

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Késői laskagomba (*Pleurotus ostreatus* L.) alapú takarmánykiegészítő
termékek fejlesztése és vizsgálata japán fürj (*Coturnix japonica*) modelleken**

Seresné Törös Gréta
doktorjelölt

Témavezető:
Prof. Dr. Prokisch József, Ph.D.
egyetemi tanár

Társ-Témavezető:
Prof. Dr. Peles Ferenc Árpád, Ph.D.
egyetemi tanár



DEBRECENI EGYETEM
Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2026

1. A doktori értekezés előzményei és célkitűzései

Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kummer (Pleurotaceae, Agaricomycetes), közismertebb néven laskagomba, kiemelkedő gyógyászati (TÖRŐS és mtsai., 2022) és táplálkozási jelentőségű ehető gomba (WANG, 2020), mely jelentős mértékben hozzájárul a fenntarthatósághoz (EL-RAMADY és mtsai., 2022). A gombák egészségügyi előnyeiknek köszönhetően egyre nagyobb figyelmet kapnak, mint úgynevezett "szuperélelmiszerek" (LLANAJ és mtsai., 2023; AKTER és mtsai., 2022). A gyógyászati tulajdonságaik mellett számos alkalmazási területük ismert, beleértve a biotechnológiát és a költséghatékony nanorészecske bioszintézist (EL-RAMADY és mtsai., 2022; ELSAKHAWY és mtsai., 2022).

A gombákból előállított funkcionális élelmiszerek és takarmánykiegészítők természetes alternatívát kínálnak az állattenyésztésben alkalmazott antibiotikumok kiváltására. A kutatások szerint a *P. ostreatus* jelentős immunmoduláló, antioxidáns, antimikrobiális és prebiotikus hatással rendelkezik, mely a baromfi egészségügyi állapotát és termelékenységét is kedvezően befolyásolhatja (SINGH – BHARDWAJ, 2023; TÖRŐS és mtsai, 2023). A gomba poliszacharidjai közül kiemelkednek a β -glükánok, amelyek hozzájárulnak a bélmikrobiom kedvező összetételéhez, azáltal, hogy visszaszorítják a kártékony mikroorganizmusok és támogatják a hasznos baktériumok szaporodását (ASSEMIE – ABAYA, 2022; MIHAI és mtsai, 2022). A fenolok és a flavonoidok erős antioxidáns vegyületek, ezáltal csökkentik az oxidatív stressz okozta károsodást, amely a baromfiágazatban termelési mutatókat rontó visszatérő probléma (GIANNENAS és mtsai, 2010; GIANNENAS és mtsai, 2011).

A feldolgozás módja jelentősen befolyásolja a bioaktív komponensek mennyiségét és hozzáférhetőségét. Ezen felül a különböző frakciók közötti összetételi különbségek jelentősek. A Maillard reakció során melanoidinok és szén nanorészecskék képződhetnek, amelyek további antioxidáns, antimikrobiális és prebiotikus potenciállal bírnak, valamint biokompatibilitásuk és fotolumineszcenciájuk miatt a nanotechnológiai alkalmazásokban is jelentős figyelmet kapnak (SUN és mtsai, 2019; LYSENKO és mtsai, 2024; TEJWAN és mtsai, 2022). A hőkezelés egyúttal elősegíti a sejtfal bontását és ezzel a bioaktív vegyületek felszabadulását is (SHAHIDI – YEO, 2016; IZHAM és mtsai, 2022).

A baromfitakarmányozás területén a *P. ostreatus* alapú kiegészítők több állatkísérletben javították a növekedési teljesítményt, erősítették az immunválaszt és csökkentették a fertőzések kockázatát, ami hozzájárulhat az antibiotikum felhasználás csökkentéséhez, ezáltal a rezisztens törzsek terjedésének visszaszorításához (ABOU ZEID és mtsai, 2019; ROMERO ARENAS és mtsai, 2023; TÖRŐS és mtsai, 2024; FAROOQ és mtsai, 2022). A β glükánok szerepe is kiemelt, hiszen támogatják a természetes védekezőképességet és a bélrendszer élettani állapotát (DANESHMAND és mtsai, 2011; HASSAN és mtsai, 2020; SOŁOWIEJ és mtsai, 2023; SUBERU és mtsai, 2024).

CÉLKITŰZÉS

Kutatásunk során célul tűztük ki az általunk előállított laskagombaporok hatásának vizsgálatát, melyeket az alábbi pontok foglaltam össze:

- A gomba termőtestek alacsony hőmérsékleten, kontrollált páratartalom mellett, hosszú időn keresztül történő hőközlése, majd azt követő szabályozott szárítása mellett biológiailag aktív vegyületekben gazdag takarmánykiegészítő termékeket hozunk létre (micélium és termőtest alapanyagból).
- Vizsgáljuk a laskagombaporok (termőtest- és gombalé-alapú) biológiai aktivitását (jótékony és káros mikroorganizmusok növekedését befolyásoló hatásának, illetve antioxidáns funkcionális tulajdonságok feltérképezése).
- Meghatározzuk a készítmények hatását a japán fürj modellek bizonyos termelési paramétereire (élő súly, lép valós súlya, átlagos heti súlygyarapodás, testtömeggyarapodás, heti testsúly), majd összevetjük a kezelés nélküli és β -glükánnal kezelt csoportok eredményeivel.
- Teszteljük a takarmánykiegészítő modellanyagok (laskagombaporok) hatását a japán fürjek immunológiai paramétereire, köztük az interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-2 (IL-2) és interleukin-4 (IL-4) citokinek szintre.
- Ezenfelül a különböző kezelésekhez tartozó vérplazma mintákból meghatározzuk az összantioxidáns kapacitást, annak érdekében, hogy felmérjük a vér antioxidáns védelmi rendszerének hatékonyságát és a sejtszintű oxidatív stressz mértékét.

- Feltérképezzük a modellanyagok táplálóanyag-felszívódásra gyakorolt hatását. Ehhez mintákat gyűjtünk a csípőbélből, majd elemzést végzünk az intesztinális morfológiai kvantitatív jellemzők (villus magassága, kripta mélység, illetve arányuk, villus vastagság) tekintetében.

2 Anyag és módszer

Munkánk központi célja a *P. ostreatus* (laskagomba alapú), fagyasztva szárított porok (LGP) előállítása, kémiai és mikrobiológiai jellemzése, majd funkcionális értékelésük hím japán fürj (*Coturnix japonica*) modellen, *Escherichia coli* LPS-kihívást követően. A módszertani rész három fő pillérre épül: (i) gombapor-gyártás és frakcionálás; (ii) bioaktív komponensek és biológiai aktivitás laboratóriumi vizsgálata; (iii) baromfimodell-állatkísérlet mintavételezéssel és többparaméteres mérési programmal.

2.1 Fagyasztva szárított *P. ostreatus* gombapорок előállítása

Friss laskagombát szereztünk be (PENNY Market Kft., Piactér márka, Magyarország). A termőtesteket mosás után kézzel negyedeltem, rozsdamentes acél tálcára helyeztem, majd -20°C -on 4 órán át előfagyasztottuk (nyers kontroll mintákhoz).

A friss alapminták egy részét 90°C -on ~ 4 órán át főztük zárt, nyomástartó edényben (vákuumfőző) és szárítószekrényben (Venti-Line, VWR). A ciklus végén a főtt mintát 1200 rpm/10 perc paraméterekkel centrifugáltuk (Hajdu C28.4B), $100\ \mu\text{m}$ pórusú tejipari szűrőpapírral bélelt kamrában. A szűrt gombalé külön edénybe távozott. Három független ismételtsben az átlagos lényérés $57,19 \pm 0,03\%$, a főzési veszteség $30,83 \pm 2,81\%$ volt (gőzkibocsátás és elpárolgás a centrifugálás során).

A viszkózus gombalé fagyasztva szárítása önmagában nehézkesnek bizonyult, ezért 2% (m/v) agar-agar (VWR) hozzáadásával stabilizáltuk. A keveréket 100°C -on 5 percig hevítettük, rozsdamentes tálcára öntöttük és gélesedni hagytuk; ezzel előkészítettük a fagyasztva szárításra.

Három típusú kiindulási anyagot liofilizáltunk: (i) nyers termőtest (főzés nélkül) $\rightarrow$ LGP-TF; (ii) főtt, centrifugált szilárd maradék $\rightarrow$ LGP-FSZ; (iii) stabilizált főtt folyadék (gombalé gél) $\rightarrow$ LGP-FL. Valamennyi mintát -20°C -on 4 órán át előfagyasztottunk, majd 40°C -on, 24 órás fagyasztva szárítást végeztünk (Bionanofarm Kft.).

A száraz termékeket $\leq 100\ \mu\text{m}$ szemcseméretre őröltük, és légmentesen zárva, fénytől védve, $<25\ ^\circ\text{C}$ -on tároltuk a vizsgálatokig erejéig.

Összefoglalva tehát a mintarendszer és rövidítések:

- **LGP-TF:** liofilizált gombapor **teljes friss termőtestből** (teljes anyag-főzés nélkül).
- **LGP-FSZ:** liofilizált gombapor **főtt szilárd maradékból** (szűrőn maradt anyag-centrifugálás után).
- **LGP-FL:** liofilizált gombapor **főtt folyékony frakcióból** (szűrlet-gombalé, 2% agar-agar stabilizálással).

2.2 A bioaktív komponensek kémiai analízise

2.2.1 α -, β - és teljes glükán mennyiségi meghatározása

Az $(1\rightarrow3)(1\rightarrow6)$ - β -glükán specifikus mérésére és az α -, illetve teljes glükán meghatározására a Megazyme K-YBGL 02/21 élesztőalapú készletét használtuk (Bray, Írország). A mérés UV-VIS spektrofotometrián (Perkin Elmer Lambda) alapult a módszertani leírás szerint (MCCLEARY – DRAGA, 2016). A teljes glükánt exo-1,3- β -glukanáz és β -glükozidáz, az α -glükánt amiloglükozidáz+invertáz enzimekkel bontottuk. A mintapreparálás során 90 mg őrölt gombaport 12 M H_2SO_4 -val kezeltünk (jeges fürdő, 2 óra; intenzív vortex), majd fokozatos hígítás és $100\ ^\circ\text{C}$ -os, 2 órás inkubáció követte. A hidrolizátumot Na-acetát pufferrel (pH 4,5) állítottuk térfogatra, 8,0 M NaOH mellett. A tisztítást $0,45\ \mu\text{m}$ PTFE szűrőn keresztül végeztük. A keletkező glükózt GOPOD reagenst követően 510 nm-en mértük, a β -glükán értékét a teljes és α -frakció különbségeként adtuk meg. Eredményközlés: w/w% (sz.a.).

2.2.2 Teljes polifenol (TPC), flavonoid (TFC) és DPPH-szabadgyökfogó kapacitás

TPC mérés 765 nm-en (mg GAE/g-ban kifejezve): SRIVASTAVA és mtsai (2024) alapján 0,1 g por–10 mL 80% metanol kivonat; Folin-Ciocalteu reagens (0,2 N, 2,5 mL), Na_2CO_3 7,5% (2,0 mL), 30 perces sötét inkubáció. A kalibrációt galluszsavval végeztem 0–100 $\mu\text{g/mL}$ koncentrációtartományban.

TFC mérés 510 nm-en (mg CE/g-ban kifejezve): WICKRAMASINGHE és mtsai (2023) szerint 0,25 g por vizes kivonata, majd NaNO₂ 5% (75 µL), AlCl₃·6H₂O 10% (150 µL), 5 perc után NaOH 1 M (0,5 mL), jelre vízzel. A kalibrációt katechinnel állítottam be 20–100 µg/mL koncentrációtartományban.

DPPH mérés 517 nm-en (SC%-ban kifejezve): AHMAD és mtsai (2014) nyomán 1,0 mL minta + 2,0 mL DPPH-etanol (4× koncentráció), 30 perces sötét inkubáció.

Valamennyi antioxidáns-vizsgálat három ismétlésben történt, UV-VIS detektálással. Az eredményeket szárazanyagtartalomra viszonyítva adtuk meg.

2.2.3 Szén-nanorészecskék mérete, tömege és koncentrációja

A szén nanorészecskék jelenlétét és jellemzőit HPLC-SEC módszerrel vizsgáltuk (NGUYEN és mtsai., 2024) a hőkezeléshez köthető képződés feltételezésével. Az elválasztást Agilent AdvanceBio SEC (300 Å; 4,6 × 300 mm; 2,7 µm) oszlopon, izokratikus eluenssel végeztük; mobil fázis: ACN–víz 20–80%, 0,7 mL/perc; injektált térfogat 5 µL. A detektálás UV/VIS és fluoreszcens detektorral történt (Shimadzu RF-20A; Ex 370 nm, Em 460 nm). A kalibrációhoz két peptid standardot használtunk (Bio-Rad gélfiltrációs standard: 1 350–670 000 Da; Merck peptid-mix: 238,2–1 046,2 Da), továbbá glicin+dextróz alapú CNP-standardot (10–10 000 mg/kg, 4 pontos görbe). Mintatisztítás 0,45 µm PTFE szűrőn történt, az adatfeldolgozás, pedig Agilent OpenLab CDS szoftverrel. A végkoncentrációkat standard minta ismert koncentrációja és vizes kivonatok 100× hígításával határoztuk meg.

