Studentski dom „Evropa” –

Európa Kollégium Egyetemista Központ, Újvidék

Departman za
HEMIJU, BIOHEMIJU I
ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

Paradicsomfajták kiválasztott másodlagos metabolit-tartalmának összehasonlítása Trichoderma spp. kezelések hatására

Mentorok: dr Vastag Gyöngyi és

dr Emilija Svirčev

Szerző: Horváth Réka

Újvidéki Egyetem

Természettudományi-matematikai Kar, Kémiai,

Biokémiai és Környezetvédelmi Tanszék

Évfolyam: I, mesterképzés

Újvidék, 2026

Tartalomjegyzék

Bevezetés....2
1. A paradicsom jelentősége és általános jellemzése....3
    1.1. A paradicsom legfontosabb betegségei és kórokozói....5
    1.2. Növényi belső védekezési rendszerek....6
2. A kísérlet során vizsgált másodlagos metabolitok jellemzése....8
3. Metabolomikai vizsgálatok, kísérleti rész....16
4. Az eredmények összegzése és elemzése....20
5. Összefoglalás....26
Felhasznált irodalom....28
Internetes források és linkek:....30

Bevezetés

Napjainkban egyre nagyobb figyelem irányul a fenntarthatóságra, a környezetkímélő gazdálkodásra, valamint a vegyszermentes és organikus élelmiszerek előállítására. Ezek a törekvések a mezőgazdaság területén is egyre fontosabbá válnak, hiszen a környezetkímélő élelmiszer termeléshez elengedhetetlen a termesztési folyamatok optimalizációja, fenntarthatóbbá tétele, ezzel együtt a szintetikus vegyszerek és növényvédő szerek használatának mellőzése is.

A biológiai alapú megoldások egyre gyakoribbak az organikus gazdálkodásban, mivel ezek a hagyományosan alkalmazott műtrágyák és növényvédő szerek alternatíváját jelenthetik. Ezek a lehetséges megoldások közé sorolhatjuk a szerves trágyákat, a mikroorganizmusokat tartalmazó biotrágyákat, biológiai növényvédő szereket. A környezeti terhelés csökkentése mellett ezek a lehetőségek hozzájárulhatnak a növények egészségesebb fejlődéséhez, illetve a termések minőségének javításához is.

A *Trichoderma* nemzetség képviselői a biológiai növényvédelem egyik jelentős lehetőségét hordozzák magukban. A nemzetséghez tartozó gombafajok számos kedvező tulajdonságuknak köszönhetően fontos szerepet tölthetnek be a fenntartható mezőgazdasági termesztésben. Képesek gátolni egyes növénypatogén gombák fejlődését, valamint hozzájárulhatnak a növények természetes védekezőképességének fokozásához. Egyes *Trichoderma* képviselők akár a növények fejlődését és növekedését is serkenthetik.

A *Trichoderma* nemzetség alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata továbbra is aktív kutatási terület, és a hozzá hasonló mikroorganizmusok is számos további kutatási irányt kínálnak. Az eddigi kutatások eredményei alapján a *Trichoderma* fajok nem csak a mezőgazdaság, hanem több másik területen és iparágban is hasznosíthatók lehetnek.

A dolgozatban a *Trichoderma* nemzetség képviselőit és azok jellemző tulajdonságait szeretném majd bemutatni, különös tekintettel a mezőgazdasági lehetőségekre. Emellett a *Trichoderma* paradicsom növényre gyakorolt hatásait szeretném áttekinteni, majd a kutatásom menetét, illetve eredményeit bemutatni.

1. A paradicsom jelentősége és általános jellemzése

A paradicsom növény, tudományos nevén *Solanum lycopersicum L.*, a burgonyafélék *Solanaceae* családjába tartozik. A lágyszárú növényfaj dél-amerikai származású, és a *Solanaceae* család több, mint 3000 fajt számlál, amelynek megközelítőleg 18%-a van hasznosítva táplálkozási célokra. [1,2]

A paradicsom globális szinten az egyik legfontosabb zöldségnövénynek számít, a világ teljes zöldségtermelésének több mint 14-15%-át teszi ki, így az éves paradicsom termések mennyisége megközelítőleg 120-180 millió tonna. [2,3,4,5]

A paradicsom húsos bogyóterméssel rendelkezik, fajtától függetlenül édeskés ízű. Ezt az ízt a termésben található szénhidrátok adják, melyek a termés vízmátrixában találhatók. A termések magas nedvességtartalmának köszönhetően fogékonyak a növényt támadó kórokozókkal szemben.[1] Táplálkozási szempontból a paradicsom rendkívül értékesnek számít, hiszen viszonylag nagy mennyiségben tartalmaz antioxidánsokat, vitaminokat, karotinoidokat, flavonoidokat, esszenciális mikro- és makroelemeket, mint például a kálium, magnézium, kalcium, foszfor, vas, mangán, cink és réz.[4] Sok másodlagos metabolit, amely a paradicsom termésekben található, jelentősen hozzájárul az egészségmegőrzéshez, antioxidáns, rákellenes hatásával, illetve a cukorbetegségre is kedvező hatást gyakorol, ahogy hozzájárulhat egyéb krónikus betegségek megelőzéséhez is. A termések szénhidrát tartalma megközelítőleg 4%, amely miatt a paradicsom nem tartozik a keményítő tartalmú táplálék források közé, mint mondjuk a burgonya. [1,4,5]

A termések tápanyagfelvétele, így a termések minősége is több tényezőtől függ, ilyenek például az időjárási tényezők, a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, a talaj termékenysége. A növény szövetei néhány aminosavat is szintetizálnak, ilyenek például a prolin, glutamát, cisztein, metionin, arginin, amelyek szerepe a külső környezetből érkező stressz semlegesítése. A prolin például az ozmotikus adaptációban játszik jelentős szerepet, míg a metionin szerepe az abiotikus stresszel szembeni ellenállásért felelős, de ezen kívül szerepe van a növény másodlagos metabolitjainak szintézisében is. Az arginin a fejlődési folyamatokban játszik szerepet, illetve a biotikus és abiotikus stressz válaszokban is szerepe van. Ezek mellett az L-triptofán aminosav a nehézfémek negatív hatásaival szemben védi a növényi szöveteket.[1]

1.1. A paradicsom legfontosabb betegségei és kórokozói

A paradicsom terméshozama nagymértékben függ a különféle kórokozók által kiváltott betegségektől, így azok megelőzése illetve kezelése fontos tényezővé válik a termesztés során. A növényeket nagy számú gombás megbetegedés fenyegeti a termesztés során, ezek közül az egyik például a *Fusarium oxysporum*, amely egy gombás megbetegedése a paradicsomnak. A növény gyökérzetén át megfertőzi a teljes növényt, ezzel nem csak a termés csökkenését idézi elő, hanem a növény teljes pusztulásához vezet. Míg a mezőgazdaságban továbbra is a vegyi kezelések az elterjedtebbek, egyre gyakoribbá válik a biokontroll szerek használata a *Fusarium* által okozott megbetegedés kezelésére, illetve megelőzésre. [2,3]

A *Botrytis cinerea* az úgynevezett szürkepenész okozója, szintén egy gombafertőzés, amely nem csak a paradicsom termést támadja, hanem a leveleket, virágot, illetve a növény szárát is. A *Botrytis cinerea* esetében kialakú fungicid rezisztencia komoly problémát jelent a termesztés során, hiszen sok esetben nem reagál a vegyi kezelésekre. Ezzel a fertőzéssel szemben is segítséget nyújthat a biokontroll mikroorganizmusokon alapuló növényvédelem, a *Trichoderma harzianum* gombafaj bizonyult leghatékonyabbnak a *B. cinerea* fertőzéssel szemben, ezen kívül még cink-nanorészecskés kezeléssel is próbálkoztak, amely különböző koncentrációban jelentősen gátolta a fitopatogén gombák micélium növekedését. [6,7]

