

К.Г. Мустафин<sup>1</sup>, Н.А. Бисько<sup>2</sup>, А.К. Калиева<sup>3\*</sup>, Ж.Б. Нармуратова<sup>1</sup>,  
А.С. Жакипбекова<sup>1</sup>, Ж.К. Садуева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Антиген» Ғылыми-өндірістік кәсіпорны ЖШС, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Украина ҰҒА Ботаника институтының Микология зертханасы, Киев, Украина;

<sup>3</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан

\*Хат-хабарға арналған автор: aigul\_03@mail.ru

## ***Ganoderma* және *Trametes* туысына жататын саңырауқұлақтарын терең өсіру жағдайындағы биомасса синтезі деңгейі бойынша скринингі**

Мақалада әртүрлі құрамдағы қоректік ортада биомассаның өсу және жинақталу жылдамдығы бойынша белсенді болып табылатын *Ganoderma* және *Trametes* туысы дәрілік саңырауқұлақтарының коллекциялық дақылдары арасында штамдарды іздеуге бағытталған зерттеулер келтірілген. Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтар коллекциясынан алынған әр түрлі географиялық шығу тегі *G. lucidum* туысының 27 штамы және *Trametes* (Fr) туысының 29 штамы зерттелді. Зерттелген штамдардың вегетативті мицелийінің радиалды өсу қарқыны және олардың әр түрлі қоректік ортадағы дақылды-морфологиялық өсу ерекшеліктері зерттелді. Зерттелген *G. lucidum* және *T. versicolor* штамдары арасында көміртекті мен азотты қоректендірудің әртүрлі көздері бар орталарда биомассаның жинақталу деңгейі бойынша белгілі бір айырмашылықтары анықталды. Барлық зерттелген дақылдар жұмыста қолданылған көміртегі мен азот көздерінде әртүрлі қарқындылықпен өсе алады. Екі факторлы тәжірибенің дисперсиялық талдауын қолдану штамдардың биологиялық ерекшеліктеріне немесе олардың өзара әрекеттесуі биомасса биосинтезіне және қоректендіру көздерінің әсерін толық нақтылауға мүмкіндік берді. Мицелиялды колониялардың дақылды-морфологиялық ерекшеліктерін, вегетативті мицелийдің радиалды өсу қарқынын, биомассаның жинақталу деңгейін *Trametes* (Fr) және *G. lucidum* туысы саңырауқұлақтарын әртүрлі құрамдағы сұйық қоректік заттардың алты түріне зерттеу негізінде биомассаның жинақталу деңгейі бойынша ең өнімді *T. versicolor* 353 және *G. lucidum* 1621 штамдары болды. Олар әрі қарай зерттеулер жүргізу үшін таңдалды.

*Кілт сөздер:* базидиальды саңырауқұлақтар, *G. lucidum*, *T. versicolor*, штамм, биомасса, скрининг, мицелий, азот, көміртегі.

### *Kipicne*

Қазіргі уақытта биотехнология мен эксперименттік микологияның басым бағыттарының бірі емдеу-сауықтыру өнімдерін алудың жаңа бәсекегеқабілетті және импортты алмастыратын перспективалы көздерін іздеу және зерттеу болып табылады. Осыған байланысты құрамында биологиялық белсенді заттардың бірегей кешені бар базидиальды саңырауқұлақтар үлкен қызығушылық тудырады. Соңғы кездері негізінде оларды адам ағзасындағы физиологиялық функцияларды реттеу үшін қолдануға мүмкін болуына байланысты, жемісті денелерінен және дәрілік саңырауқұлақтардың мицелийінен тағамдық қоспалар мен емдік-сауықтыру препараттарды жасауға көбірек көңіл бөлінді. Атап айтқанда, олар ісікке қарсы және иммуномодуляциялық қасиеттері бар жаңа полисахаридтердің көзі болып табылады [1–3].

Жоғары базидиальды саңырауқұлақтар *Ganoderma lucidum* (рейши), *Trametes versicolor* (көп түсті трутовик), *Lentinus edodes* (шиитаке), *Inonotus obliquus* (чага) және басқалары жүздеген жылдар бойы Кореяда, Қытайда, Жапонияда және Шығыс Ресейде жиналып, қолданылды [4]. Ксилотрофты саңырауқұлақтардың ең перспективалы түрлерінің бірі *Ganoderma lucidum* (*G. lucidum*) және *Trametes versicolor* (*T. versicolor*). Қазіргі уақытта Оңтүстік–Шығыс Азия халықтары екі мың жылдан астам уақыт бойы дәрілік мақсатта пайдаланып келген базидиальды саңырауқұлақтардың ең танымал түрлерінің бірі *G. lucidum* (лакталған трутовик немесе рейши) базидиальды саңырауқұлағының биологиялық белсенді қосылыстарын белсенді іздестіру жүргізілуде. Соңғы онжылдықтардағы қарқынды зерттеулер бактерияға, зенге және вирусқа қарсы белсенділігі бар, сондай-ақ гипополипидемиялық, гипогликемиялық, иммуностимулдеуші ісікке қарсы және басқа да әсері бар биологиялық белсенді *G. lucidum* метаболиттерін анықтауға алып келді [5–9]. Нәтижесінде саңырауқұлақтың жемісті денелері-

не негізделген диеталық қоспалар, шай және тоник сусындарының көптеген патенттелген түрлері жасалды.

*G. lucidum* саңырауқұлағынан басқа, биологиялық белсенді заттардың тағы бір перспективалы өндірушісі базидиальды макромицет *Trametes versicolor* (көп түсті трутовик) — көптеген ауруларға қарсы дәрі ретінде қолдануда мыңжылдық тарихы бар саңырауқұлақ. *Trametes* туысына жататын базидиальды саңырауқұлақтары табиғатта кең таралған және Шығыс медицинасында бұрыннан бері қолданылып келе жатқан жеуге жарамайтын афилофоральды саңырауқұлақтарға жатады. *Trametes* туысының өкілдері дәрілік қасиеттердің кең спектріне ие, олардың арасында: вирусқа, бактерияға қарсы, гепатопротекторлық, иммуномодуляциялық және онкостатикалық, сонымен қатар олар жоғары өсу қарқынымен және уыттылықтың болмауымен сипатталады [10–15].

Алайда, мұндай препараттардың өнеркәсіптік шығарылымына шектеулер бар. Олардың ішіндегі ең маңыздылары шикізаттың табиғи көздерінің шектеулі болуы және қажетті биологиялық белсенді қосылыстар құрамындағы кең өзгергіштік. Жасанды плантацияларды құру арқылы осы мәселелерді шешуге тырысу үлкен шығындарды талап етеді және олар түпкілікті өнімді стандарттау мәселелерін шешпейді, нәтижесінде мәлімделген биологиялық белсенділікке кепілдік бермейді. Бұл жағдайлар осы саңырауқұлақтарды өнеркәсіптік жағдайда өсіру негізінде заманауи биотехнологиялық тәсілдерді жасау қажеттілігін көрсетеді.

Биотехнологиялық әдістердің көмегімен жоғары саңырауқұлақтардың биомассасын алудың маңызды артықшылығы дәрі-дәрмектерді өндірудің шексіз мүмкіндігі мен қалдықсыздығы, шикізат ресурстарының тапшылығы болып табылады. Дәрілік саңырауқұлақтарды өсірудің заманауи технологиялары олардың биологиялық қасиеттері туралы іргелі білімге негізделген. Бұл саңырауқұлақ денесінің маңызды функцияларын бақылауға, мицелийдің биомассасын және қажетті сападағы метаболизм өнімдерін қажетті мөлшерде алуға мүмкіндік береді. Осыған байланысты олардың биологиялық қасиеттерін одан әрі зерттеу мақсатында терең өсіру жағдайында *Ganoderma lucidum* және *Trametes versicolor* саңырауқұлақтарының биомассасын алуға бағытталған зерттеулер жүргізу өзекті болып табылады.

