

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem
Természettudományi Kar

37. OTDK Biológia Szekció

Ehető növényi csírák és mikrozöldek antioxidáns kapacitásának és összetételének vizsgálata különböző biomagokból

Témavezető:

Dr. B. Tóth Szabolcs

docens

Készítette:

Róde Lea

Kémia BSc szak III. évfolyam

Eger

2024

Tartalomjegyzék

Bevezetés, célkitűzések	2
Irodalmi áttekintés	3
Csíráztatás története	3
Csírák és mikrozöldek	3
Valójában mit is nevezhetünk csírának és mikrozöldeknek?	3
Csíráztatás folyamata	4
Csíráztatás során is felmerült furcsaságok	5
Penész vagy gyökérszőr?	5
Penészedést kiváltó leggyakoribb okok:	6
Mikrozöldek termesztése.....	7
Lehetséges hibák a termesztés során	7
Mikrozöldek és csírák tárolása	7
Szabadgyökök és antioxidánsok.....	8
Antioxidánsok csoportosítása.....	8
Antioxidáns vegyületek.....	9
C-vitamin (L-aszkorbinsav)	9
E-vitamin (tokoferol).....	9
Karotinoidok és az A-vitamin (retinol)	9
Polifenolos vegyületek	10
Flavonoidok.....	10
Antocianinok	10
Rezveratrol	10
Kísérleti rész.....	11
Csíráztatási folyamatok	11
Mikrozöldek termesztésének optimalizálása.....	12
Antioxidáns kapacitás mérésének optimalizálása	14
Mintaelőkészítés.....	14
Mérési módszerek	14
DPPH-módszer, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás mérés	14
FRAP-módszer , Vasredukálóképességen alapuló módszer -FRAP-(Ferric Reducing Ability of Plasma).....	15
Polifenol tartalmának meghatározása fotometriásan Folin Ciocalteus módszerével	16
Antocianin és polifenol vizsgálati módszer, mintaelőkészítés	16
GCMS mérési paraméterek:	17
Eredmények, kiértékelés	18
Különböző érettségi állapotok különbsége FRAP módszerrel	26
Összpolifenol tartalom meghatározása.....	27
Különböző mikrozöldek összehasonlítása	28
Különböző mikrozöldek antioxidáns kapacitásának mérése FRAP módszerrel	29
GCMS vizsgálatok eredményei.....	30
GCMS analízissel azonosított vegyületek.....	34
Összefoglalás.....	36
Köszönetnyilvánítás	37
Nyilatkozat	37
Irodalomjegyzék, felhasznált irodalom	37

Bevezetés, célkitűzések

Manapság egyre inkább hangsúlyozzák az egészséges táplálkozás fontosságát. Legyen szó tudományos cikkekről, televízióról, különböző internetes platformokról, sőt a közösségi médiában is egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a különbnél külön egészség megőrző praktikákról. Ennek köszönhetően egyre többen szeretnék egészségesen élni, ám többségük nem mindig a megfelelő utat választja. A jelenlegi fejlett világnak köszönhetően, akár internetes webshopokon, akár különböző bevásárló központokban, sőt kifejezetten erre specializálódott üzletekben is számtalan fogyasztó, karcsúsító, méregtelenítő hatású, minden mentes, egészségesnek vélt készítményeket lehet kapni. Azonban hazánk megfelelő zöldség- és gyümölcsfogyasztása a többi európai országhoz viszonyítva jelenleg jóval alacsonyabb. Ugyanakkor számtalan kutatás eredményezte, hogy a friss zöldség és gyümölcs fogyasztása elegendő lenne a napi vitamin, ásványi anyagok, valamint nyomelemek bevitelére.

Különösen a téli időszakban, elengedhetetlen a megfelelő vitaminpótlás. Az ehető növényi csírák, valamint a mikrozöldek kitűnő antioxidánsforrásként szolgálhatnak számunkra. Külföldön már ezen bionövények a reneszánszukat élik, de az utóbbi időben hazánkban is egyre kedveltebbé váltak. A megfelelő csíráztatási folyamatokat betartva a biocsírák, valamint a mikrozöldek otthon is könnyen elkészíthetők bárki számára.

A csírák fogyasztása igazán csak néhány évtizede terjedt el és robbant be a köztudatba. Fogyasztásuk különösen hasznos szerepet tölt be szervezetünk számára, hiszen a rendkívül nagy antioxidáns tartalmuknak köszönhetően az egészséges élelmiszerek közé tartoznak. Hazánkban is egyre elterjedtebbé váltak a gyógyászatban a természetes alapú készítmények fogyasztása, valamint a különböző betegségek kezelésére alkalmazott természetes gyógymódok, így a csírák és mikrozöldek fogyasztása is.

Célkitűzéseim közé tartozik a különböző, egészséges táplálkozásban szereplő és hétköznapi életben hozzáférhető magokból nevelt ehető növényi csírák, valamint mikrozöldek antioxidáns kapacitásának összehasonlítása különböző módszerekkel, illetve a csírákat és mikrozöldeket alkotó antioxidáns és egyéb, jótékony hatású vegyületek azonosítása GCMS módszerrel, valamint a vegyületek minőségi és mennyiségi összehasonlítása a csírákban és a mikrozöldekben.

Irodalmi áttekintés

A pályamunka során nem használtam és alkalmaztam a ChatGPT segítségét.

A pályamunkában látható fényképek saját készítésű képek, a vizsgálatok során készültek.

Csíráztatás története

A mag ősidők óta a halál és újjászületés jelképeként szolgál a művészetben. A világ bármely országának a kultúrájában felfedezhető. Legyen szó festményekről vagy írásos feljegyzésekről, szinte minden kultúra művészetében fellelhető a megpattanó maghéjból kicsírázó növény életre kelése. Már az ókorban is felismerték, hogy az aprócska növényi magból napfény és nedvesség hatására növények fejlődnek. Írásos feljegyzések alapján a csíráztatásnak fontos és meghatározó szerepe volt minden korszakban. Legendák szerint Kínát tartják a csíráztatás őshazájának. Az időszámításunk előtti korszakból ránk maradt feljegyzésekből kiderül, hogy több kínai császár is tanulmányozta és írásba foglalta a növényeket orvostani szempontból. A növényi csírákat kis dózisban adagolható orvosságnak tekintették. Akkoriban a babcsírárt különböző ízületi fájdalmak és bőrbetegségek enyhítésére alkalmazták.

Csírák és mikrozöldek

Manapság nemcsak az áruházak zöldség-és gyümölcs osztály polcain találkozhatunk ehető növényi csírákkal és mikrozöldekkel, hanem egyre több hobbikertész is belefog ezen kicsi növények termesztésébe otthon, a négy fal között. Magyarországon a szomszédos országokhoz képest a csírák és mikrozöldek fogyasztása és termesztése még gyerekcipőben jár, de egyre többeket foglalkoztat a téma.

Valójában mit is nevezhetünk csírának és mikrozöldeknek?

A friss fűszernövényként is alkalmas csírák és mikrozöldek egész évben termesztethetők, megannyi vitamint, ásványi anyagokat és nyomelemeket tartalmaznak. A friss energiakötegek ízletes és egészséges kiegészítői lehetnek a finom ételeknek, különösen a hideg időszakban. Nagy antioxidáns kapacitásának köszönhetően nemcsak az immunrendszer erősítésére alkalmazzák, hanem a gasztronómiában is egyre elterjedtebbé váltak, mint díszítő elemek.

De mi is a különbség a csírák és mikrozöldek között?

A csírák olyan magról nőtt, gyorsan és egyszerűen növekedett zsenge hajtások, melyeket a kialakult szárral, levelekkel, valamint a meglévő gyökerekkel együtt fogyasztják. A csírák és mikrozöldek közötti különbség a növény termesztésében, fejlődési idejében és a fogyasztott részben van. A mikrozöldeknek a gyökér feletti részét fogyasztjuk csak, elválasztva

azt a gyökér résztől. Termesztésben ha a csírákat hagyjuk még pár napig fejlődni, akkor eljutunk a mikrozöld kifejtett állapotáig. A csírák sokkal kisebbek 2,5-5 cm körüli nagyságúak, zsebébbek, míg a mikrozöldek nagyobbak 7-15 cm körüliek, erősebbek, valamint erőteljesebb színvilágot képviselnek. A csírák és a mikrozöldek egyaránt 100%-os frissességet, ízt és vitaminokat biztosítanak a közvetlen szüretelésnek és felhasználásnak köszönhetően.



1. kép Csíra



2. kép: Mikrozöld

Csíráztatás folyamata

A csírák és mikrozöldek között nem csak a nagyságukban rejlik a különbség, hanem a termesztésük is különböző. Mindkettő magról hajt ki nedvesség hatására. Azonban míg a mikrozöldeknek földre, vagy valami olyan közegre van szükségük, ahol a kialakuló gyökérük meg tud kapaszkodni, a csíráknak egy egyszerű üveg edény is elegendő. Erre a kapaszkodó közegre alkalmasak lehetnek a különböző rostfélék, mint például a kenderrost, kókuszrost, de akár egy egyszerű közetgyapot is megfelel.

A sikeres csíráztatásnak is van néhány fontos alappillére. Először is kiemelendő, hogy a vegyszerrel kezelt, azaz csávázott magvak csíráztatása étkezésre szigorúan tilos! Szinte bármilyen kezeletlen, vegyszermentes, biomagból tudunk friss, ízletes és nagyon egészséges, étkezésre alkalmas növényi csírákat nevelni. Legyen szó gabonafélékről, olajos magvakról, hüvelyesekről vagy akár zöldségfélékről. Az eredményes csíráztatáshoz tehát legfőképpen minőségi biomagvakra és elegendő mennyiségű tiszta vízre van szükség. A csíráztatni kívánt magokat körülbelül 6-12 órán át, illetve a csomagolás címkéjének megfelelően áztatjuk.

Kiemelendő, hogy az áztatási idő is és a fejlődési idő is eltérhet a különböző típusú magok között. Miután a magvak kellőképpen megduzzadnak, leöntjük róluk az áztató vizet, leöblítjük és hagyjuk lecsöpögni 45 fokos szögben. A csírák és mikrozöldek közötti jelentős különbség, hogy a csíráztatási folyamathoz fény nem szükséges, ezért nyugodtan hagyjuk fénytől elzárt helyen őket, hiszen gyakorlatilag a földben elvetett vetőmagok is sötétből bújnak ki a napfényre. A csírákat magtól függően általában elegendő napi kétszer langyos vízzel leöblíteni majd szintén 45 fokos szögben hagyjuk lecsöpögni.



3. kép: Csíráztatás speciális csíráztató edényben

Csíráztatás során is felmerült furcsaságok

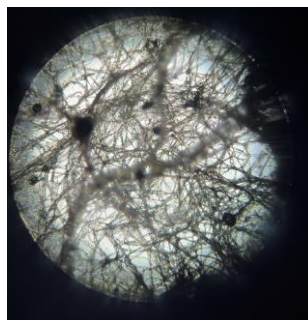
Mint mindennél, a csíráztatásnál is előfordulhatnak nem várt akadályok. Előfordulhat, hogy a lelkes, de a még nem elegendő tapasztalattal rendelkező csíráztatók számára nem sikerül, friss és egészséges, fogyasztásra alkalmas csírárt, illetve mikrozöldet nevelni. Ennek számos oka lehet, hiszen a természet, a biológia és a kémia mindig minden körülmények között tudja a „dolgát”.

Penész vagy gyökérszőr?

Nagy lelkesedéssel vetjük bele magunkat a csíráztatásba, majd egyszer csak arra leszünk figyelmesek, hogy apró fehér pamacsok jelennek meg a növényen ami, akár az egész növényt is beszőheti. Laikusok számára elsőre ez ijesztő lehet, hiszen jogosan gondolhatják azt, hogy máris az elején elrontottak valamit. A több tapasztalattal rendelkezők számára ez akár minden napos eset is lehet, hiszen számukra ez már nem újdonság. Ugyanis egyes csíráknál, mint például a retek csíránál, miután a mag jól megduzzadt a víztől, elkezd szétrepedni és elkezd kibújni a magból a szára, majd további nedvesség hatására elkezdenek megjelenni a gyökérszőrök is. Ezek a fehér színű kis pamacsok természetes részét képezik a növénynek és teljesen ártalmatlanok, a penészgombával ellentétben. Helyesen gondozott csíráknál a penész nem fordulhat elő, bár könnyen megeshet, hogy valamit elrontunk.



4. kép: Gyökérszőrök



5. kép: Penész

Penészedést kiváltó leggyakoribb okok:

Túlöntözés, nem megfelelő hőmérséklet, rossz minőségű magok, sűrű vetés, helytelen tárolás, nem megfelelő tisztaság

Nyálkásodásra hajlamos magok

A nyálkásodás is olyan ijesztő lehet elsőre, mint a gyökérszőrök kialakulása. A beáztatott magok egy idő után elkezdenek bekocsonyásodni. Ez a kocsonyás anyag egy kolloid anyag, amely túlnyomórészt fehérjékből és poliszacharidokból áll. Ez a kocsonyás rész egy fajta védelmi szerepet tölt be a növény életében, hiszen a kiszáradástól óvja.



6. kép: Kocsonyás, nyálkás természetes anyag a mag körül (rukkola)

Rajta maradt maghéjak

Egyes magtípusoknál a kész csírán, illetve mikrozölden ott maradhat a fekete, illetve barnás színű mag maradvány is. Sokak számára ez bizarr lehet, de ez is egy teljesen normális jelenség, főleg a hagymaféléknél maradhat pici, fekete maghép.



7. kép: Magház a hagyma mikrozölden

Mikrozöldek termesztése

A mikrozöldek azon piciny, fiatal növények, melyek csírázás után fejlődnek tovább. A csírákhoz képest ezeknek szükségük van, valamilyen ültető, közegre is, ami lehet kókuszrost, kenderrost, föld, vagy valamilyen olyan közeg, amelybe a növény gyökere meg tud kapaszkodni. Első lépésként, ha nem földet használunk, akkor az ültető közegként használt, megnedvesített rostot helyezünk a tálcára, majd a kiválasztott magot szórjuk szét a rost felületén. Ezután takarjuk le őket, hiszen a csíráztatáshoz nem szükséges a fény. Napi kétszer permetezzük vízzel a fejlődő növénykéket. Miután a csírák előbújnak, helyezük a tálcát olyan helyre, ahol a fény éri, hiszen a nap fénye elengedhetetlen a további fejlődéshez. Miután eléri a végleges nagyságukat, olló segítségével vágjuk le őket, majd egy alapos öblítés után frissen el is fogyaszthatjuk. A teljes fejlődési szakasz, amely a különböző magoknál eltérő lehet, körülbelül 7-21 napig tart.