A *Rhizoctonia solani* egy talajban fellelhető növénypatogén gombafaj, amely még a paradicsomokat palánta korban támadja meg, a szövetek elhalását okozva elpusztítja a növényeket. Elsősorban a gyökér és a hajtások rothadását okozza. A *Rhizoctonia* patogén gombafajok több fajtája ismert károkozó, amelyek a *Solanaceae* család tagjait támadják, így ez a patogén által okozott betegségek nem kizárólag a paradicsomra veszélyesek, hanem például a burgonyára, paprikára, padlizsánra és még egyéb *Solanaceae* képviselőkre. A legnagyobb kihívás a *Rhizoctonia* fajokkal szemben a fungicidekre kialakuló rezisztencia, illetve, hogy a fertőzött termőtalajban rendkívül jól túlélnek, így nehéz a kiirtás is. Korábban a leggyakoribb vegyi kezelések metil-bromid tartalmúak voltak ám ez a nagymértékű mérgező hatása miatt, illetve az ózonrétegre gyakorolt rendkívül káros hatása miatt egyre kevésbé használt. Az egyik lehetséges megoldás ennek kezelésére szintén egyes *Trichoderma* biokontroll gombafajokkal történik. A *Trichodermával* kezelt talajban termesztett

paradicsomok kisebb affinitást mutatnak a *Rhizoctonia* által kiváltott betegségek iránt.[8] Az *Alternaria* gombafaj szintén jelentős fitopatogén a paradicsomok esetében, amely a terméshozamot is jelentősen csökkenti. A hozamveszteség mellett ez a gombafaj mikotoxinokat is termel. Hasonló gombás megbetegedése a paradicsomoknak még a *Phytophthora infestans*, amely gyors szövetelhalást okoz a növényben, amely szintén termésmennyiség csökkenéshez vezet. [1]

1.2. Növényi belső védekezési rendszerek

A növények a patogénekkel szemben több féle képpen képesek védekezni, ám ezek sikeressége több tényezőtől is függ. Ezt a természetes védekezési mechanizmust indukált rezisztenciának nevezik, és a jelenség nem kizárólag fitopatogének jelenlétekor lép fel, hanem más kiváltó okai is lehetnek, mint például az abiotikus stresszhatások, mint a talaj tápanyaghiánya, szárazság stb. A belső, biokémiai védekező mechanizmusokon kívül a növényeknek vagy fizikai védelme is, amelyet a keményebb sejtfalak, viaszos védőrétegek és növény héja biztosít. [1]

Az egyik biokémiai védekezési mechanizmus a fenilpropanoidokat foglalja magába, egészen pontosan a növény védekezési válaszképp megnöveli ezeknek a metabolitoknak a mennyiségét a saját szöveteiben. A fenilpropanoidok csoportjába több másodlagos metabolit csoport tartozik, mint például a flavonoidok, izoflavonoidok, stilbének, lignin. A növényi védekezés magába foglalja a fenolos vegyületek és a lignin megnövekedett bioszintézisét, amelyet a PAL (fenilalanin-ammónia-liáz) enzim irányít. A PAL enzimen kívül a fenilpropanoid biokémiai útvonalon több másik enzim is megnövekedett aktivitást mutat, amint a szisztémás rezisztencia aktiválódik. Az egyik szaponin amely a paradicsomok immunitását segíti, az az alfa-tomatin, amelynek antifungális hatása reaktív oxigénes vegyületeket vált ki a kórokozó (például *Fusarium oxysporum*) sejtjeiben programozott sejthalált idéz elő. [1]

A Trichoderma kezelések a paradicsomokban a növény védekezésére szolgáló enzimeket aktiválva a fenolos vegyületek felhalmozódását idézi elő a növényben, ezzel csökkentve a Rhizoctonia solani növénypatogénnel szembeni védekezést. Ezek a védekezésre szolgáló enzimek a paradicsom esetében például a guaiacol peroxidáz (GPX), syringaldazine peroxidáz (SPX), fenilalanin ammónia liáz (PAL) enzimek. Ezek az enzimek a fenolos

vegyületek (mint a fenilpropanoidok, hidroxibenzoesav, fahéjsav, ferulasav, pirokatekin, heszperitin, szalicilsav) felhalmozódásán kívül a hidrogén peroxid felhalmozódását is okozták a növényekben. [8]

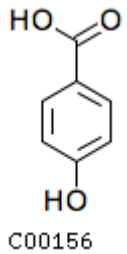
A reaktív oxigénvegyületek (ROS) a fertőzések korai fázisában a növény érintett részeiben felhalmozódnak, ezzel a növényi sejtek károsodását előidézik. A nagy mennyiségű ROS a növényen belül lipidperoxidációhoz vezet, amely a növényi szövetek szerkezetét károsítja. A ROS semlegesítéséhez nagy mennyiségű antioxidánsra van szükség, amelyet a növény másodlagos metabolitjai is biztosítanak. A másodlagos metabolitok amellett, hogy antioxidáns szerepet tudnak betölteni egy esetleges fertőzés során, képesek meggátolni a növényt érintő biotikus stresszhatásokat is, ezzel a fertőzés kialakulásának a veszélyét is csökkenteni. [9]

A korábban felsorolt másodlagos metabolitokon kívül a paradicsomoknak egy komplex védekezési hálózata van a kórokozókkal szemben. Ez a rendszer két egységből áll, az egyik a rendszerszintű szerzett rezisztencia (Systemic Acquired Resistance, SAR), míg a másik az indukált szisztémás rezisztencia (Induced Systemic Resistance, ISR). Míg a SAR féle védekezési mechanizmus egy helyi patogén hatására aktiválódik (például *Pseudomonas syringae* fertőzés esetében) , addig az ISR mechanizmus főként akkor válik aktívvá (de például a növényt támadó *Botrytis* fertőzés esetében is), amikor a növény interakcióba lép nem-patogén gombákkal vagy baktériumokkal a rizoszférában. A SAR mechanizmus a szalicilsav, illetve egyes proteinek felhalmozódását okoza, az ISR ezzel szemben a jázmonsav és az etilén mennyiségére van hatással a növényi szövetekben. Összességében a növények védekező rendszere sok tényezőtől függ, így az őket támadó kórokozóktól, a nem-patogén mikroorganizmusoktól, a környezeti hatásoktól. [1,10,11]

2. A kísérlet során vizsgált másodlagos metabolitok jellemzése

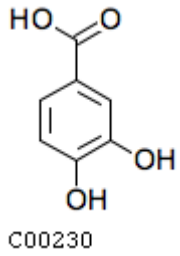
A soron következő fejezetben a kísérlet során vizsgált másodlagos anyagcseretermékek jellemzése lesz.

p-hidroxibenoesav:



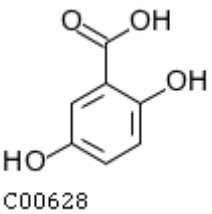
Moláris tömege 138,12 g/mol, más nevén 4-hidroxibenzoesav. A vegyület fehér kristályos anyag, amely főként poláris, szerves oldószerekben oldható, ám kisebb mértékben vízben is. A növényi szöveteken belül, több anyagcsere folyamatban is részt vesz ez a vegyület. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:30763 ; https://www.kegg.jp/entry/C00156)

Protokatechusav:



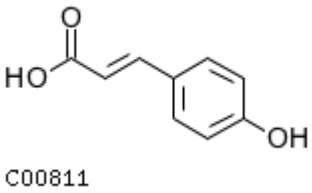
Moláris tömege 154,12 g/mol, tudományos nevén 3,4-dihidroxibenoesav. A kateholok csoportjába tartozó vegyület, amelynek több biológiai szerepe is van. Egyes növények anyagcsere folyamatai során keletkezik, emellett néhány enzimnek a gátló vegyülete is, inhibítora (prokollagén-prolin dioxigenáz enzimnek, shikimi dehidrogenáz enzim inhibítor). (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:36062 ; https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/72 ; https://www.kegg.jp/entry/C00230)

2,5-dihidroxibenzoesav (gentizinsav):



Moláris tömege 154,12 g/mol. A gentizinsav egyes növények másodlagos anyagcseretermékei közé tartozik, emeltt néhánny gombafajta is képes az előállítására, jelen van az emberi szervezetben is. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17189 ; https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3469 ; https://www.kegg.jp/entry/C00628)

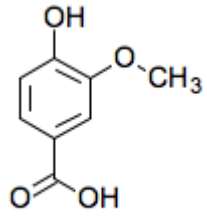
p-kumársav:



C00811

Moláris tömege 164,16 g/mol, tudományosabb nevén transz-4-hidroxicinnamát, a kumársav egyik izomere. Szilárd állapotában fehér színű, vízben nehezebben oldódik, míg dietil-éterben, illetve etanolban jól oldódó anyag. Jelen van növényi szövetekben, illetve néhány állati szervezetben is anyagcsere termékként van jelen. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:32374 ; https://www.kegg.jp/entry/C00811)

Vanillinsav:

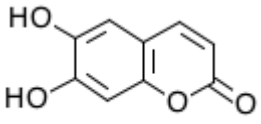


C06672

Moláris tömege 168,15 g/mol, tudományos neve 4-hidroxi-3-metoxibenzoesav, fenolos vegyület. Növényi szövetekben, illetve gombákban van jelen elsősorban. Kivonni ezekből a szövetekből elsősorban etanolos oldatokkal lehetséges. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:30816 ; https://www.kegg.jp/entry/C06672)