#### *Зерттеу материалдарымен әдістері*

Зерттеу нысандары ретінде Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтар коллекциясынан алынған әртүрлі географиялық шығу тегі *G. lucidum* 27 штамының және *Trametes* (Fr) туысының 5 түрінің 29 штамының таза дақылдары болды.

Дақылдардың радиалды өсу динамикасын зерттеу және *Trametes* туысының дақылдар колонияларының морфологиясын сипаттау сусло-агар ортасында (СА), картоп-глюкоза агарында (СГА) және Норкранс синтетикалық ортасында (СН) жүргізілді. Бұл орталар көбінесе базидиальды саңырауқұлақтарды өсіру үшін қолданылады. Ал көптеген отандық микологтар СА-ды дақылдардың морфологиялық қасиеттерін зерттеудің стандартты ортасы ретінде қолданылады. Колониялардың сипаттама-сы жалпы қабылданған талаптарға сәйкес жүргізілді.

*Trametes* туысына жататын саңырауқұлақ колонияларының өсу динамикасы екі агаризацияланған ортада зерттелді: Баллинг бойынша (СА) 8° сусло-агарда және 28±1 °С температурада картоп-глюкоза ортасында (КГА). Орталар жалпы қабылданған әдістерге сәйкес дайындалды.

Жақсы сандық деректерді алу үшін себінді материалы ретінде СА-да өсірілген 5–8 күндік белсенді өсіп келе жатқан дақылдар пайдаланылды. Диаметрі 7 мм мицелий дискілері белсенді өсіп келе жатқан колонияның шегінен 8–10 мм қашықтықта стерильді болат түтікпен кесілді. Содан кейін олардың мицелийі Петри табақшасының ортасына диаметрі 90 мм болатын әртүрлі агаризацияланған орталарға орналастырылды. Өсудің басталу уақытын дәл белгілей отырып (туыс дискісінен тыс мицелийдің пайда болуы), дақылдар термостатта 28±1 °С температурада инкубацияланды. Саңырауқұлақ дақылдары 20 күн бойы өсірілді.

Бір тәуліктен соң ортада толығымен өскеннен кейін колониялардың радиусы екі өзара перпендикуляр бағытта өлшенді. Радиалды өсудің орташа жылдамдығын (VR, ММ / тәулік) есептеу үшін мицелийалды колонияның радиусының өсіру уақытына тәуелділік қисықтары салынды және радиус өсуінің уақытқа сызықтық тәуелділік фазасында 8–12 параллель өлшеулер негізінде орташа өсу қарқыны формула бойынша анықталды:  $VR = (a-b) / n$ , мұндағы а — сызықтық өсу фазасының соңындағы колонияның радиусы, мм; В — сызықтық өсу фазасының басындағы колонияның радиусы, мм; n — сызықтық өсу фазасының ұзақтығы, тәулік.

Терең өсіру жағдайында биомассаның максималды мөлшерін тиімді жинауда *T. versicolor* саңырауқұлағына скрининг жасау үшін, табиғи орталар (Баллинг бойынша 8° сыра суслосы (СС)), кешенді (глюкоза-пептон ортасы (ГП)) және глюкоза-пептон-ашытқы ортасы (ГПА)), мочеви́на қосылмаған глюкоза-аммоний (ГА), картоп-глюкоза (КГ), Норкранс (СН) синтетикалық ортасы қолданылды.

Стационарлық өсінді. Тәжірибелер колбадағы қоректік орта мөлшері — 50 мл болатын көлемі 100 мл конустық колбаларда жүргізілді. Инокулум ретінде 28°C температурада СА-да (агаризацияланған сыра суслосы) алдын-ала өсірілген әрбір штамның 7 тәуліктік дақылының мицелийімен диаметрі 7 мм үш диск қолданылды. Стационарлық өсіру төмендегі құрамдағы сұйық ортада жүргізілді:

1) синтетикалық орта (А), г/л: глюкоза — 25,0;  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  — 4,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  — 0,5;  $\text{CaCl}_2$  — 0,1;  $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  — 0,02;  $\text{FeSO}_4$  — 0,02;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  — 0,001;  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  — 0,02; су — 1 л.

2) глюкозо-аспарагин ортасы (ГА), (г/л): глюкоза — 10,0; аспарагин — 0,4;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  — 0,5; су — 1 л.

Терең өсіру. Тәжірибелер зертханалық шайқағыштарға (80 және 150 айн/мин) 50 мл сұйық ортасы бар 250 мл Эрленмейер колбаларына қойылды. Орталар белгілі бір штамның гомогенделген биомассасымен егілді (көлемі бойынша 10 %) және  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  температурада инкубацияланды [16]. Терең өсіру келесі құрамдағы сұйық ортада жүргізілді:

1) глюкозо-пептон-ашытқы ортасы (ГПА), г/л: глюкоза — 25,0; пептон — 3,0; ашытқы экстракты — 2,0;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 1,0;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  — 0,25; су — 1 л.

2) «Яготинск май зауыты» ААК өндірген отандық сүт сарысуы, массалық бөлігі (%): лактоза — 60; ақуыз — 10; майлар — 2; сүт қышқылы — 7,85; витаминдер — 0,15; күл — 7.

3) жергілікті крахмал жармасы («Кремний крахмал зауыты» ААК өндірісінің қалдығы) — 20,0 г; су — 1 л. Құрамы, массалық бөлігі (%): крахмал — 76,3; ақуыз — 15,6; майлар — 1,3; эндополисахаридтер — 5,2; күл — 1,6.

Стерилизациядан бұрын барлық ортаның қышқылдығы 1N КОН және 1N HCl ерітінділерінің көмегімен белгілі бір рН мәндеріне жеткізілді. Алынған биомасса капрон сүзгілері арқылы сүзіліп, екі рет дистелденген сумен жуылды.  $105^\circ\text{C}$ -да тұрақты салмаққа жеткенше кептіру арқылы мицелийдің құрғақ салмағы анықталып, биомассаның массасына есептеу жүргізілді. Өсірудің соңында дақылдағы сұйықтықтың рН мәні өлшенді.

Нәтижелерді статистикалық өңдеу. Нақты және сенімді нәтижелер алу үшін тәжірибелер 3–5 қайтара жүргізілді. Штамдарды салыстырмалы зерттеу кезінде алынған нәтижелер статистикалық талдау әдістерімен өңделді, Microsoft office Excell компьютерлік пакеттері және StatSoft Statistika 6.0 көмегімен орташа квадраттық ауытқулардың, вариация коэффициенттерінің, сенімділік интервалдарының мәндері есептеледі. Кестелер мен суреттер 95 % ықтималдығы бар орташа статистикалық сенімді деректерді ұсынады.

#### Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

*Trametes* тектес саңырауқұлақтар бірінші кезеңде әртүрлі қоректік ортадағы мицелиалды колониялардың дақылды-морфологиялық ерекшеліктерін зерттеу қажет болды. Бұл тәсіл дамудың вегетативті кезеңінде саңырауқұлақ дақылдарын анықтауға, штамдарды тиісті физиологиялық күйде ұстауға және штамдардың бөгде микрофлорамен ығысуын болдырмауға мүмкіндік береді, мысалы, өндіріс процесінде, өсірудің қолайлы жағдайларын көрсетеді. Әртүрлі құрамдағы қоректік орталардағы *Trametes* туысы саңырауқұлағы колонияларының салыстырмалы дақылды-морфологиялық белгілері туралы мәліметтер 1-кестеде келтірілген.

