Szakdolgozat

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

Szentirmai Lilla

2023

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Hazai nemesítésű paradicsomfajták bioaktív komponenseinek jellemzése

Szentirmai Lilla

Budapest

2023

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Táplálkozás-Élelmiszertechnológia szakirány

Szakdolgozat készítés helye: Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Hallgató: Szentirmai Lilla

A szakdolgozat címe: Hazai nemesítésű paradicsomfajták bioaktív komponenseinek jellemzése

Konzulens: Tömösköziné Dr. Farkas Rita

Külső konzulens esetén tanszéki felelős:

Beadás dátuma: 2023.május 2.

szakdolgozat készítés helyének vezetője
(név)
Dr. Abrankó László

konzulens
(név)
Tömösköziné Dr. Farkas Rita

Dr. Mednyánszky Zsuzsanna
Táplálkozás Élelmiszertechnológia szakirány felelős

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés ... 1

2. Célkitűzés ... 3

3. Irodalmi áttekintés ... 4

3.1. Paradicsom ... 4

3.2. A paradicsom nemesítése ... 5

3.3. A paradicsom egészségvédő hatásai ... 6

3.3.1 Karotinoidok ... 7

3.3.1.1 Likopin ... 8

3.3.1.2 Béta-karotin ... 9

3.3.2. C-vitamin (aszkorbinsav) ... 9

3.3.3 Tokoferol (E-vitamin) ... 11

3.3.4 Polifenol ... 12

4. Anyagok és módszerek ... 14

4.1. Antioxidáns tartalom mérés ... 15

4.1.1 DPPH meghatározás ... 16

4.1.2 Polifenol tartalom meghatározása ... 16

4.2. Színanyagvizsgálat ... 17

4.3. Tokoferol származékok (E-vitamin) meghatározása HPLC-vel ... 18

4.4. Fenolos vegyületek mérése HPLC-vel ... 19

4.5. Statisztika ... 20

5. Eredmények és kiértékelésük ... 21

5.1. Antioxidáns tartalom mérési eredményei ... 21

5.1.1 DPPH meghatározásának kiértékelése ... 21

5.1.2 Összes polifenol meghatározásának kiértékelése ... 22

5.2. Színanyagvizsgálat eredményei ... 23

5.3. Tokoferol származékok (E-vitamin) kiértékelése ... 26

5.4 Fenolos vegyületek mérési eredményei ... 29

6. Összefoglalás ... 35

7. Irodalomjegyzék ... 36

8. Ábrajegyzék ... 38

9. Táblázatjegyzék ... 39

10. Mellékletek ... 40

Köszönetnyilvánítás ... 44

Szeminnai Lilla Szakdolgozat

1. Bevezetés

Szakdolgozatom során magyarországi nemesítésű paradicsomfajtákat vizsgáltam meg a bioaktív komponensek tekintetében. Elsősorban a zöldséghez való személyes kötődésem indokolja a témaválasztásomat, mivel szinte minden nap fogyasztom valamilyen formában a paradicsomot. A témám kiemelt jelentőségét mutatja, hogy az antioxidánsokban és vitaminokban egyik leggazdagabb növényi eredetű élelmiszert kutattam, melyet világszerte ismernek és fogyasztanak az emberek.

A növényi alapú élelmiszerekben nagyon sok antioxidáns található. Ezek a vegyületek képesek csökkenteni az olyan nem fertőző betegségek kialakulásának kockázat, mint például a szív- és érrendszeri rendellenességek, a kettes típusú cukorbetegség, vagy éppen a csontritkulás. Emellett képesek lehetnek leredukálni a különböző típusú rákos megbetegedések elfordulásának számát. (Hongyan & Rong, 2012)

A lakosság nagy része szenved az előbb felsorolt betegségek valamelyikében, ez leginkább az egészségtelen táplálkozásnak, illetve a mozgásszegény életmódnak köszönhető. Manapság egyre nagyobb figyelmet kap a helyes táplálkozás, de így is rengeteg ember szenved vitaminhiányban. A paradicsomban nagyon sok antioxidáns található, többek között C- és E vitamin is, így a zöldség fogyasztása kiválóan alkalmas ezen vitaminok emberi szükségletének kielégítésére. Ezek az antioxidánsok semlegesítik a szabadgyököket a testünkben. Ez azért különösen hasznos, mert a szabadgyökök nagy számban károsak a szervezetünkre, ezek keletkezése vezet a különféle megbetegedésekhez. Ezért is fontos számunkra a megfelelő mennyiségű és minőségű zöldség, illetve gyümölcs fogyasztása.

Szakdolgozatom bevezető része után a célkitűzésem megemlítését követően a szakirodalmi áttekintéssel folytattam az elemző munkámat. A személyes kötődésem mellett motivált az is, hogy a témával kapcsolatban átfogó, széles terjedelmű forrásmű állt rendelkezésemre. Ezeket szakmai tudásomhoz mérten, a legnagyobb pontossággal és precizitással tártam fel, hogy a lehető legalaposabban mutassam be ezt az igen jelentőségteljes témát. Kutatásom során a hazai és a nemzetközi szakirodalom és internetes forrásanyag segített abban, hogy minél részletesebb betekintést nyújtsak az olvasó számára.

Az irodalmi elemzést magával a paradicsom bemutatásával kezdtem, majd kitértem az egészségvédő hatásaira és a nemesítési eljárásokra. Ezt követően igyekeztem minél sokrétűbben bemutatni a paradicsom összetevőit, ezáltal bemutatva a karotinidok, likopin,

Szemirnai Lilla Szakdolgozat

C-vitamin, E-vitamin, és polifenol vegyületek szerepét és összetételét a paradicsom vonatkozásában.

Az irodalmi feldolgozást követően az anyag és módszer részletes leírása következett. A fejezet keretein belül antioxidáns mérést, színanyag vizsgálatot, E-vitamin tartalom mérést, illetve fenolos vegyületek mérését végeztem. A vizsgálatot képező minta 5 paradicsomot jelentett az én esetemben. Fontos megemlítenem, hogy a minták pontos fajtája ismeretlenek voltak számomra, hiszen a NAIK ezirányú kutatásai titkosak voltak, így én sem voltam minden információ birtokában a megfigyelt paradicsomok származásának paraméterei tekintetében. A vizsgálatok során felsoroltam a felhasznált anyagokat és módszereket, majd bemutattam a mérés menetét, végül kiértékeltem a kapott eredményeket.

Az utolsó fejezetben pedig összefoglaltam a dolgozatom és javaslatokat tettem az általam végzett kutatás mélyebb vizsgálatára azok számára, akik a témában kutatnak vagy érdeklődnek iránta.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

2. Célkitűzés

Szakirodalmi kutatásaim során feldolgoztam a paradicsom nemesítésével, egészségvédő hatásával kapcsolatos ismereteket és feltérképeztem a paradicsomban található bioaktív, antioxidáns hatású komponensek hatásait, jellemzőit, illetve azokat az abiotikus és biotikus környezeti hatásokat, amik befolyásolhatják a mennyiségüket.

A dolgozatom egyik célja az volt, hogy megismerjem mind a klasszikus fotométeres mérésen alapuló, mind a modern kromatográfiás (RP-HPLC-UV, NP-HPLC-FLD) analitikai módszereket, amelyekkel a paradicsom főbb antioxidáns hatású összetevőit vizsgálhatom.

Szakdolgozatom másik célja az volt, hogy 5 hazai nemesítésű paradicsom fajtajelöltet minősítsek a legfontosabb bioaktív összetevőik alapján. Vizsgáltam a minták antioxidáns kapacitását és összes polifenol tartalmát klasszikus fotométeres vizsgálatokkal, illetve a C-vitamin, a főbb karotinoidok (likopin, β-karotin), tokoferolszármazékok és a legjellemzőbb fenolos vegyületek mennyiségét HPLC-DAD módszerekkel.

Kutatásaim célja az volt, hogy összehasonlítsam a paradicsom fajtajelölteket és megtaláljam a vizsgáltak közül azt a paradicsom mintát, amiben a legtöbb antioxidáns tartalom fedezhető fel. A mérési eredményeim képezik az egyik alapját a további nemesítési lépésekhez és a megfelelő fajtajelöltek kiválasztásához.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Paradicsom

A paradicsom, latin nevén a *Solanum lycopersicum L.*, ami a változatos *Solanaceae* családba tartozik, amely több mint 3000 fajt foglal magában. A paradicsomnövény ehető bogyóját fogyasztjuk, a növény többi része mérgező. Dél-Amerika nyugati részéből és Közép-Amerikából származó faj. Egyes kutatások alapján a paradicsom háziasítása és termesztése, illetve élelmiszerként való felhasználása Mexikó bennszülött népeitől származhat. A paradicsom az umami íz jelentős forrása. Az umami az alapvető édes, savanyú. sós és keserű íz mellett az úgynevezett ötödik ízünk. A nátrium-glutamát adja a jellegzetes umami ízt. A paradicsomot leggyakrabban nyersen fogyasztják, ami azért is fontos, mert így nem vesznek el a bioaktív anyagok a zöldségből. A paradicsomnövények általában 1-3 méter magasra nőnek, de gyenge száruk miatt általában támogatásra szorul, karókkal kell segíteni a növekedésében. Egynyári növényként termesztik, de őshonos élőhelyükön évelő növények tekinthetők, egyes esetekben akár három évig is elélhetnek üvegházban. A paradicsom mérete fajtánként változik, 1–10 cm szélességben. A paradicsomnövények kétszikűek, elágazó szárak sorozataként nőnek, ahogy az 1.ábrán is láthatjuk, a végén egy végrüggyel, amely a tényleges növekedést végzi. A paradicsomot számos feldolgozott élelmiszertermékben használják, például szószokban, salátákban, levesekben és pasztákban. A paradicsom tápanyag-összetételét sok tényező befolyásolhatja, például függ a paradicsomfajtáktól, a termesztési körülményektől, illetve a környezeti feltételektől. (Helyes L. , 1999)

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

1. ábra: A paradicsom
Forrás: https://hu.pinterest.com/pin/595741856928911084/?mt=login

3.2. A paradicsom nemesítése

Hazánkban 45-50 zöldségfaj termesztésével foglalkoznak. A paradicsom üzemi méretű termesztése alig néhány évszázados múltra tekint vissza az egyes földrészeken. Termesztésének látványos növekedése az első világháború után következett be. Az 1960-as években a paradicsom termőterülete körülbelül 1 millió volt, ezen a területen nagyjából 18 millió tonna termést takarítottak be. Azonban a 70-es, 80-as évekre megkétszereződtek ezek a számok. Napjainkban jelentős szerepet tölt be a paradicsom a világ zöldségtermesztésében. Paradicsom termesztésben a legfontosabb versenytársaink közé soroljuk az Európai Unió tagállamait, mivel a világ paradicsom területének közel 7%-át, a termés mennyiségének 15%-át birtokolják. Az EU termelésének több mint 40%-át Olaszország állítja elő, őt követi Spanyolország, majd pedig Görögország. Olyan országokban érnek el kiemelkedő termésmennyiséget, ahol jó talajadottságok vannak, illetve száraz klíma jellemzi. Az ilyen területeken szakszerű és jól tervezett öntözéssel nagyon jól szabályozható a paradicsom megfelelő növekedése. A szabadföldön előszeretettel használt barázdás és esőszerű öntözés a csepegtető öntözéshez képest sokkal rosszabb vízhasznosítással rendelkeznek, ezért az ipari paradicsomtermelésnél a csepegtető öntözési módszerre álltak át. (Helyes L. , 2007)

A paradicsom minőségével szemben a termelők, a feldolgozók és a fogyasztók elvárásai különbözőek. A termelők elsődlegesen a termésbiztonságra törekednek, olyan fajtákat igyekeznek választani, melyek kiváló termőképességgel rendelkeznek, illetve számos betegséggel szemben ellenállók. A felhasználói oldalon a friss fogyasztást és a konzervipari feldolgozást lehet elkülöníteni, amelyekhez különböző igényeket várnak el, a paradicsom küllemével, eltarthatóságával és beltartalmával szemben.

A paradicsom küllemét tekintve, a bogyók alakja szerint számos típus létezik. Hazánkban főként a szabályos, gömbölyű formát részesítik előnyben, míg a dél-európai országokban inkább a nagyméretű, lapított alakú bogyók az elterjedtek. Fontos szempont még mind friss fogyasztás, mind pedig ipari feldolgozás szempontjából a bogyók keménysége. A bogyó keménysége meghatározza a szállíthatóságot, a gépi betakaríthatóságot, illetve a pulton tarthatóságot. Emellett fontos még a bogyó színe, mivel a friss piacra történő értékesítés során a termény eladhatóságát nagyban befolyásolja. Jelenleg piros, rózsaszín, barna, narancs és sárga színváltozatok fordulnak elő.