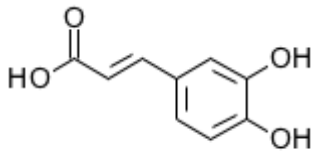
Eszkuletin:

Moláris tömege 178,14 g/mol, szerkezete miatt képes az UV, az az ultraibolya sugárzás elnyelésére, emiatt filterekben használják. Az ultraibolya sugárzás szűrésén kívül, antioxidáns hatással is rendelkezik. Előfordul egyes növényi szövetekben, szerkezetileg a fenilpropanoidok közé tartozik. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:490095 ; https://www.kegg.jp/entry/C09263)



C09263

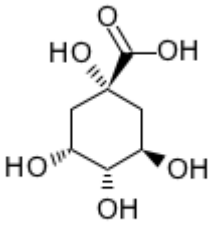
Kávésav:



C01197

Moláris tömege 180,16 g/mol, tudományos nevén 3,4-dihidroxi-transz-cinnamát. Kulcsfontosságú szerepe van, mint antioxidáns hatású molekula. Színe szilárd állapotban sárgás. Növényi szövetekben megtalálható, hiszen a lignin bioszintézisben köztes termék, ezen kívül egyes állati szövetekben is előfordul. A biológiai szerepei közé tartozik egyes enzimek inhibíciója, mint például a glutation transzferáz enzim, vagy pár lipooxigenáz enzim gátló vegyülete. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:16433 ; https://www.kegg.jp/entry/C01197)

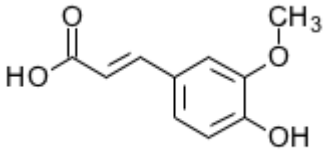
Kininsav:



C00296

Moláris tömege 192,17 g/mol, szerves vegyület, amely a ciklikus poliolok csoportjába tartozik. Színtelen, fehéres színű szilárd halmazállapotában, elsősorban növényi szövetekből lehet kivonni. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17521 ; https://www.kegg.jp/entry/C00296)

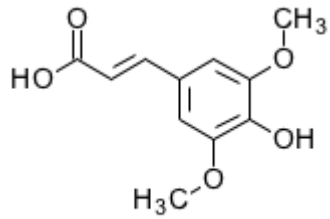
Ferulasav:



C01494

Moláris tömege 194,18 g/mol, tudományos nevén 4-hidroxi-3-metoxicinnamát sav. Szerkezetét tekintve fenolos, szerves vegyület. Szilárd halmazállapotában barnás színű. A ferulasav észterei a növényi sejtfalakban találhatók, ahol kovalensen kötődnek a hemicellulóz molekulákhoz. Szerepét tekintve, antioxidáns hatású, gyulladásgátló anyag, használják kardioprotektív, illetve neuroprotektív célokra is. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17620 ; https://www.kegg.jp/entry/C01494)

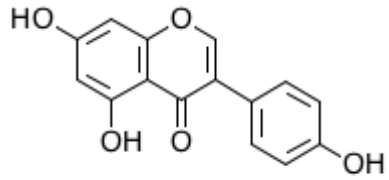
Szinapinsav:



C00482

Moláris tömege 224,21 g/mol, tudományos nevén 3,5-dimetoxi-4-hidroxi-cinnamát sav. A szinapinsav egy természetesen előforduló hidroxi-cinnamát, a fenilpropanoid vegyületcsoport tagja, számos metabolikus folyamat komponense. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:15714 ; https://www.kegg.jp/entry/C00482)

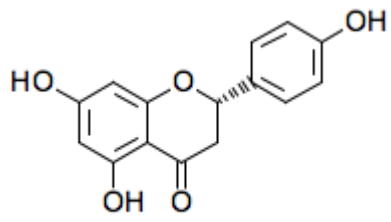
Genisztein:



C06563

Moláris tömege 270,24 g/mol, tudományos neve 5,7,4'-trihidroxi-izoflavon. A genisztein egy növényi eredetű vegyület, aglikon, tehát nem kapcsolódik hozzá glükóz egység. Elsősorban szója termékekben fordul elő, a fitoösztrogének egyik fajtája. Az ösztrogénhez hasonló aktivitása miatt az endokrin rendszerre képes hatni. A biológiai szerepei sokrétűek, többek között antivirális hatású, csontsűrűség megőrző, antifibrotikus hatású. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:28088 ; https://www.kegg.jp/entry/C06563)

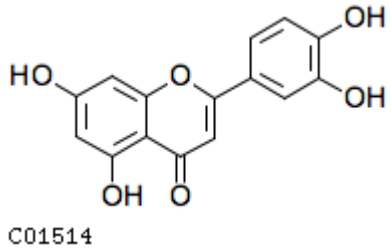
Naringenin:



C00509

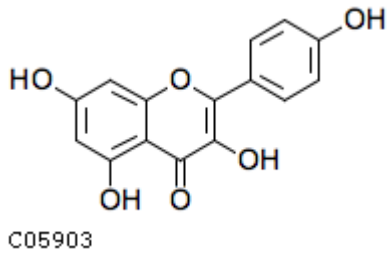
Moláris tömege 272,25 g/mol, tudományos neve 4',5,7-trihidroxi-flavanon. A flavanonok csoportjába tartozó vegyület, amely legnagyobb mértékben citrusos gyümölcsökben fordul elő, illetve nagymértékben a grapefruitban. A légzőszervi váladékok kiválasztására pozitív hatással lehet. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17846 ; https://www.kegg.jp/entry/C00509)

Luteolin:



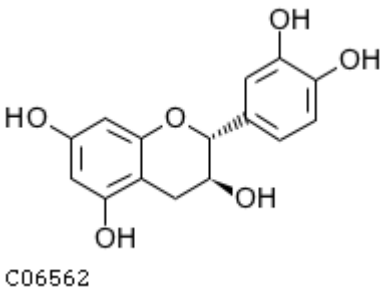
Moláris tömege 286,24 g/mol, tudományos neve 3’,4’,5,7-tetrahidroxi-flavon. Azon kívül, hogy előfordul a növényi szövetekben, fontos szerepei vannak az emberi szervezetben is. Az emberi szervezeten belül antioxidatív és gyulladáscsökkentő hatással rendelkezik, valamint az immunrendszert is erősíti, ezen kívül potenciálisan aktív lehet egyes daganatos megbetegedésekkel szemben is. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:15864 ; https://www.kegg.jp/entry/C01514)

Kempferol:



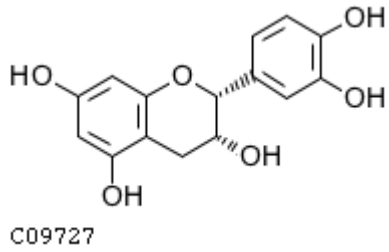
Moláris tömege 286,24 g/mol, tudományos neve 3,4’,5,7-tetrahidroxi-flavon. A kempferol egy természetes flavonol, amely a növényi szövetekben előfordul, többek között a bab félékben, teában, spenótban és még egyéb más zöldségfélékben. Szilárd állapotában sárga, kristályos anyag, amely gyengén oldható vízben, valamint könnyedén oldható etanolban, éterben, dimetil-szulfoxidban. Biológiai szerepei közé tartozik, hogy antibakteriális hatású, valamint antioxidáns hatású. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:28499 ; https://www.kegg.jp/entry/C05903)

Katechin:



Moláris tömege 290,27 g/mol. Szerkezetét tekintve a katechin egy flavan-3-ol, amely antioxidáns hatást fejt ki a növényekben is, emellett az emberi szervezetben is antioxidáns hatású. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:15600; https://www.kegg.jp/entry/C06562)

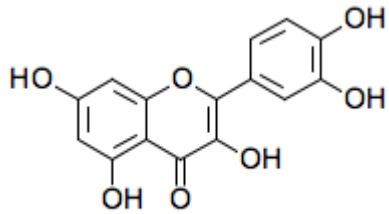
Epikatechin:



C09727

Moláris tömege 290,27 g/mol. Az elsődleges szerepe, hogy antioxidáns hatású. A polifenolok csoportjába tartozik, néhány kutatást végeztek vele a pre-diabetikus állapotok kezelésére. A növényi szövetekben előfordul, például a Camellia sinensis, Cecropia hololeuca növényekben is. (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/72276#section=GHS-Classification ; https://www.kegg.jp/entry/C09727)