Бірінші кестеде келтірілген мицелиалды колониялардың жоғарыда аталған сипаттамаларын талдау, өсіру барысында зерттелген орталарда колониялардың осындай негізгі морфологиялық түрлерінің пайда болғандығына қорытынды жасауға мүмкіндік береді: 1 — ұнтақты-киіз тәрізді, аймақтық; 2 — жібектей үлпілдек (1 сурет), уақыт өте келе киіз тәрізді; 3 — үлпек тәрізді, айқын сектормен агардан немесе ауа мицелийінен көтерілген кішкентай гифальды байламдарымен; 4 — үлпілдек, барқыт тәрізді, уақыт өте келе киіз тәрізді; 5 — былғары тәрізді. Әдетте, зерттелген түрлердің колониялары ақ түсті, дегенмен уақыт өте келе олардың көпшілігі басқа түске немесе реңкке ие болды. Әр түрлі штамдардың колонияларының түсіндегі өзгерістер келесі түрге ие болды: инокулумның айналасында кілегейдің пайда болуы, центрлік сары немесе ашық кілегейлі шеңберлер, біркелкі сары, ашық кілегей, кілегей немесе лимон сары реңктері. Тек синтетикалық Норкранс ортасында *T. zonatus*

2 штамы, *T. versicolor* 1 штамы, *T. hirsutus* 4 штамы, *T. villosa* 1 штамының колониялары ақ болып қалды.

Кесте 1

**Әртүрлі құрамдағы агаризацияланған қоректік ортадағы зерттелген саңырауқұлақ түрлерінің колонияларының морфологиялық сипаттамасы**

Түр	Қоректік орта		
	СА	КГА	СН
<i>Trametes zonatus</i>	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, аймақтық, тығыз немесе орташа тығыздықта, жас кезінде ақ, уақыт өте келе ашық кілегей, жиегі тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін, 14 күн ішінде бетіндегі колониялар агардан оңай бөлінетін былғары тәрізді жұқа қабықты құрайды	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, тығыз, ортасында мицелийі көбірек жұқа, аймақтық, ақ, уақыт өте келе ашық кілегей, кілегей сары немесе лимон сары, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгеріссіз, 14 күн ішінде бетіндегі колониялар былғары тәрізді қабық түзеді, ол агардан оңай бөлінеді	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, мөлдір, аймақтық, ақ, кілегей түсінің ескіруімен, уақыт өте келе өзгермейтін былғары тәрізді жұқа қабықты қалыптастырады,
<i>T.versicolor</i>	колониялар жібектей үлпілдек, содан кейін киіз тәрізді, орташа тығыздықта, жас кезінде ақ, уақыт өте келе ашық кілегей түстес, шеті субстратқа тегіс басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар киіз тәрізді, тығыз, ақ, уақыт өте келе кілегей немесе сары-кілегей, бетінде көптеген склеротиялар бар, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар үлпілдек, аймақтық, орташа тығыздықтағы, ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған. Колония бетінде эксудат тамшылары, қоңыр түсті реверзум
<i>T. hirsuta</i>	колониялар қабыршақ тәрізді, агардан немесе ауа мицелийінен көтерілген кішкентай гифальды байламдары бар, айқын секторы, орташа тығыздығы бар. Жас кезінде ақ, ескіру кезінде сары-кілегейлі, жиектері біркелкі емес, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум, 7 күн ішінде колония бетінде күшті былғары жұқа қабық түзеді	колониялар қабыршақ тәрізді, ортасында үлпілдек, аймақтық, әр түрлі тығыздықтағы сегменттері бар, радиалды гиф байламдарымен (сәулелер сияқты), ақ, уақыт өте келе кілегей немесе сары-кілегей тәрізді, шеті тегіс емес, субстратқа басылған, өзгермейтін, 7 күн ішінде колония бетінде күшті былғары жұқа қабық түзеді	колониялар киіз тәрізді, мөлдір, уақыт өте келе былғары жұқа қабық түзеді, ақ-сары-кілегей түсті, шеті тегіс емес, субстратқа басылған, реверзум өзгермейді
<i>T.pubescens</i>	колониялар үлпілдек, барқыт тәрізді, содан кейін концентрлік шеңберлері бар киіз тәрізді, уақыт өте келе былғары қабық түзеді. Бетінде көптеген склеротиялар бар. Орташа тығыздықтағы колониялар. Жас кезінде ақ, қартаю барысында сарғыш немесе кілегей түстес, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум, уақыт өте келе ақ түске айналады	колониялар үлпілдек, барқыт тәрізді, содан кейін концентрлік шеңберлері бар киіз тәрізді, уақыт өте келе былғары қабық түзеді. Колониялар жас кезінде тығыз, ақ түсті, уақыт өте келе кілегейлі, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар үлпілдек, содан кейін киіз тәрізді, уақыт өте келе былғары қабық түзеді, ақ, кілегей тәрізді, тығыздығы орташа, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум
<i>T.villosa</i>	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, орташа тығыздықта, жас кезінде ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, мөлдір, жас кезінде ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум	колониялар ұнтақты–киіз тәрізді, мөлдір, жас кезінде ақ, уақыт өте келе кілегей тәрізді, шеті тегіс, субстратқа басылған, өзгермейтін реверзум



Сурет 1. *Trametes versicolor* 353 штамының СА (1) және КГА (2) агаризацияланған орталарда дақылдық-морфологиялық қасиеттері

СА және КГА орталары *T. zonatus*, *T. pubescens* және *T. versicolor*-да жақсы дамыған ауа мицелийі бар ең тығыз колониялардың пайда болуына ықпал етті. Норкранстың синтетикалық ортасында *T. versicolor*-дан басқа барлық зерттелген түрлерде сирек колониялар пайда болды. Осылайша, барлық зерттелген түрлердің колониясы тығыздығының өзгеруі, *T. versicolor* колонияларының реверзумның қоңыр түске боялуы және колониялардың аралас түрлерінің пайда болуы, түрінде әр түрлі құрамдағы ортадағы колониялардың морфологиялық сипаттамаларының өзгергіштігі негізінен Норкранс ортасында көрінді.

Жоғары сатыдағы базидиомицеттердің дақылдарын зерттеу саласындағы көптеген зерттеушілер бір типтегі изоляттар колониялардың түсі мен құрылымында айтарлықтай ерекшеленуі мүмкін деп санайды және бұл қасиеттер әрдайым штамдардың жеке сипаттамасының өлшемі бола бермейді, бұл алынған мәліметтермен расталады. Біздің ойымызша, тұрақты белгілер бұл өсу қарқыны, температураға қатынасы, гифальды жүйенің микроскопиялық ерекшеліктері. Вегетативті мицелийдің өсу қарқыны биомасса биосинтезіне және әртүрлі биологиялық белсенді метаболиттерге қабілетті. Сондықтан біз ең жаңа биотехнологияларды әзірлеу үшін штамдарды іріктеудің маңызды критерийлерінің бірі ретінде таңдадық. (T1-t0) кезеңіндегі колониялар радиусының ( $V_r$ ) өсу жылдамдығы, мицелийалды гифтердің ұзындығының өсуі тұрақты мәнге ие болған кезде, яғни өсіру уақытына сызықтық байланысты болады. Ол белгілі бір өсіру жағдайында ағзаның өсу қарқынын объективті сипаттайды. Осыған байланысты біз *Trametes* туысының әртүрлі штамдарының мицелийінің радиалды өсу қарқынына салыстырмалы зерттеу жұмыстарын жүргіздік.

