

# **SZAKDOLGOZAT**

**Puskás Orsolya**

**2025**



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszermérnöki alapképzés

CSIPKEBOGYÓ ÉRTÉKES KOMPONENSEINEK KINYERÉSE  
MIKROHULLÁMÚ EXTRAKCIÓ FELHASZNÁLÁSÁVAL

**Belső konzulens:** Dr. Albert Krisztina  
egyetemi adjunktus

Mazár Júlia  
PhD hallgató

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** Élelmiszertudományi és  
Technológiai Intézet/  
Élelmiszeripari Művelet és  
Folyamattervezés Tanszék

**Készítette:** Puskás Orsolya

Budapest

2025

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
1.1. Bevezetés .....	1
1.2. Célkitűzés .....	2
2. Szakirodalmi áttekintés .....	3
2.1. Csipkebogyó .....	3
2.2. Polifenolok.....	4
2.3. Antioxidánsok.....	5
2.4. Szilárd-folyadék extrakció.....	5
2.5. Mikrohullámú extrakció .....	7
3. Anyagok és módszerek.....	8
3.1. Felhasznált anyagok .....	8
3.2. Mérésekhez alkalmazott vegyszerek .....	8
3.3. Eszközök.....	8
3.4. Módszerek .....	9
3.4.1. Mikrohullámú extrakció .....	9
3.4.2. Extrakció kísérletterve.....	10
3.4.3. Összes polifenol-tartalom mérése Folin-Ciocalteu reagenssel (TPC).....	12
3.4.4. Antioxidáns kapacitás mérése FRAP módszerrel .....	13
3.4.5. Antioxidáns kapacitás mérés DPPH módszerrel .....	15
3.4.6. Összes flavonoid-tartalom mérése (TFC) .....	15
4. Eredmények és értékelésük .....	17
4.1. Összes polifenol-tartalom .....	17
4.2. Antioxidáns-tartalom FRAP módszerrel .....	21
4.3. Antioxidáns-tartalom DPPH módszerrel .....	26
4.4. Összes flavonoid-tartalom .....	30
4.5. Összes értékes komponens maximalizálása .....	35
5. Következtetések és javaslatok.....	36
6. Összefoglalás.....	37
7. Felhasznált irodalmak .....	39
8. Ábrák és táblázatok jegyzéke .....	42
8.1. Ábrajegyzék.....	42
8.2. Táblázatjegyzék .....	42

# 1. Bevezetés és célkitűzések

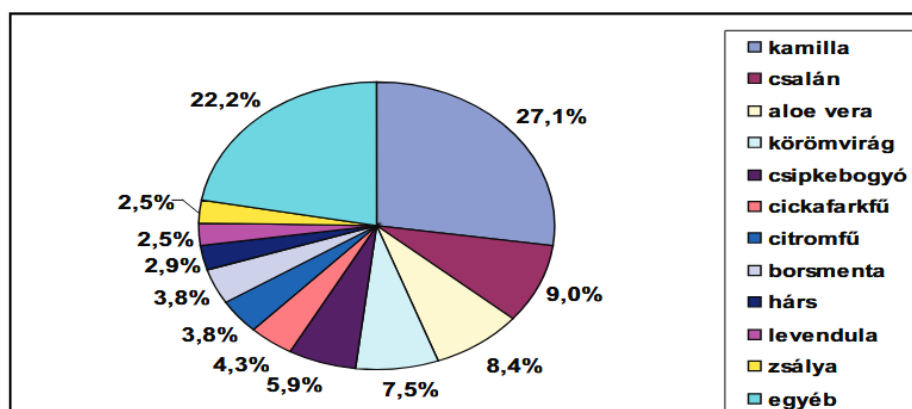
## 1.1. Bevezetés

Szakedolgozatom témájának csipkebogyó extrakcióját választottam, főként azért, mert gyerekkoromban nekem is sokszor adtak csipkebogyó teát, ha beteg voltam. Ennek köszönhetően kíváncsi lettem, hogy mégis milyen értékes komponenseket lehet kinyerni belőle, amelyek az emberi szervezet számára egészségesnek tekinthetők.

Késő ősszel az erdőben, erdőszélen járva sok csipkebogyóval találkozhatunk, hiszen ez a növény hazánkban is igen elterjedt. Ez a régebbi évszázadokban szintén így volt, már korán felfedezték és elkezdték gyógyításra alkalmazni. Rájöttek, hogy gyulladáscsökkentő és vízhajtó hatása van, illetve a magas C-vitamin tartalma miatt jól használható megfázás esetén.

A csipkebogyó ma is sokak által ismert gyógynövény, azonban már nem csak teákat készítenek belőle. Ma sokkal több felhasználási területen alkalmazzák. Készülhet még belőle otthon lekvár, szörp, ezek intenzív aromával és jellegzetes ízzel rendelkeznek. A következő ábrán láthatjuk, hogy manapság is nagy népszerűségnek örvend. Panyor (2011) kutatása szerint a csipkebogyó az öt leggyakrabban fogyasztott gyógynövény közé tartozik (1. ábra).

1. ábra: Gyógynövény fogyasztási szokások; forrás: Panyor, 2011



Az iparban is egyre népszerűbb alapanyag: az élelmiszeriparban funkcionális élelmiszerekhez használják, a kozmetikai termékekben pedig a magjából nyert olajat hasznosítják. Egy hétköznapi példát említve, akár egy gyógyszertárba besétálva is találunk a polcokon olyan C-vitamin készítményeket, amelyek alapja csipkebogyó.

## *1.2. Célkitűzés*

A szakdolgozatomban a célom, hogy különböző paraméterek mellett mikrohullámmal segített extrakcióval és etanolos oldószer alkalmazásával kivonjam csipkebogyóból az értékes komponenseit. Ezután meghatározom, hogy melyek lennének az optimális paraméterek a lehető legtöbb értékes komponens kinyeréséhez. A kísérletek során három paramétert, a mikrohullámú kezelés idejét, a mikrohullámú teljesítményt és az oldószer koncentrációt szeretném változtatni. Az extrakciókhoz középpontos teljes faktoriális kísérlettervet készítettem, és ez alapján végeztem el ezeket.

A csipkebogyó számos biológiailag aktív vegyületet tartalmaz, melyek az emberi szervezet számára kedvező hatással bírnak, ezek közé tartoznak például a polifenolok, az antioxidánsok és a flavonoidok. Célom, hogy ezeket az anyagokat mikrohullámmal segített extrakciós módszerrel nyerjem ki, mivel ez a technológia a hagyományos eljárásokhoz képest gyorsabb, kevesebb oldószert igényel, energiatakarékosabb, és ezáltal környezetkímélőbbnek tekinthető.

További célom, hogy a mért eredmények alapján felállítsak öt különböző modellt arra, hogy mely beállítások mellett nyerhető ki a legtöbb értékes komponens. Az első négy modellben egyenként szeretném maximalizálni a polifenol-tartalmat, az antioxidáns kapacitást (FRAP és DPPH mérések alapján), valamint a flavonoid-tartalmat. Az ötödik modellben mind a négy mért értéket egyszerre szeretném maximalizálni, vagyis olyan optimális paramétereket keresek, amelyekkel összességében a legnagyobb mennyiségű értékes komponens vonható ki a csipkebogyóból.

A modellekben a független változók a kezelési idő, az oldószer koncentráció és a mikrohullámú teljesítmény lesz, míg a függő változók a polifenol-tartalom, az antioxidáns kapacitás (FRAP és DPPH módszerrel meghatározva) és a flavonoid-tartalom. A kutatás végső célja, hogy a kísérletek eredményei alapján meghatározhatók legyenek azok a paraméterek, amelyekkel a mikrohullámú extrakció hatékonyan és megbízhatóan alkalmazható a csipkebogyó értékes komponenseinek kinyerésére.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. Csipkebogyó

A *Rosa canina* elterjedt növény Európában, így Magyarországon is, de találkozhatunk még vele Nyugat-Ázsiában és Észak-Afrikában. Főként bozótosokban, erdőszéleken, cserjés domboldalakon találkozhatunk vele. A csipkebogyó a vadrózsa (*Rosa canina*) áltermése, színe narancssárgás piros (2. ábra). Az áltermés a gyümölcshúson kívül tartalmaz még rengeteg apró magot és szőröket.

2. ábra: Csipkebogyó; forrás: Internet 1.



Felhasználása sokszínű, használják gyógynövényként, az élelmiszeriparban, de kozmetikai termékekben is előfordul. Hagyományosan megfázás kezelésére, megelőzésére, vízhajtóként és különböző gyulladásos megbetegedések kezelésére használják (Wenzig et al., 2008). Többféle terméket készíthetnek a csipkebogyóból, például gyakran teákat, lekvárokat, de akár szörp is készülhet belőle.

A csipkebogyóban sok értékes komponens fellelhető, gazdag biokémiai aktivitású vegyületekben, fenolokban, antioxidánsokban. Többféle vitamint tartalmaz, de a legjelentősebb közülük a C-vitamin. A mélyebb színű termések több flavonoidot, és a színükből is adódóan több karotinoidot tartalmaz. Ezek mellett még találhatóak benne esszenciális zsírsavak, linolénsav, linolsav és olajsav származékok (Ercisli, 2007). Az esszenciális zsírsavakat az emberi szervezet nem tudja előállítani, táplálkozással kell a szervezetbe bejuttatni, ezért a csipkebogyó kitűnő alapanyaga, összetevője lehet egy funkcionális élelmiszernek.

A funkcionális élelmiszerek olyan élelmiszerek, amelyek az emberi egészségre pozitív hatással vannak. Megfelelő mennyiségben tartalmaznak olyan alkotóelemeket, amik hozzájárulnak a mentális jólét állapotához, illetve rendszeres fogyasztásukkal csökkenthető a táplálkozással kialakuló betegségek kockázata (Csapó et al., 2016).

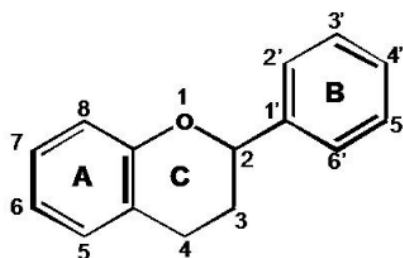
A gyümölcshús mellett a magokban is vannak értékes komponensek, ennek az összetételét vizsgálták Stryjecka és munkatásai (2025). Kutatásukban azt találták, hogy a magokban 100 g-ban  $79.2 \pm 0.12$  g a szénhidrát, amelyek főként oldható élelmi rostok ( $71.6 \pm 0.11$  %). A fehérje  $7.67 \pm 0.03$  g, a zsír  $6.23 \pm 0.08$  g. Vizsgálták még a magok fenoltartalmát, antioxidáns-tartalmát FRAP és DPPH módszerrel, illetve voltak még benne ásványi anyagok, különböző zsírsavak, amik az emberi egészség szempontjából fontos összetevők.

## 2.2. Polifenolok

A polifenolok olyan bioaktív vegyületek, amelyek felépítésében több fenolgyűrű vesz részt. Ezek a vegyületek növényekben, azon belül leginkább gyümölcsökben, zöldségekben és magokban fordulnak elő. Magas a polifenol tartalma a bogyógyümölcsöknek, csonthéjasoknak, almáknak és a hagymáknak (Rothwell et al., 2013). A polifenolok kémiai szerkezetüket tekintve nagyon változatos molekulák, a növényvilágban több, mint 8000 fenolos szerkezetet fedeztek már fel, a növényekben másodlagos anyagcseretermékek (Szilvássy, 2014).

A polifenolokat két csoportra bonthatjuk, flavonoidokra és nem flavonoidokra. A flavonoidok a növényekben aromás aminosavakból (fenilalanin, tirozin, malonát) képződnek. A flavonoid alapváznak van egy flaván magja, ez 15 szénatomot tartalmaz  $C_6-C_3-C_6$  eloszlásban a gyűrűben (3. ábra).

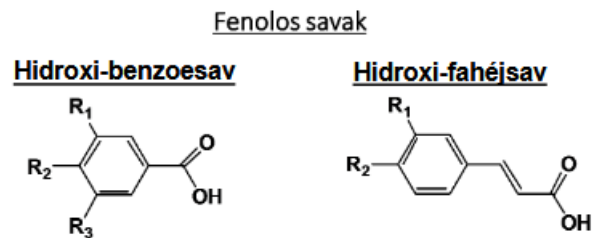
3. ábra: Flavonoid alapváz; forrás: Szilvássy, 2024



A nem flavonoid vegyületek legnagyobb csoportja a fenolos savak, ezen belül a két fő csoport a fahéjsav származékok és a benzoésav származékok (4. ábra). A fahéjsavak fenilalaninból jönnek létre, eközben az ammóniumcsoport leválik, a két szénatom között kettős kötés képződik és a fenol gyűrűhöz hidroxilcsoport kapcsolódik. Természetben leginkább észterei formájában található meg. A benzoésav származékok fenilpropanoidokból (ezek olyan vegyületek, amiket a növények szintetizálnak fenilalaninból és tirozinból) képződik két

szénatom kilépésével. Ezek a természetben megtalálhatóak egyaránt szabad formában és észtereivel együtt (Szilvássy, 2014).