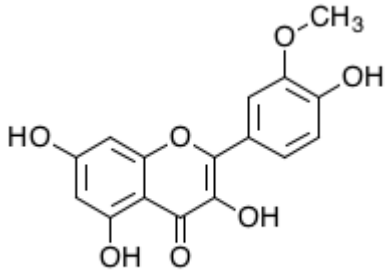
Kvercetin:



C00389

Moláris tömege 302,23 g/mol, tudományos neve 3,3',4,5,7-pentahidroxi-flavon. A kvercetin egy flavonol, a polifenolok csoportjába tartozik. Nagy mennyiségben megtalálható különböző növényi anyagokban, gyümölcsökben, zöldségekben, magvakban. Kesernyés ízű vegyület, gyakran étrend kiegészítők része. Biológiai szerepe sokszínű, antioxidáns hatású. antivirális, antibakteriális, fitoösztrogén hatású és még sok más biológiai hatása is van. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:16243; https://www.kegg.jp/entry/C00389)

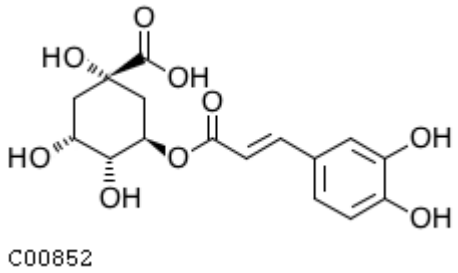
Izoramnetin:



C10084

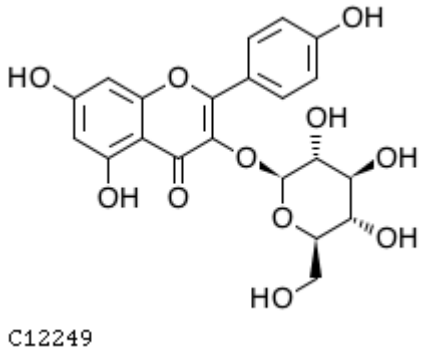
Moláris tömege 316,26 g/mol, másik neve kvercetin-3'-metil-éter. Az izoramnetin egy O-metilált származéka a kvercetinnek, a flavonolok, illetve polifenolok csoportjába tartozik. Előfordul több féle szervezet anyagcsere termékeként. Felhasználható mint antikoaguláns, azaz véralvadásgátló anyag. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:6052; https://www.genome.jp/dbget-bin/www_bget?cpd:C10084)

Klorogénsav:



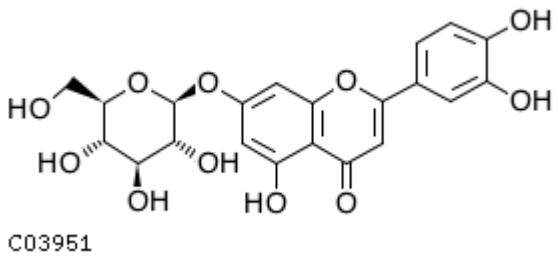
Moláris tömege 354,31 g/mol, szerkezetét tekintve egy cinnamát észter. A növényi szövetekben a lignin bioszintézisben vesz részt, mint köztes anyagcseretermék. Asztringens hatású vegyület, azaz a szövetek összehúzódását idézi elő, kisebb sérülések esetében. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:16112; https://www.kegg.jp/entry/C00852)

Kempferol-3-O-glükozid:



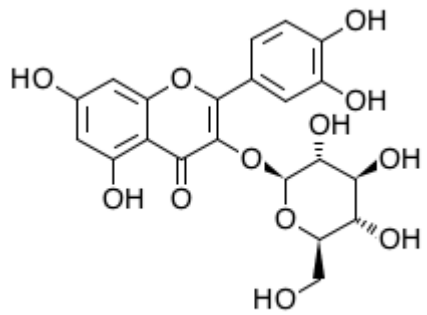
Moláris tömege 448,38 g/mol, asztragalin a hagyományos neve. Először az Astragalus sinicus növényből izolálták. Szerkezetét tekintve a kempferol O-glükozidjáról van szó, azaz a kempferolhoz egy glükóz egység kapcsolódik. Természetesen előforduló flavonoid, sárgás színű. Tripánocid hatású, azaz elpuszítja a Trypanosomatida eredetű egysejtű parazitákat. (h ttps://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:30200; https://www.kegg.jp/entry/C12249)

Luteolin-7-O-glükozid:



Moláris tömege 448,38 g/mol, tudományos nevén 7-O-β-D -glükozil-5,7,3',4'-tetrahidroxi-flavon. Az élő szervezetekben antioxidáns szerepet tölt be, valamint előfordul több növényi szövetben is. Szerkezetét tekintve a luteolin 7-O-glükozidja. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:27994; https://www.kegg.jp/entry/C03951)

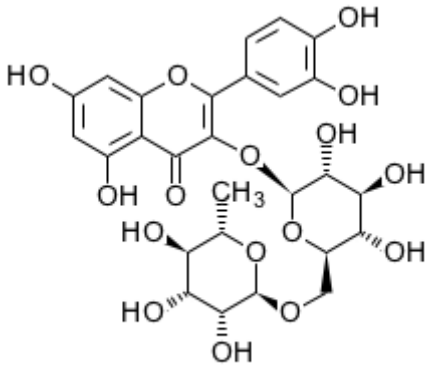
Kvercetin-3-O-glükozid:



C05623

Moláris tömege 464,37 g/mol, más néven izokvercetin. A kvercetin O-glükozidja. Izolálható több féle növényből, többek között a *Mangifera indica*, *Rheum nobile*, *Annona squamosa*, *Camellia sinensis* és további fajtákból. A biológiai szerepei közé tartozik az antioxidáns hatás, hisztamin antagonista, antivirális hatású, valamint csontsűrűség megőrző hatású is. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:68352; https://www.kegg.jp/entry/C05623)

Rutin:



C05625

Moláris tömege 610,52 g/mol, szerkezetileg a kvercetin származéka, a C-3 pozícióban glükóz és ramnóz kapcsolódik hozzá. A rutin egy olyan flavonoid molekula, amely sokféle különböző növényben fellelhető. Biológiai hatásai magukba foglalják az antikoaguláns hatást, antioxidáns hatást, valamint antineoplasztikus hatású is. (https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:28527; https://www.kegg.jp/entry/C05625)

3. Metabolomikai vizsgálatok, kísérleti rész

A kísérlet során a másodlagos metabolitok mennyiségének meghatározásához kvantitatív folyadékkromatográfiával kapcsolt tandem tömegspektrometriás módszerrel (LC-MS/MS).
A mennyiségi meghatározáshoz különböző referencia anyagokból álló keverék volt használva. A standard keverék különböző vegyületcsoportba tartozó anyagokból állt, összesen 45 vegyületet tartalmazott. A vegyületek közé tartoztak benzoesav származékok, fenilpropanoidok, flavonoid-aglikonok, illetve azok O-glikozidjai, kumarinok, lignánok és antrakinon vegyületek C-glikozidjai és észterei. A második standard keverék amely a meghatározáshoz volt használva 6 antrakinon vegyületet tartalmazott. [12]
Ekkora számú vegyület egyidejű meghatározásához, amelyek szerkezetileg hasonlóak, valamint a retenciós idejük is hasonló úgynevezett MRM (Multiple Reaction Mode) módszert használtunk. Az eljárás Orčić és munkatársai (2014.) munkája alapján volt optimalizálva.
A mérésekhez Agilent Technologies 1200 Series folyadákkromatográfot, Agilent Technologies 6410A Triple Quadrupole tandem tömegspektrométerrel kapcsolva használtunk. A készülék elektropermetezéses ionizációs (ESI, Electrospray Ionization) ionforrással rendelkezett. [12]
A kromatográfiás rendszerbe 5 µL ismert koncentrációjú standard volt injektálva, a keverék komponenseinek elválasztását egy Zorbax Eclipse XDB-C18 oszlopon végeztük (Agilent Technologies), amelynek méretei 50mm x 4,6 mm x 1,8 µm, az oszlop hőmérséklete 50ºC, a mozgófázis sebessége 1 mL/min. A mozgófázis összetétele a következő volt az A komponens 0,05% v/v hangyasav, míg a B komponens metanol volt. Graduálisan változtatva a B komponens arányát (*3.1. táblázat*):

3.1. táblázat: A kromatográfiás rendszerben használt B komponens változása a mérések ideje alatt

Idő (perc)	B komponens (%)
0	30
6	70
9	100
12	100

Az elúció teljes ideje 15 perc volt. A kromatográfiával elválasztott vegyületek ionizációja ESI- forrással történt, negatív polaritást használva. A porlasztógáz nyomása 40 psi, míg a

szárítógáz (N_2) 9 L/min áramlási sebességű. valamint 350ºC hőmérsékletű volt, 4 kV kapilláris feszültséggel. Az ion detekció SRM módban (Selected Reaction Monitoring) lett elvégezve, a különböző vegyületekre optimalizált tömegspektrometriás paraméterekre, mint a fragmentor feszültség (V_f) és az ütközési cella feszültsége (V_c). [12]