2.3 Liofilizált gombapорок mikrobiológiai vizsgálata

2.3.1 Alkalmazott mikroorganizmusok

A probiotikus hatás értékelésére *Lactiplantibacillus plantarum* (B.023391) és *Lacticaseibacillus casei* (B.01526) törzseket alkalmaztunk. Az antimikrobiális potenciált *Escherichia coli* (B.02357) és *Staphylococcus epidermidis* (B.02055) ellen vizsgáltuk. Valamennyi törzs a MATE Referencia Gyűjteményéből származott. A törzseket –80 °C-on dehidratált formában tároltuk és a kísérletek előtt rehidratáltuk.

2.3.2 Helyszín és metodika

A méréseket a Debreceni Egyetem MÉK Mikrobiológiai Laboratóriumában végeztük, élelmiszer-mikrobiológiai protokollok szerint. Alkalmazott módszerek: lemezöntés és szélesztés. Tápközegek: MRS broth/agar a tejsavbaktériumokhoz; PCA az enterobaktériumok és aerob mezofilok számlálásához. A mikrobiológiai táptalajokat, alapanyagokat a BioLab Zrt.-től rendeltük.

2.3.3 Kezelések és koncentrációk

A biológiai aktivitás vizsgálata során 5 csoportot vizsgáltunk: 1% LGP-TF, 1% LGP-FSZ, 1% LGP-FL (3 laskagomba alapú készítményünk), 0,1% PC (kereskedelmi β -glükán, *S. cerevisiae*; Medinvest Hungary), és NC (kiegészítés nélküli-negatív kontroll csoport). A koncentrációkat állatkísérleti szakirodalmi adatok (TÖRŐS és mtsai., 2024) alapján választottuk.

2.3.4 Inokulálás, hígítás, beoltás és inkubáció

A frissen rehidratált kolóniákat folyékony MRS közegbe oltottuk, majd 37 °C-on, 18–24 órán keresztül inkubáltuk. A vizsgálatok előtt a kapott kultúrák megfelelő sűrűségét ($OD \approx 8$) ellenőriztük. A vizsgálandó anyagokat és steril táplevest tartalmazó kémcsövekbe a kiinduló kultúrát hozzáadtunk, majd alapos homogenizálást követően (60 s vortex) 37 °C-on 6 órán keresztül inkubáltuk. A csíraszám-bebecsléshez steril peptonvizes hígítási sort készítettünk (1,0 g pepton + 8,5 g NaCl / 1000 mL), 10^{-8} -ig. A *L. plantarum*, *L. casei*, *S. epidermidis* esetében szélesztést (0,1 mL a 10^{-6} – 10^{-8} hígításokból; 3 ismétlés), az *E. coli* esetében lemezöntést (1,0 mL; 3 ismétlés) végeztünk. Az inkubáció 37 °C-on 48 ± 2 órán keresztül történt. A kolóniák számlálása és eredmények közlése, pedig TKE/g-ben kifejezve, log₁₀ skálán történt.

2.4 Laskagomba micélium kolonizációs vizsgálat

2.4.1 Tápközegek és sterilizálás

Különböző gombalé-hányadú (0–100%) szilárd tápközegeket készítettünk agar-agar és desztillált víz hozzáadásával, ahol kontrollként maláta-extrakt agar (MEA) szolgált. Sterilizálás autoklávban 121 °C-on, 30 percen keresztül, 1–1,5 bar mellett történt.

A 80 mm átmérőjű steril Petri-csészékben megszilárdult tápközegek inokulálhatók voltak. Steril rozsdamentes dugóhúzóval 19 mm átmérőjű korongokat vágunk a tiszta kultúrájú táptalajból, majd a vizsgált közegek közepére helyeztük. A mintákat fénytől védett helyen, szobahőmérsékleten 20–25 °C-on inkubáltuk. A megfigyelés időtartama 6 nap volt.

2.4.2 A micélium átfogó vizsgálata

A micélium napi növekedését, az átmérőt mm-ben rögzítettük. A sűrűséget MAHADEVAN és SHANMUGASUNDARAM (2018) munkássága szerint 1+–5+ kategóriákban szemrevételezéssel értékeltük. Teljes kolonizáció után a micéliumot sejtkaparóval választottuk le, és analitikai mérlegen mértük a nedves tömeget. A növekedési rátát a következő képlet alapján számoltuk: $\text{ráta} = (\text{utolsó napi kolóniaátmérő [mm]}) / (\text{eltelt napok száma})$. A micélium nedvességtartalmát, pedig 105 °C-on történő tömegállandóságig szárítással (Venti-Line), 30 percnként történő ellenőrzés mellett határoztuk meg. A β -glükán tartalom mérését, pedig a 2.2.1. pontban leírt módszer alapján végeztük a száraz micéliumban.

2.5 Állatkísérletek japán fürj modelleken

2.5.1 Etikai engedély, állatok és tartás

Az állatkísérleteket a Debreceni Egyetem Állatkísérleti Etikai Bizottsága engedélyezte (5/2021/DEMAB), intézményi és nemzeti irányelvek szerint. A modellszervezet a hím japán fürj, amely kisméretű, gyors növekedésű és jól standardizálható (NAIN és mtsai, 2011; PUROHIT és mtsai, 2016). A tojásokat a Budai Fürj Farm biztosította. A keltetés és nevelés intézeti állatházban történt. A vizsgálat egynapos csibékkal indult és 28 napig tartott. Hat csoportot alakítottunk ki. A ketrecekbe 10-10 egyedet véletlenszerűen osztottunk. Ketreces elhelyezés (38,85 cm²/állat), kontrollált környezet: 35 ± 3 °C kezdő hőmérséklet (hetente –3 °C), 60–75% páratartalom; fényprogram: kezdetben 23–24 óra, majd fokozatos csökkentés (30–40 lux), később pedig 10–15 lux. Ezen felül UVB kiegészítés történt a 3–4. héten 16–18 óra világítás mellett.

2.5.2 Takarmányozási és LPS-injekció

- **NK+SI:** alaptakarmány + fiziológiás sóoldat injekció;
- **NK+LPS:** alaptakarmány + LPS injekció;
- **PK+LPS:** alaptakarmány + 0,1% kereskedelmi β -glükán (80 m/m% β -glükán, *S. cerevisiae*)
- **LGP-TF+LPS:** alaptakarmány + 1% LGP-TF
- **LGP-FSZ+LPS:** alaptakarmány + 1% LGP-FSZ
- **LGP-FL+LPS:** alaptakarmány + 1% LGP-FL

Az alaptakarmány összetétele és a kísérleti keverékek tápanyagtartalma a disszertáció 10–11. táblázata szerint (NRC, 1994 ajánlásait) elérő vagy meghaladó szintek.

A kísérlet zárónapját megelőzően a hímek intraperitoneálisan kaptak *E. coli* LPS injekciót 1,5 mg/ttkg dózisban (oldás: steril izotóniás sóoldat, 1,5 mg/mL). A placebo csoport (NK+SI) sóoldatot kapott az injekciós stresszhatás ellensúlyozása érdekében.

2.5.3 Mintavétel és azonosítás

A 4 hetes periódus végén az egyedeket tollazat, lábgyűrű és kloáka alapján azonosítottuk, majd állatorvosi közreműködéssel nyaki gerincvelői diszlokációval elaltattuk. Ezt követően rögzítettük a végsúlyt, megmértük a lép tömegét, valamint a bontás során gyűjtöttünk vérplazma- és ileum mintákat. Az ileumból 1 cm-es szakaszokat vágunk, melyeket 4% paraformaldehidbe helyeztünk és szobahőmérsékleten tároltuk a morfológiai vizsgálatokig. A vérszérumot 3000 RCF-en 10 percig centrifugáltuk. A kapott vérplazma mintákat, pedig azonosítva ellátott kriocsövekben $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk immunválasz és teljes antioxidáns kapacitás meghatározásáig.

2.5.4 Laboratóriumi mérések

A lép tömegét közvetlenül az elpusztítás után $\pm 0,01$ g pontossággal mértük meg, majd kiszámoltuk a relatív léptömeget az alábbi képlet szerint (SUBARU és mtsai., 2024): Relatív lép (%) = $(\text{Léptömeg (g)} / \text{Élő súly (g)}) \times 100$

A hím fürjek testtömegét hetente (7., 14., 21. és 28. napon) digitális mérleggel ($\pm 0,01$ g) mértük.

A heti testtömeg-gyarapodást az egymást követő mérések különbségeként számítottuk ki: $\text{Heti gyarapodás} = \text{Hét}_i - \text{Hét}_{i-1}$. A teljes kísérleti időszakra vonatkozó testtömeg-gyarapodást a 28. napi testtömeg és a 0. napi testtömeg különbségeként számítottuk ki.

A vérplazmában az interleukin IL-1 β , IL-2, IL-4 szinteket ELISA-val határoztuk meg (n=6/csoport, 2x ismétlés) a gyártói protokoll szerint (Wuhan Fine Biotech; kitek: ECH0040/41/44). Absorbancia 450 nm, leolvasó: Synergy HTX (BioTek). A koncentrációkat lineáris standardgörbe alapján számítottuk ki. Az alkalmazott módszer érzékenysége 1,875–9,375 pg/mL tartományba esett, az intra-assay variációs koefficiens pedig 10% alatt maradt.

A formalinban fixált ileum mintákat etanolsoron dehidratáltuk, xilolban áttetszővé tettük, majd paraffinba ágyaztuk. 5 μ m metszeteket készítettünk rotációs mikrotómmal, majd H&E festést alkalmaztunk. A fényképek felvétele mikroszkóppal (DP71, Olympus, Japán)–történt (FISCHER és mtsai., 2008).

A kvantifikálás Olympus CellSens Entry szoftverrel, MUNYAKA és mtsai. (2012) leírása szerint történt. A vizsgálat során a következő paramétereket határoztuk meg: villushossz, kriptamélység, a villus és a kripta mélység aránya, villus vastagság, valamint a teljes villushossz.

Teljes antioxidáns kapacitás (TAC). A vérplazma minták TAC-át az Abnova készletével mértük (n = 6, duplamérés), 570 nm-en (Synergy HT). Standardgörbéből számítottuk a Trolox-egyenértéket (μ mol).

2.6 Statisztikai vizsgálatok

A táblázatokban és ábrákon valamennyi eredmény átlag $\pm$ SEM formában került bemutatásra. Az adatok rendszerezését és a grafikus szerkesztést Microsoft Office Excel (16.0 verzió) programmal végeztük. A statisztikai vizsgálatokat IBM SPSS Statistics 29.0 verzióval (IBM Corp., Armonk, NY, USA) végeztük. A szignifikáns különbségeket a táblázatokban és ábrákon eltérő betűk jelzik.

A statisztikai tesztek az adateloszlás szerint választottuk ki. A normális eloszlású adatokhoz (pl. mikrobiológiai vizsgálatok, szén-nanorészecske-tartalom, testtömeg és ileum morfológiai paraméterei, beleértve a villus hosszát, a kripta mélységét, szélességét és a kapcsolódó arányokat) egyutas varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk.

A nem normál eloszlású változókhoz (pl. β -glükán, DPPH, TPC, TFC, micélium növekedés és biomassa mennyiség, relatív léptömeg, testtömeg-gyarapodás, heti súlygyarapodás, interleukin-koncentrációk (IL-1 β , IL-2, IL-4) és teljes antioxidáns kapacitás),

pedig Kruskal–Wallis nemparametrikus tesztet alkalmaztunk, majd Dunn többszörös összehasonlító post hoc tesztet is végeztünk Bonferroni-korrekciónal.

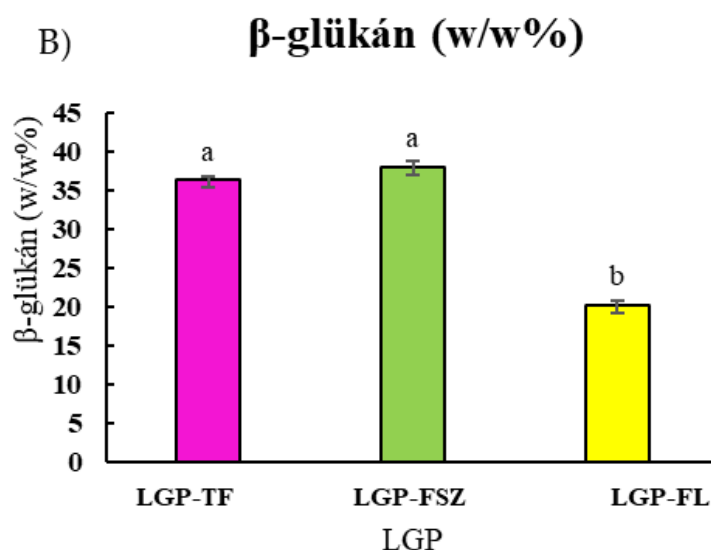
A statisztikai szignifikancia szintjét $p < 0,05$ -re állítottuk be. A paraméteres elemzésekhez, ahol alkalmazható volt, a normalitás és a variancia homogenitásának feltételezéseit értékeltük. Az állatkísérleteknél egyetlen megfigyelést sem zártunk ki kiugró értéként, tehát valamennyi adatpontot megtartottunk, annak érdekében, hogy az állatok közötti biológiai variabilitást tükrözzük.

