

GINOP-2.2.1-15-2016-00006

A GOMBAIPARI TERMÉKPÁLYA ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSRA TÖRTÉNŐ ÁTÁLLÁSÁNAK ELŐMOZDÍTÁSA



SZÉCHENYI 2020



MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Regionális
Fejlesztési Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

A GOMBAIPARI TERMÉKPÁLYA ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSRA TÖRTÉNŐ ÁTÁLLÁSÁNAK ELŐMOZDÍTÁSA

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi és Informatikai Kar,
Mikrobiológiai Tanszék

Kredics László, Allaga Henrietta, Büchner Rita, Hatvani Lóránt,
Kocsubé Sándor, Marik Tamás, Szekeres András, Szűcs Attila,
Tyagi Chetna, Varga András, Vágvölgyi Csaba

ÚJ CHAMPIGNONS KFT.

Bajzát Judit, Bakos-Barczi Nóra, Csorba Mária, Kerepesi László,
Kiss Anita, Misz András, Nagy-Köteles Csaba, Csutorás Csaba

Szeged, 2021

ISBN 978-963-306-813-7

Kiadó

Szegedi Tudományegyetem

Kiadás éve

2021

Készült

Innovariant Nyomdaipari Kft., Algyő

Felelős vezető

Drágán György

www.innovariant.hu

A projekt címe:

A gombaipari termékpálya ökológiai gazdálkodásra történő átállításának előmozdítása, termésbiztonság fokozása és új, funkcionális gombaalapú élelmiszerek előállítása

A projekt azonosító száma:

GINOP-2.2.1-15-2016-00006

A projekt megvalósítás időszaka:

2016.09.23. - 2021.09.30.

A főkezdvevényezett neve:

Új Champignons Kft.

Konzorciumi partner:

Szegedi Tudományegyetem

A szerződött támogatás összege:

655 774 868 Ft

BEVEZETÉS

„A gombaipari termékpálya ökológiai gazdálkodásra történő átállásának előmozdítása, termékbiztonság fokozása és új, funkcionális gombaalapú élelmiszerek előállítására” című projektben (GINOP-2.2.1-15-2016-00006) a gombaipari tevékenység minden szegmensének ökológiai gazdálkodásra történő átállását kívántuk elősegíteni. A projekt legfőbb célkitűzése az ökológiai csiperkegomba-termesztés lehetőségének megteremtése, gombaipari termékek élelmiszerbiztonsági és növényegészségügyi kockázatának minimalizálása és új, bioaktív hatóanyagokat tartalmazó gombaalapú funkcionális élelmiszertermékek kifejlesztése volt. Részletes kémiai, higiéniai, kórtani felméréseket követően új, biológiai védekezésen alapuló termesztéstechnológiát dolgoztunk ki, továbbá termékfejlesztés révén olyan gombaalapú funkcionális élelmiszereket kívántunk kifejleszteni, amelyek számottevő mennyiségben tartalmaznak biológiailag aktív vegyületeket. A projekt során fontosnak tartottuk, hogy a gazdasági szempontból legjelentősebbnek tartott kétpórás csiperkegomba (*Agaricus bisporus*) termesztésében megteremtjük az ökológiai gazdálkodás feltételeit. A kórokozók, kártevők elleni, kémiai peszticidekkel történő védekezés helyett alkalmazni kívánt, növényi hatóanyagokat és mikrobiális biokontroll szervezeteket felhasználó gazdálkodásból származó gomba nem tartalmaz peszticid-maradványokat, forgalmazása ezért a fogyasztói bizalom növekedését és az élelmiszerbiztonsági kockázatok csökkenését eredményezi. A projekt eredményeképpen Európa szelénhiányos területein (mint pl. Magyarország) képesek leszünk ökológiai jellegű termesztésből származó gombák szeléntartalmát oly mértékben fokozni, hogy a gomba elfogyasztásával fedezze a szükséges napi beviteli mennyiséget. Szintén óriási jelentősége lehet az emelt D-vitamin-tartalmú gombának, számos kutatás igazolja ugyanis e hormonhatású vitamin emberi egészségre gyakorolt kedvező hatását. A kórokozók, kártevők hatékony felismerésére szolgáló módszerek kifejlesztése pedig már önmagában is elősegíti a hatékonyabb gombatermesztés megvalósítását.

A PROJEKT CÉLKITŪZÉSEI

- Környezettudatos gyártástechnológia alkalmazásával egy biológiai termesztésre alkalmas, vegyszer-maradványoktól mentes, magas termesztési potenciállal rendelkező szubsztrátum-keverék előállítására.
- A csiperkegomba-termesztés és a későbbi feldolgozás minden elemére kiterjedő, teljes körű higiéniai felmérések elvégzése, a fertőzések lehetséges forrásainak feltárása, a kórokozók és kártevők csoportjainak mikro- és makroszkópos módszerekkel történő azonosítása, célzottan az adott probléma megoldására létrehozott veszélyelemzési eljárás kivitelezése, a termesztés környezeti tényezőinek folyamatos monitorozása.
- A termesztőfelszín gombái egészségi állapotának, a termés mennyiségének, a kórokozók, kártevők térbeli és időbeli terjedésének felmérése, a kártevők befogására, számlálására, azonosítására szolgáló csapdák, valamint a legyek egyedszám-változását követő számláló módszerek kidolgozása.
- Olyan biológiai készítmények kifejlesztése, amelyekkel hatékonyan képesek leszünk védekezni a csiperkegomba termesztésében megjelenő legjelentősebb kórokozók és kártevők ellen.

- Olyan természetstechnológia, higiéniai protokoll és biológiai védekezési módok kidolgozása, amelyekkel képesek vagyunk az üzemi szintű gombaipari tevékenységben megteremteni a biológiai természetésre történő átállást.
- A természetben végzett beavatkozásokkal olyan gombaalapú funkcionális élelmiszertermékek előállítása, amelyek kedvező táplálkozás-élettani hatásokkal rendelkeznek, és ökológiai típusú természetből származnak, azaz peszticidmentesek.

A PROJEKT FONTOSABB EREDMÉNYEI

Biológiai természetésre alkalmas, szermaradványoktól mentes, magas természetési potenciállal rendelkező szubsztrátum-keverék előállítása

Elsőként az ökológiai gazdálkodásból származó alapanyagok folyamatos felkutatása és beszerzése valósult meg. Felmérést végeztünk a konzorciumvezető cég telephelyének körzetében működő potenciális alapanyag-beszállítók felderítésének céljából. A beszállítók feltérképezése és a kapcsolatfelvétel után tesztmintákat igényeltünk az alapanyagokból, melyeket laboratóriumi vizsgálatoknak vetettük alá. Amennyiben az alapanyagok vizsgálati eredményei megfelelőnek bizonyultak, nagyobb tételben megvásároltuk azokat a beszállítóktól. Az alapanyagok beszállítását követően a tárolási körülményeket biztosítottuk. Az előírásoknak megfelelően figyelembe vettük a tűzrendészeti-, higiéniai- és környezetvédelmi feltételeket. A komposzt-készítéshez szükséges, rendszeresen beérkező alapanyagokból folyamatos monitorozás céljából mintavétel történt az alapanyagok összekeverésének megkezdése előtt, a komposztprizmák kialakítását megelőzően. Az előkészített komposztalapanyagok random mintavételi pontjaiból részmintákat vettünk, melyeket egy steril polietilén zsákba gyűjtöttük, homogenizáltuk, majd ebből vettük azokat a mintamennyiségeket, amelyekből a kémiai vizsgálatokat végeztük. A laboratóriumba beérkezett alapanyag-mintákat előkészítettük a kémiai elemzéshez. Az analízist kétféle módon, hagyományos kémiai vizsgálatokkal (nedvességtartalom, rostfrakciók, hamutartalom, szervesanyag-tartalom, nitrogénformák) és közeli infravörös spektroszkópiával (csirketrágya: nedvességtartalom, N, NH₄; komposzt: nedvességtartalom, rost, pH, nem keményítő típusú poliszacharidok, cellulóz, hemicellulóz, biomassza, lignin, N, NH₄, hamu, C/N; szalma: nedvességtartalom, N, hamu, szalmán lévő réteg, savban nem oldódó szénhidrogének, vízben nem oldódó szénhidrogének, cellulóz, hemicellulóz, szerkezet, víztartó képesség 5 óra után, víztartó képesség 24 óra után, pH) végeztük el.

Gázkromatográfiával meghatároztuk a potenciálisan használt vegyületek (fungicidok, inszekticidok) körét, valamint elvégeztük az egyes alapanyagok nagyműszeres analitikai vizsgálatait a különféle szermaradványokra vonatkozóan. Azonosítottuk a leggyakrabban használt peszticidok hatóanyagait, elvégeztük mennyiségi meghatározásukat, és az egyes vegyületekre vonatkozóan HPLC és GC mérési protokollokat dolgoztunk ki. Minden komposztalapanyag esetében folyamatosan zajlottak a nehézfém-tartalom, valamint a

potenciálisan veszélyt jelentő mikotoxinok mennyiségi meghatározásai. A szigorúan bevizsgált komposzt-alapanyagokból – a környezeti- és levegővédelmi szempontokhoz igazodva – a legmodernebb technológiával csiperkekomposztot állítottunk elő. A komposztálás különböző fázisaiból (I., II., III.) folyamatos kémiai vizsgálatokat végeztünk hagyományos és nagyműszeres analitikai módszerekkel a következő paraméterekre: szárazanyag-tartalom, rostfrakciók (összes poliszacharid, lignin, cellulóz, hemicellulóz), hamutartalom, szervesanyag-tartalom, nitrogénformák, kémhatás.

A csiperketermesztés során termélnövelő anyagokat (pl. dúsítók) is használunk, melyeknek kémiai vizsgálatát folyamatosan végeztük. A termesztés folyamán használható takarófeld kémiai vizsgálata szintén párhuzamosan zajlott. Mindkét anyag esetében elvégeztük a hagyományos kémiai analitikai vizsgálatokat (kémhatás, nedvességtartalom, nitrogéntartalom), továbbá mikotoxinok, nehézfémek és peszticidmaradványok analízise is zajlott. Miután a sokrétűen ellenőrzött alapanyagokból készített komposzt alapos kémiai

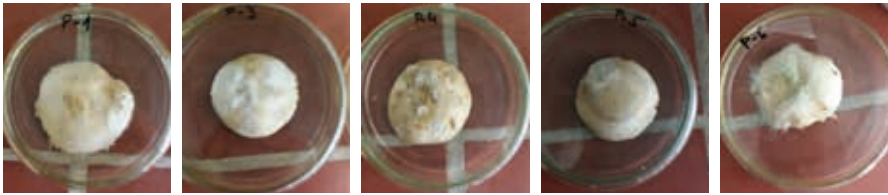
vizsgálatok után a természetőházakba került, újabb, mindenre kiterjedő, teljes körű higiéniai felméréseknek vetettük alá. A természetőházakban az ökológiai környezeti tényezőket (a komposzt és a levegő hőmérséklete, relatív páratartalom, széndioxid-tartalom, szellőzés) monitoring-eszközökkel folyamatosan nyomon követtük, a mért paramétereket dokumentáltuk.

Laboratóriumi kísérletek zajlottak a hagyományos vegyszeres védekezési módszerek és fertőtlenítési eljárások hatékonyságának vizsgálatára és értékelésére. A gombatermesztésben egyedülként engedélyezett kémiai peszticid, a prokloráz meghatározására olyan HPLC protokoll kidolgozását végeztük el, amely a komposztálás alapanyagaiban és a különböző fázisú komposztokban, valamint a kész gombában is alkalmas 0.1-0.05 ppm tartományban a peszticidmaradványok meghatározására. A komposztüzemből és gombaházból származó minták analízise folyamatosan zajlott a kidolgozott protokollok alapján.

