

SZAKDOLGOZAT

Huszár Dávid

2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
élelmiszermérnök alapképzési szak

**ÉRTÉKES KOMPONENSEK KINYERÉSE SZŐLŐTÖRKÖLYBŐL
MIKROHULLÁMÚ EXTRAKCIÓ SEGÍTSÉGÉVEL**

Belső konzulens: Dr. Bánvölgyi Szilvia
egyetemi docens

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

Készítette: Huszár Dávid

Budapest

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. A munka célja.....	3
3. Irodalmi áttekintés	4
3.1. Élelmiszer pazarlás és veszteség	4
3.2. Polifenolok	7
3.3. Szőlőtermesztés a világon és itthon.....	10
3.4. Szőlőtörköly környezetre gyakorolt hatása.....	11
3.5. Szőlőtörköly hasznosítása	12
3.6. Diffúzió	13
3.7. Szilárd-folyadék extrakció	14
3.8. Mikrohullámú extrakció.....	15
3.9. Polifenolok felhasználása.....	16
4. Anyagok és módszerek	18
4.1. Kísérlet helye.....	18
4.2. Alkalmazott anyagok	18
4.3. Felhasznált vegyszerek és reagensek	18
4.4. Mintaelőkészítés	18
4.5. Mikrohullámú extrakció.....	19
4.6. Az extrakció kísérletterve.....	20
4.7. Az extrakció során alkalmazott berendezés	21
4.8. A fenolos vegyületek mennyiségének meghatározása.....	21
4.9. Antioxidáns kapacitása mérése (FRAP módszer)	23
4.10. Flavonoid tartalom meghatározása.....	24
5. Kísérleti/tervezési eredmények és értékelésük.....	27
5.1. Statisztikai kiértékelés.....	27

5.2. Polifenol tartalom	28
5.3. Antioxidáns tartalom.....	35
5.4. Flavonoid tartalom.....	41
6. Következtetések és javaslatok	49
7. Összefoglalás	50
8. Irodalmi hivatkozás.....	53
9. Táblázatok és ábrák jegyzéke	55
9.1. Ábrák:.....	55
9.2. Táblázatok:	56
Köszönetnyilvánítás	57

1. Bevezetés

Szakedolgozatom témájának megválasztása során nagy szerepet játszott, hogy olyan témát válasszak, ami megfelel az érdeklődési körömnek, illetve érintse az általam választott fő szakirányt is. Mivel manapság elég nagy figyelem összpontosul az egészséges életmódra, funkcionális élelmiszerekre, valamint a környezetvédelemre, ennek köszönhetően úgy döntöttem, hogy a zöldség, gyümölcs feldolgozás mentén indulok el.

Az elmúlt pár évben egyre nagyobb szerepet kap az egészséges táplálkozás, életmód, ami nagy kihívás elé állítja az élelmiszer gyártókat és a kereskedelmet is. Tapasztalataim alapján egyre több vásárló körültekintő élelmiszer-vásárlás közben, valamint egyre tudatosabban keresik a funkcionális élelmiszereket. Ennek köszönhetően egyre több olyan termék jelenik meg a boltok polcain, amelyek vitaminokban, antioxidánsokban gazdagok. Jelenleg egyre nagyobb figyelem összpontosul az elpazarolt nyersanyagokra, például zöldségekre, gyümölcsökre, amelyek pont ezen komponensekben bőségesek. Ebben az esetben felmerül a kérdés, hogy mi lenne, ha az élelmiszer-veszteség csökkentésével, vagyis az így elveszett nyersanyagok felhasználásával, és ezekben rejlő értékes molekulák kinyerésével különböző termékekhez értéket tudnánk hozzáadni. Ellenben az is egy megoldás lenne, ha a feldolgozás során keletkező „hulladékot” az élelmiszerhez hozzáadva egy egészségesebb változat valósulhatna meg.

Az élelmiszer-veszteségből, ha csak a keletkező melléktermékeket vesszük figyelembe, akkor is egy olyan területet láthatunk, ami még manapság is kiaknázatlan. Én személy szerint most csak a gyümölcsfeldolgozást vettem figyelembe, ezen belül a szőlőfeldolgozást, ahol rengeteg törköly keletkezik. Ezt a mellékterméket még most is biomassza készítéshez vagy állatok takarmányozáshoz használják, illetve hulladékként kezelik. Azonban hiába tűnik kívülről maga a törköly értéktelennek, közelebbről megvizsgálva rengeteg értékes komponens rejt magában, amelyek kinyerésével rengeteg élelmiszert tudnánk egészségesebbé tenni. Ezzel szemben az is egy lehetőséget rejt magában, hogy a törkölyből nem csak a kinyert komponensek kerülnének alkalmazásra, hanem a törköly teljes mennyiségét hozzáadva különböző termékekhez egészségesebb élelmiszert készítenénk.

Mivel lakhelyem a Balatoni borrhégyben helyezkedik el, így rengeteg szőlő található a közelemben. Ez a fajta gyümölcs alapja a bornak, gyümölcslevegeknek, szénsavas üdítőitaloknak, szörpöknek is akár. Ezek mellett köztudott, hogy a szőlő feldolgozása során elég sok törköly marad vissza, aminek további feldolgozása nem elterjedt.

Magyarországon az almát követve második helyen áll a szőlő, betakarított mennyiséget figyelembe véve. Ebből adódóan elég sok törköly keletkezik akkor is, ha csak országunkat nézzük. A szőlőből keletkező törköly szám szerint a feldolgozott mennyiség 20-25%-a, így véleményem szerint jó lehetőség a további felhasználása.

A szőlő szezonális gyümölcsnek számít itthon, mivel a betakarítás, szüret általában szeptemberre és októberre esik. Ebből adódóan a törköly csak ebben a két hónapban lenne elérhető, hogy az értékes komponenseket kinyerjék belőle. Szakdolgozatom során egy fajta tárolási módot vizsgáltam meg, a fagyasztva tárolást. Ez azért is fontos, mert amennyiben nem sikerül tárolni a törkölyt, abban az esetben csak ebben a két hónapban lenne elérhető. A másik probléma, hogy egyszerre nagy mennyiségű alapanyag állna rendelkezésre, de megfelelő tárolás nélkül az erre épülő feldolgozóipar a kapacitásuk 100%-os kihasználtságuk mellett sem tudnák mindet felhasználni. Ebből adódóan szintén sok törköly menne kárba.

2. A munka célja

A szakdolgozatom során olaszrizlingből visszamaradt törköly mikrohullámú extrakcióját végeztem el desztilláltvíz oldószer segítségével. A mérés során három paramétert változtattam, amik a következők voltak: kezelési idő, teljesítmény és törköly-oldószer arány. Az elvégzett kísérleteket egy 2^3 középpontos teljes faktoriális kísérletterv alapján végeztem el. Az így létrehozott kísérletterv alapján a mérést elvégeztem, majd a lecentrifugált extraktumokból fenol tartalmat, antioxidáns kapacitást, valamint a flavonoid tartalmat határoztam meg.

A kísérlet során a változtatott paraméterek esetében minimum, közép-, és maximum pontok kombinációját alkalmaztam. A mérés alapján céлом az volt, hogy az eredményeim segítségével olyan matematikai modellt állítsak fel, hogy az általam alkalmazott kezelési idő, teljesítmény, valamint törköly-oldószer arány mellett, mennyi a fenolos vegyület, antioxidáns koncentráció és nem utolsósorban a flavonoid tartalom az általam nem vizsgált pontokon, illetve milyen körülmények között érhető el az optimális kihozatala ezen vegyületeknek.

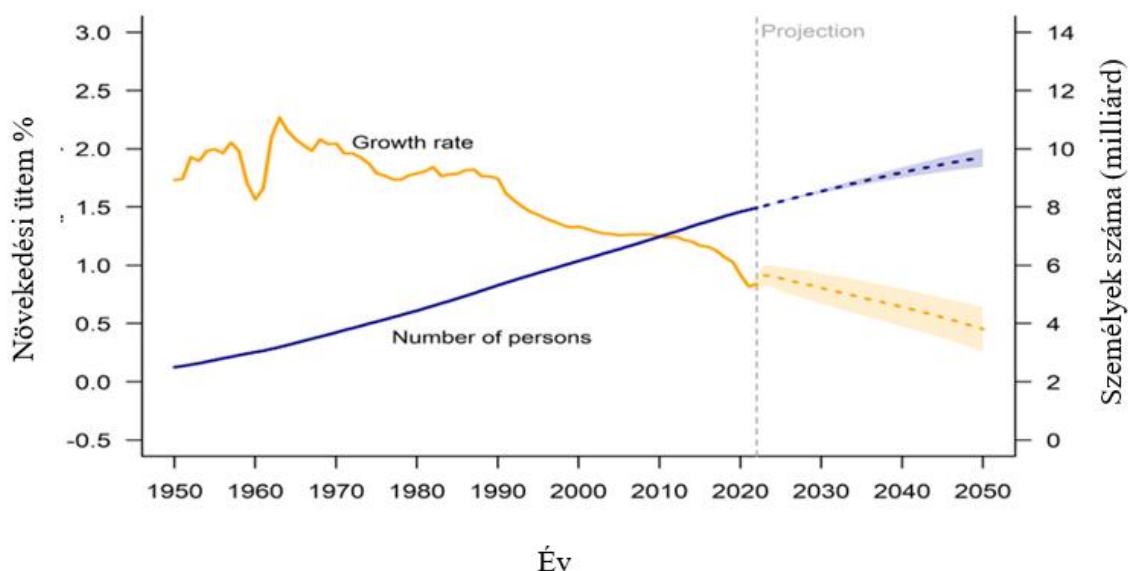
Az általam elvégzett mérést követően megállapított optimális paraméterek alapul szolgálhatnak a törköly további újra hasznosításában.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Élelmiszer pazarlás és veszteség

Manapság egyre nagyobb figyelem összpontosul arra, hogy az általunk megtermelt élelmiszer alapanyagok, illetve a feldolgozást követően elkészült élelmiszerek ne menjenek kárba. Ennek több oka is van. Az első és legfontosabb érv, ami az elpazarolt élelmiszerek során szóba szokott jönni, hogy a bolygónkon sokan éheznek. Ez a szám 2021-ben 820 millió főre tehető (Guo és mtsai., 2021). Sajnos nem minden országban, vagy országon belüli régiókban jut elegendő élelmiszer a családok asztalára. Azonban a pazarlás mellett megjelenik a feldolgozás során keletkező veszteség, ahol szintén sok élelmiszer vagy élelmiszer alapanyag veszik el. Ezen problémák megoldása akár csak részlegesen is, nagy mértékben javíthatná az előállított élelmiszerek mennyiségét, ami a globális élelmiszerellátást segíthetné.

A Föld népessége egyre nagyobb ütemben növekszik. 2023-ra 8 milliárd ember fog élni a bolygónkon. Ez a szám 2059-re akár elérheti a 10 milliárdot is (1. ábra). Ebből következik,



1. ábra: Népesség növekedése (Gerland és mtsai. 2022)

hogy a világ népessége folyamatosan nő. Jelenleg a Földön 8,8 milliárd hektár a hasznosítható terület, amiből 4,6 milliárd hektár, ami mezőgazdasági terület és ebből csak

1,5 milliárd az ami ténylegesen megművelt területnek számít. A mezőgazdasági művelésbe vonható területek aránya szorosan összefügg a népsűrűséggel, termelés eszközellátottságával, évi csapadék mennyiséggel, valamint a környezeti hatásokkal, mint például szárazság vagy elsivatagosodás (József és Levente 2016). Azonban nem szabad figyelmen kívül hagynunk azokat a területeket sem, amiket az előbb említett okok miatt nem használunk. 2021-ben feltehetően 12 millió hektárnyi mezőgazdasági területet nem használtak élelmiszertermelésre (Guo és mtsai. 2021). A másik fő probléma, hogy a növekvő népesség hatására a lakott területek nagysága is nőni fog, ahol nagy volumenű mezőgazdasági termelés nem lesz folytatható.

Ebből adódik, hogy vajon az általunk rendelkezésre álló termőterületek segítségével, megfelelő mennyiségű élelmiszert tudunk-e előállítani. Azonban érdemes figyelembe venni, hogy az élelmiszer előállítása során keletkeznek hulladékok, melléktermékek, illetve egyéb veszteségek is jelen vannak. A kiskereskedelem, valamint a fogyasztók terén szintén beszélhetünk ilyen veszteségekről, azonban ezeket a hulladékokat élelmiszer-veszteségnek hívjuk. Az élelmiszer-pazarlás, illetve az élelmiszer-veszteség fogalmi szinten könnyen meghatározható, azonban ez a gyakorlatban nem teljesül.

A hétköznapokban mivel nem meghatározott, pontosított, hogy melyik fogalom mit is jelent, ezért az Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Világszervezet a két fogalom tisztázását javasolta. A szakértőkkel való tanácskozást követően a következő megegyezés született az élelmiszer-pazarlás és élelmiszer-veszteség tekintetében. A veszteség a mezőgazdasági betakarítástól, levágástól vagy befogástól kezdve az élelmiszer ellátási lánc mentén fordul elő a kiskereskedelmi szintig, de azt már nem beleértve. A pazarlás viszont a kiskereskedelmi és fogyasztói szinten jelentkezik (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2019).

Az általunk megtermelt és el nem fogyasztott élelmiszerek szén-dioxid kibocsátása 3,3 gigatonnára tehető. Ezen elpazarolt élelmiszerek nem csak azért fontosak, mert nagy a karbon lábnyomuk, hanem azért is, mert az előállításukhoz szükséges nyersanyag termeléséhez csaknem 1,4 milliárd hektár földterület szükséges. Ez a földterület megfelel a világ mezőgazdasági területek 30%-nak (Food and Agriculture Organization of the United Nations 2013). Ezen arányból adódik, hogy jóval több élelmiszer kerülhetne az asztalokra, ha a veszteségre és a pazarlásra megoldásokat találnánk.

Magyarországon évente 2 millió tonna élelmiszer-hulladék keletkezik, ami megegyezik az Unió átlagával, ami szintén ezen érték körül mozog. Magyarországon azonban jóval nagyobb mértékben tér el az élelmiszer-veszteség, valamint pazarlás aránya. Az élelmiszer-

pazarlás 38%-ot tesz ki, míg az élelmiszer-veszteség, ami a mezőgazdasági betakarítástól kezdve a kiskereskedelmi szintig tart, 62%-ra tehető. Ez az érték az Unió arányától jóval eltér, sőt az ellenkezője látható. Az EU-ban 30%-ra tehető a feldolgozásban, valamint termelésben bekövetkező élelmiszer-veszteség, míg a háztartásokban és a kiskereskedelemben az élelmiszer-pazarlás a 70%-t is eléri (Peter 2018). Az adatok jól mutatják, hogy mind ez Európai Unión belül, mind pedig Magyarországon az élelmiszer-veszteség, valamint a pazarlás nagy mértékű problémát jelent.