A paradicsomnemesítés alapjai a hagyományos módszerek, szelekció, keresztezés, heterózis, valamint a mutációs nemesítés, de egyes fajok esetén molekuláris genetikai

kutatásokat is alkalmaznak. A szelekció a hagyományos fajták megújításánál, valamint a fajtafenntartás folyamatában egyedszelekció módszer jellemző. A szelekció része a keresztezéses nemesítés, ahol az utódgenerációból homogén, tiszta vonalakat alakítanak ki. A heterózis hatás jellemzően a koraiságban, terméshozamban és a jobb alkalmazkodó képességben nyilvánul meg. A paradicsom molekuláris nemesítése rendkívül fejlődik, számos új technológiát alkalmaznak, például a molekuláris marker vagy a transzgénikus nemesítés. (Ledóné , 2016)

3.3. A paradicsom egészségvédő hatásai

A paradicsom kiváló tápanyag forrás és számos olyan bioaktív vegyületet találhatunk benne, amelyek hatása összefüggésbe hozható az emberi krónikus degeneratív betegségek, például a szív- és érrendszeri betegségek (CVD), a rák és a neurodegeneratív betegségek gyakoriságával. A különböző természetes antioxidáns vegyületek, mint például a karotinoidok (pl. a β-karotin és likopin), aszkorbinsav (C-vitamin), tokoferol származékok (E-vitamin) és bioaktív fenolvegyületek (rutin, kempferol, lutein, valamint kávésav, ferulsav és klorogénsav) magas koncentrációjuk miatt a paradicsom több betegség, különösen a krónikus betegségek enyhítésében, kialakulásának megelőzésében segíthet. Ezek a vegyületek jótékony szerepet töltenek be a reaktív oxigénfajták (ROS) gátlásában azáltal, hogy megkötik a szabad gyököket, gátolják a sejtkárosodást, az apoptózist, az enzimaktivitások modulálását, valamint a jelátviteli útvonalakat. A paradicsomot számos feldolgozott élelmiszertermékben használják, például szószokban, salátákban, levesekben és pasztákban. Figyelembe véve a paradicsom egészségügyi előnyeit, világszerte különféle nemesítési stratégiákat alkalmaztak a paradicsomban lévő hasznos fitokemikáliák szintjének növelésére. (mdpi.com, é.n.)

A paradicsom karotinoidjai és vitaminjai szerepet játszanak az oxidatív stressz csökkentésében, valamint a rák és a szív- és érrendszeri betegségek kockázatának minimalizálásában. A paradicsomfogyasztás jó hatással van a gyulladásos betegségek, például az érelmeszesedés kialakulásának csökkentésben. A paradicsomban lévő polifenolokról és karotinoidokról ismert, hogy akadályozzák a daganatképződést azáltal, hogy csökkentik a rák kialakulását. A karotinoidok modulálják az immunválaszt, serkentik az intercelluláris jelátviteli utakat, rendelkeznek A- vitamin pro-vitaminjának aktivitásával, szabályozzák a sejtciklust és az apoptózist, valamint számos fiziológiai folyamatot modulálnak, ezáltal ellenállóbbak lesznek különféle betegségekkel szemben. (ncbi, é.n.)

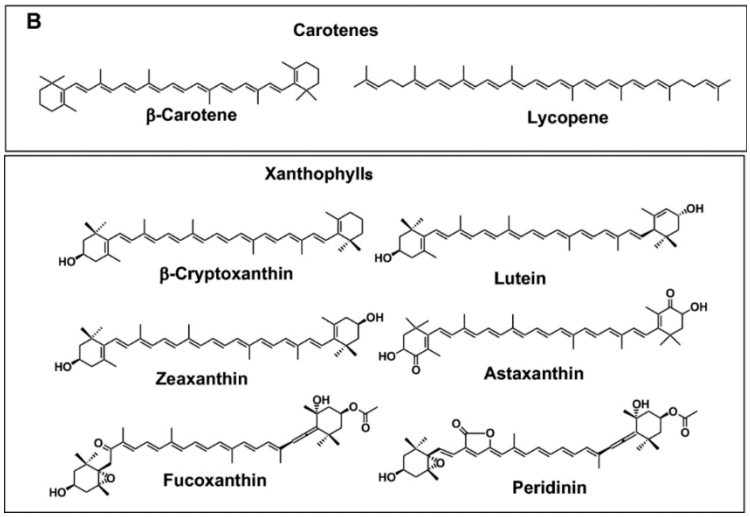
Szentirmai Lilla Szakdolgozat

3.3.1 Karotinoidok

A karotinoidok a klorofill vegyületek kísérői, ezáltal valamennyi fotoszintetizáló növényben megtalálhatók. Szervezetünkbe elsősorban növényi eredetű táplálékainkkal kerülnek be, hogy betölthessék az összetett biológiai szerepüket. A karotinoidok 2 csoportba sorolhatók szerkezetük szerint. Az egyik csoport a karotének, melyek szén- és hidrogénatomokból épülnek fel. A másik csoport a xantofillek, melyeknek oxigént is tartalmazó származékaik vannak. A legrégebben ismert karotén a karotin, melyet a sárgarépából nyertek ki. A karotinoidok elnevezés ebből az élénk sárga vegyületből származik. A karotin nem egységes vegyület, 3 izomert foglal magába, mégpedig az α- β-ϒ-karotint. Ebbe a vegyületcsoportba tartozik még a paradicsom piros színanyaga a likopin. Ezeknek a vegyületeknek nagyon hasonló a szerkezetük, all-transz konformációjú konjugált kettős kötés rendszert tartalmaznak az oldalláncukban. A likopin, a β- és a ϒ- karotin akirális vegyület. Az 1980-as években kimutatták, hogy a β-karotin csökkenti bizonyos a daganatok (tüdőrák, bőrrák) kialakulásának kockázatát. A paradicsom átlagos karotinoid tartalma 51 ppm (Hajós, 2008)

Pethő Menyhért (2016) a karotinoidokokat úgy definiálja, hogy 8 izoprénegységből álló 40 szénatomos vegyületek. A molekulalánc gerincét izoprénegységek alkotják, jonongyűrűkkel a két végén A karotinoidok járulékos pigmentek, ugyanis a kék tartományban elnyelt fényenergiát induktív rezonancia útján átadják a klorofillnak, ezáltal kiszélesítik a fotokémiailag aktív színképtartományt. Mindazonáltal védőpigmentek is, több módon védik a fotoszintetikus membránt és a klorofillt a fotodestrukcióval szemben. Így közreműködnek a szupramolekuláris proteinkomplexek stabilizálásában, gátolják a szinglett oxigén keletkezését, illetve a keletkező szinglett oxigént inaktiválják.

Szentimrai Lilla Szakdolgozat



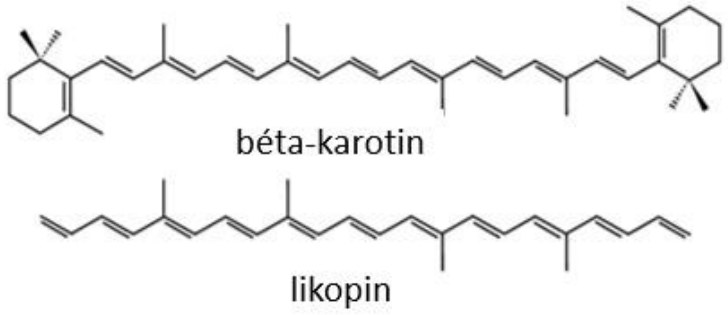
2. ábra: Karotinoidok szerkezete
Forrás: https://link.springer.com/article/10.1007/s11418-019-01364-x)

3.3.1.1 Likopin

A paradicsom biológiai szempontból legfontosabb karotin származéka a likopin, amely a vörös színért felelős. A likopin (2.ábra) farmakológiai hatásai közé tartozik a rákmegelőző, gyulladásgátló, antidiabetikus, antiallergén, antitrombotikus, antimikrobiális, antioxidáns, és értágító hatás. A karotinoidok hatására Kovács és szerzőtársai (2017) úgy hívják fel a figyelmet, hogy a paradicsomban nagy mennyiségben található likopin például számos vizsgálat tanúsága szerint csökkenti a prosztatadaganatok kockázatát, fogyasztásának nincsenek ismert veszélyei.

A karotinoidok és a fenolos vegyületek jó tápértékük és egészségjavító tevékenységük mellet, a paradicsom érzékszervi tulajdonságaihoz is hozzájárulnak, mint például a megfelelő aroma, íz és állag kialakítása és megőrzése. A paradicsomban található likopin mikrokristályos formában fordul elő, ami megnehezíti a felszívódását más karotinoidokhoz képest. Tanulmányok kimutatták, hogy az élelmiszerek melegítése a sejtfal felbomlásához vezet, és ezáltal megkönnyíti a likopin felszabadulását. A paradicsom 8,8–42,0 µg/g likopint tartalmaz, és az emberi táplálékban található likopin közel 85%-át adja. (mdpi.com, é.n.) A napi beviteli mennyisége nők esetében 0-1,53 mg, férfiak esetében pedig 0-1,74 mg az ajánlott fogyasztás.

Szentimai Lilla szakdolgozat



3. ábra: β-karotin, likopin szerkezete
Forrás: https://nemgondoltadvolna.blog.hu/2018/06/02/egeszseges_etelfesteke

3.3.1.2 Béta-karotin

A β-karotin az A-vitamin provitaminja (más néven elővitaminja). Ez azt jelenti, hogy belőle A-vitamin (retinol) képződik, amit a szerkezeti hasonlóság is jól mutat. A β-karotin az A-vitamin legfontosabb forrása, felesleg esetén kis mértékben elraktározódik. A β-karotin adja a sárgarépa, a sütőtök és a sárgadinnye jellegzetes színét, de megtalálható a tojássárgájában is. A vegyület a karotinoidok közé sorolható, melyek izoprénvázas molekulák. Szerkezete a 3. ábrán látható.

A β-karotin nem csak az A-vitamin előanyagaként, hanem antioxidánsként is fontos a szervezet számára. A β-karotin [E160a] az élelmiszeriparban természetes színezőanyag (étkezési zsírok, pl. margarin színezése), illetve antioxidáns (ÁGOTA et.al., 2000).

A β-karotin ajánlott napi beviteli értéke a nők és a férfiak esetén eltérő. A nők napi beviteli értéke 0,85-3,69 mg, míg a férfiak esetében 0,85-2,76 mg β-karotin fogyasztása ajánlott (Ylönen et.al, 2003).

3.3.2. C-vitamin (aszkorbinsav)

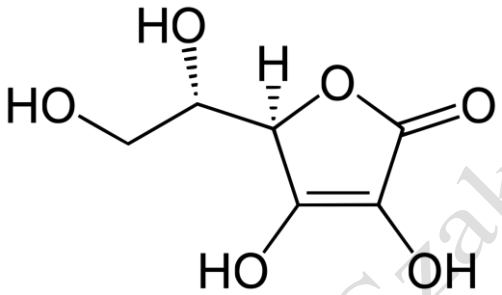
Lind ismerte fel 1853-ban, hogy a skorbut (C-vitamin hiánya miatt kialakuló súlyos táplálkozási hiánybetegség) nevű betegség narancs, illetve citrom levével gyógyítható. Majd 1928-ban Szent-Györgyi Albert állította elő kristályos formában a C-vitamint, amit akkor még hexuronsavnak nevezett el. Az aszkorbinsav szerkezeti felépítése a 3. ábrán látható.

Az aszkorbinsav vízben oldódik és könnyen oxidálódik dehidroaszkorbinsavvá, emiatt redukáló tulajdonsággal rendelkezik. Élettani szempontból igen jelentős, antioxidáns,

Szentirmai Lilla szakdolgozat

és gyökfogó ágens, valamint prooxidatív hatása is lehet. Az általunk elfogyasztott ételek C-vitamin tartalma 90%-ban felszívódik. A felszívódás aktív transzporttal történik. A paradicsom C vitamin tartalmának kimutatása HPLC berendezésen alapul, de UV detektorral is kimutathatjuk a nagyobb C vitamin mennyiséget. (Hajós, 2008, old.: 231-233)

„Az aszkorbinsav vitamin jellege miatt nélkülözhetetlen az emberi szervezet számára. A C-vitamin-hiány hajlamosít szív- és érrendszeri betegségekre, de nem bizonyított, hogy az élettanilag szükséges mennyiséget meghaladó adagú aszkorbinsav bármely, oxidatív károsodással összefüggésbe hozható betegség kockázatát csökkentené." (Kovácset.et.al., 2017)



4. ábra: C-vitamin (aszkorbinsav) szerkezete
https://hu.m.wikipedia.org/wiki/Aszkorbinsav)

C-vitamin egészségügyi hatását illetően igen sokoldalú. Antioxidáns hatásán kívül elősegíti a vas felszívódását is, oly módon, hogy a vas ionokat stabilizálja. A nitrátokat, nitriteket nem engedi tovább oxidálódni nitrózaminokká, aminek köszönhetően gátolja a rákos sejtek kialakulásának lehetőségét. A C-vitamin hiány számos stresszel összefüggő betegséggel is kapcsolatba hozható. Hasznos megfázás, influenza, valamint vírusos megbetegedésekkel szemben, csökkenti a további szövődmények kialakulásának kockázatát. Egyes kutatások kimutatták, hogy a vérben lévő magas C-vitamin szint csökkenti a stroke kialakulását, gátolja még a bőr öregedését, mert a C-vitamin hatással van a sejtekre. (ncbi.nlm.nih.gov, ncbi.nlm.nih.gov, 2017)

A C-vitamin napi ajánlott mennyisége országonként eltérő. A legmagasabb napi beviteli érték Franciaországban található, ahol 110 mg a napi ajánlás. Ezzel ellentétben a legalacsonyabb napi bevitel Indiában és az Egyesült Királyságban található, ahol 40 mg a napi ajánlás. (Carr & Lykkesfeldt, 2021)

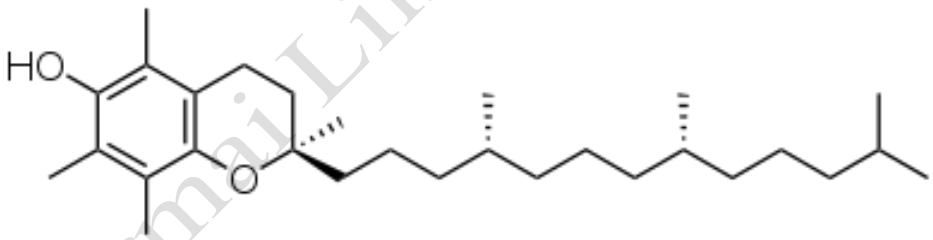
Szentirmai Lilla Szakdolgozat

3.3.3 Tokoferol (E-vitamin)

A tokoferol származékok, más néven E-vitaminok szerves, zsírban oldódó, metilált fenolvegyületeket jelölnek. Az E-vitamin nyolc különböző molekulát tartalmaz (négy tokoferolt, négy tokotrienolt) Élelmiszerekben antioxidánsként használják, főként tartósítószerként. (Wikiwand, é.n.)