3. Eredmények és azok értékelése

3.1 A fagyasztva szárított *P. ostreatus* gombaporok karakterizálása és biológiai aktivitásának vizsgálata

3.1.1 Poliszacharid frakció

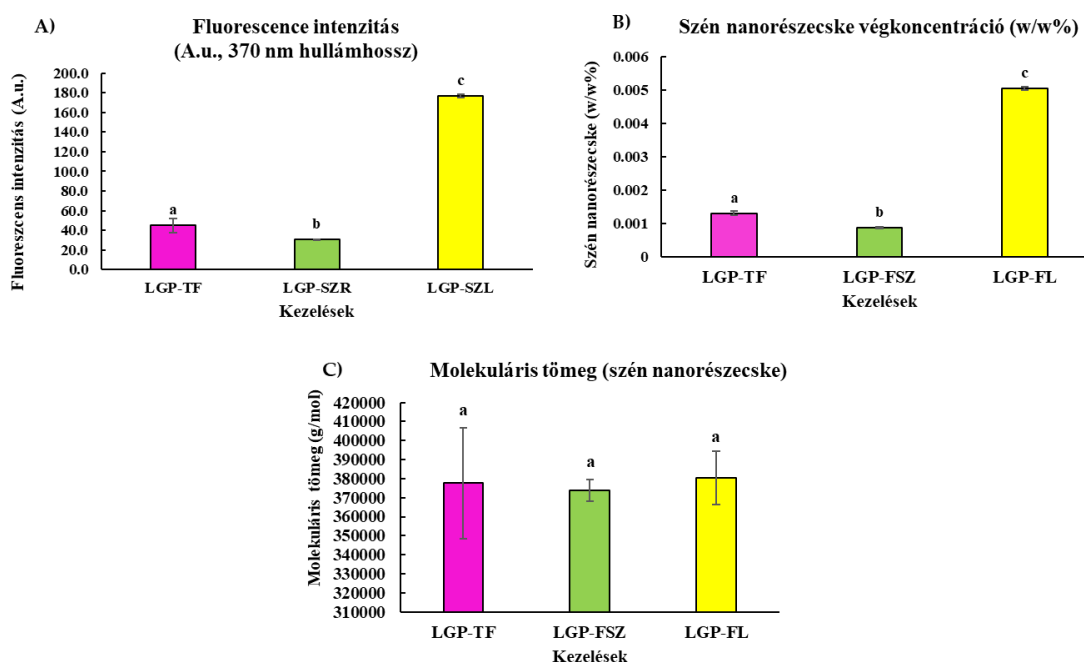
Az 1. ábrán látható, hogy az LGP-FL minta rendelkezett a legalacsonyabb β -glükán tartalommal ($20,27 \pm 0,58$ w/w%), míg az LGP-FSZ ($37,95 \pm 0,78$ w/w%) és az LGP-TF ($36,25 \pm 0,50$ w/w%) jelentősen magasabb értéket mutatott. A szakirodalom alapján ismert, hogy a *P. ostreatus* és más ehető gombafajok is jelentős β -glükán tartalommal bírnak, mely elérheti a 40 g/100 g szárazanyagtartalmat is (MCCLEARY – DRAGA 2016; MIROŃCZUK CHODAKOWSKA – WITKOWSKA 2020). Az adataink közel állnak ezen eredményekhez és egyértelműen megfigyelhetők a különböző frakciók közötti különbségek.



1. ábra: A β -glükán mérés eredményeinek a bemutatása.

3.1.2 Szén nanorészecskék azonosítása

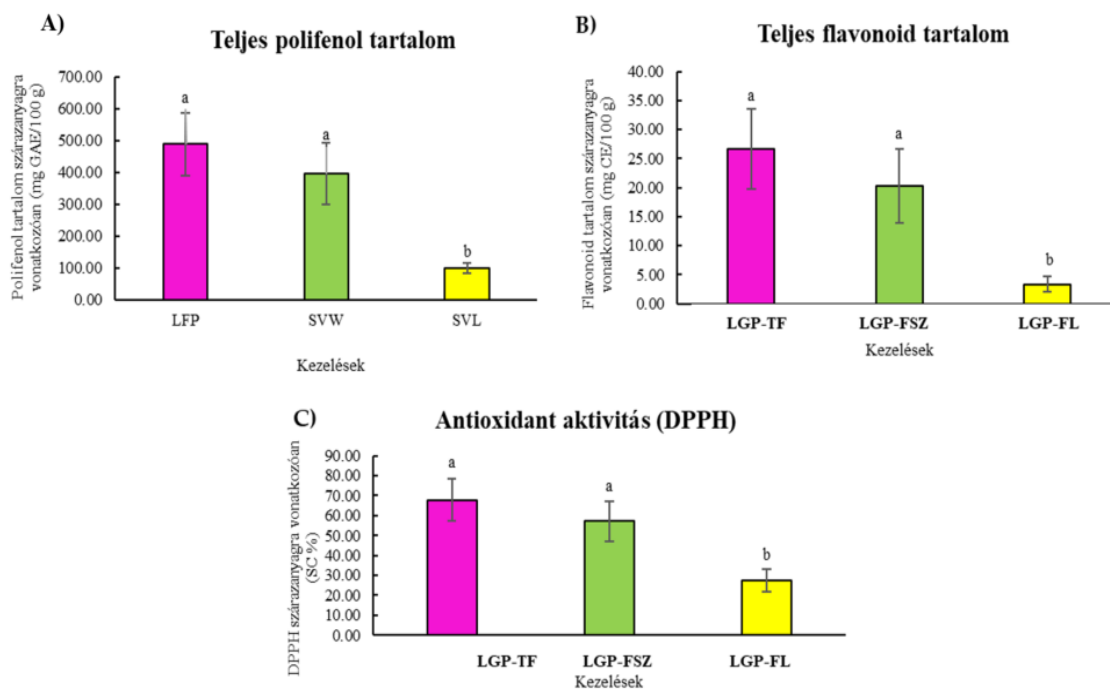
A 2. ábrán látható, hogy a különböző frakciókból származó szén nanorészecskék molekulatömege közel azonos volt. Az LGP-FL mintában mért fluoreszcens intenzitás ($176,72 \pm 2,00$ A.u.) és koncentráció ($50,4 \pm 0,5$ mg/kg) azonban jelentősen meghaladta az LGP-FSZ ($30,48 \pm 0,46$ A.u.; $8,6 \pm 0,3$ mg/kg) és az LGP-TF ($44,96 \pm 7,20$ A.u.; $13,1 \pm 0,7$ mg/kg) értékeit. Ezek szerint a főtt gombalé frakció különösen gazdag vízdoldható nanorészecskékben. Korábban hidrotermális kezeléssel állítottak elő szén nanorészecskéket chető gombákból (VENKATESWARLU és mtsai., 2018). A vizsgálataink újdonsága abban rejlik, hogy a fagyasztva szárítás és az enyhébb hőkezelési módok is elősegíthetik ezen nanoméretű anyagok képződését. HUANG és mtsai. (2019) valamint PARK és mtsai (2014) élelmiszer melléktermékekből szintetizáltak hasonló struktúrákat, viszont nem számoltak be kíméletesebb eljárások esetén keletkező nanorészecskékről.



2. ábra: Szén nanorészecskékhez tartozó vizsgálati eredmények: A) fluoreszcencia intenzitása (A.u.) 370 nm-es hullámhosszon B) Végkoncentráció (w/w %-ban kifejezve) C) az OMP-k molekulatömegének (g/mol) összehasonlítása: (átlag $\pm$ SD).

3.1.3 Antioxidáns vegyületek és aktivitás

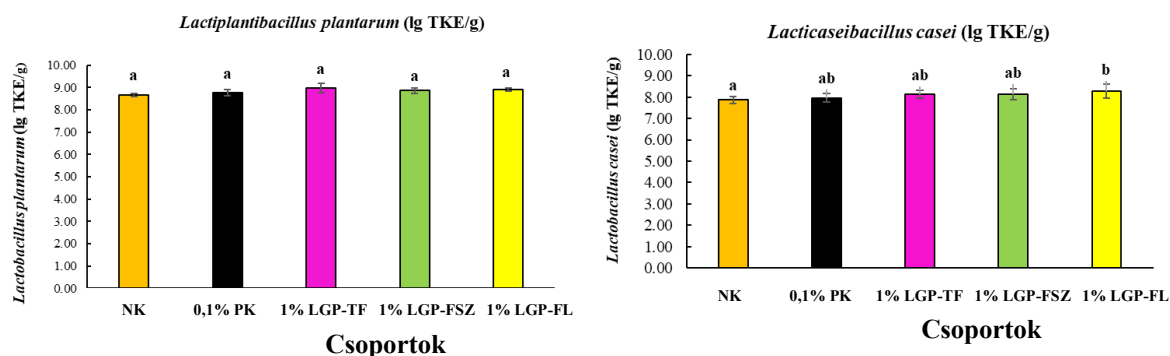
A 3. ábrán látható, hogy az LGP-TF és LGP-FSZ jelentősen magasabb antioxidáns aktivitást mutatott, mint az LGP-FL. A teljes polifenol tartalom az LGP TF esetében $489,42 \pm 97,95$ mg GAE/100 g volt, míg az LGP FSZ $396,23 \pm 95,68$ mg GAE/100 g volt. Ezzel szemben az LGP FL csupán $98,86 \pm 17,23$ mg GAE/100 g értéket ért el. A flavonoid tartalom és a DPPH aktivitás esetében is hasonló különbségeket találtam: az LGP-TF mutatta a legerősebb antioxidáns profilt, az LGP-FL, pedig a leggyengébbet. Az eredmények összhangban állnak azon tanulmányokkal, amelyek rámutattak arra, hogy a gombák bioaktív komponenseit a feldolgozás befolyásolja. Például AHMED és mtsai (2024) kiemelték, hogy a hőkezelés során számos polifenol és flavonoid bomolhat. Az eredményeim tükrében a teljes friss gombából készített por őrzi meg leginkább a hő és oxidáció iránt érzékeny antioxidáns vegyületeket.



3. ábra: A) Teljes polifenol, B) flavonoid tartalom és C) antioxidáns aktivitás (DPPH).

3.1.4 Mikrobiológiai vizsgálatok

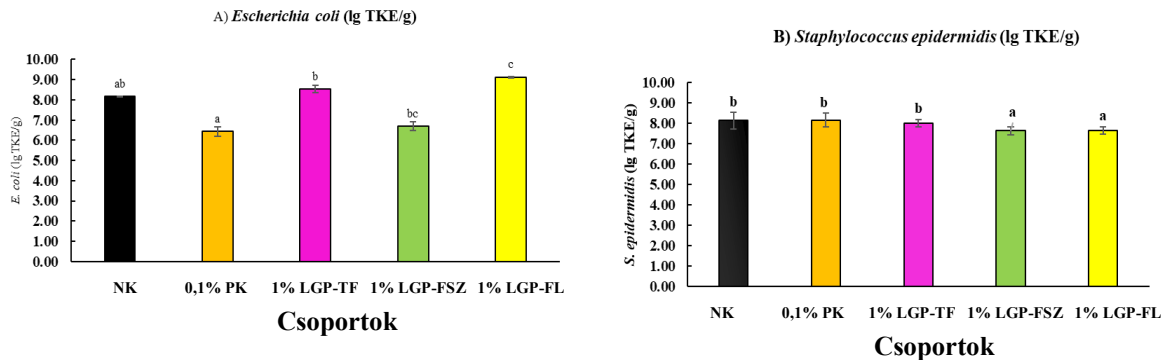
Az *L. plantarum* esetében nem volt szignifikáns különbség tapasztalható a különböző gombaporok esetében. Az *L. casei* viszont a negatív kontrollhoz viszonyítva ($7,88 \pm 0,16$ lg TKE/g) szignifikáns mértékben növekedett az 1% LGP-FL esetében (4. ábra). Bár az LGP-FL rendelkezett a legalacsonyabb bioaktív vegyülettartalommal, a vízdoldható komponensek és a szén nanorészecskék valószínűleg könnyen hozzáférhető energiaforrásként támogatták a baktérium növekedését. A szakirodalom szerint a gombák jótékony mikroorganizmusok növekedését serkentő hatása elsősorban a β glükánokra vezethető vissza (MIROŃCZUK-CHODAKOWSKA – WITKOWSKA, 2020). Az eredményeinkhez további komponensek, mint például a mannit, trehalóz vagy vízdoldható antioxidánsok is hozzájárulhatnak. Tehát a prebiotikus hatás nem kizárólag a poliszacharid koncentrációtól függ, hanem a molekuláris szerkezettől és a kísérő vegyületek jelenlététől is.



