

С.К. Наекова<sup>1,2\*</sup>, З.С. Сармурзина<sup>1</sup>, Г.М. Салхожаева<sup>2</sup>,  
Ж.Б. Текебаева<sup>1</sup>, Г.К. Мамытбекова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Астана, Қазақстан  
<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

\*Байланыс үшін автор: n.saltan@mail.ru

## ***Lenzites betulina* базидиальді саңырауқұлағының микробқа қарсы белсенділігін арттыруда оңтайлы өсіру жағдайларын таңдау**

**Аңдатпа.** Соңғы он жылдықтарда жоғары базидиальды саңырауқұлақтардан алынған әртүрлі қосылыстарды зерттеуге көбірек көңіл бөлінуде. Мақалада зертхана жағдайында қайың ағаштарының зиянкесі болып табылатын жоғары сатылы базидиомицет саңырауқұлағының таксономиялық түрлік құрамына талдау жүргізілді. Саңырауқұлақтың культуральді - морфологиялық және молекулалық - генетикалық қасиеттерін зерттеу барысында *Lenzites betulina* түріне жататындығы анықталды.

Бөліп алынған саңырауқұлақтың антимиқробтық қосылыстарды синтездеу қабілетін арттыру үшін қоректік ортаның құрамы (көміртегі мен пептонның арақатынасы) модификацияланды, қолайлы температура (28°C) мен рН ортасы (7,5-8,0) таңдап алынды. Сонымен қатар, *Lenzites betulina* саңырауқұлағының индикаторлы тест-культураларына *S.marcescens*, *E. coli*, *S.aureus*, *Candida albicans* антогонистік әсері зерттелді. Зерттеу нәтижесінде саңырауқұлақтың *C. albicans* ашытқысына және *E.coli* бактерия клеткаларына антибиотикалық әсері жоғары көрсеткішке ие болды. Осылайша, саңырауқұлақтың шартты патогенді ашытқы және бактерия культураларына бактерицидті және фунгицидті жоғары белсенділік қасиет көрсетіндігі анықталды.

**Түйін сөздер:** *Lenzites betulina*, антимиқробтық белсенділік, саңырауқұлақ, ксилотроф, фугат, тест-культура.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2023-145-4-19-33>

### **Кіріспе**

Қазіргі микологияны дамытудың басым бағыттарының бірі – екіншілік метаболиттерді синтездейтін базидиальды саңырауқұлақтарды қолдана отырып, белсенді антибиотиктер алу технологиясын өңдеу болып табылады. Бұл қосылыстардың көпшілігі фармакологиялық белсенді және химиялық синтез өнімдерімен салыстырғанда уыттылығы төмен, әрі тиімді [1]. Осыған байланысты жүргізілген жұмыстар тағамдық ақуыздарды, ферменттерді және құнды қасиеттері бар басқа қосылыстарды өндіретін саңырауқұлақтарды өсіру мәселелерін қарастырады. Мұндай заттарды синтездеуі дәрі-дәрмектердің, биологиялық белсенді профилактикалық қоспалардың дамуына негіз болады [2]. Макромицеттердің фармакологиялық әсері әртүрлі, яғни антимиқробтық, адаптогендік, иммуностимуляторлық, седативті және басқа да құнды қасиеттерге ие, сондықтан оларды гипотензивті, капиллярды күшейтетін, жараға қарсы, қатерлі ісікке қарсы және басқа құралдар ретінде қолданылады [3-6].

Ксилотрофты саңырауқұлақтардың ең перспективалы түрлеріне – *Lenzites* туысына жататын саңырауқұлақ түрі. Саңырауқұлақтың бұл түрі табиғи ағаштарда ақ шірік тудыратын паразиттер санатына жатады. Бұл саңырауқұлақ қайыңға (лат. *Betula*) қоныстанады, сонымен қатар басқа да ағаш сабақтарында, бұтақтарында және қылқан жапырақты ағаштарда сапротроф түрінде тіршілік етеді. Еліміздің Қатон-Қарағай аймақтарында бұл саңырауқұлақ кеңінен тараған [7,8].

Кейбір әдеби мәліметтерге сүйенсек, саңырауқұлақтың метанол сығындысынан бос радикалдарды белсенді түрде бейтараптау қабілетімен сипатталатын бетулинандар А және В деп аталатын екі антиоксиданттық компонент бөліп алынған. Бетулинандар бос радикалдардың (ишемиялар, атеросклероз, қант диабеті, ревматоидты артрит, ісіктердің, б.) қалыптасуымен және әсерлерімен байланысты бірқатар аурулардың алдын алу және емдеу үшін перспективалы болып табылатыны белгілі. Радикалды тазарту тестінде бетулинан А, Е витаминіне қарағанда төрт есе тиімді болды. *L. betulina* метанол сығындысы эргостерол асқын тотығымен 9(11)-дегидроэргостерол асқын тотығының болуын байланысты иммуносупрессиялық белсенділікті көрсетті. Иммуносупрессанттар иммундық жүйенің белсенділігін тежейді және ағзалармен ұлпаларды трансплантациялау кезінде, сондай-ақ аутоиммунды ауруларда имплантациядан бас тартудың алдын алу үшін қолданылады. *L. betulina* сығындыларын *E. coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* және *Saccharomyces* туысына жататын ашытқыларға қарсы микробтық белсенділік көрсетуде қолданады [9].

Соңғы уақытта антагонист саңырауқұлақтардың көмегімен өсімдіктердің әртүрлі ауруларының қоздырғыштарын биобақылау механизмдерін зерттеуге және олардың негізінде ауылшаруашылық дақылдарының ауруға төзімділігі мен өнімділігін реттеу әдістерін өңдеуге айтарлықтай көңіл бөлінген [10,11]. Саңырауқұлақтардың көптеген түрлеріне қатысты ақпараттың үздіксіз жинақталуы морфологиялық белгілерді зерттеу мен салыстыру, оны таксономиялық мақсаттарда пайдалану мүмкіндігі және биотехнологиялық процестерде культуралардың тазалығын бақылауда жаңа материал ретінде қолданады [12].

Зерттеу жұмысымыздың мақсаты – *Lenzites betulina* базидиальді саңырауқұлағының микробқа қарсы белсенділігін арттыруда оңтайлы өсіру жағдайларын (қоректік орта құрамы, температура, рН) таңдауға негізделген.

Ғылыми-зерттеу жұмыстары 2021-2022 жылдары «Өнеркәсіптік құнды микроорганизмдер коллекциясын құру және толықтыру, биотехнология, медицина және ауыл шаруашылығы қажеттіліктері үшін олардың биологиялық әртүрлілігін зерттеу және сақтау» бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру шеңберінде орындалды. Зерттеу тәжірибелері микроорганизмдердің республикалық коллекциясы, «Антибиотиктер және екіншілік метаболиттер бойынша пәнаралық шешімдер орталығы» зертханасында жүргізілді.

## Зерттеу материалдары мен әдістері

### Зерттеу материалы

Қайың (лат. *Betula*) ағашының үгінділерінен саңырауқұлақ культураны бөліп алу. Алдын ала тазартылған, 50-120 г қайың үгінділерін (ұнтақтау дәрежесі-10 мм) 100 мл стерильді дистилденген суда суспендирленді және бөлме температурасында 1 минут аралығында Тип 16700 миксерде араластырылды, сосын арнайы стандартты сұйылтудан кейін арнайы агарлы орталарға егілді.