„A tokoferolok alapvegyülete a tokol, amiből összesen 8 különböző szerkezetű vegyület keletkezhet. Görög kisbetűkkel jelölve különböztetik meg őket egymástól. A tokoferolok 3 izoprénegységet és oxigéntartalmú krómvázas heterociklust tartalmaznak. Könnyen oxidálódnak már izolálás közben is, ezért különböző speciális módszereket dolgoztak ki a kimutatásukra. Legegyszerűbben HPLC berendezéssel tudjuk szétválasztani, illetve elemezni őket.” (Hajós, 2008, old.: 92)

A természetes eredetű E-vitamin nagy részét az α-tokoferol alkotja (4. ábra), a szintetikusan előállítottban viszont biológiailag nem aktív és rosszabbul felszívódó tokoferol-származékok is előfordulhatnak nagyobb mennyiségben. (Kovács et. al., 2017, old.: 38)



5. ábra: α-tokoferol szerkezete
(Forrás: saját szerkesztés (Wikiwand, é.n.) alapján

A C-vitaminhoz hasonlóan az E-vitamin is erős antioxidáns a szervezetünkben, csökkentheti az oxidatív stressz hatását. Egyes kutatások azt sugallják, hogy az E-vitamin segíthet csökkenteni a szív és érrendszeri betegségek kockázati tényezőit. Hasznos lehet még egyes bőrbetegségek kezelésére is, például az ekcémára, valamint csökkenti a gyulladást, erősíti az immunrendszert, illetve a tüdő működését. (healthline.com, 2022)

Az E-vitamin ajánlott napi beviteli mennyisége legalább 14 éves férfiak és nők esetén is 15 mg, ami 22 nemzetközi egységnek felel meg. (Schmidt-Szantner et.al, 2022)

Szentmai Lilla Szakdolgozat

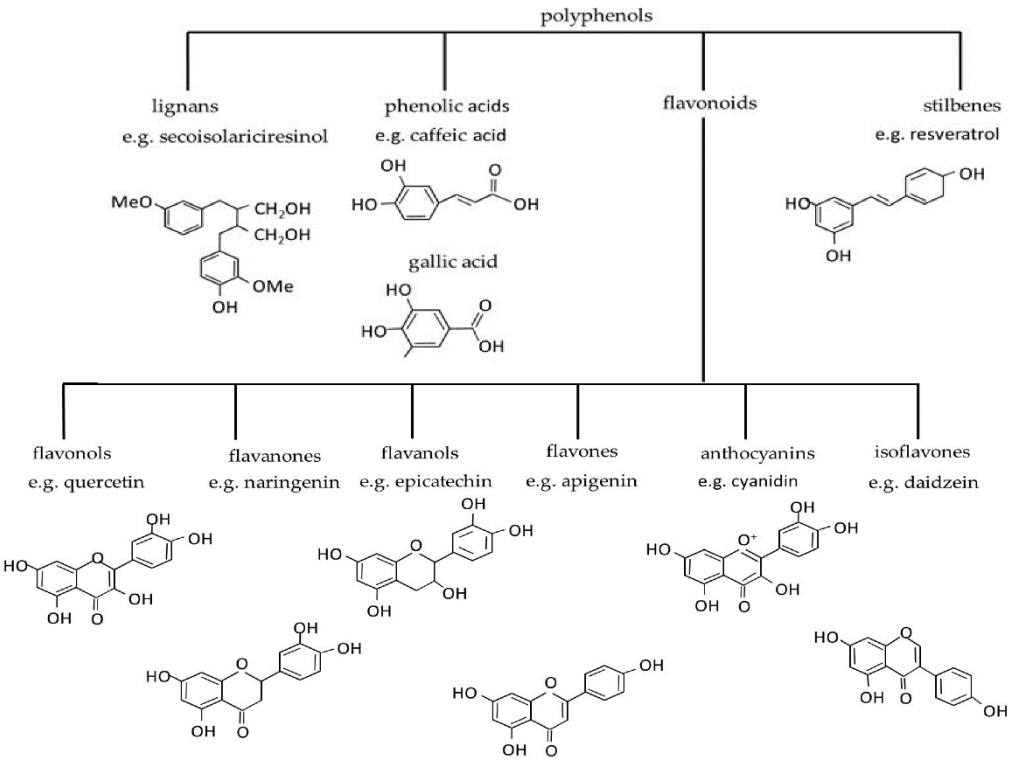
3.3.4 Polifenol

A polifenolok magasabb rendű növények által termelt másodlagos metabolitok. Számos fontos szerepet töltenek be az emberi szervezetben, elsősorban antioxidánsként, gyulladáscsökkentőként, antiallergiás, valamint rák megelőző hatással is rendelkeznek. Jelentős tulajdonságuk, hogy antibakteriális, vírusellenes illetve gombaellenes hatással is bírnak. Ezeken a hatásukon alapul, hogy lényeges szerepet játszanak az ultraibolya sugárzás, illetve a növények kórokozók elleni védekezésében.

„A polifenol-frakció fokozza a szívkoszorúerek és verőerek relaxációját, aminek következménye a vérnyomás csökkenése és a szívizom jobb vérellátása. Valószínűleg ezzel a hatással magyarázható a vörösborfogyasztás és az ischaemiás szívbetegségek gyakorisága közötti negatív korreláció.” (Kovács et. al., 2017, old.: 21)

Több mint 8000 polifenol vegyületet azonosítottak különböző növényfajokban. Szerkezetét tekintve flavonoidokra és nem flavonoidokra oszthatóak (6.ábra). A flavonoidok egy közös difenil-propán szénvázat és két benzolgyűrűt tartalmaznak. A nem flavonoidok csoportjába tartoznak a fenolsavak, amelyek a benzoesav származékaira oszthatók, a stilbének és a lignanok. Fenolsav például a galluszsav, fahéjsav, kávésav és ferulsav. Ezek mellett a polifenolok főként glikozidokként vagy nagy molekulatömegű komplex polimerizált molekulákként, például tanninokként vagy különféle savakkal társulva vannak jelen a növényi szövetekben. Gyakori más vegyületekkel, például karbonsavakkal és szerves savakkal, aminokkal, lipidekkel és más fenollal való kapcsolódás is. A kávésav, a galluszsav, a ferulasav néhány gyakori fenolsav. (ncbi.nlm.nih.gov, ncbi.nlm.nih.gov, 2009)

Szentirmai Lilla szakdolgozat



6. ábra: Polifenolok szerkezete
Forrás: https://www.mdpi.com/2072-6643/15/1/158

Elettani hatását tekintve potenciális szerepet játszanak a krónikus betegségek megelőzésében, szív- és érrendszeri betegségek kialakulásának csökkentésében, daganatos megbetegedések, illetve a csontritkulás kockázatának minimalizálásában. Ezeket a jellemzőket főként az antioxidáns, valamint szabadgyökfogó tulajdonságai miatt képes kivitelezni. A polifenolok közül a flavan-3-olok, flavonolok és a tanninok a többi polifenolhoz képest magasabb antimikrobiális aktivitással rendelkeznek. (Daglia, 2012)

A polifenol ajánlott napi beviteli értéke a nők és a férfiak esetén eltérő. A nők napi beviteli értéke 368-817 mg, míg a férfiak esetében 458-919 mg polifenol fogyasztása ajánlott. (Ovaskainen et. al, 2007)

Szentirmai Lilla

4. Anyagok és módszerek

Felhasznált paradicsom minták:

5 db hazai nemesítésű paradicsom fajtajelöltet vizsgáltunk.

A növényeket a MATE Kalocsai Zöldségtermesztési Kutatóintézet (Jelenleg MATE, Kertészettudományi Intézet, Zöldségtermesztési Kutató Osztály) kísérleti parcelláin termesztették. A szabadföldi kísérleteket laza homokos talajon végezték 2021-ben. A kísérletben professzionális hibrideket, teszthibrideket használtak. A palántákat fűtött üvegházban neveltették, majd májusban kerültek kiültetésre a szabadföldbe. A kiültetés során komplex granulált NPK műtrágyát és baromfitrágyát használtak. Speciális öntözést kaptak, az öntözött víz mennyiségét a tenziométerek adataiból és a növények fajlagos vízigényéből számították ki. Mindegyik minta más növényről, illetve más sorból származó, de azonos érettségi fokúak. A vizsgálati mintákat 4-5 növényről származó azonos érettségű bogyók homogenizálásával készítettük. A homogenizált mintákat -20 °C-on tároltuk a mérésekig. A vizsgálatokat 2 párhuzamos vizsgálati minta mérésével végeztük.

<u>Felhasznált anyagok és vegyszerek</u>

- Trolox (Fluka; 98%-os), 6-Hidrox-2,5,7,8-tetrametilkromán-2-karboxilsav
- DPPH (Aldrich Chemistry; 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)
- VWR analitikai tisztaságú metanol
- 2-szer desztillált víz (laboratóriumban készített)
- Folin reagens
- 20%- os nátrium-karbonát
- kvarchomok kénsavval mosott
- analitikai tisztaságú metanol (VWR)
- analitikai tisztaságú 1,2- dikloretán (VWR)
- nátrium-szulfát (VWR Sodium sulphate anhydrous)
- HPLC aceton
- Glukóz
- Fruktóz
- Szacharóz
- Acetonitril HPLC minőségű (VWR)
- 2%-os ecetsavas MeOH
- 30%-os metanolos KOH

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

- HRS metanol analitikai tisztaságú
- aszkorbinsav (Analar Normapur VWR)
- 20%-os Nátrium-klorid (Merck)
- Hexán (VWR Analar Normapur)
- vízmentes Nátrium-szulfát (Reanal)
- galluszsav

4.1. Antioxidáns tartalom mérés

Eszközök:

- szűrőpapír (Macherey-Nagel)
- mérőlombik
- centrifugacső
- műanyag küvetta
- üvegküvetta
- pipetta
- Műszerek:
- FALC rázógép
- Spektrofotométer: Jasco model 7850 UV/VIS

Oldatok:

- Trolox 0,001 M-os oldat (25.03 mg 100 ml metanolban oldva)
- DPPH oldat 0.001 M-os (39.4 mg DPPH 100 ml metanolban oldva)(lilás oldat)
- Reagens: 10 x hígított DPPH törzsoldat 80 %-os metanollal- frissen
- Trolox kalibrálás:
- Trolox törzsoldatból 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 ml-t mérünk 10 ml-es mérőlombikba és MeOH-al jelre töltjük. Ebből a sorozatból mérünk ki 50 μl-t + 2 ml reagenst.
- Vak: 50 μl MeOH + 2 ml DPPH reagens

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

4.1.1 DPPH meghatározás

Mérés menete:

- 1 g mintát centrifugacsőbe kimértem
- 10 ml-re feltöltöttem 80%-os MeOH-al
- Az extrakcióhoz a mintákat 24 óráig (4 C°- on) hűtőszekrényben tároltam
- Ezután a mintákat 30 percig szobahőmérsékleten rázógépen keresztül rázattam
- Szűrőpapíron leszűrtem
- A továbbiakban ezt a metanolos szűrletet használtam.
- 15 ml-es centrifugacsőben pipettáztam 50 µl mintát + 2 ml DPPH reagenst
- Szintén 15 ml-es centrifugacsőbe pipettáztam 50 µl desztillált vizet + 2 ml DPPH reagenst, ez lett a vak mintám
- A mintákat 30 percig 37°C-on inkubáltam sötétben
- Végül műanyag küvettában -517 nm-en mértem az abszorbancia csökkenést a mintát nem tartalmazó vakhoz képest.