4. ábra: Fenolos savak; forrás: Szilvássy, 2014



### 2.3. Antioxidánsok

Az antioxidánsok olyan vegyületek, amik képesek gátolni a közelükben lévő szabad gyökök oxidációját, az emberi szervezetben is sok ilyen reakció játszódik le. A szabad gyökökhöz képest általában jóval kisebb mennyiségben vannak jelen antioxidánsok. Lehetnek lipofilek, ilyen az A-vitamin,  $\beta$ -karotin, vagy lehetnek hidrofilek, ilyen például a C-vitamin (Dóczi, 2011). Az antioxidánsok egy részét a szervezet is elő tudja állítani, azonban vannak olyanok, amiket nem, például az aszkorbinsavat vagy karotinoidokat, ezeket csak táplálkozással tudjuk bejuttatni. Az emberi szervezetben több antioxidáns hatása szinergens, vagyis együtt hatékonyabbak, mint külön-külön (Balogh, 2010).

A C-vitamin az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen vegyület. Számos reakcióban vesz részt, de az emberi szervezet nem képes az előállítására, így csak táplálkozás útján juttathatjuk a szervezetünkbe. Fontos szerepet játszik a skorbut megelőzésében, és kutatások kimutatták, hogy a szív- és érrendszeri, valamint egyes daganatos megbetegedések megelőzéséhez is hozzájárul (Bai et al., 2013). A C-vitamin egy rendkívül hőérzékeny anyag, már 55 °C-on kimutatható a bomlása (Yildirim et al., 2018).

### 2.4. Szilárd-folyadék extrakció

Az extrakció egy olyan folyamat, amely során szelektíven oldunk ki komponenseket egy adott anyagból. Szilárd-folyadék extrakcióról akkor beszélünk, ha egy szilárd anyagból szeretnénk kivonni komponenseket folyékony oldószerrel. Hajtóereje az, hogy a kivonni kívánt komponens jobban oldódik az oldószerben, mint a hordozó komponensben.

Az extrakció elvégzése előtt célszerű aprítani az extrahálandó anyagot, ugyanis így nagyobb felülettel tud majd érintkezni az oldószerrel. Az extrakció során fő feladat, hogy a felvevő oldószerrel a leadó fázissal, ebben az esetben a szilárd anyaggal intenzíven érintkeztessük. Továbbá a megfelelő mennyiségű értékes komponens kinyeréséhez biztosítani kell a megfelelő időtartamot. A folyamat végére két termék keletkezik az extraktum és a raffinátum, de ezek nem tiszta komponensek, oldószer-regenerálásra van szükség (Művelettan 2., Mate egyetemi jegyzet, 2024).

Az extrakciós oldószer, a szilárd anyag részecskemérete, az oldószer és a szilárd anyag aránya, az extrakció időtartama és hőmérséklete egyaránt befolyásolja a folyamat hatékonyságát. Oldószeres extrakció során kulcsfontosságú az oldószer megfelelő kiválasztása. Fontos szempont, hogy az oldószer szelektív legyen, jól oldódjon benne a kivonni kívánt komponens. Továbbá nem elhanyagolható, hogy biztonságos legyen az oldószer. Az alkoholok (etanol, metanol) univerzális oldószernek számítanak, és gyakran választják ezeket fitokémiai vizsgálatokhoz készült extraktumok előállítására. Elmondható, hogy minél kisebb a részecskeméret, annál hatékonyabb az extrakció, ugyanakkor a túl finom részecskeméret esetén kiszabadulhatnak nem kívánatos anyagok, amik rontják az extrakciót. A magasabb hőmérséklet növeli az oldhatóságot, és a diffúzió sebességét, de a túl magas hőmérséklet a hőérzékeny komponensek bomlásához vezet (Zhang et al., 2018).

A 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet alapján élelmiszer előállításra a következő oldószerrel használhatóak a jó gyártási gyakorlat szerint alkalmazva minden célra: propán, bután, etil-acetát, etanol, szén-dioxid, aceton és nitrogén-dioxid.

Ma már nem csak a hagyományos oldószeres extrakció áll rendelkezésünkre, modern technológiákat is alkalmaznak. Ilyen például a mikrohullámú extrakció, az ultrahanggal segített extrakció vagy a szuperkritikus extrakció. Az ultrahang mechanikus jellegű, szilárd, folyékony és légnemű anyagokban egyaránt terjed. Az ultrahanggal segített extrakció ezt a mechanikai hatást használja fel a bioaktív komponensek kinyerésére. A hullám hatására a sejtfalak elpusztulnak, felgyorsul a komponensek diffúziója (Shen et al., 2023). A szuperkritikus extrakció során az oldószerrel szuperkritikus állapotba hozzák a kritikus hőmérséklete és nyomása fölé. Oldószerként általában szén-dioxidot alkalmaznak, ennek a szuperkritikus állapotban a sűrűsége a folyadékokhoz hasonló. A nyomás és hőmérséklet beállításával elérhető, hogy az oldószer specifikusan vonja ki az anyagból az adott komponenst (Le, 2025).

## *2.5. Mikrohullámú extrakció*

A mikrohullámú extrakció egy viszonylag új technológia, amely ötvözi a mikrohullámok energiáját és a hagyományos extrakciót. A technológiai fejlődésnek köszönhetően mára egy népszerű és költséghatékony extrakciós módszerré vált (Delazar et al., 2012).

A mikrohullámú extrakció során az mikrohullámok energiáját használják fel az oldószer és oldott anyag keverékének felmelegítésére. Az így keletkezett hő elősegíti az oldószer diffúzióját a mintába, ezzel gyorsítja a fitokemikáliák diffúzióját a mintából az oldószerbe. A mikrohullámú extrakció legfontosabb előnyei közé tartozik, hogy használatával csökkenthető az extrakciós idő és általában kevesebb oldószer is elegendő, mint hagyományos extrakció esetén. Különösen alkalmasnak bizonyult rövid szénláncú polifenolok, például fenolos savak, flavonoidok extrakciója során (Alara et al., 2021).

A növényi sejtekben lévő víz elnyeli a mikrohullám energiáját, az anyag ezáltal túlhevül. Ez a túlhevülés elősegíti a sejtek károsodását, ami javítja a komponensek kinyerését. Ebből következik, hogy jobb kinyerés érhető el ha az extrahálandó anyagot vízzel nedvesítjük (Wang and Weller, 2006).

Kutatások azt mutatták, hogy a mikrohullámú extrakció hatékonysága függ az oldószer dielektromos állandójától. A magas dielektromos állandóval rendelkező oldószerek alkalmasak leginkább a mikrohullámú extrakcióhoz, ilyenek például a víz, az etanol és a metanol. ezek kellően polárisak ahhoz, hogy mikrohullámmal melegíthetők legyenek. Az alacsony dielektromos állandóval rendelkező oldószerek, például a hexán és a toluol nem alkalmasak mikrohullámú extrakcióhoz (Wang and Weller, 2006).

### 3. Anyagok és módszerek

#### 3.1. Felhasznált anyagok

A szakdolgozatom mintáinak elkészítéséhez a Gyógyfű Kft.-től beszerzett szárított csipkebogyót használtunk fel, illetve oldószerként etanolt-víz elegyet.

#### 3.2. Mérésekhez alkalmazott vegyszerek

A mérésekhez Folin-Ciocateu oldatot, metanolt, nátrium-karbonátot, galluszsavat, kristályvizes nátrium-acetátot, ecetsavat, kristályvizes vas(III)-kloridot, 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazint, sósavat, aszkorbinsav port, DPPH port, quercetin oldatot, etanolt, kálium-acetátot és alumínium-kloridot használtunk fel.

#### 3.3. Eszközök

Az extrakció vázlatja az 5. ábrán látható. A folyamat során egy Electrolux EMM 2005 mikrohullámú sütőt használtunk, amelynek a teljesítménye 100 és 800 W között volt állítható.

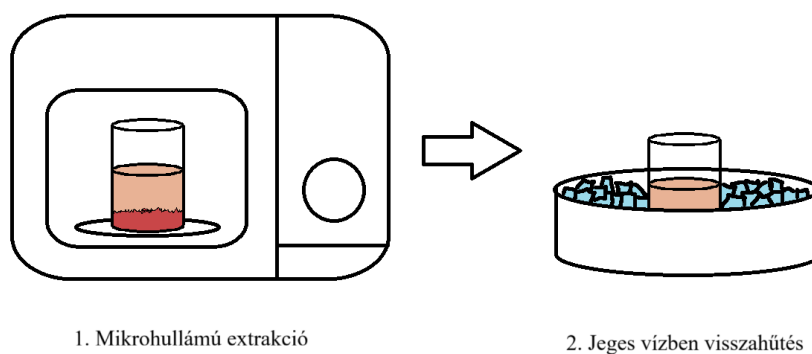
A csipkebogyók aprításához a Retsch GRINDOMIX GM200 típusú aprító berendezést alkalmaztuk (6. ábra).

Az extrakció után vákuumszűrést végeztünk el, melynek berendezése lentebb látható (7. ábra).

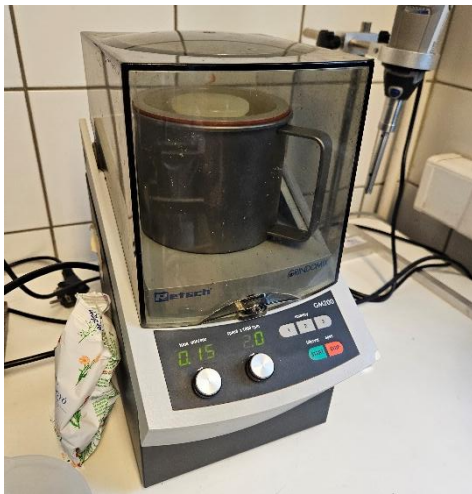
A minták centrifugálásához a Hermle Z206A típusú centrifugát használtuk (8. ábra).

A spektrofotometriás mérésekhez Jasco UV/VIS, Model 7850-es spektrofotométert használtuk (9. ábra).

5. ábra: Extrakció vázlatja; forrás: saját rajz



6. ábra: Retsch GRINDOMIX GM200 aprító; forrás: saját kép



7. ábra: Vákuumszűrő berendezés; forrás: saját kép



8. ábra: Hermle Z206A centrifuga; forrás: saját kép



9. ábra: Jasco UV/VIS, Model 7850 spektrofotométer; forrás: saját kép



### 3.4. Módszerek

#### 3.4.1. Mikrohullámú extrakció

Az extrakció előtt a szárított csipkebogyó mintát az aprító berendezésben az extrakció hatékonyságának növelése érdekében 2000 rpm sebességgel 15 másodpercig aprítottuk két körben, a túlzott felmelegedést ezzel elkerülve.

Az extrakcióhoz oldószerként etanolt használtunk 30 ml/g arányban, így a kísérlet során 300 ml oldószer használtunk 10 g csipkebogyó őrleményhez. Az extrakció során 3 paramétert változtattunk, ezek a következők voltak: teljesítmény, mikrohullámú extrakció ideje és oldószer koncentráció, értéküket az 1. táblázatban láthatjuk.

*1. táblázat: Extrakció során alkalmazott paraméterek*

	Minimum	Középérték	Maximum
Teljesítmény (W)	100	450	800
Idő (perc)	2	7	12
Oldószer koncentráció (%)	10	35	60

A csipkebogyó magas C-vitamin tartalma és annak hőérzékenysége miatt a mikrohullámú extrakciók során cél volt, hogy a minta hőmérséklete ne emelkedjen 50 °C fölé.

Ennek elérésére impulzus üzemmódot alkalmaztunk, a különböző teljesítmények esetén különböző időközönként kivettük az oldatunkat és jeges vízbe helyeztük. 100 W esetén 6 perc után, 450 W esetén 2 perc után, 800 W esetén fél perc után vettük ki a mintát, helyeztük jeges fürdőben, majd a 2 perc letelte után visszaraktuk folytatva a mikrohullámú kezelést.

Mivel nem minden extrakció során volt azonos az idő, megnéztük mennyi ideig tart a leghosszabb extrakció, ez 58 perc volt a hűtési időket is beleszámolva (800 W és 12 perc esetében). Azoknál a mintáknál, ahol a mikrohullámú kezelés rövidebb volt, a hűtés után az asztalon hagytuk őket addig, amíg a leghosszabb extrakció is befejeződött. Ezután szűrtük le mindet, hogy minden minta esetében azonos legyen az extrakció teljes időtartama.

Az extrakciós idő letelte után a mintákból eltávolítottuk a lebegő részeket, majd a kisebb szőrök eltávolítására vákuumszűrést alkalmaztunk. Szűrés után a mintákat centrifugáltuk 6000 rpm fordulatszámon 20 percig, majd az analitikai vizsgálatokig fagyasztva tároltuk őket.