Саңырауқұлақтарды бөліп алу үшін *Chapeka dextrose* және *Potato dextrose* агарлы қоректік орталары қолданылды. Инкубациялау 26-28°C температурада 7 тәулік бойы жүргізілді. Агарлы ортада өскен саңырауқұлақ колонияларын *Chapeka dextrose* агар ортасы бар пробиркаларға отырғызылды. Балдырлар мен бактериялардың өсуін тежеу үшін

0,01% концентрациядағы ампициллин антибиотигін *Chapeka dextrose* ортасы бар Петри табақшасына қосылды. Инкубация 7 тәулік бойы бөлме температурасында қараңғы жерде жүргізілді. Әрбір партияда өсіп шыққан саңырауқұлақ колонияларының тазалығы мен біркелкілігі бақыланды. Нәтижесінде бөлініп алынған микромицеттер Биомед 3Т микроскобының көмегімен 40x20 үлкейту арқылы микроскопиялық зерттеулер жүргізілді [13,14,15].

### Зерттеу әдістері

*Саңырауқұлақ культурасын өсіру.* Саңырауқұлақ мицелийін ламинарлы шкафта стерильді жағдайда қиғаш *Chapek-Dox* агарлы ортасы бар пробиркаларда, 26-27°C температурада, 7 тәулік бойы өсірілді. Өсіп жетілген саңырауқұлақтың конидиялары Горяев камерасында есептелді, 2,2×10<sup>6</sup>/мл (немесе 3,8×10<sup>6</sup>/мл) мөлшердегі конидиялар 100 мл көлемді модификацияланған сұйық *Чапек-Докс* ортасы бар 500 мл колбаға құйылды және 21 тәулік бойы шейкерде (120 айн/мин) 24°C температурада өсірілді. Культуральды сұйықтықты мицелий мен спорадан бөлу 3000 айналымда центрифугалау арқылы 30 минут жүргізілді. Супернатант қызыл таспалы қағаз сүзгісі арқылы өтті және алынған культуральды фильтрат 20°C температурада сақталды [16].

*Саңырауқұлақ культурасын молекулярлық-генетикалық идентификациялау.* ДНҚ-ны бөліп алу. Саңырауқұлақ культурасы 2 мл стерильді пробиркада екі шыны шарикпен (6мм) 30Hz, 15минут MM300 mixerMill құрылғысында гомогенизацияланды. Содан кейін 350 мкл СТАВ ерітіндісін қосып, араластырып, 700 мкл хлороформ-изоамил спирті ерітіндісін (24:1) қосып, мұқият араластырып, 10 минут тұндырып, супернатантты таза пробиркаларға ауыстырылды. Содан кейін 700 мкл хлороформ-изоамил спирті ерітіндісі (24:1) қосылып, 65°C температурада 60 минут инкубацияланды, мұқият араластырылды және 10 минут ішінде 12000 айн/мин центрифугаланды. Центрифугалаудан кейін су фазасы жаңа таза пробиркаларға ауыстырылды және ДНҚ изопропил спиртінің көлемімен алынды. Әрі қарай, бір минут ішінде 12000 айн/мин центрифугаланды. Колонка шайғыш буферімен (80% этанол, 10 мМ Tris-HCl, рН 8,0) 2 рет жуылды. ДНҚ үлгілері 100 мкл ТЕ буферде ерітіліп, -20°C температурада сақталды. Толқын ұзындығы 280нм болатын NANODROP спектрофотометрін қолдана отырып, ДНҚ концентрациясы спектрофотометриялық әдіспен өлшенді.

Зерттелген саңырауқұлақ штамдарын генотиптеу үшін ішінара 18S, 28S және толық 5.8S рРНҚ нуклеотид тізбегін, сондай-ақ 18S, 5.8S және 28S рРНҚ (ITS1 және ITS2 аймақтары) кодтайтын гендердің арасында орналасқан ДНҚ тізбегін ITS1F 5' CTT GGT CAT TTA рибосомаларының гендердің консервативті аймақтарына стандартты олигонуклеотидті праймерлерді қолдана отырып анықтау жүргізілді Gag GAA GTA а 3' және ITS4B 5' CAG GAG ACT TGT ACA CGG TCC AG 3'. ПТР келесі жағдайларда жүргізілді: 1 цикл 5 мин 95°C, содан кейін 25 цикл (1 мин 90°C, 1 мин 56°C, 1 мин 72°C) және 1 цикл 10 мин 72°C [17].

*Нуклеотидтер тізбегін анықтау.* ПТР өнімдері байланыспаған праймерлерден тазарту экзонуклеаза I (ферменттер) және сілтілі фосфатазды *Shrimp Alkaline Phosphatase*, *Fermentas* ферментативті әдіспен жүргізілді. Секвенирлеу реакциясы өндірушінің нұсқауларына сәйкес *BigDye Terminator Cycle Sequencing Kit* қолдану арқылы жүзеге асырылды, содан кейін фрагменттерді 3730xl DNA Analyzer (Applied Biosystems) автоматты генетикалық анализаторында бөлінді [18].

*Саңырауқұлақ культурасының антимикробтық белсенділігін анықтау.* Бастапқы скрининг нәтижесінде іріктелген микромицеттердің белсенді штамдары Чапеканың сұйық стандарты орталарында өсірілді. Бактерияларға және патогенді саңырауқұлақтарға қарсы әсер ету спектрі тест-культуралар – *Serratia marcescens* B-RKM 0832, *Escherichia coli* ATCC 25922 B-RKM 0447, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 B-RKM 0470, *Candida albicans* ATCC 885-653 RKM-0475 арқылы зерттелді [19]. Зерттелетін штамдармен зерттелетін культураның өсуін тежеу аймағының диаметрінің өлшемі екі күнде (бактериялар үшін), ал 5-7 күнде (саңырауқұлақтар үшін) бағаланды. Штамдардың белсенділігін салыстырмалы бағалау

үшін антибиотикалық белсенділік коэффициенті қолданылды, ол формула бойынша есептелді:

$$Ka = \frac{A}{K} \quad (1)$$

мұнда:

Ка – саңырауқұлақтың антибиотикалық белсенділігінің коэффициенті, мм;

А – сынақ объектілерінің тежеу аймақтарының диаметрлерінің қосындысы, мм;

К – сынақ объектілерінің саны.

*Статистикалық өңдеу.* Барлық эксперименттер үш биологиялық және аналитикалық қайталануларда жүргізілді. Алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу STATISTICA 8.0 бағдарламасын қолдану арқылы жүргізілді. Зерттелген саңырауқұлақ культурасын топтарға біріктіру үшін алынған тәжірибелік мәліметтер ағаш тәрізді кластерлеуге талдау жүргізілді. Кластерлерді қалыптастыру кезінде Эвклид қашықтығы пайдаланылды [20].

Бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі, Ғылым комитеті қаржыландыру аясында жүргізілді (ИРН BR18574066).