4.1.2 Polifenol tartalom meghatározása

Mérés menete:

- 1 g mintát centrifugacsőben kimértem
- 10 ml-re feltöltöttem 80%-os MeOH-al
- Az extrakcióhoz a mintákat 24 óráig (4 C°- on) hűtőszekrényben tároltam
- Ezután a mintákat 30 percig szobahőmérsékleten rázógépen keresztül rázattam
- Szűrőpapíron leszűrtem
- A továbbiakban ezt a metanolos szűrletet használtam fel.
- 15 ml –es centrifugacsőbe pipettáztam:
  100 µl extraktumot
  + 3,7 ml desztvizet
  + 0,5 ml Folin reagenst
  + 2 ml 20%-os Na-karbonátot
  ezt kiegészítettem 10 ml-re desztillált vízzel
- A minták abszorbanciáját 1 óra sötétben állás után műanyag küvettában mértem 750 nm-en.
- Az eredmények kiértékeléséhez galluszsav kalibrációs egyenest készítettem és az összes polifenol tartalmat galluszsav ekvivalensben (GAE) fejeztem ki mg/kg-ban.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

4.2. Színanyagvizsgálat

- Eszközök:
- Erlenmeyer lombik
- Választótölcsér
- injekciós tű
- Syringe Filter (Filter-Bio)
- Műszerek:
- Vákumbepárló: Büchi Vacuum Pump V-700 (pumpa); Büchi Rotavapor R-200 (bepárló); Büchi Heating Bath B-490
- Waters Allience HPLC: Tartalmaz egy 2965 típusú Waters Separation Modul,
- Waters 2996 diódasoros detektor ;adatfeldolgozó program Empower szoftver;
- Oszlop: EC 150/4.6 NUCLEODUR C18, ISIS 3um.
- Gradiens elúció: B: 2x Desztvíz D: HPLC Aceton

	Time	Flow	%B	%D
1	0,01	0,7	20	80
2	15	0,7	7	93
3	25	0,7	7	93
4	28	0,7	20	80
5	30	0,7	20	80

Áramlási sebesség: 0,9 ml /min

Injektálási mennyiség: 20 µl

Mérés menete:

- Egy mérőedénybe bemértem 2 g homogenizált paradicsomot.
- Dörzsmozsárban kvarchomok segítségével homogénre dörzsöltem a paradicsom mintáimat.
- Hozzáadtam 20 ml metanolt és állni hagytam 5 percet.
- A felülúszót átöntöttem egy Erlenmeyer lombikba.
- A maradékot 10 ml metanol és 50 ml 1,2-diklóretán keverékével átmostam az Erlenmeyer lombikban.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

- Kézzel összeráztam és pár ml desztillált vizet adtam hozzá.
- Majd választótölcsérbe töltöttem.
- Az alsó fázist 10 g vízmentes nátrium-szulfáton keresztül leszűrtem.
- A végén pedig 5 ml 1,2-diklóretánnal átmostam.
- Büchi Vákuum bepárlón szárazra pároltam.
- A bepárlási maradékot 4 ml HPLC acetonban oldottam, majd beinjektáltam a berendezésbe.

4.3. Tokoferol származékok (E-vitamin) meghatározása HPLC-vel

Eszközök:

- mérleg
- cengrifugacső
- gömblombik
- tölcsér
- pipetta
- kiskanál
- választótölcsér
- injekciós tű
- szűrőpapír (pro analysi)

Műszerek:

- Elektromos fűtőegység (Falc)
- Vákumbepárló (Büchi Vacuum Pump V-700 (pumpa); Büchi Rotavapor R-200 (bepárló); Büchi Heating Bath B-490)
- HPLC (Pumpa: Jasco 880-PU Intelligent HPLC PUMP; Detektor: Shimadzu RF-535 Fluorescence HPLC Monitor; Integrátor: Shimadzu C-R6A Chromatopac; Oszlop: NUCLEOSIL 100 Silica 5μ, 250 x 4,6 mm; Izokratikus elúció: Eluens –HPLC nHexán 95% : HPLC Ethanol – 99,6 : 0,4 arányú keveréke; Áramlási sebesség: 0,9 ml /min Injektálási mennyiség:20 μl)

Mérés menete:

- 2 g homogenizált paradicsomot elszappanosítottam 5 ml 30%-os metanolos KOH, 20 ml metanollal és 0,5 g aszkorbinsav hozzáadásával, 35 percen keresztül elektromos fűtőegységen, majd csapvízzel lehűtöttem.
- Lehűtés után 15 ml 20%-os NaCl oldatot adtam a mintákhoz.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

- Ezután 2 x 40 ml n-hexán hozzáadásával rövid rázás (30mp) után választótölcséren keresztül szétválasztottam, hogy kivonjam a zsír fázisokat.
- A hexános fázist 2x átmostam desztillált vízzel, majd vízmentes Na_2SO_4-on keresztül leszűrtem.
- A szűrletet Büchi vákuum bepárlón szárazra pároltam, a maradékot pedig 4 ml HPLC hexánban feloldottam.
- A mintákat HPLC-s mintaszűrőn keresztül szűrtem, majd beinjektáltam a berendezésbe

4.4. Fenolos vegyületek mérése HPLC-vel

Eszközök:

- Analitikaimérleg
- Centrifugacső
- Fecskendő
- Fecskendőszűrő (Filterbio)
- Műszerek:
- Vortex (VWR labdancer S040)
- Centrifuga (Orto Alresa Digicen 21R)
- HPLC-DAD-QDA kapcsolt analitikai rendszer (Waters Alliance: e2695 Separations Module elválasztási modul; Waters 2998 PDA diódasoros detektor; Waters Acquity QDA tömeg detektor) Oszlop: Kinetex 5µm Biphenyl 100A (150x4,6 mm)
- Empower 3 adatfeldolgozó program
- QDA: mód: negatív, kónusfeszültség: 30 V, kapilláris feszültség: 0,8 kV

QDA tömegmérés mód: negatív	100-1000 Da (meghatározott)
kónuszfeszültség:	30 V
kapilláris feszültség:	0.8 kV (meghatározott)

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

- Eluens program:

		idő	áramlási sebesség	A	B
		(p)	(ml/p)	%	%
	1	0,01	0,7	95	5
	2	8	0,7	82	18
	3	20	0,7	65	35
	4	22	0,7	50	50
	5	24	0,7	50	50
	6	26	0,7	95	5
	7	30	0,7	95	5
A	0,1% hangyasavas acetonitril				
B	0,1% hangyasav				
injektált mennyiség		20µl			

Mérés menete:

- Egy centrifugacsőben 2%-os ecetsavas MeOH-val feltöltöttem a mintákat 5 ml-re és Vortex-en homogenizáltam őket.
- A mintákat 15 percig centrifugáltam
- Az elvált folyadékréteg felső részét, azaz a felülúszót áttöltöttem másik cenrifugacsőbe
- A mintákat 45 µm-es fecskendőszűrőn keresztül szűrtem, majd injektáltam

4.5. Statisztika

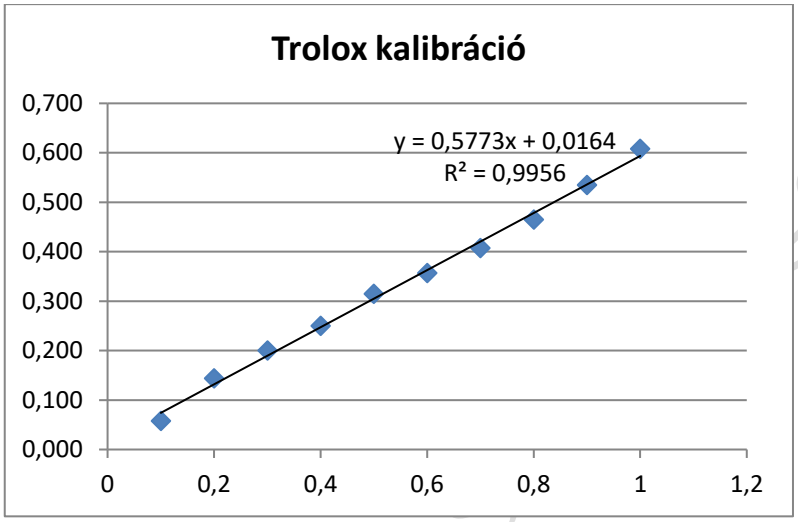
A Microsoft Excel program segítségével értékeltem ki a mintáimat, valamint átlagot és szórást számítottam. T-próbával hasonlítottam össze a mintáim szignifikancia szintjét.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

5. Eredmények és kiértékelésük

5.1. Antioxidáns tartalom mérési eredményei

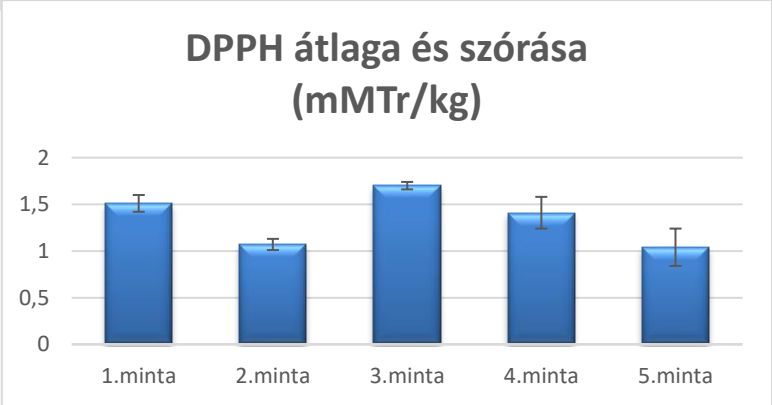
5.1.1 DPPH meghatározásának kiértékelése



7. ábra: Trolox kalibráció (Törzsoldat: 25,029 mg/100 ml)
Forrás saját szerkesztés

Az antioxidáns kapacitás mérésére több módszer is alkalmazható, ami teljesebb képet adhat az antioxidáns hatásról, de a dolgozat kereteibe, csak ez a vizsgálat fért bele. A többi mérési eredménnyel együtt teljesebb képet ad a vizsgált minta beltartalmi értékéről.

A mérési adatok kiértékeléséhez a vak oldat, valamint a minta abszorbanciájának a különbségét használtam. Ahogy a 7.ábra is mutatja, kalibrációs egyenes segítségével állapítottam meg a minták antioxidáns kapacitását Trolox egyenértékben.

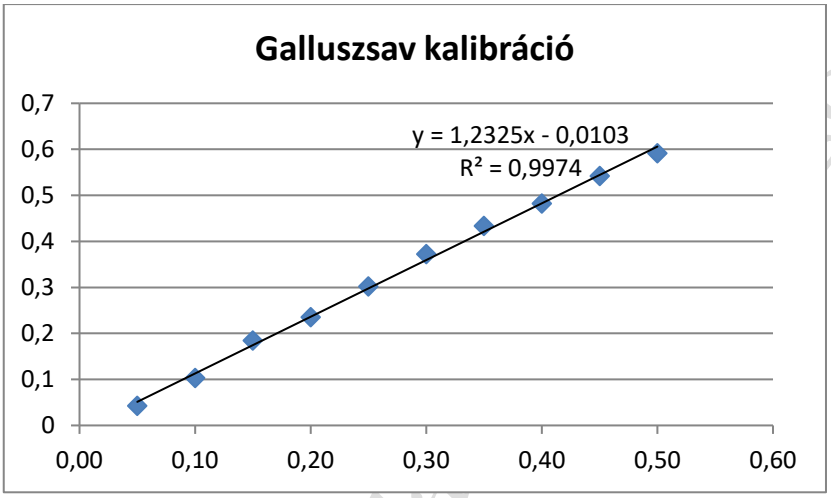


8. ábra: DPPH átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

A 8. ábrán látható, hogy a legmagasabb antioxidáns kapacitást a 3. mintában (1,70 mMTr/kg), míg legalacsonyabb értéket 2.- és 5. mintákban mértem (1,07- 1,04 mMTr/kg). A 3. minta antioxidáns kapacitása szignifikánsan magasabb volt a többi mintához képest.

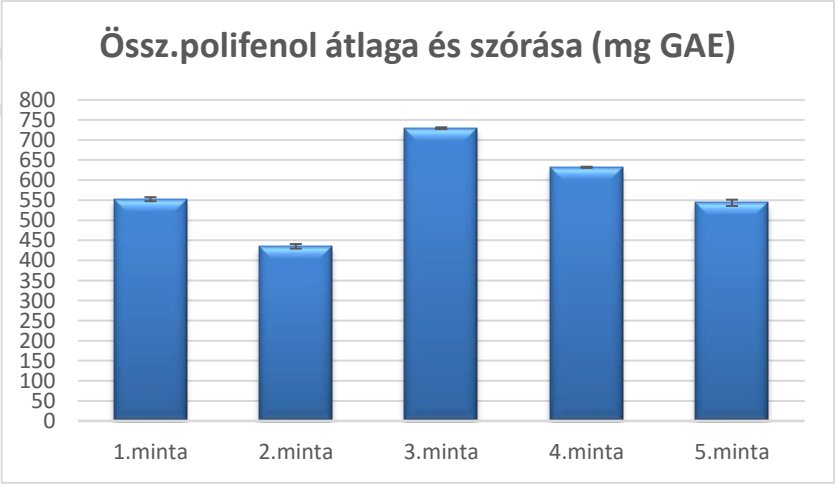
5.1.2 Összes polifenol meghatározásának kiértékelése

Az összes polifenol mérésénél galluszsav ekvivalens értékben adtam meg az eredményeket.