### *3.4.2 Extrakció kísérletterve*

Az extrakciókat kísérletterv alapján végeztük el. A kísérletterv meghatározásához a Stat-Ease® 360 Design Expert programnak a demo változatát használtuk, majd az eredményeket is ennek segítségével értékeltük ki. A mérés során 3 faktort használtunk, ezek a kezelési idő, a teljesítmény és az oldószer koncentrációja voltak. Minden faktor esetében megadtuk a minimum és a maximum értékeket, majd a program kiszámolta ezeknek a középértékét. A kísérletterv előnye, hogy randomizál, vagyis véletlenszerűen határozza meg az extrakciók sorrendjét. Középpontos kísérlettervvel dolgozunk, ennek alkalmazása esetén több középponti mérést kell elvégezni. Az elkészült kísérlettervünk 20 mérést tartalmazott, ebből 6 mérés volt középponti mérés. A középponti értékek a három faktor esetén a következők voltak: 7 perc

kezelési idő, 450 W teljesítmény és 35 %-os oldószer. A mérés kísérlettervét a 2. táblázatban láthatjuk.

2. táblázat: Mikrohullámú extrakció során alkalmazott kísérletterv

Mérések	Idő (perc)	Teljesítmény (W)	Oldószer koncentráció (%)
1	12	450	35
2	7	100	35
3	7	450	10
4	2	800	60
5	2	800	10
6	7	450	35
7	2	100	60
8	12	100	10
9	7	450	35
10	7	450	35
11	7	450	35
12	2	450	35
13	7	450	60
14	7	800	35
15	2	100	10
16	12	100	60
17	7	450	35
18	7	450	35
19	12	800	10
20	12	800	60

### 3.4.3. Összes polifenol-tartalom mérése Folin-Ciocalteu reagenssel (TPC)

A csipkebogyó kivonatokban lévő összes polifenol-tartalom meghatározását Singleton és Rossi (1965) módszere alapján végeztük.

A méréshez használtunk Folin-Ciocalteu 1:10 arányú oldatát desztillált vízzel, hígítószerként metanol és desztillált víz 80:20 arányú elegyét, nátrium-karbonát oldatot, ehhez 14,84 g vízmentes nátrium-karbonát oldottunk fel 200 ml desztillált vízben, illetve a kalibrációhoz galluszsav oldatot készítettünk 5,1 g szilárd galluszsavból és 10 ml hígítószerből.

A mérés előtt kalibrációt készítettünk a 3. táblázat alapján. A Folin-reagenst, a galluszsav oldatot és a hígítószer egy kémcsőben összemértük, majd 1 perc letelte után a reakció leállításához hozzáadtuk a Na-karbonát oldatot. Ezután 5 percig 50 °C-os vízfürdőbe helyeztük, majd 760 nm-en spektrofotométerrel mértük az abszorbanciát.

3. táblázat: Kalibrációs sor összes polifenol-tartalom méréséhez

Kalibrációs sor	Folin-Ciocalteu oldat (μl)	Hígítószer (μl)	Galluszsav oldat (μl)	Nátrium-karbonát oldat (μl)
1	1250	250	0	1000
2	1250	250	0	1000
3	1250	225	25	1000
4	1250	200	50	1000
5	1250	175	75	1000
6	1250	150	100	1000
7	1250	125	125	1000
8	1250	100	150	1000
9	1250	50	200	1000

A mintákat kivettük a fagyasztóból, majd miután felolvadtak 6000 rpm-en 20 percig centrifugáltuk őket. Az egyes extraktumok méréséhez a reagenseket szintén egy kémcsőbe mértem bele 1250 μl Folin-Ciocalteu oldatot, 200 μl hígítószer, majd 50 μl mintát. Ehhez 1 perc letelte után hozzáadtunk 1000 μl-t a nátrium-karbonát oldatból a reakció leállításához, majd 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe helyeztük, ennek letelte után 760 nm-en spektrofotométerrel mértük az abszorbanciát. Minden mintából 3 párhuzamos mérést végeztünk. A leolvasott abszorbancia és a kalibrációs egyenes segítségével számoltuk ki az egyes minták összes polifenol tartalmát, ezt μg galluszsav egyenérték/ml értékben adtuk meg. Minél intenzívebb a

kék szín, annál több polifenol van a mintában. A számításhoz a következő egyenletet használtuk:

$$\text{Polifenol – tartalom} = \frac{A}{tg\alpha} \cdot \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}}$$

A: minta abszorbanciája

tg $\alpha$ : kalibrációs egyenes meredeksége

V<sub>összes</sub>: teljes térfogat ( $\mu$ l)

V<sub>minta</sub>: bemért minta térfogata ( $\mu$ l)

#### 3.4.4. Antioxidáns kapacitás mérése FRAP módszerrel

Az antioxidáns kapacitás mérést Benzie és Strain (1996) módszere alapján végeztük. A mérés során csak azoknak az antioxidáns kapacitással rendelkező anyagoknak a FRAP értékét tudtuk meghatározni, amelyek vízzel kivonhatóak voltak a mintákból.

A méréshez FRAP-reagenst használunk fel, aminek elkészítéséhez több oldatra volt szükségünk. Először is acetát-pufferre, ehhez 3,10 g kristályvizes nátrium-acetátot és 16,0 ml ecetsavat egy 1000 ml-es mérőlombikban desztillált vízzel jelre töltöttük. A vas-klorid oldathoz 0,135 g kristályvizes vas(III)-kloridot feloldottam 25 ml desztillált vízben. A triazin-oldathoz egy 25 ml-es mérőlombikban 0,0781 g szilárd 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazint és 84  $\mu$ l 37 %-os sósavat mértünk be, majd desztillált vízzel jelre töltöttük. A FRAP-reagenshez 250 ml acetát-puffert, 25 ml vas-klorid oldatot és 25 ml triazin-oldatot mértünk össze. A kalibrációhoz szükségünk volt még aszkorbinsav-oldatra, 17,163 mg szilárd aszkorbinsav port 10 ml desztillált vízben oldottunk fel, ezzel egy 10 mM koncentrációjú oldatot kaptunk. Ebből a 10 mM-os oldatból 1 ml-t kivéve és 9 ml desztillált vízzel felhígítva megkaptuk a szükséges 1 mM-os koncentrációt.

A kalibrációs sorhoz a FRAP-reagenst, aszkorbinsav-oldatot és desztillált vizet a 4. táblázatban szereplő arányok szerint összemértem, mindegyiknek pontosan 5 perc letelte után mértem az abszorbanciáját 593 nm-es hullámhosszon.

4. táblázat: Kalibrációs sor antioxidáns kapacitás méréséhez FRAP módszerrel

Kalibrációs sor	FRAP-reagens (μl)	Aszkorbinsav-oldat (μl)	Desztillált víz (μl)
1	1500	0	50
2	1500	0	50
3	1500	10	40
4	1500	20	30
5	1500	30	20
6	1500	40	10
7	1500	50	0

A mintákat kivettük a fagyasztóból, majd miután felolvadtak 6000 rpm-en 20 percig centrifugáltuk őket. Egy kémcsőbe mértünk 1500 μl FRAP-reagenst, majd a minta koncentrációjától függően 40, 25 vagy 10 μl-t a mintából (azért, hogy a kalibrációs soron belül maradjuk) és ezt desztillált vízzel úgy egészítettük ki, hogy a végső térfogat minden esetben 1550 μl legyen. Az összemérést követően pontosan 5 perccel mértük a minták abszorbanciáját 593 nm-en. Minden mintából 3 párhuzamos mérést végeztünk. A mért abszorbancia értékek és a kalibrációs egyenes segítségével határoztuk meg, ezt μg aszkorbinsav egyenérték/ml értékben adtuk meg. A minták antioxidáns tartalmát a következő képlettel számoltuk ki:

$$\text{Antioxidáns – tartalom} = \frac{A}{\text{tg}\alpha} \cdot \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}} \cdot H$$

A: minta abszorbanciája

tgα: kalibrációs egyenes meredeksége

V<sub>összes</sub>: teljes térfogat (μl)

V<sub>minta</sub>: bemért minta térfogata (μl)

H: Hígítás

### 3.4.5. Antioxidáns kapacitás mérés DPPH módszerrel

A DPPH mérést Orbán (2016) leírás alapján végezzük el.

Ennek az antioxidáns meghatározásnak az elve, hogy az 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) gyök reagál a mintában lévő antioxidáns típusú vegyületekkel, a sötétlila színét elveszti. Minél több antioxidáns van a mintában, annál inkább halvány lesz a színe.

A méréshez 0,0236g DPPH porból egy 100 ml-es mérőlombikba metanollal oldatot készítettünk, majd ezt az oldatot 10-szeresére hígítottuk. A mérés során kémcsövekbe 3,9 ml DPPH oldatot mértünk, majd ehhez adtunk 100 µl-t a mintából. Homogenizáltuk, majd 20 percre sötét helyre raktuk, ha letelt ez az idő 517 nm-en mértük az abszorbanciáját. Minden mintából 3 párhuzamos mérést végezzük. Lemértük a mintát nem tartalmazó gyökoldat abszorbanciáját is, ezt az értéket használtuk a számolás során, a következő képlettel:

$$I\% = \frac{(A_0 - A)}{A_0} \cdot 100$$

I%: gátlás mértéke %-ban

A<sub>0</sub>: tiszta, minta nélküli oldat abszorbanciája

A: minta abszorbanciája

A kapott eredményeket gátlás százalékban adjuk meg, ami azt mutatja, hogy a vizsgált minta az adott gyökoldat hány százalékát képes semlegesíteni.

### 3.4.6. Összes flavonoid-tartalom mérése (TFC)

Az összes flavonoid tartalmat Akbay és munkatársai (2003) módszere alapján végeztük el Tristantini és Amalia, (2019) leírását használva.

A méréshez előszöris szükségünk volt egy kalibrációra, ehhez használtunk 0,0001 g/cm<sup>3</sup> quercetin oldatot. Etanollal oldottuk fel a quercetint, kálium-acetát oldatot, amihez 0,981g kálium acetátot oldottunk fel 10 ml vízben és 10%-os alumínium-klorid oldatot. Az 5. táblázat alapján összemértük egy kémcsőbe a szükséges anyagokat, 1 percig homogenizáltuk, majd 30 percig sötét helyre raktuk. Miután letelt ez az idő 415 nm-en spektrofotométerrel mértük az abszorbanciáját.

5. táblázat: Kalibrációs sor összes flavonoid-tartalom méréséhez

Kalibrációs sor	Quercetin oldat (μl)	Desztillált víz (μl)	Kálium-acetát oldat (μl)	Alumínium-klorid oldat (μl)	Desztillált víz (μl)
1	0	1000	50	50	1000
2	0	1000	50	50	1000
3	25	975	50	50	1000
4	50	950	50	50	1000
5	75	925	50	50	1000
6	100	900	50	50	1000
7	125	875	50	50	1000

A mintákat kivettük a fagyasztóból, majd miután felolvadtak 6000 rpm-en 20 percig centrifugáltuk őket. A minták méréséhez a kémcsövekbe mértünk 2000 μl desztillált vizet, 50 μl kálium-acetát oldatot, 50 μl alumínium-klorid oldatot, majd 400 μl-t a minából. Ezután homogenizáltuk 1 percig, majd sötét helyre helyezük. 30 perc elteltével 415 nm-en mértük az abszorbanciájukat. Minden mintából 3 párhuzamos mérést végzünk. Az eredményeket μg quercetin egyenérték/ml értékben adtuk meg. A mért abszorbancia érték és a kalibrációs egyenes segítségével számoltuk ki a minták flavonoid tartalmát, ehhez a következő képlettel számoltunk:

$$\text{Flavonoid – tartalom} = \frac{A}{tg\alpha} \cdot \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}} \cdot H$$

A: minta abszorbanciája

tgα: kalibrációs egyenes meredeksége

V<sub>összes</sub>: teljes térfogat (μl)

V<sub>minta</sub>: bemért minta térfogata (μl)

H: Hígítás

## 4. Eredmények és értékelésük

### 4.1. Összes polifenol-tartalom

A mérési eredményeket a Stat-Ease® 360 Desing Expert program segítségével értékeltük ki. Az elemzésre ANOVA táblát használtunk, amely alapján megállapítható, hogy melyik tényező, illetve azok kombinációi voltak szignifikáns hatással a mért adatokra.

Az összes polifenol-tartalom estén nem volt szükség az adatok transzformációjára, anélkül is jól illeszkedtek a modellbe. A 6. táblázatban láthatjuk az ANOVA tábláját. Azokat a tagokat, amelyeknek a p-értékük nagyobb volt, mint 0,05 kivettük a modellből, mert nem volt szignifikáns hatása, ezzel növeltük az illeszkedését.