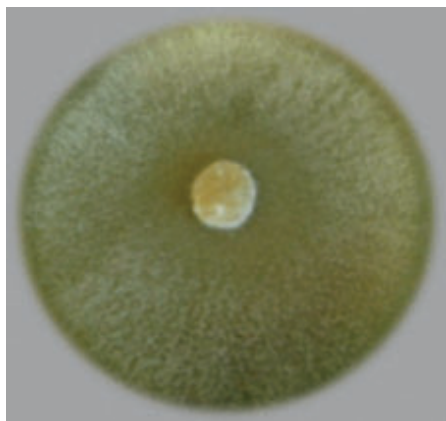
### Зерттеу нәтижелері

**Саңырауқұлақ культурасын бөліп алу және идентификациялау.** Саңырауқұлақ культурасының колониялары ақ түсті үлпілдек формада, мақта-жүнді болады, сосын киізденеді. Колонияның шеткі бөлігі тығыз емес, тегіс, пресстелген. Клеткалары қартаю кезінде колониялары сарғыш немесе кілегей реңге ие болады, диаметрі 3-10 мм түйнектер түрінде кілегей түсті, уақыт өте сарғыштау түске айналады. Кейде жақсы дамыған гименофор мен базидиоспоралары бар жеміс денелері (әрқашан бір қабатты) пайда болады. Саңырауқұлақ жағымды иісі бар, диаметрі 90 мм Петри табақшасында 26°C температурада 6 тәулікте саңырауқұлақ культурасы өсіп жетіледі. Агар пластинкасында бір ғана мицелий түзілген, хламидоспоралар, артроспорлар және оидиялар түзілмейді. Түптік культурада сфералық немесе дұрыс емес пішінді мицелиалды агломераттар пайда болады. Меласса және этанол бар орталарда олар өсудің дисперсті түріне оңай өтеді. Зерттелген саңырауқұлақтың морфологиялық-культуральді белгілері *Lenzites* туысына жататындығы анықталды (кесте-1, сурет-1).

Кесте 1

#### Зерттелген саңырауқұлақ штамына сипаттама

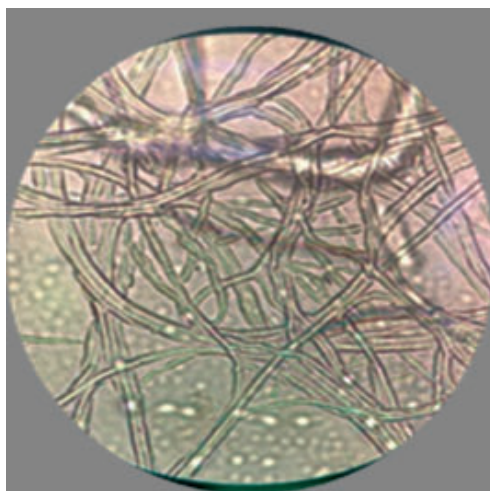
Штамм	Түрлік құрамы	Таксономиялық құрамы	Географиялық орналасқан жері	Түрдің экологиясы
LE-BIN	<i>Lenzites betulina</i>	<i>Polyporaceae,</i> <i>Polyporales</i>	Шығыс-Қазақстан, Қ а т о н - Қ а р а ғ а й орман алқапты жері, субстрат- қайын ағашының сүрегі	Ксилотроф (ағаш қабығының ыдырауын бірінші сатысында жүзеге асырады) сүрек шірігі ауруын тудырады. Жапырақты ағаштардың сүрегінде тіршілік етеді.



а



б



в

**Сурет 1. Агарда өсірілген *Lenzites betulina* саңырауқұлағының культурасы**  
а - саңырауқұлақтың ақ үлпілдек колониялары, б - саңырауқұлақтың түптік көрінісі, в - саңырауқұлақ мицелийі

*Lenzites* туысына жататын саңырауқұлақтың вегетативті мицелийінің морфологиясы алғаш рет зерттелді және культураның сәйкестендіру дұрыстығын растау үшін олардың рРНҚ нуклеотидтер тізбегін, сондай-ақ ITS1 және ITS2 аймақтарының тізбегін ішінара 18S, 28S және толық 5.8S анықтау жүргізілді. Молекулалық - генетикалық сәйкестендіру нәтижесінде бұл саңырауқұлақтың *Lenzites betulina* түріне жататындығы расталды (гомологиялық деңгейі - 99%) (кесте-2).

**Lenzites культурасын генотипирлеу нәтижелері**

Жүйелігі	Accession # GenBank	Штаммның атауы	% сәйкестігі
TAATGTAATGTGAATTGCAGAATTC AGTGAATCATCGAATCTTTGAACGC ACCTTGCCTCCTTGGTATTCCGAG GAGCATGCCTGTTTGAGTGTCAATA AGAAACTAACAAGGATTCCCCTAG TAACTGCGAGTGAAGCGGAAAA GCTCAAATTTAAAATCTGGCGGTCT TTGGCCGTCCGAGTTGTAGTCTGGA GAAGTGCTTTCCGCGCTGGACCGT GTACAAGTCTCTTGGAACAGAGCG TCATAGAGGGTGAGAATCCCGTCTT TGACACGGACTACCAGTGCTTTGTG ATGCGCTCTCAAAGAGTCGAGTTG TTTGGGAATGCAGCTCAAATGGG TGGTGAATCCATCTAAAGCTAAAT ATTGGCGAGAGACCGATAGCG	AY463436.1	<i>Lenzites betulina</i>	99,0

**Сабуро қоректік орта құрамын модификациялау**

Көмірсулар мен органикалық азот қосылыстары саңырауқұлақтардың конструктивті және энергетикалық алмасуының негізгі компоненттері болып табылады. Әдетте пептидті антибиотиктерді алу үшін ортада азот көзі ретінде ақуыздар мен олардың гидролиз өнімдері - пептондар, гидролизаттар, жеке аминқышқылдары болуы қажет [21]. Саңырауқұлақтар арқылы пептидті антибиотиктерді өндіру үшін ортадағы көміртегі мен азоттың арақатынасына аса мән беру маңызды және ол әрбір продуцент штамм үшін әртүрлі болып келеді. Саңырауқұлақтардың өсуі мен спора түзуіне қоректік ортаның құрамы, температура, аэрацияға байланысты екендігі белгілі [22].

Зерттеу тәжірибемізде *Lenzites betulina* саңырауқұлағының микробқа қарсы антогонистік белсенділігін жоғарылатуда қоректік орта құрамын оптимизациялауда стандартты Сабуро қоректік ортасы таңдалды. Сабуро қоректік орта құрамында көміртегі мен азот көзінің әртүрлі қатынастары алынды. Тәжірибе нәтижелері 3-кестеде берілген.

***Lenzites betulina* – саңырауқұлағының дамуына көміртегі мен азот көзінің қатынасы, мм**

Тәулік	Өлшеу уақытына байланысты штамм колониясының диаметрі, мм			
	1-нұсқа 50 г C/12,5г N	2-нұсқа 30 г C/12,5г N	3-нұсқа 50 г C/7,5г N	4-нұсқа 30 г C/7,5г N
5	2,00±0,2	2,00±0,2	-	-
10	35,0±0,2	30,0±0,2	-	-
15	55,0±0,2	47,0±0,2	36,5±0,2	34,0±0,2
20	65,5±0,1	59,5±0,1	36,5±0,2	35,5±0,1
25	75,0±0,3	70,5±0,4	45,0±0,1	55,0±0,1

Құрамында көміртегі көзі ретінде глюкоза бар және азот көзі ретінде пептон (Г+П) жартылай синтетикалық орта бір жағынан табиғи индукторларсыз, ал екінші жағынан глюкозалы орталарда өскен кезде ақ шірік саңырауқұлақтар глюкозооксидазаны синтездеуге қабілетті, яғни ағаш субстраттарда өсу барысында кейбір базидиомицеттер  $H_2O_2$  түзілуінің негізгі көзі болып табылады.