Жасанды дақыл жағдайында мицелийалды саңырауқұлақтардың радиалды өсуін зерттеу тығыз агаризацияланған ортада дұрыс жүргізіледі, өйткені өсірудің бұл әдісі табиғатта осы саңырауқұлақтардың өсу жағдайларына өте жақын болғандықтан. Қоректік ортаның құрамы мицелийдің өсу жылдамдығына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Сондықтан зерттеулер қоректік ортаның екі түрінде: сусло-агар (СА) және картоп-глюкоза агарында (КГА) жүргізілді. Зерттеудің нәтижелері 2-кестеде келтірілген (2-кесте).

К е с т е 2

***Trametes* туысы штамдары мицелийінің агаризацияланған қоректік орталарда радиалды өсу жылдамдығы, 28°C, мм/тәул**

Түр, штамм	Өсу жылдамдығы $V_r$ , мм/тәул	
	Қоректік орта	
	СА	КГА
<i>T. zonatus</i>		
301	6,3±0,2	7,2±0,3
1525	6,3±0,4	8,3±0,3

1561	7,3±0,2	8,0±0,3
1570	7,5±0,2	9,5±0,4
5021	4,3±0,2	8,0±0,1
5022	8,0±0,4	6,0±0,1
5133	6,6±0,2	7,8±0,1
5134	7,0±0,2	7,3±0,4
5135	5,8±0,3	6,4±0,2
5300	3,9±0,2	8,0±0,3
5301	4,7±0,2	7,8±0,3
5302	7,1±0,2	8,0±0,3
5303	4,7±0,4	7,7±0,1
<i>T.versicolor</i>		
353	15,0 ±0,1	11,5±0,2
1689	9,0±0,3	9,8±0
5094	10,6±0,2	10,3±0,3
5095	11,0±0,2	10,5±0,2
5129	8,5±0,2	9,6±0
5131	11,5±0,2	11,0±0,2
5299	8,0±0,1	10±0,3
<i>T.hirsuta</i>		
338	6,4±0,3	6,0±0
358	6,5±0,3	5,8±0
359	3,3±0,2	7,2±0
1569	4,0±0,3	6,8±0,3
5018	5,8±0,4	6,1±0,2
5019	7,0±0,4	6,8±0,2
5137	8,0±0,4	5,2±0,3
<i>T.pubescens</i>		
322	2,7±0,3	3,9±0,2
<i>T.villosa</i>		
1009	5,4±0,2	6,7±0,3

Әрі қарай зерттеу үшін біз КГА қоректік ортасын таңдадық, өйткені ол, біріншіден, жоғары өсу қарқынын қамтамасыз етті, екіншіден, ең бастысы, КГА-дағы өсу қарқыны неғұрлым тұрақты болды. Осылайша, егер зерттелген базидиомицеттердің түрлері өсу қарқынының өсу ретімен баяу өсетіндерден тез өсетіндеріне қарай орналастырылса, онда біз келесі қатарды көреміз: *T. pubescens*(Vr = 3,9–5,5 мм/тәул)<*T. hirsuta*(Vr = 5,2–7,4 мм/тәул) <*T. zonatus*(Vr = 6,0–9,5 мм/тәул)<*T. versicolor*(Vr = 9,6–11,5 мм/тәул). Бұл бізге *Trametes* туысының әртүрлі түрлерінің дақылдары үшін өзгергіштіктің жалпы тенденциясы туралы түсінік береді. Қатты қоректік ортада вегетативті мицелийдің өсу қарқыны туралы алынған мәліметтерді талдай отырып, біз одан әрі жұмыс істеу үшін *T. versicolor* түрлерінің 353, 1689, 5094, 5095, 5129, 5131, 5299 штамдарын таңдадық.

Тәжірибенің келесі кезеңінде таңдалған *T. versicolor* штамдары әртүрлі қоректік орталарды қолдана отырып, терең өсіру жағдайында биомассаны синтездеу қабілетіне сыналды. Келесі қоректік орталар пайдаланылды: табиғи (Баллинг бойынша 8° сыра суслосы (СС)), кешенді (глюкоза-пептон ортасы (ПП)) және глюкоза-пептон-ашытқы ортасы (ППА)), мочеви́на қосылмаған глюкоза-аммоний ортасы (ГА), картоп-глюкоза (КГ), Норкранс (СН) синтетикалық ортасы. Зерттелген бақылау зерттеуі штамдардың дақылды-морфологиялық қасиеттерін, олардың базидиомицеттерге тән белгілері бар екенін көрсетті.

Биомассаның жинақталу қабілеті бойынша іріктелген штамдардың сипаттамасы оларды терең жағдайда өсіру арқылы қоректік ортаның алты түрін қолдана отырып жүргізілді. Түпкілікті тиімділік мицелийдің құрғақ массасын салыстыру арқылы анықталды. Алынған нәтижелер 3-кестеде келтірілген.

**T. versicolor** штамдарын әртүрлі қоректік ортада терең жағдайында өсіру кезінде биомассаның жинақталуы

Орта	Биомассаның мөлшері, г / л						
	353	1689	5094	5095	5129	5131	5299
ПС	8,21±0,21	1,12±0,11	3,81±0,01	5,05±0,02	2,12±0,01	6,91±0,02	3,21±0,02
ГП	4,71±0,01	3,53±0,02	3,82±0,03	3,01±0,02	3,61±0,02	3,92±0,01	3,08±0,03
ГА	0,86±0,01	0,82±0	0,88±0,01	0,66±0,01	0,05±0,01	0,23±0	0,4±0,01
КГ	3,27±0,01	2,21±0,01	2,62±0,02	2,74±0,01	1,71±0,01	2,81±0,01	2,42±0,01
ГПД	9,27±0,21	5,2±0,02	6,51±0,01	7,31±0,03	4,61±0,01	8,21±0,12	7,11±0,21
СН	0,08±0	–	–	0,02±0	–	–	0,03±0

Кестеде келтірілген мәліметтерден көрініп тұрғандай, талданған штамдар биосинтетикалық белсенділігімен айтарлықтай ерекшеленді. Алайда, *T. versicolor* 353, 5095, 5131 штамдары сыналған ортаның барлық түрлеріндегі ең үлкен белсенділікті көрсетті. Терең өсіру жағдайында олар қоректік компоненттерді үнемді қолданумен және биомасса синтезінің жоғары деңгейімен ерекшеленетіні белгілі болды.

*Ganoderma* туысының саңырауқұлақтары Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтарының коллекциясынан алынған *G. lucidum* дақылдарына биомассаның едәуір мөлшерін синтездейтін штамдарды анықтау үшін скрининг жүргізілді. Біздің тәжірибелерімізде *G. lucidum* 27 штамының биосинтетикалық потенциалы зерттелді. Тәжірибелік үлгілер көміртек пен азоттың әртүрлі көздері бар қоректік ортада сыналды, бұл сыналған штамдарға жеткілікті объективті баға беруге мүмкіндік берді. Әр түрлі штамдардың биосинтетикалық белсенділігіне көміртектің әртүрлі көздерінің әсерін зерттеу бойынша тәжірибелердің нәтижелері 4-кестеде келтірілген.