6. táblázat: Összes polifenol-tartalom ANOVA táblája

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	1,166E+05	5	23325,82	259,83	<0,0001	significant
Idő	5742,26	1	5742,26	63,96	<0,0001	
Teljesítmény	1108,75	1	1108,75	12,35	0,0056	
Koncentráció	85416,70	1	85416,70	951,48	<0,0001	
Idő <sup>2</sup>	854,27	1	854,27	9,52	0,0115	
Teljesítmény <sup>2</sup>	2046,01	1	2046,01	22,79	0,0008	
<b>Residual</b>	897,72	10	89,77			
Lack of Fit	456,65	5	91,33	1,04	0,4853	not significant
Pure Error	441,08	5	88,22			
<b>Cor Total</b>	1,175E+05	15				

A modell F-értéke 259,83 és p-értéke kisebb volt, mint 0,0001, ami alapján a modellt szignifikánsnak mondhatjuk. Az idő, a teljesítmény, a koncentráció és a teljesítmény négyzete esetén is kisebb volt a p-érték, mint 0,05, így azt mondhatjuk, hogy ezek jelentős hatással voltak a minták polifenol-tartalmára. Az idő és teljesítmény szorzatának, az idő és koncentráció szorzatának, a teljesítmény és koncentráció szorzatának, valamint a koncentráció négyzetének a p-értéke meghaladta a 0,05 értéket, ezért ezeket kivettük a korrekció során. A Lack of Fit F-értéke 1,04 és a p-értéke 0,4853, ami azt jelenti, hogy az illeszkedés hiánya nem szignifikáns, ami esetünkben jó, mert célunk, hogy a modell illeszkedjen.

Modellillesztésnél fontos érték az  $R^2$ , ez az érték mutatja meg mennyire illeszkedik a modell. Az  $R^2$  egy 0 és 1 közötti érték, annál jobb az illeszkedés minél közelebbi az érték 1-hez. Az összes polifenol-tartalom esetén ezt az értéket a következő táblázat alapján tudjuk kiértékelni (7. táblázat). A korrigált  $R^2$  értéke 0,9885, a várt  $R^2$  értéke 0,9797. A két érték összhangban van egymással, mert a két érték különbsége kisebb, mint 0,2. Az Adequate Precision érték a jel-zaj arányt méri. Ez az érték akkor megfelelő, ha nagyobb 4-nél, ami esetünkben elmondható, ugyanis ez az érték az összes polifenol meghatározásakor 58,13861 volt.

7. táblázat: Összes polifenol-tartalom illeszkedési statisztikája

Std. Dev.	8,22		$R^2$	0,9924
Mean	258,02		Adjusted $R^2$	0,9885
C.V.%	3,19		Predicted $R^2$	0,9797
			Adeq Precision	58,13868

A program segítségével kapunk egy egyenletet, amivel kiszámolható a várható összes polifenol-tartalom. Az egyenlet csak akkor alkalmazható, ha a faktorok a korábban mért tartományban mozognak. Az idő esetén ez 2 és 12 perc között, a teljesítmény esetén 100 és 800 W között és az oldószerkoncentráció esetén 10 és 60 % között kell lennie az értékeknek.

$$TPC = 395,0828 - 5,1688 \cdot A + 0,2572 \cdot B - 5,0308 \cdot C + 0,7929 \cdot A^2 - 0,00024 \cdot B^2$$

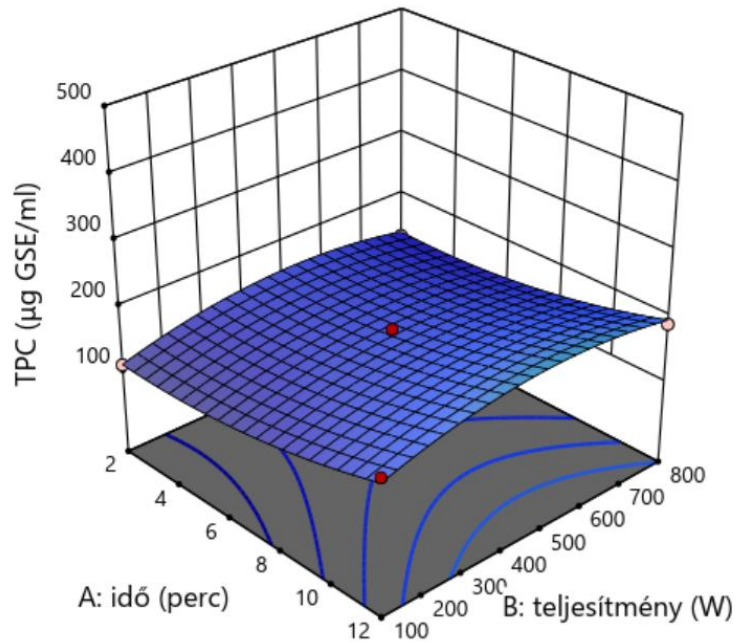
A: idő

B: teljesítmény

C: oldószer koncentráció

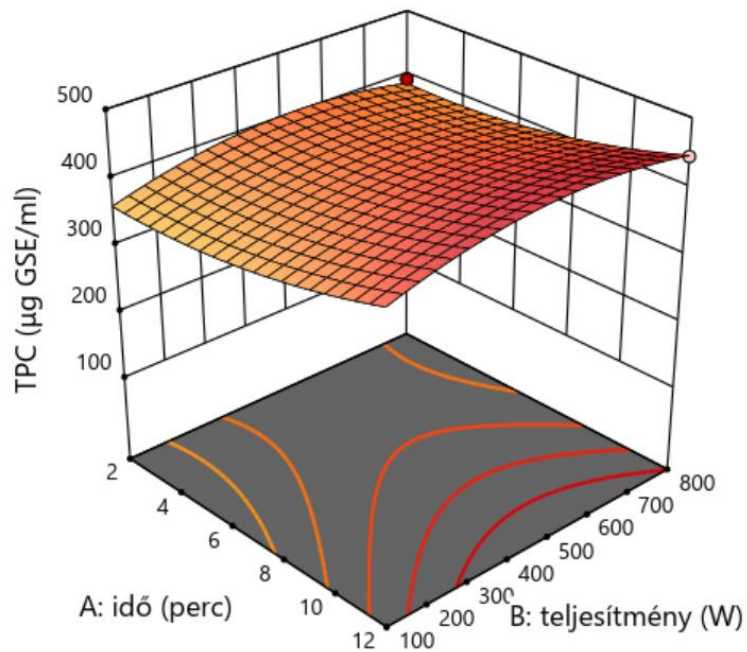
A 10. és 11. ábrákon 3D-s modellek láthatóak. Ezekkel látványosan lehet szemléltetni a méréseken alapuló, illetve felállított modell alapján számolt értékeket az egyes esetekben. A 10. és a 11. ábrán az idő és a teljesítmény közötti összefüggés látható. A 10. ábrán maximális oldószer koncentráció függvényében látjuk ezt az összefüggést, a maximális oldószer koncentráció 60 % volt a mérések során. A magas oldószer koncentráció nem volt jó hatással a minták polifenol-tartalmára. Ezt látjuk a 10. ábrán is, a modell sötétkék színe jól jelzi, hogy 60 %-os koncentráció mellett végig alacsony maradt az értéke.

10. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén



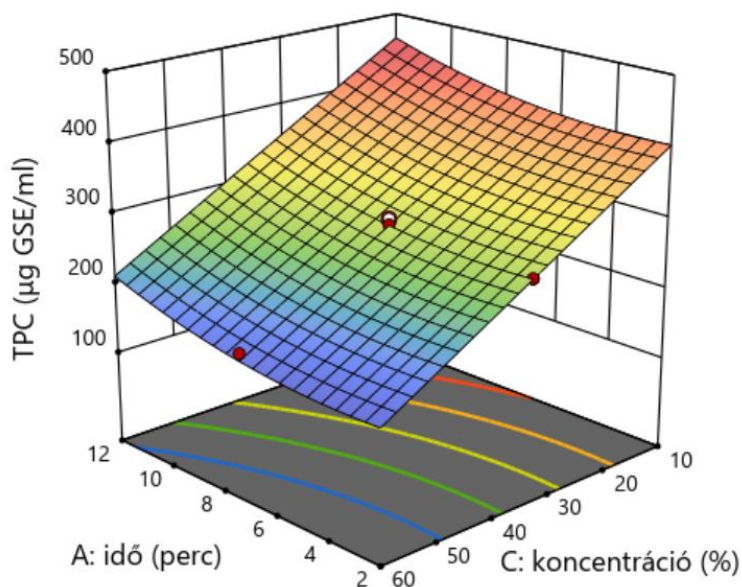
A 11. ábrán szintén az idő és a teljesítmény közötti összefüggés látható, csak ez esetben az oldószer koncentráció minimális, azaz 10 % volt. Láthatjuk, hogy az előzőhöz képest sokkal élénkebb színek jelennek meg, itt a narancssárgás piros szín jelzi a magas polifenol-tartalmat. Láthatóan az alacsonyabb etanol koncentráció kedvezett a polifenol-tartalomnak. Mindkét ábra (10. és 11.) azt látjuk, hogy a 3D-s modell közel egy síkot alkot. Ebből arra tudunk következtetni, hogy az oldószer koncentrációja befolyásolta legjobban az alkalmazott három faktor közül a polifenol-tartalmat. Ugyanakkor, mivel nem teljesen sík a modell nem lehet elhanyagolni a többi faktor hatását sem.

11. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén



A 12. ábrán láthatjuk az idő és oldószer koncentráció közötti összefüggést 450 W teljesítmény esetén. Ez a teljesítmény volt a középpérték az extrakciók során. Ezen az ábrán is jól látszik, hogy alacsonyabb oldószer koncentráció mellett magasabb polifenol-tartalom érhető el. Szintén látszik az ábrán, hogy a mikrohullámmal történő kezelési idő is hatással van a TPC értékre. Rövidebb kezelési idővel alacsonyabb, hosszabb kezelési idővel magasabb polifenol-tartalom érhető el. Látjuk, hogy a legjobb eset, ha hosszabb kezelési időt és alacsony oldószerkoncentrációt alkalmazunk. Ez esetünkben 12 perc kezelési idő és 10 %-os etanol koncentráció volt.

12. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés 450W teljesítmény esetén



A program segítségével megnéztük, hogy a felállított modell alapján milyen paraméterekkel tudnánk maximalizálni az extraktumok összes polifenol-tartalmát. A program több lehetőséget is javasolt, ezekből választottuk ki a legjobbkat, melyekhez figyelembe vettünk gazdasági szempontokat is. A program által felsorolt lehetőségek többségében az idő 11 és 12 perc között, az oldószer koncentrációja 10 és 12 % közötti volt, illetve a TPC értékekben sem volt nagy különbség. Egy olyan esetet választottunk, amelyhez az egyik legalacsonyabb teljesítmény érték tartozik. Így ahhoz, hogy az extrakció után a lehető legnagyobb legyen a polifenol-tartalom a következő paramétereket kell alkalmazni: mikrohullámú kezelési idő 11,7766 perc, teljesítmény 298,796 W, oldószer koncentráció 10,3874 %. Ebben az esetben a polifenol-tartalom 447,01 µg GSE/ml lenne.

#### 4.2. Antioxidáns-tartalom FRAP módszerrel

A kiértékelés első lépéseként a mérési adatokra egy a program által javasolt transzformációt hajtottunk végre. Ez a transzformáció az antioxidáns-tartalomnál FRAP módszer alkalmazása esetén természetes alapú logaritmus transzformáció volt. Ezután az antioxidáns-tartalom kiértékeléséhez a 8. táblázatban látható ANOVA táblát használtuk fel. Azokat a tagokat, amelyeknek a p értékük nagyobb volt, mint 0,05, tehát nem volt szignifikáns a hatásuk az antioxidáns-tartalomra, kivettük a modellből, ezzel növelve annak illeszkedését.

8. táblázat: FRAP módszerhez tartozó ANOVA tábla

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	4,31	4	1,08	96,87	<0,0001	significant
Idő	0,1988	1	0,1988	17,88	0,0007	
Teljesítmény	1,841E-08	1	1,841E-08	1,656E-06	0,9990	
Koncentráció	3,98	1	3,98	358,05	<0,0001	
Teljesítmény* Koncentráció	0,1285	1	0,1285	11,55	0,0040	
<b>Residual</b>	0,1668	15	0,0111			
Lack of Fit	0,1381	10	0,0138	2,41	0,1722	not significant
Pure Error	0,0287	5	0,0057			
<b>Cor Total</b>	4,48	19				

A modell F-értéke 96,87, p-értéke kisebb, mint 0,0001, amiből arra következtetünk, hogy a modell szignifikáns. Csak 0,01% a valószínűsége annak, hogy ekkora F-érték a mérési zajból, vagy mérési hibából ered. Az idő, az oldószer koncentráció és a teljesítmény és koncentráció szorzatának p-értéke 0,05 alatt van, így ezek szignifikánsan hatnak az antioxidáns-tartalomra. Azokat a tényezőket melyeknek a p-értéke 0,05 alatt volt kivettük a modellből a korrekció során. Ez alól kivétel a teljesítményt, hiszen a mérések során ez volt az egyik faktorunk, de mivel a p-értéke 0,9990, ezért ebben az esetben ennek nincs szignifikáns hatása. A Lack of fit, vagyis az illeszkedés hiányának F-értéke 2,41, p-értéke 0,1722, vagyis nem szignifikáns. A Lack of fit esetében mindig azt szeretnénk, hogy ez ne legyen szignifikáns, ugyanis nekünk az a jó, ha illeszkedik a modellünk.