9. ábra: Galluszsav kalibrációs egyenese (Törzsoldat: 50 mg/100 ml)
Forrás: saját szerkesztés

Az adatok kiértékelésénél a vak oldat, valamint a mintám abszorbanciájának a különbségét használtam az eredmények kiértékeléséhez. A kalibrációs egyenes (lásd: 9.ábra) segítségével állapítottam meg a minták antioxidáns kapacitását GAE egyenértékben.

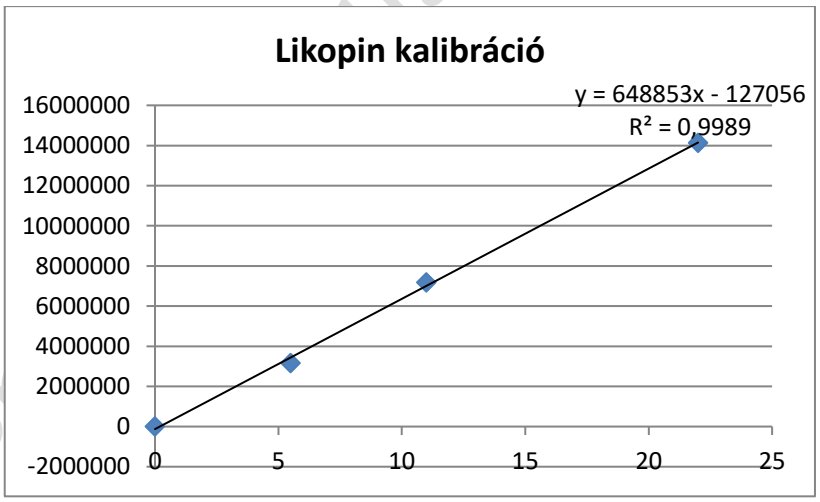


10. ábra: Összes polifenol átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

Az összes polifenol értékek szintén a 3. minta esetében voltak a legmagasabbak (729,50 mg GAE /kg), a különbség szignifikánsnak bizonyult a többi mintához viszonyítva. A legkisebb értéket a 2. minta esetében kaptuk (435,00 mg GAE /kg), hasonlóan az antioxidáns értékekhez. A két adat, ahogy a 8. és 10.ábra is mutatja, jól korrelál egymással.

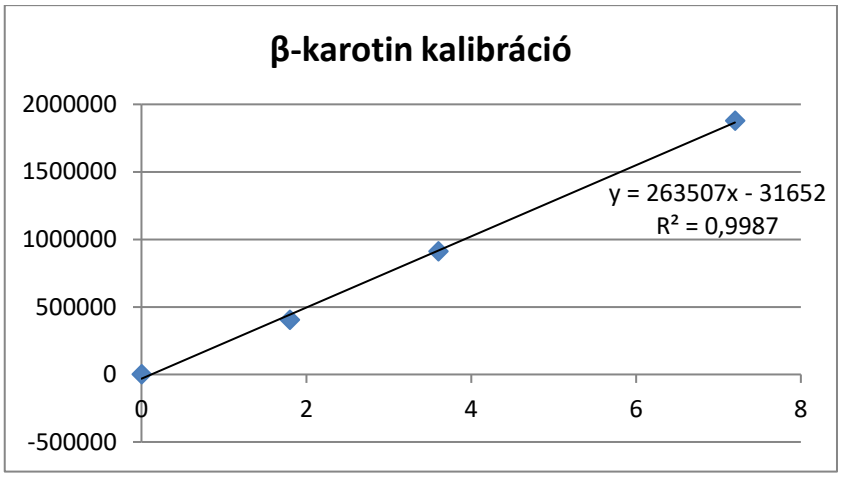
5.2. Színanyagvizsgálat eredményei

A mintákat oldószeres extrakció után HPLC-UV módszerrel vizsgáltam és a két legjelentősebb karotin származék, a likopin és a β-karotin mennyiségét értékeltem ki. Ez a két vegyület alkotja a paradicsom karotinjainak 98 %-át. Likopin és karotin standardokból is készítettem kalibrációt (lásd: 11.-12. ábra). Az egyenes egyenletébe beillesztettem a mérés során kapott görbe alatti területeimet és ezáltal megkaptam a likopin és β-karotin mennyiségét µg/ ml-ben. Ezt szoroztam meg az oldattérfogattal, majd osztottam a bemérési tömeggel. Így kaptam meg a tényleges µg/g értéket, amiből átlagot és szórást tudtam számolni.



11. ábra: Likopin kalibrációs egyenese (Törzsoldat: 2200 µg/ 10ml)
Forrás: saját szerkesztés

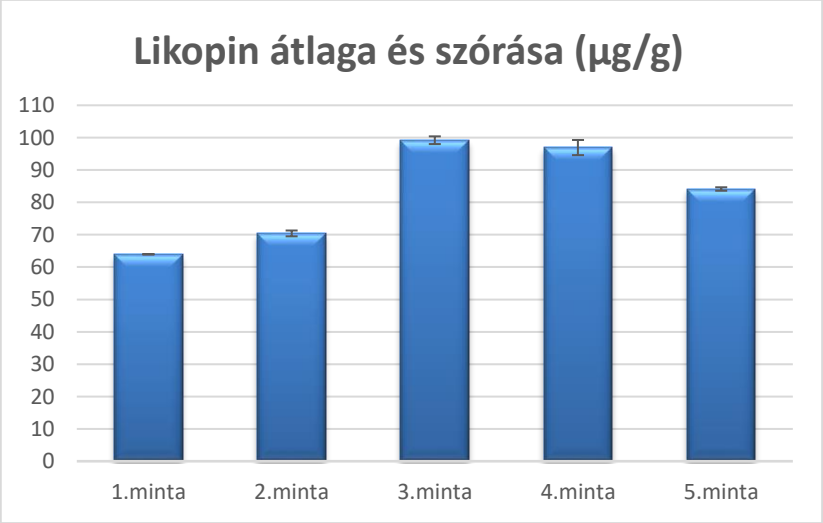
Szerkesztési szakdolgozat



12. ábra: β-karotin kalibrációs egyenes (Törzsoldat:1800 µg/ 10 ml)
Forrás: saját szerkesztés

A likopin eredmények alapján a 3. és a 4. minta bizonyult a legjobbnak (lásd: 13.ábra) 99,21 és 96,94 µg/g koncentrációban tartalmaztak likopint. A két minta között nem találtam szignifikáns eltérést, viszont mindkét mintában szignifikánsan magasabb volt a likopin koncentrációja a többi mintához képest. A β-karotin koncentráció (lásd: 14.ábra) szintén a 3. mintában volt a legmagasabb 6,20 µg/g, valamint az 1. mintában 5,98 µg/g, ez a két minta nem különbözött szignifikánsan egymástól. A másik 3 minta szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott.

Az eredmények alapján látható, hogy az összes karotinoid mennyiség szintén a 3. mintában a legmagasabb.

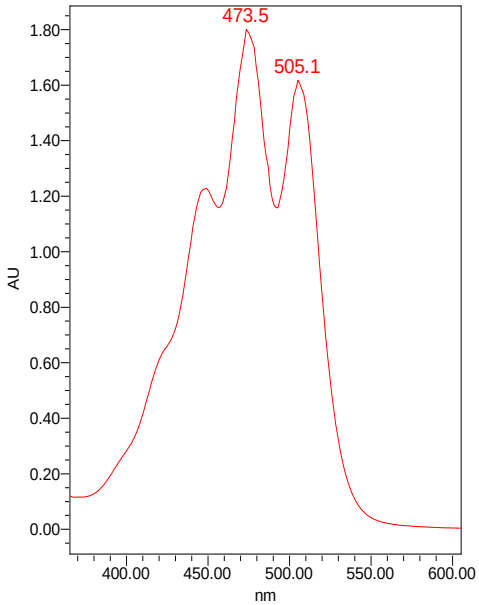


13. ábra: Likopin átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

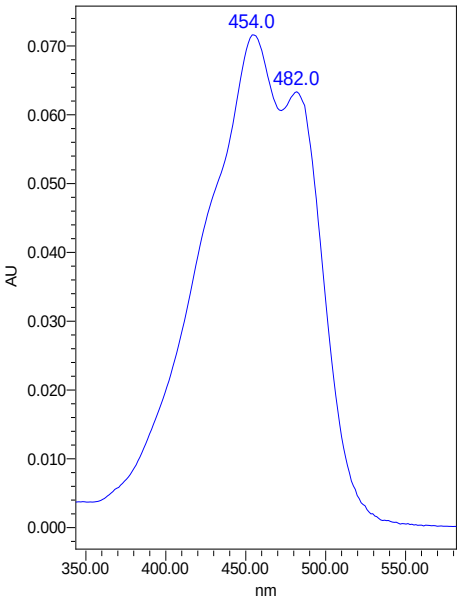
Szerzői Lilla Szakdolgozat

14. ábra: β-karotin átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

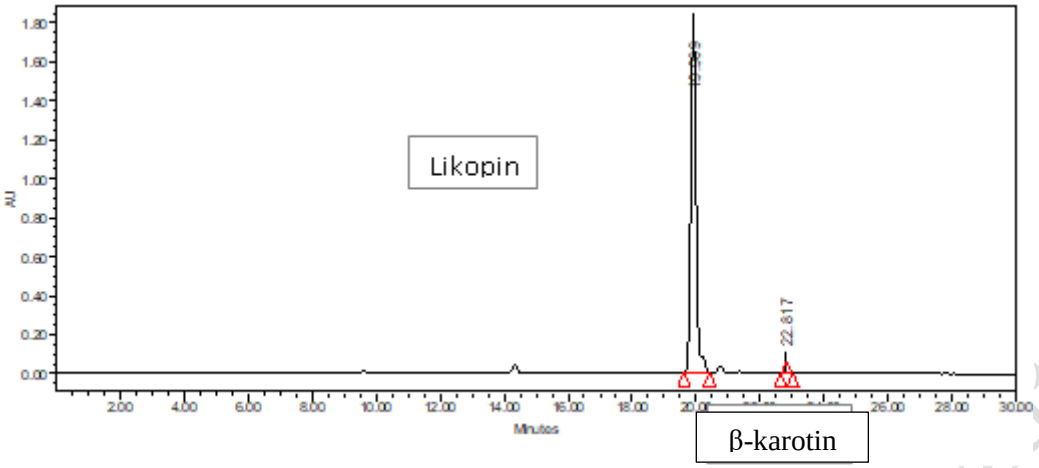
Paradicsom kromatogramja:



15. ábra: Likopin spektruma
Forrás: saját szerkesztés



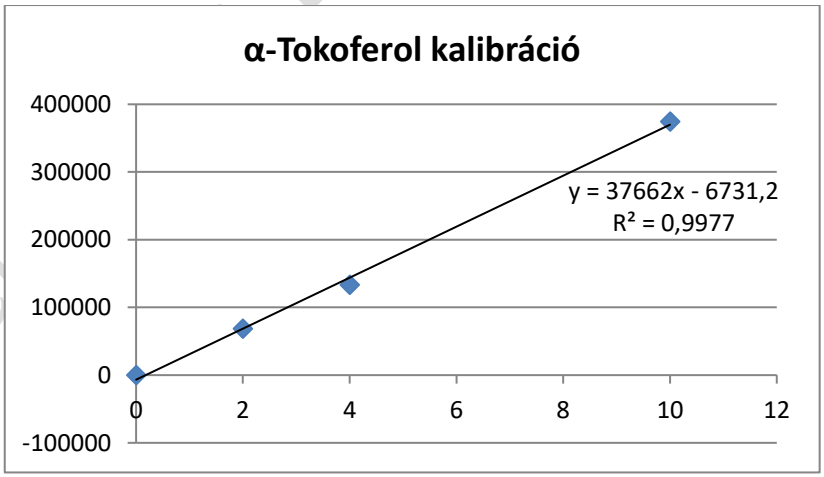
16. ábra: B-karotin spektruma
Forrás: saját szerkesztés



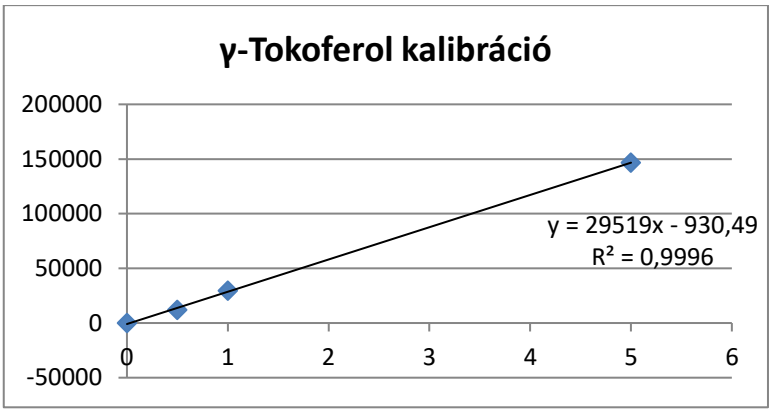
17. ábra: Paradicsom kromatogramja
Forrás: saját szerkesztés

5.3. Tokoferol származékok (E-vitamin) kiértékelése

A tokoferolok mennyiségét szappanosítás, majd oldószeres extrakció után NP-HPLC-FLD módszerrel mértem (kromatogram 22. ábra.) A kiértékelés során az α- és ϒ-tokoferol értékeket mutatom be, amelyek biológiai aktivitás szempontjából a legfontosabbak. Mindkét vegyület standard molekuláiból készítettem kalibrációs egyenest és ez alapján értékeltem ki a méréseimet. (lásd: 18.-19.-ábra).



