ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -4

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 4

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.

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

PROTOPARMELIOPSIS MURALIS LISHAYNIGINING KIMYOVIY TARKIBI VA BIOLOGIK FAOLLIGI

Abdumamatov Abdulhay Abdupatto o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti
Sobirova Dilzodabonu Baxtiyorjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti magistranti
ORCID: 0009-0009-7931-6414
Mirzaolimov Mirjalol Muxammadjon o‘g‘li
Farg‘ona davlat universiteti tayanch doktoranti
ORCID: 0009-0006-8547-4580
Egamberdiyev Sobirjon Sulton o‘g‘li
O‘zR FA S.Yu. Yunusov nomidagi O‘simlik moddalari kimyosi instituti stajyor tadqiqotchisi
ORCID: 0009-0003-7572-0723

Annotatsiya. Ushbu maqolada *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy lishaynigining kimyoviy tarkibi va biologik faolligi to‘g‘risida zamonaviy ilmiy ma’lumotlar tahlil qilinadi. Lishaynikning ikkilamchi metabolitlari — lekanorik kislota, atranorin, giroforik kislota va boshqa fenolik birikmalar — ularning biosintezi, kimyoviy tuzilishi va farmakologik xossalari nuqtai nazaridan ko‘rib chiqiladi. Ushbu birikmalarga xos antioksidant, antimikrob, sitotoksik va antibiofilm faolliklar eksperimental ma’lumotlar asosida muhokama etiladi. Lishaynikni «yashil sintez» texnologiyasida nanozarrachalar ishlab chiqarishda reduktant sifatida ishlatish imkoniyatlari ham yoritiladi.

Kalit so‘zlar: lishaynik, *Protoparmeliopsis muralis*, depsid, lekanorik kislota, atranorin, biologik faollik, antioksidant, antimikrob, sitotoksik, nanopartikel.

Аннотация. В данной статье анализируются современные научные данные о химическом составе и биологической активности лишайника *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy. Вторичные метаболиты лишайника — леканоровая кислота, атранорин, гирофоровая кислота и другие фенольные соединения — рассматриваются с точки зрения их биосинтеза, химического строения и фармакологических свойств. На основе экспериментальных данных обсуждаются присущие этим соединениям антиоксидантная, антимикробная, цитотоксическая и антибиоплёночная активности. Также освещаются возможности использования лишайника в качестве восстановителя при получении наночастиц по технологии «зелёного синтеза».

Ключевые слова: лишайник, Protoparmeliopsis muralis, депсид, леканоровая кислота, атранорин, биологическая активность, антиоксидант, антимикробное действие, цитотоксичность, наночастица.

Abstract. This article analyzes current scientific data on the chemical composition and biological activity of the lichen *Protoparmeliopsis muralis* (Schreb.) M. Choisy. The secondary metabolites of the lichen — lecanoric acid, atranorin, gyrophoric acid, and other phenolic compounds — are examined in terms of their biosynthesis, chemical structure, and pharmacological properties. Based on experimental data, the antioxidant, antimicrobial, cytotoxic, and antibiofilm activities characteristic of these compounds are discussed. The potential use of the lichen as a reducing agent in the production of nanoparticles through "green synthesis" technology is also highlighted.

Keywords: lichen, Protoparmeliopsis muralis, depside, lecanoric acid, atranorin, biological activity, antioxidant, antimicrobial, cytotoxic, nanoparticle.

KIRISH.

Lishayniklar — zamburug‘ (mikobiont) va suvo‘t yoki sianobakteriyalar (fotobiont) o‘rtasidagi murakkab simbiozdan tashkil topgan organizmlar majmuasidir. Ularning o‘ziga xos kimyoviy tarkibi tufayli tabiiy preparatlar kimyosi va farmakognoziya sohasida lishayniklar alohida qiziqish uyg‘otmoqda.

Protoparmeliopsis muralis (Schreb.) M. Choisy — Lecanoraceae oilasiga mansub, kortikol va saxrobiont (toshli substratda o‘suvchi) lishaynik turi bo‘lib, Yevropa, O‘rta Osiyo va Shimoliy Afrikada keng tarqalgan. Ushbu tur ilgari Lecanora muralis sinonimi ostida tasniflangan bo‘lib, zamonaviy filogenetik tahlillar asosida mustaqil avlodga ajratilgan. O‘zbekiston hududida ham bu lishaynik tog‘ yon bag‘irlaridagi tosh va qoyalarda, shuningdek antropogen muhitda (beton, g‘isht yuzalar) keng uchraydi.