8. kép: Mikrozöld kőzetgyapoton

Lehetséges hibák a termesztés során

Mikrozöldek megnyúlása, mikrozöldek elfekvése, mikrozöldek fura szaga, sokkhatás

Mikrozöldek és csírák tárolása

Mint minden élelmiszer, péksütemény, készétel, így a mikrozöldek is és a csírák is frissen fogyasztva a legfinomabbak. Különösen a téli időszakban van nagy szükségünk a vitaminforrásra. A kész csíra és mikrozöld megfelelő tárolással akár 10 napig is eltartható. Ehhez csupán csak néhány szabályt kell betartanunk.

Miután elérték a megfelelő nagyságukat, a csírákat ki kell szedni a csíráztató üvegből, a mikrozöldeket pedig egy olló segítségével le kell aratni. Ezután a hideg vízzel való alapos átöblítés és egy tálcán, vagy konyharuhán való lecsöpögtetés elengedhetetlen. Az öblítés egy kihagyhatatlan művelet az esetleges baktériumok, gombák eltávolítására. A száraz csírákat és mikrozöldeket legmegelőbbben egy nedvszívó papírral kibélelt vákuumozható edénybe helyezhetjük, amit később a hűtőszekrényben tárolunk.

Manapság egyre nagyobb divat a smoothie készítése, melyet frissen reggeli napindítónak fogyasztanak. Ha turmixba szeretnénk felhasználni később, akkor egy vákuumzacskóba becsomagolva le is fagyaszthatjuk, hiszen beltartalmi értékét nagy százalékban megőrzi fagyasztva is.

Szabadgyökök és antioxidánsok

A kémiaiag agresszív molekulák, mint a szabad gyökök is jelentős károkat okozhatnak a szervezetben. Megtámadják a védő sejtmembránokat, valamint a létfontosságú lipideket és fehérjéket, valamint károsítják a DNS-t is. Számos külső tényező vezethet szabadgyökök képződéséhez: UV-sugárzás, olyan reaktív anyagok, mint például az ózon vagy a cigarettafüstben lévő nitrogén-oxidok, az élelmiszerekben lévő nehézfémek, de ezek csak néhány tényező a sok közül. Az oxigéngyökök többsége meglehetősen rendszeresen képződik a szervezet anyagcseréjében, mintegy melléktermékként. Főleg a sejtek erőműveiben, a mitokondriumokban alakulnak ki. Az „energiatermelési” folyamat során az átalakult oxigén 3-10 %-a nem alakul át teljesen vízzé. Ehelyett oxigéngyökök képződnek, amelyek többségét az enzimek azonnal megfogják. De a többi bejut a sejtbe, és ott új gyököket képezhetnek.

Az antioxidánsok gyakorlatilag gyökfogók, olyan védőanyagok a sejtek számára, amelyek a különösen agresszív kémiai vegyületek semlegesítésével megakadályozhatják a sejszerkezeteket potenciálisan károsító oxidációt. Az antioxidánsokat régóta használják az élelmiszerkémiaiában, hogy megakadályozzák az élelmiszerek oxidáció miatti megromlását. A tudomány azonban ma már tudja, hogy az antioxidáns anyagok rendkívül fontosak az emberi szervezet számára, ugyanis védenek a betegségektől és lassíthatják az öregedési folyamatokat.

Antioxidánsok csoportosítása

Az általános meghatározás szerint antioxidáns molekula olyan molekula, amely az oxidálandó anyaghoz képest alacsony koncentrációban van jelen, és jelentős mértékben lassítja vagy teljesen meggátolja annak oxidációját.[11]

Csoportosításuk hatásmechanizmusuk szerint is lehetséges, így megkülönböztetünk elsőrendű vagy másodrendű antioxidánsokat. Az elsőrendű vagy láncmegszakító antioxidánsok hidrogén átadásával semlegesítik a lipid szabadgyököket, ezáltal megszakítva a láncreakciót (A-vitamin, E-vitamin, C-vitamin). A másodrendű, vagy preventív antioxidánsok, például polifenolos vegyületek önmaguk oxidálódnak a lipid molekulák helyett, ezáltal késleltetik az iniciációt, vagy a reakció során keletkező végterméket alakítják át más, nem toxikus vegyületté [9].

Vagyis nagyon egyszerűen fogalmazva az antioxidánsok a káros szabadgyökök semlegesítésére, megkötésére alkalmas vegyületek.

Az antioxidáns vegyületek lehetnek:

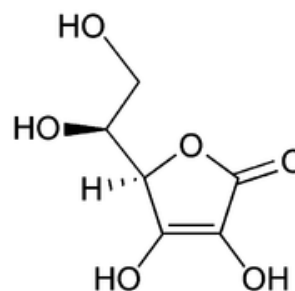
- lipofilek, azaz zsírban oldódó vegyületek (pl. E-vitamin, A-vitamin, béta-karotin)
- hidrofilek, azaz vízben oldódó vegyületek (pl. C-vitamin, aminosavak, polifenolok)

- tisztol vegyületek (pl Q10 koenzim)
- szerkezeti vegyületek (pl nyomelemek, szelén, cink, aminosavak, szelenocisztein)
-

Antioxidáns vegyületek

C-vitamin (L-askorbinsav)

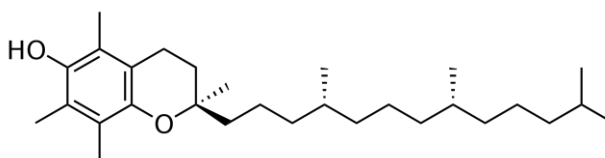
A C-vitamin egy olyan fontos antioxidáns hatású vitamin, amit az emberi szervezet nem tud előállítani, így táplálék útján kell bejuttatni a szervezetünkbe. Hiánya skorbutot okoz. Antioxidáns hatása mellett segít legyőzni a fertőzéseket, elősegíti a vas felszívódását, valamint a kollagén termelését. A szuperoxid-, a hidroperoxid-, a hidroxil-, a nitrogén-monoxid-, a nitrogén-dioxid gyököket, valamint a szinglet oxigént is semlegesíti. (Balogh Emőke doktori értekezés)



9. kép: L-askorbinsav (C-vitamin)

E-vitamin (tokoferol)

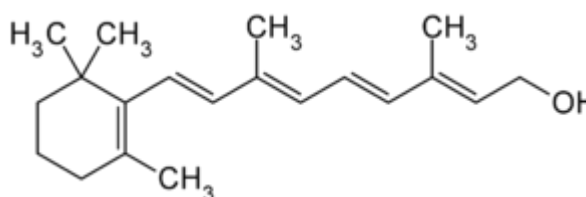
A tokoferol zsírban oldódó vitamin, ami 8 különböző molekulát is tartalmazhat, ezek közül az alfa-tokoferol bír a legnagyobb jelentőséggel. Gyermekszületés elősegítőjeként is nevezik, hiszen hiánya sterilitást okozhat. Antioxidáns hatásával elsősorban a többszörösen telítetlen zsírsavakat, membránlipideket óvja meg az esetlegesen kialakuló oxidációtól. Mindezek mellett öregedésgátló hatású valamint, a különböző daganatos betegségek és szív-és érrendszeri problémákat megelőzi. Kutatások alapján a C-vitaminnal együtt az érlemezsedést gátolják.



10. kép: E vitamin (tokoferol)

Karotinoidok és az A-vitamin (retinol)

A karotinoidok olyan zsírban oldódó antioxidáns vegyületek, melyek a növényekben termelődnek. Ezen vegyületek adják a különböző zöldségek és gyümölcsök sárgás pirosas színét. A természetben a sárgarépaiban is megtalálható



11. kép: A-vitamin (retinol)

béta-karotin van a legnagyobb mennyiségben. A karotinoidok az A-vitamin provitaminjai, azaz

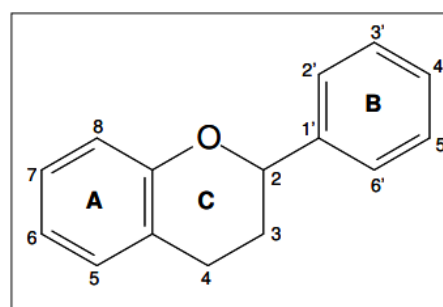
elővitaminjai. Az A-vitamin a káros UV sugárzástól védi bőrünk egészségét valamint szemünk egészségéért is felel.

Polifenolos vegyületek

Számos kutatás eredményeként mára már több, mint 8000 polifenolos vegyületet ismerhetünk, melyet növényekben vizsgáltak. Ezen vegyületek jótékony hatásuk mellett nem feltétlen hasznos tápanyagként szolgálnak, hanem sokkal inkább egy-egy zöldség, gyümölcs vagy növény színért és illatáért felelnek. (Balogh Emőke doktori értekezés)

Flavonoidok

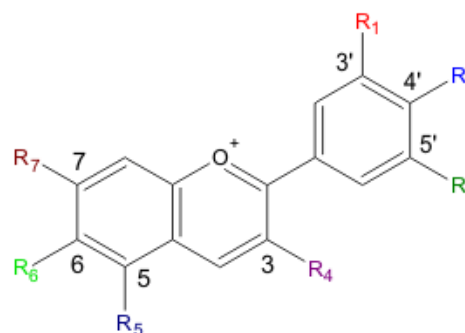
A flavonoidok is Szent-Györgyi Albert nevéhez köthetőek, hiszen kutatótársával Rusznyák Istvánnal együtt fedezték fel, hogy a C-vitamin és valamilyen flavonoid származék együttes kombinációja érfalvédő hatású. A flavonoidok jelentős mértékben a zöldségek és gyümölcsök külső részében található meg (Balogh Emőke doktori értekezés)



12. kép: Flavonoid alapváz

Antocianinok

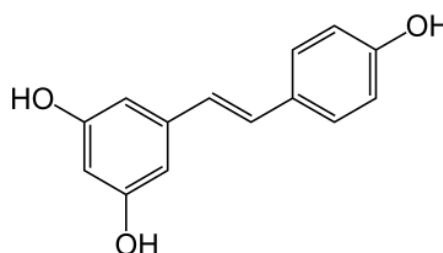
Az antociánok olyan vízzoldékony pigmentek, melyek a különböző növények, főként gyümölcsök színeiért felelnek. „Könnyen képeznek fémkomplexet, ha a megfelelő körülmények adóttak (pH, molekulaarányok). A fémiont megkötve, így annak oxidációt katalizáló hatása nem érvényesül, ezért indirekt antioxidánsoknak is nevezhetjük őket”. (Balogh Emőke doktori értekezés)



13. kép: Antocianidin felépítése: a flavilium (2-fenilkromenilium) kation

Rezveratrol

A rezveratrol polifenolos vegyület, mely főként a gyümölcsök, termések héjában fordulnak elő.



14. kép: Rezveratrol

Kísérleti rész

Csíráztatási folyamatok

A vizsgálatunk során először két általánosan elterjedt maggal, retek és brokkoli maggal optimalizáltuk a csíráztatási körülményeket. Egyes szakirodalmak és cikkek javaslata alapján, 3-6 óráig áztattuk, majd speciális csírázató edényben 45 fokos szögben hagytuk sötétben lecsöpögni. Az első csíráztatások lassú és nem mindig eredményes folyamatok voltak, de további kísérletezés során sikeres technikát tudhatunk magunkénak. Később egyszerűbb körülményekhez, valamint olcsóbb eszközökhöz folyamodtunk. A speciális csírázató edényt egy egyszerű befőttesüveg váltotta fel, melynek tetejére befőttes gumival rögzített szúnyoghálót helyeztünk. A csírázató berendezések között szinte semmilyen különbséget nem vettünk észre, az egyszerűbb és olcsóbb változat is ugyanolyan hatékonynak bizonyult. A magokat, a csomagolás címkéjének eleget téve áztattuk, majd 45 fokos szögben fénytől elzárt helyen hagytuk. A 45 fokos szögben való lecsöpögtetés nagyon fontos, hiszen a túlzott nedvesség hatására különböző rothadási folyamatok következhetnek be. A magok elegendő mennyiségű vizet kapva megduzzadtak. Miután a megjelenő csíráképződmények szétrepesztették a magok héjait és növekedni kezdtek, fényre helyeztük őket.



15. kép: Speciális csírázató edény



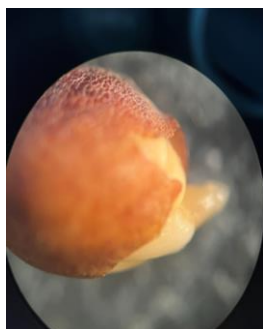
16. kép: Általunk használt csírázató edény

A megfelelő csíráztatási technika kikísérletezése után további magok csíráztatásában is belekezdünk. A csíráztatás során alkalmazott optimális körülmények a következők voltak. A hőmérsékletet 20-22 Celsius fok közé temperáltuk be. A csírákat naponta kétszer tiszta vízzel nedvesítettük. A különböző magok, különböző áztatási, valamint fejlődési időt igényeltek. Azok a csírák melyeket több fény ért gyorsabban növekedtek, valamint erősebbek és erőteljesebb színnel rendelkeztek.

A következő képsorozatban a retek csíra különböző fejlődési fázisainak mikroszkopikus felvétele látható.