A vizsgált vegyületekhez tartozó optimalizált paramétereket Orčić és munkatársai (2014.) munkája írja le.[12] A tömegspektrometriás paramétereket a következő táblázat (*3.2. táblázat*) foglalja össze:

3.2. táblázat: A mérések során használt standard oldatok optimalizált paraméterei

Vegyület	m/z prekurzor ion	m/z termékion	V_f (V)	V_c (V)	t_r (perc)
Alizarin	239	210	190	30	5,52
Aloe-emodin	269	240	160	19	5,87
Rein	283	239	90	10	6,56
Dantron	239	211	200	25	7,71
Emodin	269	225	160	25	7,80
Krizofanol	253	225	250	25	8,38
p-Hidroxibenoésav	137	93	80	10	1,08
Fahéjsav	147	103	100	5	3,91
Protokatechusav	153	109	105	9	0,79
Gentizinsav	153	109	100	9	1,03
Umbelliferon	161	133	120	19	1,73
p-Kumársav	163	119	90	9	1,69
o-Kumársav	163	119	100	5	2,62
Vanillinsav	167	108	100	15	1,24
Galluszsav	169	125	90	10	0,58
Eszkuletin	177	133	105	15	1,13
Kávésav	179	135	100	10	1,18
Kininsav	191	85	150	20	0,52
Szkopoletin	191	176	80	8	1,77
Ferulasav	193	134	90	11	1,90
Sziringasav	197	182	90	7	1,31
3,4-Dimetoxifahéjsav	207	103	110	7	2,99
Szinapinsav	223	193	100	17	1,92
Daidzein	253	208	145	31	3,43
Apigenin	296	117	130	25	4,71
Genisztein	269	133	145	32	4,12
Bajkalein	269	269	165	0	5,15
Naringenin	271	151	130	16	3,87
Luteolin	285	133	135	25	4,03

Kempferol	285	285	130	0	4,55
Katechin	289	245	150	10	0,74
Epikatechin	289	245	150	10	0,95
Krizoeriol	299	284	125	20	4,82
Kvercetin	301	151	130	15	3,74
Izoramnetin	315	300	160	21	4,79
Miricetin	317	179	150	20	2,67
5- O- kaffeoil-kínasav (klorogénsav)	353	191	100	10	0,80
Matairezinol	357	122	130	24	3,66
Szekoizolaricirezinol	361	165	130	26	2,90
Apigenin-7-O-glükozid	431	268	135	41	2,81
Vitexin	431	311	200	22	1,90
Bajkalin	445	269	140	22	3,40
Kaempferol-3-O-glükozid	447	284	190	30	2,80
Luteolin-7-O-glükozid	447	285	230	30	2,13
Kvercitin	447	300	190	27	2,75
Epigallokatechin-gallát	457	169	165	16	0,81
Hiperozid	463	300	200	30	2,16
Kvercetin-3-O-glükozid	463	300	210	30	2,25
Amentoflavon	537	375	220	35	5,78
Apiin	563	269	250	36	2,60
Rutin	609	300	135	42	2,33

A standard oldatok elkészítése: A fenolos vegyületek törzsoldatának elkészítéséhez, 10mg/mL koncentrációhoz, a kimért fenolos vegyületeket DMSO-ban (dimetil-szulfoxid) oldottuk fel. Az így kapott törzsoldatokból metanol:víz 1:1 arányú hígításával 100 µg/mL koncentrációs standard keveréket állítottunk elő. Ezt tovább hígítottuk metanol:víz 1:1 arányú eleggyel először 25 µg/mL koncentrációra, majd ez után 1:1 arányú sorozatos hígítással 15 különböző koncentrációjú standard keveréket készítettünk. Az így kapott standard sorozat 1,56 ng/mL koncentrációtól 25000 ng/mL koncentrációs tartományba esett. [12]

A minták előkészítése a mennyiségi analízishez: A kivonatok 100 mg/mL illetve 200 mg/mL koncentrációról, metanol:víz (1:1) eleggyel 2 mg/mL, illetve 1 mg/mL koncentrációra voltak hígítva. Összesen 241 minta analízise volt elvégezve, öt mérési sorozatban. [12]

Az eredmények feldolgozása: A kromatogramon megjelenő csúcsokat a MassHunter-Qualitative analysis, B.03.01 (Agilent Technologies) szoftver segítségével olvastuk le, illetve

határoztuk meg a területüket. Az Origin 8.0 szofter segítségével, az eredeti módszerleírásban megadott f(log C) = log P összefüggés alapján, felállítottuk a kalibrációs görbét, amelyhez a 15 különböző koncentrációjú standard oldatokat használtuk. A kapott kalibrációs görbék alapján meghatároztuk a vizsgált vegyületek mennyiségét a mintákból származó kivonatokban. Az eredményeket a szárított kivonat egy grammjára vonatkoztatott tömegben fejeztük ki, azaz mg/g száraz kivonat mennyiségben. [12]

4. Az eredmények összegzése és elemzése

A kutatás elsődleges célja kettő különböző paradicsomfajta, a Gružanski zlatni, illetve a Narvik paradicsomfajták kiválasztott másodlagos metabolit-tartalmának összehasonlítása volt. A termesztési körülmények hatását, konvencionális fóliasátras termesztés és organikus kerti termesztés, valamint a *Trichoderma harzianum* (T4) gombafajjal történő kezelések hatását.

A mérésekkel meghatároztuk a mintákban szereplő fenolos vegyületek és szerves savak mennyiségét, majd ezeket az adatokat hasonlítottuk később össze. A kutatás során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a *Trichoderma* kezelések hatással vannak-e a másodlagos metabolitok mennyiségére a termésben, azaz, hogy hatással van-e a kezelés a termések minőségére.

A mérésekhez több biológiai mintát használtunk, és a következő felosztás szerint végeztük a csoportosítást (*4.1. táblázat*):

4.1. táblázat: A kísérlet során vizsgált csoportok felosztása

	Paradicsomfajta	Kezelés (T4) vagy kontroll (K)	Termesztési körülmények
1. csoport	Gružanski zlatni (GZ)	K	konvencionális
2. csoport	Gružanski zlatni (GZ)	K	organikus
3. csoport	Gružanski zlatni (GZ)	T4	konvencionális
4. csoport	Gružanski zlatni (GZ)	T4	organikus
5. csoport	Narvik (N)	K	konvencionális
6. csoport	Narvik (N)	K	organikus
7. csoport	Narvik (N)	T4	konvencionális
8. csoport	Narvik (N)	T4	organikus

Ez a felosztás lehetővé tette, hogy három tényező hatását hasonlítsuk össze a mérések során, ezek pedig a genotípus jellemzők, azaz a paradicsomok fajta beli különnbségei, a kezelések hatása, ahol a kontroll csoport nem volt Trichoderma gombákkal kezelve, a T4 csoport pedig Trichoderma harzianum kezelést kapott, úgynevezett “root dip” eljárással. A harmadik tényező pedig a termesztési körülmény volt, ahol egyes paradicsomok hagyományos,

fóliasátras eljárással voltak termesztve, míg a másik csoport organikus kerti körülmények között.