Baktériumkártévők felmérése és jellemzése

A csiperke termesztésében jelentkező leggyakoribb bakteriális betegség a *Pseudomonas tolaasii* által okozott barna foltosodás, mely a kalapokon 2-3 mm-es, sárgás-barnás, besüppedő foltok formájában jelentkezik. A projekt futamideje alatt ez a betegség nem okozott számottevő problémát a konzorciumvezető Új Champignons Kft. kerecsendi csiperketermesztő üzemében. Bakteriális fertőzés tüneteit mutató csiperke-termőtestekről a *Pseudomonas mandelii* és a *Pseudomonas putida* fajok képviselőit, illetve az *Arthrobacter* nemzetségbe tartozó baktériumtörzseket izoláltunk.

A csiperkegomba bakteriális kártévőinek vizsgálatára leszedett gombafejek fertőzésén alapuló kísérleti rendszert dolgoztunk ki: a gombafejeket más természetőüzemből izolált *P. tolaasii* baktériumból készített szuszpenziókkal oltottuk le, majd a tünetek megjelenését a termőtesteken 6-7 napig figyeltük és fényképezéssel dokumentáltuk. Teszteltük továbbá *Bacillus* és *Pseudomonas* izolátumok *Pseudomonas agarici* és *P. tolaasii* törzsekre gyakorolt lehetséges antagonistá hatását.



Pseudomonas tolaasii általi mesterséges fertőzés tünetei csiperke leszedett termőtestein 4 nap után

Penészkártevők felmérése és jellemzése

A csiperke termesztésében jelentkező leggyakoribb, penészgombák által okozott betegségek a zöldpenész (*Trichoderma* fajok), a száraz mólé (*Lecanicillium fungicola*), a nedves mólé (*Hypomyces pernicius*) és a pókhálós penész (*Cladobotryum* fajok).

A zöldpenész felmérése céljából a konzorciumvezető csiperketermesztő üzemében gyűjtött mintákból szelektív táptalajon *Trichoderma* törzseket izoláltunk. Az izolált törzsek tiszta tenyészeiteinek fajszintű azonosítását a riboszómális RNS génklaszter köztes átíró elválasztó (ITS) régiójának szekvencia-elemzésével végeztük. A Szegedi Mikrobiológiai Törzsgyűjteményben (SZMC) elhelyezett *Trichoderma* izolátumok szekvenciaalapú azonosításának eredményeképp elsőként figyeltük meg a korábban kizárólag Észak- Amerikából ismert *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum* magyarországi - egyben európai - megjelenését a csiperkegomba termesztésében. A biotípus járványszerű megjelenését egy másik csiperketermesztő üzemből származó mintákból izolált további törzsek szekvenciaalapú azonosítása is alátámasztotta. Az izolátumok tényleges köröki szerepét kiszákos kísérletekben, a Koch-posztulátumok alkalmazásával bizonyítottuk: az izolált törzsekkel beoltott komposztzsákokban kialakult a zöldpenész tünetegyüttes, melynek jelei a takaróanyag felszínén és a csiperkegombák termőtestein egyaránt megfigyelhetők voltak. A mesterségesen fertőzött zsákokból izolált *Trichoderma* törzsek a molekuláris azonosítás során kivétel nélkül *T. aggressivum* f. *aggressivum*-nak bizonyultak.



Trichoderma aggressivum f. *aggressivum* által okozott zöldpenész a takaró föld felszínén

A *T. aggressivum* izolátumokon kívül a konzorciumvezető telephelyén gyűjtött további minták (penészes csiperke-termőtest, zöldpenésszel fertőzött csiperkekomposzt, letermett csiperke-takaró föld, gyenge minőségű komposzt és takaróföldje, penészes laskagomba-termőtest, penészes shiitake termesztési alapanyag) feldolgozása során *Debaryomyces hansenii*, *Mortierella alpina*, *Mucor circinelloides*, *Fusarium verticillioides*, *Scedosporium apiospermum*, *Paecilomyces formosus*, *Talaromyces helicus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus terreus*, *Trichoderma koningiopsis*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma harzianum*, *Cylindrocarpon* sp., *Myceliophthora lutea* és *L. fungicola* var. *fungicola* fonalagomba-törzseket azonosítottunk és helyeztünk törzsgyűjteménybe. A csiperke száraz mólé betegségéért felelős *L. fungicola* var. *fungicola* fajt tünetmentes komposztból is sikerült kimutatnunk. Pókhálós penésszel fertőzött gombatermesztési alapanyagokból izolált törzsek azonosítása alapján a betegség kórokozója a konzorciumvezető telephelyén a *Cladobotryum mycophilum*. A nedves mólé tüneteit mutató csiperketermőtestekről vett minták vizsgálata pedig a *T. harzianum*, *Galactomyces pseudocandidum*, *Umbelopsis isabellina*, *Fusarium graminearum*, *Penicillium madriti*, *Penicillium brevicompactum* és *Penicillium* sp. taxonok azonosításához vezetett, a *H. perniciosus* fajt nem sikerült kimutatni.

Fonalagomba-törzseket izoláltunk és azonosítottunk a konzorciumvezető telephelyéről származó, zöldpenésszel fertőzött laskagomba-, és shiitake-mintákból is, az eredmények alapján a gombaüzemben a laskagomba zöldpenészes fertőzését a csiperkéről ismert *T. aggressivum* f. *aggressivum*, a shiitakegomba zöldpenészes fertőzését pedig a *T. harzianum* fajkomplexumba tartozó különböző fajok okozzák.

Szerbiai csiperke-, laska-, és shiitake-gomba zöldpenésszel fertőzött mintáiból izolált, ITS-szekvenciák alapján *T. harzianum*-ként azonosított, de jól elkülönülő csoportokat alkotó törzsek *tef1* (transzlációs elongációs faktor 1 α), *rpb2* (RNS-polimeráz II) és *cal1* (kalmodulin) génszakasz-szekvenciáinak vizsgálatával kimutattuk, hogy az eddig ismert *Trichoderma* fajok mellett más fajok is okozhatnak zöldpenészes tüneteket a csiperke-, laskagomba- és shiitake-termesztésben: a *T. harzianum* fajkomplexumba tartozó izolátumok a *T. harzianum*, *T. guizhouense*, *T. atrobrunneum*, *T. simmonsii*, *T. afroharzianum* és *T. pollinicola* fajok képviselőinek bizonyultak. Elvégeztük további, Szerbiából származó csiperkepatogén gombatörzsek molekuláris azonosítását is, melynek eredményeképpen *L. fungicola* var. *fungicola*, *C. mycophilum* és *H. perniciosus* törzseket azonosítottunk. Fehérpenésszel fertőzött takaró földminták vizsgálata során a világon elsőként mutattuk ki a *Trichoderma decipiens* csiperketermesztésben történő megjelenését.

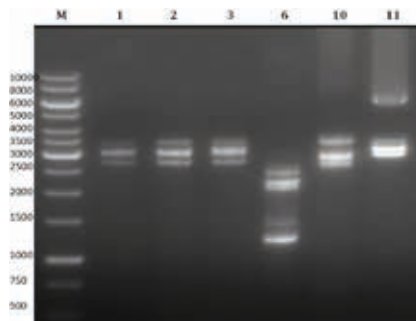
Konfrontációs kísérleteket végeztünk *L. fungicola*, *H. perniciosus*, *M. lutea*, *C. mycophilum*, *T. aggressivum* f. *aggressivum*, *T. aggressivum* f. *europaeum*, *T. pleurotica*, *T. pleuroti* és *T. decipiens* gombakártevő penészek, valamint a csiperke és laskagomba között, és meghatároztuk a kártevő penészgombák természetett gombákra vonatkoztatott agresszivitási index értékeit. A csiperkegombával szemben burgonyadextróz táptalajon a *T. aggressivum*, *T. decipiens* és *C. mycophilum* izolátumok rendkívül erős antagonistá hatást mutattak, de a *H. perniciosus* is agresszívnek bizonyult. Eredményeink alapján a *L. fungicola* var. *fungicola* és a *M. lutea* más mechanizmussal károsítják a csiperkegombát, a *M. lutea* feltehetően valamilyen metabolit termelésén keresztül képes gátolni annak növekedését. Az általunk alkalmazott kísérleti körülmények között a laskagombával szemben burgonyadextróz táptalajon a laskagomba-kártevő *T. pleuroti* és *T. pleurotica* mellett a csiperkekártevő *T. decipiens* bizonyult a legagresszívebbnek, de a *C. mycophilum* és a *T. aggressivum* izolátumok is magas agresszivitást mutattak, felvetve annak lehetőségét, hogy ezek a fajok a laskagombát is képesek

lehetnek károsítani. Antagonizmus-teszteket kivitelezünk a fent említett kártevő penészgombák és termesztett gombák között a termesztési körülményeket szimuláló, csiperkekompozttal, illetve laskagomba-termesztési alapanyagot tartalmazó táptalajokon is. A termesztési körülményeket modellező kísérletekben laskagombával szemben a *T. pleurotica*, *T. pleuroti* és a *C. mycophilum* fajok, míg csiperkegombával szemben a *C. mycophilum*, *T. aggressivum*, *T. decipiens*, a laskagomba-kártevőként ismert *T. pleurotica*, valamint a csiperke-termesztésből származó *T. harzianum* izolátumok bizonyultak a legagresszívebbnek. A csiperke, laskagomba és shiitake termesztéséből izolált, *T. harzianum* fajkomplexumba tartozó *Trichoderma* törzsek gazdagombával szembeni agresszivitásának vizsgálata során a shiitake a *T. simmonsii* és a *T. pollinicola* izolátumokkal szemben bizonyult különösen érzékenynek.



In vitro antagonizmus-tesztek Petri-csészén csiperkegomba és zöldpenészt okozó *Trichoderma* törzsek között. Balról jobbra: csiperke kontroll; csiperke + *T. aggressivum* f. *aggressivum*; csiperke + *T. aggressivum* f. *europaeum*

Mivel a *T. aggressivum* faj esetében ismert a mikovírusok jelenléte, megvizsgáltuk 13 *Cladobotryum*, 9 *Lecanicillium* és 2 *Mycogone* törzs mikovírus-hordozását is. CF11 cellulóz oszlopon történő tisztítás után 3 *Lecanicillium* törzsben sikerült dsRNS-fragmentumokat detektálni, mindhárom törzsnél 3 különböző nagyságú fragmentum (2,8; 3,1; 3,5 kb) volt megfigyelhető. A száraz mólé tüneteit mutató mintákból származó *L. fungicola* izolátumok jelentős része hordoz kettősszalú RNS-molekulákat, míg a tünetmentes mintákból izolált *L. fungicola* törzsekben nem mutattuk ki a jelenlétüket, a kettős szalú RNS-molekuláknak tehát szerepe lehet a *L. fungicola* törzsek csiperkegombával szembeni patogenitásában.



Lecanicillium és *Hypomyces* törzsekből tisztított kettős szalú RNS-gombavírusok agaróz gélelektroforetikus képe. M: GeneRuler 1 kb molekulaszúly-marker, 1-3, 6: *L. fungicola* var. *fungicola*, 10, 11: *H. perniciusos*

Annak érdekében, hogy megvizsgáljuk a vírushordozás okozta lehetséges fenotipikus változásokat a gazdagombában, a vírusok eliminációja érdekében cikloheximid-kezelést alkalmaztunk a vírushordozóként ismert *T. aggressivum* f. *aggressivum* SZMC 23035 törzsen. Ehhez a dsRNS-elemet hordozó gombatorzset különböző cikloheximid- koncentrációt tartalmazó táptalajra oltottuk, majd ezeket 7, illetve 14 naponta továbboltottuk a megfelelő cikloheximidet tartalmazó táptalajokra. Többszöri átoltás után összegyűjtöttük a micéliumokat, majd CF-11 cellulóz kromatográfiával vizsgáltuk a cikloheximiddel kezelt törzsek dsRNS-mintázatát. A *Trichoderma* izolátumok esetében a nagyobb cikloheximid- koncentrációt tartalmazó táptalajon igen eltérő morfológiai különbségeket tapasztaltunk a kontroll izolátumhoz képest, emellett a CF-11 kromatográfiával tisztított kivonatokban a cikloheximid-kezelt törzs esetében nem voltak detektálhatók a korábban jelenlévő dsRNS- fragmentumok.