Szintén fontos érték az  $R^2$ , ez fogja megmutatni mennyire illeszkedik jól a modellünk. Ennek a statisztikáját mutatja meg a 9.táblázat. A korrigált  $R^2$  értéke 0,9528, várt  $R^2$  értéke 0,9192. A kettő különbsége nem haladja meg a 0,2-t, így a modell jónak mondható. Az Adeq Precision értéke 34,0902, mi pedig azt szeretnénk, hogy 4 felett legyen, így ez az érték is megfelelő.

9. táblázat: Antioxidáns-tartalom FRAP módszer szerint illeszkedési statisztikája

Std. Dev.	0,1054		R <sup>2</sup>	0,9627
Mean	9,45		Adjusted R <sup>2</sup>	0,9528
C.V.%	1,12		Predicted R <sup>2</sup>	0,9192
			Adeq Precision	34,0902

A modellből a program kiszámolt egy egyenletet, amelybe a megfelelő paramétereket behelyettesítve megkapjuk a minta antioxidáns-tartalmát. Fontos, hogy csak abban az esetben használható jól, ha a faktorok az általunk használt mérési határok között mozognak. A kezelési idő esetében ez 2 és 12 perc közötti, teljesítmény esetében ez 100 és 800 W közötti és koncentráció esetében ez 10 és 60 % közötti érték kell legyen.

$$\ln(FRAP) = 10,3612 + 0,0281 \cdot A - 0,0005 \cdot B - 0,0317 \cdot C + 0,00001 \cdot BC$$

A: idő

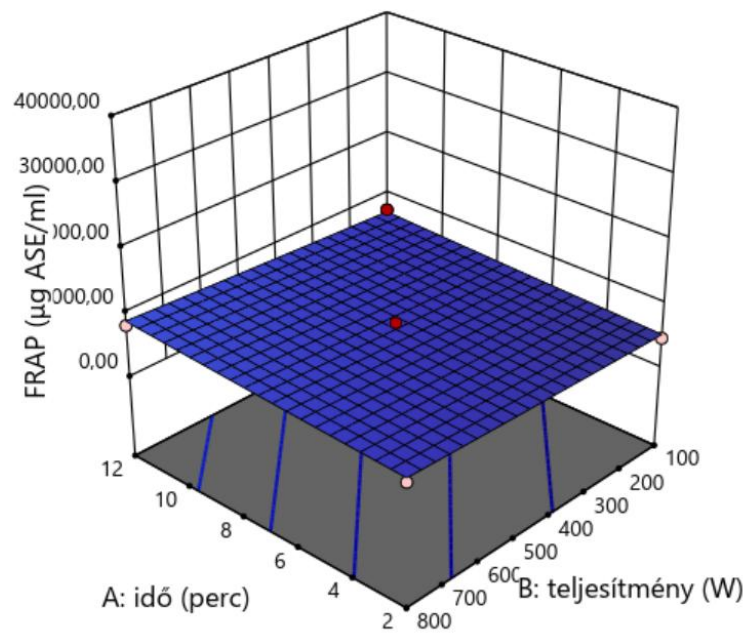
B: teljesítmény

C: oldószer koncentráció

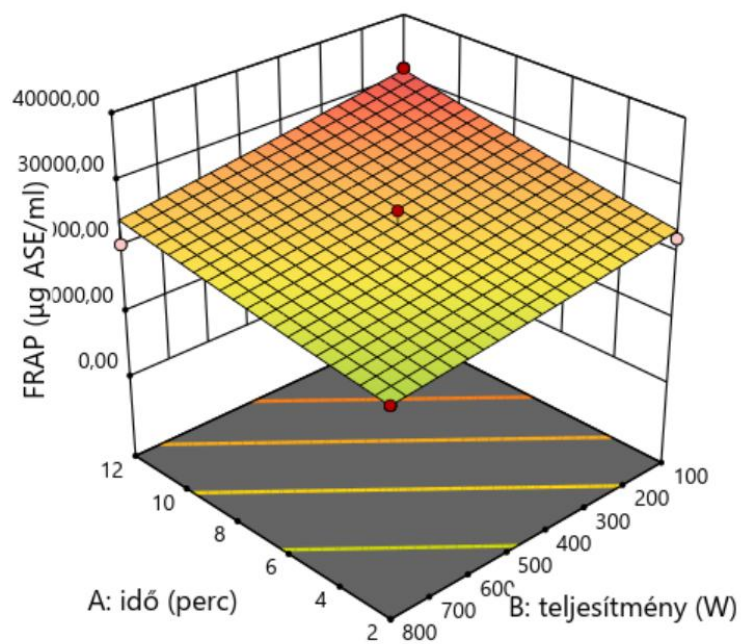
A 13. és 14. ábrán 3D-s modellen láthatjuk az idő és a teljesítmény közötti összefüggéseket. A 13. ábra esetén maximális, vagyis 60 % az oldószer koncentráció, a 14. ábra esetén minimális, azaz 10 % az oldószer koncentráció. A 13. ábrán láthatjuk, hogy sötétkék színnel van jelölve az antioxidáns-tartalom, vagyis minden esetben alacsony. Az ábrán az is látszik, hogy ilyen magas oldószer koncentráció mellett annak szinte nincs hatása, hogy milyen teljesítményt, illetve azt mennyi ideig alkalmazzuk, mindenképp nagyon alacsony lesz az antioxidáns-tartalom.

A 14. ábrán azt látjuk, hogy a minimális oldószer koncentráció sokkal magasabb antioxidáns-tartalmat eredményezett, mint a maximális koncentráció. A 3D-s modell ezt sokkal élénkebb színekkel jelzi. Itt már észrevehető, hogy az időnek és a teljesítménynek is van némi hatása. Az ábra szerint a legnagyobb antioxidáns-tartalom 10 %-os oldószer koncentráció mellett 12 percen át tartó 100 W-os kezeléssel érhető el.

13. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén

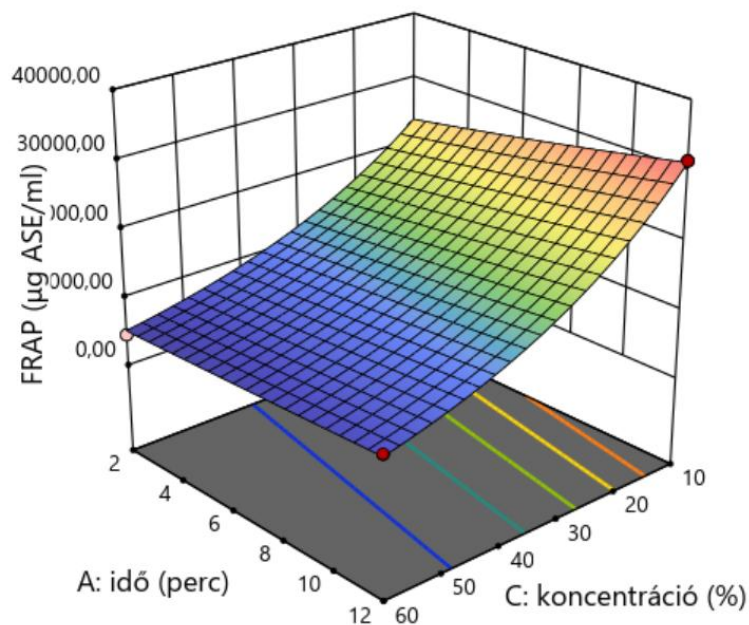


14. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén



A korábbi ábrán láthattuk, hogy 100 W teljesítménnyel magasabb antioxidáns-tartalmat lehet elérni, ezért megnéztük hogyan néz ki a 3D-s diagram, ha az idő és koncentráció közötti összefüggést nézzük 100 W teljesítmény mellett. Ez látható a 15. ábrán. Látható, hogy ahogy csökken az oldószer koncentráció, úgy növekszik az antioxidáns tartalom. A növekedés ugyanúgy megfigyelhető a kezelési idő esetében is. Bár itt kisebb mértékű növekedést láthatunk, az egyértelműen látszik, hogy kisebb oldószer koncentráció mellett az idő is befolyásolja az antioxidáns-tartalmat FRAP mérési módszer szerint. A legnagyobb értéket akkor kaphatjuk, ha 100 W teljesítmény mellett 10 %-os oldószerrel 12 percig tartó mikrohullámú kezelést alkalmazunk.

15. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés minimális teljesítmény esetén



Az FRAP módszerrel mért antioxidáns-tartalom esetében megnéztük, hogy a program a felállított modell alapján mit javasol, milyen beállításokkal lehet maximalizálni az értéket. Ahogy ezt a korábbi 3D-s modelleken is látni lehetett, itt is ugyanazt kaptuk a legjobb opciónak. Ha a legmagasabb antioxidáns-tartalmat szeretnénk elérni, 12 percig tartó mikrohullámú kezelést kell alkalmazni 100 W teljesítményen 10 % oldószer koncentráció mellett. Ebben az esetben az antioxidáns-tartalom 31300,29 µg ASE/ml lenne.

### 4.3. Antioxidáns-tartalom DPPH módszerrel

A DPPH módszerrel mért antioxidáns-tartalom esetén nem volt szükség az adatok transzformációjára, így is jól rá lehetett illeszteni a modellt. A kiértékelést ez esetben is ANOVA táblából végeztük, a 0,05 p-értékű hatásokat kivettük belőle (10. táblázat).

10. táblázat: DPPH módszerhez tartozó ANOVA tábla

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	1198,85	6	199,81	42,96	<0,0001	significant
Idő	92,54	1	92,54	19,89	0,0006	
Teljesítmény	4,68	1	4,68	1,01	0,3342	
Koncentráció	912,60	1	912,60	196,20	<0,0001	
Idő*	46,42	1	46,42	9,98	0,0075	
Koncentráció						
Teljesítmény*	73,39	1	73,39	15,78	0,0016	
Koncentráció						
Teljesítmény <sup>2</sup>	69,23	1	69,23	14,818	0,0020	
<b>Residual</b>	60,47	13	4,65			
Lack of Fit	48,65	8	6,08	2,57	0,1563	not significant
Pure Error	11,81	5	2,36			
<b>Cor Total</b>	1259,31	19				

A modell F-értéke 42,96 és p-értéke kisebb, mint 0,0001, ezért a modellünk szignifikánsnak mondható. Az idő, a koncentráció, az idő és koncentráció szorzata, a teljesítmény és koncentráció szorzata és a teljesítmény négyzete szignifikáns hatások, ugyanis mindegyik p-értéke 0,05 alatt van. A modell korrekciója után a teljesítményt benne hagytuk, mert ugyan a p-értéke 0,05 felett van, de ez volt az egyik fő hatásunk a vizsgálat során, így fontos, hogy benne maradjon. A Lack of Fit F-értéke 2,57, p-értéke 0,1563, ezért nem szignifikáns. Számunkra mindig az a cél, hogy ez az érték ne legyen szignifikáns.

Modellillesztéskor szintén fontos látni azt, hogy mennyire illeszkedik a modell az adatokra. Ezt mutatja meg az R<sup>2</sup> érték, illetve a 11. táblázat. A korrigált R<sup>2</sup> érték 0,9298, a várt R<sup>2</sup> érték 0,8331. Ha ennek a két számnak a különbsége kisebb, mint 0,2 jónak mondható a modell. Ez

ebben az esetben is így van. Fontos szám még itt az Adeq Precision, ami a jel-zaj arányt méri. A cél, hogy ez a szám 4 felett legyen, esetünkben ez 25,0726, tehát jó.