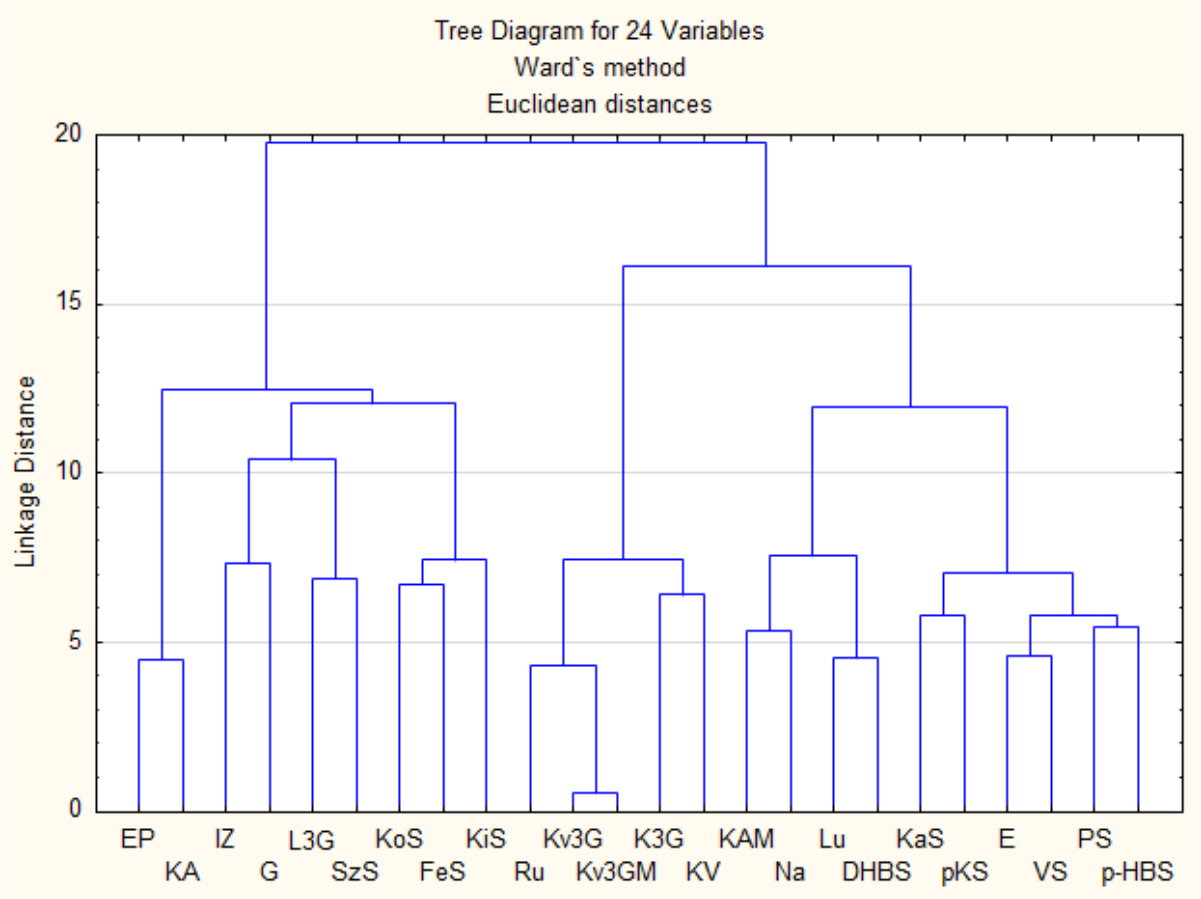
A kapott adatok elemzéséhez Origin és STATISTICA szoftvereket alkalmaztunk. Az elemzés során a következő rövidítéseket alkalmaztuk a metabolitok neveihez (*4.2. táblázat*):

4.2. táblázat: Az elemzések során alkalmazott rövidítések

p-hidroxi-benzoesav	p-HBS
Protokatechusav	PS
2,5-Dihidroxi-benzoesav	DHBS
p-Kumársav	pKS
Vanillinsav	VS
Eszkuletin	E
Kávésav	KaS
Kininsav	KiS
Ferulasav	FeS
Szinapinsav	SzS
Genisztein	G
Naringenin	Na
Luteolin	Lu
Kempferol	Kam
Katechin	KA
Epikatechin	EP
Kvercetin	Kv
Izoramnetin	IZ
Klorogénsav	KoS
Kempferol-3-O-glükozid	K3G
Luteolin-3-O-glükozid	L3G
Kvercetin-3-O-glükozid (magasság)	Kv3GM
Kvercetin-3-O-glükozid	Kv3G
Rutin	Ru

Elvégeztünk egy hierarchikus klaszter analízist a vizsgált metabolitokkal, amelyet a következő *4.1. ábrá*n lehet látni. Ez a fajta vizsgálat a másodlagos anyagcsere termékeket az alapján csoportosítja, hogy azok egymás között mekkora hasonlóságot mutatnak a vizsgált mintákban. Ez azt jelenti, ha egy adott mintában az egyik metabolit mennyisége csökken, vagy növekszik, mely metabolitok mutatják még ugyanazt a tendenciát a vizsgált paradicsom mintákban. Az ábrán az alacsonyabb ágak nagyobb hasonlóságot jelentenek az adott metabolitok között, míg a hosszabbak kisebb hasonlóságot. A Ward metódus, amelyet az

eredmények elemzéséhez alkalmaztunk azokat a változókat (metabolitokat) csoportosítja, amelyek a legkisebb különbségeket mutatják egymás között.

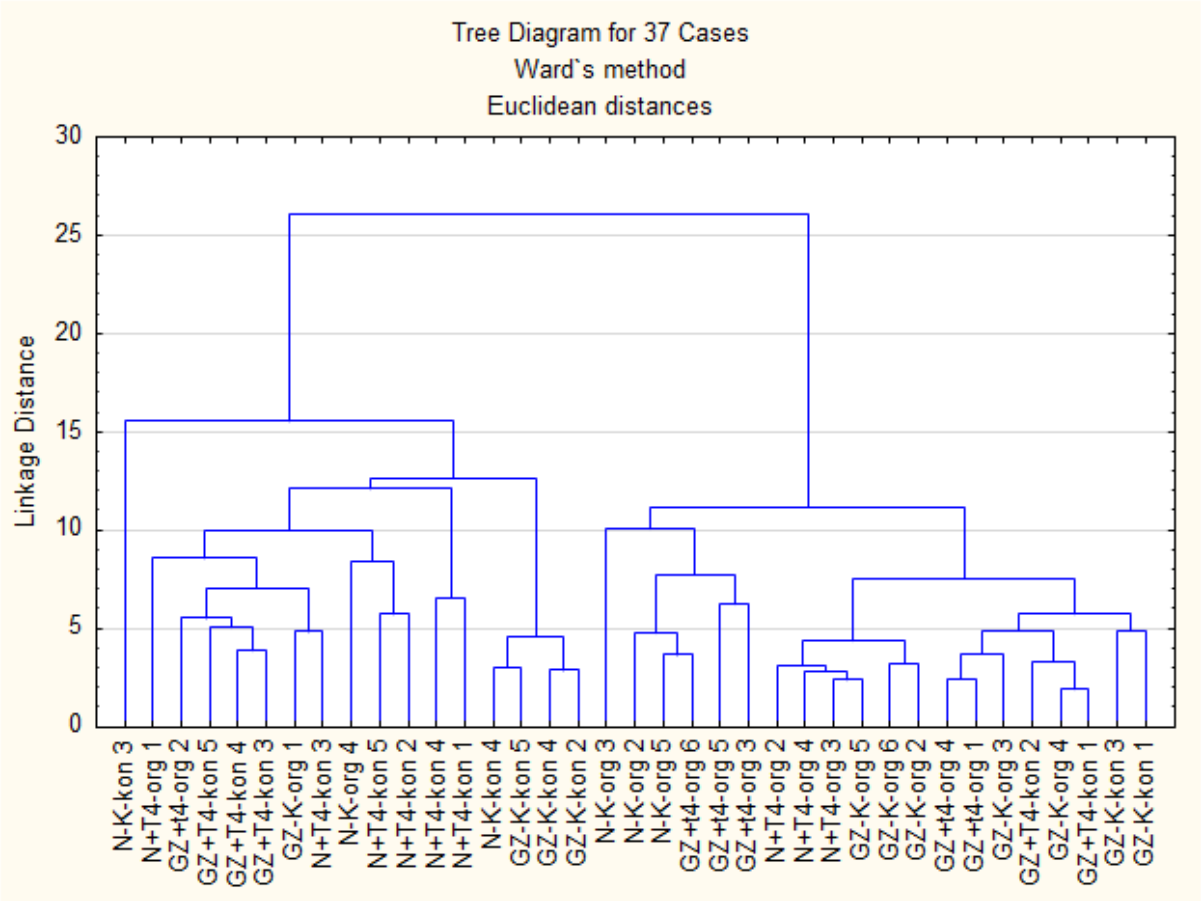


4.1. ábra: Hierarchikus klaszteranalízis a vizsgált másodlagos metabolitokról

A *4.1. ábra* jobb oldali klaszterében a fenolos savak csoportosulnak, a következő ág jobb oldalról a flavonol vegyületeket tartalmazza. Míg az ábra bal oldalán az elkülönülés kevésbé nyilvánvaló. A jobb oldali elkülönülést, ahova a p-hidroxi-benzoesav, protokatechusav, vanillinsav, eszkuletin, kávésav, p-kumársav csoportosult, valószínűsíthetőleg az okozza, hogy hasonló metabolikus útvoonalakat követ a bioszintézisük.