Az egészséges táplálkozásnak köszönhetően egyre nagyobb teret hódítanak a feldolgozott zöldségek és gyümölcsök, valamint ezen alapanyagokból készülő italok. Ebből adódóan a zöldség- és gyümölcsfeldolgozás egyre nagyobb mezőgazdasági terménymennyiséget használ fel.

Az Egyesült Nemzetek Szervezete, valamint az Egészségügyi és Mezőgazdasági Szervezet szerint a zöldség és gyümölcs területen a legnagyobb a veszteség és a hulladék. Számokban ez az érték olyan 60%-ra is tehető. Az élelmiszerek közül azonban a gyümölcsök és zöldségek fontos szerepet játszanak életünkben, táplálkozásunkban, így ezen kertészeti termények iránt megnőtt a kereslet. A megnövekedett kereslet a népesség növekedésének, valamint a táplálkozási szokások megváltozásának köszönhető. Azonban a megnövekedett mezőgazdasági termelés következtében, nőtt az élelmiszer-pazarlás, - veszteség mértéke is. A termények feldolgozása során viszonylag nagy mennyiségű melléktermék keletkezik így ezen veszteség körülbelül 25-30%-ra tehető (Sagar és mtsai. 2018). A feldolgozóiparban keletkező melléktermékek legnagyobb mennyiségben mag, héj, törköly és szár formájában jelentkeznek. Azonban fontos kiemelni, hogy a keletkező melléktermékek magas tápértékkel rendelkeznek (Lau, Sabran, és Shafie 2021).

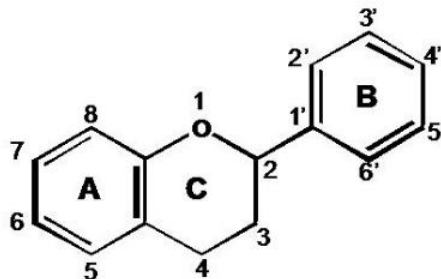
Ebből adódóan elmondhatjuk, hogy a veszteség igazából egy rejtett érték. Jelenleg nagy arányban hulladékként kezelik, de azonban, ha közelebbről megnézzük a melléktermékeket, akkor olyan lehetőségeket rejtenek magukban, amik jelentősen megváltoztatnák az élelmiszer-feldolgozást. Ezen értékes komponensek kinyerése és felhasználása nem csak a funkcionális élelmiszerek területén jelentenének, hanem akár egy hagyományos élelmiszerhez való felhasználást követően annak is egészségesebb tulajdonságot biztosítana.

3.2. Polifenolok

A természetes antioxidánsokat, amelyeket a zöldségek és gyümölcsök tartalmaznak, 4 fő csoportba soroljuk: vitaminok, karotinoidok, polifenolok és ásványi anyagok (Arias Calvo, Feijoo Costa, és Moreira Vilar 2022). A polifenolok molekulájukat tekintve nagyon különböző kémiai szerkezettel rendelkeznek. A tudomány több mint 8000 fenolos szerkezetű molekulát tart számon. Ezek a vegyületek a növényekben másodlagos anyagcsere termékként keletkeznek, szintetizálódnak (Szilvássy 2014).

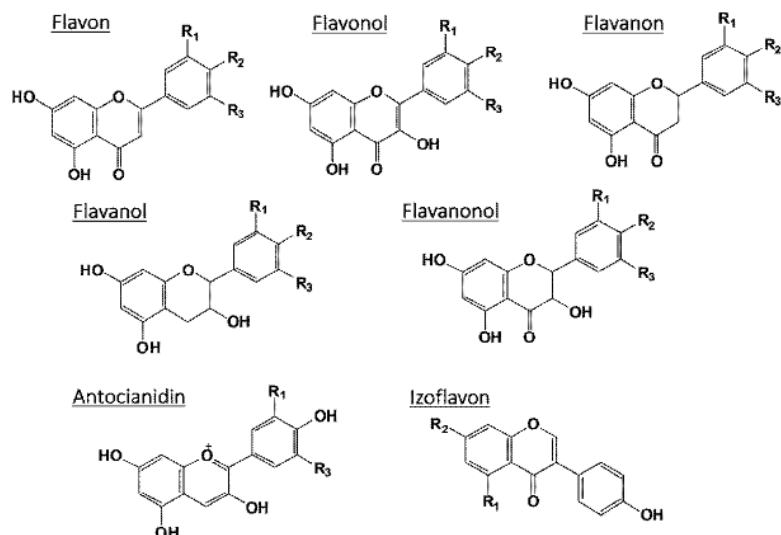
A polifenolok kifejezés még manapság sem egységes. Ennek oka az, hogy a fenolokat az aromás gyűrűhöz kapcsolódó hidroxilcsoportok száma határozza meg. Egyes szakirodalmak azokat a molekulákat is polifenoloknak nevezi, amikben csak egy hidroxilcsoport kapcsolódik az aromás gyűrűhöz. Ezeket igazából már monofenoloknak kellene nevezni. Ebből adódóan a fenolos vegyületeket tehát a legegyszerűbben két csoportba sorolhatjuk: flavonoidok és nem-flavonoidok.

A flavonoidok a növényekben megtalálható aromás aminosavakból képződnek. Ezek az aminosavak a fenilalanin, tirozin és malonát. Az alap flavonoidvázat másnéven flavánmagnak is neveznek. Ez a flaván mag 15 szénatomot tartalmaz. Ezen szénatomok eloszlása C6-C3-C6 eloszlású a gyűrűben (2. ábra).



2. ábra: Flavonoid alapváz (Szilvássy 2014)

A flavonoidokat leggyakrabban a következő csoportokba sorolják: flavonok, flavanonok, izoflavonok, flavonolok, flavanonolok, flavanolok és antocianidinek (3. ábra).

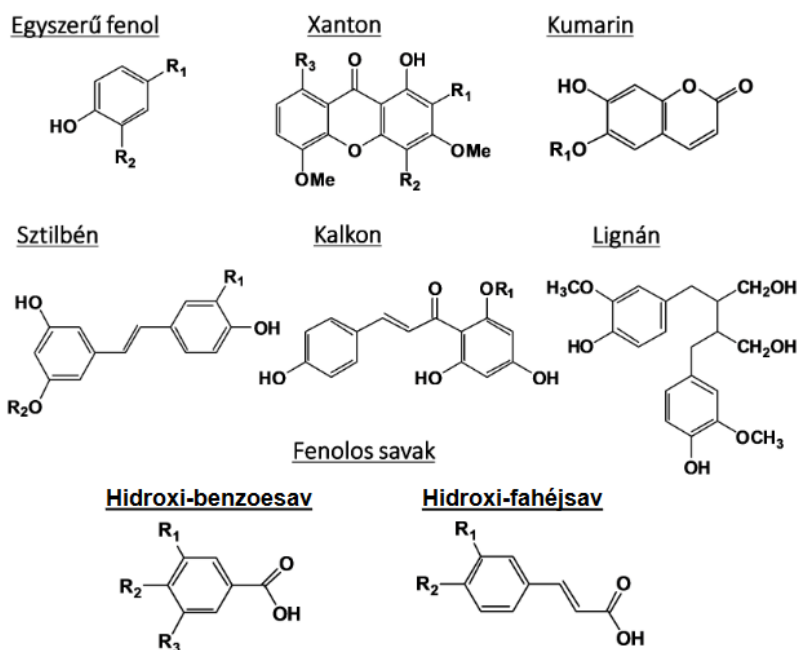


3. ábra: A flavonoidok főbb csoportjainak általános szerkezeti képlete (Szilvássy, 2014)

A flavonoidok másodlagos metabolitok és fitokemikáliák, amelyek zöldségekben és gyümölcsökben természetes úton keletkeznek. A szerkezet számára nem csak a szív és érrendszeri betegségek és a rák kialakulásának megelőzésben játszanak szerepet, hanem az enzimek anyagszere folyamatára is pozitív hatással lehetnek (Arias Calvo, Feijoo Costa, és Moreira Vilar 2022).

A nem-flavonoidokat a következőképpen csoportosítják: egyszerű fenolok, fenolos savak, xantonok, kumarinok, sztilbének, kalkonok, lignánok, lignánok (4. ábra).

NEM - FLAVONOIDOK



4.ábra: Nem flavonoid típusú polifenolok csoportosítása és általános szerkezeti képlete
(Szilvássy, 2014)

A nem flavonoid típusú komponensek egyik legnagyobb csoportja a fenolos savak. Ezen nagy csoporton belül két csoportot alkothatunk még: benzoésav származékok, fehérjesav származékok. A benzoésav származék a C₆-C₁, míg a fehérjesav származékok a C₆-C₃ vázon alapulnak (Szilvássy 2014). A fenolsavak nagy hatékonysággal csökkentik a hidroxil-, peroxid- szuperoxid gyököket, de ezen felül nem gyökös vegyületek ellen is nagy hatást gyakorolnak. Ugyanis ezek a gyökök részt vesznek az oxidatív stresszben és egyes sejtkárosodásban jótékony tulajdonságuk révén. Ezen kívül a fenolsavak segítik az immunrendszer immunválaszának szabályozását (Arias Calvo, Feijoo Costa, és Moreira Vilar 2022) (Barba és mtsai. 2016).

A rezveratrol egy növényi fitoalexin, amely a polifenolokon belül a sztilbenoidok csoportjába tartozik. A szőlőben kifejezetten a *Botrytis cinerea* fertőzés hatására keletkezik. A rezveratrol elsősorban a levelek epidermiszében, valamint a gyümölcs héjában keletkezik. Fontos kiemelni, hogy a gyümölcshúsban nagyon alacsony koncentrációban fordul elő. Ebből következik, hogy a vörösborok rezveratrol tartalma magasabb mint a fehérboroké (Csenge é. n.). Ennek oka, hogy a fehérboroknál a préselést követően a szőlőlét elválasztják a törkölytől, míg vörösborok esetén pont fordítva, a törköly érintkeztetésben tartják a musttal. Ennek köszönhetően a szőlőt enyhe, de hosszan tartó extrakciónak vetik alá hidroetanol keverékkel. Így a készülő bort változó polifenol-tartalommal látják el (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013).

Ebből adódik, hogy a vörösborok rezveratrol tartalma magasabb, mint a fehérboroké. A rezveratrol tartalom vörösborok esetén 1365–3326 mg/l, míg fehérborok esetén 96–146 mg/l (Csenge é. n.). Ennek következtében még inkább arra lehet következtetni, hogy a fehérborok esetén keletkező törköly antioxidáns tartalma magas, hiszen nincs érintkeztetve a musttal. Viszont a vörösbor készítése során visszamardó törköly is jelentős polifenol-tartalommal bír (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013).

A polifenolok természetben betöltött szerepüket tekintve is igen fontos pozíciót töltenek be. Fontos szerepet játszanak a növényi ökológiában, mint például segítik a virág, gyümölcs és a mag pigmentációját. Ezen kívül védnek a patogén mikroorganizmusoktól és egyéb védő funkcióval is rendelkeznek. A pigmentáció kialakulásának segítségével alakulnak ki az általunk észlelhető színek, mint például a kék és vörös. Ezen kívül a fenolos komponensek

egy UV elnyelő tulajdonsággal is rendelkeznek, így védik a növényeket az ultraviola sugárzás által generált gyökös mechanizmusoktól. (Szilvássy 2014).

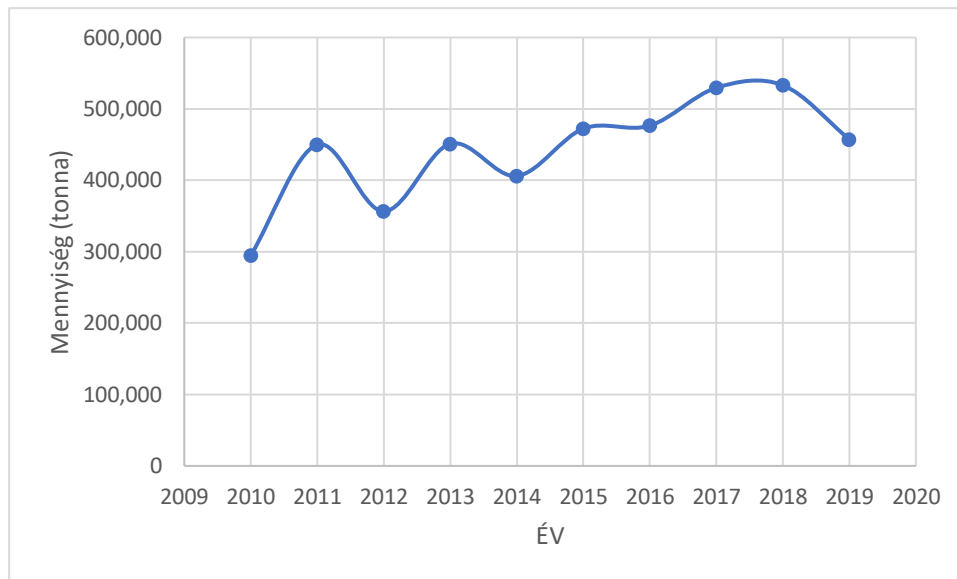
Jelen táplálkozástudományi álláspont szerint a polifenolokban gazdag étrend az emberi egészségre nézve előnyös. Epidemiológiai tanulmányok bizonyítják, hogy a rendszeres zöldség-, gyümölcsfogyasztás csökkenti a szív- és érrendszeri betegségek, valamint a daganatos megbetegedések számát. Az egyik legjelentősebb epidemiológiai vizsgálat mutatott rá a közismert „francia paradoxonra”. Ez abban mutatkozott meg, hogy a francia lakosság nagyobb mennyiségben fogyaszt telített zsírsavakat, valamint koleszterint. Ez a táplálkozási szokás a kardiovaszkuláris megbetegedések számát növelte volna, azonban ez nem így történt. A francia lakosság az átlag felett fogyaszt vörösbort, is így a későbbi tanulmányok megállapították, hogy a vörösborban található polifenolok, ezen belül pedig a transz-rezveratrol egy olyan jótékony egészségvédő tulajdonsággal rendelkezik, aminek következtében a szív- és érrendszeri megbetegedések esélye jóval kisebb. Ugyanis ezen komponensek a vörösborban az egészséges ér fal fenntartásában, valamint a trombózis esélyének csökkentésében fontos szerepet játszanak (Szilvássy 2014).