11. táblázat: Antioxidáns-tartalom DPPH módszer szerint illeszkedési statisztikája

Std. Dev.	2,16		R <sup>2</sup>	0,9520
Mean	68,46		Adjusted R <sup>2</sup>	0,9298
C.V.%	3,15		Predicted R <sup>2</sup>	0,8331
			Adeq Precision	25,0726

A program a felállított modell alapján összeállított egy egyenletet, amibe behelyettesítve a megfelelő értékeket kiszámolható az antioxidáns-tartalom. Fontos, hogy csak abban az esetben használható jól, ha a faktorok az általunk használt mérési határok között mozognak. A kezelési idő esetében ez 2 és 12 perc közötti, teljesítmény esetében ez 100 és 800 W közötti és koncentráció esetében ez 10 és 60 % közötti érték kell legyen.

$$DPPH = 82,5768 - 0,0661 \cdot A + 0,0172 \cdot B - 0,6728 \cdot C + 0,0193 \cdot AC + 0,0003 \cdot BC - 0,00003 \cdot B^2$$

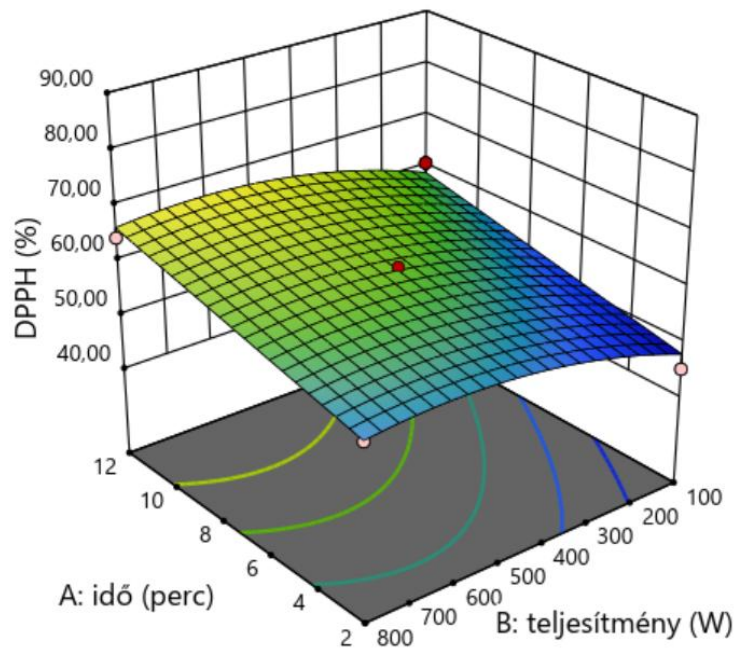
A: idő

B: teljesítmény

C: oldószer koncentráció

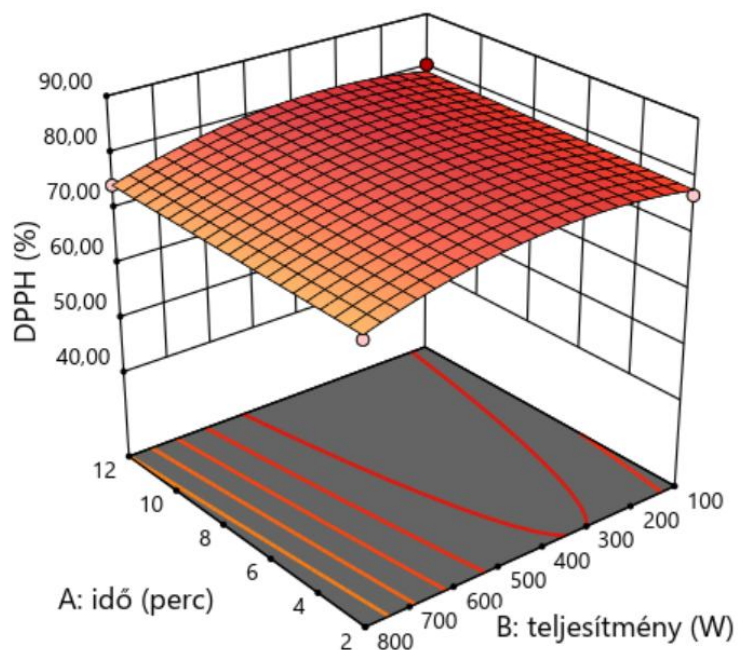
A 16. és 17. ábrákon láthatjuk az idő és teljesítmény közötti összefüggéseket. A 16. ábra ezt az összefüggést maximális oldószer koncentráció esetében mutatja. A maximális oldószer koncentráció a mérések során 60 % volt. A diagram kék színe kevés, a sárgás zöld színe valamivel több antioxidánst jelez. Alacsonyabb teljesítmény és rövidebb idő alatt kevesebb az antioxidáns-tartalom. 60 %-os oldószer koncentráció mellett, magasabb teljesítmény és hosszabb idő alatt egyre több az antioxidáns-tartalom.

16. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén



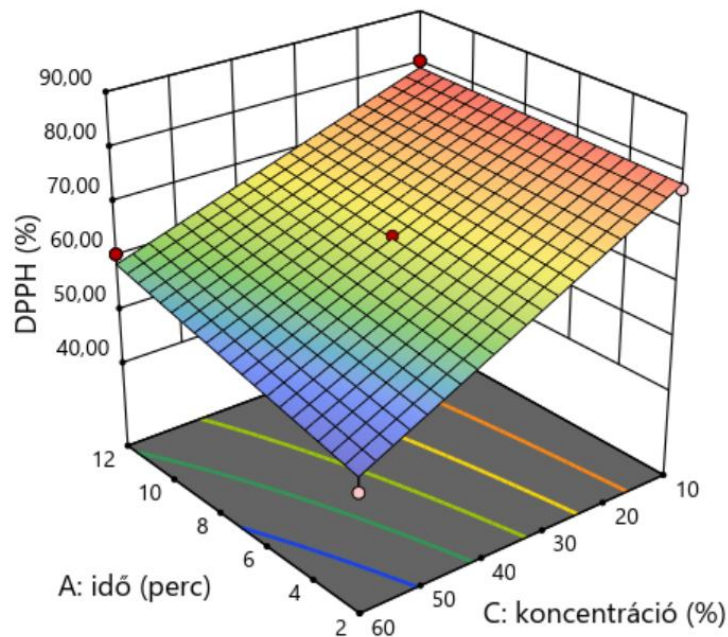
A 17. ábrán az idő és teljesítmény összefüggését minimális, 10 %-os oldószer koncentráció mellett látjuk. Az ábra piros színe jelzi, hogy itt sokkal magasabb az antioxidáns-tartalom, mint 60 %-os koncentráció esetén. Láthatjuk még, hogy az előző esettel ellentétben itt a kisebb teljesítmény eredményezett magasabb antioxidáns tartalmat. Az idő esetében nagy különbségek nincsenek, az ábra alapján az időnél végig hasonlóak az értékek.

17. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén



A 18. és 19. ábrán egyaránt az idő és teljesítmény közötti összefüggéseket látunk különböző teljesítmények esetén. A 18. ábrán minimális, vagyis 100 W teljesítmény látható. Megfigyelhetjük, hogy magas oldószer koncentráció és rövid kezelési idő mellett a legalacsonyabb az antioxidáns-tartalom, magas oldószer koncentráció és hosszabb kezelési idő hatására már növekszik a mért érték. Legmagasabb értéket 100 W teljesítmény felhasználásakor 10 %-os oldószer koncentrációval és 12 perc kezelési idő esetén kapunk.

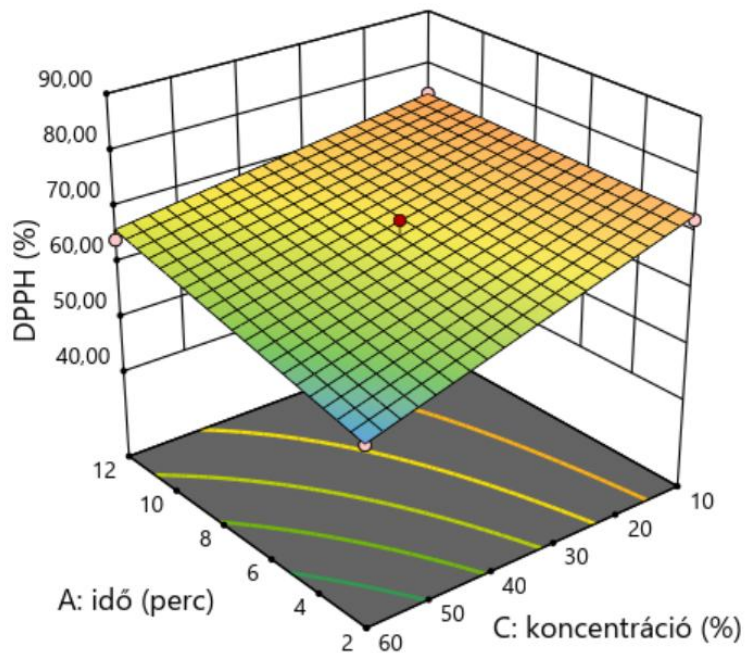
18. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés minimális teljesítmény esetén



A 19. ábrán az idő és oldószer koncentráció közötti összefüggést maximális teljesítmény, 800 W esetén látjuk. Magas teljesítmény mellett nem kaptunk alacsony antioxidáns-tartalmat, de nem is mondhatjuk magasnak. Alacsony kezelési idő és magas koncentráció mellett alacsonyabb, míg hosszabb kezelési idő és alacsony koncentráció mellett magasabb értéket kapunk.

Elmondhatjuk a két ábra (18. és 19.) alapján, hogy a magas oldószer koncentráció és az alacsony teljesítmény nem tesz jót az antioxidáns-tartalomnak. Ugyanezen az alacsony teljesítményen, de hosszabb kezelési idővel és alacsony oldószer koncentrációval sokkal magasabb értékeket tudunk elérni. Ha mindenképp magasabb oldószer koncentrációt szeretnénk használni, akkor viszont előnyösebb lehet a magasabb teljesítmény alkalmazása.

19. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés maximális teljesítmény esetén



A DPPH mérés alapján felállított modell és a program segítségével szintén megnéztük, hogy milyen lehetőségeket javasol az antioxidáns-tartalom maximalizálására. Itt az előző mérésekkel ellenben sokszínűbb lehetőségeket ajánlott fel a program. Az idő 6 és 12 perc között változott, a teljesítmény 300 és 460 W között mozgott, míg az oldószer koncentrációra 10 % körüli értékeket javasolt. Úgy ítéltük meg a lehetőségek alapján, hogy ezek közül a legmagasabb antioxidáns-tartalmat a következő paraméterek beállításával lehet elérni: 9,5215 perc kezelési idő, 301,493 W teljesítmény és 10,066 % oldószer koncentráció. Ebben az esetben a mért érték 80,49% lenne.

#### 4.4. Összes flavonoid-tartalom

Az összes flavonoid-tartalom kiértékeléséhez transzformációt javasolt a program. A kiértékelés első lépéseként el is végeztük, ez egy természetes alapú logaritmus transzformáció volt. Ezután a 12. táblázatban látható ANOVA tábla segítségével értékeltük ki a mérési eredményeinket. A táblából a korrigálás során kivettük azokat a hatásokat, amelyeknek p-értéke 0,05 felett volt.

12. táblázat: Összes flavonoid-tartalom ANOVA táblája

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
<b>Model</b>	5,10	4	1,28	58,65	<0,0001	significant
Idő	0,0109	1	0,0109	0,5026	0,4931	
Teljesítmény	0,7308	1	0,7308	33,62	0,0001	
Koncentráció	4,97	1	4,97	228,76	<0,0001	
Teljesítmény* Koncentráció	1,08	1	1,08	49,54	<0,0001	
<b>Residual</b>	0,2392	11	0,0217			
Lack of Fit	0,1656	7	0,0237	1,29	0,4263	not significant
Pure Error	0,0735	4	0,0184			
<b>Cor Total</b>	5,34	15				

Az ANOVA táblából leolvasható, hogy a modell F-értéke 58,65, p-értéke kisebb, mint 0,0001. Ez azt jelenti, hogy a modell jól illeszkedik, és az eredmények statisztikailag szignifikánsak. A teljesítmény, az oldószer koncentráció és a teljesítmény és koncentráció szorzat p-értéke 0,0001 vagy az alatti, így elmondhatjuk, hogy ezek a hatások jelentősen befolyásolták az egyes minták flavonoid-tartalmát. Az idő p-értéke nagyobb, mint 0,1, így ez nem szignifikáns hatás a flavonoid-tartalomra nézve, de benne hagytuk a modellbe, mert ez volt az egyik fő hatás, amit vizsgáltunk. A Lack of Fit F-értéke 1,29 és p-értéke 0,4263. Ez arra utal, hogy nem szignifikáns, ami számunkra jó, hiszen azt szeretnénk, hogy a modellünk illeszkedjen.

A modell illeszkedését az  $R^2$  értékkel tudjuk vizsgálni. Ehhez nyújt segítséget a 13. táblázat. Ebben láthatjuk, hogy a korrigált  $R^2$  értéke 0,9389, a várt  $R^2$  értéke 0,9225. A modellünk jó, ugyanis e kettő érték közötti különbség kevesebb, mint 0,2. Itt még meg kell említeni az Adeq Precision értékét, ami 4 fölött számít jónak, esetünkben ez 26,0908, ebből a szempontból is megfelelő a modellünk.