A következő ábrán (*4.2. ábra*) hasonló klaszter diagramot láthatunk, ahol a vizsgált mintákat elemzetük ezzel a módszerrel. Ezen az ábrán a minták egyértelműbb csoportosulása látható. Kettő nagyobb klaszter jelenik meg az ábrán, amelyek közül a baloldali klaszterbe 17 minta tartozik, a jobboldali klaszterbe pedig 20. A baloldali található 17 minta közül 13 konvencionális körülmények között termesztett, a jobb oldalon látható 20 minta közül pedig 16 minta organikus körülmények között termesztett paradicsom volt. Ez alapján azt állapíthatjuk meg, hogy a minták elsősorban a termesztési körülmények hatására különülnek

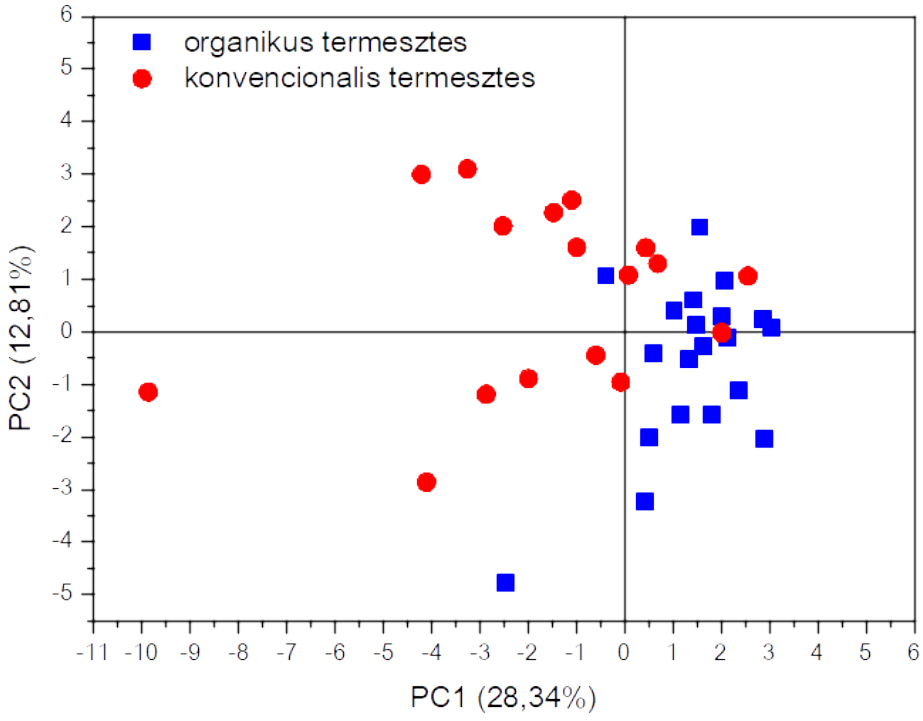
el, ebből az valószínűsíthető, hogy a termesztési viszonyok a domináns faktor a vizsgáltak közül, amely befolyásolja a metabolitok mennyiségét a termésekben. Valamint ez alapján arra következtethetünk, hogy a *Trichoderma* kezelések hatása nem jelentős a vizsgált körülmények között.



4.2. ábra: Hierarchikus klaszteranalízis a paradicsomokból vett minták alapján

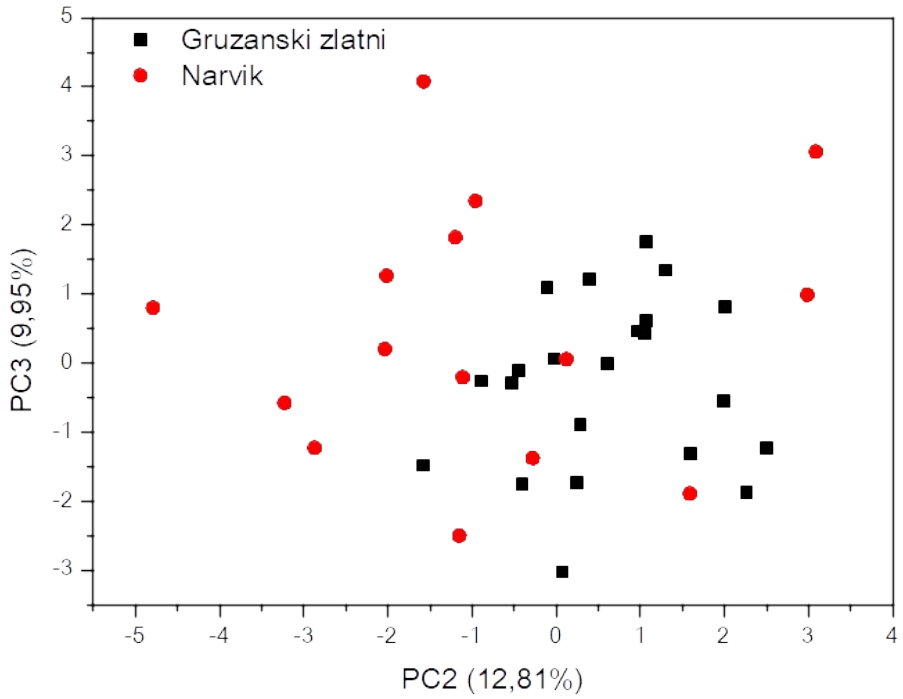
A következő ábra (*4.3. ábra*) a minták pontábráját mutatja be az első, illetve a második főkomponens mentén. Azok a minták amelyek a PC1 (28,34%) tengely mentén a negatív irányban vannak azoknak nagyobb a másodlagos metabolit mennyisége. Az ábrán láthatjuk, hogy a minták részlegesen elkülönülnek. Az ábra bal oldalán elkülönülnek a konvencionális termesztési körülmények között termesztett paradicsom minták, valamint ezek a minták egymás között is jobban elterülnek az ábrán, ebből arra következtethetünk, hogy a minták egymás között is különböznek. Az organikus körülmények között termesztett minták a grafikon jobb oldalán terülnek el és jobban csoportosulnak, amelyből arra következtethetünk,

hogy a minták uniformabbak, és arányaikban nézve alacsonyabb a másodlagos metabolitjaik mennyisége.



4.3. ábra: PCA analízis a konvencionális és organikus termesztési körülmények alapján

A soron következő ábra (*4.4. ábra*) a PC2 (12,81%) és PC3 (9,95%) tengely pontábrája, az arra utal hogy az eredmények csoportosulása paradicsomfajták alapján történik. A Gružanski zlatni paradicsom fajtából származó minták a grafikonon kevésbé szóródnak szét, így ezek nyilván kisebb genotípusi varianciát mutatnak, a minták között nagyobb hasonlóság van. A Narvik paradicsom fajta mintái jobban szétszóródnak a grafikonon, ebből arra következtethetünk, hogy a minták egymás között jobban különböznek. A két paradicsom fajta között jelentős átfedés van, kevésbé nyilvánvaló az elkülönülés, ez arra utal, hogy a genotípusi jellemzők kevésbé jelentős tényezők a minták között.



4.4. ábra: PC2 (12,81%) és PC3(9,95%) pontábrája a genotípusi jellemzők alapján

A *Trichoderma* kezelések hatása nem mutatott statisztikailag szignifikáns eredményeket a vizsgált körülmények között. Végül arra következtethetünk, hogy a domináns tényezők a másodlagos metabolitok mennyisége szempontjából a termesztési körülmények voltak, majd ezt követően a paradicsomok genotípusi jellemzői, végül a *Trichoderma* kezelések hatása, amely nem mutatott szignifikáns hatást, ami nem jelez minőségbeli romlást, ahogyan javulást sem.

A továbbiakban a vizsgált metabolitok elhelyezése az anyagcsere útvonalakon sokat segíthet annak megértésében, hogy milyen egyéb tényezők hatnak ki a mennyiségükre, illetve, hogy mely metabolitok követik ugyanazokat a biokémiai útvonalakat. Ez a jellegű szemlélet segíthetne jobban megérteni a másodlagos metabolitok felhalmozódását a termésekben, valamint a növények válaszreakcióit a különböző külső stresszhatásokra. Ehhez a kutatáshoz szükséges lehet egyes enzimek, illetve gének expressziójának megfigyelésére.

5. Összefoglalás

A kutatásunk eredményei alapján azt valószínűsíthetjük, hogy a vizsgált fenolos vegyületek mennyiségére a paradicsomokban a termesztési körülmények voltak hatással. A hierarchikus klaszteranalízis is azt erősítette meg, hogy a termesztési körülmények hatása a termések metabolit profiljára hatással lehet, hiszen kettő fő csoportosulást figyelhetünk meg, amelyek a termesztési körülményeknek felelnek meg.