In vitro konfrontációs kísérleteket végeztünk csiperkegomba, valamint mikovírus- hordozó és vírusmentes *L. fungicola* izolátumok között általános (burgonyadextróz agar, PDA) és a csiperkegomba-termesztés körülményeit szimuláló (csiperkekomposzt-agar, CA) táptalajokon, 20 °C-os inkubációs hőmérsékleten. A csiperkegomba rendkívül gyenge növekedést mutatott, a *L. fungicola* törzsek számára viszont optimálisnak bizonyult ez a hőmérséklet. A patogének minden esetben rántettek a csiperkegomba telepére, a mikovírusok jelenléte/hiánya nem befolyásolta a fenotípust. A kísérleteket 25 °C-os tenyésztési hőmérsékleten is elvégeztük, ahol a csiperkegomba ellenállóbbnak bizonyult a *L. fungicola* izolátumokkal szemben. Jelentős különbségeket tapasztaltunk az egyes törzsek agresszivitási index értékei között, viszont ez nem mutatott összefüggést a mikovírusok jelenlétével vagy hiányával.

Vizsgáltuk *T. aggressivum* f. *aggressivum*, *T. aggressivum* f. *europaeum*, *T. decipiens*, *C. mycophilum*, *L. fungicola* var. *fungicola*, *H. pernicius* és *M. lutea* törzsek, valamint a csiperke (*A. bisporus*) növekedésének hőmérsékletfüggését 20, 25 és 35 °C-on, illetve pH-függését 2,2-es, 4-es, 6-os és 8-as pH-értékeken. Alacsonyabb inkubációs hőmérsékleten (20°C) a csiperkepatogén *Trichoderma* és *Cladobotryum* fajok növekedési sebessége jóval alacsonyabb volt, mint a magasabb, optimálishoz közeli hőmérsékleti értékeken (25 és 30°C), viszont ez a csiperkegomba micéliumnövekedését is hátrányosan befolyásolta. Eredményeink alapján a *Trichoderma* és *Cladobotryum* fajok csiperketermesztésben történő kártétele nem mérsékelhető számottevően a termesztési hőmérséklet szabályozásával. A zöldpenész-kórokozók növekedése a magasabb pH-értékeken (6 és 8) gátolt volt. A *T. decipiens* csak az alacsonyabb pH-értékeken (4 és 6) mutatott növekedést, a *C. mycophilum* ezzel szemben minden vizsgált pH-értéken képes volt növekedni. A *C. mycophilum* növekedési optimuma pH = 4, a többi vizsgált értéken a növekedés erősen gátolt. Az eddigi eredmények alapján a pókháló penész és a *T. decipiens* által okozott fehér penész magasabb pH-értékeken gátolható. A kórokozók növekedése az alacsonyabb pH-értékeken gátolt volt, a száraz és nedves mólé betegségek kialakulásának megelőzése érdekében pedig a 30 °C hőmérséklet fenntartása lehetne alkalmas. Az eredmények arra utalnak továbbá, hogy *L. fungicola* var. *fungicola* esetében a mikovírusok jelenléte növeli a törzsek növekedési sebességét 25 °C-os hőmérsékleten, aminek a csiperkegombával szembeni antagonizmusban is lehet szerepe. A sóstressz *L. fungicola* var. *fungicola* törzsek növekedésére gyakorolt hatásának vizsgálatából kapott eredmények alapján minden vizsgált törzs képes volt növekedni magas, még 5%-os NaCl-koncentráció mellett is, de a mikovírusok jelenléte a fenotípust nem befolyásolta. Nitráthasznosítási vizsgálatunk alapján minden vizsgált *L. fungicola*

var. *fungicola* izolátum képes a nitrátot egyedüli nitrogénforrásként hasznosítani, viszont a mikovírusok jelenléte csökkenti a törzsek növekedési sebességét ilyen körülmények között.

Összehasonlítottuk *T. harzianum* törzsek és a shiitake micéliumnövekedésének hőmérsékletfüggését 20, 25 és 30 °C -on. Az eredmények alapján a vizsgált tartományban a patogén *T. harzianum* izolátumok és a shiitake hőmérsékletprofilja egybeesik, mindegyik 30°C-on mutatta a legintenzívebb növekedést. A *T. harzianum* törzsek és a shiitake micélium- növekedésének pH-függését 2,2-es, 4-es, 6-os és 8-as pH-értékeken tanulmányoztuk. A *Trichoderma* kórokozók növekedése a magasabb pH-értékeken (6 és 8) erősen gátolt volt, a shiitake viszont csak 4-es pH-értéken volt képes növekedni, eredményeink alapján tehát nincs olyan pH-érték, amelyen a shiitake-zöldpenész kivédhető.

Petri-csészén kivitelezett szénforrás-hasznosítási vizsgálatokat végeztünk *T. aggressivum* törzsekkel és csiperkegombával. Egyes szénforrások (pl. mannóz, galaktóz, fruktóz) serkentették a vizsgált *Trichoderma* törzsek növekedését, ezek jelenléte a csiperkegomba természetési alapanyagában nem ajánlatos. Számos szénforrás (pl. bizonyos cukrok, aminosavak és egyéb szerves savak, pl. tanninsav, vanillinsav, vanillin) jelentősen gátolták a kísérleteink során vizsgált *T. aggressivum* törzsek növekedését, de a többségük a csiperkegomba növekedésére is erős negatív hatást gyakorolt. Közülük az L-szorbóz és a D- glükóz-ammónium-klorid csak minimális negatív hatással voltak a csiperkegombára (5% növekedésgátlás), ezek alkalmasnak bizonyultak a zöldpenész betegség elleni védekezést célzó további vizsgálatokra.

Szénforrás-hasznosítási kísérleteket indítottunk csiperkegomba, illetve mikovírus- hordozó és vírusmentes *L. fungicola* izolátumok felhasználásával is. A vizsgált szénforrások többsége serkentette a *L. fungicola* törzsek növekedését, ezért jelenlétük a csiperkegomba természetési alapanyagában nem kívánatos. A vanillin, malonsav, tanninsav és vanillinsav teljes gátlást okozott, viszont a csiperkegomba sem volt képes növekedni a jelenlétükben, így ezek a szénforrások nem használhatók a száraz mólé betegség csiperketermesztésben történő kialakulásának gátlásához. Az α -keto-glutársav, mezo-tartarát, L-aszkorbinsav, D-borkósav és cisz-akonitsav hatása negatív volt ugyan, ám ennek mértéke nem elegendő a száraz mólé betegség kialakulásának hatékony gátlásához. A legtöbb vizsgált szénforrás esetében nem tapasztaltunk egyértelmű tendenciát a mikovírus-hordozó és vírusmentes *L. fungicola* izolátumok növekedése között, de az L-almasav Na-sója jelenlétében a mikovírus-hordozó izolátumok jelentősen gyengébb növekedést mutattak, mint a vírusmentes törzsek. BIOLOG Phenotype Microarray szénforrás-hasznosítási kísérleteket is végeztünk *L. fungicola* var. *fungicola* két, mikovírust hordozó és két, mikovírust nem hordozó törzsével, az eredmények alapján minden vizsgált *L. fungicola* var. *fungicola* törzs azonos szénforrás-hasznosítási profillal rendelkezik, a mikovírusok jelenléte ezt a fenotípust nem befolyásolja.

A szénforrás-hasznosítási kísérleteket csiperkegomba-termesztésből izolált patogén *C. mycophilum*, *H. pernicius*, *T. harzianum* és *T. decipiens* törzsekre is kiterjesztettük. A vizsgált szénforrások között az α -metil-D-mannozid, a 2-keto-D-glükonsav, az L- α -alanin, az 1- α -metil- β -D-glükopiranozid és a D(+)-melibióz lehet alkalmazható a tanulmányozott patogének elleni védekezésben.

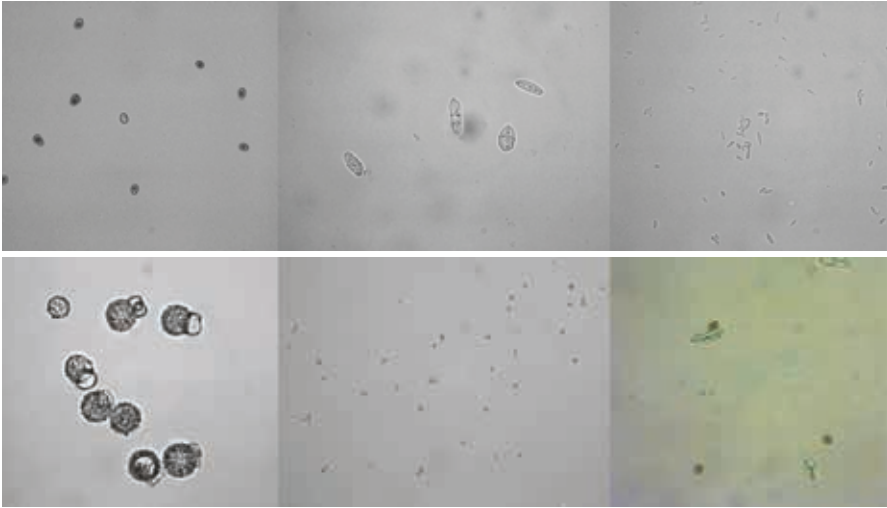
A szénforrás-hasznosítási tesztek összesített kiértékelése alapján számos vegyület képes jelentős mértékben gátolni a tanulmányozott patogén gombatörzsek pozitív kontrollhoz viszonyított növekedését, viszont

jelentős hányaduk a csiperkegomba növekedésére is negatív hatást gyakorol. Az alábbi vegyületek lehetnek a leginkább alkalmasak az egyes patogének elleni védekezést célzó további vizsgálatokra (*teljes növekedésgátlás): *C. mycophilum* - D(+)-galaktóz, D-szorbit, L-szorbóz*, xilitol, mezo-inozit, Ca-DL-pantoténát*, N-metil-D- glükamid, 3-o-metil-D-glükopiranozid; *H. pernicius* - D-szorbit, L-szorbóz*, N-metil-D- glükamid, 3-o-metil-D-glükopiranozid; *T. decipiens* - N-metil-D-glükamid, 3-o-metil-D- glükopiranozid; *T. harzianum*: N-metil-D-glükamid, 3-o-metil-D-glükopiranozid; *T. aggressivum*: L-szorbóz, N-metil-D-glükamid, 3-o-metil-D-glükopiranozid. Nem találtunk viszont olyan vegyületeket, melyek a *L. fungicola* elleni védekezésre alkalmazhatók lennének.

Komplex táptalajon vizsgáltuk a csiperkepatogén penészgombákra jelentős gátlást kifejtő L-szorbóz hatását, eredményeink alapján a vegyület a csiperkegomba növekedését is negatívan befolyásolja, ezért nem alkalmazható a kórokozók elleni védekezés céljára.

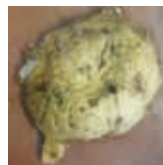
Megvizsgáltuk a csiperke-, laskagomba- és shiitake termesztéséből izolált, *T. harzianum* fajkomplexumba tartozó *Trichoderma* törzsek metrafenonnal és proklorázzal szembeni érzékenységét. A *T. afroharzianum* törzsek a *T. harzianum* törzseknel érzékenyebbek bizonyultak metrafenonra, a prokloráz pedig gátolta a vizsgált *T. guizhouense*, *T. pollinicola*, *T. atrobunneum* és *T. simmonsii* törzsek növekedését. A növekedésgátlás metrafenon esetében nem volt elégséges az ezen fajok által okozott zöldpenészes fertőzések megelőzésére és kezelésére, a prokloráz viszont alkalmazható lehet a *T. harzianum*, *T. afroharzianum*, *T. pollinicola* és *T. atrobunneum* fajok által okozott zöldpenészes megbetegedések kiküszöbölésére. A metrafenon a gomba-termesztésben alkalmazott koncentrációban jelentős mértékben gátolta viszont a pókhálós penész kórokozójának (*C. mycophilum*) növekedését, mellyel szemben a prokloráz hatástalannak bizonyult.

