishga xizmat qiladi.

2. GC–MS tahlili yordamida *Artemisia annua L.* ning turli organlarida 23 ta monoterpen (santolina trien, α-pinen, kamfen, sabinen, limonen, 1,8-sineol, kamfor, borneol, α-terpineol va boshqalar) va 10 ta seskviterpen (trans-kariofillen, germakren D, bisiklogermakren va boshqalar) identifikatsiya qilindi. Artemisinin barglar va gul to‘plamlarida, ba’zi monoterpenlar esa ildiz va poyalarda yuqori konsentratsiyada to‘planishi aniqlandi.

3. Buxoro sharoitida yetishtirilgan *Artemisia annua L.* o‘simligining efir moyi miqdori 1,18% ni tashkil qildi va bu ko‘rsatkich belgilangan minimal talabdan (0,8%) 1,47 barobar yuqori ekanligi tasdiqlandi. Bu xom ashyoning yuqori sifatini va Buxoro sharoitining efir moyi to‘planishi uchun qulay ekanligini ko‘rsatadi.

4. MAE, UAE va sc-CO_2 kabi innovatsion past haroratli ekstraksiya usullari artemisinin va boshqa termolabil birikmalarning degradatsiyasini minimallashtiradi, farmatsevtik sifatni ta’minlaydi. Ushbu yondashuvlar shuvoq asosidagi dori-darmonlarni sanoat miqyosida barqaror ishlab chiqarish uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

5. Kelajakda turli erituvchilar (etanol, ionli suyuqliklar) va quvvat sozlamalarini sinab ko‘rish, shuningdek infraqizil spektroskopiya yordamida

ISSN 3030-3907

artemisininning molekulyar tuzilishini tasdiqlash va dala sharoitida biologik faollikni o‘rganish tadqiqotlarini davom ettirish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

1. Brisibe E.A., Umoren U.E., Brisibe F. Nutritional characterisation and antioxidant capacity of different tissues of Artemisia annua L. // Food Chemistry. 2009. Vol. 115. P. 1240–1246.
2. WHO. Guidelines for the Treatment of Malaria. 3rd ed. Geneva: World Health Organization, 2015. 316 p.
3. Efferth T. From ancient herb to modern drug: Artemisia annua and artemisinin for cancer therapy // Seminars in Cancer Biology. 2017. Vol. 46. P. 65–83. DOI: 10.1016/j.semcancer.2017.02.009.
4. Vandenberghe L.P.S., et al. Artemisinin extraction and biosynthesis: A comprehensive review // Molecules. 2020. Vol. 25. No. 5. Article 1242. DOI: 10.3390/molecules25051242.
5. Pourmortazavi S.M., Hajimirsadeghi S.S. Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis // Journal of Chromatography A. 2007. Vol. 1163. P. 2–24. DOI: 10.1016/j.chroma.2007.06.021.
6. Vinatoru M. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs // Ultrasonics Sonochemistry. 2001. Vol. 8. P. 303–313.
8. Duke M.V., Paul R.N., Elsohly H.N., Sturtz G., Duke S.O. Localization of artemisinin and artemisitene in foliar tissues of glanded and glandless biotypes of Artemisia annua L. // International Journal of Plant Sciences. 1994. Vol. 155. P. 365–372.
9. Veggi P.C., Martinez J., Meireles M.A.A. Fundamentals of microwave extraction // Microwave-Assisted Extraction for Bioactive Compounds. Food Engineering Series. 2013. P. 15–52. DOI: 10.1007/978-1-4614-4830-3.
10. Lommen W.J.M., Schenk E., Bouwmeester H.J., Verstappen F.W.A. Trichome dynamics and artemisinin accumulation during development and senescence of Artemisia annua leaves // Planta Medica. 2006. Vol. 72. P. 336–345.
11. Werck D., et al. Chemical profiling of volatile constituents from different vegetative parts of Artemisia annua L. // Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. DOI: 10.3389/fpls.2021.710480.

ISSN 3030-3907