A paradicsomok fajta beli különbségei kisebb kihatással voltak a másodlagos metabolitok mennyiségére a termésekben. Ebben az esetben csak részleges elkülönülést figyelhettünk meg a vizsgált mintákban. A hierarchikus klaszteranalízis metabolitok szerinti csoportosítása arra mutatott rá, hogy az egyszerű fenolos savak, mint a p-hidroxi-benzoesav, vanillinsav, kávésav, protokatechusav egy klaszterbe tartoznak, ami alapján arra következtethetünk, hogy ezek a fenolos savak ugyanazokat a biokémiai, metabolikus útvonalakat követik, és együttesen halmozódnak fel a termésben, hasonló csoportosulást figyelhettünk meg a kempferol, luteolin, naringenin, 2,5-dihidroxi-benzoesav esetében is. Ezek a csoportosulások valószínűsíthetően a megegyező anyagcsere útvonalaknak tudhatóak be.

A kísérlet során kapott eredmények jó alapot adnak további vizsgálatokhoz. A termesztési szempontból az eredmények adhatnak egy képet arról, hogy milyen tényezők hogyan befolyásolhatják a termés minőségét, azaz, hogy például a termesztési körülmények melyik irányba tolhatják el a másodlagos metabolitok bioszintézisét, valamint, hogy egyes fajták genotípusi jellemzői hogyan befolyásolják a vizsgált metabolitok mennyiségét.

A fenntarthatóság szempontjából a Trichoderma biokontroll használata nagy potenciált hordoz magában, míg a termesztők szempontjából ez azért fontos, hogy a terméshozam mennyisége és minősége vagy változatlan, vagy jobb legyen. Ez még további kutatásokat igényelhet, de az eddigi eredmények elég bíztatóak.

A kísérlet során alkotott konklúzióknak vannak határai, mint például az alacsony mintaszám, hogy a kísérlet során vannak tényezők, amelyekre nincs hatásunk, mint például az időjárási tényezők, a talajminőség, illetve még sok más. Hogy ezeket a tényezőket eliminálhassuk a továbbiakban szükséges lenne jelentősen nagyobb mintaszámmal dolgozni, a termőtalaj minőségi vizsgálata, különböző térségekben megfigyelni a *Trichoderma* kezelések hatását, több különböző évi terméseket megfigyelni, hogy az éves időjárási változások hatását is ki tudjuk zárni. Ezen kívül a további kutatások során nagyobb hangsúlyt kellene fektetni a termések antioxidáns kapacitásának vizsgálatára, megfigyelni a terméshozam változását a kezelések hatására, illetve akár íz-minőségi elemzéseket is végezni.

Legvégül azt jelenthetjük ki, hogy a kísérlet során kapott eredmények jó alapot adnak további vizsgálatok elvégzéséhez.

Felhasznált irodalom

1. Rodrigues, M. H. P., & Furlong, E. B. (2022). Fungal diseases and natural defense mechanisms of tomatoes (Solanum lycopersicum): A review. In *Physiol Mol Plant Pathol* (Vol. 122). Academic Press. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2022.101906
2. Moreno, C. A., Castillo, F., González, A., Bernal, D., Jaimes, Y., Chaparro, M., González, C., Rodriguez, F., Restrepo, S., & Cotes, A. M. (2009). Biological and molecular characterization of the response of tomato plants treated with Trichoderma koningiopsis. *Physiol Mol Plant Pathol*, *74*(2), 111–120. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2009.10.001
3. Herrera-Téllez, V. I., Cruz-Olmedo, A. K., Plasencia, J., Gavilanes-Ruíz, M., Arce-Cervantes, O., Hernández-León, S., & Saucedo-García, M. (2019). The protective effect of trichoderma asperellum on tomato plants against fusarium oxysporum and botrytis cinerea diseases involves inhibition of reactive oxygen species production. *Int J Mol Sci*, *20*(8). https://doi.org/10.3390/ijms20082007
4. Nzanza, B., Marais, D., & Soundy, P. (2012). Yield and nutrient content of tomato (Solanum lycopersicum L.) as influenced by Trichoderma harzianum and Glomus mosseae inoculation. *Sci Hortic*, *144*, 55–59. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.06.005
5. Vukelić, I. D., Prokić, L. T., Racić, G. M., Pešić, M. B., Bojović, M. M., Sierka, E. M., Kalaji, H. M., & Panković, D. M. (2021). Effects of trichoderma harzianum on photosynthetic characteristics and fruit quality of tomato plants. *Int J Mol Sci*, *22*(13). https://doi.org/10.3390/ijms22136961
6. Imran, M., Abo-Elyousr, K. A. M., El-Sharnouby, M. E., Ali, E. F., Sallam, N. M. A., Bagy, H. M. M. K., & Abdel-Rahim, I. R. (2023). Biocontrol Potential of Trichoderma harzianum and Zinc Nanoparticles to Mitigate Gray Mold Disease of Tomato. *Gesunde Pflanzen*, *75*(1), 151–163. https://doi.org/10.1007/s10343-022-00686-3
7. Zhao, J., Liu, T., Zhang, D., Wu, H., Zhang, T., & Dong, D. (2021). Biocontrol Potential of Trichoderma afroharzianum TM24 Against Grey Mould on Tomato Plants. *Curr Microbiol*, *78*(12), 4115–4126. https://doi.org/10.1007/s00284-021-02671-x

8. Małolepsza, U., Nawrocka, J., & Szczech, M. (2017). Trichoderma virens 106 inoculation stimulates defence enzyme activities and enhances phenolic levels in tomato plants leading to lowered Rhizoctonia solani infection. *Biocontrol Sci Technol*, *27*(2), 180–199. https://doi.org/10.1080/09583157.2016.1264570
9. Yan, Y., Mao, Q., Wang, Y., Zhao, J., Fu, Y., Yang, Z., Peng, X., Zhang, M., Bai, B., Liu, A., Chen, S., & Ahammed, G. J. (2021). Trichoderma harzianum induces resistance to root-knot nematodes by increasing secondary metabolite synthesis and defense-related enzyme activity in Solanum lycopersicum L. *Biological Control*, *158*. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104609
10. Morán-Diez, M. E., Tranque, E., Bettiol, W., Monte, E., & Hermosa, R. (2020). Differential response of tomato plants to the application of three trichoderma species when evaluating the control of pseudomonas syringae populations. *Plants*, *9*(5). https://doi.org/10.3390/plants9050626
11. Salas-Marina, M. A., Isordia-Jasso, M. I., Islas-Osuna, M. A., Delgado-Sánchez, P., Jiménez-Bremont, J. F., Rodríguez-Kessler, M., Rosales-Saavedra, M. T., Herrera-Estrella, A., & Casas-Flores, S. (2015). The Epl1 and Sm1 proteins from Trichoderma atroviride and Trichoderma virens differentially modulate systemic disease resistance against different life style pathogens in Solanum lycopersicum. *Front Plant Sci*, *6*(FEB). https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00077
12. Orcic, D., Franciškovic, M., Bekvalac, K., Svircev, E., Beara, I., Lesjak, M., & Mimica-Dukic, N. (2014). Quantitative determination of plant phenolics in Urtica dioica extracts by high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometric detection. *Food Chem*, *143*, 48–53. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.097

Internetes források és linkek:

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:30763

https://www.kegg.jp/entry/C00156

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:36062

https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/72

https://www.kegg.jp/entry/C0023

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17189

https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3469

https://www.kegg.jp/entry/C00628

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:32374

https://www.kegg.jp/entry/C00811

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:30816

https://www.kegg.jp/entry/C06672

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:490095

https://www.kegg.jp/entry/C09263

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:16433

https://www.kegg.jp/entry/C01197

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17521

https://www.kegg.jp/entry/C00296

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17620

https://www.kegg.jp/entry/C01494

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:15714

https://www.kegg.jp/entry/C00482

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:28088

https://www.kegg.jp/entry/C06563

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:17846

https://www.kegg.jp/entry/C00509

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:15864

https://www.kegg.jp/entry/C01514

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:28499

https://www.kegg.jp/entry/C05903

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:15600

https://www.kegg.jp/entry/C06562

https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/72276#section=GHS-Classification

https://www.kegg.jp/entry/C09727

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:16243

https://www.kegg.jp/entry/C00389

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:6052

https://www.genome.jp/dbget-bin/www_bget?cpd:C10084

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:16112

https://www.kegg.jp/entry/C00852

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:30200

https://www.kegg.jp/entry/C12249

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:27994

https://www.kegg.jp/entry/C03951

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:68352

https://www.kegg.jp/entry/C05623

https://www.ebi.ac.uk/chebi/CHEBI:28527

https://www.kegg.jp/entry/C05625