Алынған тәжірибе нәтижелерінен 5 және 25 тәулік аралығында әртүрлі Г+П мөлшерде алынған қоректік ортада саңырауқұлақ колонияларының 1 және 2-ші нұсқаларда белсенді өсуі байқалады. 1-нұсқада 5 және 25 тәулік аралығында көміртегі (50 г) және азот көзі (12,5 г) бар қоректік ортада саңырауқұлақ штамының дамуына белсенді әсер етуі байқалады. Екінші нұсқада көміртегі көзін - 30г, ал азот - 12,5 г мөлшерде қоректік ортаны дайындау барысында саңырауқұлақ колонияларының өсуі, бірінші нұсқаға қарағанда төмен болды. 3-ші және 4-нұсқада саңырауқұлақ колонияларының өсуі 5 және 10 тәулік аралығында мүлдем байқалмады, тек қана 15 және 25 тәулік аралығында саңырауқұлақтың белсенді дамуы байқалды. Зерттеу нәтижелерінен қоректік орта құрамындағы көміртегі (50 г) және азот көзі (12,5 г) концентрациялары саңырауқұлақ колонияларының өсуіне белсенді оң әсер етті.

#### ***Lenzites betulina* микробқа қарсы белсенділігін анықтау**

*Lenzites betulina* продуцирлейтін көптеген антибиотиктердің табиғаты ақуызды немесе полипептидті құрамды болып келеді. Осыған байланысты культуралық сұйықтықтағы антибиотиктің (лиофилизациядан кейінгі белсенді сығындының мөлшері) индикаторлы тест-культураларға *S. marcescens*, *E. coli*, *S. aureus*, *Candida albicans* антагонистік белсенділігіне температураның әсері зерттелді. Ол үшін Сабуро қоректік ортасында көміртегі (50 г) және азот көзі (12,5 г) концентрациялары бар қолайлы орта қолданылды. Антибиотиктер жинақталу үшін саңырауқұлақ штамын өсірудің беттік әдісі пайдаланылды. Саңырауқұлақ сұйық ортаның бетінде тығыз мицелиальді пленкалар түзеді, ал 5-6 тәуліктен кейін споруляциялық мүшелер пайда болады және антибиотиктердің культуралық сұйықтыққа синтезделуі басталады.

Жалпы ксилотрофтар үшін температура шегі 4°C-тан - 38°C-қа дейінгі кең диапазонда болатыны белгілі [23-26]. Көптеген саңырауқұлақтардың өсуі мен дамуы үшін қолайлы температура 20°C-тан 30°C-қа дейін (*Armillaria mellea*, *Lentinula edodes*, *Luophyllum ulmarium*, *Kuehneromyces mutabilis*, *Grifola frondosa*, *Piptoporus betulinus*) [27]. Сондай-ақ, *Lentinula edodes* штамдарының өсуі үшін оңтайлы температура 26°C, ал кейбір *Grifola frondosa* штамдары үшін 24-28°C [28]. *Lenzites betulina* саңырауқұлағының шартты-патогенді штамдарға әсерін зерттеуде әртүрлі температурада (5-28°C) тежеу аймақтарының өлшемінен анықталды (кесте-4).

#### **Кесте 4**

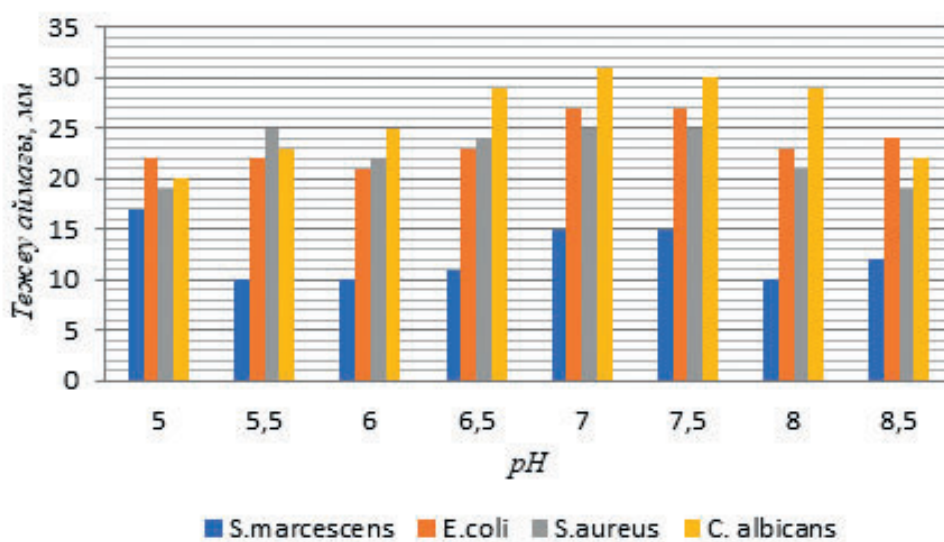
#### ***Lenzites betulina* штамының тест-культураларын тежеу аймақтарының температураға тәуелділігі, мм**

t°C	Тест-культураның тежеу аймағы, мм				Антибиотикалық белсенділіктің коэффициенті
	<i>S.marcescens</i>	<i>E. coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>C.albicans</i>	
5	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-
20	-	-	8,00±0,2	8,00±0,1	4,00
25	10,0±0,5	21,0±0,2	22,0±0,3	28,0±0,5	21,0
28	14,0±0,1	29,0±0,2	25,0±0,1	33,0±0,2	25,0

Тәжірибе нәтижелерінен саңырауқұлақ штамының тест-культураларға белсенді әсері  $t-25^{\circ}\text{C}$  және  $28^{\circ}\text{C}$  температураларда тежеу аймақтарының өсуімен сипатталады. Ал  $t-5^{\circ}\text{C}$  және  $15^{\circ}\text{C}$  температураларда саңырауқұлақ штамының тест-культураларға антагонистік белсенділік көрсетпеді, тек қана  $20^{\circ}\text{C}$  температурада саңырауқұлақ штамының биологиялық әсері *S.aureus* және *Candida albicans* тест-культураларында байқалды (8 мм-ден). Яғни, саңырауқұлақтың өсу белгілері болмағанымен, тіршілік ету қабілетін сақталуымен сипатталады, себебі температураның одан әрі жоғарылауы барысында тежеу аймақтарының пайда болуымен ерекшеленеді. Тәжірибе нәтижелерінен әртүрлі температурада саңырауқұлақ штамының антагонистік белсенділігі  $28^{\circ}\text{C}$  температурада жоғары болды.

Саңырауқұлақтардың көптеген түрлері қышқылдықтың әртүрлі мәндерінде өседі, көбінесе жоғары базидиомицеттердің мицелийінің өсуіне қолайлы рН 5,0-6,0 диапазоны болып табылады. *Trametes* туысының базидиомицеттері 3,5-тен 7,5-ке дейін рН-ның кең диапазонында өсуге қабілетті, алайда ортаның рН-ы туыстар мен түрлер арасында айырмашылықтарға ие. Сутегі иондарының (рН) концентрациясының әртүрлі мәндеріндегі культураның өсуін зерттеу *T. versicolor* 353 штамында мицелийдің белсенді өсуі ортасы рН - 4,5-тен 6,5-ке дейін өсетіні анықталды [29,30].