3.3. Szőlőtermesztés a világon és itthon

A szőlő a legnagyobb mennyiségben termesztett gyümölcs, amelyből rengeteg termék készül. Ezen árucikkek közé tartozik a bor, a szőlőlé, a lekvár és a mazsola, melyek jelentős gazdasági jelentőséggel bírnak. Azonban legnagyobb mennyiségben mégis bornak dolgozzák fel, ami százalékban kifejezve az éves termésmennyiség 80%-a (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013).

Az éves szőlőtermés az elmúlt 3 évben 78-80 millió tonnára tehető a világon (FAOSTAT é. n.). Magyarországon a szőlőtermelés 2010 és 2019 között a következőképpen változott. Országosan a szőlőterületek 14,8 %-al csökkentek. Azonban a betakarított mennyiséget figyelembe véve 55,1%-os növekedés figyelhető meg. Az egy hektárra eső termésmennyiség is növekvő tendenciát mutat, mivel 2010-ben 3990 kg/hektár volt a termésátlag, addig 2019-ben 7040 kg/hektáros termésátlagot figyelhetünk meg, vagyis 76%-os a növekedés. (KSH szőlő)

A hazai termésmennyiség az elmúlt 10 évben nagyjából megduplázódott. 2010-ben a betakarított összes termés 294 771 tonna volt, míg 2019-ben már 457 245 tonnára tehető ez az érték (5. ábra). Ha csak a 2019-es éves adatot vesszük figyelembe a statisztikai



5. ábra: Betakarított összes szőlő termés 2010-2019 (Forrás: saját ábra)

adatok közül, és a 20-25%-os törkölymennyiséget vesszük alapul, abban az esetben elmondhatjuk, hogy 2019-ben 91 449 – 114 311 tonna körül keletkezett szőlőtörköly.

3.4. Szőlőtörköly környezetre gyakorolt hatása

A borászati feldolgozás következtében keletkező szennyvíz biológiailag lebomló mezőgazdasági szennyvíznek minősül, így a környezetszennyezés egyik fő forrása. Az ilyen szennyvíz vizeinkbe vezetve nagy kockázatot jelent, mivel eutrofizációt és a vízi élőlények pusztulását okozhatja. Ennek ellenére nagy mennyiségben tartalmaz oldható szerves anyagokat. Másodlagos metabolizok közül a polifenol például negatív hatást fejthet ki a szennyvízben maradványként és annak folyó vagy állóvízbe vezetve, mivel gátolják a mikrobiális aktivitást, csökkentik az elimináció sebességét (Nayak, Bhushan, és Rodriguez-Turienzo 2018).

Környezetvédelmi szempontból a törkölytől való megszabadulás károsnak minősül, ugyanis a héjban, magban, szárban maradt fenoltartalom csökkenti a pH értéket, illetve növeli az ellenállást a biológiai lebomlással szembe. Azonban akadnak még problémák a törköly hulladéklerakókban történő lerakása esetén. A felszíni, illetve felszín alatti vizek szennyeződését okozhatják, kellemetlen szag terjedhet el a környéken, ami vonzza a kártevőket (Dwyer, Hosseinian, és Rod 2014).

Ebből adódóan az erjesztés után visszamaradt több millió tonna szőlőtörköly ökológiai és gazdasági szempontból is hulladékgazdálkodási problémát jelent. (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013)

3.5. Szőlőtörköly hasznosítása

A szőlőtörkölyben feldolgozást követően nagy mennyiségű bioaktív vegyület marad. Ezen vegyületek közül például a fenolok 70%-át visszamaradt szőlőtörkölyben marad. (Dwyer, Hosseinian, és Rod 2014). A megtermelt szőlő 75%-a különböző borok előállítására használják, azonban a feldolgozás során melléktermék keletkezik, amit szőlőtörkölynek nevezünk. Ez a százalékos arány megegyezik nagyságrendileg azzal az aránnyal, 80%, amit Fontana és munkatársai kutatásuk során publikálnak (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013). A melléktermék felhasználásra irányuló módok és ismeretek hiánya miatt a szőlőtörkölyt alulértékelték. A visszamaradt törkölyt iparilag borkősav kivonására vagy etanolgyártásra használják. Az így visszamaradt szilárd maradékot trágyaként használják fel (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013) vagy állati takarmányként hasznosítják (García-Lomillo és González-SanJosé 2017).

Trágyaként való hasznosítás során azonban számolni kell azzal, hogy a törkölyben visszamaradt fenolos vegyületek gátolják a magvak csírázását. Állati takarmányozásnál adalékanyagként felhasznált törköly esetén pedig számításba kell venni, hogy a polimer polifenolok csökkentik az emészthetőséget. Ennek oka, hogy a polifenolok gátolják a cellulolitikus és proteolitikus enzimeket és nem utolsósorban a bélbaktériumok növekedését. Viszont azért alkalmazható széleskörűen élelmiszer-összetevőként, mert magas az élelmi rost tartalma, mint például glikánok, cellulóz és pektin (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013).

A borkészítés során keletkező melléktermék, szőlőtörköly mennyiségében erősen szerepet játszik a feldolgozott szőlő fajta, préselési eljárás, valamint az erjesztési lépések. A szőlőtörkölynek két fő frakciója létezik. Az egyik a mag nélküli törköly a másik viszont csak a magra értendő (Beres és mtsai. 2017). Azonban ezen kinyert polifenolok felhasználhatóak az élelmiszeriparban, mint tápanyagforrás (Nayak, Bhushan, és Rodriguez-Turienzo 2018).

3.6. Diffúzió

A diffúziós műveletek három fázis között mehetnek végbe. Ez a három csoport a következő: folyadék, szilárd, gázhalmazállapot. Ebből a három fázisból hat érintkeztetési lehetőség valósítható meg: szilárd- szilárd, szilárd-folyadék, folyadék-folyadék, gáz-szilárd, gáz-folyadék, gáz-gáz. Azonban a gyakorlatban egy érintkeztetési lehetőség nem valósítható meg. Ez a kivétel a gáz-gáz rendszer, aminek oka, hogy a gázok egymással korlátlanul elegyednek (Gulyás 2011).

Az oldatkomponensek szétválasztási módszerének megválasztása során a választási lehetőségeket a feldolgozandó anyag fizikai tulajdonságai korlátozzák. Ebből adódóan érdemes áttekinteni a választási lehetőségeket, ugyanis egyes esetekben elég egy tiszta szétválasztási módszer, de gyakran előfordul, hogy különböző diffúzió alapuló műveletet kell alkalmaznunk. Azonban manapság az se kizárt, hogy a mechanikai és diffúziós műveleteket együtt alkalmazzák, vagy a szétválasztáshoz használandó diffúziós művelet és kémiai reakció közül kell választani (Gulyás 2011).

Műveleti típusok között két nagy csoportot különíthetünk el: szakaszos és folyamatos műveletek. A szakaszos műveleteket még két csoportra oszthatjuk: instacionárius és félfolyamatos műveletek. (Gulyás 2011)

A szakaszos, vagyis instacionárius műveletekre a következők jellemzőek. Az egyes fázisok koncentrációi az idő függvényében változnak a műveleti egységeket alkotó készülékekben. Tehát erre a folyamatra részben az jellemző, hogy a koncentrációváltozás függvénye az időnek, viszont a helynek nem. A folyamat során a szétválasztani kívánt anyagot egyszerre adagoljuk a készülékbe, majd a folyamat lejátszódása után a szétválasztott anyagokat elvezetik. Ennek következtében elmondható, hogy a szakaszos művelet a következő három lépésből áll: beadagolás, anyagátadás és végül ürítés. A félfolyamatos művelet abban különbözik az instacionárius művelettől, hogy amíg az egyik fázis áll, addig a másik fázis folyamatosan áramlik a rendszerben. (Gulyás 2011)

Az állandósult (stacionárius) állapotú műveletekre jellemző, hogy a koncentráció az idő függvényében nem változik. Ennek következménye, hogy a rendszerben lévő valamennyi fázis folyamatosan és változatlan sebességgel áramoljon a rendszerbe és onnan ki, valamint a rendszerben fellépő áramlási viszonyok állandóak legyenek. Ennek eredményeként elmondható, hogy a koncentrációváltozás függvénye a helynek, viszont az időnek nem. (Gulyás 2011)

3.7. Szilárd-folyadék extrakció

A szilárd-folyadék extrakciót már a XIX. század második felében is használták, mégpedig a cukor kinyerésére a cukorrépából (Simándi 2012). Szilárd-folyadék extrakciónak nevezzük egy szilárd elegy egy konkrét komponensének kioldását szelektív oldószer segítségével. Ebben az esetben a diffúzió a szilárd fázisból a folyadék fázis felé irányul (Gulyás 2011). Ezen extrakció esetén a szilárd anyagot kíméletesen keverik, vagy az úgynevezett nyugvó vázanyagon csurgatják át a folyadékot (Simándi 2012).

A szilárd-folyadék extrakciót a gyakorlatban számos névvel illetik, például kilúgozás, diffúziós extrakció, valamint mosási művelet. Ezek a megnevezések a kivitelezéshez használt technológiai eljárástól függenek (Gulyás 2011).

A szilárd-folyadék extrakciós műveletben az értékes komponenseket szilárd halmazállapotú mintából vonják ki, ezért az első lépés a szilárd anyag előkészítése. Ennek oka, hogy a kinyerni kívánt oldható anyagok, komponensek az oldhatatlan anyagba be vannak ágyazódva. Ebben az esetben az oldószerként használt anyagnak be kell diffundálnia az oldhatatlan közegbe, majd az értékes komponens oldva ki is kell az oldószernek diffundálnia. Amennyiben ez a folyamat végbemegy a műveletet sikeresnek tekinthetjük. A műveletet gyorsítja, ha a mintát előkészítjük, például őröljük vagy aprítjuk, így segítve az oldószer eljutását a kivonni kívánt oldható komponensekhez. (Gulyás 2011)

A növényi testek sejt szerkezetűek, így a kioldani kívánt anyag a sejtekben helyezkednek el (Gulyás 2011). Fontos azonban megjegyezni, hogy a minta előkészítése koránt sem olyan egyszerű, mint gondolnánk. Előkészítésnél figyelni kell arra, hogy az oldószeres kezelés a sejtfalakat érintse. Amennyiben a sejtfalak érintetlenül maradnak, az oldott anyag a sejtfalakon keresztül ozmózis segítségével hatol ki. Ez az eset akkor fordulhat elő, ha a szilárd mintát nem aprítjuk, őröljük, ugyanis túl nagy méretű marad. A másik probléma, ami felléphet a minta előkészítése során a túlzott őrlés. Ebben az esetben ugyanis a sejtek tartalma kiszabadul, ami gazdaságilag nem kedvező, valamint nem kívánatos. Ebből adódóan a minta előkészítésnél ügyelni kell az aprítás, őrlés mértékére, hogy az oldószer eljusson a sejtfalakhoz, viszont óvakodni kell a nagymértékű őrléstől, ami nem kívánatos anyagok kiszabadulását eredményezné. (Gulyás 2011)

A szilárd-folyadék extrakciót szakaszosan (instacionárius), félfolyamatosan (instacionárius) és folyamatos (stacionárius) körülmények között végezhetőek. A művelet során fokozatszerű és folytonos érintkezést is alkalmazhatnak. A leginkább elterjedt két

műveletfajta a folyadék permetezése vagy porlasztása a szilárd anyagra, és a szilárd anyag teljes bemelegítése a folyadékba (Gulyás 2011).

Egyes iparágakban speciális típusú berendezések terjedtek el. Ennek oka, hogy a berendezések kialakítása során figyelembe kell venni a szilárd anyag fizikai alakját, kezelési nehézségeket és nem utolsósorban a költségeket is (Gulyás 2011).

Az extrakciót általában a lehetséges legmagasabb hőmérsékleten érdemes elvégezni, mert növekszik a kivonni kívánt anyag oldékonysága az oldószerben, így a használt kilúgozó folyadék végső koncentrációja is nagyobb lesz (Gulyás 2011). Valamint csökken az oldószer dinamikai viszkozitása, ami a szállítását is megkönnyíti.

3.8. Mikrohullámú extrakció

A mikrohullámú extrakciók során a mikrohullámú sugárzásból származó energiát használják fel az oldott anyag és oldószer keverék felmelegítésére. Az extrakció során keletkező hő előnyösen hat a használt oldószer diffúziós képességére, így növelve a kivonni kívánt fitokémiai anyagokat a mintából. A mikrohullámú extrakciónak a legjelentősebb előnyei a kis időveszteség, valamint az alacsony oldószer mennyiség. A mikrohullámú extrakció alkalmas a rövid láncú polifenolok kivonására a legalkalmasabb. Ilyen rövid láncú fenolos vegyületek például: fenolsavak és flavonoidok. (Alara, Abdurahman, és Ukaegbu 2021). A mérés eredményét több környezeti paraméter befolyásolja, ilyen például a hőmérséklet, teljesítmény, valamint a kezelési idő.

Az extrakciós eljárás során a hőmérséklet közvetlen függvénye az időnek és teljesítménynek, azonban fordítottan arányos az oldószer mintájának tömegével és a hőkapacitással. Az eljárás során az extrakciós kinetika, valamint az oldószer diffúziója kedvezőbb, amennyiben magasabb hőmérsékletet és alacsony mintatérfogatot alkalmazunk. (Alara, Abdurahman, és Ukaegbu 2021)

Az extrakció során azonban figyelni kell a következő tényezőkre is, ilyen például az anyag típusa és annak tisztasága, az oldószer típusa és tisztasága, és nem utolsósorban a minta felülete. Azonban a legkritikusabb tényező mégis az oldószer típusa. Ennek oka, hogy vannak olyan vegyületek, mint például a hexán és di-klórmetán, amelyek nem feltétlenül alkalmazhatóak mikrohullámú extrakció során. Ez a két vegyület ugyanis nem képes a mikrohullámú besugárzás hatására felmelegedni. Azonban azon oldószerek, mint például a

metanol, etanol, víz kiváló mikrohullámú energia elnyelésére, de ügyelni kell ezen vegyületek esetében a kezelési időre, mert ezek az oldószerek gyorsan felmelegednek. (Alara, Abdurahman, és Ukaegbu 2021).