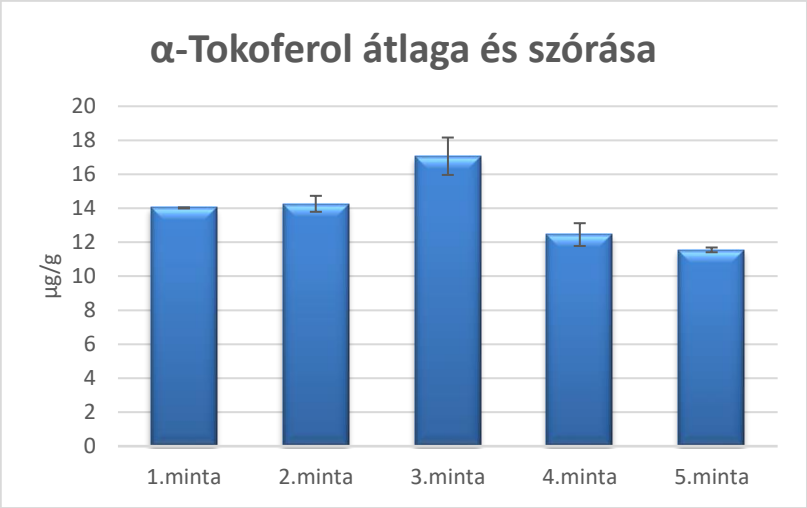
18. ábra: α-Tokoferol kalibrációs egyenese (Törzsoldat: 1000 µg/10 ml)
Forrás: saját szerkesztés



19. ábra: ϒ-Tokoferol kalibrációs egyenese (Törzsoldat:500 µg/10 ml)
Forrás: saját szerkesztés

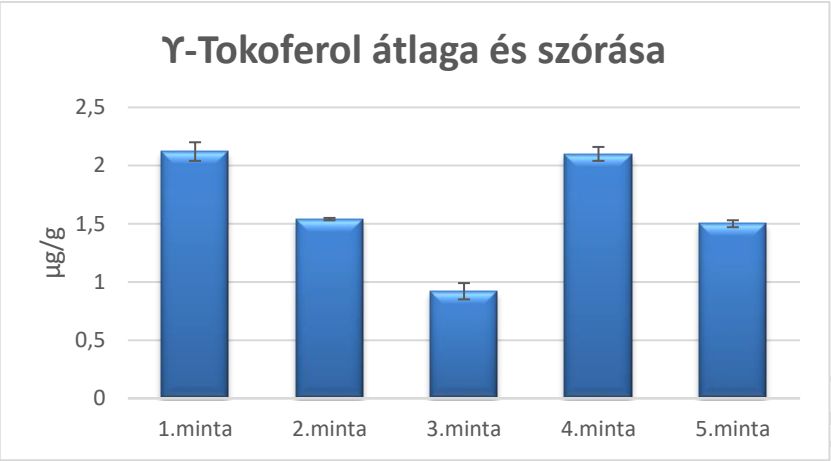
Az tokoferol eredmények kiértékelése során szintén a 3. minta bizonyult a legjobbnak, 17,06µg/g koncentrációban tartalmazott α-tokoferolt, ami szignifikánsan magasabb érték a többi mintához képest (lásd: 20.ábra). A ϒ-tokoferol a 3. mintában volt a legalacsonyabb 0,92µg/g, míg az 1 és 4 mintákban a legmagasabb 2,12 és 2,10 µg/g (lásd: 21.ábra).

Az eredményekből az látható, hogy 3. paradicsom minta tartalmazott a legtöbb α-Tokoferolt, viszont egyben ez a minta tartalmazza a legkevesebb ϒ-Tokoferolt is. Ez abból adódik, hogy a tokoferolok bioszintézise során az α-tokoferol a γ-tokoferolból képződik. Ebben a fajtajelöltben valószínűleg a γ-tokoferolok az érés során átalakultak α-változattá (researchgate.net, 2003).



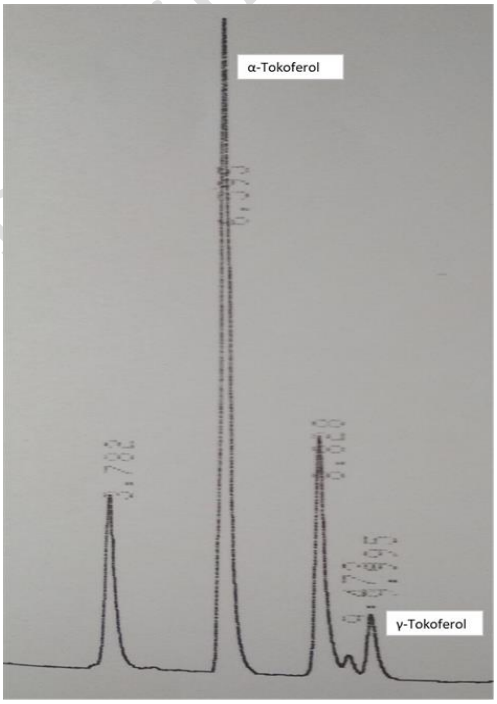
20. ábra: α-Tokoferol átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

Szerzői jogvédett anyag



21. ábra: ϒ-Tokoferol átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

Paradicsom kromatogramja:



22. ábra: Paradicsom kromatogramja
Forrás: saját szerkesztés

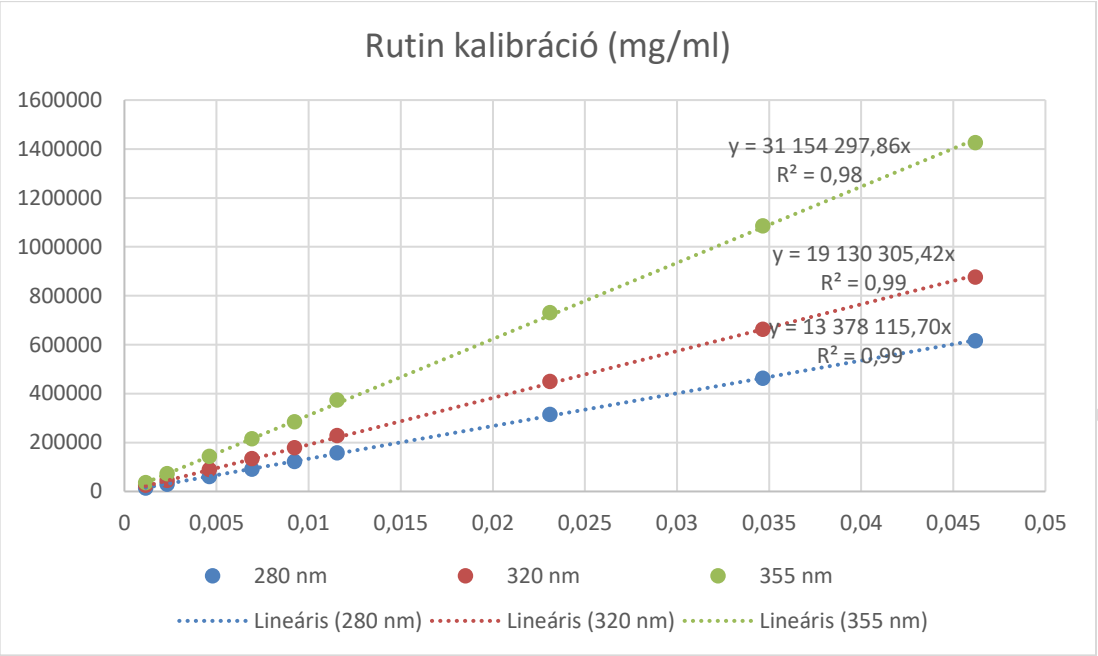
Szentirmay Szilla Szakdolgozat

5.4 Fenolos vegyületek mérési eredményei

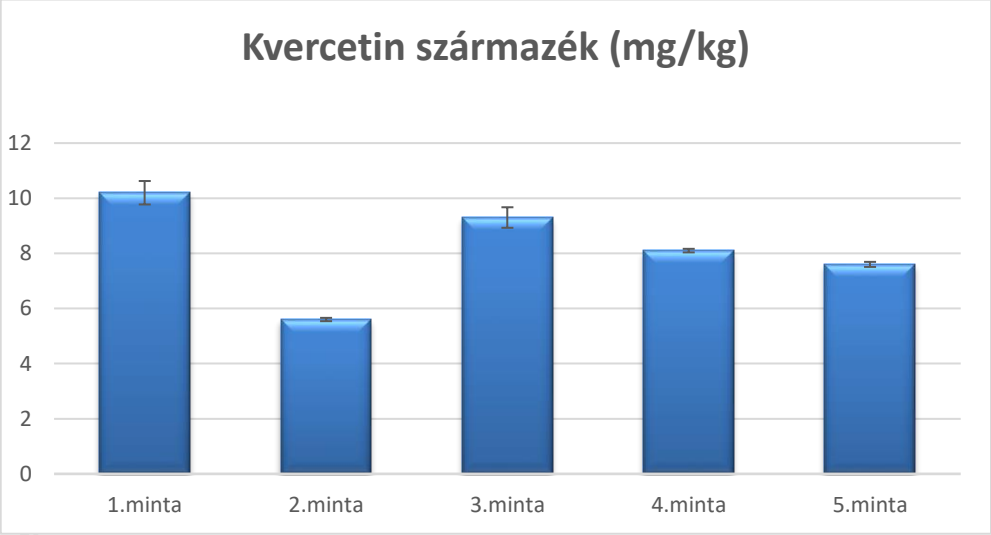
A paradicsom mintákból 6 komponenst választottam ki, amelyek a legnagyobb koncentrációban voltak jelen a mintákban, ezeknek a mennyiségét vizsgáltam. Három különböző hullámhosszon vettem fel a kromatogramokat és MS detektorral azonosítottam a komponenseket. 355 nm-en egy kvercetinszármazékot (Moltömeg: 741 g) és a rutint vizsgáltam, 320 nm-en egy kávésav-glükozidot (Moltömeg: 341 g) és a klorogénsavat, illetve 280 nm-en egy dihidroxi-benzoésav származékot (Moltömeg: 280 g) és kumarinsav-glükozidot (Moltömeg: 325) vizsgáltam. A komponenseket molekulatömeg (QDA – detektálás) és a spektrum (lásd: 30-32. ábra) alapján azonosítottam internetes adatbázis segítségével. Mindhárom hullámhosszon készítettem rutin kalibrációt és rutin egyenértékben adtam meg a komponensek koncentrációit (lásd: 23.ábra).

Az eredményekből (lásd: 24-29.ábra) azt tapasztaltam, hogy a kvercetin származék az 1. mintában volt a legkimagaslóbb (10,2 mg/kg), míg a 2.mintában mutattam ki a legalacsonyabb (5,6 mg/kg) szintet. A rutinból szintén az 1. mintában mértem a legnagyobb mennyiséget (53,95 mg/kg), míg a 2.mintában a legkevesebbet (14,05 mg/kg). A kávésav-glükozid tartalma hasonlóképp a 3.mintában volt a legtöbb és a 2.mintában volt a legkevesebb. A legtöbb kumarinsav-glükozidot a 3.minta tartalmazta (38,03 mg/kg), a legkevesebbet pedig az 5.minta (23,57 mg/kg). A 2.mintában mértem viszont a legnagyobb dihidroxi-benzoesav származékot (130,35 mg/kg). Klorogénsavat pedig a legnagyobb mennyiségben a 3.minta tartalmazott (12,99 mg/kg).