Біздің зерттеуімізде *Lenzites betulina* саңырауқұлағының антимикробты белсенділігін арттыру мақсатында қолайлы рН-ортасына зерттеу жүргізілді. Ол үшін әртүрлі рН 5,0-9,0 орталарында саңырауқұлақтың индикаторлы тест-культураларға *S. marcescens*, *E. coli*, *S.aureus*, *Candida albicans* әсері тежеу аймақтарының өлшемінен анықталды (сурет-2).



Сурет 2. *Lenzites betulina* штамының тест-культураларын тежеу аймақтарының әртүрлі рН ортасына тәуелділігі, мм

Саңырауқұлақ культурасының әртүрлі рН 5,0-9,0 аралығында антагонистік белсенділігі *S. marcescens* тест-культурасында ең жоғары көрсеткіш рН-2-де тежеу аймағы - 17,0мм және рН - 7,5-8,0 тежеу аймағы - 15,0 мм құрады. *E.coli* тест-культурасында ең жоғары көрсеткіш рН - 7,5-8,0 тежеу аймағы - 27,0 мм құрады. *Lenzites betulina* саңырауқұлағының антибиотиктік қасиеті *E.coli* тест-культурасында рН-тың барлық мәндерінде жоғары болды. Келесі *S.aureus* тест-культурасында тежеу аймағының жоғары көрсеткіші рН - 7,5- 8,0 мәндерінде - 25,0 мм құрады. Ал *C. albicans* тест-культурасында да рН - 7,5-8,0 тежеу аймағы - 31,0 мм құрады.



Тәжірибе нәтижелерінен *Lenzites betulina* саңырауқұлағының әртүрлі рН 5,0-9,0 мәндерінде тест-культураларға антагонистік белсенділігін зерттеу барысында ең қолайлы рН 7,5-8,0 ортасы екендігі анықталды.

### Зертханалық жағдайда *Lenzites betulina* саңырауқұлағын сұйық қоректік ортада антибиотиктерді синтездеу қабілетін зерттеу

Жаңа антибиотиктерді продуцирлеуші ретінде микроорганизмдердің штамдарын іздестіру көптеген патогенді микробтарда актиномицет сериясының антибиотиктеріне төзімділіктің пайда болуына байланысты ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Антибиотикалық қасиеттері бар заттарды синтездеуші ретінде ксилотрофты саңырауқұлақтар жеткілікті зерттелмеген.

Осыған байланысты *Lenzites betulina* саңырауқұлағының антибиотикалық белсенділігіне бағалау жүргізілді. Сынақ объектілері ретінде: *S. marcescens*, *E. coli*, грам оң *Staphylococcus aureus* бактериясы және *Candida albicans* саңырауқұлағы қолданылды. *Lenzites betulina* саңырауқұлағын өсірудің ең тиімді тәсілі - 1 литрге 28°C, рН - 7,5 температурада, глюкоза - 30,0 г және пептон - 12,5 г глюкозасы бар сұйық Сабура ортада беттік өсіру 22 тәулікті құрады. Культуралды сұйықтық (КС) мицелийден центрифугалау арқылы бөлініп, фугаттың белсенділігі анықталды (кесте-5).

### Кесте 5

#### *Lenzites betulina* саңырауқұлағының сығындыларында антибиотикалық белсенділігі

Нұсқа	Тәулік	Тест-культураны тежеу аймағы, мм			
		<i>S.marcescens</i>	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>C. albicans</i>
1	1	7,0±0,4	12±0,3	16±0,3	12±0,3
2	3	10±0,7	22±0,1	25±0,1	23±0,4
3	5	10±0,3	21±0,2	22±0,1	25±0,2
4	7	11±0,1	23±0,4	24±0,5	29±0,2
5	9	15±0,1	27±0,1	25±0,2	31±0,3
6	12	10±0,2	35±0,4	29±0,3	39±0,1
7	16	14±0,1	40±0,2	36±0,2	43±0,2
8	22	13±0,2	38±0,3	31±0,4	38±0,2

*Lenzites betulina* саңырауқұлағына тестілеу тәжірибесін жүргізу барысында, ксилотрофтың бактерицидті немесе фунгицидті белсенділік көрсетіндігі байқалды. 5-кестеде *Lenzites betulina* культурасында тәулік аралығында тест-культураларда тежеу аймағы біртіндеп жоғарылайды. Әсіресе, саңырауқұлақ сығындыларының *Candida albicans* – 43 мм және *E.coli*-40 мм тест-культураларына қатынасы жоғары белсенділікке ие болды. Сонымен қатар саңырауқұлақ культурасының антибиотикалық белсенділігі тест-культураларға селективті әсер ету қасиетімен сипатталады. *S.aureus* тест-культурасын тежеу аймағы 16 тәулікте жоғары болды (36 мм), саңырауқұлақтың *S.marcescens*-ке қатынасында жоғары көрсеткіш 9 тәулікте байқалды, яғни тежеу аймағы – 15 мм құрады. Ал *E.coli* таяқшасына және *C. albicans* тест-культураларына антибиотикалық белсенділігі 16 тәулікте жоғары мәнге: 40 мм; 43 мм ие болды.

## Қорытынды

Ағаш шірігін тудыратын жоғары сатылы базидиомицет саңырауқұлағының түрлік құрамына талдау жүргізілді. Талдау барысында саңырауқұлақтың культуралды – морфологиялық және молекулалық-генетикалық қасиеттері саңырауқұлақтың *Lenzites betulina* түріне жататындығы анықталды. Саңырауқұлақтың антимицеттік белсенділігін арттыру мақсатында қоректік орта құрамы модификацияланды. Тәжірибе нәтижесінде Сабуро қоректік орта құрамындағы көміртегінің - 50 г мен азот - 12,5 г концентрациялары саңырауқұлақ колонияларының өсуіне белсенді оң әсер етті.

Сонымен қатар саңырауқұлақтың индикаторлы тест-культураларға *S. marcescens* *E. coli*, *S. aureus*, *Candida albicans* антагонистік белсенділігіне әртүрлі (t-5-28°C) температуралардың және рН-орталарының (5,0-9,0) әсері зерттелді. Нәтижесінде саңырауқұлақ штаммының тест-культураларға антагонистік белсенділігі - 28°C температурада және рН 7,5-8,0 қолайлы ортада жүретіндігі анықталды.

*Lenzites betulina* саңырауқұлағының бактерицидті немесе фунгицидті белсенділігі тест-культураларда тежеу аймағының біртіндеп жоғарылауымен ерекшеленді. Әсіресе, саңырауқұлақ сығындыларының әсері *Candida albicans* – 43 мм және *E. coli* – 40 мм тест-культураларында ең жоғары көрсеткішке ие болды. Сонымен қатар саңырауқұлақ культурасының антибиотикалық белсенділігі *S. aureus* тест-культурасын тежеу аймағы 16 тәулікте жоғары болды (36 мм), ал *S. marcescens*-ке қатынасында жоғары көрсеткіш 9 тәулікте байқалды, яғни тежеу аймағы – 15 мм құрады.

**Қаржыландыру.** Бұл зерттеулерді (IRN BR18574066) Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі, ғылым комитеті қаржыландырды.