19. kép: Retek mag



20. kép: Csíra megjelenése



18. kép: Retek csírák 5 naposan



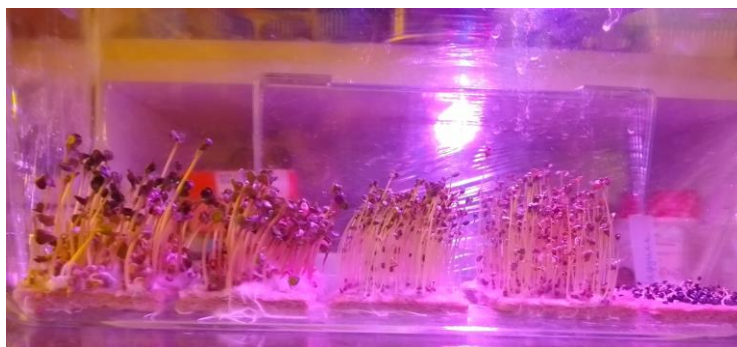
17. kép: Gyökérszőrök

Mikroözöldek termesztésének optimalizálása

Vizsgálatunk során a mikroözöldek termesztésének optimalizálásánál is a legjobban közkedvelt retek, valamint brokkoli magot használtuk. A különböző internetes platformok, illetve kertészeti szakcikkék is kókusz vagy kenderrostot javasolnak ültető közegként. Kutatásunk során általános virágföldet, valamint főként kőzetgyapotot használtunk. Az előbbi és utóbbi is tökéletes közegként szolgált, hiszen a mikroözöldek gyökerei tökéletesen meg tudtak kapaszkodni. A kőzetgyapot fő alapanyaga a bazaltkő, emellett használnak még a gyártás során mészkövet vagy dolomitot. Mint ahogyan a csíráknál, természetesen a mikroözöldek esetében is optimalizáltuk a termesztési körülményeket. A differens termesztési praktikák javaslata alapján az ültető közeget vízzel nedvesítettük be, majd az eltérő magtípusokat megfelelő mennyiségben és távolságban szétszórjuk az ültető közeg felületén. Egyes szakcikkék a különböző tápoldatok használatát szükségtelennek ítélik meg, hiszen a magban megvan minden olyan anyag, ami a fejlődéshez szükséges. Továbbá a csírázás elkezdődéséig javasolják a magok letakarását, mi azonban ezt a lépést később mellőztük. Azt tapasztaltuk, hogy azok a mikroözöldek, melyeket első perctől kezdve fény ért sokkal testesebbek és erősebbek voltak. A nedvesség kialakításához kutatásunk során háromféle tápoldatot, green sensation, black magic guanokalong oldatokat, valamint tiszta vizet használtunk. Összehasonlítottuk, hogy az egyes tápoldatok és a sima víz használatakor, mikroözöldeink, hogyan fejlődtek. Azt tapasztaltuk, hogy a green sensation tápoldattal meglocsolt kőzetgyapoton fejlődtek a leghatékonyabban a mikroözöldek. A legelső próbálkozások során a mikroözöldek kiszáradtak, megnyúltak, valamint teljesen elhajlottak. Ennek oka a nem megfelelő páratartalom és fénymennyiség volt. Azokon a borult esős napokon, mikor kevés fény érte őket, valamint kezdetben az éjszaka során mesterséges fényforrást

alkalmaztunk. Kétfajta teljes spektrumú lámpát, egy kisebb DB-ZW-E27-GL-48Z B2-F1-07 típusú, valamint egy nagyobb AC175-265V típusú LED lámpát alkalmaztunk mesterséges fényforrásként. Hatékonyságát a fény felé való hajlás bizonyította, éppen ezért folyamatosan forgattuk a lámpát, hogy mindenhol egyenletesen érje a növényeket a fény.

A megfelelő páratartalom kialakításáért egy üres üveg akváriumot használtunk, melynek nyitott oldalát egy frissen tartó fóliával zártuk le. Az akvárium megtartotta a párárt, valamint bizonyos időközönként a nedvességet sima, tiszta vízzel



21. kép: Természetes spektrumú lámpa, fény felé hajlás

pótoltuk. Mikor már a közetgyapot nem elegendően volt nedves, akkor néhány ml vízzel meglocsoltuk. Mikroözöldek esetében az alkalmazott optimális körülmények a következők voltak: Az ültető közeget előzetesen green sensation tápoldattal meglocsoltuk. A hőmérsékletet 70%-os páratartalom mellett 18-22 Celsius fok közé temperáltuk be. Időjárástól függően teljes spektrumú lámpát használtunk fényforrásként. A fény hatására a fotoszintézis folyamata, valamint a klorofill termelődése is beindult. Az optimalizált nevelési technikák kifejlesztése után további magok nevelésébe is belevetettük magunkat. Ezen meghatározott körülmények mellett mikroözöldeink szépen cseperedtek. Mikor a teljes kifejlett állapotukat, valamint a fogyasztható formájukat elérték, ollóval neki kezdtünk leszüretelésüknek. Mint ahogyan minden egyed, más és más, a mikroözöldek esetében is változó volt a fejlődési időtartam. A magokat tartalmazó tasakok hátoldalán szerepelt az ajánlott szüretelési időtartam, mi esetünkben eltérően 5-21 nap alatt érték el az ehető állapotukat. A kocsonyásodásra hajlamos mikroözöldek különös figyelmet igényelnek, mint ahogyan fentebb az irodalmi részben is említettem már. A zsázsa és rukkola esetében csak kis mennyiségű vizet szabad alkalmazni és nem is nagyon kell utólagosan öntözni, hiszen a kocsonyás, kolloid réteg a nedvességet megtartja.

Név	Csíra	Mikroözöld
Brokkoli	1-2 nap	3-5 nap
Retek	3-5 nap	5-12 nap
Hagyma	2-5 nap	7-21 nap
Cékla	3-6 nap	7-12 nap
Mángold	5-10 nap	10-14 nap
Mungóbab	2-3 nap	3-5 nap
Zsázsa	1-2 nap	3-6 nap
Rukkola	3-6 nap	7-14 nap
Búza	2-3 nap	2-6 nap
Lucerna	1-2 nap	7-12 nap

1. táblázat: Különböző növények nevelési ideje a csíra és a mikroözöld termesztésben

Antioxidáns kapacitás mérésének optimalizálása

A kutatás során az antioxidáns kapacitásának mérésére a DPPH és FRAP módszert alkalmaztuk. A szakcikkekben lévő leírások alapján a megadott mennyiségek nem voltak helyesek (magas abszorbancia értékek), ezért optimalizáltuk a módszert. Mind a reagens, mind az oldatok koncentrációjának optimalizálása után mértük csak az antioxidáns kapacitást.

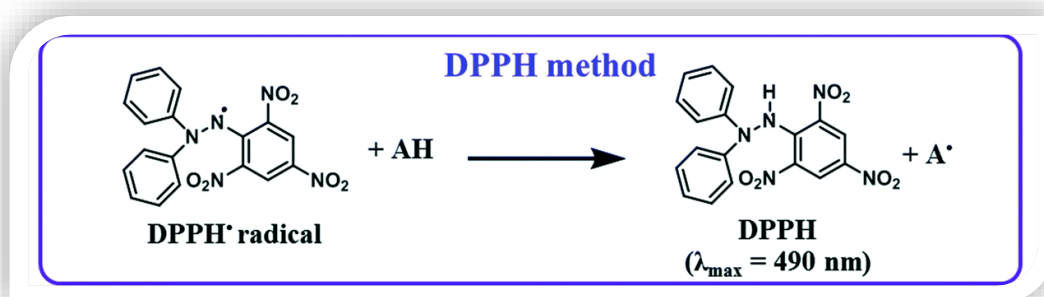
Mintaelőkészítés

A vizsgálandó mintából analitikai mérlegen 1,0000 g körüli mennyiséget mértünk be, majd 3,00 cm³ metanollal dörzsmozsárban eldörzsöltük az előzetesen analitikai pontossággal kimért mintánkat. Az extrakció során ezt követően a centrifugálási folyamatra, mint egyfajta elválasztás technikára került sor. Az elválasztáshoz Eppendorf centrifugát használtunk. Az Eppendorf csőbe 1,50 cm³ metanolos mintát pipettáztunk, majd megkezdjük a centrifugálást. Miután a zagy jellegű mintánk sűrűje leülepedett a cső aljára 1,00 cm³ mennyiségű tiszta oldatot 25,00 cm³ térfogatú mérőlombikba pipettáztunk, majd metanollal jelre állítottuk. Ezt az extrakció során kapott oldatot használtuk a további mérésekhez.

Mérési módszerek

DPPH-módszer, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás mérés

A DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) oldat készítése során 4 mg szilárd DPPH-t etanollal jelre állítva 100 cm³-es ürtartalommal rendelkező mérőlombikba feloldunk. A kapott lilás színű A-oldatot 2 órán keresztül sötétben állni hagyjuk. A kiextrahált oldatból 10,00 cm³ térfogatú mérőlombikokba 1-2-3-4-5,00 cm³ mintát pipettáztunk, valamint szintén metanollal jelre állítottuk és alaposan homogenizáltuk, ezután a mérőlombikokból az oldatokat külön-külön főzőpoharakba öntöttük, majd minden oldatból 1-1,00 cm³-t pipettáztunk vissza a 10,00 cm³-s mérőlombikba, majd ehhez további 3 cm³ DPPH oldatot adagoltunk. Az így kapott



22. kép: DPPH módszer elvi folyamata

mintaoldatokat 20 percre sötétbe hagytuk állni. 20 perc letelte után a kétfényutas UV-VIS spektrofotométerrel 517 nm-en megmértük az elkészített mintaoldatok abszorbanciáját.

FRAP-módszer , Vasredukálóképességen alapuló módszer -FRAP-(Ferric Reducing Ability of Plasma)

A FRAP-módszer alkalmazásakor az elkészített „A”, „B” és „C” oldatok összeöntésével nyertük el a kívánt oldószert

„A” oldat készítése során 100 cm³ űrtartalmú mérőlombikba 310 mg nátrium-acetáthoz 1,60 cm³ tömény ecetsavat adtunk, majd desztillált vízzel jelre állítottuk.

„B” oldat elkészítésekor 10,00 cm³ -s mérőlombikba 31 mg szilárd TPTZ-t (2,4,6-tri(2-piridil)-tirazin) 40mM-os HCl -al jelre állítva feloldottunk.

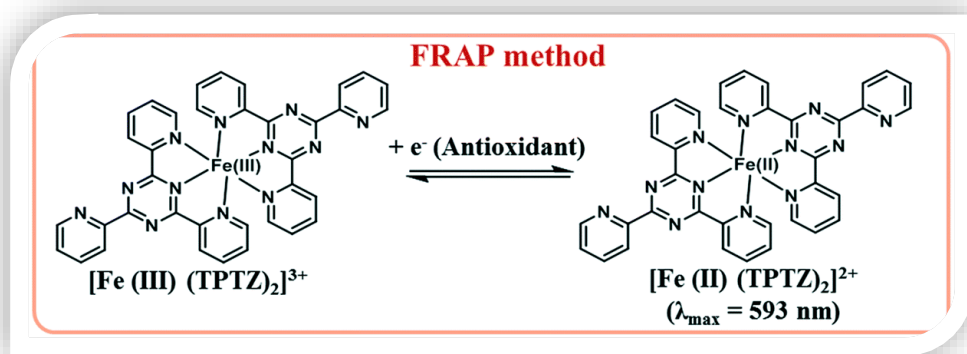
„C” oldat elkészítése során 100,00 cm³ desztillált vízben 540 mg FeCl₃-t oldunk fel.

A FRAP reagens elkészítéséhez 50,00 cm³ „A” oldat 5,00 cm³ „B” oldat és 5,00 cm³ „C” oldat szükséges.

A mérés során a kalibrációs oldatsor elkészítése elengedhetetlen. Törzsoldat készítésekor 100,00 cm³ -s mérőlombikba 5,88 g Mohr-sóhoz 1,00 cm³ cc. HCl-t adtunk, majd desztillált vízzel jelre állítva feloldottuk. Ezután ezt az oldatot 100-szorosára hígítottuk újabb 1 cm³ cc.HCl hozzáadása mellett. Kalibrációs oldatsor készítésekor főzőpoharakba pipettáztunk 0,1-0,2-0,3-0,4-0,5 cm³ előzetesen hígított Mohr-sót , ehhez 3,60 cm³ FRAP reagenst adagoltunk, majd desztillált 7,00 cm³ -re egészítettük ki az össztérfogatot.

Igy a 0,1 cm³ Mohr-só oldat 1,5*10⁻⁷ mol Fe^{II}-nek felel meg.

1-2-3,00 cm³ mintaoldatokhoz 3,60 cm³ FRAP oldatot adtunk, majd desztillált vízzel szintén



23. kép: FRAP módszer elvi folyamata

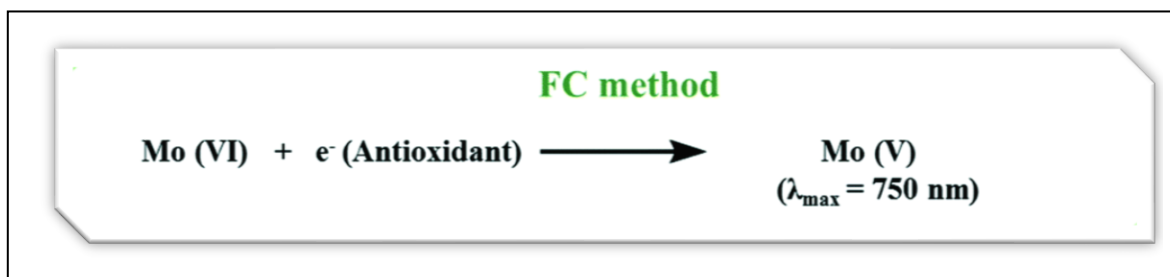
7,00 cm³ -re egészítettük ki az össztérfogatot. A kétfényutas spektrofotométerrel 593 nm-en mind a kapott oldatok, mind a kalibrációs oldatsor abszorbanciáját mértük.

Polifenol tartalmának meghatározása fotometriásan Folin Ciocalteus módszerével

Mintaelőkészítés

A vizsgálandó mintából analitikai mérlegen 1,0000 g körüli mennyiséget mértünk be, majd 3,00 cm³ etanollal dörzsmozsárban eldörzsöltük az előzetesen analitikai pontossággal kimért mintánkat. Az elválasztáshoz Eppendorf centrifugát használtunk. Az Eppendorf csőbe 1,50 cm³ etanos mintát pipettáztunk, majd megkezdjük a centrifugálást. Miután a zagy jellegű mintánk sűrűje leülepedett a cső aljára 1,00 cm³ mennyiségű tiszta oldatot 25,00 cm³ térfogatú mérőlombikba pipettáztunk, majd etanollal jelre állítottuk. Ezt az extrakció során kapott oldatot használtuk a további mérésekhez.

Kalibrációs oldatsor elkészítéséhez, 200-1000 mg/l koncentrációjú oldatsort állítottunk elő. Törzsoldatként 250,00 cm³-s mérőlombikba 250 mg galluszsavat desztillált vízzel feloldottunk. Az elkészített törzsoldatból 50,00 cm³-es mérőlombikba 10-20-30-40-50,00 cm³-t pipettáztunk majd desztillált vízzel jelre állítottuk. Ezután ezekből 1-1,0 cm³-t átpipettáztunk 100,00 cm³-s mérőlombikba, amihez kb 60 cm³ desztillált vizet és 5,00 cm³ Folin reagenst adtunk hozzá és 20 percre állni hagytuk. A 20 perc letelte után 3-3,00 g Na₂CO₃-t adtunk hozzá, melyet feloldottunk majd szintén desztillált vízzel jelre állítottuk. Ezután az elkészített oldatokat 2 órán keresztül állni hagytuk. Mintaoldat készítése során is ugyanígy jártunk el, de ebben az esetben a törzsoldat helyett 1 cm³ centrifugált mintát tettünk hozzá. A 2 órás állás után a kétfényutas spektrofotométerrel 765 nm-en mind a kapott oldatok, mind a kalibrációs oldatsor abszorbanciáját mértük.