4. ábra: A) *L. plantarum* és B) *L. casei* baktérium növekedésére kifejtett hatásának a tesztelése.

Az *E. coli* esetében egyik minta sem mutatott szignifikáns gátló hatást (5. ábra). A *S. epidermidis* növekedését, viszont az LGP-FSZ és LGP-FL szignifikáns mértékben csökkentette ($7,64 \pm 0,19$ és $7,65 \pm 0,18$ log TKE/g), szemben a kontrollal ($8,13 \pm 0,40$ log TKE/g). Ugyanakkor az LGP-TF nem bizonyult hatékonynak (5. ábra). A Gram pozitív baktériumok elleni hatás feltételezhetően a hőkezelés során felszabaduló fenolos vegyületeknek és poliszacharidoknak köszönhető. Eredményeim összhangban állnak KEREZOUDI és mtsai (2021), valamint ALVES és mtsai (2012) adataival, akik szintén igazolták a *P. ostreatus* Gram pozitív baktériumokat gátló képességét. ZHAO és mtsai (2022) szerint a szén nanorészecskék önmagukban is képesek antimikrobiális hatást kifejteni, viszont a vizsgálatunk szerepüket nem tudta alátámasztani.

A Gram-negatív baktériumokkal szembeni hatástalanság feltehetően a lipopoliszacharid réteg védőhatásának tudható be (LIU és mtsai., 2024). A feldolgozás itt is jelentős szerepet játszott az antibakteriális aktivitás alakulásában.



4. ábra: A) *E. coli* és B) *S. epidermidis* baktérium növekedésére kifejtett hatásának a tesztelése.

3.2 Micélium β -glükán tartalmának optimalizálása

A micélium alapú kísérletek során arra voltam kíváncsi, hogy különböző gomba alapú tápközegek hogyan befolyásolják a *P. ostreatus* micéliumának növekedését és β -glükán tartalmát. A fő eredményeket az 1. táblázatban foglaltam össze. Valamennyi közeg hatására gyors micélium növekedést tapasztaltam (6. nap végére teljes átszövés). A növekedési ráta hasonló volt, viszont a biomassa mennyiségében jelentős különbségek voltak. A legnagyobb micélium tömeget az LGM-100 táptalaj esetében mértem. Az LGM-50 közegben ugyan alacsonyabb volt a biomassza mennyisége, viszont a β -glükán tartalom szignifikáns mértékben magasabb volt ($11,78 \pm 0,03$ m/m%), mint az LGM-100 esetében ($9,21 \pm 0,05$ m/m%). Ezek szerint a közepes koncentrációjú gombalé jobban elősegíti a β -glükán szintézist. Az irodalomban ZHANG és mtsai (2013) kimutatták, hogy a *P. ostreatus* micéliuma változó β -glükán szinteket produkál a különböző szén és nitrogén források függvényében. Hasonló eredményt közöltek CHEN és mtsai (2020), akik szerint a tápanyagkoncentráció nemcsak a biomasszát, hanem a poliszacharid bioszintézist is meghatározza.

A táptalaj összetételének optimalizálása kritikus a micélium β -glükán hozam maximalizálásában. A biomassa és a bioaktív poliszacharid kihozatal szempontjából az LGM-50 táptalaj a legígéretesebb.

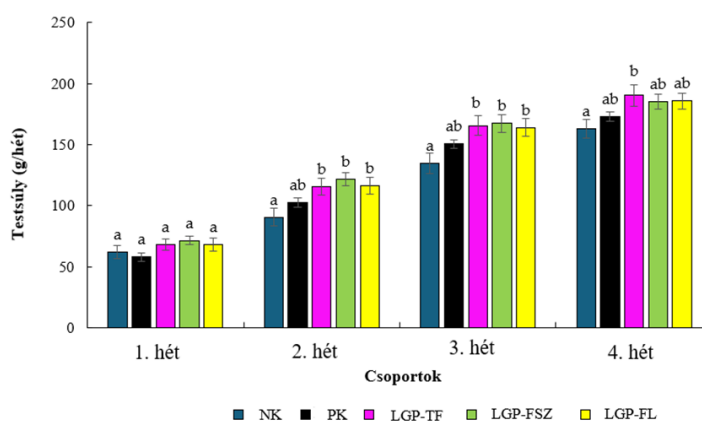
1. táblázat: A termelt biomassza, nedvesség, illetve β -glükán tartalma

Vizsgálati paraméterek	MEA	LGA-25	LGA-50	LGA-75	LGA-100
Termelt biomassza	0,23 $\pm$ 0,14a	0,47 $\pm$ 0,48ab	0,63 $\pm$ 0,66ab	0,70 $\pm$ 0,70ab	1,15 $\pm$ 1,15b
Nedvesség-tartalom	78,29 $\pm$ 1,49a	83,44 $\pm$ 1,46a	84,12 $\pm$ 1,45a	73,18 $\pm$ 1,98a	77,66 $\pm$ 1,28a
β -glükán tartalom	11,04 $\pm$ 0,06ab	8,15 $\pm$ 0,04a	11,78 $\pm$ 0,03b	11,08 $\pm$ 0,01ab	11,07 $\pm$ 0,06ab
Növekedési ráta	15	15	15	15	15
Sűrűség	4+	4+	5+	5+	5+

3.3 Állatkísérleti eredmények japán fürj modellben

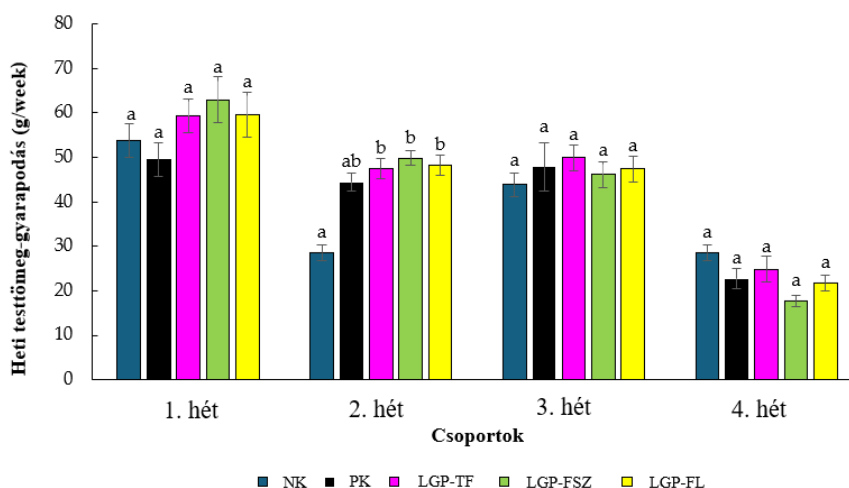
3.3.1 Testsúly, testsúlygyarapodás és heti testsúlygyarapodás eredményei

Ahogy az a 6. ábra jól mutatja, a 2. héten szignifikáns különbségek mutatkoztak a NK és valamennyi gombával kiegészített csoport között ($p = 0,007$): LGP-TF ($p = 0,049$), LGP-FSZ ($p = 0,012$) és LGP-FL ($p = 0,036$). Hasonló tendenciát figyeltünk meg a 3. héten, ahol az NK-csoport szignifikánsan alacsonyabb testtömeg-eredményt mutatott, mint amit a gomba alapú takarmánykiegészítők (LGP-TF: $p = 0,001$, LGP-FSZ: $p < 0,001$ és LGP-FL: $p < 0,001$).



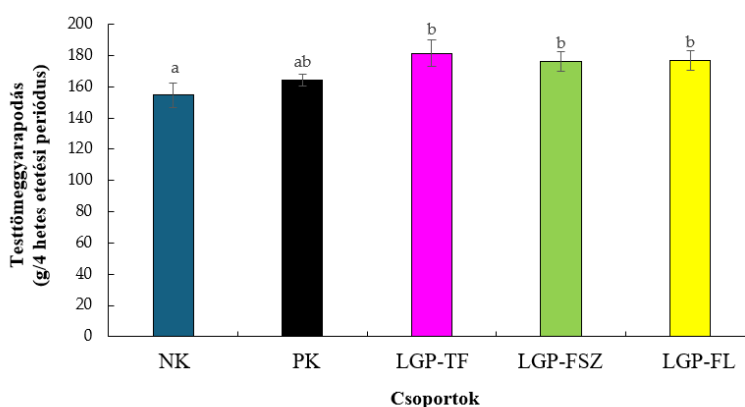
6. ábra: A laskagomba alapú takarmánykiegészítők hatása a hím japán fürjek átlagos testsúlyára

A heti testtömeggyarapodást vizsgálva a 2. héten szignifikáns különbség mutatkozott ($p = 0,010$), ahol a negatív kontroll-csoport (NK) szignifikáns mértékben alacsonyabb heti testsúlygyarapodást mutatott valamennyi laskagombával kiegészített csoporthoz viszonyítva: LGP-TF ($p = 0,005$), LGP-FSZ ($p = 0,002$) és LGP-FL ($p = 0,007$), miképpen a 7. ábrán is szemlélteti.



7. ábra: A laskagomba alapú takarmánykiegészítő termékek hatása a hím japán fürjek átlagos heti testtömeg-gyarapodására.

A vizsgálatok alatt szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) növekedett a laskagomba alapú takarmánykiegészítővel etetett csoportok testtömeggyarapodása a NK-hoz viszonyítva, mint az LGP-TF ($p = 0,013$), az LGP-FSZ ($p = 0,040$) és az LGP-FL csoport ($p = 0,014$), ahogyan azt a 8. ábra szemlélteti.

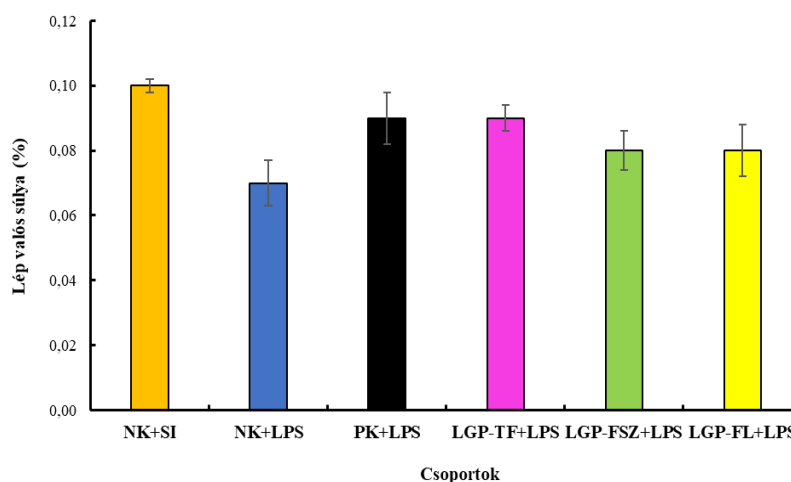


8. ábra: A laskagomba alapú takarmánykiegészítő termékek hatása a hím japán fürjek átlagos testtömeg-gyarapodására

Számos tanulmány kimutatta, hogy a gombapor alapú takarmánykiegészítők, beleértve a *P. ostreatus* és *A. bisporus* alapú termékeket, pozitívan befolyásolják a baromfi növekedési teljesítményét, mint például a testsúlygyarapodást és a takarmányhasznosítást (VARGAS-SÁNCHEZ és mtsai., 2018; LIMA és mtsai., 2021; NASIR, 2024). A vizsgálati eredményeink azt mutatják, hogy a *P. ostreatus*-kiegészítés javította a hím japán fürjek egyes növekedési teljesítményparamétereit. A 0. napon és az első héten tapasztalt eredmények, pedig megerősítik a kísérleti csoportok kezdeti egységességét, ahol egyértelmű, hogy a korai növekedést nem befolyásolták a gombapороk. A laskagomba alapú termékek növelték a testtömeget a negatív kontrollhoz viszonyítva (2. és 3. hét), mely növekedéstámogató hatásra utalhat. Bár ez az előny a 4. hétre csökkent, az LGP-TF csoportban megfigyelt tartós hatás azt jelzi, hogy a teljes termőtest-készítmény hosszabb távú előnyökkel járhat. A laskagomba-kiegészítés javította a heti testtömeg-gyarapodást a 2. héten. A többi héten tapasztalt különbségek hiánya arra utalhat, hogy ez az előny elsősorban átmeneti volt és a korai fejlődés során volt a legnyilvánvalóbb.

3.3.2 A lép valós súlya és az immunválasz

A lép relatív tömege (9. ábra) a *P. ostreatus* alapú kiegészítés hatását szemlélteti a hím *C. japonica* egyedekhez tartozó lép valós súlyára. Az ANOVA-teszt nem mutatott ki statisztikailag szignifikáns különbséget a csoportok között ($p = 0,364$). Továbbá a mért lép-súly 0,06–0,13%-os tartománya nagyon közel áll a hasonló korú fürjek publikált normál tartományokhoz (ISMAYILZADA, 2020; DUNAJEVSKA és mtsai., 2023), tehát a kísérleti minták (laskagombapor alapú takarmánykiegészítők) nem indukáltak rendellenes lépnövekedést.