Mikroszkópos módszert optimalizáltunk a csiperkegomba termesztésében fertőzéseket okozó gombafajok spóráinak vizsgálatára. Gombaspóra-felismerő szoftver fejlesztéséhez nagy felbontású fényképsorozatot készítettünk mikroszkóp segítségével a csiperkegomba, valamint a száraz mólé, pókhálós penész és zöldpenész kórokozójának spóráiról. Felvételeket készítettünk kevert szuszpenziókról is, melynek során csiperkespórák mellé száraz mólé, pókhálós penész és zöldpenész kórokozójának spóráit kevertük. A továbbiakban felvételeket készítettünk a nedves mólé spóráiról és csiperkespórákkal kevert szuszpenziókról. A csiperkekértendő penészgombák spóraalakjainak képelemzése a mikroszkópos felvételek élesítésével, szegmentálásával, a szegmentált eredmények kiértékelésére szolgáló programok készítésével, a szegmentált területek javításával, a felvételek kézi annotációjával, valamint algoritmusok implementálásával és tesztelésével zajlott. Elvégeztük a szegmentáló és jellemzőket számító függvény finomhangolását, a szegmentálás pontosságának meghatározására szolgáló kiértékelő program implementálását és tesztelését, a szegmentálási mérőszámok implementációját, a szegmentált *Trichoderma*-, *Lecanicillium*-, *Hypomyces*-, *Cladobotryum*- és csiperkespórák kiértékelését, annotálását, a szegmentáló program továbbfejlesztését, tesztképek készítését a GCE és LCE méréséhez, és a GCE és LCE implementáció tesztelését. Az „összetapadó” spórák felismerésére ill. megkülönböztetésére, valamint a szétválaszthatatlan esetekben a spórák számának becslésére fókuszálva a mikroszkópos felvételi technikával készült képelemzéseket elemeztük és összeszereltük.



Csiperke és kártevő penészek spóora alakjai. Felső sor, balról jobbra: A. bisporus; C. mycophilum; L. fungicola, alsó sor, balról jobbra: H. pernicius; T. aggressivum; A. bisporus + C. mycophilum

A csiperkegomba kártevőinek vizsgálatára leszedett gombafejek fertőzésén alapuló kísérleti rendszert dolgoztunk ki: a gombafejeket leoltottuk a *T. aggressivum*, *C. dendroides*, *H. pernicius* és *L. fungicola* penészgombákból készített szuszpenziókkal, majd a tünetek megjelenését a csiperke termőtesteken 6-7 napon keresztül követtük és dokumentáltuk. A fertőzött és kontroll csiperkegombákról napi rendszerességgel hiperspektrális felvételeket készítettünk, ügyelve a megfelelő (és lehetőség szerint azonos) megvilágítási körülményekre. Mintákat készítettünk elő a kalibrált hiperspektrális kamerával végzendő vizsgálatok céljára. Petri-csészében és főzőpohárban is fertőztünk törzseket. Habár a főzőpohárban szabad szemmel nehezen volt megkülönböztethető a csiperkegomba és a patogén törzsek micéliuma, megvizsgáltuk, hogy hiperspektrális kamerával a törzsek jobban elkülöníthetőek-e. A főzőpohárba helyezett gombafejekon sajnos látszott a pohár árnyéka, de a Petri-csészében lévőkről jó felvételeket lehetett készíteni. A fertőzött gomba-termőtestekről felvételeket készítettünk. Megállapítottuk, hogy a tálcán egyidejűleg 8 Petri-csésze szkennelhető, valamint amennyiben van lehetőség, karcmentes tetőt vagy új csészéket kell használni. A hiperspektrális felvételeken vizsgáltuk az egyes spektrális csatornákon a képzaj-viszonyokat, a zaj mérséklésére szűrőt alkalmaztunk az intenzitás profilokon, és elkülönítettük azokat a spektrális tartományokat, ahol a képzaj jelentős és ahol nem zavaró. Több száz spektrális csatorna közül próbáltuk kiválogatni azokat a tartományokat, amelyeken a fertőzés illetve a természetes rothadás következtében végbemenő biológiai-kémiai folyamatok jelenléte jobban (vagy könnyebben) megkülönböztethető. Különböző osztályozókat és az intenzitás skála kvantálását alkalmaztuk, és megvizsgáltuk, hogy különbséget lehet-e tenni a felvételek alapján a kísérletben fertőzött ill. az eredetileg fertőzött területek között a csiperkegomba termőtestének felszínén.



Penészkártevők általi mesterséges fertőzés tünetei csiperke leszedett termőtestein 5 nap után.
Balról jobbra: *C. mycophilum*, *L. fungicola*, *H. perniciosus*, *T. aggressivum*

Gombatermesztésben zöldpenészes fertőzést okozó *Trichoderma* fajok (*T. aggressivum*, *T. pleuroticola*, *T. pleuroti*) esetében Illumina Paired End (2×150 bp) genomszekvenálás történt a pontos bázisrend meghatározására, valamint Minlon szekvenálás, hogy rövid egyedi szekenciákból összefüggő, nagyobb régiókat tudjunk összeállítani (scaffoldozás). A kapott read-eket demultiplexeltük (PoreChop), az adapter régiókat eltávolítottuk (Trim Glamor), majd minőség alapján szűrtünk tovább (egyedi script-ek felhasználásával: hossz, minőség, repetitív szakasz), hogy csak a jó minőségű read-eket használjuk fel a genomösszeszerelés során. Elvégeztük az ilyenkor szokásos ellenőrzéseket (FastQC). A zöldpenészt okozó *Trichoderma* fajok genomszekvenációjának funkcionális jellemzése során a gének in silico azonosítására az AUGUSTUS programot használtuk, melyet az előzőleg már megszekvenált *Trichoderma virens* genomja alapján tanítottunk be. A fehérjék sejtben belüli elhelyezkedést a szignálszekvenációkat prediktáló SignalP 5.0 és a fehérjékben előforduló, membránon átívelő hélix-szerkezetű régiókat azonosító TMHMM 2.0 programokkal vizsgáltuk. A DeepLoc 1.0 neuronális háló segítségével a fehérjék sejtstruktúrákban történő elhelyezkedését, a NetGPI 1.1 programmal pedig a GPI-kötött fehérjéket prediktáltuk. BLASTP program felhasználásával számos strukturált adatbázisban levő fehérjékkel történő, homológián alapuló annotációt készítettünk. A zöldpenészt okozó *Trichoderma* fajok genomszekvenációiban meghatároztuk a paralóg és ortológ géneket, annotáltuk és elemeztük a promóter-szekenciákat és az intergénikus régiókat, és adatbázisokat készítettünk. A zöldpenészt okozó *Trichoderma* fajok így létrehozott, teljes genomszekvenancia-adatbázisai a termesztett gombák zöldpenészes megbetegedésével kapcsolatos jövőbeli kutatások alapvető eszközeül szolgálnak.

A csiperketermesztésben zöldpenészes fertőzést okozó *T. aggressivum* f. *europaeum* biotípus egy törzse, valamint a laskagomba termesztésében zöldpenészt okozó *T. pleuroti* egy törzse esetében malátakivonatos agaron történt tenyésztést követően kloroformos extrakciót hajtottunk végre, *Micrococcus luteus* baktérium alkalmazásán alapuló biotesztben vizsgáltuk az extraktumok bioaktivitását, majd HPLC-MS segítségével peptid-típusú molekulákat detektáltunk az extraktumokban, melyek aminosavsorrendjét az MS-spektrumok elemzésével azonosítottuk. A két zöldpenészt okozó törzs esetében csiperke- és laskagombával szemben kivitelezett *in vitro* antagonizmus-tesztben vizsgáltuk a *Trichoderma* törzsek peptaidol-termelésében a termesztett gombák jelenléte esetén mutatkozó különbségeket. Az eredmények alapján a zöldpenészt okozó *Trichoderma* törzsek peptaidol-termelése a termesztett gombákon okozott kártétel fontos tényezőjeként valószínűsíthető, a *T. pleuroti* fajban pedig felfedeztünk egy új, eddig még le nem írt peptaidolcsaládot, a tripleurinokat. A két *Trichoderma* faj genomjában bioinformatikai módszerekkel sikerült azonosítanunk a detektált peptaidolok termeléséért felelős, nem riboszómális peptid-szintetázokat kódoló géneket.

A *Trichoderma* nemzetség által termelt peptidok szerkezetének molekuladinamikai elemzése során a tripleurin XIc szerkezetét MD-szimulációval modelleztük implicit vízben, explicit vízben és metanolban 30 nanoszekundum alatt. 128 egységes membrán kettősréteget konstruáltunk és szimuláltuk 10 nanoszekundum alatt, továbbá szimulációkat hajtottunk végre egyetlen hypomurocin peptid jelenlétében és hiányában. A hypomurocin peptiddel 1500 4-es komplexet konstruáltunk. A tripleurin XIc-t 3 fragmentumra (N-terminális, C-terminális és centrális szegment) bontottuk annak megállapítása céljából, hogy ugyanazon folding útvonalat követi-e implicit környezetben történő szimuláció során. Elvégeztük és elemeztük a tripleurin VIIIc molekula új implicit szimulációját. A tripleurin XIc-t víz és kloroform határfelületén szimuláltuk 30 ns-ig a polárosról apoláros környezetre történő váltás megértése céljából. Ezt követően 1 mikroszekundum hosszú, gyorsított molekuláris dinamikájú (aMD) szimulációkat futtattunk víz és kloroform oldószerekben. Ezeket a 1,5 mikroszekundumos szimulációval kombináltuk és elemeztük. A konvergenciát Kullback- Leibler elemzés alapján bizonyítottuk.

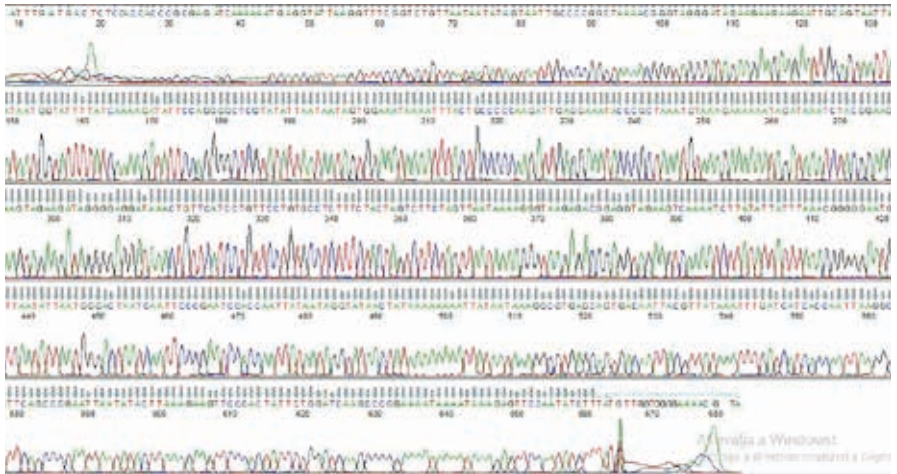
Rovarkártevők felmérése

Csiperketermesztő helyiségekből rovarokat gyűjtöttünk, melyekről fényképsorozatokat készítettünk, majd a citokrom C oxidáz I alegység (COI) génszekvenciái alapján azonosítottuk őket. Az első 80 azonosított rovar közül 20 (25%) a Sciaridae család képviselője, melyek a csiperkegomba ismert kártevői (*Lycoriella castanescens* - 22,5%, *Bradysia vagans* - 1,25% és *Bradysia tilicola* - 1,25%). Néhány további rovar a Sphaeroceridae családba sorolható (*Leptocera erythrocer*a - 7,5%, *Leptocera neofinalis* - 5%, *Leptocera finalis* - 1,25%, *Leptocera caenosa* - 1,25%, *Rachispoda sp.* - 1,25%), melynek képviselői tetvek és gombaspórák terjesztésében játszhatnak szerepet. A további gyűjtésekből *B. tilicola*, *B. vagans*, *Chaetosa palpalis*, *Delia platura*, *Desmometopa sordida*, *Drosophila busckii*, *L. neofinalis*, *L. caenosa*, *L. erythrocer*a, *Lycoriella sativae*, *Opacifrons coxata*, *Stomoxys calcitrans* fajokba tartozó gombalegyeket identifikáltunk. Egy szatymazi gombatermesztő pincéből a *Bradysia impatiens*, *Lycoriella ingenua*, *Stegobium paniceum*, *Culex pipiens*, *Mycetophila luctuosa*, *Corynoptera subtrivialis*, *Oxytelus sculptus*, *Stomoxys calcitrans*, *D. busckii* és *Exechia fusca* fajokat azonosítottuk.