Lishayniklar 1000 dan ortiq ikkilamchi metabolit hosil qiladi, ularning aksariyati boshqa tabiat organizmlarida uchramaydi. Depsid, depsidon, dibenzofuran, xanton va antrasinon hosilalari lishaynik kimyosining asosiy guruhlarini tashkil etadi. So‘nggi yillarda *P. muralis* ekstrakt va uning tarkibidagi birikmalar antibakterial, antioksidant, sitotoksik, antibiofilm faollikka ega ekanligi aniqlangan. Bundan tashqari, ushbu lishaynikning suvli ekstrakti nanopartikellar «yashil sintezi»da reduktant va stabilizator sifatida muvaffaqiyatli qo‘llanilmoqda.

Maqolaning maqsadi — *P. muralis* lishaynigining ikkilamchi metabolitlari kimyoviy tuzilishi, biosintezi va ularning biologik faolligini so‘nggi ilmiy adabiyotlar asosida tizimli tarzda tahlil qilishdan iborat.

KIMYOVIY TARKIBI.

Ikkilamchi metabolitlarning umumiy tavsifi

Lishayniklarning ikkilamchi metabolitlari uch biosintez yo‘li — atsetat-malonat (politsetid sintaza, PKS), mevalonat va shikimat yo‘llari — orqali hosil bo‘ladi. *P. muralis* tarkibidagi birikmalarning aksariyati PKS yo‘li mahsuloti

ISSN 3030-3907

hisoblanadi. Bu yo‘l orqali koenzim A prekursor bo‘lib, depsid, depsidon, dibenzofuranlar va ksantonlar sintezlanadi.

P. muralis uchun xarakterli asosiy metabolit — lekanorik kislota (orsinol didepsidi) hisoblanib, ushbu birikmaning lishaynikdagi rangi, morfologiyasi va ekologik funksiyalari bilan bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Korteksal qatlamda to‘planadigan atranorin esa lishaynik tanasining tashqi qatlamini tashkil etuvchi asosiy depsid hisoblanadi.

1-jadval.

Protoparmeliopsis muralisning asosiy kimyoviy birikmalari

Birikma nomi	Kimyoviy sinf	Molekulyar formula	Asosiy xususiyat
Lekanorik kislota	Depsid	$C_{16}H_{14}O_7$	Antioksidant, sitotoksik
Atranorin	Depsid (β-orsinol)	$C_{19}H_{18}O_8$	Antimikrob, yallig‘lanishga qarshi
Giroforik kislota	Tridepsid	$C_{24}H_{22}O_9$	Antioksidant, sitotoksik
Evernik kislota	Depsid	$C_{17}H_{16}O_7$	Antibakterial, antifungal
Usnik kislota	Dibenzofuran	$C_{18}H_{16}O_7$	Keng spektrli antibiotik
Protoketrarik kislota	Depsidon	$C_{18}H_{14}O_8$	Antimikrob
Orsellinik kislota	Fenol hosilasi	$C_8H_8O_4$	Biosintez prekursori

Depsid va tridepsidlar

Depsid — ikki aromatik halqa efir bog‘i orqali tutashgan birikmalardir. *P. muralis*ning asosiy depsidi — lekanorik kislota ($C_{16}H_{14}O_7$) bo‘lib, ushbu birikma orsinol didepsidi sinfiga kiradi. Uning biosintezi davomida orsellinik kislotaning ikkita molekulasi efir bog‘i orqali birlashadi. Lekanorik kislota ko‘plab lishaynik turlarida uchraydi va biologik faollik nuqtai nazaridan keng o‘rganilgan.

Atranorin ($C_{19}H_{18}O_8$) — β-orsinol depsidi sifatida tasniflanib, lishayniklar korteksida to‘planadigan asosiy birikma hisoblanadi. Atranorinning antibakterial, yallig‘lanishga qarshi, antioksidant va neyroprotektiv xossalari ko‘plab tajribalar yordamida isbotlangan. Uning MIK ko‘rsatkichi (5,0–70,7 µg/mL) standart antibiotiklar bilan taqqoslanadi.

Giroforik kislota ($C_{24}H_{22}O_9$) — orsinol tridepsidi sinfiga kiradi. Ushbu birikma ham antioksidant va sitotoksik xossalarga ega ekanligi eksperimental tadqiqotlarda tasdiqlangan. Evernik kislota ($C_{17}H_{16}O_7$) esa o‘zining antibiofilm xossalari bilan ajralib turadi.