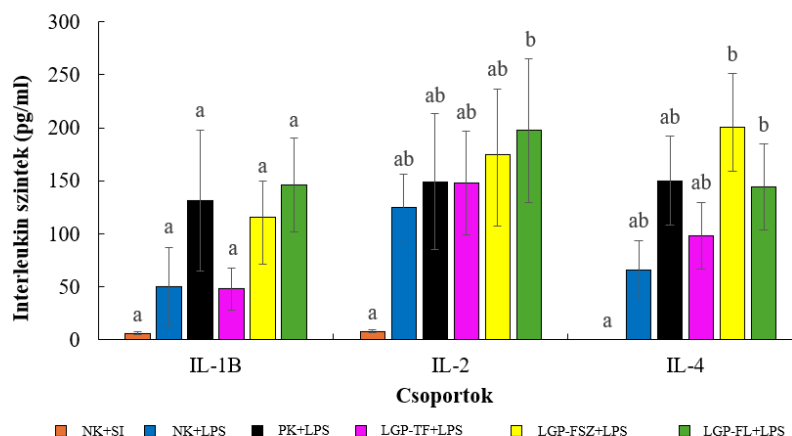
9. ábra: A laskagomba-készítmények és az *Escherichia coli* LPS injekció hatása a hím japán fürjek lépének relatív tömegére

A citokinanalízis eredményeit, beleértve az interleukin (IL-1 β , IL-2 és IL-4) koncentrációkat, a 10. ábra mutatja be, ahol a gombával kiegészített LPS-csoportok egyike sem különbözött szignifikánsan az LPS-sel kezelt kontrolltól (NK+LPS) az IL-1 β , IL-2 vagy IL-4 koncentrációk tekintetében a többszörös tesztelésre való korrekció után.

Az IL-1 β koncentrációt vizsgálva nem figyeltünk meg szignifikáns különbséget a kísérleti csoportok között ($p = 0,057$). Tehát a gombakiegészítés nem módosította lényegesen az LPS által kiváltott gyulladások keltő IL-1 β -választ az alkalmazott kísérleti körülmények között, viszont a gombával kiegészített csoportokban megfigyelt emelkedett értékek biológiai válaszreakcióra utalhatnak, összhangban a korábbi kutatásokra, ahol arra jutottak, hogy a gombából származó β -glükánok stimulálhatják a gyulladások keltő citokintermelést (COX – DALLOUL, 2010; VETVICKA és mtsai., 2021; THOMAS és mtsai., 2022).

Ezzel szemben az IL-2 koncentrációi szignifikánsan különböztek ($p = 0,029$), viszont csupán az NK+SI és az LPS+FL+LPS csoportok között volt szignifikáns különbség ($p = 0,042$). Míg korábbi tanulmányok a gomba-kiegészítést követően fokozott IL-2-termelésről és a kapcsolódó T-sejt-aktivációról számoltak be (BENSON és mtsai., 2019), addig a jelen eredmények azt mutatják, hogy a gombából származó termékek nem változtatták meg szignifikánsan az LPS által kiváltott IL-2-választ az LPS-sel kezelt negatív kontrollhoz viszonyítva.

A vizsgálatunkban egyik gombakiegészítést kapó csoport sem mutatott statisztikailag szignifikáns különbséget az IL-4-szintekben az LPS-sel kezelt kontrollcsoportéhoz (NK+LPS) képest, ami arra utal, hogy a kezelések nem módosították jelentősen az LPS által kiváltott IL-4-választ az alkalmazott kísérleti körülmények mellett. A szakirodalom szerint a gomba alapú takarmánykiegészítők fokozhatják a Th2-típusú immunválaszokat és az IL-4-termelést, melyek kulcsfontosságúak az allergiás reakciók és a gyulladásos válaszok szabályozásában (JACOB – PESCATORE, 2017). A jelen vizsgálatunkban azonban egyik gombakiegészítést kapó csoport sem mutatott statisztikailag szignifikáns különbséget az IL-4-szintekben az LPS-sel kezelt kontrollcsoportéhoz (NK+LPS) képest, ami arra utal, hogy a kezelések nem módosították jelentősen az LPS által kiváltott IL-4-választ az alkalmazott kísérleti körülmények mellett.



10. ábra: A laskagomba alapú takarmánykiegészítő termékek és az *E. coli* LPS-injekció hatása a hím japán fürjek plazma citokinszintjére (IL-1 β , IL-2, IL-4).

A villus morfológiájának értékelése kiemelkedő fontosságú, különösen a középső szakaszban (jejunum) és a vékonybél utolsó szakaszában (ileum). Ezen szakaszok elősegítik a tápanyagok emésztését és felszívódását (QIU és mtsai., 2024). A hím japán fürjek bélmorfológiai paramétereikhez tartozó eredményeink, pedig fiziológiailag normálisnak tekinthetők (NAZIR, 2022). Az eredményeink szerint nem volt jelentős különbség a vizsgált kvantitatív paraméterek tekintetében, ahogyan azt a 2. táblázat összefoglalta.

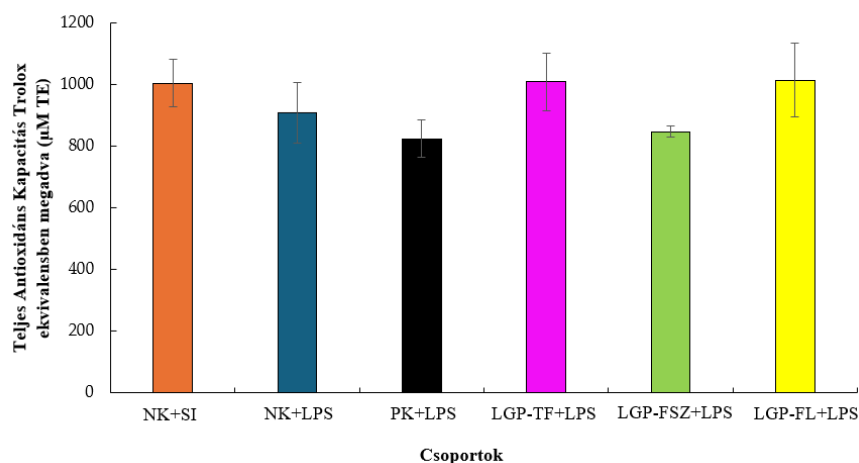
2. táblázat: A laskagomba-alapú takarmánykiegészítők és az *Escherichia coli* LPS kihívás hatása a hím japán fürjek bélmorfológiai paramétereire (ileum hosszúsága, mélysége, szélessége és arányai μm -ben)

Csoportok	Villus hossz	Kripta mélység	Villus hossz +kripta aránya	Teljes villus (hossz+mélység)	Villus szélesség
NC+SI	489,28 $\pm$ 56,66	171,41 $\pm$ 12,23	2,89 $\pm$ 0,21	660,70 $\pm$ 66,45	153,70 $\pm$ 9,44
NC+LPS	452,16 $\pm$ 28,02	151,77 $\pm$ 6,22	3,04 $\pm$ 0,07	603,93 $\pm$ 34,13	136,80 $\pm$ 9,96
PC+LPS	555,83 $\pm$ 34,38	175,21 $\pm$ 11,28	3,33 $\pm$ 0,27	731,04 $\pm$ 38,01	149,87 $\pm$ 6,91
LGP-TF+LPS	492,74 $\pm$ 45,85	151,63 $\pm$ 5,07	3,35 $\pm$ 0,28	644,36 $\pm$ 47,91	137,05 $\pm$ 6,49
LGP-FSZ+LPS	530,58 $\pm$ 44,51	173,38 $\pm$ 13,91	3,19 $\pm$ 0,25	703,96 $\pm$ 54,30	148,76 $\pm$ 6,90
LGP-FL+LPS	503,52 $\pm$ 46,00	149,11 $\pm$ 5,68	3,47 $\pm$ 0,29	652,63 $\pm$ 48,44	134,69 $\pm$ 6,58
p-érték	0,679	0,161	0,650	0,546	0,347

Az eredmények átlagnak (MEAN) $\pm$ standard hibának (SEM) felelnek meg a villus morfológiai paramétereire vonatkozóan (ileum hosszúsága, mélysége, szélessége és arányai μm -ben), a 4 hetes (28 napos) etetési periódust követően vett minták alapján (n = 8). A kapott eredmények nem mutattak szignifikáns eltérést ($p < 0,0$)

3.3.3. Teljes antioxidáns kapacitás a vérplazmában

A 11. ábra a gomba-kiegészítés teljes antioxidáns kapacitásra gyakorolt hatását mutatja be. Az eredmények Trolox-ekvivalensben ($\mu\text{M TE}$) vannak kifejezve. A Kruskal–Wallis teszt szerint nem figyeltünk meg szignifikáns különbséget a kísérleti csoportok között ($p = 0,281$). baromfi vérplazmában mért teljes antioxidáns kapacitás (TAC) fontos információkat nyújt a szisztémás antioxidáns védekezésről és az oxidatív stressz ellensúlyozásának képességéről (HASSAN és mtsai., 2020). Jelen vizsgálatban a TAC-értékek nem különböztek szignifikánsan a kísérleti csoportok között, és a gomba alapú étrend-kiegészítés nem módosította szignifikánsan az antioxidáns kapacitást az LPS-sel kezelt kontrollhoz (NK+LPS) képest. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy az alkalmazott kísérleti körülmények között az antioxidáns választ nem befolyásolta jelentősen a gombakiegészítés.



11. ábra: A laskagomba alapú takarmánykiegészítő termékek és az *E. coli* LPS-injekció hatása a hím japán fürjek teljes antioxidáns kapacitására (TAC).

4. Az értekezés új tudományos eredményei

A fagyasztva szárított *P. ostreatus* gombaporok különböző frakcióinak (LGP-TF, LGP-FSZ, LGP-FL) karakterizálása és biológiai hatásainak vizsgálata során az alábbi új tudományos eredmények születtek:

1. Megállapítottam, hogy az LGP-FL gombapor β -glükán tartalma ($20,27 \pm 0,58$ w/w%) lényegesen alacsonyabb volt, mint az LGP-FSZ ($37,95 \pm 0,78$ w/w%) és az LGP-TF ($36,25 \pm 0,50$ w/w%) értékei, viszont a legígéretesebb gombaalapú szén nanorészecskeforrásnak ($50,4 \pm 0,5$ mg/kg, fluoreszcencia: $176,72 \pm 2,00$ A.u.) bizonyult. Mikrobiológiai vizsgálatokban, pedig az LGP-FL 1%-os koncentrációban elősegítette a *L. casei*, illetve gátolta a *S. epidermidis* növekedését.
2. A baromfi állatokon végzett kísérletek során a 2., 3. és a 4. héten viszont a mért testsúly értékek egyes laskagombapor alapú kiegészítés javára lényegesen magasabbak voltak, mint amit az NK (2. hét: 90,7 g, 3. hét: 134,6 g, 4. hét: 163,1 g) esetében figyeltünk meg: LGP-TF (2. hét: 115,5 g, 3. hét: 165,4 g, 4. hét: 190,2 g), LGP-FSZ (2. hét: 121,4 g, 3. hét: 167,5 g), és az LGP-FL (2. hét: 116,6 g, 3. hét: 164,0 g).
3. A japán fűrj egyedek heti testtömeggyarapodását vizsgálva, a 2. héten szignifikáns különbség mutatkozott a NK-kal (28,5 g/hét) szemben a laskagombapor alapú takarmánykiegészítők javára LGP-TF (47,5 g/hét), LGP-FSZ (49,8 g/hét) és LGP-FL (48,2 g/hét).
4. Összességében elmondható, hogy valamennyi laskagombapor (LGP-TF: 181,5 g/4 hetes etetési periódus; LGP-FSZ: 176,4 g/4 hetes etetési periódus; LGP-FL: 177,0 g/4 hetes etetési periódus) elősegítette az állati modellek testtömeggyarapodását a negatív kontrollhoz (NK: 154,6 g /4 hetes etetési periódus) viszonyítva.
5. Az LPS-injekciót követően a laskagombapor-kiegészítés hatására nem változott a lép relatív súlya, mérete egészséges volt, mondható (0,06–0,13%), továbbá a vérplazmában mért IL-1 β , IL-2 és IL-4 értékek szintén nem különböztek jelentősen az NK+LPS-hez viszonyítva (IL-1 β : $49,91 \pm 37,32$ pg/ml, IL-2: $124,50 \pm 31,80$ pg/ml, IL-4: $65,89 \pm 27,68$ pg/ml).
6. A teljes antioxidáns kapacitás (TAC) tekintetében statisztikailag jelentős eltéréseket nem tapasztaltunk a NK+LPS-hez (909 ± 98 μ M TE) viszonyítva: LGP-TF (1009 ± 95 μ M TE), LGP-FSZ (847 ± 17 μ M TE), LGP-FL (1014 ± 119 μ M TE).