13. táblázat: Összes flavonoid-tartalom illeszkedési statisztikája

Std. Dev.	0,1474		$R^2$	0,9552
Mean	3,83		Adjusted $R^2$	0,9389
C.V.%	3,85		Predicted $R^2$	0,9225
			Adeq Precision	26,0908

A programban kapunk egy egyenletet a felállított modell alapján, melyből ki lehet számolni a minta flavonoid-tartalmát. Fontos, hogy csak abban az esetben használható jól, ha a faktorok az általunk használt mérési határok között mozognak. A kezelési idő esetében ez 2 és 12 perc közötti, teljesítmény esetében ez 100 és 800 W közötti és koncentráció esetében ez 10 és 60 % közötti érték kell legyen.

$$\ln(TFC) = 5,4249 + 0,0083 \cdot A - 0,0012 \cdot B - 0,0695 \cdot C + 0,00007 \cdot BC$$

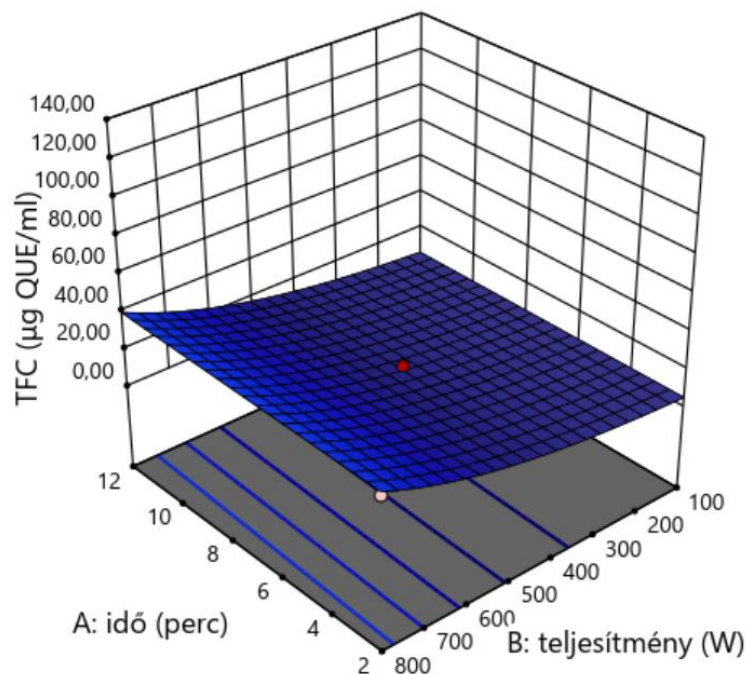
A: idő

B: teljesítmény

C: oldószer koncentráció

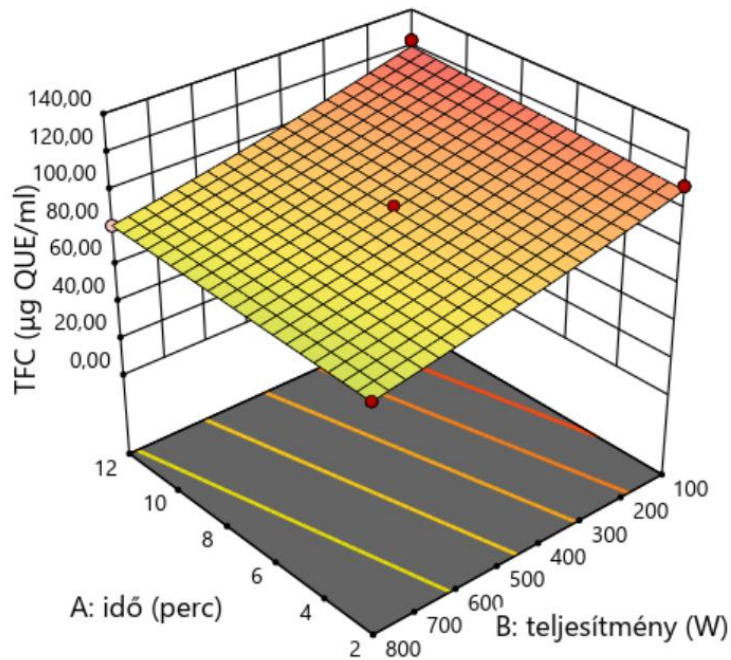
A 20. és 21. ábrán az idő és teljesítmény közötti összefüggéseket láthatjuk. A 20. ábrán ez az összefüggés maximális oldószer koncentráció, 60 % esetén van ábrázolva. A 3D-s modellen jól látszik az intenzív kék színből, hogy minden esetben alacsony maradt a minták flavonoid-tartalma. Magas oldószer koncentráció mellett a teljesítmény növelésével nőtt valamennyit a flavonoid-tartalom.

20. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén



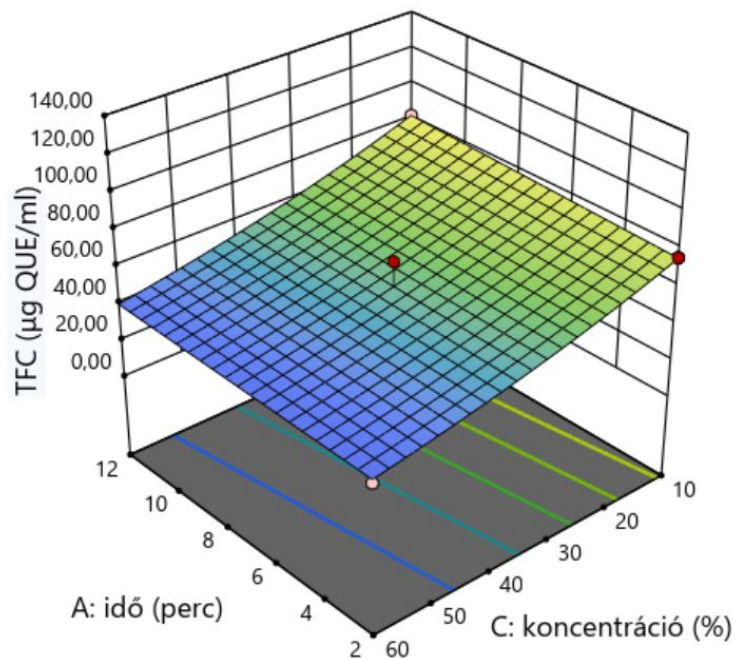
A 21. ábrán az idő és teljesítmény közötti összefüggést minimális, 10 %-os oldószer koncentráció használata esetén látjuk. Az előző sötétkék ábrához képest itt sokkal élénkebb, sárga és piros színeket látunk. Ez utal arra, hogy alacsony koncentrációnál több flavonoid volt kinyerhető a mintáinkból. A teljesítmény csökkentésével és a kezelési idő növelésével növekszik a flavonoid-tartalom. A legnagyobb értéket a diagram alapján 10 %-os oldószer koncentráció mellett 100 W teljesítménnyel és 12 perc kezelési idővel lehet elérni.

21. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén



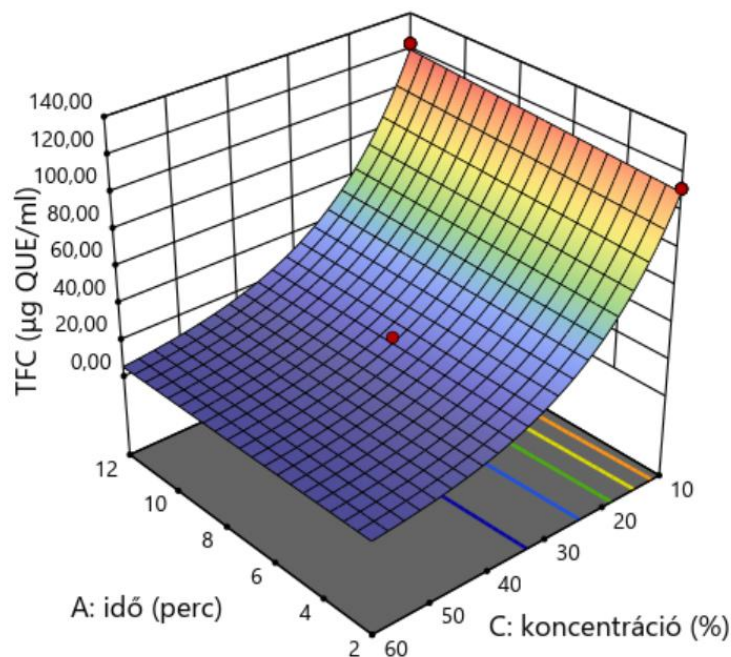
A 22. és 23. ábrán az idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés látható különböző teljesítmények mellett. A 22. ábrán a teljesítmény maximális, 800 W. Ezen a teljesítményen a flavonoid-tartalom kihozatala közepes. Nem nagyon sötét a kék szín, de nem is jelenik meg a sárga és a piros. Az ábrán úgy tűnik, hogy az idő nem, vagy csak kevésbé befolyásolja a flavonoid-tartalmat. Láthatjuk, hogy maximális teljesítménynél az oldószer koncentráció hatása érvényesül, magas koncentrációnál alacsony, míg alacsony koncentrációnál magasabb értéket mérhetünk flavonoid-tartalomra.

22. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés maximális teljesítmény esetén



A 23. ábrán a 3D-s modellt minimális teljesítmény, 100 W esetén látjuk. Megfigyelhetjük, hogy 60 %-os oldószer koncentráció mellett nagyon alacsony a TFC érték, ezt jelzi a sötétkék szín. Minél inkább csökken ez a koncentráció, annál inkább növekszik a flavonoid-tartalom, 10 % esetén már magas, ezt jelzi az ábra narancssárga színe. A magasabb koncentrációnál nem látszik, de alacsonyabb koncentráció esetén megfigyelhető, hogy az időnek is van egy minimális hatása a flavonoid-tartalomra. A legmagasabb flavonoid-tartalom 100 W teljesítmény esetében az ábra szerint 10 %-os oldószer koncentrációval és 12 perc kezelési idővel érhető el.

23. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés minimális teljesítmény esetén



A program által megnéztük, hogy milyen paraméterek esetében lehetne maximalizálni a flavonoid tartalmat. Ezek a paraméterek a következők: 11,6153 perc kezelési idő, 100 W teljesítmény és 10 %-os oldószer koncentráció. Ebben az esetben az összes-flavonoid tartalom 119,55 µg QUE/ml lenne.

#### 4.5. Összes értékes komponens maximalizálása

Az eddigi maximalizálás paramétereinek megadásakor csak azt állítottuk be célnak, hogy az adott mérés értéke legyen a maximum, a többivel nem foglalkoztunk. Az extrakció során csipkebogyó esetében arra törekedtünk, hogy megtaláljuk azt a beállítást, amikor az összes értékes komponensből a lehető legtöbbet tudjuk kinyerni. Azt már láttuk, hogy egyenként ehhez milyen paraméterek beállítása szükséges, de utána megnéztük mit javasol a program, ha egyszerre szeretnénk a polifenol-tartalmat, az antioxidáns-tartalmat és a flavonoid-tartalmat is maximalizálni.

A következő paraméterek beállításával tudjuk az értékeket maximalizálni: 12 perc kezelési idő, 214,976 W teljesítmény és 10 %-os oldószer koncentráció. Ekkor az összes polifenol-tartalom 440,95 µg GSE/ml, az antioxidáns-tartalom FRAP módszer szerint 30023,67 µg ASE/ml, DPPH módszerrel 80,40% és az összes flavonoid-tartalom 112,74 µg QUE/ml lenne.

## *5. Következtetések és javaslatok*

A mérések eredményeiből és a felállított modellekből vizsgáltuk azt, hogy a három független változó közül (kezelési idő, teljesítmény, oldószer koncentráció) melyik hogyan hat a polifenoltartalomra, az antioxidáns-tartalomra és a flavonoid-tartalomra. Mindegyik mért érték esetén azt láttuk, hogy a hosszabb kezelési idő kedvezőbb eredményeket adott. Az oldószer koncentráció esetén is azt mondhatjuk, hogy mind a négy mérésnél a 60 %-os koncentrációhoz képest sokkal jobb eredményeket kaptunk 10 %-os etanol-víz elegyet használva. A teljesítmény hatását vizsgálva azt láttuk, hogy az alacsonyabb teljesítmény jobb kihozatalt eredményezett. Legalacsonyabb teljesítményként 200 W körüli értéket kaptunk az összes komponens együttes optimalizációja során.

Ezekből arra tudunk következtetni, hogy a hosszabb idejű, alacsonyabb teljesítményű mikrohullámú kezelési idő kedvez a leginkább a csipkebogyóban található értékes komponensek kinyerésének. Mivel minden mérésnél az általunk használt legalacsonyabb oldószer koncentráció bizonyult a legjobbnak, ezért valószínűleg az etanolnak nem volt jó hatása a csipkebogyó értékes komponenseire.

További mérések esetén oldószerként vagy vizet, vagy citromsavas vizet használnánk megnézve, hogy azok milyen hatással vannak a polifenolokra, az antioxidánsokra és a flavonoidokra. Mindezt alacsony 100-200 W teljesítményen. A kezelési időt is lehetne növelni, hiszen azt láttuk, hogy a hosszabb mikrohullámú kezelés növelte a kioldott komponensek mennyiségét.

## 6. Összefoglalás

A vadrózsa hazánkban elterjedt növény, ennek a termése a csipkebogyó, ami ősszel szép látványt nyújt a kertünkben, az erdőben sétálva. A csipkebogyó gyulladáscsökkentő hatását már korábbi évszázadokban felfedezték, régóta használják gyógynövényként. Leggyakrabban teákat készítenek belőle, de az iparban is egyre népszerűbb alapanyaga a kozmetikai termékeknek és a vitamin készítményeknek.

A szakdolgozatkészítés során a célunk azt volt, hogy csipkebogyóból mikrohullámú extrakcióval és etanos oldószerrel kinyerjük az értékes komponenseit, illetve meghatározzuk azokat az optimális paramétereket, amiket használva az extrakció hatékonyságát növelhetjük. Az extrakciók során a független változók a kezelési idő, a mikrohullámú teljesítmény és az oldószer koncentráció voltak. A függő változók a polifenol-tartalom, az antioxidáns-tartalom FRAP és DPPH mérési módszer alapján és a flavonoid-tartalom voltak. Célunk volt öt modell felállítása, melyek négyben az adott komponens maximalizálásához kerestük a legjobb beállítási értékeket, az ötödik modellben pedig mindet egyszerre maximalizáltuk.