Termesztőházban begyűjtött rovarokról készült felvételek. Felső sor, balról jobbra: *Lycoriella sativae*, *Megaselia halterata*, *Stomoxys calcitrans*, *Delia platura*, alsó sor, balról jobbra: *Psycoda cinerea*, *Culex pipiens*, *Drosophila busckii*, *Solenopsis sp.*

A GOMBAIPARI TERMÉKPÁLYA ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSRA TÖRTENŐ ÁTÁLLÁSÁNAK ELŐMOZDÍTÁSA



Lycoriella castanescens COI-génszakaszának szekvencia-kromatogramja

Komposztmintából gombalégy-lárvákat gyűjtöttünk és gombalegyek tenyésztésére tettünk kísérletet tőzeget, csiperke-micéliumot, és élesztőkivonatot, illetve tőzeget, zabpelyhet, és szárított élesztőt tartalmazó tápközegekben. Az utóbbi tápközeg megfelelőnek bizonyult a szaporításhoz, a legyek generációs ideje 16-18 nap volt.

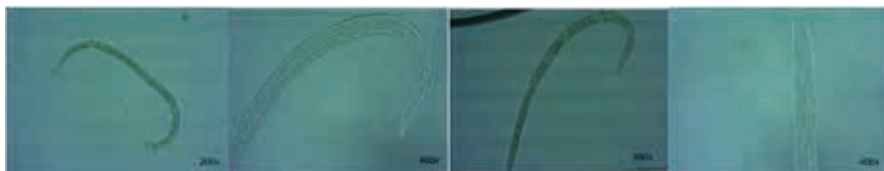
Kihelyezett légypapírokról különböző időpontokban felvételeket készítettünk képelemzéses feldolgozás céljára. Megvizsgáltuk, hogy a csarnokokban kihelyezett légypapírokról eltérő időpontokban készített fényképeken mennyire pontosan lehet számlálni a csapdába esett rovarokat, majd az eredmények alapján elemzhető jellemzősorokat, illetve képfeldolgozó és specifikus elemzési algoritmusokat fejlesztettünk.



Kihelyezett légypapírról különböző időpontokban készült felvételek. Balról jobbra:
0. nap, 2. nap, 8. nap, 17. nap, 27. nap

Kártevő fonálférgék felmérése

Gombatermesztő üzemből származó, különböző időpontokban vett mintákból fonálférgeket izoláltunk. Az egyedekről mikroszkóp segítségével 200× és 400×-os nagyítású felvételeket készítettünk. A felvételeket csoportosítottuk, és elemzésnek vetettük alá, melynek során megállapítottuk, hogy a vizsgált egyedek a Rhabditida rendbe, azon belül a *Caenorhabditis* nemzetségbe tartoznak. Ez a nemzetség gyakran jelen van a gombatermesztésben, azonban nincs róla adat, mely arra utalna, hogy komoly terméskiesésért lenne felelős. Kontúralapú megközelítést alkalmazva a fonálférgeket detektáltuk és szegmentáltuk, az egyéb határozott kontúrral bíró objektumoktól alakitani jellemzők alapján különítettük el őket. A fonálférgék szegmentálására szolgáló módszer kiegészítettük a spórák osztályozásában már kipróbált Mask-RCNN modell alkalmazásával.



Komposztmintákból kivont fonálférgék mikroszkópos felvételei

Illóolajok és szteroidvegyületek alkalmazásának lehetőségei a gombatermesztésben

Megvizsgáltuk a kakukkfű (*Thymus vulgaris*), majoránna (*Origanum majorana*), fahéj (*Cinnamomum zeylanicum*) illóolajainak, és a fahéjolaj egyik komponensének, a fahéjaldehidnek a hatását a gombatermesztésben károkat okozó *P. tolaasii* baktériumtörzsek növekedésére és biofilmképzési képességére, illetve kórokozó penészgombák (*T. aggressivum* f. *aggressivum*, *T. aggressivum* f. *europaeum*, *T. harzianum*, *L. fungicola* var. *fungicola*, *C. dendroides*, *C. mycophilum*, *H. perniciosus*), valamint a csiperke- és laskagomba növekedésére. Az illóolajok minimális gátló koncentrációját (MIC) mikrotiter- lemezekon kivitelezett mikrodilúciós módszerrel, a minimális baktericid (MBC) és minimális fungicid (MFC) koncentrációit plating-technikával, a *P. tolaasii* törzsek kezelés utáni biofilmképzését kristályibolyás festéssel tanulmányoztuk. Az illóolajok antifungális hatását az ún. „fordított Petri-csésze” módszerrel tanulmányoztuk. Az eredmények alapján a fahéjolaj, a fahéjaldehid és a kakukkfűolaj sikeresen gátolták a patogén fonalagombák növekedését, viszont a csiperke és laskagomba növekedésére is negatívan hatottak. A *P. tolaasii* esetében is a fahéjolaj és fahéjaldehid bizonyultak a leghatásosabb gátlószereknek, több, mint 40%-kal csökkentve a biofilm-képzési rátát.

A *P. tolaasii* gombakártevő baktérium esetében több törzsen vizsgáltuk különböző korábban nem tesztelt illóolaj, illetve fő komponens növekedésgátló hatását. A citromos eukaliptuszolaj (*Eucalyptus citriodora*), kúszó fajdbogyó olaj (*Gaultheria procumbens*), molyúzó (*Ledum palustre*) és p-cimén (illóolaj összetevő)

esetében viszonylag magas MIC- értékeket kaptunk. Ezen illóolajok, illetve komponensek biofilmképződést gátló képességét is vizsgáltuk; viszonylag csekély gátlást észleltünk, kivéve a molyúzó illóolajat, amely 50%-os biofilmképzés-gátlást eredményezett.

Gőzteres kísérleteket hajtottunk végre a limonén és α -pinén illóolaj-komponensek *T. aggressivum* f. *aggressivum*, *T. aggressivum* f. *europaeum*, *T. pleuroti*, *T. pleurotica*, *T. harzianum*, *L. fungicola* var. *fungicola*, *C. mycophilum* és *H. perniciosus* kártevő penészgombafajokra, valamint csiperkére és laskagombára gyakorolt hatásának vizsgálata céljából. A tesztelt gombák leoltása a táptalajra 2 db 3 mm átmérőjű, micéliumokat tartalmazó táptalajkorong segítségével, míg a gőztér kialakítása az illóolaj-komponensekkel különböző mennyiségekben (1 és 2 μ l) átitatott steril papírkorongok Petri-csészék belső felére 2% agarral történő ragasztásával történt. A zárt gőzteret parafilmes (3M) lezárással biztosítottuk, majd 7 napos inkubáció során naponta mértük a telepek átmérőjét.

Az eredmények alapján az illóolajok gombatermesztésben történő alkalmazása problémákba ütközhet, mivel azok már a patogén fonalagombákat hatékonyan gátló koncentráció alatti tartományban is gátolták a csiperke- és laskagomba in vitro növekedését. Ezek a kísérletek ugyanakkor megalapozták azokat a projekt későbbi időszakában kivitelezett vizsgálatokat is, amelyek során a természetes anyagok rovarkártevőkre gyakorolt hatását teszteltük.

Különböző növényekből (citrom, boróka, majoránna, muskotályzsálya, fahéj, kakukkfű, szegfűszeg, borsmenta, citronella, wintergreen, citriodora és fenyő) származó illóolajok gombatermesztő házakban előforduló rovarok (főként gombalegyek) elleni attraktáns/repellens hatásának vizsgálatára természetoházi kísérleteket állítottunk be. A desztillált vízben elkészített illóolaj-oldatok Falcon-csövekben kerültek kihelyezésre, melyek nyílását Falcon-csövek kifűrt, alsó harmadával zártuk le, hogy a gombalegyek a csapdába be tudjanak jutni, ki viszont már ne legyenek képesek jönni belőle. Negatív kontrollként desztillált vizet, pozitív kontrollként sört alkalmaztunk. A legtöbb rovar a sörrel töltött csapdával sikerült befogni. A negatív kontrollhoz képest a kísérlet eredményei alapján a kakukkfű, wintergreen és borókaolajok mutattak bizonyos fokú attraktáns hatást. A kísérletet megismételtük, továbbá repellens kísérletet indítottunk, melynek során a növényi illóolaj-oldatokat sörrel készítettük, annak vizsgálatára, hogy a kontrollként alkalmazott sörhöz képest csökken-e valamelyik illóolaj jelenlétében a csapdába kerülő rovarok száma. A legtöbb egyed a két, sört tartalmazó csapdában figyeltük meg (18-18). Az illóolajok közül a kakukkfű- és wintergreen-olajok vonzották a legsikeresebben a legyeket, ezek a csapdák 5-5 egyedet tartalmaztak. A borókaolajat tartalmazó csapdában 4, a citrom- és fahéj-olajat tartalmazó csapdában 3-3 legyet találtunk. Majoránna, muskotályzsálya, szegfűszeg, fenyő és citriodora illóolajok szuszpenzióit tartalmazó csapdában nem találtunk egyetlen egyed sem.

Annak megállapítására, hogy ezek az illóolajok repellensként használhatóak-e, új csapdasorozatot helyeztünk ki. A második kísérlet alkalmával az 1% illóolajat tartalmazó szuszpenziókat vízben és sörben is elkészítettük, így összesen 42 csapdát készítettünk. A legtöbb egyed a sörtartalmú kontroll csapdában figyeltük meg (43 és 58). A vizet tartalmazó kontroll csapdák 1, 5 és szintén 1 egyedet tartalmaztak. A sörben oldott wintergreen szuszpenzióban 6, viszont a vízben oldottban csak 2 legyet figyeltünk meg. A szegfűszegolajat tartalmazó szuszpenziókban 1-1 legyet találtunk. Előző kísérletekben a majoránna, muskotályzsálya, fenyő és citriodora illóolajok nem vonzották a legyeket, de ebben az esetben a vízzel oldott szuszpenziók 1, 4, 8, 2 egyedet tartalmaztak. Borsmenta szuszpenzióban nem találtunk legyet, míg az előző kísérletben 2 egyedet tartalmazott.



Attraktáns kísérletek Falcon-csővekből épített rovarcsapdákkal

Előkészítettünk 46 db, 1%-os vízben és sörben elkészített illóolaj-szuszpenziókat tartalmazó légycsapdát és kihelyeztük őket a konzorciumvezető csiperkegomba-termesztő üzemébe. Eredményeink azt mutatják, hogy a szegfűszeg, fahéj- és fenyőillat attraktáns, a citronella pedig repellens tulajdonságokkal rendelkezik. Ezt követően olyan légycsapdákat helyeztünk ki, melyek repellens tulajdonságokkal rendelkező citrom, kakukkfű, citronella illóolajokat, valamint attraktáns tulajdonságokkal rendelkező fahéj és szegfűszeg illóolajokat tartalmaztak vízben és sörben oldva. Az illóolajokat 1% koncentrációban alkalmaztuk. A vízben oldott, feltehetően repellens tulajdonságokat mutató illóolajokat (kakukkfű, citrom, citronella) tartalmazó csapdák 1-1 legyet fogtak, viszont úgy anezek az illóolajok sörben oldva már jelentősen több egyedet vonzottak. Kimagasló eredmény, hogy a szúnyogriasztó szerekben gyakran használt citronella illóolaj vízben oldva csak 1, sörben oldva viszont 26 egyedet vonzott.

A következő kísérletben újabb csapdákat helyeztünk ki: citronella 1%-os oldata vízben, citronella 1%-os oldata sörben, sör és víz kontrollcsapdák. Mindegyikből 4 db ismétlést készítettünk. A légycsapdák tartalmának ellenőrzésekor sikerült a hipotézist alátámasztani, mivel a legtöbb, összesen 575 (átlagosan 143,75) egyedet a sörrel készített szuszpenzió tartalmazta. Ezzel szemben a vízben készített szuszpenzió 62 (átlagosan 15,5) legyet vonzott. A vizet tartalmazó csapdában majdnem fele annyi (28, átlagosan 7) egyedet, a sört tartalmazó kontrollban pedig 480 (átlagosan 120) legyet gyűjtöttünk be.