**Көміртегінің әртүрлі көздері бар орталарда *G. lucidum* штамдарының дақылдық сұйықтығының рН мәні және биомасса (г/л)**

Штамм	Бақылау	Ортаның бас-тапқы рН мәні	Көміртегі көздері және дақылдық сұйықтықтың рН-ның соңғы мәні							
			Глюкоза	рН	Лактоза	рН	Сахароза	рН	Крахмал	рН
921	0,1±0,1	5,5	0,4±0,0	5,2	0,7±0,2	5,0	0,5±0,1	5,4	0,5±0,1	5,4
1670	0,2±0,1	5,5	<b>3,3±0,3</b>	3,4	<b>2,6±0,1*</b>	3,3	2,1±0,7*	4,2	2,9±0,1	3,6
1887	0,3±0,0	5,5	1,2±0,1	5,5	2,3±0,1*	4,3	1,7±0,3	4,7	1,7±0,1*	4,4
1888	0,2±0,1	5,5	1,9±0,2	3,8	<b>3,3±0,1*</b>	3,6	1,8±0,3	6,0	<b>3,3±0,3*</b>	3,4
1889	0,2±0,0	5,5	1,2±0,2	3,3	0,8±0,0*	3,3	0,9±0,1*	3,2	2,4±0,3*	3,4
1607	0,1±0,0	5,5	1,2±0,2	3,2	1,1±0,1	4,0	1,6±0,1*	3,6	1,7±0,1*	3,6
1608	0,1±0,2	5,5	0,6±0,1	4,3	2,1±0,2*	3,9	<b>2,5±0,1*</b>	4,1	1,8±0,3*	3,6
1787	0,2±0,1	5,5	1,6±0,4	3,2	1,0±0,0*	3,1	0,7±0,1*	3,2	2,1±0,0	3,2
1788	0,4±0,2	5,5	<b>3,0±0,5</b>	4,0	1,4±0,1*	4,0	0,6±0,0*	5,8	1,8±0,1*	4,0
<b>1621</b>	<b>0,3±0,1</b>	<b>5,5</b>	<b>2,9±0,4</b>	<b>4,0</b>	<b>3,7±0,4</b>	<b>3,4</b>	<b>2,8±0,4</b>	<b>4,4</b>	<b>3,2±0,1</b>	<b>3,4</b>
1900	0,2±0,1	5,5	2,1±0,4	3,6	2,2±0,2	3,4	1,7±0,3	3,2	2,3±0,2	3,4
1901	0,2±0,1	5,5	0,8±0,1	4,0	0,7±0,1	4,1	0,7±0,1	4,1	1,0±0,1	4,4
1902	0,3±0,1	5,5	2,2±0,1	3,6	2,5±0,5	3,6	1,8±0,1*	3,6	2,3±0,3	3,6
1903	0,3±0,2	5,5	1,4±0,1	3,6	0,9±0,1*	3,9	0,6±0,2*	5,6	1,0±0,1*	3,8
331	0,1±0,0	5,5	2,3±0,3	3,4	1,5±0,3*	3,4	1,5±0,3*	4,2	2,2±0,5	3,4
1683	0,1±0,0	5,5	1,1±0,2*	4,2	0,9±0,1	4,7	1,1±0,2	4,7	2,3±0,2*	3,4
1904	0,2±0,1	5,5	2,0±0,0	4,8	0,9±0,1*	3,9	0,6±0,2*	5,6	1,0±0,1*	3,8
1905	0,1±0,0	5,5	0,7±0,1	4,4	0,5±0,2	3,4	0,4±0,2*	3,5	1,3±0,2*	4,7
1906	0,2±0,0	5,5	1,5±0,3	3,6	2,1±0,1	3,8	0,9±0,2*	3,8	2,4±0,3*	3,8
1907	0,2±0,1	5,5	1,2±0,2	4,1	1,0±0,0	4,2	<b>2,6±0,2*</b>	4,2	1,5±0,3	4,1

1908	0,4±0,2	5,5	1,7±0,3	4,2	1,6±0,6	3,7	1,8±0,1	3,6	1,6±0,2	3,7
1909	0,2±0,1	5,5	1,1±0,1	4,5	1,8±0,6	4,6	0,7±0,1*	4,6	1,5±0,3	4,6
1910	0,1±0,0	5,5	0,6±0,0	4,0	1,0±0,4	3,7	0,6±0,2	3,7	0,7±0,1	3,7
1911	0,2±0,0	5,5	1,3±0,1	4,4	1,5±0,1	4,4	1,4±0,0	4,6	1,4±0,1	4,6
1912	0,3±0,1	5,5	1,3±0,1	4,2	1,5±0,5	4,4	1,2±0,0	6,3	1,1±0,3	4,6
1913	0,4±0,0	5,5	1,9±0,1	3,2	2,1±0,1	3,6	1,8±0,1	3,8	2,2±0,2	3,6
922	0,2±0,1	5,5	1,6±0,2	3,1	1,3±0,0	3,3	1,3±0,0	4,8	<b>2,7±0,4*</b>	2,9

*G. lucidum* 27 штамының 9-ы жұмыста қолданылатын барлық көміртегі көздері бар ортада биомассаның бірдей мөлшерін жинауға қабілетті екендігі анықталды. Сондай-ақ, зерттелген бірқатар штамдар тек белгілі бір көміртегі көзін таңдағаны анықталды. Сонымен, крахмал *G. lucidum* штамдарының 14,8 % өсуінің ең жақсы көзі болды. Қоректік ортада глюкозаның болуы *G. lucidum* үш штамының биомассасының максималды мөлшерін синтездеуге ықпал етті. *G. lucidum* 1608 және 1907 штамдарының өсуі үшін ең қолайлы сахароза болды. Белгілі бір дақылдар пайдаланылған төрт көміртегі көзінің үшеуі бар ортада жақсы өсті. Осылайша, *G. lucidum* штамдарының 14,8 % –ы глюкоза, лактоза және сахарозаны бірдей дәрежеде кәдеге жаратты. Кейбір штамдар қоректік ортада моно немесе полисахаридтер болған кезде бірдей биомассаны синтездейді. Бұл глюкозада да, крахмалда да жақсы өсетін *G. lucidum* үш штамына тән болды. Ди — немесе полисахаридтері бар қоректік ортадағы бірқатар штамдар үшін өсудің ұқсас сипаты анықталды.

*G. lucidum* 1607 штамының қарқынды өсуіне сахароза мен крахмал, ал *G. lucidum* 1888 және 1906 штамдарына лактоза мен крахмал ықпал етті. Жұмыста қолданылған дисахаридтер (лактоза және сахароза) белгілі бір дақылдар үшін бір-бірін алмастырды. Сонымен, 55,5 % *G. lucidum* штамдары үшін лактоза мен сахарозадағы синтезделген биомасса мөлшері ерекшеленбеді. Глюкоза-аспарт (ГА) ортасында дақылдардың жақсы өсуі аспарагиннің құрамында көміртегі мен азот атомдарының болуына байланысты болуы мүмкін деп болжауға болады.

Аспарагині бар қоректік ортада (глюкозаны енгізбестен) тек *G. lucidum* 1788 және 1904 штамдары жақсы өсетіні анықталды (сәйкесінше синтезделген биомассасы 0,6 г/л және 0,7 г/л құрады). Мұндай ортада басқа штамдар биомассаны тек 0,2–0,4 г/л жинады. Осылайша, біз зерттеген *G. lucidum* штамдарының көпшілігінде ГА ортада өсу процесінде аспарагин (оның енгізілуі 0,4 г/л құрады) көміртегі көзі ретінде іс жүзінде қолданылмайды.