A mikrohullámú extrakcióhoz szárított csipkebogyót aprítottunk, oldószerként pedig etanol-víz elegyet használtunk. Az extrakciók során 3 faktort változtattunk: a kezelési idő (2, 7 és 12 perc), a teljesítményt (100, 450 és 800 W) és az oldószer koncentrációt (10, 35 és 60 %). A méréseket kísérletterv alapján végeztünk el, melynek előnye, hogy véletlenszerűen határozza meg az extrakciók sorrendjét. Középpontos kísérlettervet használtunk, ami azt jelenti, hogy több középponti mérést kellett elvégeznünk. 20 mérés közül 6 darab volt középponti a következő értékekkel: 7 perc kezelési idő, 450 W teljesítmény és 35%-os oldószer. A kísérlettervet és a kiértékelést a Stat-Ease® 360 Design Expert program segítségével végeztük el.

Az extraktumokon négy különböző analitikai mérést végeztünk: összes polifenol-tartalom, antioxidáns-tartalom FRAP módszer szerint, antioxidáns tartalom DPPH módszer szerint és összes flavonoid-tartalom meghatározása. A mért eredményeket ANOVA táblával értékeltük ki és modellt illesztettünk az értékekre.

A modellek alapján a program meghatározott egyenleteket, amikbe a megfelelő paramétereket behelyettesítve kiszámolhatjuk azok értékét. Fontos, hogy ezek csak abban az esetben használhatóak jól, ha a faktorok az általunk használt mérési határok között mozognak. A kezelési idő esetében ez 2 és 12 perc közötti, teljesítmény esetében ez 100 és 800 W közötti és koncentráció esetében ez 10 és 60 % közötti érték kell legyen. (A-idő, B-teljesítmény, C-oldószer koncentráció.)

$$TPC = 395,0828 - 5,1688 \cdot A + 0,2572 \cdot B - 5,0308 \cdot C + 0,7929 \cdot A^2 - 0,00024 \cdot B^2$$

$$\ln(FRAP) = 10,3612 + 0,0281 \cdot A - 0,0005 \cdot B - 0,0317 \cdot C + 0,00001 \cdot BC$$

$$DPPH = 82,5768 - 0,0661 \cdot A + 0,0172 \cdot B - 0,6728 \cdot C + 0,0193 \cdot AC + 0,0003 \cdot BC - 0,00003 \cdot B^2$$

$$\ln(TFC) = 5,4249 + 0,0083 \cdot A - 0,0012 \cdot B - 0,0695 \cdot C + 0,00007 \cdot BC$$

A polifenol-tartalom maximalizálásakor a következő paramétereket kaptuk: 11,7766 perc kezelési idő, 298,796 W teljesítmény és 10,3874 % oldószer koncentráció. Antioxidáns-tartalom maximalizálására FRAP módszer alkalmazása esetén 12 perc kezelési időt, 100 W teljesítményt és 10 %-os oldószer koncentrációt javasolt a program. Antioxidáns-tartalom DPPH módszer alkalmazása esetén az optimális paraméterek maximalizálásához 9,5215 perc, 301,493 W és 10,066 %. Flavonoid-tartalom maximalizálására is vizsgáltuk a paramétereket, a következőket kaptuk optimális beállításként: 11,6153 perc kezelési idő, 100 W teljesítmény és 10 %-os oldószer koncentráció. Mind a négy érték egyszerre történő maximalizálására a következő paramétereket kaptuk: 12 perc kezelési idő, 214,976 W teljesítmény és 10 %-os oldószer koncentráció.

Összességében elmondhatjuk, hogy a hosszabb kezelési idő pozitív hatással volt az értékes komponensek kivonására. A teljesítménynél minden komponens esetében azt láttuk, hogy alacsonyabb érték esetén volt jobb a kihozatal. Az oldószer koncentráció optimális értékék minden komponens esetén 10% körüli érték volt. Ebből arra következtetünk, hogy a magas etanol koncentráció nem volt jó hatással se a polifenol, se az antioxidáns, se a flavonoid-tartalomra.

További mérések esetén azt javasolnánk, hogy etanol-víz elegy helyett oldószerként vizet vagy más oldószert próbáljunk ki. Mivel a hosszú kezelési idő jó hatással volt a komponensekre, ezt még lehetne növelni, megnézve, hogy tovább növekszik-e a mért komponensek mennyisége.

## 7. Felhasznált irodalmak

- Akbay, P., Basaran, A.A., Undeger, U., Basaran, N., 2003. In vitro immunomodulatory activity of flavonoid glycosides from *Urtica dioica* L. *Phytother. Res. PTR* 17, 34–37. <https://doi.org/10.1002/ptr.1068>
- Alara, O.R., Abdurahman, N.H., Ukaegbu, C.I., 2021. Extraction of phenolic compounds: A review. *Curr. Res. Food Sci.* 4, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Bai, J.-W., Gao, Z.-J., Xiao, H.-W., Wang, X.-T., Zhang, Q., 2013. Polyphenol oxidase inactivation and vitamin C degradation kinetics of Fuji apple quarters by high humidity air impingement blanching. *Int. J. Food Sci. Technol.* 48, 1135–1141. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03193.x>
- Balogh E., 2010. Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében.
- Bánvölgyi, S., 2024. Extrakció, Művelettan 2., Mate egyetemi jegyzet.
- Benzie, I.F.F., Strain, J.J., 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Anal. Biochem.* 239, 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Csapó J., Albert C., Csapóné Kiss Z., 2016. Funkcionális élelmiszerek. Scientia, Kolozsvár.
- Delazar, A., Nahar, L., Hamedeyazdan, S., Sarker, S.D., 2012. Microwave-Assisted Extraction in Natural Products Isolation, in: Sarker, S.D., Nahar, L. (Eds.), *Natural Products Isolation*. Humana Press, Totowa, NJ, pp. 89–115. [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-624-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-624-1_5)
- Dóczi I.T., 2011. Szabadgyökök és antioxidánsok. *Recreation* 1, 26–30. <https://doi.org/10.21486/recreation.2011.1.4.2>
- Ercisli, S., 2007. Chemical composition of fruits in some rose (*Rosa* spp.) species. *Food Chem.* 104, 1379–1384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.053>
- Le, T.H., 2025. Green extraction of plant antioxidants: Supercritical methods and industrial applications – A review. *Food Humanity* 5, 100787. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100787>
- Orbán, C., 2016. Labor protokollok.
- Panyor, A., 2011. Gyógynövény-fogyasztási szokások vizsgálata. *Gazdálk. Sci. J. Agric. Econ.*, 55. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.119920>

- Rothwell J.A., Perez-Jimenez J., Neveu V., Medina-Remon A., M’Hiri N., Garcia-Lobato P., Manach C., Knox C., Eisner R., Wishart D.S., Scalbert A., 2013. Phenol-Explorer 3.0: a major update of the Phenol-Explorer database to incorporate data on the effects of food processing on polyphenol content. Database 2013, bat070–bat070.  
<https://doi.org/10.1093/database/bat070>
- Shen, L., Pang, S., Zhong, M., Sun, Y., Qayum, A., Liu, Y., Rashid, A., Xu, B., Liang, Q., Ma, H., Ren, X., 2023. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. Ultrason. Sonochem. 101, 106646. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106646>
- Singleton, V.L., Rossi, J.A., 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16, 144–158.  
<https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Stryjecka, M., Kiełtyka-Dadasiewicz, A., Michalak, M., 2025. Physico-Chemical Characteristics of Rosa canina L. Seeds and Determining Their Potential Use. Appl. Sci. 15, 168. <https://doi.org/10.3390/app15010168>
- Szilvássy B., 2014. Élelmi növények polifenolkészletének vizsgálata tömegspektrometriás módszerekkel (PhD). Corvinus University of Budapest, Budapest.  
<https://doi.org/10.14267/phd.2014046>
- Tristantini, D., Amalia, R., 2019. Quercetin concentration and total flavonoid content of anti-atherosclerotic herbs using aluminum chloride colorimetric assay. Presented at the the 4th biomedical engineering’s recent progress in biomaterials, drugs development, health, and medical devices: Proceedings of the International Symposium of Biomedical Engineering (ISBE) 2019, Padang, Indonesia, p. 030012.  
<https://doi.org/10.1063/1.5139349>
- Wang, L., Weller, C.L., 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends Food Sci. Technol. 17, 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.12.004>
- Wenzig, E.M., Widowitz, U., Kunert, O., Chrubasik, S., Bucar, F., Knauder, E., Bauer, R., 2008. Phytochemical composition and *in vitro* pharmacological activity of two rose hip (*Rosa canina* L.) preparations. Phytomedicine 15, 826–835.  
<https://doi.org/10.1016/j.phymed.2008.06.012>
- Yildirim, A., Yilmaz, F.M., Vardin, H., Karaaslan, M., 2018. The effect of temperature and method of drying on isot (urfa pepper) and its vitamin c degradation kinetics.

Zhang, Q.-W., Lin, L.-G., Ye, W.-C., 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. Chin. Med. 13, 20. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>

Internetes források:

Internet 1:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.gyogytea.hu%2Fgyogynovenyek%2Fcsipkebogyo-cynosbati-fructus-sine-semine/> (2025. augusztus 30.)

Internet 2: <https://njt.hu/jogszabaly/2009-152-20-82> (2025. október 20.)

## 8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

### 8.1. Ábrajegyzék

1. ábra: Gyógynövény fogyasztási szokások.....	1
2. ábra: Csipkebogyó.....	3
3. ábra: Flavonoid alapváz .....	4
4. ábra: Fenolos savak .....	5
5. ábra: Extrakció vázlata .....	8
6. ábra: Retsch GRINDOMIX GM200 aprító .....	9
7. ábra: Vákuumszűrő berendezés.....	9
8. ábra: Hermle Z206A centrifuga .....	9
9. ábra: Jasco UV/VIS, Model 7850 spektrofotométer .....	9
10. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén ...	19
11. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén ....	20
12. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés 450W teljesítmény esetén .....	21
13. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén ...	24
14. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén ....	24
15. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés minimális teljesítmény esetén ....	25
16. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén ...	28
17. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén ....	28
18. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés minimális teljesítmény esetén ....	29
19. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés maximális teljesítmény esetén ...	30
20. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális oldószer koncentráció esetén ...	32
21. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális oldószer koncentráció esetén ....	33
22. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés maximális teljesítmény esetén ...	34
23. ábra: Idő és oldószer koncentráció közötti összefüggés minimális teljesítmény esetén ....	35

### 8.2. Táblázatjegyzék

1. táblázat: Extrakció során alkalmazott paraméterek.....	10
2. táblázat: Mikrohullámú extrakció során alkalmazott kísérletterv .....	11
3. táblázat: Kalibrációs sor összes polifenol-tartalom méréséhez.....	12
4. táblázat: Kalibrációs sor antioxidáns kapacitás méréséhez FRAP módszerrel .....	14

5. táblázat: Kalibrációs sor összes flavonoid-tartalom méréséhez.....	16
6. táblázat: Összes polifenol-tartalom ANOVA táblája.....	17
7. táblázat: Összes polifenol-tartalom illeszkedési statisztikája.....	18
8. táblázat: FRAP módszerhez tartozó ANOVA tábla.....	22
9. táblázat: Antioxidáns-tartalom FRAP módszer szerint illeszkedési statisztikája .....	23
10. táblázat: DPPH módszerhez tartozó ANOVA tábla.....	26
11. táblázat: Antioxidáns-tartalom DPPH módszer szerint illeszkedési statisztikája .....	27
12. táblázat: Összes flavonoid-tartalom ANOVA táblája .....	31
13. táblázat: Összes flavonoid-tartalom illeszkedési statisztikája.....	31

## Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni témavezetőmnek Dr. Albert Krisztinának a szakdolgozatom elkészítésében nyújtott segítségét.

Valamint szeretném megköszönni Mazár Júliának a mérések és az elkészítés során nyújtott támogatását és segítségét.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat<sup>1</sup> nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Puskás Orsolya
A Hallgató Neptun kódja:	IWB3GL
A dolgozat címe:	Csipkebogyó értékes komponenseinek kinyerése mikrohullámú extrakció felhasználásával
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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.

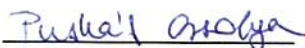
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025. 10. 29.

  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## NYILATKOZAT

Puskás Orsolya (hallgató Neptun azonosítója: IWB3GL) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot<sup>1</sup> 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<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: 2025. 10. 29.

Albert Kinkics

belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Puskás Orsolya
Neptun-kódja:	IWB3GL
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktorí (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	
A munka címe:	Csipkebogyó értékes komponenseinek kinyerése mikrohullámú extrakció felhasználásával

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pf. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helyállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. 10. 29.

*Füstös Anabella*

Hallgató aláírása

*Sibak Kriszta*

Konzulens/Témavezető aláírása