7. Kidolgoztam egy laskagombából készült táptalajt (LGA), amely elősegítette a *P. ostreatus* micélium biomassza-termelését: az LGA-100 táptalajon mért érték ($1,15 \pm 1,15$ g) szignifikánsan meghaladta a hagyományos MEA táptalajon mért értéket ($0,23 \pm 0,14$ g).

5. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

A kutatásaim során vizsgált, fagyasztva szárított *P. ostreatus* gombaporok (LGP-TF, LGP-FSZ, LGP-FL) eltérő összetételük és biológiai aktivitásuk alapján több gyakorlati alkalmazási lehetőséget is sikerült azonosítanom:

1. Az LGP-FSZ frakció hatékonynak bizonyult a β -glükán-tartalomban, viszont IL-1 β , IL-2 és IL-4 szint kapcsán nem tudtuk igazolni pozitív hatását. A β -glükán tartalomnak köszönhetően a laskagombaporok különböző frakciókban történő alkalmazása a baromfiágazatban potenciálisan hozzájárulhat az immunválasz modulálásához, azonban ezen tény igazolásához további vizsgálatok indokoltak.
2. Eredményeim igazolták, hogy az LGP-FL frakció szignifikáns fluoreszcenciaintenzitása és magas szénanorészecske-tartalma miatt ígéretes alapot jelenthet további biotechnológiai kutatások és alkalmazások fejlesztéséhez.
3. Kísérleteimben az LGP-TF, LGP-FSZ és LGP-FL laskagombapor alapú takarmánykiegészítők szignifikánsan növelték a japán fürjek testtömegét a 2–3. Héten, a heti testtömeggyarapodást a 2. héten, valamint a teljes (4 hetes) testtömeggyarapodást a NK negatív kontrollhoz viszonyítva. Az eredmények alapján a laskagombapor alapú takarmánykiegészítők potenciális természetes növekedésfokozóként alkalmazhatók a baromfitartásban, azonban a jövőben történő vizsgálatok során további baromfi-modellek, illetve a takarmányfelvétel mérésének bevonása is indokolt.
4. Kidolgoztam egy új laskagomba-alapú táptalajt (LGM-50, LGM-75, LGM-100), amely jelentősen növelte a micélium biomassa-hozamát a hagyományos MEA táptalajhoz képest, mindeközben megfelelő β -glükán szintet értünk el. Ezen módszer gazdaságos alternatívát kínálhat micélium előállítására. A kapott termék, pedig kiindulási alapja lehet micélium alapú takarmánykiegészítő termékek fejlesztésnek.

6. Irodalomjegyzék

1. ABOU-ZEID, A. – EL-DAMARAWY, S. – MARIEY, Y. – KAYED, A. (2019). Effect of Using Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as Natural Feed Additives on Productive and Immune Response of Broiler Chicks. *Journal of Animal and Poultry Production*, 10(5), 149–155. <https://doi.org/10.21608/jappmu.2019.43015>
2. AHMAD, N. – MAHMOOD, F. – KHALIL, S. A. – ZAMIR, R. – FAZAL, H. – ABBASI, B. H. (2014). Antioxidant activity via DPPH, gram-positive and gram-negative antimicrobial potential in edible mushrooms. *Toxicology and Industrial Health*, 30(9), 826–834. <https://doi.org/10.1177/0748233712463775>
3. AHMED, T. – SUZAUDULA, M. – AKTER, K. – HOSSEN, M. – ISLAM, M. N. (2024). Green Technology for Fungal Protein Extraction: A Review. *Separations*, 11(6), 186. <https://doi.org/10.3390/separations11060186>
4. ALVES, M. – FERREIRA, I. – DIAS, J. – TEIXEIRA, V. – MARTINS, A. és PINTADO, M. (2012). A Review on Antimicrobial Activity of Mushroom (Basidiomycetes) Extracts and Isolated Compounds. *Planta Medica*, 78(16), 1707–1718. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1315370>
5. ASSEMIE, A. – ABAYA, G. (2022). The Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry. *International Journal of Microbiology*, 2022, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2022/8744788>
6. BENSON, K. F. – STAMETS, P. – DAVIS, R. – NALLY, R., TAYLOR, A. – SLATER, S. – JENSEN, G. S. (2019). The mycelium of the *Trametes versicolor* (Turkey tail) mushroom and its fermented substrate each show potent and complementary immune-activating properties in vitro. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 19(1), 342. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2681-7>
7. COX, C. M. – DALLOUL, R. A. (2010). Beta-Glucans as Immunomodulators in Poultry: Use and Potential Applications. *Avian Biology Research*, 3(4), 171–178. <https://doi.org/10.3184/175815511X12919999481888>
8. DANESHMAND, A. – SADEGHI, G. H. – KARIMI, A. – VAZIRY, A. (2011). Effect of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with and without probiotic on growth performance and some blood parameters of male broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 170(1–2), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.08.008>

9. DUNAIEVSKA, O. F. – HORALSKYI, L. P. – SOKULSKYI, I. M. – RADZIKHOVSKYI, M. L. – GUTYJ, B. V. (2023). Influence of protein-vitamin mineral supplements on the splenic morphometric parameters of quails. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14, 242–247. <https://doi.org/10.15421/022336>
10. EL-RAMADY, H. – ABDALLA, N. – BADGAR, K. – LLANAJ, X. – TÖRÖS, G. – HAJDÚ, P. – EID, Y. – PROKISCH, J. (2022). Edible Mushrooms for Sustainable and Healthy Human Food: Nutritional and Medicinal Attributes. *Sustainability*, 14(9), 4941. <https://doi.org/10.3390/su14094941>
11. EL-RAMADY, H. – ABDALLA, N. – FAWZY, Z. – BADGAR, K. – LLANAJ, X. – TÖRÖS, G. – HAJDÚ, P. – EID, Y. – PROKISCH, J. (2022). Green biotechnology of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): A sustainable strategy for myco-remediation and bio-fermentation. *Sustainability*, 14(6), <https://doi.org/10.3390/su14063667>
12. ELSAKHAWY, T. – OMARA, A. E.-D. – ABOWALY, M. – EL-RAMADY, H. – BADGAR, K. – LLANAJ, X. – TÖRÖS, G. – HAJDÚ, P. – PROKISCH, J. (2022). Green Synthesis of Nanoparticles by Mushrooms: A Crucial Dimension for Sustainable Soil Management. *Sustainability*, 14(7), <https://doi.org/10.3390/su14074328>
13. FAROOQ, M. – SMOGLICA, C. – RUFFINI, F. – SOLDATI, L. – MARSILIO, F. – DI FRANCESCO, C. E. (2022). Antibiotic Resistance Genes Occurrence in Conventional and Antibiotic-Free Poultry Farming, Italy. *Animals*, 12(18), 2310. <https://doi.org/10.3390/ani12182310>
14. FISCHER, A. H. – JACOBSON, K. A. – ROSE, J. – ZELLER, R. (2008). Hematoxylin and Eosin Staining of Tissue and Cell Sections. *Cold Spring Harbor Protocols*, 2008(5), pdb.prot4986. <https://doi.org/10.1101/pdb.prot4986>
15. HASSAN, R. A. – SHAFI, M. E. – ATTIA, K. M. – ASSAR, M. H. (2020). Influence of oyster mushroom waste on growth performance, immunity and intestinal morphology compared with antibiotics in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 333. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00333>
16. HUANG, C.-C. – HUNG, Y.-S. – WENG, Y.-M. – CHEN, W. – LAI, Y.-S. (2019). Sustainable development of carbon nanodots technology: Natural products as a carbon source and applications to food safety. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.016>

17. ISMAYILZADA, S. (2020). Morphometric parameters and the dynamics of development of quail (*Coturnix coturnix*) spleen. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 51, 55–59. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2019.16861.1096>
18. IZHAM, I. – AVIN, F. – RASEETHA, S. (2022). Systematic review: Heat treatments on phenolic content, antioxidant activity, and sensory quality of Malaysian mushroom: Oyster (*Pleurotus* spp.) and Black Jelly (*Auricularia* spp.). *Front. Sustain. Food Syst.* 6:882939. doi: 10.3389/fsufs.2022.882939
19. JACOB, J. – PESCATORE, A. (2017). Glucans and the Poultry Immune System. *American Journal of Immunology*, 13(1), 45–49. <https://doi.org/10.3844/ajisp.2017.45.4>
20. KEREZOUDI, E. N. – MITSOU, E. K. – GIOTI, K. – TERZI, E. – AVGOUSTI, I. – PANAGIOTOU, A. – KOUTROTSIOS, G. – ZERVAKIS, G. I. – MOUNTZOURIS, K. C. – TENTA, R. – KYRIACOU, A. (2021). Fermentation of *Pleurotus ostreatus* and *Ganoderma lucidum* mushrooms and their extracts by the gut microbiota of healthy and osteopenic women: Potential prebiotic effect and impact of mushroom fermentation products on human osteoblasts. *Food & Function*, 12(4), 1529–1546. <https://doi.org/10.1039/D0FO02581J>
21. LIU, M. – CHENG, J.-H. – ZHAO, H. – YU, C. – WU, J. (2024). Targeting the outer membrane of gram-negative foodborne pathogens for food safety: Compositions, functions, and disruption strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/10408398.2024.2397462>
22. LLANAJ, X. – TÖRÖS, G. – HAJDÚ, P. – ABDALLA, N. – EL-RAMADY, H. – KISS, A. – SOLBERG, S. Ø. – PROKISCH, J. (2023). Biotechnological Applications of Mushrooms under the Water-Energy-Food Nexus: Crucial Aspects and Prospects from Farm to Pharmacy. *Foods*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/foods12142671>
23. LYSENKO, V. – KUZNIETSOVA, H. – DZIUBENKO, N. – BYELINSKA, I. – ZADERKO, A. – LYSENKO, T. – SKRYSHEVSKY, V. (2024). Application of Carbon Dots as Antibacterial Agents: A Mini Review. *BioNanoScience*, 14(2), 1819–1831. <https://doi.org/10.1007/s12668-024-01415-y>
24. MAHADEVAN, K. – SHANMUGASUNDARAM, K. (2018). Comparative effect of different culture media on mycelial growth performance of *Pleurotus sapidus*. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 874–878.

25. MCCLEARY, B. V. – DRAGA, A. (2016). Measurement of β -Glucan in Mushrooms and Mycelial Products. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 99(2), 364–373. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.15-0289>
26. MIHAI, R. A. – MELO HERAS, E. J. – FLORESCU, L. I. – CATANA, R. D. (2022). The Edible Gray Oyster Fungi *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Ex Fr.) P. Kumm a Potent Waste Consumer, a Biofriendly Species with Antioxidant Activity Depending on the Growth Substrate. *Journal of Fungi*, 8(3), 274. <https://doi.org/10.3390/jof8030274>
27. MIROŃCZUK-CHODAKOWSKA, I. – WITKOWSKA, A. M. (2020). Evaluation of Polish Wild Mushrooms as Beta-Glucan Sources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7299. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197299>
28. MUNYAKA, P. M. – ECHEVERRY, H. – YITBAREK, A. – CAMELO-JAIMES, G. – SHARIF, S. – GUENTER, W. – HOUSE, J. D. – RODRIGUEZ-LECOMPTE, J. C. (2012). Local and systemic innate immunity in broiler chickens supplemented with yeast-derived carbohydrates. *Poultry Science*, 91(9), 2164–2172. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02306>
29. NAIN, S. – BOUR, A. – CHALMERS, C. – SMITS, J. E. G. (2011). Immunotoxicity and disease resistance in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) exposed to malathion. *Ecotoxicology*, 20(4), 892–900. <https://doi.org/10.1007/s10646-011-0657-6>
30. NGUYEN, D. H. H. – MUTHU, A. – EL-RAMADY, H. – DARÓCZI, L. – NAGY, L. – KÉKI, S. – BÉNI, Á. – CSARNOVICS, I. – PROKISCH, J. (2024). Optimization of extraction conditions to synthesize green carbon nanodots using the Maillard reaction. *Materials Advances*, 5(8), 3499–3505. <https://doi.org/10.1039/D4MA00037D>
31. PARK, S. Y. – LEE, H. U. – PARK, E. S. – LEE, S. C. – LEE, J.-W. – JEONG, S. W. – KIM, C. H. – LEE, Y.-C. – HUH, Y. S. – LEE, J. (2014). Photoluminescent Green Carbon Nanodots from Food-Waste-Derived Sources: Large-Scale Synthesis, Properties, and Biomedical Applications. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 6(5), 3365–3370. <https://doi.org/10.1021/am500159p>
32. PUROHIT, A. S. – REED, C. – MOHAN, A. (2016). Development and evaluation of quail breakfast sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 69, 447–453. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.058>
33. QIU, Q. – ZHAN, Z. – ZHOU, Y. – ZHANG, W. – GU, L. – WANG, Q. – HE, J. – LIANG, Y. – ZHOU, W. – LI, Y. (2024). Effects of Yeast Culture on Laying