Көптеген *G. lucidum* дақылдардың өсуіне қолайлы дәрежесі бойынша көміртектің әртүрлі көздерін келесі қатарға орналастыруға болады: крахмал > глюкоза > лактоза > сахароза. *G. lucidum* штамдарының әртүрлі көміртектің көздерін тиімді пайдалану қабілеті әртүрлі шығу тегі дақылдарындағы адаптивті ферменттік жүйелердің индукция ерекшелігіне байланысты. Азоттың әртүрлі көздерін әртүрлі штамдардың биосинтетикалық белсенділігіне әсерін зерттеу нәтижелері 5-кестеде келтірілген.

К е с т е 5

Азоттың әртүрлі көздері бар орталарда *G. lucidum* штамдарының дақылдық сұйықтығының рН мәні және биомасса (г/л)

Штамм	Бақылау	Ортаның бастапқы рН мәні	Азот көздері және дақылдық сұйықтықтың рН-ның соңғы мәні					
			пептон	рН	Аммоний сульфаты	рН	Натрий нитраты	рН
921	0,1±0,0	5,5	0,4±0,0	5,2	0,4±0,1	4,7	0,4±0,0	5,4
1670	0,2±0,1	5,5	<b>3,3±0,3*</b>	3,4	2,0±0,0	3,2	1,5±0,5	3,8
1887	0,3±0,0	5,5	1,2±0,1	5,5	1,3±0,1	3,9	<b>1,6±0,0*</b>	3,7
1888	0,2±0,1	5,5	1,9±0,2	3,8	1,7±0,1	3,2	<b>1,8±0,1</b>	4,2
1889	0,2±0,0	5,5	1,2±0,2	3,3	1,4±0,1	3,3	1,6±0,2	3,5
1607	0,1±0,0	5,5	1,2±0,2*	3,2	0,6±0,1	3,2	0,5±0,1	5,0
1608	0,1±0,2	5,5	0,6±0,1	4,3	0,6±0,2	3,5	0,6±0,1	4,8
1787	0,2±0,1	5,5	1,6±0,4*	3,2	0,7±0,1	2,9	1,3±0,3*	5,2
1788	0,4±0,2	5,5	<b>3,0±0,5*</b>	4,0	1,0±0,2	3,4	1,0±0,4	5,0
<b>1621</b>	<b>0,3±0,1</b>	<b>5,5</b>	<b>2,9±0,4</b>	<b>4,0</b>	<b>2,3±0,4</b>	<b>3,3</b>	<b>1,1±0,5*</b>	<b>4,5</b>
1900	0,2±0,1	5,5	2,1±0,4*	3,6	1,1±0,2	3,4	1,0±0,6	4,0
1901	0,2±0,1	5,5	0,8±0,1	4,0	1,0±0,1	3,7	1,1±0,3	5,2

1902	0,3±0,1	5,5	2,2±0,1	3,6	<b>2,3±0,3</b>	3,3	1,3±0,1*	4,0
1903	0,3±0,2	5,5	1,4±0,1*	3,6	2,1±0,3	3,2	1,2±0,1*	4,0
331	0,1±0,0	5,5	2,3±0,3*	3,4	1,3±0,1	3,1	0,6±0,0*	4,2
1683	0,1±0,0	5,5	1,1±0,2*	4,2	0,6±0,0	3,4	1,0±0,1*	4,3
1904	0,2±0,1	5,5	2,0±0,0*	4,8	1,0±0,2	3,6	1,2±0,2	5,2
1905	0,1±0,0	5,5	0,7±0,1	4,4	0,5±0,1	3,4	0,4±0,0	5,2
1906	0,2±0,0	5,5	1,5±0,3	3,6	1,1±0,1	3,6	0,7±0,3	3,8
1907	0,2±0,1	5,5	1,2±0,2	4,1	1,2±0,0	3,4	0,7±0,1*	4,1
1908	0,4±0,2	5,5	1,7±0,3	4,2	1,8±0,0	3,5	1,3±0,1*	4,2
1909	0,2±0,1	5,5	1,1±0,1	4,5	1,1±0,1	3,8	0,5±0,1*	5,5
1910	0,1±0,0	5,5	0,6±0,0	4,0	0,4±0,0	3,7	0,5±0,1	5,2
1911	0,2±0,0	5,5	1,3±0,1	4,4	1,3±0,1	3,8	0,8±0,1*	5,2
1912	0,3±0,1	5,5	1,3±0,1	4,2	<b>2,1±0,9</b>	3,2	0,9±0,1*	4,9
1913	0,4±0,0	5,5	1,9±0,1	3,2	2,0±0,0	2,8	1,4±0,2*	4,4
922	0,2±0,1	5,5	1,6±0,2*	3,1	1,1±0,1	3,1	<b>1,6±0,3*</b>	3,3

Әдеби мәліметтерден азот көздерінің биомасса биосинтезіне бір түрдің штамдарымен әртүрлі әсері туралы белгілі [17]. Біз алған мәліметтер сонымен қатар зерттелген *G. lucidum* штамдарының әртүрлі сипаттағы азот көздеріне тең емес қатынасы туралы екендігін көрсетеді.

*G. lucidum* 6 штамы органикалық (пептон) және минералды (аммоний және нитрат) азот көздері бар ортада бірдей өсті. *G. lucidum* штамдарының 70,4 %-ы органикалық және минералды азот көздерін қолдана отырып жақсы өсті. *G. lucidum* штамдарының 29,6 %-ы ортада пептон немесе аммоний сульфаты болған кезде биомассаның максималды мөлшерін жинады. Қоректік ортада пептонның немесе натрий нитратының болуы *G. lucidum* жеті штамының жақсы өсуін қамтамасыз етті.

Айта кету керек, пептонды аммоний тұзымен алмастыру биомассаның қарқынды биосинтезіне тек бір ғана *G. lucidum*–1903 штамына ықпал етті. Сонымен қатар, жоғары базидиальды саңырауқұлақтар азотты нитрат түрінде нашар сіңіретіндігіне қарамастан *G. lucidum*–1887 штамы нитратты азот бар ортада биомассаны жақсы жинады.

*G. lucidum* штамдарының көпшілігінің өсуіне қолайлы болу дәрежесі бойынша пайдаланылған азот көздерін келесі қатарға орналастыруға болады: пептон > аммоний сульфаты > натрий нитраты. Азот көздерін пайдалану критерийі бойынша *G. lucidum* штамдары екінші дәрежелі қатарға жатады, ол органикалық, аммиакты және нитратты азотты сіңіру мүмкіндігімен сипатталады [18].

Осылайша, зерттелген *G. lucidum* және *T. versicolor* штамдары арасында көміртегі мен азотпен қоректенудің әртүрлі көздері бар ортада биомассаның жинақталу критерийі бойынша белгілі бір айырмашылықтар анықталды. Барлық зерттелген дақылдар жұмыста қолданылатын көміртегі мен азот көздерінде әртүрлі қарқындылықпен өсе алады. Екі факторлы тәжірибенің дисперсиялық талдауын пайдалану қоректендіру көздерінің, штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің әсерін немесе олардың биомасса биосинтезіне өзара әрекеттесуін нақтылауға мүмкіндік берді. Сонымен, *G. lucidum* үшін штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің басым әсері анықталды, бұл 61 %-ды құрады.

Зерттелген дақылдардың әртүрлі азоттың көздерінде өсуіне қатысты жүргізілген тәжірибелерде *G. lucidum* биомассасының жиналуына 52,4 % деңгейінде штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің тиісінше әсерінің басымдылығы анықталды.