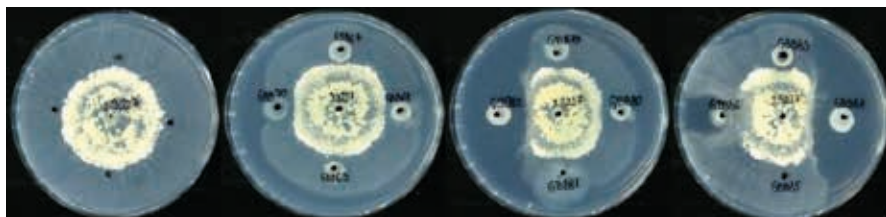
Kísérletet terveztünk és készítettünk elő szteroidkészítmények tesztelésére, majd gombatermesztő üzemből négy különböző szteroidot tartalmazó légycsapdákat helyeztünk ki 1 ng koncentrációban, vízben oldva. A csapdák tartalmának elemzése során megállapítottuk, hogy a szteroidok közül a legtöbb legyet az 1 ng/ml koncentrációjú 20 E (20-hidroxiédizon), valamint annak 20 E DA jelű származéka vonzotta. A következő kísérlet során a korábban tesztelt, legjobb attraktáns tulajdonságokkal rendelkező készítményt (20 E), valamint új, még nem vizsgált szteroidokat (AjL, F6, E2EEOX, 20 MA) helyeztünk ki. A kísérlet eredményei alapján a 20E és az F6 készítmények rendelkeznek a legjobb attraktáns tulajdonságokkal. A nőstények feltehetően érzékenyebbek a készítményekre, mivel számuk a hímekénél sokkal magasabb volt a mintákban.

Védekezési lehetőségek a természetes körülményeinek változtatásával

A *Trichoderma* által okozott zöldpenész elleni küzdelemben jelentős eredményeket értünk el a konzorcium-vezető gombatermesztő üzemében. Kísérleteket végeztünk olyan egyszerű védekezési módszerek alkalmazására, mint a pH változásának nyomonkövetése a komposztban és a takaróanyagban a csiperketermesztés során. Megállapítottuk, hogy a zöldpenész megjelenése 6,5-ös pH feletti tartományban nem jellemző, így a zöldpenész ellen egyszerűen védekezhetünk a takaróanyag pH-jának ellenőrzésével, szükség esetén a locsolóvíz pH-jának szabályozásával. Megfigyeltük, hogy a természetés során a takaróanyag és a komposzt pH-ja folyamatosan csökken, egészséges esetben azonban még a 2. hullámú termesztés végére is 6,5 felett marad. Meszes vizes locsolással beavatkozhatunk a *Trichoderma*-fertőzés elkerülésére, amennyiben alacsonyabb pH-értékeket tapasztalunk a természetes pH-csökkenéshez képest.

Jótekonny mikroorganizmus-törzsek szelektálása a biológiai védekezés céljaira

Baktériumtörzsek komposztmintákból történő izolálását és tiszta tenyésztetbe vitelét követően az SZMC Törzsgyűjteményben 45 *Pseudomonas* és 55 *Bacillus* törzs került letétbe helyezésre. Elvégeztük az izolált baktériumtörzsek *in vitro* antagonizmus-tesztekben történő vizsgálatát csiperke-zöldpenészt okozó *T. aggressivum* f. *europaeum* és *T. aggressivum* f. *aggressivum* törzsekkel szemben a legnagyobb gátlásokat mutató, így a zöldpenész elleni biológiai védekezés céljaira potenciálisan alkalmazható baktériumtörzsek azonosítása céljából. Elvégeztük az elsődleges *in vitro* antagonizmus-tesztekben hatékonyak bizonyult baktériumtörzsek molekuláris módszerekkel történő fajszintű azonosítását, melynek során 4 *Bacillus licheniformis*, 2 *Brevibacillus panacihumi*, 4 *Pseudomonas oleovorans*, 3 *Pseudomonas putida* és 2 *Pseudomonas fluorescens* törzset azonosítottunk.



A *T. aggressivum* f. *europaeum* zöldpenészt gátolni képes baktériumtörzsek szelektálása.
A csészék közepére a zöldpenész törzs, köré a baktériumtörzsek kerültek leoltásra.
A zöldpenész kontroll az ábra bal oldalán látható.

További *Bacillus* és *Pseudomonas* törzseket izoláltunk csiperkekomposzt-mintákból, az eredmények alapján a jó minőségű termeszítő közeg komposztrétegének össz *Pseudomonas* csíraszama $1,66 \times 10^6$ CFU/g, össz *Bacillus* csíraszama pedig $3,34 \times 10^3$ CFU/g volt. Csíkhúzasos technikával végeztük a *Pseudomonas* és *Bacillus* izolátumok tisztítását. Az izolált törzsek szekvenaciaalapú molekuláris azonosítás alapján a *Bacillus velezensis*, *B. amyloliquefaciens* és *B. subtilis* fajok képviselőinek bizonyultak.

Baktériumtörzseket izoláltunk mesterséges *T. aggressivum* f. *europaeum* és f. *aggressivum*-fertőzésből származó csiperke-termőtestekről is, majd elvégeztük szekvenaciaalapú azonosításukat, melynek során *Raoultella planticola*, *R. ornithinolytica*, *Serratia* sp. és *Enterobacter ludwigii* fajokba tartozó törzseket azonosítottunk.

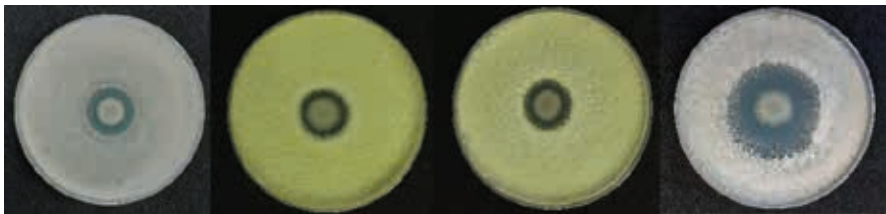
Bacillus és *Pseudomonas* törzseket izoláltunk kerti talajmintákból. A kerti talajminta össz *Pseudomonas* csíraszama $\sim 9,4 \times 10^4$ CFU/g, össz *Bacillus* csíraszama pedig $\sim 6,2 \times 10^4$ CFU/g volt. Az izolátumokat tisztítás után antagonizmus-tesztekbe vontuk be *T. aggressivum* f. *aggressivum* és f. *europaeum* törzsekkel szemben.

További *Bacillus* és *Pseudomonas* törzseket izoláltunk csiperkekomposzt-mintákból, az eredmények alapján a gyenge minőségű termeszítőközeg komposztrétegének össz *Pseudomonas* csíraszama $4,8 \times 10^6$ CFU/g, össz *Bacillus* csíraszama pedig 740 CFU/g volt.

A baktériumtörzsek és csiperkepatogén *Trichoderma* törzsek között kivitelezett *in vitro* antagonizmus-kísérletek eredményei alapján 19 *Bacillus* törzset választottunk ki további vizsgálatokra, melyekkel további *in vitro* antagonizmus-teszteket végeztünk. Sikeresen szelektáltunk számos, a zöldpenészt okozó *Trichoderma* törzseket gátló *Pseudomonas* törzset is. *In vitro* antagonizmus-teszteket végeztünk az izolált baktériumtörzsek és *C. mycophilum* törzsek között is, melynek során a vizsgált *Bacillus* törzsek esetén nem tapasztaltunk kiemelkedő gátló hatást.

Kísérletrendszert terveztünk és optimalizáltunk a baktériumok gombaspórák csírázására gyakorolt hatásának vizsgálatára: számos vizsgált baktériumtörzs képes volt gátolni a tesztelt, zöldpenészt okozó *T. aggressivum* f. *aggressivum* és *T. aggressivum* f. *europaeum* törzsek csírázását.

Bacillus törzsek gombafonal-növekedés gátlására való képességének vizsgálata céljából táptalajos Petri-csészéket masszívan oltottuk a *T. aggressivum* f. *aggressivum*, *T. aggressivum* f. *europaeum*, *C. mycophilum*, *L. fungicola*, *H. perniciosus*, *T. pleuroti*, *T. pleuroticola* és *T. decipiens* törzseket, a csészék közepére pedig 4 mm átmérőjű koronggal a szelektált baktériumokat, majd vizsgáltuk a gátlási zónákat.



A B. velezensis GBS21 törzsének hatása kártevő gombák micéliumnövekedésére.
Balról jobbra: *T. aggressivum* f. *aggressivum*, *T. pleurotum*, *T. pleuroticola*, *L. fungicola*

Elvégeztük a jó antagonista tulajdonsággal rendelkező *Bacillus* törzsek antibiotikum- termelésének vizsgálatát és extracelluláris enzimtermelésük analízisét. A mérések alapján a vizsgált *Bacillus* törzseknél extracelluláris proteáz és lipáz termelését tapasztaltuk.

Az eredmények alapján szelektált *B. velezensis* GBS21 és GBS32 jelű törzsek antagonista képességeit csiperkegomba-fejeken teszteltük *T. aggressivum*-mal szemben. Az első napon a gombakalapot a megfelelő *B. velezensis* törzs szuszpenziójával kezeltük, a következő napon pedig megfertőztük a zöldpenészt okozó törzsszel. A baktériumos előkezelés hatására némely esetben enyhültek a fertőzés tünetei. A kevesebb sejtet tartalmazó *B. velezensis* szuszpenziók jobbnak bizonyultak a töményebbekkel szemben. A két törzs közül a GBS21 valamennyivel hatékonyabbnak bizonyult. Teszteltük a fent említett törzsek hatékonyságát a nedves mólé kórokozójaként ismert *H. perniciosus*-szal szemben is.

A Szegedi Mikrobiológiai Törzsgyűjteményből rovarok, illetve rovarlárvák ellen potenciálisan alkalmazható törzseket is teszteltünk, eredményeink alapján egy *Bacillus thuringiensis* v. *israelensis* törzs potenciálisan alkalmazható lehet a gombatermesztésben.

A gombák közül bizonyos *Aureobasidium pullulans* törzsekről ismert, hogy hatékonyan alkalmazhatók a laskagomba zöldpenészes betegségét okozó *Trichoderma* fajokkal (*T. pleuroti*, *T. pleurotica*) szembeni biológiai védekezésre, ezért vizsgálatainkba bevontunk 6, előzetesen az *Aureobasidium* nemzetségbe sorolt izolátumot. Az ITS-régió szekvenálás alapján három törzset az *A. pullulans*, míg a fennmaradó hármat az *A. melanogenum* fajba tartozóként azonosítottunk. Mivel az utóbbi faj opportunista humán patogénként ismert, ezeket az izolátumokat kizártuk a további vizsgálatokból. A hőmérsékleti optimum-vizsgálataink alapján a három *A. pullulans* törzs növekedésének leginkább a 25°C körüli érték kedvez, míg 35°C-on és afellett nem képesek növekedni, így csiperkekompozitban alkalmazhatók lehetnek, továbbá nem jelentenek humán egészségügyi kockázatot. Ezzel együtt inkább a semleges-lúgos kémhatást preferálják. Az *A. pullulans* törzsekkel konfrontációs teszteket végeztünk csiperkegomba-patogén penészgombákkal (*T. aggressivum*, *T. harzianum*, *T. decipiens*, *C. mycophilum*, *L. fungicola*, *H. perniciosus*) szemben, de egyik esetben sem tapasztaltunk gátló hatást. Megvizsgáltuk három *A. pullulans* törzs által termelt illékony vegyületek csiperkepatogén penészgombák növekedésére gyakorolt hatását. A *C. mycophilum* és a *L. fungicola* esetében jelentős, míg a *H. perniciosus*-szal szemben teljes növekedésgátlást tapasztaltunk, ami arra utal, hogy az *A. pullulans* szerepet kaphat az ezen kórokozók szembeni védekezésben.