Performance, Antioxidant Properties, Intestinal Morphology, and Intestinal Flora of Laying Hens. *Antioxidants*, 13(7), 779. <https://doi.org/10.3390/antiox13070779>

34. ROMERO-ARENAS, O. – MARTÍNEZ CARRERA, M. – LANDETA-CORTÉS, G. – RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, V. – VILLA-RUANO, N. – RIVERA, A. (2023). Pilot Study of Diet Supplemented with Sold-Out Substrate of *Pleurotus ostreatus* in the Feeding of Backyard Broilers. *Applied Sciences*, 13(13), 7428. <https://doi.org/10.3390/app13137428>
35. SHAHIDI, F. – YEO, J. (2016). Insoluble-Bound Phenolics in Food. *Molecules*, 21(9), 1216. <https://doi.org/10.3390/molecules21091216>
36. SINGH, R. P. – BHARDWAJ, A. (2023). β -glucans: A potential source for maintaining gut microbiota and the immune system. *Frontiers in Nutrition*, 10, <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1143682>
37. SŁAWIŃSKA, A. – SIWEK, M. – ŻYLIŃSKA, J. – BARDOWSKI, J. – BRZEZIŃSKA, J. – GULEWICZ, K. A. – NOWAK, M. – URBANOWSKI, M. – PŁOWIEC, A. – BEDNARCZYK, M. (2014). Influence of Synbiotics Delivered in ovo on Immune Organs Development and Structure. *Folia Biologica*, 62(3), 277–285. https://doi.org/10.3409/fb62_3.277
38. SOŁOWIEJ, B. G. – NASTAJ, M. – WARACZEWSKI, R. – SZAFRAŃSKA, J. O. – MUSZYŃSKI, S. – RADZKI, W. – MLEKO, S. (2023). Effect of polysaccharide fraction from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on physicochemical and antioxidative properties of acid casein model processed cheese. *International Dairy Journal*, 137, 105516. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105516>
39. SRIVASTAVA, M. – KUMARI, M. – KARN, S. K. – BHAMBRI, A. – MAHALE, V. G. – MAHALE, S. (2024). Submerged cultivation and phytochemical analysis of medicinal mushrooms (*Trametes* sp.). *Frontiers in Fungal Biology*, 5, <https://doi.org/10.3389/ffunb.2024.1414349>
40. SUBERU, S. A. – ISIKHUEMHEN, O. S. – OGUNDARE, T. E. – EKUNSEITAN, D. A. – FASINA, Y. O. (2024). Benefits of Mushroom-Based Supplements on Growth Performance, Immunocompetence, and Meat Quality in Poultry. *Animals*, 14(11), 1517. <https://doi.org/10.3390/ani14111517>
41. SUN, Y. – LV, F. – TIAN, J. – YE, X. Q. – CHEN, J. – SUN, P. (2019). Domestic cooking methods affect nutrient, phytochemical, and flavor content in mushroom soup. *Food Science & Nutrition*, 7(6), 1969–1975. <https://doi.org/10.1002/fsn3.996>

42. TEJWAN, N. – KUNDU, M. – GHOSH, N. – CHATTERJEE, S. – SHARMA, A. – ABHISHEK SINGH, TH. – DAS, J. – SIL, P. C. (2022). Synthesis of green carbon dots as bioimaging agent and drug delivery system for enhanced antioxidant and antibacterial efficacy. *Inorganic Chemistry Communications*, 139, 109317. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.109317>
43. TÖRÖS, G. – EL-RAMADY, H. – BÉNI, Á. – PELES, F. – GULYÁS, G. – CZEGLÉDI, L. – RAI, M. – PROKISCH, J. (2024). *Pleurotus ostreatus* Mushroom: A Promising Feed Supplement in Poultry Farming. *Agriculture*, 14(5), 663. <https://doi.org/10.3390/agriculture14050663>
44. TÖRÖS, G. – EL-RAMADY, H. – PROKISCH, J. – VELASCO, F. – LLANAJ, X. – NGUYEN, D. H. – PELES, F. (2023). Modulation of the Gut Microbiota with Prebiotics and Antimicrobial Agents from *Pleurotus ostreatus* Mushroom. *Foods*, 12(10), 2010. <https://doi.org/10.3390/foods12102010>
45. THOMAS, A. S. S. – ARIVU, S. – SHANMUGAM, V. – GUNDUPALLI, M. P. – AMORNRAKSA, S. (2022). Paddy straw: An economical substrate for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation. *E3S Web of Conferences*, 355, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235502019>
46. VARGAS-SÁNCHEZ, R. D. – TORRESCANO-URRUTIA, G. R. – IBARRA-ARIAS, F. J. – PORTILLO-LOERA, J. J. – RÍOS-RINCÓN, F. G. – SÁNCHEZ-ESCALANTE, A. (2018). Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail. *Livestock Science*, 207, 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.11.015>
47. VENKATESWARLU, S. – VISWANATH, B. – REDDY, A. S. – YOON, M. (2018). Fungus-derived photoluminescent carbon nanodots for ultrasensitive detection of Hg²⁺ ions and photoinduced bactericidal activity. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 258, 172–183. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.11.044>
48. VETVICKA, V. – TEPLYAKOVA, T. V. – SHINTYAPINA, A. B., –KOROLENKO, T. A. (2021). Effects of Medicinal Fungi-Derived β -Glucan on Tumor Progression. *Journal of Fungi*, 7(4), 250. <https://doi.org/10.3390/jof7040250>
49. WICKRAMASINGHE, M. A. – NADEESHANI, H. – SEWWANDI, S. M. – RATHNAYAKE, I. – KANANKE, T. C. – LIYANAGE, R. (2023). Comparison of nutritional composition, bioactivities, and FTIR-ATR microstructural properties of commercially grown four mushroom species in Sri Lanka: *Agaricus bisporus*, *Pleurotus*

- ostreatus*, *Calocybe* sp. (MK-white), and *Ganoderma lucidum*. Food Production, Processing and Nutrition, 5(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00158-9>
50. ZHAO, W.-B. – WANG, R.-T. – LIU, K.-K. – DU, M.-R. – WANG, Y. – WANG, Y.-Q. – ZHOU, R. – LIANG, Y.-C. – MA, R.-N. – SUI, L.-Z. – LOU, Q. – HOU, L. – SHAN, C.-X. (2022). Near-infrared carbon nanodots for effective identification and inactivation of Gram-positive bacteria. Nano Research, 15(3), 1699–1708. <https://doi.org/10.1007/s12274-021-3818-9>
51. LIMA, G. A. – BARBOSA, B. F. S. – ARAUJO, R. G. A. C. – POLIDORO, B. R. – POLYCARPO, G. V. – ZIED, D. C. – BILLER, J. D. – VENTURA, G. – MODESTO, I. M. – MADEIRA, A. M. B. N. – CRUZ-POLYCARPO, V. C. (2021). *Agaricus subrufescens* and *Pleurotus ostreatus* mushrooms as alternative additives to antibiotics in diets for broilers challenged with *Eimeria* spp. British Poultry Science, 62(2), 251–260. <https://doi.org/10.1080/00071668.2020.1837344>
52. NAZIR, J. (2022). Different dietary levels of lysine have beneficial effects on intestinal morphology in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). Pakistan Veterinary Journal, 42(4), 475–480. <https://doi.org/10.29261/pakvetj/2022.028>
53. NASIR, J. A. (2024). Enhancing Growth Performance, Immunity, and Gut Morphology in Quails through Oyster Mushroom Stem Waste Supplementation. Pakistan Journal of Zoology. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20231115021054>



Nyilvántartási szám: DEENK/508/2025.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Seresné Törös Gréta
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10082881

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

1. **Seresné Törös, G.**, Prokisch, J., Peles, F.: Hőkezelési eljárások hatása a gomba minőségére.
In: Minőségvizsgálattól az élelmiszerbiztonságig. Szerk.: Máthé Endre, Sipos Péter, Szepesi Judit, Debreceni Egyetem Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 241-247, 2023. ISBN: 9789634905257

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

2. **Seresné Törös, G.**, Prokisch, J., Peles, F., Nagy, R., Nagy, J., Béni, Á.: The effect of sous-vide cooking on the antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.).
Acta agrar. Debr. 2024 (1), 177-184, 2024. ISSN: 2416-1640.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/1/13483>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (10)

3. **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Peles, F., Gulyás, G., Prokisch, J.: Comparative Analysis of Freeze-Dried *Pleurotus ostreatus* Mushroom Powders on Probiotic and Harmful Bacteria and Its Bioactive Compounds.
J. Fungi. 11 (1), 1-16, 2025. EISSN: 2309-608X.
DOI: <https://doi.org/10.3390/jof11010001>
IF: 4 (2024)
4. Nguyen, H. H. D., El-Ramady, H., **Seresné Törös, G.**, Muthu, A., Elsakhawy, T., Abdalla, N., Alibrahem, W., Kharrat Helu, N., Prokisch, J.: Food-Derived Carbon Dots: Formation, Detection, and Impact on Gut Microbiota.
Foods. 14 (17), 1-21, 2025. EISSN: 2304-8158.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/foods14172980>
IF: 5.1 (2024)
5. **Seresné Törös, G.**, Prokisch, J.: Maillard Reaction-Derived Carbon Nanodots: Food-Origin Nanomaterials with Emerging Functional and Biomedical Potential.
Pharmaceutics. 17 (8), 1-20, 2025. EISSN: 1999-4923.
DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17081050>
IF: 5.5 (2024)





6. **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Peles, F., Rai, M., El-Ramady, H., Prokisch, J.: Enhancing Biomass and beta-Glucan Yield from Oyster Mushroom *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) Mycelia through Extract Valorization.
Int J Med Mushrooms. 26 (9), 77-87, 2024. ISSN: 1521-9437.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2024054590>
IF: 1.4
7. **Seresné Törös, G.**, El-Ramady, H., Béni, Á., Peles, F., Gulyás, G., Czeglédi, L., Rai, M., Prokisch, J.: *Pleurotus ostreatus* Mushroom: A Promising Feed Supplement in Poultry Farming.
Agriculture-Basel. 14 (5), 1-19, 2024. EISSN: 2077-0472.
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture14050663>
IF: 3.6
8. Nguyen, H. H. D., El-Ramady, H., Llanaj, X., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., Prokisch, J.: Chemical Composition and Health Attributes of Agri-Foods: A Scientific Overview on Black Foods.
Sustainability. 15 (4), 1-32, 2023. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su15043852>
IF: 3.3
9. **Seresné Törös, G.**, El-Ramady, H., Prokisch, J., Velasco, F., Llanaj, X., Nguyen, H. H. D., Peles, F.: Modulation of the Gut Microbiota with Prebiotics and Antimicrobial Agents from *Pleurotus ostreatus* Mushroom.
Foods. 12 (10), 1-23, 2023. EISSN: 2304-8158.
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12102010>
IF: 4.7
10. **Seresné Törös, G.**, Peles, F., El-Ramady, H., Prokisch, J.: To What Extent Can Maillard Reaction Products Influence the Probiotic and Harmful Bacteria?
Egypt. J. Soil Sci. 63 (2), 177-185, 2023. EISSN: 2357-0369.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21608/EJSS.2023.189687.1569>
IF: 1.9
11. **Seresné Törös, G.**, El-Ramady, H., Prokisch, J.: Edible Mushroom of *Pleurotus* spp.: A Case Study of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.).
Env. Biodiv. Soil Security. 6, 51-59, 2022. ISSN: 2536-9415.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21608/JENVBS.2022.117554.1161>
12. El-Ramady, H., Abdalla, N., Badgar, K., Llanaj, X., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., Eid, Y., Prokisch, J.: Edible Mushrooms for Sustainable and Healthy Human Food: nutritional and Medicinal Attributes.
Sustainability. 14 (9), 1-30, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3390/su14094941>
IF: 3.9





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (4)

13. Sipos, P., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., Prokisch, J.: Élelmiszerteknológiai fejlesztések a Debreceni Egyetem MÉK-en.
In: XX. Tiszántúli Agrártudományi Napok : Absztraktkötet / (szerk.) Veres Szilvia, Stündl László, Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, 82, 2024. ISBN: 9789634906568
14. **Seresné Törös, G.**, Peles, F., Béni, Á., Prokisch, J.: Egyedi táptalaj fejlesztése pleurotus ostreatus micélium biomassza előállításához.
In: Növény és környezet: a debreceni tartamkísérletek 40 éve. Szerk.: Kakuszi-Széles Adrienn, Debreceni Egyetem MÉK Fölhasznosítási, Műszaki és Precíziós Technológiai Intézet, Debrecen, 68, 2023. ISBN: 9789634905400
15. **Seresné Törös, G.**, Peles, F., Prokisch, J.: Különböző gombaporok összeférje- és rosttartalmának a vizsgálata.
In: I. Magyar Agrártudományi Doktoranduszok Szimpóziuma.. Szerk.: Hajdú Péter, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Debrecen, 98, 2023. ISBN: 9786156457189
16. **Seresné Törös, G.**, Peles, F., Prokisch, J.: The effect of different temperatures on the liquid extraction from Pleurotus ostreatus (Jacq.:Fr.) Kumm. mushroom.
In: 20th Wellmann International Scientific Conference : Book of Abstracts. Eds.: Ingrid Gyalai; Szilárd Czöbel, University of Szeged Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely, 73, 2023. ISBN: 9789633069240