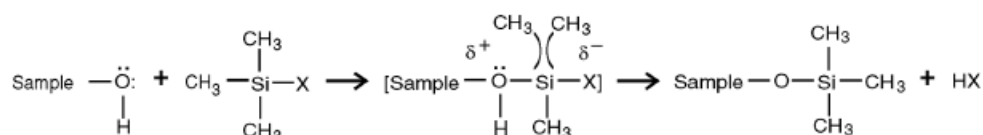
24. kép: Folin-Ciocalteus módszer elvi vázlata

Antocianin és polifenol vizsgálati módszer, mintaelőkészítés

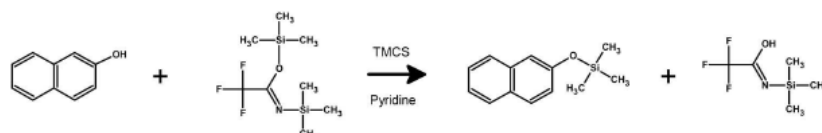
Antocianinok és polifenolok extrakciójára 25,00 cm³ 50-50 V/V %-os etanol/víz elegyet használtunk. A kb. 2,0000 g körüli mintákat csavaros kupakkal ellátott mintatartó edényekbe 10 percre ultrahangos fürdőt használtunk. 10 perc után a mintákról leszedett folyadékmennyiséget visszamértük. A minták alkoholtartalmának rotációs vákuumdesztillációs csökkentése után 6,00 cm³-t SPE C18-as mintaelőkészítő cartridge-ra adagoltuk és vákuum segítségével átszívattuk a regenerált cartridge-on SPE cartridge regenerálása 3,00 cm³ etil-acetát,

3,00 cm³ etanol/víz 60/40 V/V% és 3,00 cm³ desztillált víz segítségével történt. A SPE cartridge-ról a fenolos vegyületeket 3,00 cm³ etil-acetáttal, az antocianin komponenseket, pedig 3,00 cm³ metanol 0,01 % sósavval extraháltuk. Az extraktumokat nitrogénáram segítségével szárazra pároltuk. A szárazra párolt mintákból a polifenolok analíziséhez 50 µl piridin és BSTFA+TMCS (N,O-Bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide with trimethylchlorosilane) elegyével származékképeztük. Az antocianinokat 500 µl metanolban oldottuk vissza.

Származékképzés mechanizmusa TMCS esetében:



25. kép: Származékképzés mechanizmusa TMCS esetében



26. kép: Származékképzési BSTFA/TMCS esetében

GCMS mérési paraméterek:

Perkil Elmer Autosystem XL GC, és Turbomass MS

Injektor: 270 °C

Hőmérsékletprogram:

25.0 0/min to 150, 6.0 0/min to 200°C, 10.0 0/min to 280°, hold for 5.20 min

Kolonna: HP-5MS (30m*0,32mm*0,5 µm)

Vivőház: He 6.0

Injektált mennyiség: 1 µL

MS:

Detektálási időablak:

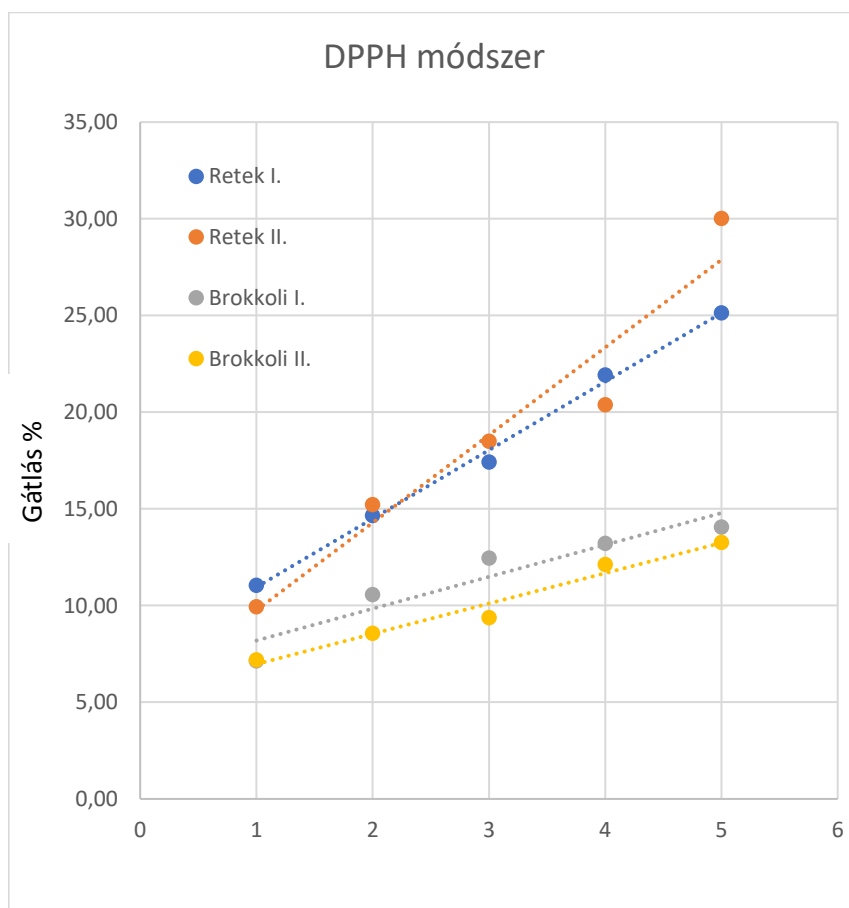
3 perc től 25,27 percig

Tömegtartományt: 30-650 m/z

Scan sebesség: 0,1 sec

Eredmények, kiértékelés

Az elővizsgálatok során a növény nevelési paramétereket, méréseket és az antioxidáns kapacitás vizsgálati paraméterek beállítását 2 féle retek (Retek I, és Retek II) és 2 féle brokkoli (Brokkoli I és Brokkoli II) maggal végeztem. Az antioxidáns kapacitás meghatározások optimalizálása is ezen magokból nevelt csírák és növények segítségével történt, mindegyik mintából 1,0000 g $\pm 5\%$ tömeg bemérés esetén, azonos mintaelőkészítési körülmények között. Az előmérések során az antioxidáns kapacitás meghatározása DPPH segítségével az alábbi, 3. ábrán látható eredményeket adta. Jól látható, hogy a retek csírák gátlási hatása a mintaoldat koncentrációjának, vagyis a retekben lévő antioxidáns vegyületek koncentrációjának növelésével jobban nőtt, mint a brokkoli minták esetében.



1. ábra: Retek I-II és Brokkoli I-II csírák gátlása DPPH mód. Minta cm³

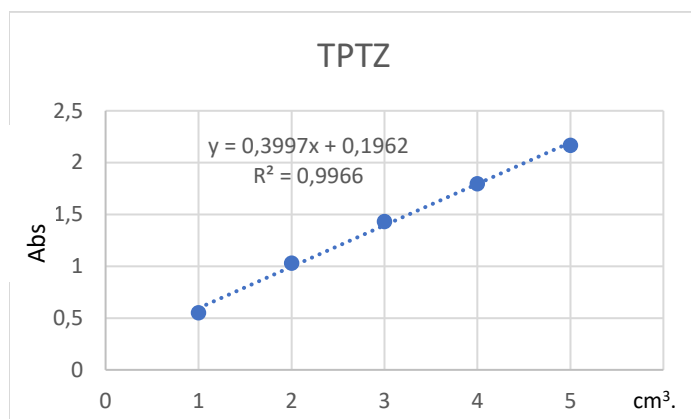
gátlásánál.

A Retek II csíra minta gátlása nagyobb volt, mint az azonos körülmények között Retek I csíra gátlása 5 cm³ minta adagolása esetében. A kevesebb minta esetén közel azonos eredményt adott a gátlás, figyelembe véve az RSD= 5% alatti hibát.

Viszont a brokkoli minták esetében a Brokkoli I csíra, minta gátlása nem számottevően, de nagyobb volt a Brokkoli II csíra minta

A Retek II minta gátlása közel 30% körüli eredményt adott, míg a Brokkoli I minta 14, 06%-ot. A retek és a brokkoli esetében az előmérés során tehát megállapítható, hogy a retek közel kétszer akkora gátlási tényezővel rendelkezik, mint a brokkoli minta.

A FRAP módszerrel történő antioxidáns kapacitás meghatározása során a retek és a brokkoli csíra mintákat összehasonlítva a következő eredményeket kaptuk.



3. ábra: FRAP módszer (TPTZ reagens) kalibrációs egyenese

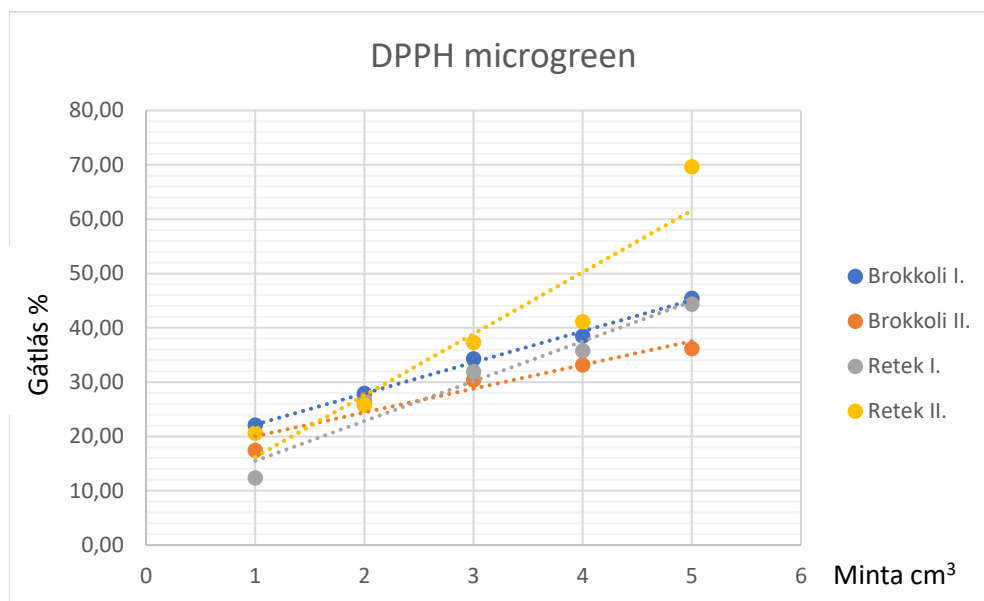
TPTZ			
		Abs	koncentráció (*10 ⁻⁷ mol FeII egyenérték)
Std 1	1	0,5511	
Std 2	2	1,03	
STD 3	3	1,4326	
Std 4	4	1,7958	
Std 5	5	2,1665	
Retek I.	1 ml	0,7682	2,1466
Retek II.	1 ml	0,9854	2,9617
Brokkoli I.	3 ml	0,7056	1,9117
Brokkoli II.	3 ml	0,6299	1,6276

2. ábra: FRAP módszer kalibrációs egyenes és mérési adatok

brokkoli mintákban.

Az előmérések során nemcsak az ehető növényi csírák antioxidáns kapacitását vizsgáltuk, hanem a mikrozöldekét is. Ezen vizsgálatok ugyanazon kétféle magok felhasználásával történt (Retek I. és Retek II, Brokkoli I. és Brokkoli II.) A DPPH mérés elvégzése után a következő mérési eredményeket kaptuk, melyek a diagramon is láthatóak.

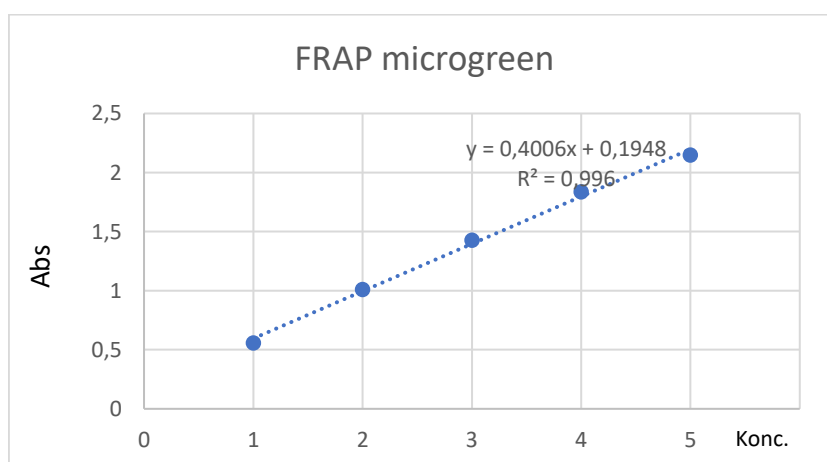
A mérési eredmények alapján a FRAP módszer optimalizálása és előmérések során itt is a Retek II minta antioxidáns kapacitása volt a legnagyobb, és a brokkoli II minta antioxidáns koncentrációja a legkisebb. 1 cm³ sztenderd oldat 1,5*10⁻⁷ mol Fe^{II}-nek felel meg a kalibrációs egyenesen. A retek mintákat összehasonlítva a Retek II minta nagyobb antioxidáns vegyület koncentrációval (2,9617) rendelkezett a RetekI mintánál, (2,1466), míg a brokkoli minták esetében a Brokkoli I mintában volt a nagyobb az antioxidáns vegyületek koncentrációja a Brokkoli II mintához képest. Az arány közel azonos, vagyis a retek mintában közel duplája az antioxidáns vegyületek koncentrációja, mint a



4. ábra: Retek és brokkoli mikrozöldek gátlása DPPH módszerrel

A mikrozöldek esetében is azonos körülmények között a Retek II.-nek volt a legnagyobb a gátlása, közel 70%-os. A Brokkoli I.(45,45%) , Brokkoli II. (36,15%). a Retek I.(44,37%) minta esetén közel azonos gátlást tapasztalhattunk. Ebben az esetben is a Brokkoli I. minta gátlása egy picivel nagyobb volt, mint a Brokkoli II. minta esetében. A Retek I. és Retek II. minta között szintén jelentős különbséget tapasztalhattunk. Összességében kijelenthető, hogy a retek minta gátlása jelentősen nagyobb, mint a brokkoli mintáé, azaz több antioxidáns vegyületet tartalmaz.