3.9. Polifenolok felhasználása

A borászatban és ennek következtében a szőlőből származó polifenolok uralják a polifenolpiacot. Ez az utóbbi időben annak volt köszönhető, hogy megnövekedett a kutatások száma, valamint rámutattak ezen értékes komponensek jótékony tulajdonságaira, kiemelve egyes betegséggel szemben. A globális polifenolpiac mérete 2015-ben elérte a 700 millió amerikai dollárt. Azonban a következő években növekedést figyeltek meg, hiszen 2018-ban már ez az érték 957,20 millió amerikai dollár volt, valamint a 2025 előrejelzés szerint ez az érték megduplázódik, ugyanis a várható érték 1904,10 millió amerikai dollár. Olyan funkcionális élelmiszerek, amelyek polifenollal dúsítva vannak, egyes kutatásokkal alátámasztva, javítják a fogyasztók egészségét. Ezen kívül a gyártók számára lehetővé tennék, hogy ezen polifenollal dúsított élelmiszerek címkéjén az egészségre vonatkozó konkrét állításokat jeleníthessenek meg. Mivel megnőtt a kereslet a természetes élelmiszerek iránt, valamint a fogyasztók érdeklődése növekszik a funkcionális élelmiszerek felé, amelyek címkéjén megjelennek azok a funkcionális összetevők, mint például a természetes oxidánsok. Ezen kereslet hatással lesz a közeljövőben a funkcionális élelmiszeripar növekedésére (Sridhar és Charles 2021).

A leginkább fogyasztott élelmiszereket, például tejtermékeket, tésztákat és pékárukat antioxidánsokkal és vitaminokkal dúsítva funkcionálták. Ezeket az élelmiszereket ugyanis napi szinten fogyasztjuk, valamint különböző formában elérhetőek. Azokat az élelmiszereket, amelyek a teljes energia 50%-át szolgáltatják, ideértve a kenyeret példaként, így a pékárukat is, a legjobb élelmiszerhordozóként tekintik. Példaként a pékáruk fitokemikáliákkal való dúsítása jó eszköz a természetes oxidánsok mennyiségének növelésére az élelmiszerpiacon. A pékárukon kívül a funkcionális tejtermékek a funkcionális élelmiszer piac 42,90%-át teszik ki (Sridhar és Charles 2021).

Funkcionális élelmiszereknek tekintjük azokat az élelmiszereket, amelyek a bennük található mikro-, makrotápanyagok és bioaktív anyagok segítségével csökkentik a

táplálkozási hiányosságokat a kiegyensúlyozott étrendben, valamint csökkentik a betegségek kialakulásának kockázatát.(Sridhar és Charles 2021)

Tejtermékek azok az élelmiszerek, amelyek tápanyag szolgáltatók és egyben könnyen hozzáférhető élelmiszer-közvetítők is, így a funkcionális összetevők legjobb hordozói. Ezen okokból kiindulva széles körben dúsítják szőlőből származó polifenolokkal az egészségügyi előnyök miatt. Joghurtok esetében a szőlőmagkivonattal dúsított termékek nagyobb antioxidáns és antiradikális aktivitást mutattak, valamint több bioaktív vegyületet tartalmaztak. Sajtok esetén is megállapították, hogy a minőségben fontos szerepet játszanak a polifenolok és fehérjék egymás közti kölcsönhatása. Végül sorban azt is bebizonyították, hogy a fenolos vegyületek sajtához és túróhoz való adagolás következtében az élelmiszer tápértékét javították (Sridhar és Charles 2021).

Pékáruk közül a kenyér, amit a legtöbb ember naponta fogyaszt, valamint jó hordozóként szolgál a fenolos vegyületek bevitelére. Ez a hordozó tulajdonság annak köszönhető, hogy a kenyér mátrixja egy védőszerkezetet biztosít. Pékáruk esetén egy 2014-es tanulmány kimutatta, hogy a szőlőmag potenciális összetevő a sütőiparban, mivel így növelhető a fogyasztó étrendjében szükséges rostmennyiség, valamint az összes fenoltartalom. Ezen kívül kenyerek esetében arra a következtetésre jutottak, hogy a szőlőtörköly helyettesítője is lehet a búzalisztnek (Sridhar és Charles 2021).

Nem utolsó sorban a következők vonhatók le a törkölyből kivont értékes komponensek terén. A fogyasztók az utóbbi időben egyre tudatosabbak lettek az adalékanyagok élelmiszerben való felhasználással kapcsolatban, és a funkcionális élelmiszerek is egyre nagyobb figyelmet kaptak az utóbbi időkben. Ennek következtében szükség van az élelmiszer-antioxidánsok természetes forrásainak biztosítására (Fontana, Antonioli, és Bottini 2013).

4. Anyagok és módszerek

4.1. Kísérlet helye

A diplomadolgozatomhoz szükséges kísérleteket a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés laboratóriumaiban végeztem.

4.2. Alkalmazott anyagok

A mintát a balatonfüredi Piffáth Pincészet biztosította. A szőlőtörköly egyből préselés után került a tulajdonomba, így nem érintkezett más törkölyvel vagy anyagokkal, ezzel biztosítva a minta frissességét és tisztaságát. A minta Olaszrizling volt, ami egy fehér szőlőfajta. A felhasznált törkölyben héj, mag és szőlőszár is jelen volt. A mérés során használt desztillált vizet üzletben vásároltam, melyet fotokémiai eljárásokhoz ajánlanak.

4.3. Felhasznált vegyszerek és reagensek

Mérésemhez a következő vegyszereket használtam fel: Folin-Ciocalteu oldat, nátrium-karbonát, metil-alkohol, , galluszsav, kristályvizes nátrium-acetát, ecetsav, 2,4,6-tri (2-piridil)-s-triazin, sósav, kristályvizes vas (III)-klorid, aszkorbinsav.

4.4. Mintaelőkészítés

A méréshez felhasznált törkölyt $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltam a mérésig, és a mérést megelőzően 12 órával felolvasztottam és $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltam. A mintát nem mostam meg és nem kezeltem a mérés előtt, így biztosítva az esetleges ipari felhasználás körülményeit.

4.5. Mikrohullámú extrakció

Az általam elvégzett mikrohullámú extrakció során 6 gramm, 18 gramm és 30 gramm nedves törkölyt használtam fel, amihez 300 ml oldószer mértem ki. Oldószerként 100%-ban desztillált vizet használtam. A mérésem során három paramétert változtattam: kezelési idő, teljesítmény, valamint az törköly-oldószer arány. A három paraméter esetében kiválasztottam egy minimum, középponti és egy maximum értéket, ami a következő táblázatban látható.

1. táblázat: Mikrohullámú extrakció során alkalmazott paraméterek

	Minimum	Középpont	Maximum
Idő (s)	30	165	300
Teljesítmény (W)	100	450	800
Törköly-oldószer arány (g/ml)	0,2	0,06	0,1

A mérés során a 450 W-on és 800 W-on végzett extrakciókat a következőképpen végeztem. 450 W-os teljesítmény esetén 2 perc kezelést követően 1 percig hűtöttem a mintát. 800 W-os teljesítménynél 1 perc kezelést 2 percig tartó hűtés követett. A hűtés jeges fürdőben történt, aminek hőmérséklete 5°C volt. Mivel a hűtés időtartama alatt is végbement a fenolos vegyületek és antioxidánsok diffúziója, így azon méréseknél, ahol nem volt hűtés (100W-os kezelések) további áztatást hajtottam végre. Mivel a legtöbb „holt idő” a 800 W-os mérések alatti hűtés időtartama volt, ami 8 percet tett ki, így ezt az időtartamot vettem minden mérés esetén. Például az első mérés 100 W-on történt 5 percig, ahol hűtés nem volt szükséges, ennek következtében a kezelési időt követően 8 percet még hagytam ázni a mintát az oldószerben. A második mérés 450 W-on történt 165 s kezelési idővel, amely során 1 perc hűtés volt indokolt, ennek következtében a további 7 percet hagytam a mintát az oldószerben. A további méréseket ennek függvényében hajtottam végre. A kezeléseket és az azt követő visszahűtések idejét előkísérletekből határoztam meg, mely során célom volt, hogy a kezeléseket során a minta hőmérséklete ne haladja meg a 60°C -ot. Az extrakciót követően keletkezett extraktumot egy teaszűrő segítségével választottam le a szilárd törkölyről. Ezt követően 6000 rpm-en 20 percig centrifugáltam. A lecentrifugált csövekből levett mintát Eppendorf csövekbe tettem és fagyasztóban tároltam az analitikai vizsgálatokig.

4.6. Az extrakció kísérletterve

A mikrohullámú extrakciókat egy 2^p típusú középpontos teljes faktoriális kísérletterv alapján végeztem el. Ezen jelölésben a p kitevő a mérés során változtatott paraméterek számát jelöli, amely jelen esetben három volt: kezelési idő, teljesítmény, valamint törköly-oldószer arány. A kettes szám a paraméterek maximum és minimum pontját mutatja. Viszont középpontos kísérletterv alapján az e két érték kiegészül egy középponti értékkel is. Középpontos kísérletek esetében indokolt 3-6 középponti mérés elvégzése is. Kísérletem során én 6 középponti méréssel dolgoztam. Ebben az esetben a középponti értékeim a következők a három paraméter esetében: teljesítmény 450 W, kezelési idő 165 s és törköly-oldószer arány 18 g/300 ml. Az eredmények értékelésére a Design Expert program Demo verzióját használtam fel.

2. táblázat: Mikrohullámú extrakció során alkalmazott kísérletterv

Mérések	Kezelési idő (sec)	Teljesítmény (W)	Törköly-oldószer (g/ml)
1	300	100	30/300
2	165	450	18/300
3	30	450	18/300
4	165	450	18/300
5	165	800	18/300
6	30	800	30/300
7	300	450	18/300
8	165	450	18/300
9	300	100	6/300
10	30	100	30/300
11	30	100	6/300
12	165	450	18/300
13	300	800	6/300
14	30	800	6/300
15	165	450	18/300
16	165	450	18/300
17	165	450	30/300
18	165	100	18/300
19	165	450	6/300
20	300	800	30/300

4.7. Az extrakció során alkalmazott berendezés

A mikrohullámú extrakció során Electrolux, Type: E1, Model: EMM2005 típusú mikrot használtam, aminek a maximális teljesítménye 800 W volt. A spektrofotometriás méréshez Hach DR2400 kézi spektrofotométerrel dolgoztam.

4.8. A fenolos vegyületek mennyiségének meghatározása

Az összes fenoltartalom meghatározására a kivonatokból, Singleton és Rossi (1999) által leírt módszert alkalmaztam.

A mérésekhez felhasznált vegyszerek:

- Folin-Ciocalteu oldat: Folin-Ciocalteu reagens hígítása desztillált vízzel 1:10 arányban
- Nátrium-Karbonát oldat: 0,7 M koncentrációjú oldatot készítettem, melyhez 14,84 gramm vízmentes nátrium-karbonátot oldottam fel desztillált vízben.
- Hígítószer: 80:20 arányú metil-alkohol és desztillált víz elegye
- Galluszsav oldat: 3M koncentrációjú galluszsav oldat készítéséhez, 5,1 mg szilárd galluszsavat feloldottam 10,0 ml hígítószerben (MeOH : Desztillált víz 4:1 arányú elegye)

A mérésemet egy kalibrációs sor elkészítésével kezdtem, amit a 3. táblázatban összefoglaltam. A kalibrációhoz egy oldatsort készítettem, amihez galluszsavat használtam fel. A kilenc oldatból az első és második mintában galluszsavat nem használtam, míg a további hét mintában igen, aminek mennyiségét folyamatosan növeltem. A galluszsav mennyiségének növelésével az oldatok kék színének intenzitása folyamatosan nőtt. Ez a kalibrációs oldatsor megtekinthető az 5. ábrán. A galluszsav bemérését követően 1 percet vártam, és ezt követően rögtön hozzáadtam az oldatokhoz a nátrium-karbonát oldatot. Az így elkészített oldatsort egy 50°C-os vízfürdőbe helyeztem 5 percig. Ezt követően Hach DR2400 kézi spektrofotométer segítségével 760 nm hosszúságú hullámhosszon megmértem a kalibrációs oldatok fényelnyelését.

3. táblázat: Összes fenoltartalom meghatározásánál alkalmazott kalibrációs sor

Kémcső sorszáma	Folin-Ciocalteu oldat (μl)	Metanol-desztillált víz (μl)	Galluszsav oldat (μl)	Nátrium-karbonát oldat (μl)
1.	2500	500	0	2000
2.	2500	500	0	2000
3.	2500	450	50	2000
4.	2500	400	100	2000
5.	2500	350	150	2000
6.	2500	300	200	2000
7.	2500	250	250	2000
8.	2500	200	300	2000
9.	2500	100	400	2000

A kalibrációt követően a lecentrifugázott szőlőtörköly extraktumokat a következő reagensekkel mértem össze: 2500 μl Folin-Ciocalteu oldat, 400 μl metanol-desztillált víz elegy (4:1 arány) és 100 μl extraktum. Ezt követően, ahogy a kalibrációnál is 1 perc elteltével mértem hozzá a 2000 μl nátrium-karbonát oldatot. Ebből adódik, hogy minden minta esetében 5000 μl volt a tényleges végtérfogat. Minden mintából 3 párhuzamos mérést végeztem. A nátrium-karbonát oldat hozzáadásával a reakciót megállítottam, és ezt követően 5 percig 50 °C-os vízfürdőbe helyeztem a mintákat. A vízfürdőt követően a kémcsövek tartalmát küvetákba töltöttem és spektrofotométer segítségével meghatároztam a minták abszorbanciáját. Ahogy a kalibrációnál is, itt is a fenol mennyiségének növekedését a kék szín intenzitása jelezte. A spektrofotométeres mérést mindig megelőzte a kalibráció során elkészített 1. és 2. oldattal való „lenullázás”. A minták megmérését követően a kalibrációs egyenes segítségével kiszámoltam a minták összes fenol tartalmát galluszsavra vonatkoztatva mg/l mennyiségben, ehhez a következő képletet használtam:

$$\text{Fenolmennyiség: } \frac{\lambda_{\text{minta}} \cdot V_{\text{össz}}}{tg\alpha \cdot V_{\text{ext}}}$$

λ_{minta} : minta abszorbanciája

$V_{\text{össz}}$: minta teljes térfogata (ml)

$tg\alpha$: kalibrációs egyenes meredeksége

V_{ext} : a mintába bemért extraktum (ml)

4.9. Antioxidáns kapacitása mérése (FRAP módszer)

A szőlőtörkölyből készített extraktumokból Benzie és Strain (1996) módosított módszere alapján végeztem az antioxidáns aktivitás mérését. A mérésem során csak azoknak a vegyületeknek a FRAP értékét tudom meghatározni, amelyek desztillált vízzel kivonható antioxidáns kapacitással rendelkeznek. A mérés során használt triazin-oldat a reakcióban kelátképző vegyületként szolgált. A méréshez a következő vegyszereket használtam:

- Acetát-puffer: Egy mérőlombikba 3,10 gramm kristályvizes nátrium-acetátot, valamint 16,0 ml ecetsavat 1000 milliliterre egészítettem ki desztillált vízzel, így 3,6 pH-jú és 300 mM koncentrációjú puffert készítettem.
- Triazin-oldat: 25 milliliteres mérőlombikba 0,0781 gramm szilárd 2,4,6-tri (2-piridil)-s-triazint és 84,0 µl, 37%-os sósav oldatot mértem be, ezt követően desztillált vízzel jelre töltöttem.
- Vas-klorid oldat: 0,135 gramm kristályvizes vas(III)-kloridot 25,0 ml desztillált vízben oldottam fel, így 20 mM koncentrációjú oldatot kaptam.
- Aszkorbinsav oldat: 17,163 mg szilárd aszkorbinsav oldathoz port egy főzőpohárba kimértem, majd 10,0 ml desztillált vizet adtam hozzá, így 10 mM koncentrációjú oldatot kaptam. 1 mM koncentrációjú oldathoz 1 ml 10 mM oldatot mértem ki amihez 9 ml desztilláltvizet öntöttem.
- FRAP-reagens: 250 ml acetát-puffert, 25 ml vas-klorid oldatot és 25 ml triazin-oldatot mértem össze.