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (5)

17. **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Peles, F., Gulyás, G., Prokisch, J.: Green synthesis of carbon nanodots from Pleurotus Ostreatus L. mushroom using gentle cooking and freeze-drying methods.
In: International Multidisciplinary Scientific Research Congress: Abstract book / (eds.) Nazan Yalcin Erbik, Esengül Salbiho Glu, Ebuzer Arslan et. al, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Törökország, 550-551, 2025. ISBN: 9798896951070
18. **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Nagy, J., Nagy, R., Peles, F., Prokisch, J.: Impact of sous-vide cooking on the antioxidant properties and β -glucan content of oyster (Pleurotus ostreatus L.) mushroom.
In: ISPEC 14th International conference on agriculture, animal science & rural development: Proceedings book (Abstracts & Full Texts) / eds Banu Yücel, Seyithan Seydosoglu, IKSAD Publishing House, Golbasi, 54-55, 2024. ISBN: 9786257720991
19. Hajdú, P., **Seresné Törös, G.**, Llanaj, X., Prokisch, J.: Change in the active substance content of shiitake mushroom (Lentinula edodes) as affected by sous vide technology.
In: 5. International Food, Agriculture and Veterinary Sciences Congress : Proceedings book (volume-2). Eds.: Tarkan Şahin, Mükremin Ölmez, IKSAD Publications, Ankara, 48-49, 2023. ISBN: 9786253670030





20. **Seresné Törös, G.**, Prokisch, J., Peles, F.: Optimization of unique media production for enhanced bioactivity of *pleurotus ostreatus* mycelia.
In: ISPEC 12th international conference on agriculture, animal science & rural development: Conference proceedings book / eds Özlem Önal Aşci, Mehmet Fikret Balta, Seyithan Seydoşoğlu, Ordu University, Ordu, 276, 2023. ISBN: 9786257720939
21. **Seresné Törös, G.**, Peles, F., Hajdú, P., Prokisch, J.: The examination of the total protein and fiber content of different mushroom powders.
In: 5. International Food, Agriculture and Veterinary Sciences Congress : Proceedings book (volume-2). Eds.: Tarkan Şahin, Mükremin Ölmez, IKSAD Publications, Ankara, 27-28, 2023. ISBN: 9786253670030

További közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

22. Petróczi, F. M., Kojo Woode, B., **Seresné Törös, G.**, Nagy, N. S., Béni, B., Peles, F.:
Microbiological status of bulk tank milk and different flavored gomolya cheeses produced by a milk producing and processing plant.
Agrártud. Közl. 75, 73-78, 2018. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/75/1649>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (18)

23. Semsey, D., Nguyen, H. H. D., **Seresné Törös, G.**, Papp, V. A., Péntes, J., Vida, T., Béni, Á., Rai, M., Prokisch, J.: Analysis of fluorescent carbon nanodots synthesized from spices through thermal processes treatment.
Nanomaterials. 15 (8), 1-16, 2025. ISSN: 2079-4991.
DOI: <https://doi.org/10.3390/nano15080625>
IF: 4.3 (2024)
24. Ferroudj, A., Muthu, A., Sári, D., **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Czeglédi, L., Knop, R., El-Ramady, H., Prokisch, J.: Comparative Study of Red and Grey Selenium Nanoparticles on Organ-Specific Selenium Deposition and Growth Performance in Japanese Quails.
Nanomaterials. 15 (11), 1-14, 2025. ISSN: 2079-4991.
DOI: <https://doi.org/10.3390/nano15110801>
IF: 4.3 (2024)





25. Alibrahem, W., Kharrat Helu, N., **Seresné Törös, G.**, Oláh, C., Prokisch, J.: Exploring the Analgesic Potential of L-Lysine: Molecular Mechanisms, Preclinical Evidence, and Implications for Pharmaceutical Pain Therapy.
Pharmaceutics. 17 (5), 1-17, 2025. EISSN: 1999-4923.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/pharmaceutics17050666>
IF: 5.5 (2024)
26. Gangakhedkar, P., Deshpande, H. W., **Seresné Törös, G.**, El-Ramady, H., Elsakhawy, T., Abdalla, N., Shaikh, A. M., Kovács, B., Mane, R., Prokisch, J.: Fermentation of Fruits and Vegetables: Bridging Traditional Wisdom and Modern Science for Food Preservation and Nutritional Value Improvements.
Foods. 14 (13), 1-31, 2025. EISSN: 2304-8158.
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14132155>
IF: 5.1 (2024)
27. Muthu, A., Nguyen, H. H. D., Neji, C., **Seresné Törös, G.**, Ferroudj, A., Atieh, R., Prokisch, J., El-Ramady, H., Béni, Á.: Nanomaterials for Smart and Sustainable Food Packaging: Nano-Sensing Mechanisms, and Regulatory Perspectives.
Foods. 14 (15), 2-29, 2025. EISSN: 2304-8158.
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14152657>
IF: 5.1 (2024)
28. **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Balláné Kovács, A., Semsey, S., Ferroudj, A., Prokisch, J.: Production of Myco-Nanomaterial Products from *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) Mushroom via Pyrolysis.
Pharmaceutics. 17 (5), 1-19, 2025. EISSN: 1999-4923.
DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17050591>
IF: 5.5 (2024)
29. Prokisch, J., **Seresné Törös, G.**, Nguyen, H. H. D., Muthu, A., Labidi, S., Sheta, M., El-Ramady, H.: Sustainable Approach of Carbon Nanodots: Agro-Applications for Soil Health.
Egypt. J. Soil Sci. 65 (1), 639-657, 2025. ISSN: 0302-6701.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21608/ejss.2025.353791.1969>
IF: 3.4 (2024)
30. **Seresné Törös, G.**, Gulyás, G., El-Ramady, H., Alibrahem, W., Muthu, A., Gangakhedkar, P., Atieh, R., Prokisch, J.: Sustainable nanotechnology strategies for modulating the human gut microbiota.
26 (12), 1-26, 2025. ISSN: 1661-6596.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms26125433>
IF: 4.9 (2024)





31. Semsey, D., Nguyen, H. H. D., **Seresné Törös, G.**, Muthu, A., Labidi, S., El-Ramady, H., Béni, Á., Rai, M., Prokisch, J.: Analysis of Fluorescent Carbon Nanodot Formation during Pretzel Production.
Nanomaterials. 14 (13), 1-11, 2024. ISSN: 2079-4991.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nano14131142>
IF: 4.3
32. Rai, M., Avinash, P. I., **Seresné Törös, G.**, Prokisch, J.: Assessing the efficacy of carbon nanodots derived from curcumin on infectious diseases.
Expert Rev. Anti-Infect. Ther. 22 (12), 1-15, 2024. ISSN: 1478-7210.
DOI: <https://doi.org/10.1080/14787210.2024.2409401>
IF: 3.8
33. Prokisch, J., **Seresné Törös, G.**, Nguyen, H. H. D., Neji, C., Ferroudj, A., Sári, D., Muthu, A., Brevik, E. C., El-Ramady, H.: Nano-Food Farming: Toward Sustainable Applications of Proteins, Mushrooms, Nano-Nutrients, and Nanofibers.
Agron. J. 14, 1-30, 2024. ISSN: 0002-1962.
DOI: <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy14030606>
IF: 2
34. Llanaj, X., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., Abdalla, N., El-Ramady, H., Kiss, A., Solberg, S. Ø., Prokisch, J.: Biotechnological applications of mushrooms under the water-energy-food nexus: crucial aspects and prospects from farm to pharmacy.
Foods. 12 (14), 1-26, 2023. EISSN: 2304-8158.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/foods12142671>
IF: 4.7
35. Llanaj, X., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., El-Ramady, H., Peles, F., Prokisch, J.: Mushroom Cultivation Systems: Exploring Antimicrobial and Prebiotic Benefits.
EBSS. 7, 101-120, 2023. ISSN: 2536-9415.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21608/JENVBS.2023.207745.1216>
36. El-Ramady, H., **Seresné Törös, G.**, Badgar, K., Llanaj, X., Hajdú, P., Elmahrouk, M., Abdalla, N., Prokisch, J.: A Comparative Photographic Review on Higher Plants and Macro-Fungi: a Soil Restoration for Sustainable Production of Food and Energy.
Sustainability. 14 (12), 1-34, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su14127104>
IF: 3.9
37. El-Ramady, H., Abdalla, N., Fawzy, Z., Badgar, K., Llanaj, X., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., Eid, Y., Prokisch, J.: Green Biotechnology of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus* L.): a Sustainable Strategy for Myco-Remediation and Bio-Fermentation.
Sustainability. 14 (6), 1-21, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su14063667>
IF: 3.9





38. Elsakhawy, T., Omara, A. E. D., Abowaly, M., El-Ramady, H., Badgar, K., Llanaj, X., **Seresné Törös, G.**, Hajdú, P., Prokisch, J.: Green Synthesis of Nanoparticles by Mushrooms: A Crucial Dimension for Sustainable Soil Management. *Sustainability*. 14 (7), 1-27, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su14074328>
IF: 3.9
39. El-Ramady, H., Brevik, E. C., Fawzy, Z., Elsakhawy, T., Omara, A. E. D., Amer, M. M., Faizy, S. E. D. A., Abowaly, M., Elhenawy, A. S., Kiss, A., **Seresné Törös, G.**, Prokisch, J., Ling, W.: Nano-restoration for sustaining soil fertility: A pictorial and diagrammatic review article. *Plants-Basel*. 11 (18), 1-33, 2022. EISSN: 2223-7747.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/plants11182392>
IF: 4.5
40. El-Ramady, H., Hajdú, P., **Seresné Törös, G.**, Badgar, K., Llanaj, X., Kiss, A., Abdalla, N., Omara, A. E. D., Elsakhawy, T., Elbasiouny, H., Elbehiry, F., Amer, M. M., Elmahrouk, M., Prokisch, J.: Plant Nutrition for Human Health: A Pictorial Review on Plant Bioactive Compounds for Sustainable Agriculture. *Sustainability*. 14 (14), 1-43, 2022. ISSN: 2071-1050.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/su14148329>
IF: 3.9

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (6)

41. **Seresné Törös, G.**, Béni, Á., Balláné Kovács, A., Semsey, D., Prokisch, J.: Production of Myco-Nanomaterial Products from *Pleurotus ostreatus* (Agaricomycetes) Mushroom. In: 22nd Wellmann International Scientific Conference : Book of abstracts. Eds.: Ingrid Melinda Gyalai, Szilárd Czóbel, University of Szeged Faculty of Agriculture, Hódmezővásárhely, 58, 2025. ISBN: 9789636880446
42. Petróczki, F. M., Woode, B. K., **Seresné Törös, G.**, Nagy, N. S., Kardos, G., Béri, B., Peles, F.: Characterization of *Staphylococcus aureus* strains isolated from cheeses in Hungary. In: Scientific researches in food production, University of Debrecen - Proceedings of abstracts. Eds.: University of Debrecen, University of Debrecen, Debrecen, 26, 2018.
43. Petróczki, F. M., Woode, B. K., **Seresné Törös, G.**, Nagy, N. S., Béri, B., Peles, F.: Microbiological status of gomolya cheeses produced by small-scale dairies. In: Abstract Book : FSD 2018 3rd Food Structure & Design Conference. Eds.: University of Debrecen, University of Debrecen, Debrecen, 36-37, 2018.
44. Petróczki, F. M., Woode, B. K., **Seresné Törös, G.**, Nagy, N. S.: Microbiological examination of bulk milk and gomolya cheeses produced by a milk producing and processing plant. In: Scientific Conference of PhD. Students of FAFR and FBFS SUA in Nitra - Proceedings of abstracts / org. by Assoc. Prof. Ing. Janette Musilová, Ing. Monika Tóthová, Mgr. Dominik Hollý, Slovak University of Agriculture, Nitra, 53, 2017.





45. Woode, B. K., Petróczki, F. M., **Seresné Törös, G.**, Nagy, N. S., Béri, B., Peles, F.:
Microbiological quality of bulk tank raw milk in Hajdú-Bihar County, Hungary.
In: Scientific researches in food production, FBFS, SUA in Nitra - Proceeding of abstracts /
org. by Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovak University of Agriculture, Nitra, 42-43,
2017.
46. Petróczki, F. M., Woode, B. K., **Seresné Törös, G.**, Nagy, N. S., Béri, B., Peles, F.:
Microbiological status of smoked parenica cheeses produced in industrial and in small-scale
conditions.
In: Scientific researches in food production, FBFS, SUA in Nitra - Proceeding of abstracts,
Slovak University of Agriculture, Nitra, 36-37, 2017.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 106,4

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
33,4**

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2025.09.03.