## Әдебиеттер тізімі

1. Щерба В.В. Грибные метаболиты - основа функциональных препаратов нового поколения // Материалы второй Международной научной конференции «Медико-социальная экология личности: состояние и перспективы». – Минск: «БГУ», 2005. – С. 175.
2. Denisova N.P. Healing properties of mushrooms. Ethno-mycological essay. – Saint Petersburg: Publishing house “State Medical University”, 1998. – 259 p.
3. Plyina G.V. Ecological and physiological potential of natural isolates of xylophilic basidiomycetes. Dissertation for the doctor of biological sciences: 2011. – 432 p.
4. Гарибова Л.В. Обзор и анализ современных систем грибов. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1999. – 28 с.
5. Liang X., Ni X., Han L.P. Advances in bioactivities of polysaccharides from edible medicinal fungi // J. Changchun Norm Uni. – 2018. – Vol. 3. – P. 82-85.
6. Sadgrove N.J., Senbill H., Ben-Erik Van Wyk., Greatrex B.W. New labdanes with antimicrobial and acaricidal activity: Terpenes of Callitris and Widdringtonia (Cupressaceae) // Antibiotics (Basel). – 2020. – Vol. 9(4). – P. 173.
7. Merad N., Andreu V., Chaib S. de Carvalho Augusto R., Duval D., Bertrand C., Boumghar Y., Pichette A., Djabou N. Essential oils from two Apiaceae species as potential agents in organic crops protection // Antibiotics. – 2021. – Vol. 10. – P. 636.
8. Гарибова Л.В. Основы микологии. Морфология и систематика грибов и грибоподобных организмов. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 207 с.
9. Рабинович М.Л., Болобова А.В., Кондращенко В.И. Теоретические основы биотехнологии древесных композитов // Древесина и разрушающие ее грибы. – 2001. – Т. 1. – №5. – С. 264-275.
10. Биско Н.А., Бухало А.С., Вассер С.П. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубокой культуре. – Киев: Наук. думка, 1983. – 312 с.
11. Решетников С.В. Эволюция бесполого размножения высших базидиомицетов. – Киев: Наук. думка, 1991. – 185 с.

12. Сидоренко С.В. Перспективы контроля распространения антибиотикорезистентности // Антибиотики и химиотерапия. – 1998. – № 7. – С. 3-6.
13. Ильина Г.В. Интенсивность накопления мицелиальной биомассы ксилотрофных базидиомицетов в глубинной культуре в зависимости от параметров культивирования // Высшие базидиальные грибы: индивидуумы, популяции, сообщества. – Москва: Наука, 2008. – С. 188-189.
14. Скобанев А.В., Ильина Г.В. Эколого-трофические особенности распространенных в Пензенской области видов лигнинразрушающих базидиомицетов в природе и искусственной культуре // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения. – Пенза, 2008. – С. 399-400.
15. Hoshino F., Kajino T., Sugiyama H., Asami O., Takahashi H. Thermally stable and hydrogen peroxide tolerant manganese peroxidase (MnP) from *Lenzites betulinus* // FEBS Lett. – 2002. Vol. 530. – P. 249-252.
16. Guo L., Tan D.C., Hui F.Y., Gu F., Xiao K.M., Hua Y. Optimization of the cellulase-ultrasonic synergistic extraction conditions of polysaccharides from *Lenzites betulina* // Chem Biodiver. – 2019. – Vol. 16(11). – P. 16.
17. Wu Y., Xu F., Li X.S., Zhu J.H., Shen L.Q. Structural elucidation and antioxidant activity of LRP-I and LRP-II polysaccharide from *Leccinum rugosiceps* // Sc. Technol. Food Ind. – 2020. Vol. 41. – P. 8-14.
18. Teplyakova T.V., Psurtseva N.V., Kosogova T.A., Mazurkova N.A., Khanin V.A., Vlasenko V.A. Antiviral activity of polyporoid mushrooms (higher Basidiomycetes) from Altai Mountains (Russia) // Int. J. Med. Mushrooms. – 2012. Vol. 4. – P. 308-314.
19. Zaidman B.Z., Yassin M., Mahajna J., Wasser S.P. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2005. – Vol. 67(4). – P. 453-468.
20. Бухало А.С., Соломко Э.Ф., Пархоменко Л.П. Опыт глубинного выращивания *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. на комплексных средах // Производство высших съедобных грибов СССР. – Киев: Наука, 1978. – С. 29-32.
21. Фёдорова Т.В., Шахова Н.В., Кляйн О.И., Глазунова О.А., Малошенок Л.Г. Сравнительный анализ лигнолитического потенциала базидиальных грибов, принадлежащих к различным таксономическим и экологическим группам // Прикладная биохимия и микробиология. – 2013. – Т. 49. – № 6. – С. 570-579.
22. Иванов А.И., Ильина Г.В., Ильин Д.Ю., Скобанев А.В., Костычев А.А. Изучение биоаккумуляции химических элементов грибами как актуальное направление микологических исследований // Образование, наука, практика: инновационный аспект. – Пенза, 2008. – С. 33-38.
23. Дьяков М. Ю., Камзолкина О. В., Штаер О. В., Бисько Н. А. Морфологические признаки природных штаммов некоторых видов базидиомицетов и биологический анализ антимикробной активности в условиях глубинного культивирования // Микология и фитопатология. – 2010. – Т.44. – №3. – С. 225-239.
24. Халафян А.А. Статистический анализ данных. – Москва: Изд. ООО «Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
25. Мустафин К.Г., Ахметсадыков Н.Н., Бисько Н.А., Сулейменова Ж.Б., Нармуратова Ж.Б., Садуева Ж.К. Подбор оптимальных условий культивирования для повышенного синтеза биомассы базидиального гриба *Trametes versicolor* // Вестник КазНУ. – 2016. – №2. – С. 150-158.
26. Автономова А.В., Краснопольская Л.М., Максимов В.Н. Оптимизация состава питательной среды для погруженного культивирования *Ganoderma lucidum* // Микробиология. – 2006. – Т. 75. – №2. – С. 186-192.
27. Краснопольская Л.М. Грибы класса *Basidiomycetes* - источники лекарственных веществ // Современные проблемы микологии, альгологии и фитопатологии. – Москва: Наука, 1993. – С. 230-232.
28. Сашенкова С.А., Ильина Г.В., Козырева Н.С., Иванов А.И. Рост и морфологические особенности мицелия чистых культур трутовика серно-желтого *Laetiporus sulphureus* в зависимости от условий культивирования // Микология и фитопатология. – 2005. – Т. 39. – №1. – С. 35-40.
29. Гарибова Л.В., Ильина Г.В. Региональные коллекции мицелиальных культур как возможность сохранения природного разнообразия базидиомицетов, а также их физиолого-биохимических особенностей // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2009. – №1. – С. 38-39.
30. Ильина Г.В., Лыков Ю.С., Костычев А.А. Изучение антимикробной активности местных штаммов *Laetiporus sulphureus* Bond. et Sing. // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2009. – №2. – С. 178-179.

С.К. Наекова<sup>1,2</sup>, З.С. Сармурзина<sup>1</sup>, Г.М. Салхожаева<sup>2</sup>, Ж.Б. Текебаева<sup>1</sup>,  
Г.К. Мамытбекова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Республиканская коллекция микроорганизмов, Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

### Подбор оптимальных условий культивирования для повышения антимикробной активности базидиального гриба *Lenzites betulina*

**Аннотация.** В последние десятилетия все больше внимания уделяется изучению различных соединений, выделенных из высших базидиальных грибов. Проведен анализ таксономического видового состава грибов рода базидиомицеты, вызывающего белую гниль на березе. В ходе изучения культурально-морфологических и молекулярно-генетических свойств установлено, что культура грибов относится к виду *Lenzites betulina*.