A FRAP módszerrel való meghatározása is ezen minták felhasználásával történt.



5. ábra: FRAP módszer kalibrációs egyenese

Az előmérések során a FRAP módszerrel vizsgált mikroöld minták antioxidáns kapacitásának mért értékei a következő táblázatban van szemléltetve.

FRAP módszer mikroöld				
Minta neve	sorszám	koncentr.	Abs	koncentráció (*10 ⁻⁷ mol FeII egyenérték).
Standard	1	1	0,5593	
Standard	2	2	1,0093	
Standard	3	3	1,4288	
Standard	4	4	1,8368	
Standard	5	5	2,1485	
Brokkoli I.	6	1 ml	0,7513	2,0837
Brokkoli I.	7	2 ml	1,2059	3,7859
Brokkoli II.	8	1 ml	0,5867	1,4674
Brokkoli II.	9	2 ml	0,9951	2,9966
Retek I.	10	1 ml	0,8952	2,6226
Retek I.	11	2 ml	1,5402	5,0377
Retek II.	12	1 ml	1,0597	3,2385
Retek II.	13	2 ml	1,8103	6,0491

2. táblázat: FRAP módszerrel mért mikroöld kalibrációs egyenes és minta értékei

Az előmérés optimalizálása után, az azonos körülmények között vizsgált minták esetében (1 cm³) is a Retek II. (3,2385*10⁻⁷ Fe^{II} egyenérték) mikroöld mintának volt a legmagasabb az antioxidánsok koncentrációja, míg a Brokkoli II. (1,4674*10⁻⁷ Fe^{II} egyenérték) mikroöld minta tartalmazta a legkevesebb antioxidáns vegyületet. Ebben az esetben is szintén több antioxidáns vegyülettel rendelkezett a Brokkoli I. (2,0837*10⁻⁷ Fe^{II} egyenérték) mikroöld minta, mint a Brokkoli II (1,4674*10⁻⁷ Fe^{II} egyenérték). mikroöld minta. A Retek I. és II. minta között is jól látható a különbség, igaz nem számottevő egyik esetben sem. A FRAP módszerrel való vizsgálat során is kijelenthető, hogy a retek mikroöldben található antioxidáns vegyületek koncentrációja jelentősen magasabb, mint a brokkoli mikroöld mintában.

Az előmérések optimalizálása során mind a DPPH, mind a FRAP módszer alkalmazásával mért eredmények alapján, azonos körülmények között ugyanazon magok felhasználásával a következő konzekvenciát szűrhetjük le. Mindkét esetben, azaz csíra és mikroöld állapotban is a retek látványosan több antioxidáns vegyületet tartalmazott, mint a brokkoli. A csírákat és magokat összehasonlítva nagy általánosságban megállapíthatjuk, hogy a mikroöldek jelentősen több antioxidáns tartalommal bírnak, mint a csírák. A DPPH módszer vizsgálatánál a Retek I. csíra esetén 25,13 % a Retek I. mikroöld esetén 44,38 %, Retek II. csíra esetén 30,03% ,Retek II. mikroöld esetén 69,65% volt a gátlás. Ezen értékek kitűnően szemléltetik.

hogy ugyanazon magok felhasználása során milyen jelentős különbség van a csírák és mikroööldek között. A Retek I.mikroööld minta esetén majdnem kétszer annyi volt a gátlás, mint a csíránál. A Retek II. mikroööld mintánál pedig több mint kétszeres volt a gátlás, mint a csíránál. Jól látható, hogy a kétfajta retek mag között is fellelhető némi különbség. A retek és brokkoli mintát összehasonlítva határozottan kijelenthetjük, hogy a retek kétszer annyi antioxidáns komponenst tartalmaz, mint a brokkoli. A Brokkoli I, mikroööld (14,06) mintának háromszor annyi lett a gátlása mint a csírának (45,45%). A brokkoli II, mikroööld minta esetén is majdnem kétszeres gátlást tapasztalhattunk.

A FRAP módszer során is azt tapasztalhattuk, mint a DPPH mérés során, hogy a mikroööldek antioxidáns tartalma jól láthatóan magasabb volt, mint a csíránál mért értékek.

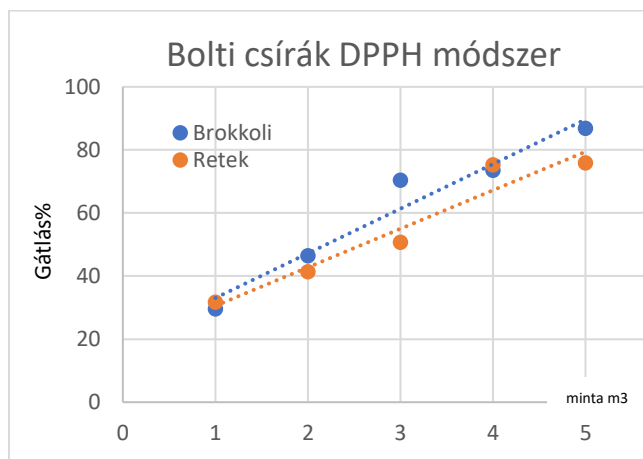
Minta	Csíra koncentráció (*10 ⁻⁷ mol Fe ^{II} egyenérték)	Mikroööld koncentráció (*10 ⁻⁷ mol Fe ^{II} egyenérték)
Retek I.	2,1466	2,6226
Retek II.	2,9617	3,2385
Brokkoli I.	1,9117	2,0837

3. táblázat: Antioxidáns kapacitás összehasonlítása retek és brokkoli csírák és mikroööldek között

Összességében elmondható, hogy mind a DPPH, mind a FRAP módszer optimalizálása során arra a következtetésre jutottunk, hogy a mikroööldekben több antioxidáns vegyület található, mint a csírákban. Azonos körülmények között az azonos fajtájú magok között is különbség fedezhető fel. Legkiemelkedőbb antioxidáns kapacitással a Retek II minta rendelkezett. A brokkoli és retek mintát összehasonlítva, minden esetben jelentős különbséget tapasztalhattunk.

A kutatás során nemcsak az általunk termesztett csírák, hanem a boltok polcain árusított csírák antioxidáns kapacitását is vizsgáltuk a DPPH és FRAP módszer alkalmazásával.

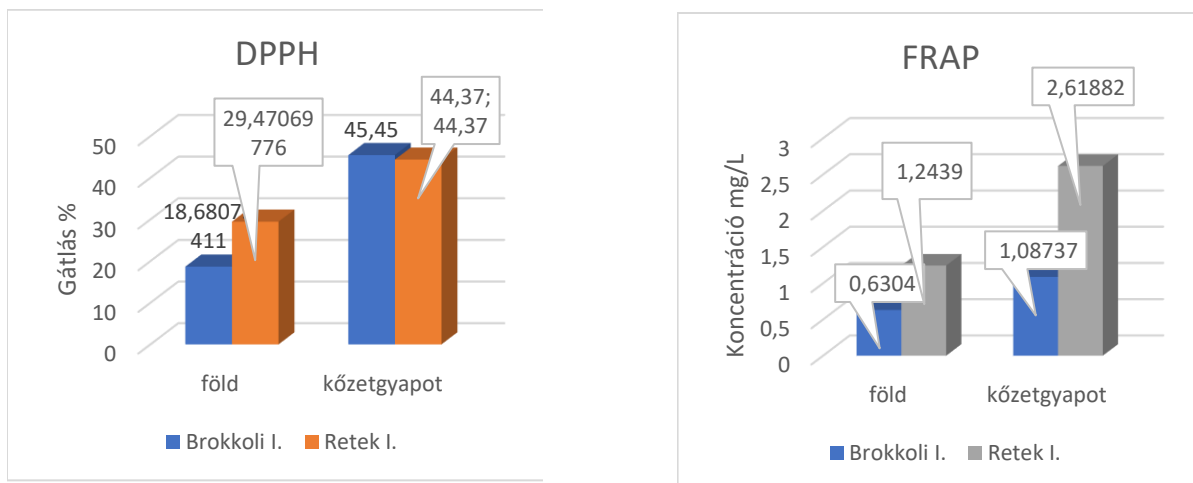
A kutatás következő szakaszában is a mindenki számára elérhető bolti retek és brokkoli csírákat vizsgáltuk a saját termesztett növényekkel összehasonlítva. A bolti brokkoli csíra gátlása 86,8 %, míg a retek csíra gátlás 75,91 % volt a DPPH módszer alkalmazásával. Összehasonlítva a korábbi méréseinkkel, melynek során saját magunk termesztettük a retek valamint brokkoli csírákat, a következőket állapíthatjuk meg. A saját termesztésű



6. ábra: Bolti retek és brokkoli csírák gátlás értékei (DPPH)

Brokkoli I (14,06%). és Brokkoli II.(13,26%) csíra gátlása jelentősen kevesebb, mint a bolti csíráé, mely hatszoros mennyiségű antioxidáns vegyületet tartalmazhatott. A retek csíránál is hasonló eredményt kaptunk. A saját termesztésű Retek I.(25,13%) és Retek II. (30,03%) csíra és a bolti retek csíra összehasonlításakor is azt tapasztaltuk, hogy a bolti csíra antioxidáns kapacitása majdnem háromszor annyi. A FRAP módszer alkalmazásával is azt az eredményt kaptuk, hogy a bolti brokkoli csíra ($3,525 \cdot 10^{-7}$ mol Fe^{II} egyenérték) és a retek csíra ($3,84 \cdot 10^{-7}$ mol Fe^{II} egyenérték) antioxidáns koncentrációja jóval magasabb, mint az általunk termesztetteké. Figyelemre méltó azt is megjegyezni, hogy a bolti brokkoli csíra nagyobb gátlással rendelkezett, mint a bolti retek csíra. A korábbi méréseink során, az általunk termesztett csírák összehasonlításakor pont fordított eredményt tapasztaltunk. Különösen kiemelendő, hogy a boltban kapható csírák sokszor mikrozöld állapotban kerülnek eladásra, ennek okán tapasztalhattunk ekkora eltérést a saját csíránkkal szemben.

Kutatásunk részét képezte a növény nevelési paraméterek optimalizálása mellett, különböző körülmények megváltoztatásával követett antioxidáns kapacitás vizsgálata is. Többségében tápoldat adagolása mellett egy egyszerű kőzetgyapotot használtunk termesztőközegnek, de általános virágföldben is neveltünk mikrozöldeket. Általánosságban elmondható, hogy a

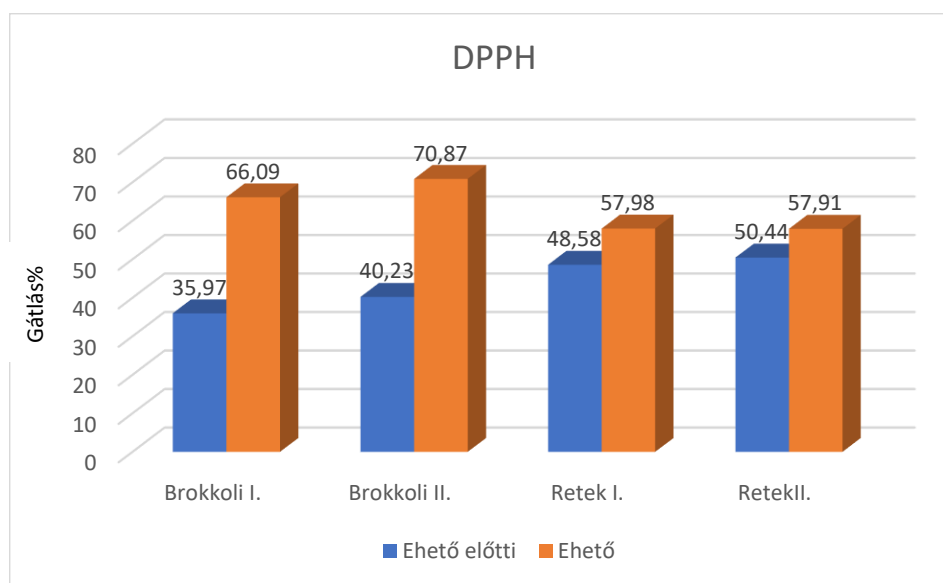


7. ábra: Brokkoli és retek mikrozöldek gátlás értékei (DPPH, FRAP) különböző ültető közegen

növekedési szakaszban és a teljes kifejlődésig időben nem volt különbség a két ültetőközeg között.

A diagrammon is szemmel jól látható, hogy méréseink alapján jelentős különbséget tapasztalhatunk a két ültető közeg között. A kőzetgyapoton termesztett mikrozöldek lényegesen nagyobb gátlással bírtak, mint az általános virágföldben nevelt növények. A Brokkoli I. mikrozöld minta esetén 2,5-szer, a Retek I. mikrozöld minta esetén 1,5-szer nagyobb gátlást tapasztaltunk a kőzetgyapot használatánál, mint a földnél. A FRAP módszer vizsgálata során is arra a következtetésre jutottunk, hogy a földben termesztett mikrozöldek antioxidáns vegyületeinek koncentrációja kétszer kevesebb a kőzetgyapoton termesztettekéhez képest.

Kutatásunk következő lépéseként a Brokkoli I. és II., valamint a Retek I. és II. csíra minták különböző fejlődési szakaszaiban vizsgált antioxidáns kapacitását követtük nyomon. Elsőként az ehető állapot előtti csírákat, majd az ehető állapotban lévő csírákat analizáltuk a DPPH és FRAP módszer alkalmazásával is.



8. ábra: Retek és brokkoli csírák különböző állapotban mért gátlás értékei (DPPH)

Brokkoli I. és Brokkoli II. csíra analízise során megállapíthatjuk, hogy az ehető állapot előtti és az ehető állapotban lévő csírák antioxidáns kapacitása lényegesen eltér. Az ehető állapotban lévő csírák közel kétszeres mennyiségű antioxidánsokat tartalmaznak. Ezzel szemben a retek I. és Retek II. csíránál ez a különbség nem szignifikáns.

A brokkoli és retek mintát egybevetve észrevehető, hogy a korábbi mérésektől az antioxidáns kapacitások eltérnek. Jelen grafikon szerint a brokkoli csíra magasabb gátlással rendelkezett, mint a retek csíra. Ennek az az oka, hogy a vizsgálatot más bemérési és extrakciós paraméterek mellett végeztük.