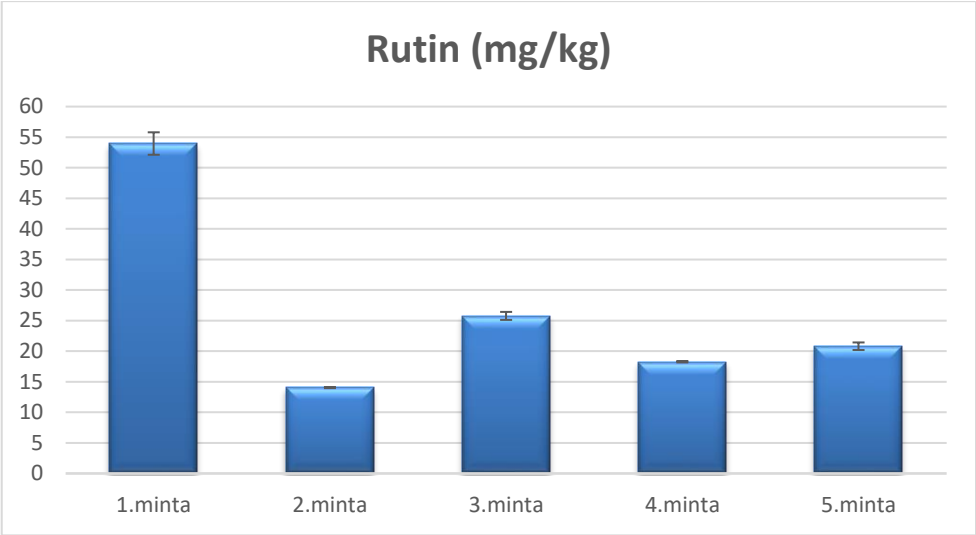
Szentirmai Lilla Szakdolgozat



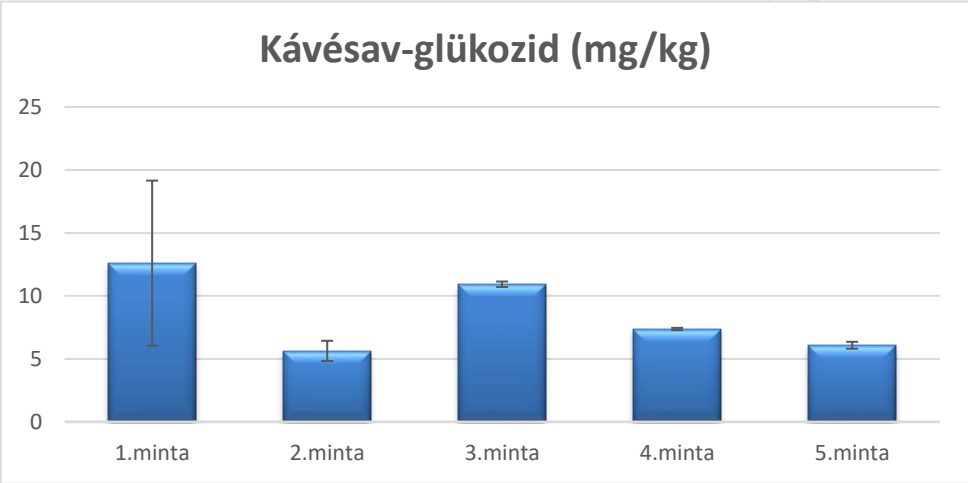
23. ábra: Rutin kalibrációs egyenes (Törzsoldat: 2,20 mg/ml, hígítás:2% ecetsavas MeOH)
Forrás: saját szerkesztés



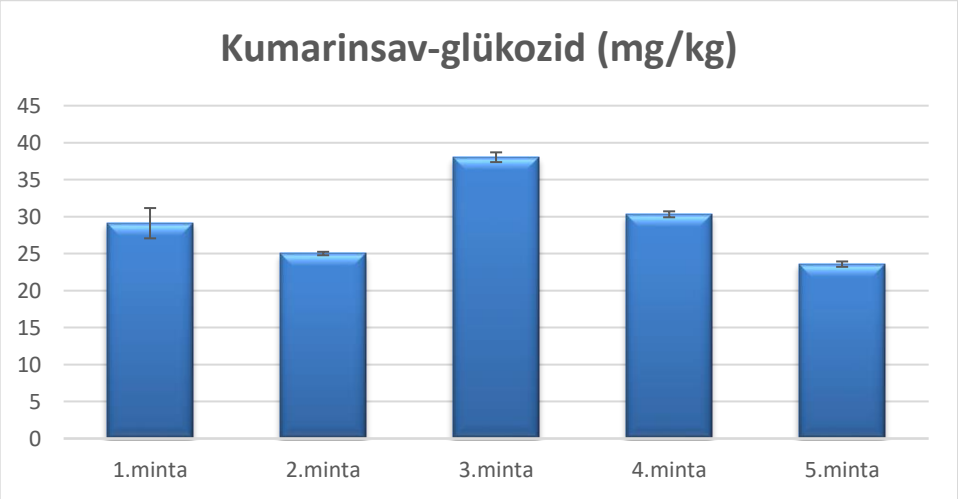
24. ábra: Kvercetin származék átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés



25. ábra: Rutin átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

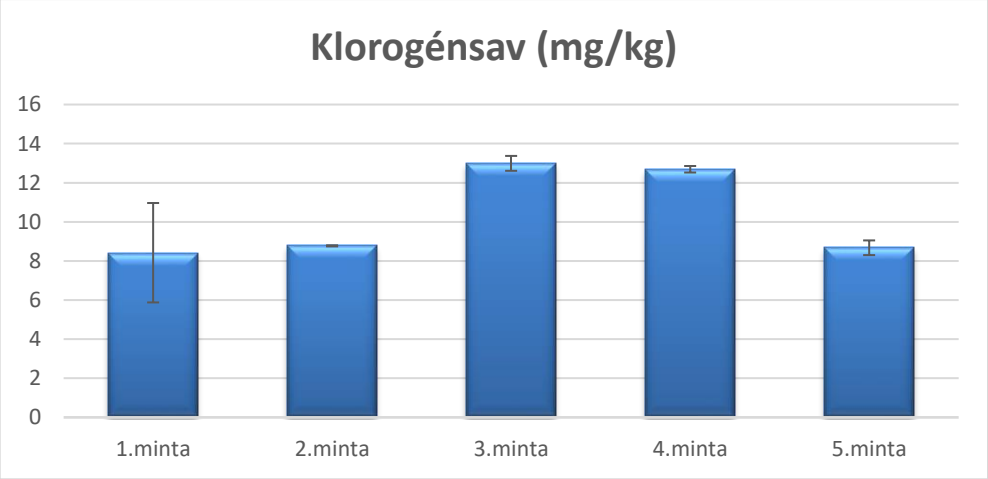


26. ábra: Kávésav-glükozid átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés



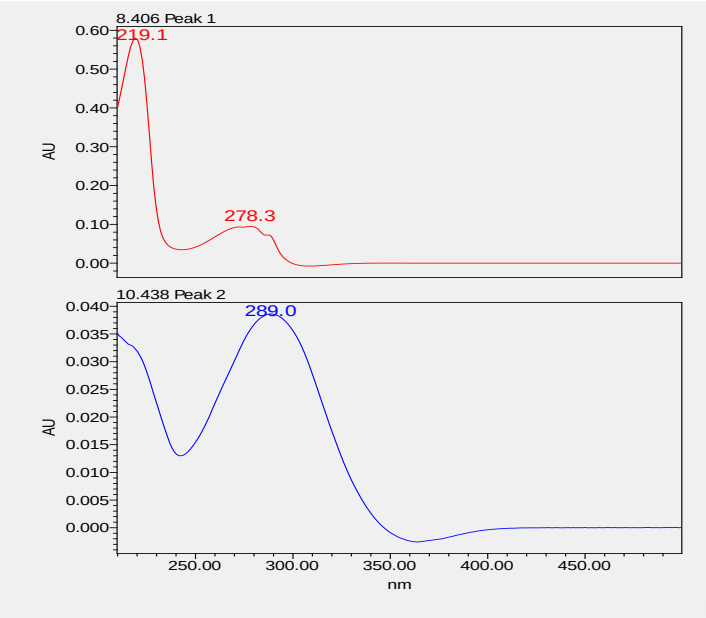
27. ábra: Kumarinsav-glükozid átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

28. ábra: dihidroxi-benzoesav átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés



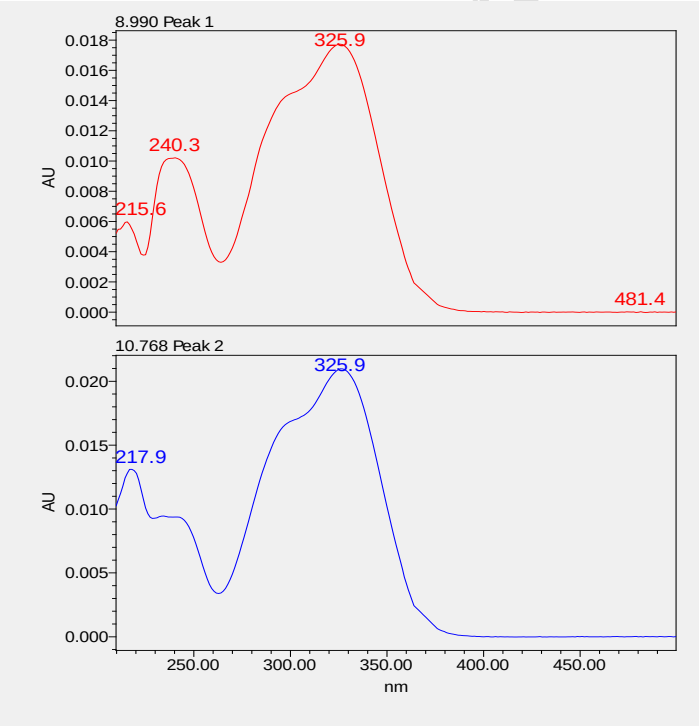
29. ábra: Klorogénsav átlaga és szórása
Forrás: saját szerkesztés

Szentirmai dolgozat



30. ábra: Paradicsom kromatogramja 280 nm hullámhosszon

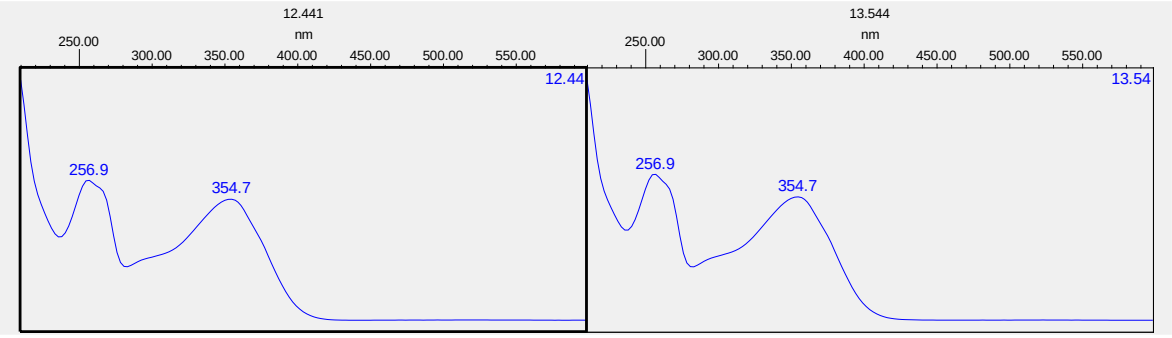
Forrás: saját szerkesztés



31. ábra: Paradicsom kromatogramja 320 nm hullámhosszon

Forrás: saját szerkesztés

Szentiakdolgozat



32. ábra: Paradicsom kromatogramja 355 nm hullámhosszon

Forrás: saját szerkesztés

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

6. Összefoglalás

Szakdolgozatom során a hazai nemesítésű paradicsom fajtajelöltek bioaktív komponenseinek elemzését végeztem. A kutatási témámhoz szorosan kapcsolódó hazai és nemzetközi forrásokat tanulmányoztam. Célom az volt, hogy az egyetemen tanult modern módszerek segítségével megvizsgáljam a paradicsomban található legfontosabb összetevők mennyiségét és összehasonlítsam a különböző fajtákat.

Munkám gyakorlati részeként a kutatott paradicsomok antioxidáns kapacitását és összes polifenol tartalmát fotometriás módszerekkel, míg a minták C-vitamin tartalmát, a tokoferol-származékok, polifenolok és karotinoidok mennyiségét HPLC-s módszerekkel vizsgáltam.

A 2.mintában mértem a legkevesebb összes polifenol mennyiséget, valamint a legkevesebb β-karotin-t, de a fenolos vegyületekben is ez a minta volt a legszegényebb. Az 5. mintában mutattam ki a legalacsonyabb antioxidáns értéket, valamint az α-Tokoferol vegyületből is itt mértem a legkisebb beltartalmat. A bioaktív összetevők tekintetében a 2. és az 5. minta bizonyult a legkevésbé kiemelkedőnek. Az eredmények alapján szinte minden komponensben a 3. számú fajtajelölt volt a leggazdagabb, így különösképp szeretném felhívni a figyelmet erre a mintára. A színanyagok értékei, a C és E Vitamin tartalma, továbbá a fenolos vegyületek mennyisége is ebben a mintában volt a legmagasabb.

A mérések kiértékelése után szeretném az általános konzekvenciákat levonva lezárni a kutatásomat. A paradicsomtermesztéssel foglalkozó gazdák a nemesítés során nem csupán a fajtajelöltek termésmennyiségét, illetve rezisztenciáját veszik figyelembe, hanem egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek arra, hogy a zöldségnek a beltartalmi értékei is magasak legyenek. A jobb minőségű árut emelt áron tudják eladni a piacon és a vállalkozásuk számára is nagyobb hasznot tudnak realizálni a jövőben. A kutatásomat és a mérési témámat összegezve kijelenthető, hogy az eredményeim segítséget nyújtanak a profitábilis gazdaságot működtetni vágyó termelőknek, valamint alapot szolgáltatnak a témámmal foglalkozó kutatóknak, akiknek célja a hazai paradicsom nemesítés továbbifejlesztése és a legjobb beltartalmi értékekkel bíró fajták előállítása.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

7. Irodalomjegyzék

Anitra C. Carr & Jens Lykkesfeldt (2021) *Discrepancies in global vitamin C recommendations: a review of RDA criteria and underlying health perspectives, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61:5, 742-755*

ÁGOTA, G., BÁRDOS, L., MIGHÁLYNÉ, L. H. (1998): *A tojássárgájába történő bétakarotin és koleszterin beépülés jellege. Állattenyésztés és Takarmányozás 47:447-455.*

Daglia, M. (2012). Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology*, 174-181.