Для повышения способности выделенного гриба синтезировать антимикробные соединения был модифицирован состав питательной среды (соотношение углерода и пептона), была подобрана оптимальная температура (28°C) и pH-среда (7,5-8,0). Также были изучены антагонистические свойства между тест-культурами *S.marcenscens*, *E. coli*, *S.aureus*, *Candida albicans* и культурой грибов *Lenzites betulina*. Исследование показало, что наибольшее антибиотическое воздействие грибов *Lenzites betulina* было оказано на культуру дрожжей *C. albicans* и бактерий *E.coli*. Таким образом, установлено, что грибы вида *Lenzites betulina* проявляют высокую бактерицидную и фунгицидную активность к условно-патогенным культурам дрожжей и бактерий.

**Ключевые слова:** *Lenzites betulina*, антимикробная активность, гриб, ксилотроф, фугат, тест-культура.

S.K. Nayekova<sup>1,2</sup>, Z.S. Sarmurzina<sup>1</sup>, G.M. Salkhozhayeva<sup>2</sup>, Zh.B. Tekebayeva<sup>1</sup>,  
G.K. Mamytbekova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Republican Collection of Microorganisms, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

### Selection of optimal cultivation conditions to increase the antimicrobial activity of the basidial fungus *Lenzites betulina*

**Abstract.** In recent decades, more and more attention has been paid to the study of various compounds isolated from higher basidial fungi. The analysis of the taxonomic species composition of fungi of the genus basidiomycetes causing white rot on birch is carried out. During the study of cultural - morphological and molecular - genetic properties, it was found that the culture of fungi belongs to the species *Lenzites betulina*.

To increase the ability of the isolated fungus to synthesize antimicrobial compounds, the composition of the nutrient medium (the ratio of carbon and peptone) was modified, the optimal temperature (28 °C) and pH medium (7.5-8.0) were selected. Antagonistic properties between the test cultures of *S.marcenscens*, *E. coli*, *S.aureus*, *C. albicans* and the culture of *Lenzites betulina* fungi were also studied. The study showed that the greatest antibiotic effect of *Lenzites betulina* fungi was exerted on the culture of *C.albicans* yeast and *E.coli* bacteria. Thus, it was found that fungi of the *Lenzites betulina* species exhibit high bactericidal and fungicidal activity to opportunistic yeast and bacterial cultures.

**Keywords:** *Lenzites betulina*, antimicrobial activity, mushroom, xylophore, fugate, test culture.

## References

1. SHCHerba V.V. Gribnye metabolity - osnova funkcional'nyh preparatov novogo pokoleniya, Materialy vtoroj Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Mediko-social'naya ekologiya lichnosti: sostoyanie i perspektivy», Minsk: «BGU» [Mushroom metabolites are the basis of functional drugs of a new generation, Proceedings of the Second International Scientific Conference "Medical and Social Ecology of Personality: State and Prospects", Minsk: "BSU", 175 (2005). [in Russian]
2. Denisova N.P. Healing properties of mushrooms. Ethno-mycological essay (Saint Petersburg: Publishing house "State Medical University", 1998, 259 p.).
3. Ilyina G.V. Ecological and physiological potential of natural isolates of xylophilic basidiomycetes. Dissertation for the doctor of biological sciences: 2011, 432 p.
4. Garibova L.V. Obzor i analiz sovremennyh sistem gribov [Review and analysis of modern fungal systems] (Petrozavodsk: Karelskij nauchnyj centr RAN, 1999, 28 s.) [Petrozavodsk: Karelian Scientific Center RAS, 1999, 28 p.]. [in Russian]
5. Liang X., Ni X., Han L.P. Advances in bioactivities of polysaccharides from edible medicinal fungi, J. Changchun Norm Uni., 3, 82-85 (2018).
6. Sadgrove N.J., Senbill H., Ben-Erik Van Wyk., Greatrex B.W. New labdanes with antimicrobial and acaricidal activity: Terpenes of Callitris and Widdringtonia (Cupressaceae), Antibiotics (Basel), 9(4), 173 (2020).
7. Merad N., Andreu V., Chaib S. de Carvalho Augusto R., Duval D., Bertrand C., Boumghar Y., Pichette A., Djabou N. Essential oils from two Apiaceae species as potential agents in organic crops protection, Antibiotics, 10, 636 (2021).
8. Garibova L.V. Osnovy mikologii. Morfologiya i sistematika gribov i gribopodobnyh organizmov [Fundamentals of mycology. Morphology and systematics of fungi and fungi-like organisms] (Moskva: Tovarishchestvo nauchnyh izdanij KMK, 2005, 207 s.) [Moscow: Association of Scientific Publications KMK, 2005, 207 p.]. [in Russian]
9. Rabinovich M.L., Bolobova A.V., Kondrashchenko V.I. Teoreticheskie osnovy biotekhnologii drevesnyh kompozitov, Drevesina i razrushayushchie ee griby [Theoretical foundations of biotechnology of wood composites // Wood and fungi that destroy it], 1(5), 264-275 (2001). [in Russian]
10. Bisko N.A., Buhalo A.S., Vasser S.P. Vysshie s'edobnye bazidiomicety v poverhnostnoj i glubinnoj kul'ture [Higher edible basidiomycetes in surface and deep culture] (Kiev: Nauk. dumka, 1983, 312 s.) [Kyiv: Nauk. Dumka, 1983, 312 p.]. [in Russian]
11. Reshetnikov S.V. Evolyuciya bespologo razmnozheniya vysshih bazidiomicetov [Evolution of asexual reproduction in higher basidiomycetes] (Kiev: Nauk. dumka, 1991, 185 s.) [Kyiv: Nauk. Dumka, 1991, 185 p.]. [in Russian]
12. Sidorenko S.V. Perspektivy kontrolya rasprostraneniya antibiotikorezistentnosti, Antibiotiki i himioterapiya [Prospects for controlling the spread of antibiotic resistance, Antibiotics and chemotherapy], 7, 3-6 (1998). [in Russian]
13. Il'ina G.V. Intensivnost' nakopleniya micelial'noj biomassy ksilotrofnyh bazidiomicetov v glubinnoj kul'ture v zavisimosti ot parametrov kul'tivirovaniya, Vysshie bazidial'nye griby: individuumy, populyacii, soobshchestva [The intensity of accumulation of mycelial biomass of xylophilic basidiomycetes in deep culture depending on cultivation parameters, Higher basidiomycetes: individuals, populations, communities] (Moskva: Nauka, 2008, 188-189 s.) [Moscow: Science, 2008, 188-189 p.]. [in Russian]
14. Skobanev A.V., Il'ina G.V. Ekologo-troficheskie osobennosti rasprostranennyh v Penzenskoj oblasti vidov ligninrazrushayushchih bazidiomicetov v prirode i iskusstvennoj kul'ture, Bioraznoobrazie: problemy i perspektivy sohraneniya [Ecological and trophic features of species of lignin-degrading basidiomycetes common in the Penza region in nature and artificial culture, Biodiversity: problems and prospects for conservation] (Penza, 2008, 399-400 s.) [Penza, 2008, 399-400 p.]. [in Russian]
15. Hoshino F., Kajino T., Sugiyama H., Asami O., Takahashi H. Thermally stable and hydrogen peroxide tolerant manganese peroxidase (MnP) from *Lenzites betulinus* // FEBS Lett. – 2002. Vol. 530. – P. 249-252.
16. Guo L., Tan D.C., Hui F.Y., Gu F., Xiao K.M., Hua Y. Optimization of the cellulase-ultrasonic synergistic extraction conditions of polysaccharides from *Lenzites betulina*, Chem Biodiver., 16(11), 16 (2019).
17. Wu Y., Xu F., Li X.S., Zhu J.H., Shen L.Q. Structural elucidation and antioxidant activity of LRP-I and LRP-II polysaccharide from *Leccinum rugosiceps*, Sc. Technol. Food Ind., 41, 8-14. (2020).