Jól látható, hogy az ehető előtti és ehető állapot között több esetben is majd dupla gátlás tapasztalható (Brokkoli I és II), a retek minták esetében is magasabb a DPPH módszerrel mért gátlás az ehető állapotban. Ennek egyik oka a két minta közötti antioxidáns vegyületek különbségében lehet. Mivel a retek és a brokkoli nem ugyanazon vegyületeket bioszintetizálja a fejlődése során, így azonos mérési körülmények között sem kapunk azonos gátlást. A DPPH és FRAP mérési módszer különbsége (kisebb, nagyobb molekulák hatásossága a mérésre) is befolyásolja a kapott gátlást értékeket. Ez később kerül kifejtésre.

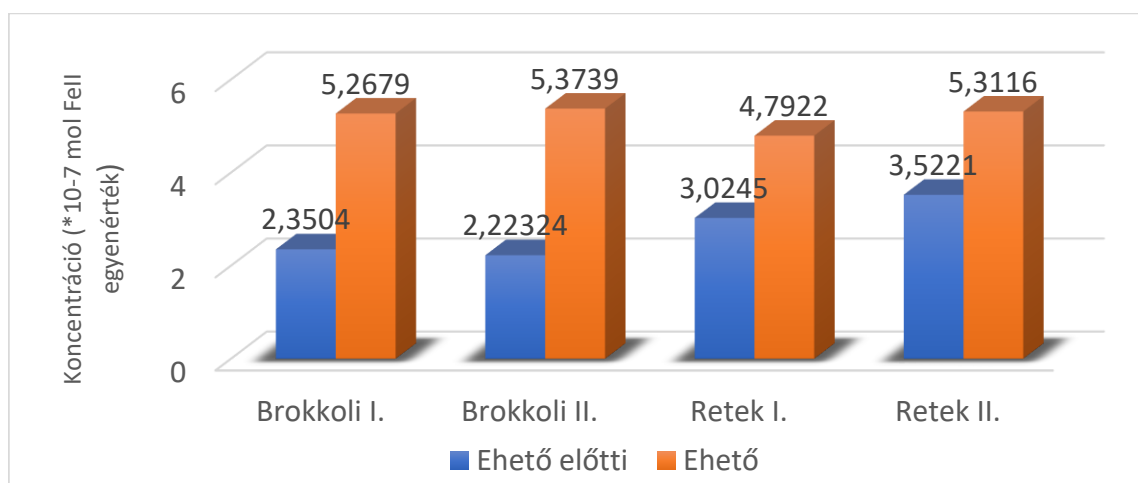
A vizsgálat során a saját termesztésű retek és brokkoli csírák extrakcióhoz használt mennyiségeit is változtattuk, mégpedig növeltük, így töményebb oldat került a mérések során elemzésre. Azt vártuk, hogy minden esetben dupla mennyiségű minta feldolgozása dupla gátlást eredményez, de a mérések alapján nem ez következett be. A koncentráltabb, vagyis töményebb

minta nagyobb gátlást eredményezett, de a mérési módszer alapján nem minden esetben olyan mértékben mint ahogy vártuk.

Ennek oka a mérési módszerek különbözőségében rejlik (FRAP, DPPH). A kis molekulák jobban odafernek a DPPH gyökhöz, így nagyobb antioxidáns kapacitás értéket mutatnak.

Különböző érettségi állapotok különbsége FRAP módszerrel

A különböző fejlettségi állapotok közötti különbséget a FRAP módszerrel is tanulmányoztuk. Ezen vizsgálat során is a retek és brokkoli csírák voltak a főszerepben



9. ábr: Különböző érettségi állapotok mért értékei FRAP módszerrel mérve

Ahogy a diagram is szemlélteti az ehető előtti állapotban a Brokkoli I. és II. között, valamint a Retek I. és II. között nincs jelentős különbség az antioxidáns tartalomra nézve. A Brokkoli I. és II. esetében a két érettségi állapotot tekintve viszont nagymértékű differencia látható. Az ehető állapotban lévő brokkoli csírák több, mint kétszer annyi antioxidáns vegyülettel bírnak mint az ehető előtti fázisban lévők. A retek csíránál ez az arány másfélszer nagyobb, tehát az ehető stádiumban lévő csírák másfélszer több antioxidánst tartalmaznak.

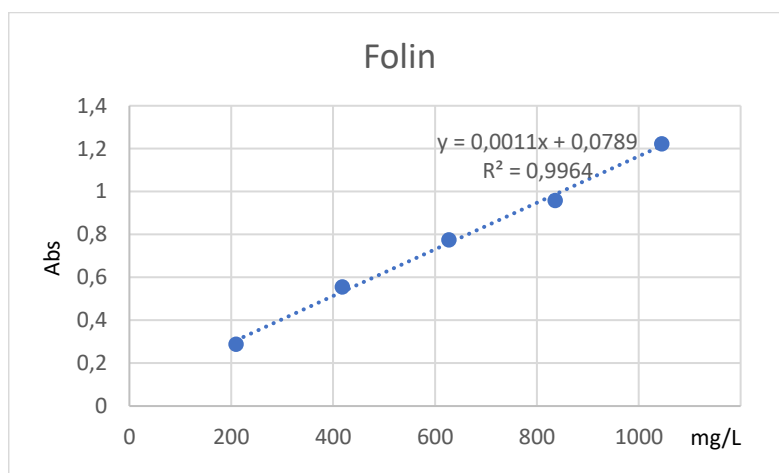
Az eltérő bemérési, valamint extrakciós körülményeknek köszönhetően, itt is eltérő eredményeket kaptunk az eddigiektől

A FRAP módszer esetében a minták hasonló gátlási profilt mutatnak az ehető és az ehető előtti állapotot figyelembe véve, mint a DPPH módszernél, de a különbség jóval nagyobb, mint a DPPH esetében. A DPPH mérésnél a kisebb molekulák jobban odafernek a DPPH gyökhöz.

Ebből kifolyólag a retek minták valószínűleg nagyobb molekulákat tartalmaznak az antioxidáns vegyületeiken belül, amelyek a FRAP módszerrel jobban reagálnak és jobban mérhetőek. Míg a DPPH módszernél a Retek I és II minták esetében az ehető és ehető előtti állapotot figyelembe véve 15-20%-os eltérés volt tapasztalható a gátlás mérésében, addig a FRAPP módszernél ez a különbség 50% fölötti.

Összpolifenol tartalom meghatározása

Folin-Ciocalteus módszerével a vizsgált négy mintánk (Brokkoli I., II., Retek I., II.) összpolifenol tartalmát galluszsav egyenértékre vonatkoztatva vizsgáltuk. A következő diagramon jól láthatóak az elemzés után kapott értékek. Jelen esetben az összpolifenol tartalom meghatározást mikrozöldekkel végeztük.



10. ábra: Folin-Chiocalteus (összes polifenol tartalom) módszerrel mért kalibrációs egyenes

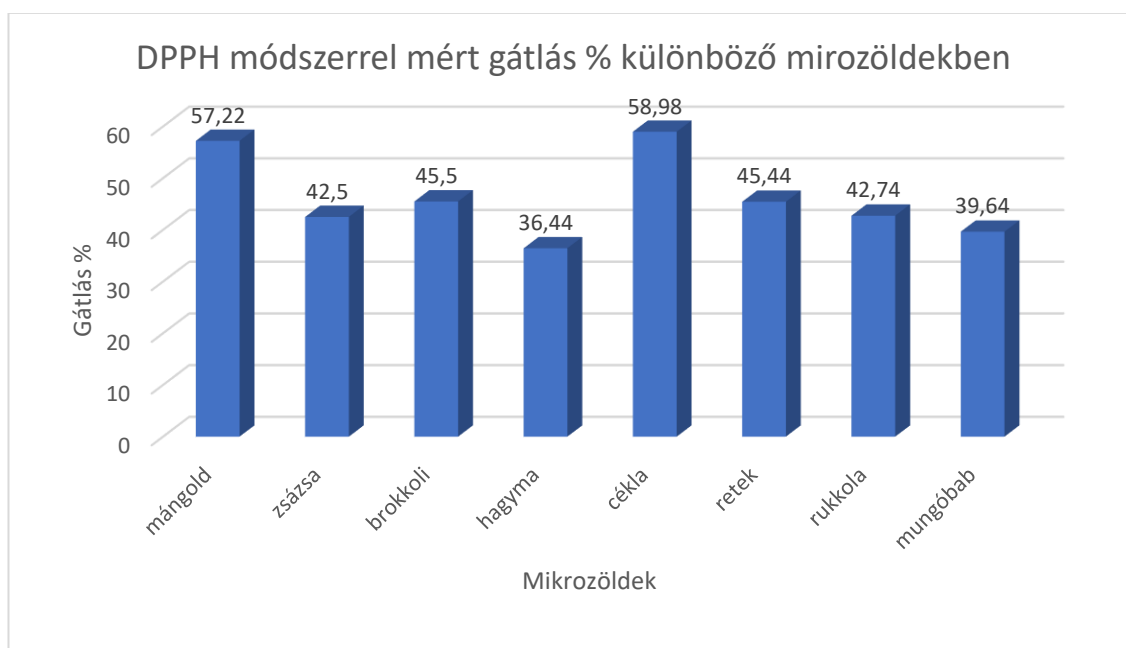
65 nm	Folin		
Sorszám	Konc.	Abs	Minta neve
1	209,04	0,2891	Kalibrációs oldatsor
2	418,08	0,555	Kalibrációs oldatsor
3	627,12	0,7747	Kalibrációs oldatsor
4	836,16	0,9586	Kalibrációs oldatsor
5	1045,2	1,2223	Kalibrációs oldatsor
6	722,18	0,8733	reték II. microgreen
7	442,36	0,5655	brokkoli I. microgreen
8	511,09	0,6411	brokkoli II. microgreen
9	867,55	1,0332	reték I. microgreen

4. táblázat: Összes polifenol tartalom mért értékei (kalibrációs egyenes és minta)

A táblázatban is megfigyelhető, hogy a Retek I. mikrozöld mintának a legmagasabb a polifenol tartalma, ezzel szemben a Brokkoli I. mintában a legalacsonyabb a polifenolos vegyületek koncentrációja. A brokkoli és retek mintát összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy a retek

körülbelül kétszer annyi polifenolos vegyületet tartalmaz, mint a brokkoli minta. Ha külön-külön megvizsgáljuk a brokkoli és retek mintákat, akkor azt észlelhetjük, hogy az azonos típusú minták között minimális, nem számottevő különbségek vannak.

Különböző mikrozöldek összehasonlítása

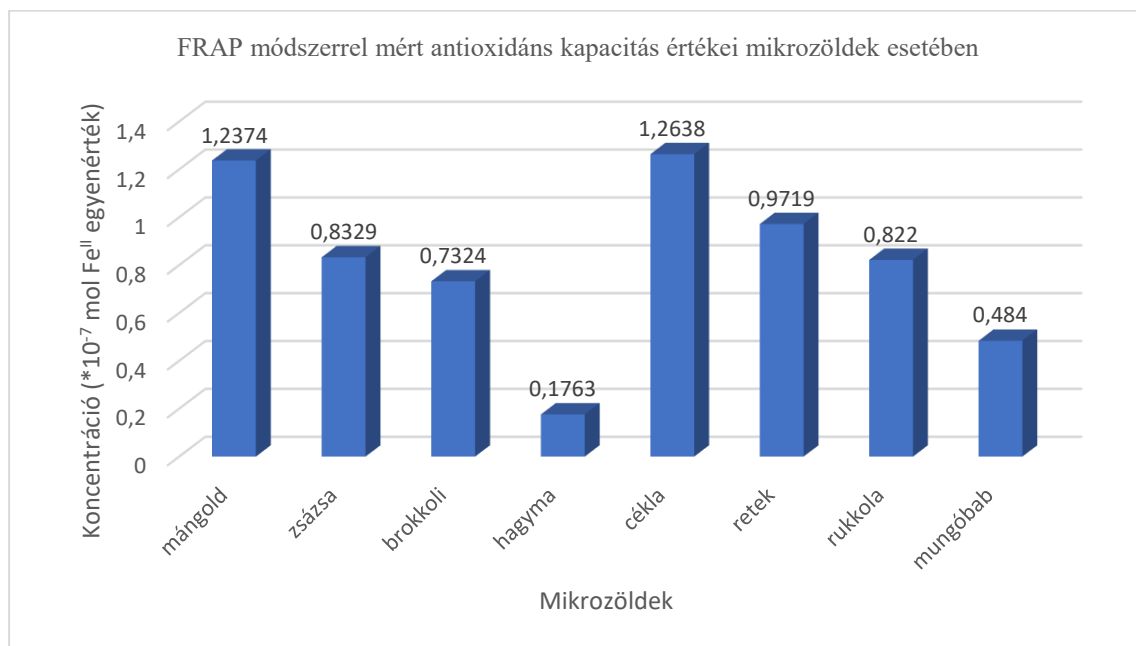


11. ábra: Különböző mikrozöldek antioxidáns kapacitása (gátlás) DPPH módszerrel mérve

Kutatásunk során eddig főként a brokkoli és retek mintára fektettük a hangsúlyt, de analízisünk részét képezte a különböző mikrozöldek antioxidáns kapacitásának feltérképezése is. A vizsgálatot szintén a megszokott két módszerrel (DPPH és FRAP) hajtottuk végre.

Az azonos körülmények között nevelt és vizsgált mikrozöldek többsége közel azonos gátlást produkált a mérés során. A legkiemelkedőbb gátlással a cékla, míg a legkisebb gátlással a hagyma rendelkezett. A FRAP módszerrel alkalmazott mérés is azt bizonyítja, hogy a mikrozöldek a legtöbb esetben hasonló mennyiségű koncentrációjú antioxidáns vegyülettel bírnak. Ezen vizsgálati módszer is azt mutatja, hogy a legtöbb antioxidáns vegyületet a cékla és a mángold tartalmaz, míg a legkevesebbet a hagyma. Megjegyzendő ismét, hogy a DPPH módszerrel mért gátlási tényezők az antioxidáns vegyületek minőségétől is függenek, vagyis a DPPH gyökhöz a kisebb molekula jobban odafer mint a nagyobb.