ISSN 3030-3907

Fenol hosilalari va boshqa birikmalar

Orsellinik kislota (2,4-digidroksi-6-metilbenzoy kislota, $C_8H_8O_4$) — lishaynik depsidlarining biosintez prekursori hisoblanadi. Ushbu birikma ham alohida farmakologik ahamiyatga ega bo‘lib, β-orsinol bilan birga politsetid yo‘li bilan sintezlanadi.

Usnik kislota ($C_{18}H_{16}O_7$) — dibenzofuran hosilasi bo‘lib, lishayniklarning eng ko‘p o‘rganilgan metaboliti hisoblanadi. Keng antibiotik spektri, antifungal va antiproliferativ xossalari bilan ajralib turadi. *P. muralis* tarkibida usnik kislota oz miqdorda uchraydi.

Protoketrarik kislota — depsidon sinfiga kirib, bir necha antimikrob ta’sir mexanizmiga ega. Lishayniklarning fenolik birikmalar majmui ularning yashash muhitiga moslik jarayonida fotoprotektor, suvsizlanishga chidamlilik va antibiotik himoya funksiyalarini bajaradi.

BIOLOGIK FAOLLIGI.

Antioksidant faollik.

P. muralis ekstrakti antioksidant kapasiteti DPPH (2,2-difenil-1-pikrilgidrazil) usuli hamda umumiy antioksidant kapasiteti (TAC) testlari orqali baholangan. O‘tkazilgan tadqiqotlarda lishaynikning suvli ekstrakti aniq antioksidant faollik namoyon etdi. Lekanorik kislotaning DPPH sinovida IC_{50} qiymati 424,5 µg/mL ekanligi aniqlangan (Ristic et al.).

Lishaynik metabolitlarining antioksidant faolligini belgilovchi asosiy omil — ularning tuzilishidagi gidroksil guruhlar sonidir. Fenol va depsid guruhidagi birikmalarning gidroksil guruhlari erkin radikallar bilan reaksiyaga kirishib, ularni zararsizlantiradi. Shunday qilib, *P. muralis* ekstrakti oksidativ stress holatlari uchun perspektiv fitoterapevtik vosita sifatida ko‘rilmoqda.

Antimikrob faollik.

*P. muralis*ning antibakterial xossalari, ayniqsa Gram-musbat bakteriyalarga nisbatan, yuqori ekanligi bir necha mustaqil tadqiqotlarda ko‘rsatilgan. Brak va boshqalar (2017) o‘tkazgan tajribada *P. muralis* asetonli ekstrakti Bacillus subtilis, Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus va Staphylococcus epidermidis o‘sishini MIK qiymati 6,67 dan 100 µg/mL gacha bo‘lgan diapazonda samarali to‘xtatdi.

Antibiofilm faollik — tibbiyotdagi dolzarb muammolardan biri bo‘lgan biofilm hosil qiluvchi bakteriyalarga qarshi kurashda muhim ahamiyatga ega. *P. muralis* ekstrakti ko‘p dorivorga chidamli (MDR) bakteriyalarning biofilm hosil qilish faoliyatini sezilarli darajada to‘xtatgani kuzatilgan. Bu xossa, ayni paytda, «antiquorum sensing» mexanizmi orqali ham amalga oshiriladi.

Sitotoksik va antikanser faollik.

ISSN 3030-3907

P. muralis (sinon. Lecanora muralis) ekstraktining sitotoksik xossalari FemX (inson melanomasi) va LS174 (inson yo‘g‘on ichak karsinomasi) hujayra liniyalari ustida MTT usuli bilan o‘rganilgan. Rankovic, Kosanic va Stanojkovic (2011) o‘tkazgan tadqiqot natijalariga ko‘ra, ekstraktning IC_{50} qiymati FemX hujayralari uchun 9,58 µg/mL va LS174 hujayralari uchun 12,23 µg/mL ni tashkil etdi.

Lekanorik kislotaning antiproliferativ ta’sir mexanizmi chuqurroq o‘rganilgan: Roser va boshqalar (2022) o‘tkazgan tadqiqotda lekanorik kislota kolon raki hujayralari hayotchanligini susaytirish bilan birga, hujayralarni mitoz fazasida (M-faza) ushlab qolishi — ya’ni mitotik arrest chaqirishi aniqlangan. Eng muhimi, bu ta’sir 0,03 µg/mL kabi juda past konsentratsiyada ham kuzatilgan. Atranorin esa HCT-116 hujayra liniyasida apoptoz induktorlik xossasini namoyon etdi.