18. Teplyakova T.V., Psurtseva N.V., Kosogova T.A., Mazurkova N.A., Khanin V.A., Vlasenko V.A. Antiviral activity of polyporoid mushrooms (higher Basidiomycetes) from Altai Mountains (Russia), *Int. J. Med. Mushrooms*, 4, 308-314 (2012).

19. Zaidman B.Z., Yassin M., Mahajna J., Wasser S.P. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 67(4), 453-468 (2005).

20. Buhalo A.S., Solomko E.F., Parhomenko L.P. Opyt glubinnogo vyrashchivaniya *Pleurotus ostrestus* (Fr.) Kumm. na kompleksnyh sredah. Proizvodstvo vysshih s"edobnyh gribov SSSR [Experience of deep cultivation of *Pleurotus ostrestus* (Fr.) Kumm. on complex media, Production of higher edible mushrooms of the USSR] (Kiev: Nauka, 1978, 29-32 s.) [Kyiv: Nauka, 1978, 29-32 p.]. [in Russian]

21. Fyodorova T.V., SHahova N.V., Klyajn O.I., Glazunova O.A., Maloshenok L.G. Sravnitel'nyy analiz lignoliticheskogo potentsiala bazidial'nyh gribov, prinadlezhashchih k razlichnym taksonomicheskim i ekologicheskim gruppam, Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya [Comparative analysis of the ligninolytic potential of basidiomycetes belonging to various taxonomic and ecological groups, Applied biochemistry and microbiology], 49(6), 570-579 (2013). [in Russian]

22. Ivanov A.I., Il'ina G.V., Il'in D.YU., Skobanov A.V., Kostychev A.A. Izuchenie bioakkumulyatsii himicheskikh elementov gribami kak aktual'noe napravlenie mikologicheskikh issledovaniy, Obrazovanie, nauka, praktika: innovatsionnyy aspekt [Study of bioaccumulation of chemical elements by fungi as a current direction of mycological research, Education, science, practice: innovative aspect] (Penza, 2008, 33-38 s.) [Penza, 2008, 33-38 p.]. [in Russian]

23. Дьяков М. Ю., Камзолкина О. В., Штаер О. В., Бисько Н. А. Морфологические признаки природных штаммов некоторых видов базидиомицетов и биологический анализ антимикробной активности в условиях глубокого культивирования, Микология и фитопатология [Morphological characteristics of natural strains of some species of basidiomycetes and biological analysis of antimicrobial activity under deep cultivation conditions, Mycology and Phytopathology], 44(3), 225-239 (2010). [in Russian]

24. Halafyan A.A. Statisticheskij analiz dannyh [Statistical data analysis] (Moskva: Izd. OOO "Binom-Press, 2007, 512 s.) [Moscow: Publishing house: Binom-Press LLC, 2007, 512 p.]. [in Russian]

25. Mustafin K.G., Ahmetsadykov N.N., Bis'ko N.A., Sulejmenova ZH.B., Narmuratova ZH.B., Sadueva ZH.K. Podbor optimal'nyh uslovij kul'tivirovaniya dlya povyshennogo sinteza biomassy bazidial'nogo griba *Trametes versicolor*, Vestnik KazNU [Selection of optimal cultivation conditions for increased biomass synthesis of the basidiomycete fungus *Trametes versicolor*, Vestnik KazNU], 2, 150-158 (2016). [in Russian]

26. Avtonomova A.B., Krasnopol'skaya L.M., Maksimov V.N. Optimizatsiya sostava pitatel'noj sredy dlya pogruzhennogo kul'tivirovaniya *Ganoderma lucidum*, Mikrobiologiya [Optimization of the composition of the nutrient medium for submerged cultivation of *Ganoderma lucidum*, Microbiology], 75(2), 186-192 (2006). [in Russian]

27. Krasnopol'skaya L.M. Griby klassa Basidiomycetes - istochniki lekarstvennyh veshchestv. Sovremennye problemy mikologii, al'gologii i fitopatologii [Fungi of the class Basidiomycetes - sources of medicinal substances // Modern problems of mycology, algology and phytopathology] (Moskva: Nauka, 1993, 230-232 s.) [Moscow: Science, 1993, 230-232 p.]. [in Russian]

28. Sashenkova S.A., Il'ina G.V., Kozyreva N.S., Ivanov A.I. Rost i morfologicheskie osobennosti miceliya chistyyh kul'tur trutovika serno - zheltogo *Laetiporus sulphureus* v zavisimosti ot uslovij kul'tivirovaniya, Mikologiya i fitopatologiya [Growth and morphological features of the mycelium of pure cultures of the yellow sulfur polypore *Laetiporus sulphureus* depending on cultivation condition, Mycology and phytopathology], 39(1), 35-40 (2005). [in Russian]

29. Garibova L.V., Il'ina G.V. Regional'nye kollektsii micelial'nyh kul'tur kak vozmozhnost' sohraneniya prirodnogo raznoobraziya bazidiomicetov, a takzhe ih fiziologo-biohimicheskikh osobennostej, Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya [Regional collections of mycelial cultures as an opportunity to preserve the natural diversity of basidiomycetes, as well as their physiological and biochemical characteristics, Immunopathology, allergology, infectology], 1, 38-39 (2009). [in Russian]

30. Il'ina G.V., Lykov YU.S., Kostychev A.A. Izuchenie antimirkrobnoj aktivnosti mestnyh shtammov *Laetiporus sulphureus* Bond. et Sing., Immunopatologiya, allergologiya, infektologiya [Study of the antimicrobial activity of local strains of *Laetiporus sulphureus* Bond. et Sing., Immunopathology, allergology, infectology], 2, 178-179 (2009). [in Russian]

### **Авторлар туралы мәлімет:**

**Наекова С.К.** – аға ғылыми қызметкер, биология ғылымдарының магистрі, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

**Сармурзина З.С.** – биология ғылымдарының кандидаты, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

**Салхожаева Г.М.** – аға оқытушы, биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан көшесі, 13, Астана, Қазақстан

**Текебаева Ж.Б.** – микробиология зертханасының меңгерушісі қызметін атқарушы, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

**Мамытбекова Г.К.** – аға ғылыми қызметкер, ветеринария ғылымдарының магистрі, Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы, Ш. Уәлиханов көшесі, 13/1, Астана, Қазақстан.

**Naeykova S.K.** – Senior Researcher, Master of Biological Sciences, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

**Sarmurzina Z.S.** – Candidate of Biological Sciences, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

**Salkhozhayeva G.M.** – Candidate of Biological Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, K. Munaytpasov 13, Astana, Kazakhstan.

**Tekebayeva Zh.B.** – Acting Head of the Laboratory of Microbiology, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.

**Mamytbekova G.K.** – Senior Researcher, Master of Veterinary Sciences, Republican Collection of Microorganisms, 13/1 Sh. Ualikhanov str., Astana, Kazakhstan.