Szelektált biokontroll ágensek tesztelése

Weiss-Gallenkamp növénynevelő kamrára optimalizáltuk a csiperke termesztés körülményeit és műanyag virágcserepes kísérleti rendszert dolgoztunk ki. A növénynevelő kamrában a csiperke termesztése szempontjából fontos paraméterek (hőmérséklet, páratartalom) optimális körülmények között tarthatók.

A kialakított kísérleti rendszer alkalmasnak bizonyult mesterséges fertőzéssel kivitelezett gombatermesztési kísérletek végrehajtására. Az első kísérletek során *T. aggressivum* csiperkegomba növekedésére és terméshozamára gyakorolt hatását vizsgáltuk a gombapatogén kompozitba, illetve takaróföldbe történő keverése esetén.



Gombatermesztési kísérletek növénynevelő kamrában, műanyag virágcserépekben. Bal oldal: kontroll cserépek 18 nap után, jobb oldal: T. aggressivum-mal fertőzött cserépek 18 nap után.

Ezt követően olyan csiperkegomba-termesztő kísérleteket állítottunk be virágcserépekben, melyek során a *B. velezensis* GBS21-es törzs hatását vizsgáltuk 10^7 illetve 10^5 CFU/ml-es koncentrációban a zöldpenészes fertőzést okozó *T. aggressivum* f. *aggressivum* ellen. Megállapítottuk, hogy az általunk vizsgált koncentrációkban a *B. velezensis* törzs kis mértékben növelte a terméshozamot, és megfigyelhettük a tünetek enyhülését a *B. velezensis*-szel kezelt, *T. aggressivum*-mal fertőzött cserépeken.

A konzorciumvezető telephelyén a kísérleti termesztőházban 3 gombatermesztő házban biogomba-kísérletet állítottunk be az általunk szelektált *B. velezensis* törzs optimalizált koncentrációban történő kijuttatásával. Az 1. termesztőcsarnok csak a baktérium-oltóanyag prototípusát, a 2. termesztőcsarnok a baktérium-oltóanyag mellett a szokásos vegyszeres kezeléseket, a 3. termesztőcsarnok pedig csak a szokásos vegyszeres kezeléseket kapta. A kísérlet végén a gombatermés mennyiségének összehasonlításával megállapítottuk, hogy a *B. velezensis* készítménnyel kezelt gombaházban 2352 kg, a vegszerrel és baktériummal egyaránt kezelt gombaházban pedig 3024 kg többlettermesztést szedtek. Eredményeinket egy ismételt kísérlet is megerősítette.

A kísérleti termesztőházakban kialakított polcrendszerre igénybe vett szolgáltatás keretében valósult meg egy mozgó kamerarendszer megtervezése és kivitelezése. A hordozó szerkezet egy villamos mozgatású, négy keréken gördülő eszköz, mely alkalmas a termesztő helyiségben fennálló műszaki és környezeti feltételek mellett működni és képes hordozni a képkalkotó eszközt a teljes termőfelszín felülete mentén. A polcrendszert használja fel a hordozó szerkezet pályájának, ezáltal képes helyettesíteni a sínrendszert. A képkalkotó eszköz egy mobilis, webkapcsolattal és mobiltelefonnal megjeleníthető kereskedelmi eszköz, mely képes mozgókép felvételére. A mozgó kamerarendszer segítségével a termőtestek általi borítottság meghatározására alkalmas felvételeket készítettünk a termesztőágyakról.



Csiperke termesztési kísérlet gombaházban. Bal oldal: B. velezensis baktériumkészítmény kijuttatása permetezéssel a betermelés utáni napon, jobb oldal: egészséges termőtestek a 18. napon

Kedvező táplálkozás-élettani hatásokkal rendelkező gombaalapú funkcionális élelmiszertermékek előállítására

A gombák D-vitamin- és ergoszterin-tartalmának analizésére HPLC-módszeren alapuló analitikai eljárást dolgoztunk ki, mely alkalmas a gombák és gombaalapú funkcionális élelmiszertermékek D-vitamin- és ergoszterin-tartalmának folyamatos elemzésére. A módszerfejlesztéshez szorosan kapcsolódva olyan UV-besugárzási eljárások kerültek kidolgozásra, melyek továbbfejlesztve alkalmasak lehetnek gombák D-vitamintartalmának fokozására, így funkcionális élelmiszertermékek kialakítására. UV-C fényforrással üzemelő besugárzó berendezést építettünk, mellyel emelt D-vitamintartalmú gombák, gombaőrlemények és étrendkiegészítő kapszulák prototípusait állítottuk elő.

Kísérleteket folytattunk a csiperke mikroelem-felvételének tanulmányozására, vizsgáltuk a gomba Mn-, Zn-, V- és Se-felvételét, dúsítását. A mikroelemek oldatát a locsolóvízzel juttattuk ki természetes kísérletekben, majd a szedett gombák savas roncsolásos mintaelőkészítését követően atomabszorpciós spektroszkópiával határoztuk meg az adott mikroelem-koncentrációkat. A kísérletekben a mangánnal, vanádiummal és szelénrel történő ágyáskezelések során megfigyeltük, hogy a csiperkegomba felveszi és dúsítja az adott mikroelemet, a vanádium és szelén esetében olyan mértékben, hogy akár vanádium-, illetve szeléntartalmú étrendkiegészítő kapszulák készítésére is alkalmas lehet. A cink esetében egyértelműen kijelenthetjük, hogy a gomba nem dúsítja a mikroelemet, bár átlagos cinktartalma alapján így is kiváló lehet a csiperkegomba fogyasztása hiányos cinkbevitel kiegészítésére. A mangán-, cink-, szelén- és vanádium-tartalmú csiperkegomba esetében a gomba fogyasztásával hasznos mikroelemtartalmú diétát folytathatunk, míg a vanádiummal és szelénrel dúsított gomba étrendkiegészítő vanádium-, illetve szelénkapszula fejlesztésére is alkalmas lehet. Laboratóriumi kísérleteket végeztünk gombaszárítmányok és őrlemények készítésére, majd az ígéretesnek talált, mikroelem-dúsított csiperkegomba-őrleményekből étrendkiegészítő kapszulák prototípusait állítottuk elő.

A gombakonzerv előállítása során gyakran lépnek fel barnulási jelenségek, melyeknek élelmiszerbiztonsági kockázata ugyan nincs, a termék eladhatóságát azonban jelentős mértékben képesek rontani. Olyan laboratóriumi, majd üzemi technológiai kísérleteket hajtottunk végre, melyek megalapozzák a csiperkegombakonzervek esetében a színtartás megvalósítását. A csiperkegomba-konzerv gyártástechnológiájában kísérletileg kidolgoztuk a borkénnel történő kezelések optimális helyét, a késztermékekben igazoltuk a kezelések kedvező hatását.



In vitro antagonizmus-tesztet Petri-csészén csiperkegomba és zöldpenészt okozó *Trichoderma* törzsek között. Balról jobbra: csiperke kontroll; csiperke + *T. aggressivum* f. *aggressivum*; csiperke + *T. aggressivum* f. *europaeum*



Konzervipari technológiai kísérletek (Új Champignons Kft.)



A projekt támogatásából épült kísérleti termesztőház (Új Champignons Kft.)



*A projekt támogatásából szolgáltatás keretében kifejlesztett,
sínen futó kamerarendszer*

A GOMBAIPARI TERMÉKPÁLYA ÖKOLÓGIAI GAZDÁLKODÁSRA TÖRTENŐ ÁTÁLLÁSÁNAK ELŐMOZDÍTÁSA



Levegőmintavevő



Növénynevelő kamra



Asztali száraz blokk termosztát



PCR-készülék



Inkubátoros rázógép



Automata sejszámláló



Spektrofotométer



Mikrotiterlap-leolvasó



Mikrobiológiai inkubátorok



CO₂-inkubátor



Hiperspektrális képalkotó rendszer



Csírszámláló

A PROJEKT TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK

Folyóiratcikkek

- Marik, T; Urbán, P; Tyagi, C; Szekeres, A; Leitgeb, B; Vágvölgyi, M; Manczinger, L; Druzhinina, IS; Vágvölgyi, C; Kredics, L. Diversity profile and dynamics of peptaibols produced by green mould *Trichoderma* species in interactions with their hosts *Agaricus bisporus* and *Pleurotus ostreatus*. *Chem Biodivers.* 14(6): e1700033 (2017)
- Hatvani, L; Kredics, L; Allaga, H; Manczinger, L; Vágvölgyi, C; Kuti, K; Geösel, A. First report of *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum* green mold on *Agaricus bisporus* in Europe. *Plant Dis* 101: 1052 (2017)
- Kredics, L; Chen, LQ; Kedves, O; Buchner, R; Hatvani, L; Allaga, H; Nagy, VD; Khaled, JM; Alharbi, NS; Vágvölgyi, C. Molecular tools for monitoring *Trichoderma* in agricultural environments. *Front Microbiol* 9: 1599 (2018)
- Tyagi, C; Marik, T; Szekeres, A; Vágvölgyi, C; Kredics, L; Ötvös, F. Tripleurin XIIc: peptide folding dynamics in aqueous and hydrophobic environment mimic using accelerated Molecular Dynamics. *Molecules* 24(2): 358 (2019)
- Tyagi, C; Marik, T; Szekeres, A; Vágvölgyi, C; Kredics, L; Ötvös, F. Tripleurin XIIc: Accelerated Molecular Dynamics applied to the peptaibol folding problem. *Int J Mol Sci* 20(17): 4268 (2019)
- Hatvani, L; Homa, M; Chenthamara, K; Cai, F; Kocsubé, S; Atanasova, L; Mlinaric-Missoni, E; Manikandan, P; Revathi, R; Dóczy, I; Bogáts G; Narendran V; Büchner R; Vágvölgyi C; Druzhinina IS; Kredics L. Agricultural systems as potential sources of emerging human mycoses caused by *Trichoderma*: a successful, common phylotype of *Trichoderma longibrachiatum* in the frontline. *FEMS Microbiol Lett* 366: fnz246 (2019)
- Luković, J; Milijašević-Marčić, S; Hatvani, L; Kredics, L; Szűcs, A; Vágvölgyi, C; Duduk, N; Vico, I; Potočnik, I. Sensitivity of *Trichoderma* strains from edible mushrooms to the fungicides prochloraz and metrafenone. *J Environ Sci Health B* 56: 54-63 (2021)
- Kredics, L; Naeimi, S; Hatvani, L; Vágvölgyi, C; Cai, F; Druzhinina, IS; Manczinger, L. 'The Good, the Bad and the Ugly' in the shades of green: the genus *Trichoderma* in the spotlight. *Indian Phytopathol* 74: 403-411 (2021)
- Csutorás, C; Misz, A; Nagy-Köteles, C; Bakos-Barczi, N; Rácz L. Development of a simple HPLC procedure for the determination of prochloraz residues in mushrooms. *Acta Chromatogr* 2021, in press.

Könyvfejezet

- Naeimi, S; Allaga, H; Büchner, R; Hatvani, L; Cai, F; Druzhinina, IS; Kredics, L. *Trichoderma* green mould disease of cultivated mushrooms. In: Druzhinina, IS. (ed.) *Advances in Trichoderma*. Springer Fungal Biology Series, in press.

Konferenciacikk

- Allaga, H; Büchner, R; Hatvani, L; Szekeres, A; Vágvölgyi, C; Kredics, L; Manczinger, L. Adaptation of a plant growth chamber for the experimental cultivation of champignons (*Agaricus bisporus*). In: Škrbić, B (szerk.) Proceedings, 21st Danube-Kris-Mures-Tisza (DKMT) Euroregional Conference on Environment and Health, Újvidék, Szerbia: University of Novi Sad, Faculty of Technology pp. 51-59. (2019)
- Misz, A; Kiss, A; Földi, M; Rácz, L; Csutorás, C. Csiperkegomba komposzt szárazjeges hűtésének hatása a gombakomposzt termőképességére. In: Irinyiné Oláh, K; Tóth, C. (szerk.) Az "Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés - Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, (2021), in press.
- Bakos-Barczi, N; Misz, A; Losonczy, I; Rácz, L; Csutorás C. Csiperkegomba termesztésben alkalmazott takaróanyagok puffereképességének vizsgálata. In: Irinyiné Oláh, K; Tóth, C. (szerk.) Az "Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés - Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, (2021), in press.
- Csutorás, C; Bakos-Barczi, N; Nagy-Köteles, C; Bajzát, J; Burkus, B; Rácz, J; Kerepesi, L; Prokisch, J; Rácz, L. Csiperkegomba nyomelem felvételének vizsgálata. In: Irinyiné Oláh, K; Tóth, C. (szerk.) Az "Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés - Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, (2021), in press.