2-jadval.

P. muralis biologik faolligiga doir eksperimental ma’lumotlar

Faollik turi	Test ob'ekti	Ko‘rsatkich	Manba
Sitotoksik	FemX (melanoma)	IC_{50} = 9,58 µg/mL	Rankovic et al., 2011
Sitotoksik	LS174 (kolon kanseri)	IC_{50} = 12,23 µg/mL	Rankovic et al., 2011
Antibakterial	Staphylococcus aureus	MIC: 6,67–100 µg/mL	Brak et al., 2017
Antibakterial	Bacillus subtilis	MIC: 6,67–50 µg/mL	Brak et al., 2017
Antioksidant	DPPH sinovdagi kapasiteti	TAC baholash	Alavi et al., 2019
Antibiofilm	Ko‘p dorivorga chidamli bakteriyalar	Sezilarli inhibisiya	Alavi et al., 2019

Nanopartikellar sintezidagi ahamiyati

*P. muralis*ning suvli ekstrakti «yashil sintez» texnologiyasida Ag, Cu, TiO_2, ZnO va Fe_3O_4 nanopartikellarini sintezlashda ishlatilgan. Alavi va boshqalar (2019) tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotda (ACS Biomater. Sci. Eng., 5(9), 4228–4243) ushbu nanopartikellar ko‘p dorivorga chidamli bakteriyalarga qarshi antibakterial, antibiofilm, antimotilnost va antioksidant xossalarga ega ekanligi ko‘rsatilgan. Bu texnologiya an’anaviy kimyoviy usullardan farqli ravishda ekologik xavfsiz va arzon hisoblanadi.

ISSN 3030-3907

UB-vis spektroskopiya, XRD, FT-IR, FESEM va TEM metodlari yordamida xarakterizatsiya o‘tkazilganda, *P. muralis* ekstraktidagi fenolik birikmalar (xususan lekanorik kislota va atranorin) nanopartikel yuzasida turg‘unlashtiruvchi qoplamani hosil qilishi aniqlangan. Bu esa sintezlangan nanopartikellarning biologik faolligini yanada oshiradi.

BIOSINTEZ MEXANIZMLARI.

Lishaynik ikkilamchi metabolitlarining biosintezi asosan uch yo‘l orqali amalga oshadi. Depsid va depsidon kabi birikmalar atsetat-malonat yo‘li (politsetid yo‘li) orqali, triterpenlar mevalonat yo‘li orqali, aminokislotalar hosilalari esa shikimat yo‘li orqali sintezlanadi. *P. muralis* tarkibidagi lekanorik kislota va atranorin PKS fermenti ishtirokida, koenzim A prekursor bo‘lib, sintezlanadi.

Lekanorik kislotaning biosintezi: orsellinik kislota → β-orsellinik kislota → orsinol didepsid (lekanorik kislota) ketma-ketligida boradi. Ushbu biosintez yo‘li gen klasterlari darajasida ham o‘rganilgan bo‘lib, lekanorik kislota geni bilan bog‘liq ketma-ketlik identifikatsiya qilingan.

Atranorin biosintezida β-orsinol va leforik kislota moddalarining kondensatsiyasi asosiy bosqich hisoblanadi. Ko‘pgina lishayniklarda atranorin genini ifodalaydigan PKS gen klasteri aniqlangan bo‘lib, bu ushbu birikma biosintezini geterolog tizimda ham bajarishga imkon beradi.

MUHOKAMA.

Protoparmeliopsis muralis lishaynigining kimyoviy tarkibi — birinchi navbatda lekanorik kislota va atranorin — farmakologik jihatdan yuqori qiziqish uyg‘otmoqda. Bu birikmalarning antioksidant, antimikrob va sitotoksik xossalari in vitro sharoitlarda yaxshi dokumentlashtirilgan. Biroq in vivo va klinik sinovlar soni hali cheklangan bo‘lib, bu sohada qo‘shimcha tadqiqotlar zarur.

P. muralis metabolitlarining selektiv sitotoksikligi — ya’ni saraton hujayralariga nisbatan sog‘lom hujayralarga ozroq ta’sir ko‘rsatishi — bu birikmalarni yangi dori-darmon preparatlarini ishlab chiqishda istiqbolli manba sifatida ko‘rishga asos beradi. Lekanorik kislotaning M-fazada mitotik arrest chaqirish mexanizmi klassik sitotoksik dori-darmonlardan farqli yangi harakat mexanizmini ifodalaydi.