Az antioxidáns tartalom mérést szintén egy kalibrációs oldatsor elkészítésével kezdtem, amihez a szükséges vegyszerarányokat a 4. táblázatban összefoglaltam. A kalibrációhoz aszkorbinsav oldatot használtam, aminek koncentrációja 1 mM volt. A kalibrációs oldatsor kék színének intenzitása jelezte az aszkorbinsav oldat mennyiségének növelését. A kalibrációs oldatsor megtekinthető a hatodik ábrán. Az aszkorbinsav hozzáadása után pontosan 5 perc elteltével mértem le a kalibrációs oldatok abszorbanciáját spektrofotométer segítségével, 593 nm hosszúságú hullámhosszon.

A kalibrációt követően elvégeztem a mérést a szőlőtörköly extraktumokra is. Minden mintából három párhuzamos mérést végeztem. Az extraktumot a következő vegyszerekkel mértem össze: 3000 µl FRAP-reagens, 60 µl desztillált víz és 40 µl extraktum. A mérés során a FRAP-reagenst fénytől elzárt helyen tároltam, ezzel megelőzve annak összetétel változását. Az antioxidáns mennyiséget a következő képlet által határoztam meg:

$$\text{Antioxidáns tartalom: } \frac{\lambda_{\text{minta}} \cdot V_{\text{össz}}}{t_{g\alpha} \cdot V_{\text{ext}}}$$

λ_{minta} : minta abszorbanciája

$V_{\text{össz}}$: minta teljes térfogata (ml)

$t_{g\alpha}$: kalibrációs egyenes meredeksége

V_{ext} : a mintába bemért extraktum (ml)

4. táblázat: Antioxidáns tartalom meghatározásánál alkalmazott kalibrációs sor

Kémcső sorszáma	FRAP reagens (μl)	Aszkorbinsav oldat (μl)	Desztillált víz (μl)
1.	3000	0	100
2.	3000	0	100
3.	3000	20	80
4.	3000	40	60
5.	3000	60	40
6.	3000	80	20
7.	3000	100	0

4.10. Flavonoid tartalom meghatározása

A Flavonoid tartalom meghatározásához (Akbay és mtsai., 2003) által leírt módszer alapján végeztem el

A méréshez felhasznált vegyszerek:

- Quercitin oldat: 0,0002 g/cm³, 0,0004 g/cm³, 0,0006 g/cm³, 0,0008 g/cm³, 0,001 g/cm³ töménységű oldatot készítettem
- Na-acetát oldat: 1 M-os na-acetát oldatot használtam fel, amihez 10 cm³ desztillált vízhez 0,3603 g na-acetát mértem be
- Alumínium-klorid: 10%-os alumínium kloridot használtam fel.

A mérés előtt itt is egy kalibrációs sort készítettem, amit az 5. táblázatban rögzítettem. A kalibrációhoz quercitin oldatot használtam, amit a következő képpen hígítottam. Első lépésként egy 10 000 ppm töménységű oldatot készítettem, majd ezt követően 1000, 800, 600, 400 és 200 ppm töménységre hígítottam. A kalibrációnál 500 μl quercitin oldatot, 1500 μl desztillált vizet, 100 μl Na-acetátot, 100 μl Alumínium-kloridod és végül 2800 μl

desztillált vizet kevertem össze Vortex segítségével 60 másodpercig. Ezt követően 30 perces pihentetési idő következett. A kalibrációs sort a quercitin oldat töménységének változtatásával készítettem el, majd a pihentetési időt követően spektrofotométer segítségével 415 nm hullámhosszon lemértem az oldatok fényelnyelését.

5. táblázat: Flavonoid tartalom meghatározásánál alkalmazott kalibrációs sor

Kémcső sorszáma	Quercitin-oldat	Desztillált víz	Na-acetát	Alumínium-klorid	Desztillált víz
1.	0 µl	2000 µl	100 µl	100 µl	2800 µl
2.	0 µl	2000 µl	100 µl	100 µl	2800 µl
3.	500 µl (1000 ppm)	1500 µl	100 µl	100 µl	2800 µl
4.	500 µl (800 ppm)	1500 µl	100 µl	100 µl	2800 µl
5.	500 µl (600 ppm)	1500 µl	100 µl	100 µl	2800 µl
6.	500 µl (400 ppm)	1500 µl	100 µl	100 µl	2800 µl
7.	500 µl (200 ppm)	1500 µl	100 µl	100 µl	2800 µl

A kalibrációs egyenes elkészítését követően a lecentrifugázott törköly extraktumokból 500 µl mértem be és használtam a quercitin oldatok helyett. Ennek következtében a következő mennyiségeket mértem be: 500 µl extraktum, 1500 µl desztillált víz, 100 µl Na-acetát, 100 µl alumínium-klorid és végül 2800 µl desztillált vizet adtam a mintákhoz. Ebből adódóan minden minta tényleges térfogata 5000 µl volt. Minden mintából 3 párhuzamos mérést végeztem, amit 1 percig Vortexeltem és 30 percig állni hagytam. A 30 perc leteltével a mintákat küvetákba töltöttem és 415 nm hullámhosszon megmértem a fényelnyelésüket, majd az így kapott eredményeket rögzítettem. A spektrofotométeres mérést mindig egy kalibráció előzte meg, amit a kalibrációs oldatsor során elkészített 1. és 2. oldat segítségével végeztem.

$$\text{Flavonoid mennyiség: } \frac{\lambda_{\text{minta}} \cdot V_{\text{össz}}}{\text{tg}\alpha \cdot V_{\text{ext}}}$$

λ_{minta} : minta abszorbanciája

$V_{\text{össz}}$: minta teljes térfogata (ml)

$\text{tg}\alpha$: kalibrációs egyenes meredeksége

V_{ext} : a mintába bemért extraktum (ml)

5. Kísérleti/tervezési eredmények és értékelésük

5.1. Statisztikai kiértékelés

A szakdolgozatom során különböző faktorok hatását vizsgáltam a függő változókra. A függő változók a jelen esetben az antioxidáns kapacitás, fenoltartalom és flavonoid mennyiség volt. Vizsgáltam, hogy az általam választott faktorok, milyen hatással vannak a fenoltartalomra és antioxidáns kapacitásra és a flavonoid mennyiségre a mintákban. Az általam változtatott tényezők, amiket változtattam a mérés során a következők voltak: kezelési idő, teljesítmény, valamint törköly-oldószer arány. A mérés során használt faktorok a 6. táblázatban láthatóak.

6. táblázat: Extrakció során alkalmazott paraméterek

Faktorok	Mértékegység	Tartomány		
		-1	0	+1
Idő	s	30	165	300
Teljesítmény	W	100	450	800
Törköly/oldószer arány	g/ml	0,02	0,06	0,1

A mérésemet próbamérések előzték meg, amiben a cél az volt, hogy a minta ne forrjon fel, illetve 50-60 °C körüli hőmérsékletet ne haladjam meg. Ennek oka, hogy a fenolos vegyületek magas hőmérséklet hatására már nem stabilak és mennyiségük csökken. Azonban azt is számításba kellett vennem, hogy a magasabb hőmérsékletű oldószer nagyobb kihozatalt eredményez, mivel általában a diffúzió gyorsabb, ami a nagy oldékonyságnak köszönhető.

A kísérlet során feltehető a különböző faktorok közötti kapcsolat, ezért a mérés során közülük többet is változtattam. A mérések során a Design expert program segítségével randomizációt végeztem. A kísérletem során egyszerre több faktort is változtattam, ennek célja a teljesítmény, kezelési idő és törköly/oldószer arány közötti kapcsolatok felfedezése.

5.2. Polifenol tartalom

A kiértékelés első lépéseként transzformációt hajtottam végre a mérési adataimra, majd ezt követően a Fit summary, vagyis kiértékelési összefoglalót használtam alapul a további diagnosztikához, amely az 7. táblázatban látható. A Lack of Fit p-value egy 0 és 1 közötti szám, amely a modell illeszkedését jelöli. Az általam választott természetes alapú logaritmus transzformációt követően ez az érték 0,9641, ami nagyon jó modellilleszkedést jelöl. A korrigált és korrigálatlan R^2 különbsége 0,2-nél kisebb így a modell megfelelő tulajdonságokkal rendelkezik a további kiértékeléshez.

7. táblázat: illeszkedési összefoglaló TPC tartalomnál

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R^2	Perdicted R^2	
Linear	<0,0001	0,0004	0,8039	0,6454	
2FI	0,2738	0,0004	0,8205	-0,0948	
Quadratic	<0,0001	0,9641	0,9954	0,9945	Suggested
Cubic	0,9641		0,9926		Aliased

A polifenol tartalom kiértékeléséhez a 8. táblázatban látható ANOVA táblát használtam fel. Az előbbieik ismeretében először 9 tagból álló modellel kezdtem meg a kiértékelésemet, de ezt végül 7 tagra szűkítettem. Ennek következtében elértem egy olyan modellt, aminek mind a hét tagjára a p érték az előre meghatározott 0,05-ös érték alatt van. Ezt jól tükrözi a 8. táblázat, amiben mind a hét tagnál az én esetemben ez az érték jóval kisebb, ugyanis 0,0001 alatt található.

8. táblázat: TPC tartalomhoz tartozó ANOVA tábla

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	6,85	7	0,9781	674,55	<0,0001	significant
Idő	0,6859	1	0,6859	473,06	<0,0001	
Teljesítmény	1,24	1	1,24	852,65	<0,0001	
Törköly:Osz. arány	3,73	1	3,73	2569,23	<0,0001	
Idő*Teljesítmény	0,4140	1	0,4140	285,54	<0,0001	
Teljesítmény*törköly:Osz	0,1352	1	0,1352	93,24	<0,0001	
Idő ²	0,2381	1	0,2381	164,22	<0,0001	
Teljesítmény ²	0,1704	1	0,1704	117,54	<0,0001	
Residual	0,0159	11	0,0014			
Lack of Fit	0,0018	6	0,0003	0,1073	0,9915	not significant
Pure Error	0,0141	5	0,0028			
Cor Total	6,86	18				

Ebből elmondhatom, hogy a mérés során a következő hét tagnak volt szignifikáns hatása: idő (A), teljesítmény (B), törköly-oldószer arány (C), idő-teljesítmény szorzata (AB), teljesítmény-törköly-oldószer arány szorzata (BC), idő négyzete (A^2), teljesítmény négyzete (B^2). Az idő-törköly-oldószer arány szorzatának (AC), valamint törköly-oldószer négyzetének (C^2) p-értéke jóval magasabb volt, mint 0,1000, ami azt jelzi, hogy a modellterminusok nem szignifikánsak, így ezt a két tagot a modellredukció során kivettem a modelltől. A modell 674,55-as F-értékkel rendelkezik, amiből következik, hogy szignifikáns, valamint 0,01% annak az esélye, hogy az F-érték mérési hibából, zajból eredne. A Lack of Fit p-érték 0,9912, amely szintén nem szignifikáns, vagyis a hét tagra leredukált modell megfelelő. A Lack of Fit f-értéke 0,1089, ami azt jelzi, hogy az illeszkedés hiánya nem szignifikáns, így elmondható, hogy a modellem jó, mivel azt szeretnénk, hogy a modell illeszkedjen. Ebből következik, hogy 99,15 % annak az esélye, hogy a Lack of Fit f-értéke a mérés során alkalmazott három faktor hatására következett be.

A többszörös lineáris regresszió egyik fontos eleme az R^2 , aminek kiértékeléséhez a 9. táblázat segít. A korrigálatlan R^2 értéke 0,9962, míg a korrigált R^2 0,9953. A két érték közötti különbség 0,2-nél kisebb, így a két érték összhangban van. Adequate Precision érték egy jelzaj arány valójában. Ez az érték azért fontos, mert összehasonlítja a tervezési pontokon előre jelzett értékek tartományát az átlagos előrejelzési hibával. A 4-nél nagyobb érték megfelelő modellt jelez, modellem szerint ez az érték 112,7894.