Konferenciaabsztraktok

- Urbán, P; Miao, Y; Fekete, C; Schönhardt, K; Valasek, A; Hatvani, L; Manczinger, L; Vágvölgyi, C; Druzhinina, IS; Kredics, L. Complete genome sequence of *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum*, the causal agent of green mould disease in the cultivation of champignon (*Agaricus bisporus*). In: Márialigeti, K (szerk.) A Magyar Mikrobiológiai Társaság 2016. évi nagygyűlése és a XII. Fermentációs Kollokvium: absztraktkötet, Keszthely, Magyarország: Magyar Mikrobiológiai Társaság (MMT) p. 62. (2016)
- Hatvani, L; Allaga, H; Kredics, L; Geösel, A; Kecskeméti, S; Druzhinina, IS; Vágvölgyi, C. Termesztett gombák eddig ismert, újonnan megjelent és további lehetséges kórokozói. Mikol Közl Clusiana 56: 14-16. (2017)
- Geösel, A; Kecskeméti, S; Szabó, A; Kuti, K; Szarvas, J; Hatvani, L; Kredics, L. A csiperkegomba termesztésében fellépő újabb kórokozók jellemzése. Mikol Közl Clusiana 56: 20-22. (2017)
- Allaga, H; Kredics, L; Vágvölgyi, C; Hatvani, L. Penészgombafajok és termesztett gombák kölcsönhatásainak vizsgálata. Mikol Közl Clusiana 56: 67-69. (2017)
- Büchner, R; Hatvani, L; Vágvölgyi, C; Kredics, L. A kétspórás csiperke (*Agaricus bisporus*) rovarkártveőinek vizsgálata egy magyarországi gombatermesztő üzemben. Mikol Közl Clusiana 56: 76-78. (2017)
- Kartali, T; Shahab, D; Nyilasi, I; Hatvani, L; Kredics, L; Vágvölgyi, C; Papp, T. Kettősszálú RNS-elemek kimutatása a csiperkegombát fertőző *Lecanicillium* és *Mycogone* törzsekben. Mikol Közl Clusiana 56: 103-105. (2017)

- Túri, G; Varga, A; Homa, M; Kerekes, EB; Hatvani, L; Krisch, J; Vágvölgyi, C; Kredics, L. Illóolajok természetett gombák mikrobiális kártevőire gyakorolt hatásának vizsgálata. Mikol Közl Clusiana 56: 150-152. (2017)
- Csutorás, C; Burkus, BJ; Rácz, L. Determination of prochloraz residues in cultivated mushrooms. CERECO-2017, Beregszász, Ukrajna, 2017. márc. 31-ápr. 1. (2017)
- Csutorás, C; Tóth, BS; Rácz, L; Gál, VA; Burkus BJ. Növényvédőszer maradványának monitoringja a gomba termék-pályáján. KAT 2017, Debrecen, 2017. aug. 23-25. (2017)
- Csutorás, C; Rácz, L; Pap, N; Gál, VA; Burkus, BJ. Egyszerű HPLC módszer fejlesztése a prochloráz növényvédőszer maradványának meghatározására. 6. Környezetkémiai Szimpózium, Bakonybél, 2017. okt. 12-13. (2017)
- Tyagi, C; Marik, T; Szekeres, A; Vágvölgyi, C; Kredics, L; Ötvös, F. Understanding dynamics and structure of fungal peptides: revisiting solvent effects and sampling problems. In: Cotoraci, C; Ardelean, A. 20th Danube-Kris-Mures-Tisa (DKMT) Euroregion Conference on Environment and Health - Book of Abstracts Arad, Románia: "Vasile Goldis" University Press pp. 38-39. (2018)
- Pap, N; Krajczár, NO; Gál, VA; Burkus, BJ; Rácz, L; Csutorás, C. Magas D-vitamin tartalmú gombák előállítása. In: Irinyiné, OK; Tóth, C (szerk.) Az "Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés - Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században. Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, (2018) p. 103.
- Csutorás, C; Krajczár, NO; Gál, VA; Burkus, BJ; Pap, N; Rácz, L. Ökológiai gazdálkodás lehetőségei a csiperkegomba előállításában. In: Irinyiné, OK; Tóth, C. (szerk.) Az "Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés - Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, (2018) pp. 82-83.
- Rácz, L; Krajczár, NO; Gál, VA; Burkus, BJ; Pap, N; Visnyei, M; Csutorás, C. Komposztálás fejlesztési lehetőségei a csiperkegomba előállításban. In: Irinyiné, OK; Tóth, C. (szerk.) Az "Őshonos- és Tájfajták - Ökotermékek - Egészséges táplálkozás - Vidékfejlesztés - Minőségi élelmiszerek - Egészséges környezet: Az agrártudományok és a vidékfejlesztés kihívásai a XXI. században Nyíregyháza, Magyarország: Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, (2018)
- Hatvani, L; Homa, M; Chentamara, K; Kocsubé, S; Atanasova, L; Mlinaric-Missoni, E; Palanisamy, M; Revathi, R; Dóci, I; Iványi, B; Bogáts, G; Narendran, V; Zhumakayev, A; Vágvölgyi, C; Druzhinina, I; Kredics, L. Human *Trichoderma* infections: potential agricultural origin. In: Škrbić, B (szerk.) Book of Abstracts. 21st Danube-Kris-Mures-Tisa (DKMT) Euroregional Conference on Environment and Health, Újvidék, Szerbia: Faculty of Technology, University of Novi Sad, p. 42. (2019)
- Kredics, L; Urbán, P; Marik, T; Allaga, H; Valasek, A; Balázs, D; Büchner, R; Fekete, C; Druzhinina, IS; Szűcs, A; Hatvani L; Szekeres A; Vágvölgyi C; Manczinger L. Mushroom-pathogenic *Trichoderma* species in the genomic and metabolomic era. In: Škrbić, B (szerk.) Book of Abstracts. 21st Danube-Kris-Mures-Tisa (DKMT) Euroregional Conference on Environment and Health, Újvidék, Szerbia: University of Novi Sad, Faculty of Technology p. 43. (2019)

- Allaga, H; Büchner, R; Hatvani, L; Szekeres, A; Vágvölgyi, C; Kredics, L; Manczinger, L. Adaptation of a plant growth chamber for the experimental cultivation of champignons (*Agaricus bisporus*). In: Škrbić, B (szerk.) Book of Abstracts. 21st Danube-Kris-Mures- Tisza (DKMT) Euroregional Conference on Environment and Health. Újvidék, Szerbia: University of Novi Sad, Faculty of Technology p. 55. (2019)
- Hatvani, L; András, G; Ivana, P; Manczinger, L; Vágvölgyi, C; Kredics, L. Widening spectrum of fungal pathogens: increased threat to mushroom cultivation. In: 54th Croatian & 14th International Symposium on Agriculture: Book of Abstracts p. 111. (2019)
- Kredics, L; Allaga, H; Chentamara, K; Büchner, R; Druzhinina, IS; Manczinger, L; Vágvölgyi, C; Hatvani, L. Carbon source utilization profiles of mushroom-pathogenic moulds. In: 54th Croatian & 14th International Symposium on Agriculture: Book of Abstracts p. 112. (2019)
- Urbán, P; Valasek, A; Hatvani, L; Fekete, C; Chentamara, K; Druzhinina, IS; Szűcs, A; Manczinger, L; Vágvölgyi, C; Kredics, L. Comparative genome analysis of *Trichoderma* species as agent of green mould on cultivated mushrooms. In: 54th Croatian & 14th International Symposium on Agriculture: Book of Abstracts p. 125. (2019)
- Hatvani, L; Allaga, H; Geösel, A; Potočnik, I; Manczinger, L; Vágvölgyi, C; Kredics, L. Fungal pathogens of mushrooms then and now: spectrum, biology and control. In: Book of Abstracts, Congress on Plant Protection, Zlatibor, Szerbia p. 147. (2019)
- Kredics, L; Urbán, P; Marik, T; Tyagi, C; Allaga, H; Valasek, A; Balázs, D; Büchner, R; Fekete, C; Druzhinina, IS; Szűcs, A; Vágvölgyi, C; Hatvani, L; Manczinger, L. Comparative genome and peptaibiome analysis of *Trichoderma* species causing green mould disease in mushroom cultivation. In: Book of Abstracts, Congress on Plant Protection, Zlatibor, Szerbia p. 148. (2019)
- Rácz, L; Csutorás, C; Pap, N; Gál, VA; Bakos-Barczi, N. Prokloráz növényvédőszer degradációjának vizsgálata a gombatermesztésben. MKE Vegyészkonferencia, Eger, 2019. június 24-26. (2019)
- Rácz, J; Rácz, L; Gál, V; Puskás, Z; Csutorás, C. Növényvédőszer maradványának monitoringja a gomba termék-pályáján. Korona Gombanapok, Demjén, 2019. november 21-22. (2019)
- Csutorás, C; Pap, N; Gál, VA; Bakos-Barczi, N; Rácz, L. Prokloráz növényvédőszer degradációjának vizsgálata a gombatermesztésben. Korona Gombanapok, Demjén, 2019. november 21-22.
- Pap, N; Krajczár, NO; Gál, VA; Burkus, BJ; Rácz, L; Csutorás, C. Magas D-vitamin tartalmú gombák előállítás. Korona Gombanapok, Demjén, 2019. november 21-22. (2019)

PhD-disszertációk

- Marik, T. Investigation of biologically active peptaibol compounds produced by members of the filamentous fungal genus *Trichoderma*. Szegedi Tudományegyetem (2020)
- Tyagi, C. Structural investigation of peptaibols using accelerated molecular dynamics simulations. Szegedi Tudományegyetem (2020)

MSc-diplomamunkák

- Allaga, H. Csiperkepatogén gombafajok és termesztett gombák kölcsönhatásainak vizsgálata. Szegedi Tudományegyetem (2017)
- Varga, A. Illóolajok hatásának vizsgálata a gombatermesztésben károkat okozó *Pseudomonas tolaasii* ellen. Szegedi Tudományegyetem (2017)
- Pap, N. D-vitamin és ergosterin meghatározás gombákból HPLC módszer segítségével - D- vitamin tartalom növelése termesztett gombákban UV besugárzással. Debreceni Egyetem (2017)
- Varga, S. Csiperke zöldpenészt okozó *Trichoderma aggressivum* ellen potenciálisan felhasználható *Bacillus* törzsek izolálása és jellemzése. Szegedi Tudományegyetem (2018)

BSc-szakdolgozatok

- Túri, G. A csiperke mikrobiális kártevői ellen hatásos, természetes eredetű hatóanyagok keresése. Szegedi Tudományegyetem (2017)
- Faltum, M. *Mycogone perniciosa* penészgomba, és a termesztett csiperke "nedves mólé" betegsége. Szegedi Tudományegyetem (2017)
- Kovács, Kl. A termesztett csiperkegomba száraz mólé megbetegedése. Szegedi Tudományegyetem (2018)
- Török, DF. A gombatermesztésben pókhálós penész megbetegedést okozó *Hypomyces/Cladobotryum* nemzetség jellemzése. Szegedi Tudományegyetem (2019) Máté, E. *Aureobasidium* fajok – a gyakorlati alkalmazás előnyei és árnyoldalai. Szegedi Tudományegyetem (2020)
- Pápai Sz. *Bacillus velezensis* antagonista tulajdonságainak vizsgálata *Trichoderma aggressivum*-mal szemben szimulált gombatermesztési körülmények között. Szegedi Tudományegyetem (2020)