Különböző mikrozöldek antioxidáns kapacitásának mérése FRAP módszerrel



12. ábra: Különböző mikrozöldek antioxidáns kapacitásának értékei FRAP módszerrel mérve

A FRAP módszer esetében az antioxidáns vegyületek mennyiségi különbségei sokkal jobban megmutatkoznak. A tendencia hasonló, vagyis a legnagyobb gátlása a céklának és a mángoldnak van, a legkisebb a hagymának, de a különbségek jobban láthatóak. A legnagyobb gátlással a cékla rendelkezik, és ha a hagyma antioxidáns vegyületeinek mennyiségével hasonlítjuk össze, az antioxidáns vegyületek mennyisége ezen módszer alapján 7,19-szer több a céklában, mint a hagymában.

Összeségében elmondható, hogy a különböző mikrozöldek hasonló mennyiségű antioxidáns kapacitással bírnak. Az antioxidáns vegyületek aránya, vagyis a különböző mikrozöldek antioxidáns kapacitása hasonló profilt mutat mind a kettő (DPPH és FRAP) méréssel. A különbségeket, vagyis az antioxidáns vegyületek mennyiségbeli különbségeit jobban mutatja a FRAP módszer. Szemléletesebb képet kapunk ezen mikrozöldek esetében.

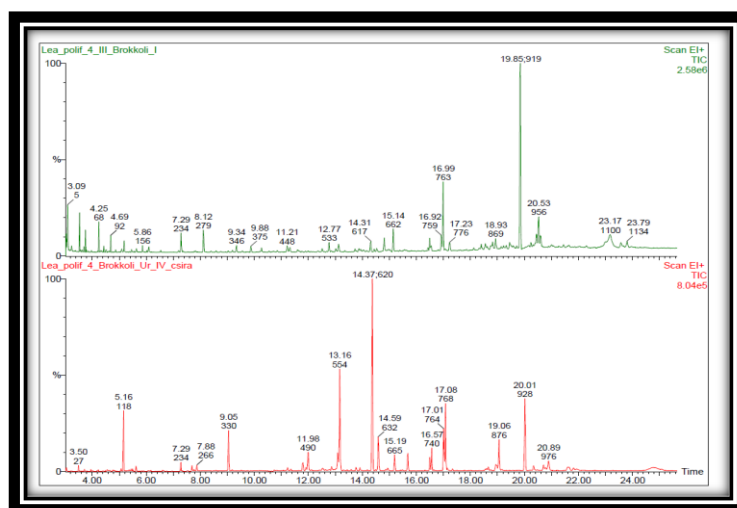
GCMS vizsgálatok eredményei

A különböző csíra és mikrozöld mintákból SPE (C18) extrakciós módszerrel nyert és szárazra párolt minták piridines közegben történő származékképzéssel injektálható állapotba hozott mintáink kromatogramjai a következő eredményeket mutatták.

A kromatogramokon az egy fajtájú csíra és mikrozöld látható minden esetben (brokkoli, retek, stb), a felső kromatogram mindig a mikrozöldet, az alsó kromatogram a csíra komponenseit mutatja. Megjegyzendő, hogy az antioxidáns vegyületek kivonatolására használt SPE módszer nem minden antioxidáns vegyületet mutathat ki a mintából, így teljes képet nem kapunk az antioxidáns vegyületekről. Azon módszer fejlesztése, amely több nagyobb polaritás tartományban mutat ki vegyületeket, folyamatban van.

Minden esetben az injektált mennyiség $1 \mu\text{l} \pm 5\%$ volt.

Brokkoli csíra és mikrozöld



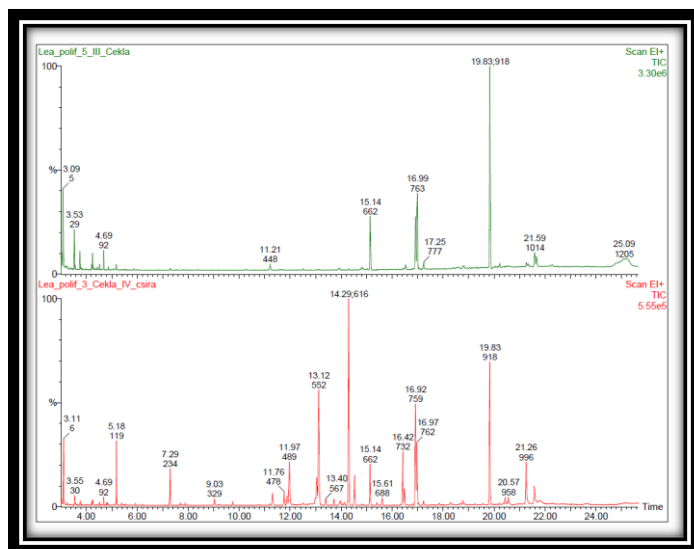
27. kép: Brokkoli csíra és mikrozöld TIC kromatogramjai

A brokkoli csíra és mikrozöld kromatogramjainak összehasonlítása során jól látható, hogy a mikrozöld kromatogram komponenseinek intenzitása egy nagyságrenddel nagyobb, mint a csírák intenzitása. A brokkoli csírák jelen vizsgálati paraméterek mellett kevesebb komponenst

tartalmaznak, mint a brokkoli

mikrozöld. A komponensek mennyiségi különbségei az antioxidáns kapacitás mérés során is megmutatkozott. A komponensek minőségi kiértékelését a végén adjuk meg összefoglalóan.

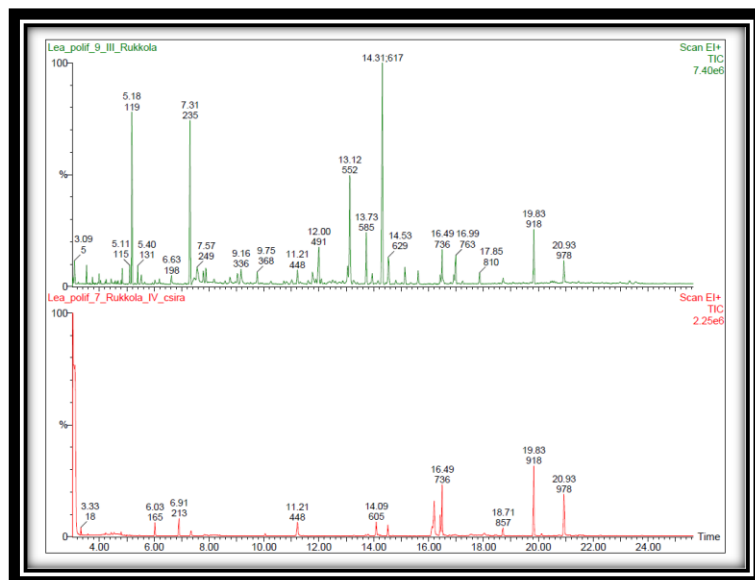
Cékla csíra és mikrozöld



28. kép: Cékla csíra és mikrozöld TIC kromatogramjai

során a cékla adta a legnagyobb gátlást.

Rukkola csíra és mikrozöld összehasonlítás



29. kép: Rukkola csíra és mikrozöld TIC kromatogramjai

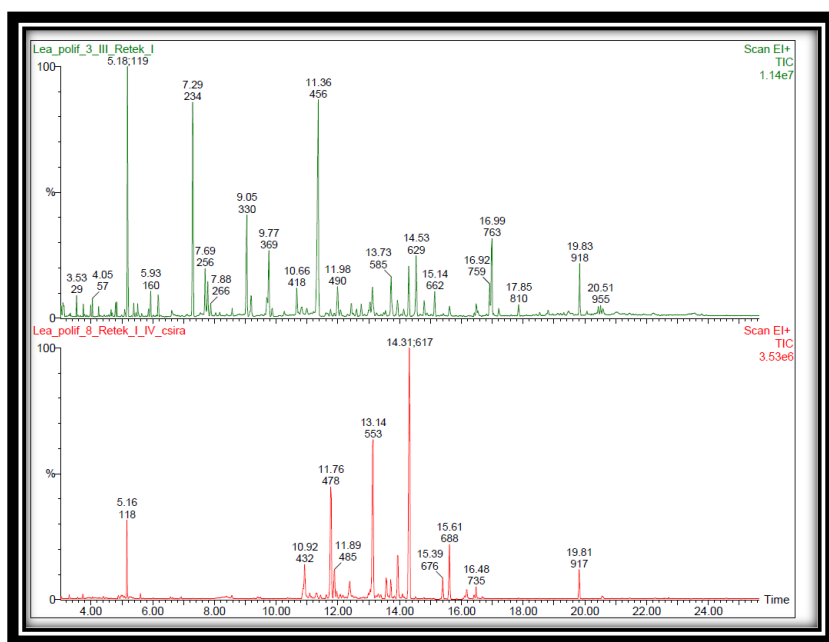
esetében.

A cékla csíra és mikrozöld esetében a kromatogramokról szintén elmondható, hogy a mikrozöld egy nagyságrenddel nagyobb mennyiségben tartalmaz komponenseket, de ebben az esetben a cékla csírából ezzel a módszerrel több komponenst lehetett kimutatni, mint a mikrozöld esetében. Az antioxidáns kapacitás mérés

A rukkola esetében a GCMS vizsgálat során a rukkola mikrozöld és csíra intenzitása azonos nagyságrenddel szerepel a kromatogramokon, de a mikrozöldben található komponensek körülbelül háromszoros mennyiségben lehetnek, vagyis az komponensek intenzitása háromszoros a mikrozöld

A komponensek variáciáját nézve a rukkola mikroöld sokkal több komponenst tartalmaz, mint a rukkola csíra. Ebben az esetben is vannak azonos, mind a kettő mintában szereplő komponensek, de egyedi, csak az egyik mintában található komponensek is megfigyelhetők. Ilyen a mikroöld esetében például az 5.18; 7.31; 9.16 komponensek.

Retek csírák és mikroöldök



30. kép: Retek csíra és mikroöld TIC kromatogramjai

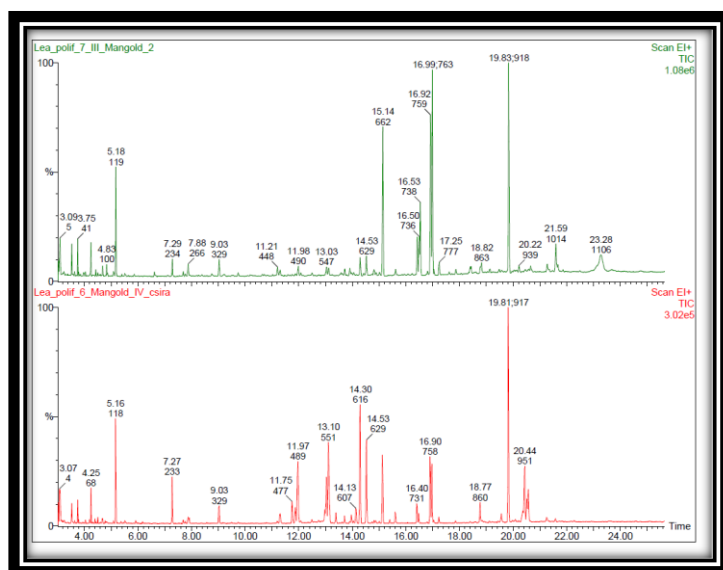
A reték csíra és mikroöld esetében a GCMS elemzés kromatogramjaiból megállapítható a kromatogramok jelintenzitása közti egy nagyságrend különbség, de alapvetően elmondható, hogy intenzitás figyelembe véve itt is körülbelül

háromszor több

mennyiségben vannak a legnagyobb intenzitású komponensek a csírához viszonyítva. A reték esetében kaptuk a legnagyobb intenzitású kromatogramot az összes mikroöldet nézve, mivel itt a legintenzívebb csúcs intenzitása 10^7 nagyságrendű.

Megállapítható az is, hogy a reték mikroöld jóval több komponenst tartalmaz, mint a csíra. Az antioxidáns kapacitás mérés során is a mikroöld mutatott nagyobb kapacitást, vagyis a kromatogram ebben az esetben is alátámasztja a nagyobb mennyiségű, antioxidáns hatású vegyület jelenlétét.

Mángold csíra és mikroööld összehasonlítás

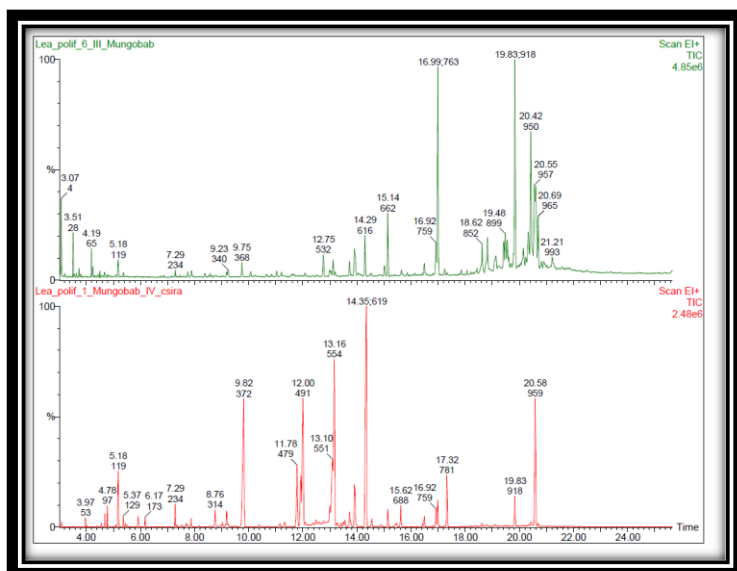


31. kép: Mángold csíra és mikroööld TIC kromatogramjai

a csírákban mért legintenzívebb csúcsnak.

A kromatogramon jól elkülöníthetők ebben az esetben is a különböző, csak az egyik mintára jellemző csúcsok.

Mungóbab csíra és mikroööld



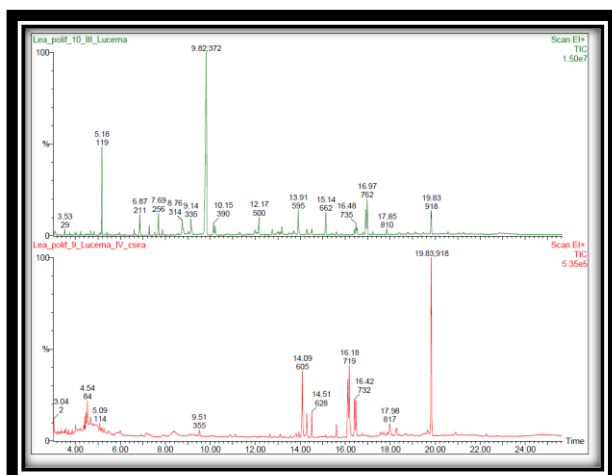
32. kép: Mungóbab csíra és mikroööld TIC kromatogramjai

A csíra esetében több komponenset tartalmazott a kromatogram, és több komponens is a maximális intenzitást figyelembe véve 50% jelintenzitás felett volt.