9. táblázat: TPC tartalom illeszkedési statisztikája

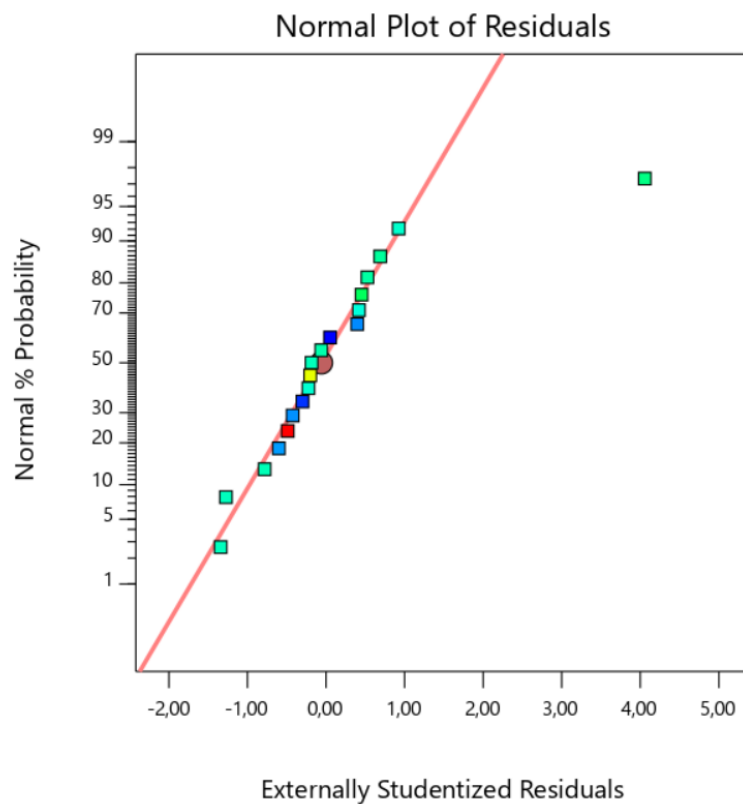
	Std. Dev.	0,0381		R²	0,9977
	Mean	6,92		Adjusted R²	0,9962
	C.V. %	0,5505		Predicted R²	0,9953
				Adeq Precision	112,7894

Az egyenlet segítségével kiszámolható a várható összes fenol tartalom, amennyiben a faktorok helyére a számunkra megfelelő beállítási értékeket beírjuk. Azonban ez az egyenlet csak abban az esetben alkalmazható, ha az általunk alkalmazott faktor értékek a következő tartományban mozognak:

- Kezelési idő: 30-300 másodperc
- Teljesítmény: 100-800 W
- Törköly oldószer arány: 0,02-0,1 g/ml

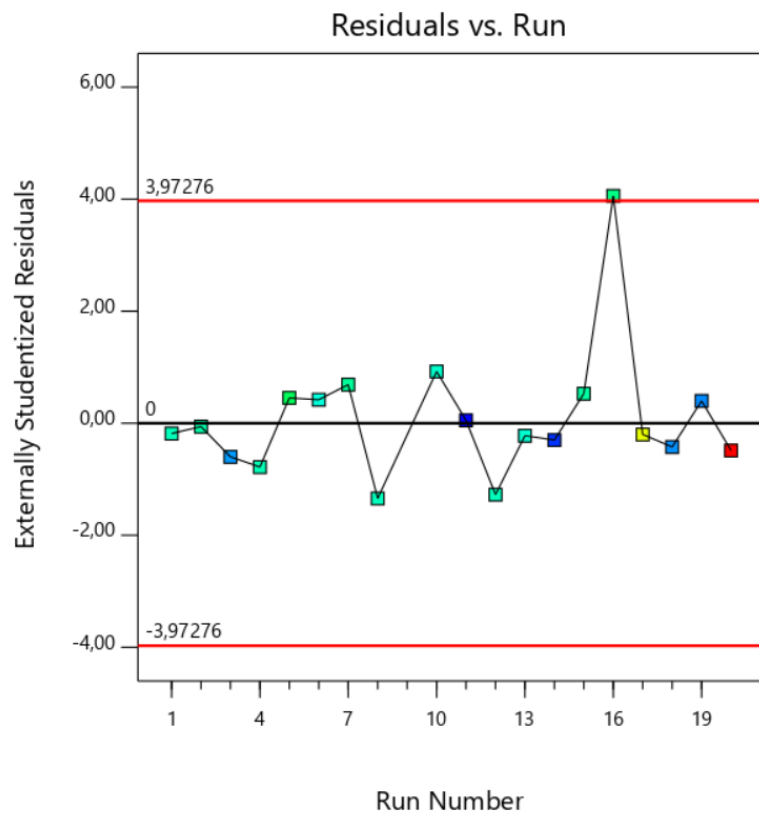
$$\ln(TPC) = +7,10 + 0,2982 \cdot A + 0,4003 \cdot B + 0,6949 \cdot C + 0,2663 \cdot AB - 0,1522 \cdot BC - 0,2778 \cdot A^2 - 0,2350 \cdot B^2$$

A Normal Plot of Residuals ábrán keresztül ellenőriztem a modellem megfelelőségét, amely a 6. ábrán látható. Ezen az ábrán egy 45°-os egyenes látható, amely mentén helyezkednek el az általam számolt adatok. Mivel ezek az értékek az egyenesen vagy annak közelében helyezkednek el, így elmondhatom, hogy általam kiválasztott modell megfelelő. Egyetlen kiugró pont található az ábrán. Ebből következtethető, hogy az adataim normál eloszlásúak, azonban az egy kiugró érték miatt lehetne kisebb korrekciót végezni a modellen.



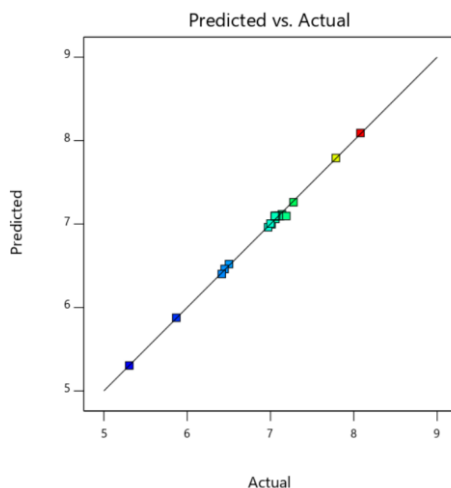
6. ábra: Reziduumok normál eloszlása TPC mérés esetén

A mérés során fontos szempont, hogy az egymást követő mérések egymástól függetlenek legyenek. Ebben a 7. ábra volt a segítségemre. Ez az ábra nagyon jól mutatja a mérések egymástól való függetlenségét. Mivel az adataim egy egyenes mentén helyezkednek el, így megállapíthatom, hogy a mérés ezen megállításnak eleget tesz.



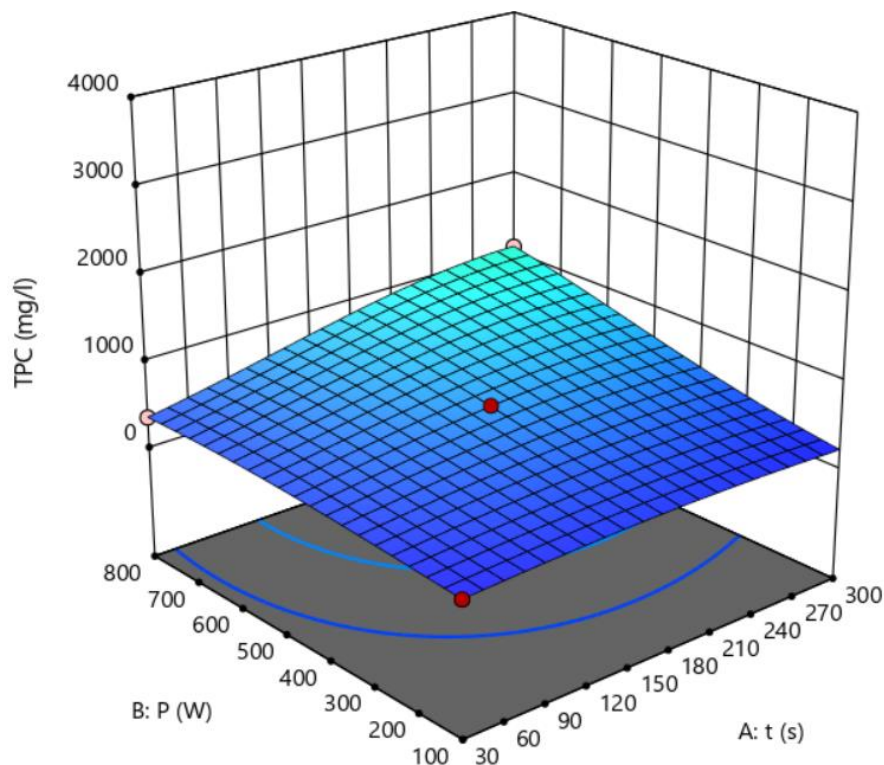
7. ábra: TPC mérés során végrehajtott mérések egymástól való függetlensége

A 8. ábra jól mutatja az előre jelzett és a tényleges, vagyis aktuális értékek közötti különbséget. Minél jobb és pontosabb egy mérés, annál jobban fognak az adatok a fekete egyenesre illeszkedni. Ebben az esetben elmondhatom, hogy a mérésem viszonylag elég pontosra sikerült, hiszen az adatokból származó értékek ezen az egyenesen helyezkednek el.



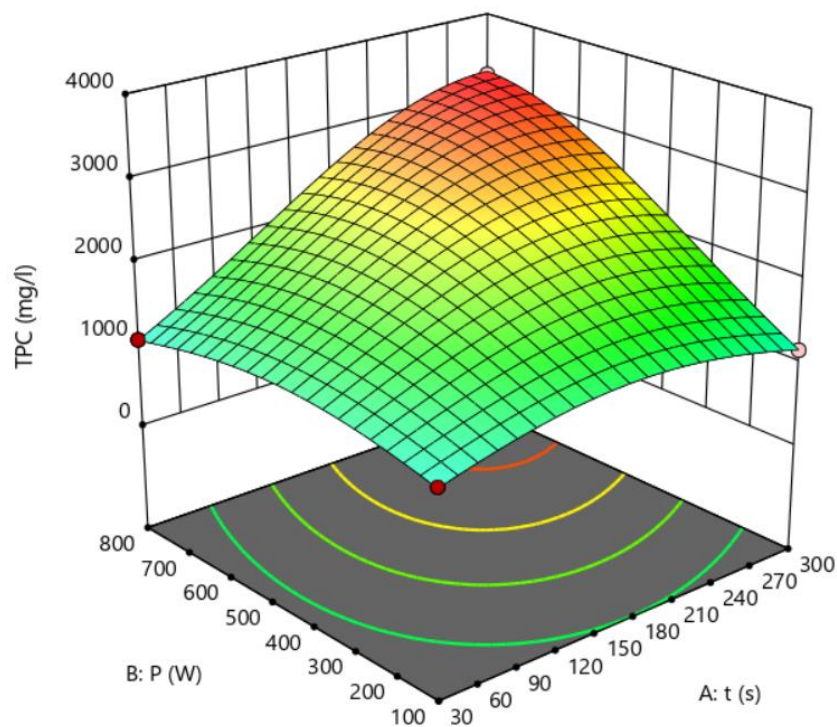
8. ábra: Tényleges és előre jelzett TPC értékek

A 9. és 10. ábrákon 3D modellek látható, ami az idő (A) és a teljesítmény (B) közötti összefüggés kiértékelésében nyújt nagy segítséget. A 8. ábrán jól látszik, hogy 30 másodperces kezelést követően a legkisebb (100 W) és a legnagyobb (800 W) teljesítményen extrahált minták fenoltartalma között nincs nagy különbség. A legnagyobb teljesítményen (800 W) 300 s ideig tartó kezelés esetén, 6 gramm törköly/300 ml (0,02 g/ml) oldószer arány mellett várható a legnagyobb kihozatal.



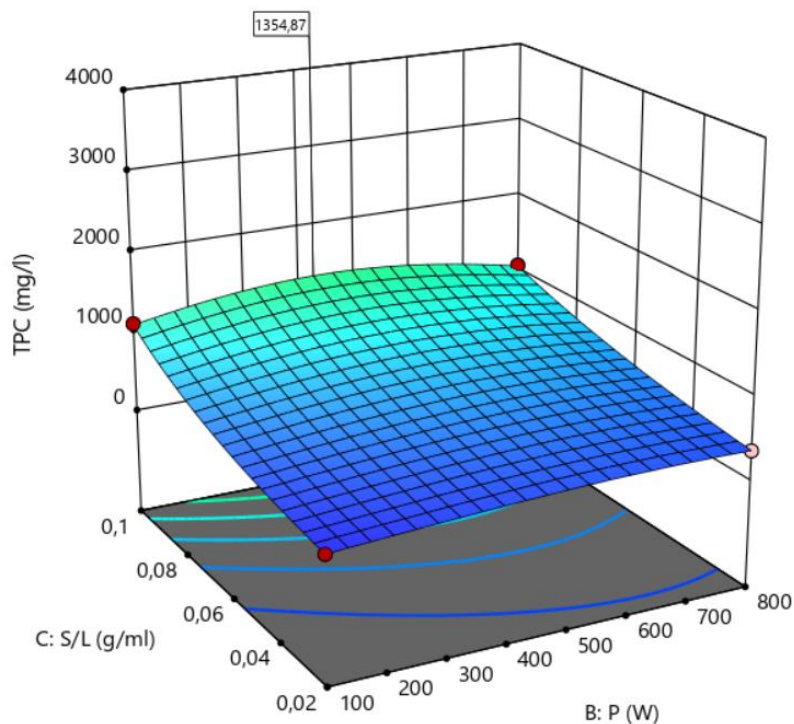
9. ábra: Idő teljesítmény közötti összefüggés a legkisebb törköly-oldószer arány mellett

A 10. ábrán egy sokkal jobban felívelő modell látható. Ebben az esetben 30 gramm törkölyt használtam 300 ml oldószerhez (0,1 g/ml. Ebben az esetben is megfigyelhető, hogy 30 s kezelési időhöz 100 vagy 800W-os teljesítmény esetén nem látható nagy különbség a fenolos vegyületek kivonása terén. Azonban 100 W teljesítményen sem tapasztalható nagyobb különbség a 30 s és 300 s ideig kezelt mintákban. Az összes fenol tartalomnál elmondhatom, hogy minél nagyobb volt a teljesítmény és a kezelési idő annál több fenolos vegyületet tartalmazott a mintám. Amennyiben, ha figyelembe vesszük a törköly-oldószer arányt, akkor mindenképpen kijelenthetem, hogy a legnagyobb kihozatal a 20-as mintánál érhető el, ahol az A és B faktor mellett 30 gramm törkölyt használtam 300 ml oldószerhez, valamint az itt alkalmazott faktorok 300 s és 800 W volt.