#### Қорытынды

Украина ҰҒА Н.Г. Холодный атындағы Ботаника институтының қалпақты саңырауқұлақтар коллекциясынан алынған әртүрлі географиялық шығу тегі *G. lucidum* 27 штамы және *Trametes* (Fr) туысының 29 штамы зерттелді. Зерттелген штамдардың вегетативті мицелийінің радиалды өсу қарқыны және олардың әр түрлі қоректік ортадағы дақылдық-морфологиялық өсу ерекшеліктері зерттелді. Зерттеу барысында *G. lucidum* және *T. versicolor* штамдары арасында көміртегі мен азотпен қоректенудің әртүрлі көздері бар ортада биомассаның жинақталу деңгейі бойынша белгілі бір айырмашылықтар бар екендігі анықталды. Бұл тәжірибелер барлық зерттелген дақылдардың жұмыста қолданылатын көміртегі мен азот көздерінде әртүрлі қарқындылықпен өсуге қабілетті екенін көрсетті. Екі факторлы тәжірибенің дисперсиялық талдауын пайдалану қоректендіру көздерінің, штамдардың биологиялық ерекшеліктерінің әсерін немесе олардың биомасса биосинтезіне өзара әрекеттесуін нақтылауға мүмкіндік берді.

Мицелийалды колониялардың дақылдық-морфологиялық ерекшеліктерін, вегетативті мицелий-дің радиалды өсу қарқынын, *Trametes* (Fr) және *G. lucidum* туысы саңырауқұлақтарының әртүрлі құрамындағы сұйық коректік заттардың алты түріне биомассаның жинақталу деңгейін зерттеу негізінде биомассаның жинақталу деңгейі бойынша ең өнімді штамдар *T. versicolor* 353 және *G. lucidum* 1621 екендігі анықталды. Осылайша, көміртегі мен азоттың әртүрлі көздері бар ортада ең үлкен биомассаны синтездейтін, тандалып алынған *T. versicolor* 353 және *G. lucidum* 1621 штамдарының перспективасы туралы қорытынды жасауға алынған нәтижелер толық мүмкіндік береді.

#### Қаржыландыру

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен жүргізілді (№ AP09258296 гранты).

#### Әдебиеттер тізімі

- 1 Liu Y. Polysaccharide prediction in *Ganoderma lucidum* fruiting body by hyperspectral imaging / Y. Liu, Y. Long, H. Liu // Food Chemistry: X. — 2022. — Vol. 13. — P. 1255–1262. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100199>.
- 2 Wen L. Structure of water-soluble polysaccharides in spore of *Ganoderma lucidum* and their anti-inflammatory activity / L. Wen, Zh. Sheng, J. Wang, Y. Jiang, B. Yang // Food Chemistry. — 2022. — Vol. 373. — P. 131–142. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131374>.
- 3 Kozarski M. Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharide extracts from the widely used mushrooms *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes* and *Trametes versicolor* / M. Kozarski, A. Klaus, M. Niksic, M. Vrvic, N. Todorovic, D. Jakovljevic // Journal of Food Composition and Analysis. — 2012. — Vol. 26. — P. 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.02.004>.
- 4 Ikekawa T. Antitumor polysaccharides of *Flammulina velutipes* 2. The structure of EA-3 and further purification of EA-5 / T. Ikekawa, Y. Ikeda, Y. Yoshioka, K. Nakanishi, Y. Yamazaki // J. Pharmacobiol. Dyn. — 1982. — Vol. 5. — P. 576–581.
- 5 Sharma C. Bioactive metabolites of *Ganoderma lucidum*: Factors, mechanism and broad spectrum therapeutic potential / C. Sharma, N. Bhardwaj, A. Sharma, H. Singh Tuli, P. Batra, V. Beniwal, G. Kumar Gupta, A.K. Sharma // Journal of Herbal Medicine. — 2019. — Vol. 17–18. — P. 812–823. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100268>.
- 6 Ahmad Md.F. *Ganoderma lucidum*: A potential pleiotropic approach of ganoderic acids in health reinforcement and factors influencing their production / Md. F. Ahmad, S. Wahab, F. Ali Ahmad, S.A. Ashraf, S.S. Abullais, H.H. Saad // Fungal Biology Reviews. — 2022. — Vol. 39. — P. 100–125. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.003>.
- 7 Boh B. *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds / B. Boh, M. Berovic, J. Zhang, L. Zhi-Bin // Biotechnology Annual Review. — 2007. — Vol. 13. — P. 265–301. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13010-6](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13010-6).
- 8 Shi M. Antioxidant and immunoregulatory activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide (GLP) / M. Shi, Z. Zhang, Y. Yang // Carbohydrate Polymers. — 2013. — Vol. 95, No. 1. — P. 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.081>.
- 9 Ren L. Immunomodulatory activities of polysaccharides from *Ganoderma* on immune effector cells / L. Ren, J. Zhang, T. Zhang // Food Chemistry. — 2021. — Vol. 340. — P. 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127933>.
- 10 Wasser S.P. Medicinal properties of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: current perspectives / S.P. Wasser, A.L. Weis // Int. J. Med. Mushr. — 1999. — Vol. 1, No. 1. — P. 31–62.
- 11 Wasser S.P. Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective / S.P. Wasser, A.L. Weis // Crit. Rev. Immunol. — 1999. — Vol. 19. — P. 65–96.
- 12 Jin M. Anti-inflammatory activities of the chemical constituents isolated from *Trametes versicolor* / M. Jin, W. Zhou, C. Jin, Z. Jiang, S. Diao, Z. Jin, G. Li // Natural Product Research. — 2019. — Vol. 33, No. 16. — P. 2422–2425. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1446011>.
- 13 Janjusevic L. *Trametes versicolor* ethanol extract, a promising candidate for health-promoting food supplement / L. Janjusevic, B. Pejin, S. Kaisarevic, S. Gorjanovic, F. Pastor, K. Tesanovic, M. Karaman // Natural Product Research. — 2018. — Vol. 32, No. 8. — P. 963–967. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1366484>.
- 14 Hyder Md S. Mushroom-derived polysaccharides as antitumor and anticancer agent: A concise review / Md S. Hyder, S. Dutta // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. — 2021. — Vol. 35. — P. 102–119. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102085>.
- 15 Kumar S.P. Medicinal mushrooms: Clinical perspective and challenges / S.P. Kumar, W. Luyten // Drug Discovery Today. — 2022. — Vol. 27, No. 2. — P. 636–651. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.017>.
- 16 Бухало А.С. Опыт глубинного выращивания *Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm. на комплексных средах / А.С. Бухало, Е.Ф. Соломко, Л.П. Пархоменко // Производство высших съедобных грибов СССР. — Киев: Наук. думка, 1978. — С. 29–32.
- 17 Elisashvili V. Extra cellular polysaccharide production by culinary-medicinal Shiitake mushroom *Lentinusedodes* (Berk.) Singer and *Pleurotus* (Fr.) P. Karst. species. Depending of Carbon and Nitrogen Source / V. Elisashvili, S. Wasser, K.K. Tan // Int. J. Med. Mushr. — 2004. — Vol. 6, No. 2. — P. 165–172.
- 18 Chang S.T. Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact / S.T. Chang, P.G. Miles. — London: CRC Press, 2004. — 450 p.