A mángold csíra és mikroööld kromatogramjainak jelintenzitása szintén egy nagyságrenddel nagyobb a mikroööld esetében, mint a csíra esetében. A legintenzívebb csúcs értékeit figyelembe véve körülbelül itt is háromszor nagyobb az intenzitása a legintenzívebb csúcsnak, mint

A mungóbab csíra és mikroööld kromatogramjait összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a kettő kromatogram legnagyobb csúcsának intenzitása azonos nagyságrenddel szerel (10^6), az intenzitásokban a mungóbabban lévő komponensek intenzitása nincs kétszeres a csírákhoz képest.

Lucerna csíra és mikroözd összehasonlítás



33. kép: Lucerna csíra és mikroözd TIC kromatogramjai

A lucerna esetében a csíra és a mikroözd kromatogramjainak intenzitásában jelentős, kettő nagyságrendnyi különbség adódott a legintenzívebb csúcsok jelintenzitása között. A jelintenzitást figyelembe véve körülbelül 28-szoros a lucerna mikroözdben lévő legintenzívebb komponens mennyisége a csírához képest.

A mikroözd kromatogramját alkotó komponensek változatossága is sokkal nagyobb a lucerna esetében, mint a lucerna csíra esetében. A különbségek jól látszódnak az azonos csúcsok és csak az egyik kromatogramra jellemző csúcsok tekintetében is.

GCMS analízissel azonosított vegyületek

A GCMS vizsgálatokat összefoglalva a következő vegyületeket mutattuk ki a mikroözdekből. A felsorolásban jelen esetben nem jelöltük meg melyik mikroözd analízise során melyik vegyület lett kimutatva, hanem egy összefoglalót adunk a kimutatott vegyületekről.

Csírából és mikroözdekből kimutatott komponensek SPE előkészítés után GCMS analízissel

Származék (BSTFA+TMCS)	Alapvegyület	Csíra	Mikroözd
PROPANEDIOIC ACID, BIS(TRIMETHYLSILYL) ESTER	malonsav		+
ETHANEDIOIC ACID, BIS(TRIMETHYLSILYL) ESTER	oxálsav		+
L-(+)-TARTARIC ACID, BIS(TRIMETHYLSILYL) ETHER,	borkősav		+
L-VALINE, N-(TRIMETHYLSILYL)-, TRIMETHYLSILYL ES	L-valin	+	+
L-ISOLEUCINE, N-(TRIMETHYLSILYL)-, TRIMETHYLSIL	L-izoleucin	+	
SERINE TRITMS	szerin	+	
1,E-11,Z-13-OCTADECATRIENE	rákellenes anyag	+	

D-GLUCOSE, 2,3,4,5,6-PENTAKIS-O-(TRIMETHYLSILYL)	glükóz	+	+
RIBITOL, 1,2,3,4,5-PENTAKIS-O-(TRIMETHYLSILYL)-	ribitol	+	
SORBOPYRANOSE, 1,2,3,4,5-PENTAKIS-O-(TRIMETHYL)	Szorbopiranoz	+	
D-FRUCTOSE, 1,3,4,5,6-PENTAKIS-O-(TRIMETHYLSILYL)	D- Fruktóz	+	
2-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]TETRADECANOIC ACID, BIS	Mirisztinsav	+	+
L-ASPARAGINE, N,N2-BIS(TRIMETHYLSILYL)-, TRIMET	L-aszparagin	+	+
N,O,O-TRIS(TRIMETHYLSILYL)-L-THREONINE	L-threonin	+	
N,O-BIS-(TRIMETHYLSILYL)PHENYLALANINE	fenilalanin	+	+
SILANOL, TRIMETHYL-, PHOSPHATE (3:1)	foszforsav	+	
DL-MALIC ACID, O-TRIMETHYLSILYL-, BIS(TRIMETHYL	almasav	+	
GLUTAMINE, TRIS(TRIMETHYLSILYL)-	glutamin	+	
N,O-BIS-(TRIMETHYLSILYL)-2-PYRROLIDONE CARBO	5-oxoprolin, piroglutamin sav	+	
PENICILLAMINE, TRI-TMS	penicillamin (Wilson-kór ellen)	+	
DECANOIC ACID, ETHYL ESTER	Dekánsav etillészter	+	
MYO-INOSITOL, 1,2,3,4,5,6-HEXAKIS-O-(TRIMETHYLSI	mio-inozit, B8 vitamin	+	+
9,15-OCTADECADIENOIC ACID, METHYL ESTER, (Z,Z)-	antioxidáns, rákellenes , emlőrák	+	+
9,12-OCTADECADIENOIC ACID (Z,Z)-, TRIMETHYLSILY	antioxidáns, rákellenes , emlőrák	+	+
D-GLUCITOL, 2-AMINO-2-DEOXY-1,3,4,5,6-PENTAKIS	D-glucitol, Szorbit, Szamárköhögés?		+
ERYTHRO-PENTONIC ACID, 2-DEOXY-3,4,5-TRIS-O-(T	A treonsav. A L-izomer egy metabolitja a aszkorbinsav (C-vitamin).	+	
2-[(TRIMETHYLSILYL)OXY]TETRADECANOIC ACID, BIS	2-hidroxy-tetradekánsav, antioxidáns, rákellenes , koleszterin gátló ¹⁷	+	
LYXOSE, TETRA-(TRIMETHYLSILYL)-ETHER	lixóz (cukor 5 C atomos)	+	
ARABINOFURANOSE, 1,2,3,5-TETRAKIS-O-(TRIMETHYL	arabinofuranóz		+

5. táblázat: Csírákból és mikroöledekből kimutatott vegyületek (GCMS)

Összefoglalás

A kutatásom során optimalizáltam és kidolgoztam egy újabb és költséghatékonyabb csíra és mikrozöld termesztési módszert, amelyet a további kutatásom során a vizsgálati alapanyagok termesztésében alkalmaztam. Optimalizáltam a szakirodalmi cikkekben található DPPH és FRAP mérési paramétereket, oldatkonzentrációikat. A vizsgálatok során kimutattam, hogy a csírák és a mikrozöldek antioxidáns kapacitásának összehasonlításakor a mikrozöldek nagyobb antioxidáns kapacitással bírnak. Az antioxidáns kapacitás mérés mellett az összes polifenol tartalom meghatározást is elvégeztem (Folin-Chiocalteus) a csírákon és a mikrozöldeken, galluszsavra vonatkoztatott egyenértéküket meghatároztam.

Kutatásomban az optimalizált antioxidáns kapacitás mérésekkel is vizsgáltam az otthon is könnyedén termesztethető, ehető növényi csírák és mikrozöldek közül a brokkoli, retek, hagyma, mángold cékla, búza, zsázsa, mungóbab rukkola és lucerna antioxidáns kapacitását, valamint GCMS módszerrel is vizsgáltam az összetételüket.

A gyök megkötésén alapuló két módszerrel, a (DPPH) illetve a vasredukálóképességen alapuló (FRAP) módszerek arányaiban közel azonos értékeket adtak az antioxidáns kapacitásról a vizsgált mintákból. Összeségében elmondható, hogy mind a csíra, mind a mikrozöld esetén a mángold és cékla antioxidáns kapacitása szignifikánsan nagyobb a többi vizsgált bionövényen szemben.

Kimutattam, hogy közkereskedelemben általában kapható hagyma, retek, illetve brokkoli csírák és mikrozöldek közül a reteknek a legnagyobb az antioxidáns kapacitása, ezzel szemben a hagyma legkisebb az antioxidáns kapacitással bír.

A GCMS vizsgálatokkal kimutattam a csírákból és a mikrozöldekből is több antioxidáns vegyületet, köztük 3 különböző, szakcikkekben említett rákellenes anyagot is.

A minőségi analízis során, GCMS módszerrel számos antioxidáns vegyületet azonosítottunk. A csírákat és mikrozöldeket összehasonlítva intenzitás szempontjából azt az eredményt kaptuk, hogy a mikrozöldek általánosan 1 vagy 2 nagyságrenddel nagyobb intenzitással rendelkeznek, mint ahogyan ezt a korábbi antioxidáns kapacitás mérésnél is tapasztalhattuk. Mind csírák, mind mikrozöldek hasznos cukrokat, aminosavakat tartalmaznak. Csírákban kimutattunk többféle antioxidáns vegyületet is. Amit különösen kiemelnék, hogy különböző rákellenes vegyületet (9,15-OCTADECADIENOIC ACID, METHYL ESTER, (Z,Z)-, illetve 9,12-OCTADECADIENOIC ACID (Z,Z)-, TRIMETHYLSILY) is azonosítottunk, melyek az emlőrák legküzdésében hasznos antioxidánsok.

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretném megköszönni konzulensemnek Dr. B. Tóth Szabolcsnak, áldozatos munkáját, sokirányú és értékes segítségét, valamint a kialakuló nehézségek melletti támogatását és biztatását.

Köszönetet kell mondjak támogató családomnak és barátomnak, akik mindvégig mellettem álltak és biztattak egyetemi tanulmányaim alatt.

Nyilatkozat

A pályamunka során nem használtam és alkalmaztam a ChatGPT segítségét.

A pályamunkában látható fényképek saját készítésű képek, a vizsgálatok során készültek.

Irodalomjegyzék, felhasznált irodalom

1. <https://www.burgerstein.at/at/de/wissenswertes/freie-radikale-antioxidantien> (2023.10.01)
2. <https://www.sperli.de/gartenblog/was-ist-der-unterschied-zwischen-keimsprossen-und-gruensprossen-das-kleine-1-1-des-sprossengaertners/> (2023.10.05)
3. https://legeldle.hu/utmutato-csiraztatashoz?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA5rGuBhCnARIsAN11vgQwXKFiqQsTBIkjwrShQOBcpEwiJEsqZ3f3mSVsuGvSXALRE0QR4eoaAjPkEALw_wcB (2023.11.02)
4. https://www.ksh.hu/stadat_files/nep/hu/nep0010.html (2023.11.15)
5. https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-01/2021_chp_hu_hungarian.pdf (2023.11.25)
6. <https://www.burgerstein.at/at/de/wissenswertes/freie-radikale-antioxidantien> (2023.10.15)
7. <https://antioxidans.net/> (2024.01.15)
8. <http://magyarkonyhaonline.hu/alapanyagok/teriteken-a-csira> (2024.01.20)
9. Balogh Emőke Doktori Értekezés Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében (https://phd.lib.uni-corvinus.hu/537/3/balogh_emoke_thu.pdf)
10. Ficzek Gitta doktori értekezés: HAZAI ALMA- ÉS MEGGYFAJTÁK HUMÁN EGÉSZSÉGVÉDŐ ÉS FELHASZNÁLHATÓSÁGI ÉRTÉKEI GYÜMÖLCSANALÍZIS ALAPJÁN https://phd.lib.uni-corvinus.hu/613/1/Ficzek_Gitta.pdf

Szakirodalmi hivatkozások:

1. Apak R., Guclu K., Demirata B., Ozyurek M., Celik S. E., Bektasoglu B., Berker K. I. és OzyurtD. (2007): Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Molecules*, (12):1496-1547.

2. Benzie I. F. F. és Strain J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, (239):70-76.
3. Ch. Soumya¹, G. Priya Sugandhi*, K. Aparna and V. Ravinder Naik: Nutritional Profiling of Microgreens, *Biological Forum – An International Journal* (2022)
4. Crozier A., Lean M. E. J., McDonald M. S. és Black C. (1997): Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (45):590-595.
5. Frankel E. N. és Meyer A. S. (2000): The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (80):1925-1941.
6. Zhenlei Xiao, Gene E. Lester*, Yaguang Luo, and Qin Wang: Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (2012)
7. Garzon G. A., Riedl K. M. és Schwartz S. J. (2009): Determination of anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant activity in Andes berry (*Rubus glaucus* Benth). *Journal of Food Science*, (74):C227-C232.
8. Ghiselli A., Serafini M., Natella F. és Scaccini C. (2000): Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: Critical view and experimental data. *Free Radical Biology and Medicine*, (29):1106-1114.
9. Gordon M. H. (1993): Antioxidants. In: Macrae R., Robinson R. K., Sadler M. J. (szerk.):
10. Encyclopaedia of food science, technology and nutrition. London: Academic Press, 212–
11. 216. p.
12. Florencia P. Alloggia a, Roberto F. Bafumo a, Daniela A. Ramirez a,b, Marcos A. Maza a,c,; Alejandra B. Camargo: Brassicaceae microgreens: A novel and promissory source of sustainable bioactive compounds , *Current Research in Food Science* 6 (2023) 100480
13. Halliwell B., Gutteridge J. M. C. (1995): The definition and measurement of antioxidants
14. in biological-systems. *Free Radical Biology and Medicine*, 18:125–126
15. Serban C. Moldoveanu and Victor David: Derivatization Methods in GC, and GC/MS, DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.81954>
16. Fan Xiao, Tao X, Baiyi Lu, Ruihai Liu: Guidelines for antioxidant assays for food components, *Food Frontiers*, 2020
17. Mahinder Partap a,b,1, Diksha Sharma a,1, Deekshith HN a,1, Meenakshi Thakur a, Vipasha Verma a, Ujala a,b, Bhavya Bhargava: Microgreen: A tiny plant with superfood potential, *Journal of Functional Foods* 107 (2023) 105697

18. Maharshi Bhaswant , Dilip Kumar Shanmugam , Taiki Miyazawa, Chizumi Abe and Teruo Miyazawa: Microgreens—A Comprehensive Review of Bioactive Molecules and Health Benefits, *Molecules* 2023, 28, 867. <https://doi.org/10.3390/molecules28020867>
19. Maria Pérez, Inés Domínguez-López, and Rosa M. Lamuela-Raventós: The Chemistry Behind the Folin–Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern, *J. Agric. Food Chem* <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c04022>
20. Miller N. J., Rice-Evans C., Davies M. J., Gopinathan V. és Milner A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*, (84):407-412.
21. Miller N. J., Sampson J., Candeias L. P., Bramley P. M. és Rice-Evans C. A. (1996): Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *Febs Letters*, (384):240-242.
22. Sunita Arora and Ganesh Kumar: Phytochemical screening of root, stem and leaves of *Cenchrus biflorus* Roxb, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 2018; 7(1): 1445-1450