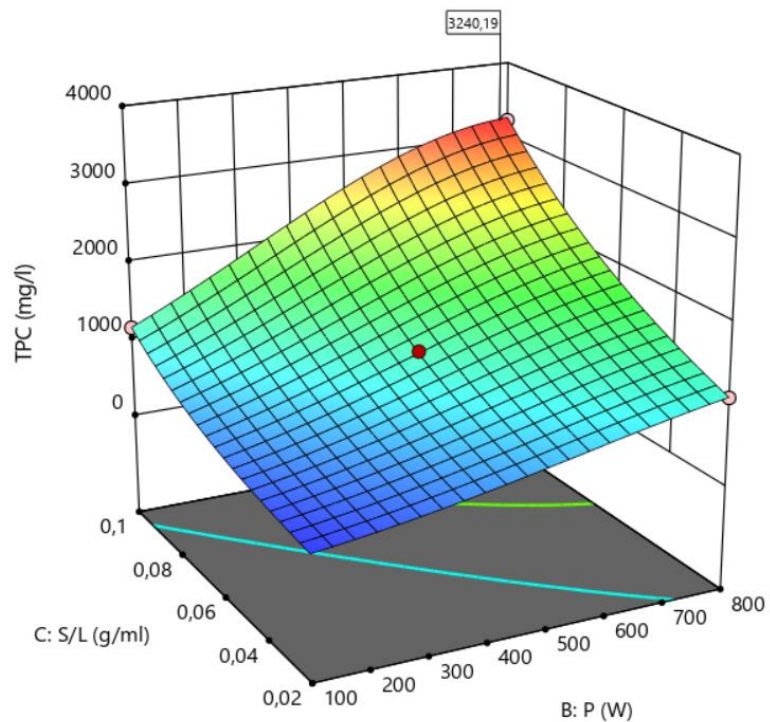
10. ábra: Idő teljesítmény közötti összefüggés legnagyobb törköly-oldószer arány mellett

A 11. és 12. ábrákon a törköly-oldószer arány és a teljesítmény közötti kapcsolat vizsgálata látható. A 10. ábrán látható 3D modell esetében 30 s kezelési időt alkalmaztam. Amennyiben a modellt megfigyeljük, akkor egy domborulatot vehetünk észre. Ebből következik, hogy 30 s esetén nem a legnagyobb teljesítmény mellett érhetjük el a kinyerni kívánt fenolos vegyületeket legnagyobb koncentrációját az extraktumokban. Ebben az esetben, ha 800 W-os teljesítmény mellett az oldószerben 30 gramm törkölyt használok, valamint ugyanezt a paramétert alkalmazom csak 100 W-on akkor 1100 mg/L fenolkoncentrációt lehet kinyerni. Amennyiben a törköly/oldószerarányt nem változtatom akkor 400 W teljesítmény mellett 1360 mg/L fenoltartalom nyerhető ki a melléktermékből. Minimális törköly felhasználása esetén (6 gramm), az figyelhető meg, hogy 100 W-os teljesítmény mellett nagyobb kihozatal érhető el, mint 800 W-on.



11. ábra: Törköly-oldószer arány és a teljesítmény közötti kapcsolat minimális kezelési idő mellett

A 12. ábrán a kezelési időt 300 s-ra módosítottam és a következőket figyeltem meg benne. Ezen az ábrán látható meghajlás maximális kezelési idő esetén már eltűnik a 3D-s modellből. Ez azonban nem igaz, mivel a maximális pont, amit jelöltem is a 12. ábrán nem eltűnik, hanem áttolódik a maximális pontba. A modell jól mutatja, hogy ilyen magas kezelési idő esetén a 1. és 13. mérés között lényegében szintén nem tapasztalható nagy különbség a fenoltartalom mérésekor.



12. ábra: Törköly-oldószer arány és a teljesítmény közötti kapcsolat maximális kezelési idő mellett

5.3. Antioxidáns tartalom

10. táblázat: Illeszkedési összefoglaló Antioxidáns tartalomnál

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R ²	Perdicted R ²	
Linear	0,0001	0,0150	0,8134	0,6804	
2FI	0,4965	0,0116	0,8073	-0,1184	
Quadratic	0,0001	0,9931	0,9817	0,9783	Suggested
Cubic	0,9931		0,9685		Aliased

Az antioxidáns mérést FRAP módszerrel vizsgáltam, ami egy vasredukáló képességen alapuló módszer. A kiértékeléshez kvadratikus modellt használtam, ami a 10. táblázatban látható.

11. táblázat: Antioxidáns tartalomhoz tartozó ANOVA tábla

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	7,95	6	1,32	148,12	0,0001	significant
Idő	1,55	1	1,55	173,13	0,0001	
Teljesítmény	0,9360	1	0,9360	104,67	0,0001	
Törköly:Osz. arány	3,80	1	3,80	424,88	0,0001	
Idő*Teljesítmény	0,3153	1	0,3153	35,25	0,0001	
Idő ²	0,2816	1	0,2816	31,49	0,0001	
Teljesítmény ²	0,1569	1	0,1569	17,55	0,0013	
Residual	0,1073	12	0,0089			
Lack of Fit	0,0368	7	0,0053	0,3727	0,8847	not significant
Pure Error	0,0705	5	0,0141			
Cor Total	8,05	18				

A modell F-értéke 148,12 és a p-érték kisebb mint 0,0001, így a modell szignifikánsnak mondható. Az ANOVA táblázat alapján, 11. táblázat, a modellben az idő, teljesítmény, törköly-oldószer arány, idő-teljesítmény szorzatának, idő négyzetének, valamint teljesítmény négyzetének hatásai erősen szignifikánsnak mondhatóak, mivel ezen tényezők esetében a p-érték kisebb mint 0,0001. Egy esetben, teljesítmény négyzetnél, tényezőnél a p-érték 0,0013 de még ez az eredmény is sokkal kisebb, mint 0,05. Ezen eredmények alapján kijelenthetem, hogy mind a hat tényező jelentős hatással volt a mérhető antioxidáns tartalomra. A 0,05-nél nagyobb p-értékű tagokat kivettem az ANOVA táblából, így növelve a modell illeszkedését. A Lack of Fit F-értéke 0,3727, ami azt jelzi, hogy az illeszkedés hiánya nem szignifikáns, így a modellünk jó, mivel azt szeretnénk, hogy a modell illeszkedjen. Ebből következik, hogy 88,47 % annak az esélye, hogy a Lack of Fit F-értéke a mérés során alkalmazott három faktor hatására következett be.

A korrigálatlan R^2 0,9800 értékkel rendelkezik, míg a korrigált R^2 0,9667. Így a különbség az elvártnál, vagyis 0,2-nél jóval kisebb. Adequate Precision érték 50,5628. A 4-

nél nagyobb érték megfelelő modellt jelez, így a FRAP módszer esetében az általam használt modell megfelelő a további kiértékeléshez. Ezen adatok a 12. táblázatban láthatóak.

12. táblázat: Antioxidáns tartalom illeszkedési statisztikája

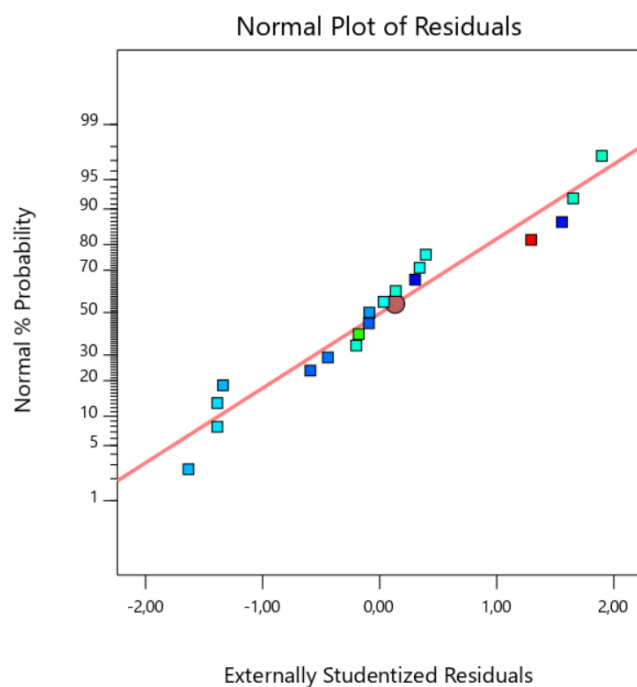
	Std. Dev.	0,0946		R²	0,9867
	Mean	2,72		Adjusted R²	0,9800
	C.V. %	3,48		Predicted R²	0,9667
				Adeq Precision	50,5628

Az egyenlet segítségével kiszámolható az antioxidáns tartalom, amennyiben a faktorok helyére a számunkra megfelelő beállítási értékeket beírjuk. A mérés esetében ezek a faktortartományok a következők:

- Kezelési idő: 30-300 másodperc
 - Teljesítmény: 100-800 W
- Törköly oldószer arány: 0,02-0,1 g/ml

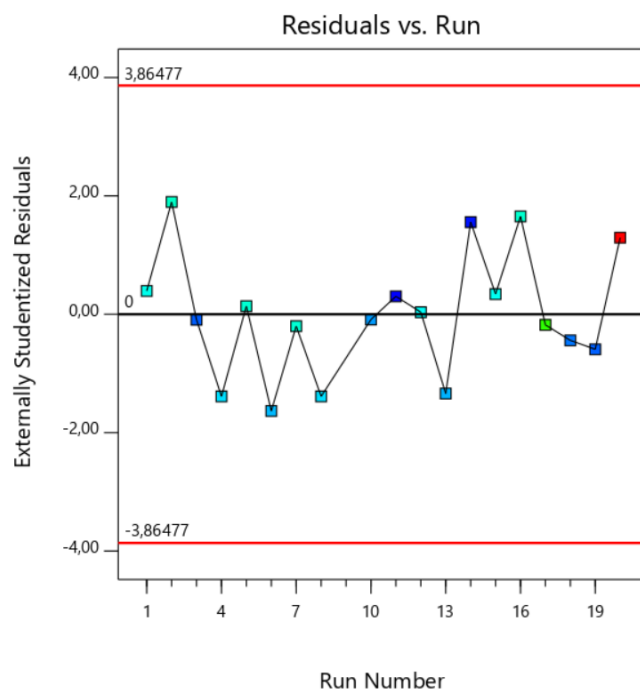
$$\ln(AC) = +2,91 + 0,4530 \cdot A + 0,3343 \cdot B + 0,6754 \cdot C + 0,2229 \cdot AB - 0,3374 \cdot A^2 - 0,1811 \cdot B^2$$

A kvadratikus modell megfelelőségét ebben az esetben is a Normal plot of residuals segítségével ellenőriztem, ami a 13. ábrán látható. A FRAP módszer során mért adataim a piros, 45°-os egyenes mentén helyezkednek el, így a reziduumok normál eloszlást követnek.



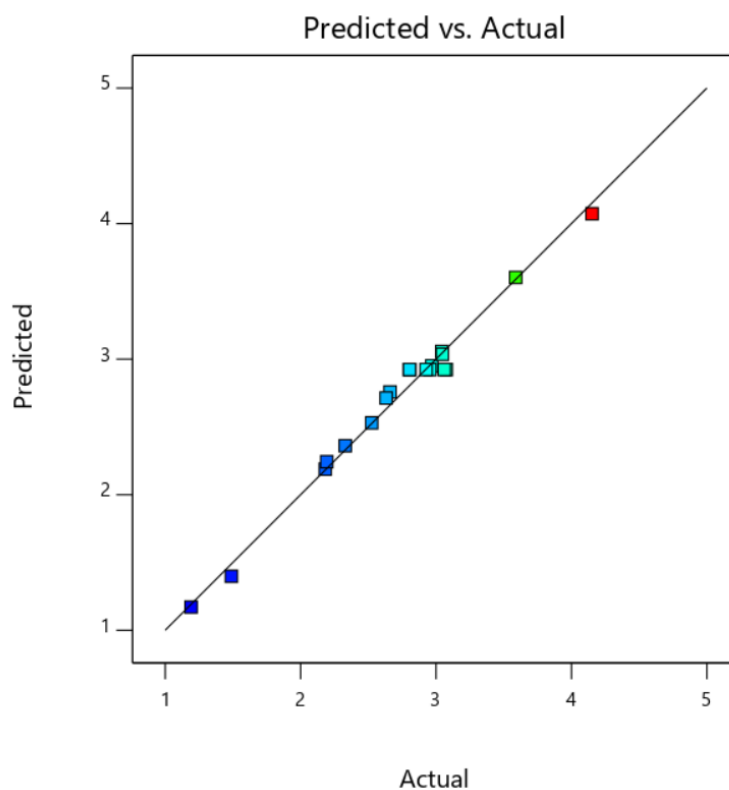
13. ábra: Reziduumok normál eloszlása antioxidáns kapacitás mérés esetén

A mérés során fontos szempont, hogy az egymást követő mérések egymástól függetlenek legyenek. Ehhez a 14. ábra volt a segítségemre, amiben az az adataim egy egyenes mentén helyezkednek el. Ebből következik, hogy az általam elvégzett mérésekből származó adatok egymástól függetlenek mondhatók.



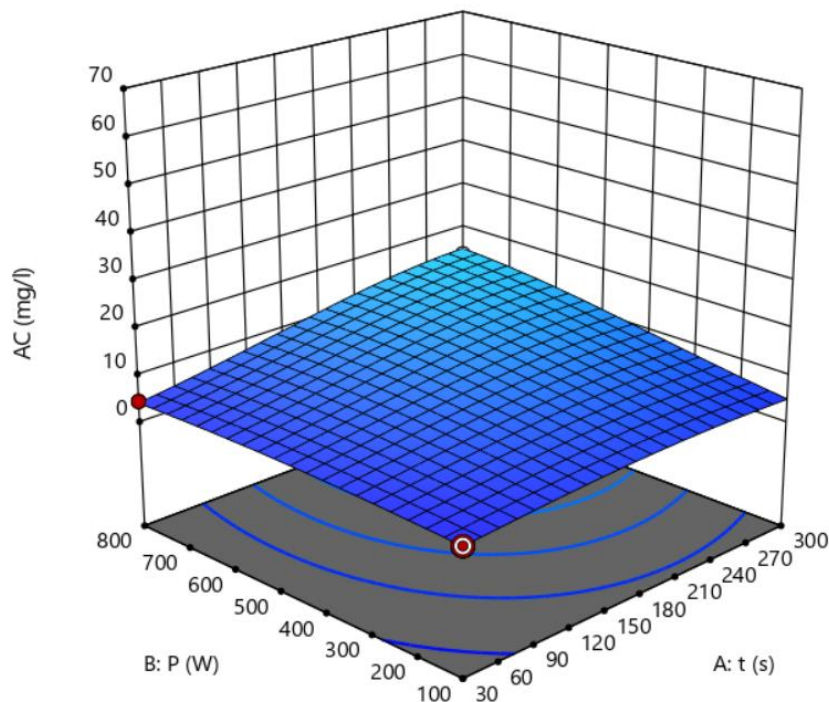
14. ábra: A mérések egymástól való függetlensége antioxidáns kapacitás esetén

A 15. ábrán megfigyelhetjük az előre jelzett és a tényleges értékeket antioxidáns kapacitás esetén. Ezen a grafikonon jól vizsgálható, hogy a tényleges értékek mennyiben térnek el az előre jelzett értékektől. Mérésemből származó adatok a fekete egyenes mentén helyezkednek el, így elmondhatom, hogy az antioxidáns kapacitás mérés pontosra sikerült.