К.Г. Мустафин, Н.А. Бисько, А.К. Калиева,  
Ж.Б. Нармуратова, А.С. Жакипбекова, Ж.К. Садуева

## Скрининг грибов рода *Ganoderma* и *Trametes* по уровню синтеза биомассы в условиях глубинного культивирования

В статье приведены исследования, направленные на поиск среди коллекционных культур лечебных грибов рода *Ganoderma* и *Trametes* штаммов, являющихся наиболее активными по скорости роста и накопления биомассы на питательных средах различного состава. Были исследованы 27 штаммов рода *G. lucidum* разного географического происхождения и 29 штаммов рода *Trametes* (Fr.) из коллекции шляпочных грибов Института ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины. Изучена радиальная скорость роста вегетативного мицелия исследуемых штаммов и их культурально-морфологические особенности роста на разных питательных средах. Установлены определенные отличия между исследуемыми штаммами *G. lucidum* и *Trametes versicolor* по уровню накопления биомассы на средах с разными источниками углеродного и азотного питания. Все исследованные культуры способны расти с разной интенсивностью на использованных в работе источниках углерода и азота. Использование дисперсионного анализа двухфакторного опыта позволило детализировать влияние источников питания, биологических особенностей штаммов или их взаимодействие на биосинтез биомассы. На основании изучения культурально-морфологических особенностей мицелиальных колоний, радиальной скорости роста вегетативного мицелия, уровня накопления биомассы на шести типах жидких питательных средах различного состава грибов рода *Trametes* (Fr.) и *G. lucidum* было установлено, что наиболее продуктивными по уровню накопления биомассы штаммами были *T. versicolor* 353 и *G. lucidum* 1621, которые были отобраны для проведения дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** базидиальные грибы, *G. lucidum*, *T. versicolor*, штамм, биомасса, скрининг, мицелий, азот, углерод.

K.G. Mustafin, N.A. Bisko, A.K. Kalieva,  
Zh.B. Narmuratova, A.S. Zhakipbekova, J.K. Sadueva

## Screening of fungi of the genus *Ganoderma* and *Trametes* by the level of biomass synthesis under conditions of deep cultivation

This article presents studies aimed at searching among the collection cultures of medicinal *Ganoderma* and *Trametes* fungal strains that are the most active in terms of growth rate and accumulation of biomass on nutrient media of various compositions. 27 strains of the genus *G. lucidum* of different geographical origins and 29 strains of the genus *Trametes* (Fr.) from the collection of mushrooms of the N.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine were studied. The radial growth rate of vegetative mycelium of the studied strains and their cultural and morphological features of growth on different nutrient media were examined. Certain differences were established between *G. lucidum* and *T. versicolor* fungal strains in terms of the level of biomass accumulation on media with different carbon and nitrogen sources. All the studied strains are able to grow at different carbon and nitrogen sources. The use of variance analysis of two-factor experience made it possible to detail the influence of nutrient sources, biological characteristics of strains, or their interaction on biomass biosynthesis. Based on the study of the cultural and morphological features of mycelial colonies, the radial growth rate of vegetative mycelium, the level of biomass accumulation on six types of liquid nutrient media it was found that the most productive strains in terms of biomass accumulation were *T. versicolor* 353 and *G. lucidum* 1621, which were selected for further research.

**Keywords:** basidial fungi, *G. lucidum*, *T. versicolor*, strain, biomass, screening, mycelium, nitrogen, carbon.

### References

- 1 Liu, Y., Long, Y., & Liu, H. (2022). Polysaccharide prediction in *Ganoderma lucidum* fruiting body by hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 13; 1255–1262. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100199>
- 2 Wen, L., Sheng, Zh., Wang, J., Jiang, Y., & Yang, B. (2022). Structure of water-soluble polysaccharides in spore of *Ganoderma lucidum* and their anti-inflammatory activity. *Food Chemistry*, 373; 131–142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131374>
- 3 Kozarski, M., Klaus, A., Niksic, M., Vrvic, M., Todorovic, N., & Jakovljevic, D. (2012). Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharide extracts from the widely used mushrooms *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes* and *Trametes versicolor*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 26; 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.02.004>
- 4 Ikekawa, T., Ikeda, Y., Yoshioka, Y., Nakanishi, K., & Yamazaki, Y. (1982). Antitumor polysaccharides of *Flammulina velutipes* 2. The structure of EA-3 and further purification of EA-5. *J. Pharmacobiol. Dyn*, 5; 576–581.

- 5 Sharma, C., Bhardwaj, N., Sharma, A., Singh Tuli, H., Batra, P., Beniwal, V., Kumar Gupta, G., & Sharma, A.K. (2019). Bioactive metabolites of *Ganoderma lucidum*: Factors, mechanism and broad spectrum therapeutic potential. *Journal of Herbal Medicine*, 17–18; 812–823. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100268>
- 6 Ahmad, Md.F., Wahab, S., Ali Ahmad, F., Ashraf, S.A., Abullais, S.S., & Saad, H.H. (2022). *Ganoderma lucidum*: A potential pleiotropic approach of ganoderic acids in health reinforcement and factors influencing their production. *Fungal Biology Reviews*, 39; 100–125. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2021.12.003>
- 7 Boh, B., Berovic, M., Zhang, J., & Zhi-Bin, L. (2007). *Ganoderma lucidum* and its pharmaceutically active compounds. *Biotechnology Annual Review*, 13; 265–301. [https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13010-6](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13010-6)
- 8 Shi, M., Zhang, Z., & Yang, Y. (2013). Antioxidant and immunoregulatory activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide (GLP). *Carbohydrate Polymers*, 95(1); 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.081>
- 9 Ren, L., Zhang, J., & Zhang, T. (2021). Immunomodulatory activities of polysaccharides from *Ganoderma* on immune effector cells. *Food Chemistry*, 340; 127–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127933>
- 10 Wasser, S.P., & Weis, A.L. (1999a). Medicinal properties of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: current perspectives. *Int. J. Med. Mushr*, 1(1); 31–62.
- 11 Wasser, S.P., & Weis, A.L. (1999b). Therapeutic effects of substances occurring in higher *Basidiomycetes* mushrooms: a modern perspective. *Crit. Rev. Immunol.*, 19; 65–96.
- 12 Jin, M., Zhou, W., Jin, C., Jiang, Z., Diao, S., Jin, Z., & Li, G. (2019). Anti-inflammatory activities of the chemical constituents isolated from *Trametes versicolor*. *Natural Product Research*, 33(16); 2422–2425. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1446011>
- 13 Janjusevic, L., Pejcin, B., Kaisarevic, S., Gorjanovic, S., Pastor, F., Tesanovic, K., & Karaman, M. (2018). *Trametes versicolor* ethanol extract, a promising candidate for health-promoting food supplement. *Natural Product Research*, 32 (8); 963–967. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1366484>
- 14 Hyder, Md. S., & Dutta, S. (2021). Mushroom-derived polysaccharides as antitumor and anticancer agent: A concise review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 35; 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102085>
- 15 Kumar, S.P., & Luyten, W. (2022). Medicinal mushrooms: Clinical perspective and challenges. *Drug Discovery Today*, 27 (2); 636–651. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2021.11.017>
- 16 Bukhalo, A.S., Solomko, E.F., & Parkhomenko, L.P. (1978). Opyt glubinnogo vyrashchivaniia *Pleurotusostrestus* (Fr.) Kumm. na kompleksnykh sredakh [Deep cultivation experience of *Pleurotusostrestus* (Fr.) Kumm. on complex environments]. Proizvodstvo vysshikh siedobnykh gribov SSSR — Production of higher edible mushrooms of the USSR. Kiev: Naukova Dumka [in Russian].
- 17 Elisashvili, V., Wasser, S., & Tan, K.K. (2004). Extra cellular polysaccharide production by culinary-medicinal Shiitake mushroom *Lentinusedodes* (Berk.) Singer and *Pleurotus* (Fr.) P. Karst. species. Depending of Carbon and Nitrogen Source. *Int. J. Med. Mushr*, 6 (2); 165–172.
- 18 Chang, S.T., & Miles, P.G. (2004). *Mushrooms. Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*. London: CRC Press.