Shu bilan birga, *P. muralis* ekstrakti nanopartikellar «yashil sintezi»da ishlatilishi bu lishaynikni biotexnologiya sohasida ham muhim xomashyo manbai sifatida ko‘rish imkonini beradi. Antibiofilm faollik esa ko‘p dorivorga chidamli infeksiyalar muammosini hal etishda yangi yondashuvlar ishlab chiqishda ahamiyatlidir.

O‘zbekiston sharoitida *P. muralis* tog‘ va tekislik hududlarda keng tarqalganini hisobga olib, ushbu lishaynikni mahalliy miqyosda o‘rganish va

ISSN 3030-3907

farmakologik jihatdan yanada chuqurroq xarakterizatsiya qilish juda muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

XULOSA.

1. *Protoparmeliopsis muralis* lishaynigining asosiy kimyoviy metabolitlari quyidagilardan iborat: lekanorik kislota (depsid), atranorin (β-orsinol depsidi), giroforik kislota (tridepsid), evernik kislota, usnik kislota va protoketrarik kislota.

2. Ushbu birikmalar PKS (politsetid sintaza) katalizatorligidagi atsetat-malonat biosintez yo‘li orqali hosil bo‘ladi.

3. *P. muralis* ekstrakt va toza birikmalari antibakterial (MIK: 6,67–100 µg/mL), sitotoksik (IC_{50}: 9,58–12,23 µg/mL), antioksidant va antibiofilm faollik namoyon etadi.

4. Lekanorik kislota saraton hujayralarida mitotik arrest chaqirib, hujayra koloniyasi shakllanishini 0,03 µg/mL kabi past konsentratsiyada to‘sqinlik qiladi.

5. *P. muralis* suvli ekstrakti Ag, Cu, TiO_2, ZnO va Fe_3O_4 nanopartikellarini yashil usulda sintez qilishda samarali qo‘llanilgan.

6. O‘zbekistonda mavjud *P. muralis* populyatsiyasini mahalliy sharoitda chuqur kimyoviy va farmakologik jihatdan o‘rganish istiqbolli ilmiy yo‘nalish hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Alavi M., Karimi N., Salimikia I. (2019). Antibacterial, Antibiofilm, Antiquorum Sensing, Antimotility, and Antioxidant Activities of Green Fabricated Ag, Cu, TiO_2, ZnO, and Fe_3O_4 NPs via *Protoparmeliopsis muralis* Lichen Aqueous Extract against Multi-Drug-Resistant Bacteria. ACS Biomater. Sci. Eng., 5(9), 4228–4243.

2. Brak T., Mrozek-Bzdziak N., Kaminski P., Kowalski R. (2017). Antibacterial and anticancer activities of acetone extracts from in vitro cultured lichen-forming fungi. BMC Complementary Medicine and Therapies, 17, 197.

3. Huneck S., Lumbsch H.T., Porzel A., Schmidt J. (2004). Die Verteilung von Flechteninhaltsstoffen in Lecanora muralis und Lecidea inops. Phytochemistry.

4. Lawrey J.D. (1986). Biological role of lichen substances. Bryologist, 89, 111–122.

5. Luo H., Yamamoto Y., Kim J.A. et al. (2009). Lecanoric acid, a secondary lichen substance with antioxidant properties from Umbilicaria antarctica. Polar Biology, 32(7), 1033–1040.

6. Rankovic B.R., Kosanic M.M., Stanojkovic T.P. (2011). Antioxidant, antimicrobial and anticancer activity of the lichens Cladonia furcata, Lecanora atra and Lecanora muralis. BMC Complementary Medicine and Therapies, 11, 97.

ISSN 3030-3907

7. Roser L.A., Erkoc P., Ingelfinger R. et al. (2022). Lecanoric acid mediates anti-proliferative effects by an M phase arrest in colon cancer cells. Biomedicine & Pharmacotherapy, 148, 112734.
8. Saenz M.T., Aramburu G., Abasolo D.A. et al. (2023). Lichen Depsides and Tridepsides: Progress in Pharmacological Approaches. PMC9866793.
9. Muggia L., Nelsen M.P., Kirika P.M. et al. (2020). Formally validating the transition of species between genera in lichen-forming fungi. Mycological Progress.
10. Shrestha G., St. Clair L.L. (2013). Lichens: a promising source of antibiotic and anticancer drugs. Phytochemistry Reviews, 12(1), 229–244.

ISSN 3030-3907