Hajós, G. (2008). *Élelmiszer-kémia - A molekulától az élelemiszerig.* Budapest: Akadémiai Kiadó.

healthline.com. (2022). *healthline.com*. Forrás: healthline.com: https://www.healthline.com/health/all-about-vitamin-e

Helyes, L. (1999). *A paradicsom és termesztése.* Budapest: SYCA Szakkönyvszolgálat.

Helyes, L. (2007). A PARADICSOM (Lycopersicon lycopersicum (L.) KARSTEN) TERMÉSKÉPZÉSÉRE HATÓ ABIOTIKUS ÉS BIOTIKUS TÉNYEZİK ÉRTÉKELÉSE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A BELTARTALMI ÖSSZETEVİKRE. Gödöllő, Pest megye, Magyarország.

Hongyan, L., & Rong, T. (2012). *Canadian Journal of Plant Science*. Forrás: Factors affecting the antioxidant potential and health benefits of plant foods: https://cdnsciencepub.com/doi/full/10.4141/cjps2011-239

Kovács, L., Csupor, D., Lente, G., & Gunda, T. (2017). *Száz kémiai mítosz.* Budapest: Akadémiai Kiadó.

Ledóné , D. H. (2016). *http://eta.bibl.u-szeged.hu/*. Forrás: http://eta.bibl.u-szeged.hu/5052/12/EFOP343_AP6MGK_olvas%C3%B3lecke_Led%C3%B3n%C3%A9_12_20210217.pdf

mdpi.com. (é.n.). *www.mdpi.com*. Forrás: www.mdpi.com: https://www.mdpi.com/2304-8158/10/1/45/htm

ncbi. (é.n.). *www.ncbi.nlm.nih.gov*. Forrás: www.ncbi.nlm.nih.gov: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6045986/

ncbi.nlm.nih.gov. (2009). *ncbi.nlm.nih.gov*. Forrás: ncbi.nlm.nih.gov: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2835915/

ncbi.nlm.nih.gov. (2017). *ncbi.nlm.nih.gov*. Forrás: ncbi.nlm.nih.gov: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5579659/

Pethő, M. (2016). *A növényélettan alapjai.* Budapest: Akadémiai Kiadó.

researchgate.net (2003): Forrás: https://www.researchgate.net/publication/9081807_Highly_Divergent_Methyltransferases_Catalyze_a_Conserved_Reaction_in_Tocopherol_and_Plastoquinone_Synthesis_in_Cyanobacteria_and_Photosynthetic_Eukaryotes/figures?lo=1

Szentmai Lilla szakdolgozat

Wikiwand. (é.n.). Forrás: https://www.wikiwand.com/hu/Tokoferol

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

8. Ábrajegyzék

1. ábra: A paradicsom Forrás: https://hu.pinterest.com/pin/595741856928911084/?mt=login 4
2. ábra: Karotinoidok szerkezete Forrás: https://link.springer.com/article/10.1007/s11418-019-01364-x) 8
3. ábra: β-karotin, likopin szerkezete Forrás: https://nemgondoltadvolna.blog.hu/2018/06/02/egeszseges_etelfesteke 9
4. ábra: C-vitamin (aszkorbinsav) szerkezete https://hu.m.wikipedia.org/wiki/Aszkorbinsav) 10
5. ábra: α-tokoferol szerkezete (Forrás: saját szerkesztés (Wikiwand, é.n.) alapján 11
6. ábra: Polifenolok szerkezete Forrás: https://www.mdpi.com/2072-6643/15/1/158 13
7. ábra: Trolox kalibráció (Törzsoldat: 25,029 mg/100 ml) Forrás saját szerkesztés 21
8. ábra: DPPH átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 21
9. ábra: Galluszsav kalibrációs egyenese (Törzsoldat: 50 mg/100 ml) Forrás: saját szerkesztés 22
10. ábra: Összes polifenol átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 22
11. ábra: Likopin kalibrációs egyenese (Törzsoldat: 2200 µg/ 10ml) Forrás: saját szerkesztés 23
12. ábra: β-karotin kalibrációs egyenes (Törzsoldat:1800 µg/ 10 ml) Forrás: saját szerkesztés 24
13. ábra: Likopin átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 24
14. ábra: β-karotin átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 25
15. ábra: Likopin spektruma Forrás: saját szerkesztés 25
16. ábra: B-karotin spektruma Forrás: saját szerkesztés 25
17. ábra: Paradicsom kromatogramja Forrás: saját szerkesztés 26
18. ábra: α-Tokoferol kalibrációs egyenese (Törzsoldat: 1000 µg/10 ml) Forrás: saját szerkesztés 26
19. ábra: ϒ-Tokoferol kalibrációs egyenese (Törzsoldat:500 µg/10 ml) Forrás: saját szerkesztés.. 27
20. ábra: α-Tokoferol átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 27
21. ábra: ϒ-Tokoferol átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 28
22. ábra: Paradicsom kromatogramja Forrás: saját szerkesztés 28
23. ábra: Rutin kalibrációs egyenes (Törzsoldat: 2,20 mg/ml, hígítás:2% ecetsavas MeOH) Forrás: saját szerkesztés 30
24. ábra: Kvercetin származék átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 30
25. ábra: Rutin átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 31
26. ábra: Kávésav-glükozid átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 31
27. ábra: Kumarinsav-glükozid átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 31
28. ábra: dihidroxi-benzoesav átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 32
29. ábra: Klorogénsav átlaga és szórása Forrás: saját szerkesztés 32
30. ábra: Paradicsom kromatogramja 280 nm hullámhosszon Forrás: saját szerkesztés 33
31. ábra: Paradicsom kromatogramja 320 nm hullámhosszon Forrás: saját szerkesztés 33
32. ábra: Paradicsom kromatogramja 355 nm hullámhosszon Forrás: saját szerkesztés 34

Szemirinai Lilla szakdolgozat

9. Táblázatjegyzék

1. táblázat: DPPH mérési eredmények kiértékelése 40
2. táblázat: Összes polifenol mérési eredmények kiértékelése 40
3. táblázat: Likopin kalibráció 40
4. táblázat: β- karotin kalibráció 41
5. táblázat: Színanyagvizsgálat kiértékelése 41
6. táblázat: α-Tokoferol kalibráció 42
7. táblázat: ϒ-Tokoferol kalibráció 42
8. táblázat: Tokoferol vegyületek kiértékelése 42
9. táblázat: Rutin kalibráció 43
10. táblázat: Fenol komponensek kiértékelése 43

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

10. Mellékletek

1. táblázat: DPPH mérési eredmények kiértékelése

Forrás: Saját szerkesztés

Paradicsom minták	Abs vak	Abs minta	Abs kül.	Kalibráció mMTr/l	Oldás 10 ml	Bemérés g	mMTr/kg
1.minta	1,329	1,216	0,113	0,167	1,673	1,0676	1,57
2.minta	1,329	1,252	0,077	0,105	1,050	1,0218	1,03
3.minta	1,329	1,213	0,116	0,173	1,725	1,0349	1,67
4.minta	1,329	1,236	0,093	0,133	1,327	1,0288	1,29
5.minta	1,329	1,260	0,069	0,091	0,911	1,0146	0,90

2. táblázat: Összes polifenol mérési eredmények kiértékelése

Forrás: Saját szerkesztés

Paradicsom minták	Abs vak	Abs minta	Abs kül.	Kalibráció mg/ ml	Oldás 10 ml	Bemérés g	Össz. polifenol mg GAE
1.minta	0,008	0,070	0,062	0,059	0,587	1,0676	549
2.minta	0,008	0,052	0,044	0,044	0,441	1,0218	431
3.minta	0,008	0,091	0,083	0,076	0,757	1,0349	731
4.minta	0,008	0,078	0,070	0,065	0,652	1,0288	633
5.minta	0,008	0,065	0,057	0,055	0,546	1,0146	538

3. táblázat: Likopin kalibráció

Forrás: Saját szerkesztés

Koncentráció	
µg/ ml	area
0	0
5,5	3161782
11	7175988
22	14134830

Szentirmai Viktor szakdolgozat

4. táblázat: β- karotin kalibráció

Forrás: Saját szerkesztés

Koncentráció	
µg/ ml	area
0	0
1,8	404451
3,6	910986
7,2	1878146

5. táblázat: Színanyagvizsgálat kiértékelése

Forrás: Saját szerkesztés

Paradicsom mintaszám			**Likopin**			**β-karotin**		
		Bemérés (g)	µg/g	Átlag	Szórás	µg/g	Átlag	Szórás
1.	A	2,0320	63,90			5,95		
	B	2,0382	64,00	63,95	0,07	6,01	5,98	0,04
2.	A	2,0120	71,05			4,57		
	B	2,0195	69,78	70,41	0,90	4,54	4,55	0,02
3.	A	2,0062	98,37			6,12		
	B	2,0021	100,05	99,21	1,19	6,29	6,20	0,12
4.	A	2,0098	95,29			5,14		
	B	2,0069	98,60	96,94	2,34	5,07	5,11	0,05
5.	A	2,0445	83,75			4,70		
	B	2,0389	84,50	84,13	0,53	4,52	4,61	0,13

Szerzői jogi szakdolgozat

6. táblázat: α-Tokoferol kalibráció

Forrás: saját szerkesztés

Koncentráció	
µg/ ml	area
0	0
2	68303
4	133082
10	374276

7. táblázat: ϒ-Tokoferol kalibráció

Forrás: Saját szerkesztés

Koncentráció	
µg/ ml	area
0	0
0,5	11893
1	29604
5	146657

8. táblázat: Tokoferol vegyületek kiértékelése

Forrás: Saját szerkesztés

Paradicsom mintaszám			**α-Tokoferol**			**ϒ-Tokoferol**		
		Beméré s (g)	µg/g	Átlag	Szórá s	µg/g	Átlag	Szórás
1.	A	2,0320	14,04			2,07		
	B	2,0341	14,00	14,02	0,03	2,18	2,12	0,08
2.	A	2,0120	13,93			1,54		
	B	2,0311	14,59	14,26	0,47	1,55	1,54	0,01
3.	A	2,0062	16,28			0,97		
	B	2,0033	17,84	17,06	1,10	0,87	0,92	0,07
4.	A	2,0098	12,92			2,06		
	B	2,0059	11,98	12,45	0,67	2,15	2,10	0,06
5.	A	2,0445	11,45			1,48		
	B	2,0462	11,65	11,55	0,14	1,52	1,50	0,03

Szemerédi Lilla Szakdolgozat

9. táblázat: Rutin kalibráció

Forrás: Saját szerkesztés

mg/ml	280 nm	320 nm	355 nm
0,0462	616388	876748	1425616
0,03465	462228	663189	1085964
0,0231	314513	449820	731289
0,01155	157521	227892	374195
0,00924	122046	179244	285213
0,00693	90833	134516	215642
0,00462	60286	90269	143743
0,00231	30086	45751	72605
0,001155	14334	25537	36556

10. táblázat: Fenol komponensek kiértékelése

Forrás: saját szerkesztés

355						
		Name	Retention Time	Area	% Area	Height
	1	kvercetin származék	14,893	190102	15,83	37917
	2	rutin	16,213	1010626	84,17	203569

320						
		Name	Retention Time	Area	% Area	Height
	1	kávésav-glükozid	8,881	93789	43,78	14702
	2	klorogénsav	10,647	120435	56,22	20568

280						
		Name	Retention Time	Area	% Area	Height
	1	dihidroxi-benzoesav származék	8,321	769948	75,35	96954
	2	kumarinsav-glükozid	10,3	251823	24,65	36326

Pestiné Lilla szakdolgozat

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megragadni az alkalmat, hogy hálás köszönetet nyilvánítsak egyetemi konzulensemnek Tömösköziné Dr. Farkas Ritának, aki rengeteg szakmai tanáccsal és segítséggel látott el. Segítőkészsége, illetve bátorító ösztönzése nélkül nem valósulhatott volna meg a szakdolgozatom.

Köszönetet szeretnék még mondani Berki Máriának, illetve Ondrejó Andrásnénak a mérések kivitelezésében nyújtott önzetlen segítségükért.

Köszönöm még a MATE, Kertészettudományi Intézet, Zöldségtermesztési Kutató Osztálynak, hogy a kutatásaimhoz szükséges mintákat biztosították számomra.

Továbbá szeretném megköszönni azt a mérhetetlenül nagy támogatást amit a családom, illetve barátaim nyújtottak számomra.

Szentirmai Lilla Szakdolgozat

KONZULTÁCIÓS
NYILATKOZAT

A Szentirmai Lilla (név) (hallgató Neptun azonosítója: IJUIFN) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió[1] áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom[2].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[3]

Kelt: 2023 év 05 hó 02 nap

Belső konzulens

[1] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[2] A megfelelő aláhúzandó.
[3] A megfelelő aláhúzandó.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió[1] nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Szentirmai Lilla

A Hallgató Neptun kódja: IJUIFN

A dolgozat címe: Hazai nemesítésű paradicsomfajták bioaktív komponenseinek jellemzése

A megjelenés éve: 2023

A konzulens tanszék neve: Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió[2] egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év 05 hó 02 nap

Szentirmai Lilla
Hallgató aláírása

[1] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[2] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.