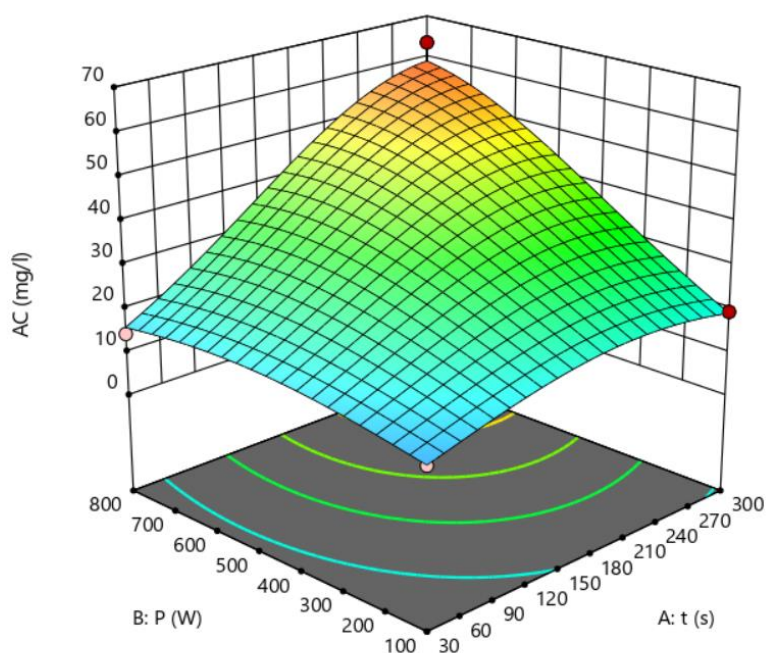
15. ábra: Előre jelzett és a tényleges értékeket antioxidáns kapacitás esetén

A 16. és 17. ábrákon AB tényező, vagyis idő és teljesítmény közötti összefüggést kiértékelő 3D modell látható. A 15. ábrán a törköly-oldószer arány 0,02g/ml volt. A modellen jól látható, hogy 30 s 800 W-os és 30 s 100 W-os mérés között antioxidáns kihozatal szempontjából nem állapítható meg nagyobb különbség, ez az érték 1,11 mg/L. Ez a megállapítás összhangban van a fenolos vegyületeknél tapasztaltakkal. Abban az esetben amikor a kezelési időt 300 s-ra növeltem és 800 W-ot alkalmaztam, a legnagyobb mennyiségű, vagyis 13,9 mg/L antioxidáns tartalom volt kinyerhető.



16. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális törköly-oldószer esetén

A 17. ábrán látható 3D modellnél már 30 g/ 300 ml (0,1 g/ml)törköly-oldószer arányt alkalmaztam. Ebben az esetben a hatos, valamint a tízes mérés közötti antioxidáns tartalom kihozatalnál szintén nem észlelhető nagy különbség. Ezen mérések közötti különbség a teljesítményben található, hatos mérésnél 100W, míg tízesnél 800 W-ot alkalmaztam. Az antioxidáns tartalom viszont összeségében 1,8 mg/L volt. Azonban, ha a kezelési időt 300 s-ra növelem, míg a teljesítményt 100 W-on hagyjuk, a kihozatali érték már 19,5 mg/L -re növelhető, ami az első mérésben nyilvánul meg. A legnagyobb mennyiségű antioxidáns tartalom azonban 300 s 800 W esetében volt a legnagyobb, 63,5593 mg/L. A két 3Ds modellt összehasonlítva elmondhatom, hogy a törköly mennyiségét növelve, valamint a teljesítmény növelésével mindenképpen nagyobb kihozatali érték várható. Azonban 30 s esetében a 100, illetve 800 W-on végzett mérések között jelentős eltérés nem tapasztalható. A két modell alakját illetően hasonló alak tapasztalható, a törköly mennyiségének alkalmazásával arányosan.



17. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális törköly-oldószer esetén

5.4. Flavonoid tartalom

A mérési eredmények feldolgozását megelőzően adataimra egy transzformációs görbét alkalmaztam, ezt követően egy kiértékelési összefoglalót használtam a további diagnosztika felállításához. A kiértékelési összefoglaló, vagyis Fit Summary a 13. táblázatban található. A táblázat segítségével sikerült megállapítani, hogy melyik transzformáció a legmegfelelőbb a további kiértékeléshez. Jelen helyzetben a natural log transzformáció volt a legalkalmasabb, hiszen a korrigált és korrigálatlan R^2 különbsége 0,2-nél jóval kisebb, valamint a Lack of Fit p-értéke közelít az 1-hez.

13. táblázat: Flavonoid illeszkedési összefoglaló TPC tartalomnál

Source	Sequential p-value	Lack of Fit p-value	Adjusted R^2	Predicted R^2	
Linear	< 0,0001	< 0,0001	0,7296	0,5660	
2FI	0,6873	< 0,0001	0,6998	-0,6406	
Quadratic	<0,0001	0,8392	0,9976	0,9954	Suggested
Cubic	0,8392		0,9966		Aliased

A flavonoid tartalom kiértékeléséhez a 14. táblázatban látható Anova táblázat szolgált alapul. Első körben egy 9 tagból álló modell kiértékelését kezdtem meg, amit végül 8 tagra

szűkítettem. Ennek oka, hogy a p érték 0,5-nél kisebb kell, hogy legyen, így az ennél nagyobb értékkel rendelkező tagokat kivettem a kiértékelés folytatása során. Ezen korrigálások alapján sikerült egy olyan modellt elkészíteni, aminek majdnem minden tagjában a p érték 0,0001- nál kisebb.

14. táblázat: Flavonoid tartalomhoz tartozó ANOVA tábla

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	27,87	8	3,48	948,92	<0,0001	significant
Idő	1,66	1	1,66	452,54	<0,0001	
Teljesítmény	1,88	1	1,88	512,06	<0,0001	
Törköly:Osz. arány	17,76	1	17,76	4839,25	<0,0001	
Idő*Teljesítmény	0,2782		0,2782	75,77	<0,0001	
Idő* törköly:Osz	0,3200	1	0,3200	87,18	<0,0001	
Teljesítmény*törköly:Osz	0,1041	1	0,1041	28,37	0,0003	
Idő ²	0,4437	1	0,4437	120,86	<0,0001	
törköly:Osz ²	1,32	1	1,32	358,51	<0,0001	
Residual	0,0367	10	0,0037			
Lack of Fit	0,0101	5	0,0020	0,3773	0,8458	not significant
Pure Error	0,0267	5	0,0053			
Cor Total	27,90	18				

Az ANOVA táblázat alapján (14. táblázat), elmondhatom, hogy a következő hét tagnak szignifikáns hatása volt az eredményekre: idő (A), teljesítmény (B), törköly-oldószer arány (C), idő-teljesítmény (AB), Idő* törköly-oldószer arány (AC), teljesítmény-törköly-oldószer arány (BC), idő négyzete (A²), teljesítmény négyzete (B²). A teljesítmény² p-értéke meghaladta a 0,05-ös értéket, ami azt jelzi, hogy a modellterminus nem szignifikáns, ebből kifolyólag a további kiértékelések során kivettem a modellből. A modell 948,92-es F-értéket mutat, valamint szignifikáns, így 0,01% az esély arra, hogy az F érték mérési hibából, vagy esetleg mérési zajból eredne. A Lack of Fit p értéke 0,8458, valamint az F-érték 0,3773, így egyik tag sem szignifikáns, ebből következik, hogy a nyolc tagra csökkentett modell megfelelő. Ezen értékek alapján elmondhatom, hogy 84,58% annak az esélye, hogy a Lack of Fit F-értéke nem mérési hibából, zajból ered, hanem az általam alkalmazott három faktor hatására következhet.

Az R² a többszörös lineáris regresszió egyik fontos eleme, ennek kiértékeléshez a 15. táblázat nyújtott segítséget. A korrigálatlan R² értéke flavonoid tartalom meghatározása során 0,9976, míg a korrigált R² 0,9961. A két érték közötti különbség nem haladhatja meg pozitív irányba a 0,2-es értéket, aminek alapján elmondhatom, hogy az általam felállított

modellben ez az érték 0,0015, így a két érték összehangban van egymással. Adequate Precision érték egy jel-zaj arány, aminek értéke 4, vagy ennél nagyobb érték kell, hogy legyen. Ennek az értéknek a figyelése azért fontos a kiértékelés során, mert összehasonlítja a tervezési pontokon előre jelzett értékek tartományát az átlagos előrejelzési hibával. Jelen mérés esetében ez az érték 109,3903, így használható további mérési tervezésekhez flavonoid tartalom meghatározása során.

15. táblázat: Flavonoid tartalom illeszkedési statisztikája

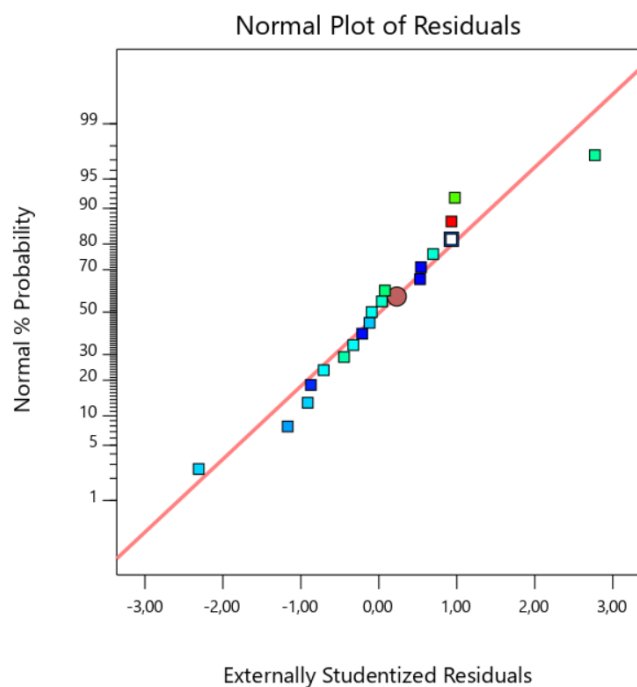
	Std. Dev.	0,0606		R²	0,9987
	Mean	6,01		Adjusted R²	0,9976
	C.V. %	1,01		Predicted R²	0,9961
				Adeq Precision	109,3903

A Design Experter szoftver segítségével egy általános képlet is felírható a flavonoid tartalom kiszámításához. A képlet előnye, hogy az általam használt tartományon belül bármilyen paraméter kombinációra előre jelezhető a flavonoid-tartalom. Jelen mérés esetén a következő faktortartományokat alkalmaztam:

- Kezelési idő: 30-300 másodperc
- Teljesítmény: 100-800 W
- Törköly oldószer arány: 0,02 -0,1 g/ml

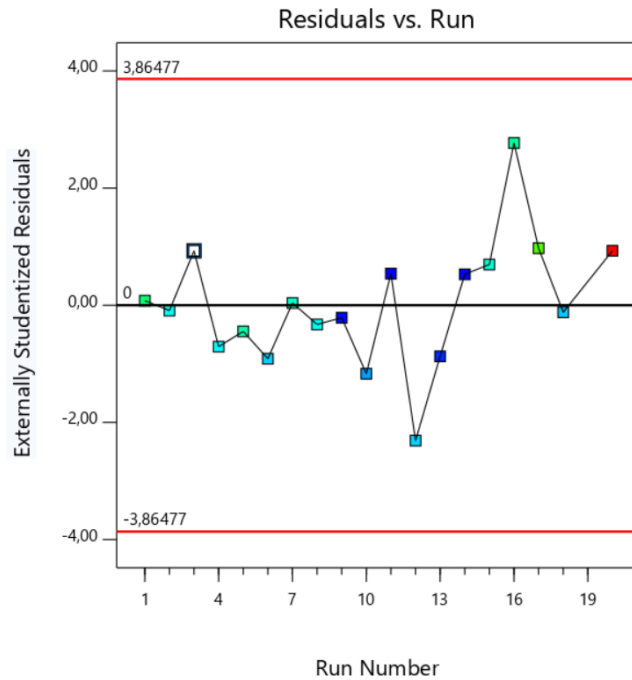
$$\ln(\text{Flav.}) = +6,51 + 0,4076 \cdot A + 0,4336 \cdot B + 1,44 \cdot C + 0,1865 \cdot AB + 0,2000 \cdot AC - 0,1141 \cdot BC - 0,4300 A^2 - 0,7405 C^2$$

Az adatok alapján felállított kvadratikus modell alkalmasságát a Normal Plot of Residuals segítségével hajtottam végre. Ez a modell a 18. ábrán látható, ahol egy 45 fokos egyenes mentén kell, hogy a reziduumok elhelyezkedjenek. Jelen esetben az általam felvett pontok ezen egyenes mentén találhatóak, illetve kiugró pont az egyeneshez viszonyítva nem tapasztalható. Ennek következménye, hogy a reziduumok normál eloszlásúak.



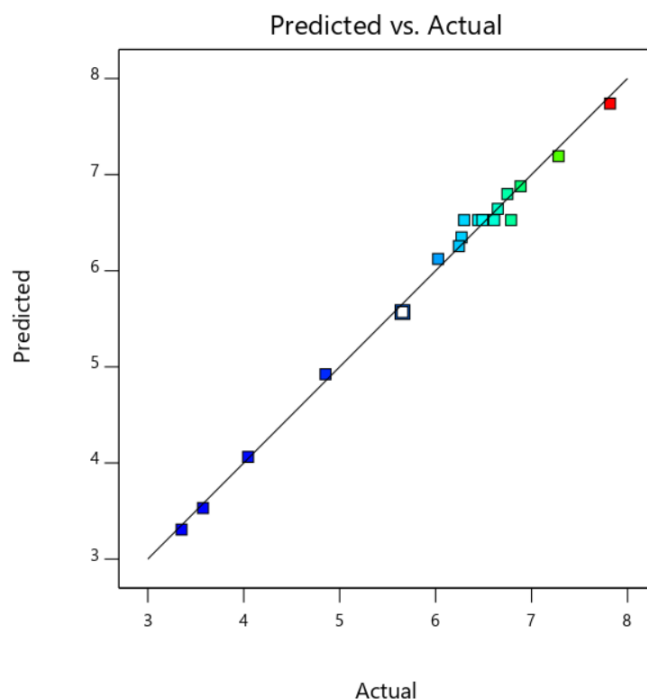
18. ábra Reziduumok normál eloszlása flavonoid tartalom esetén

A labormérés során nagyon fontos szempont, hogy a végrehajtandó mérések egymástól függetlenek legyenek. Ennek ellenőrzésére a 19. ábra szolgált segítségemül. A Residuals Vs. Run modell segítségével ellenőriztem, hogy a reziduumok szóródása egyenletes-e a középén látható egyenes körül. Az ábrán jól látszik, hogy a modellem esetében érvényesül, így megállapítható, hogy a méréseim egymástól függetlenek voltak.



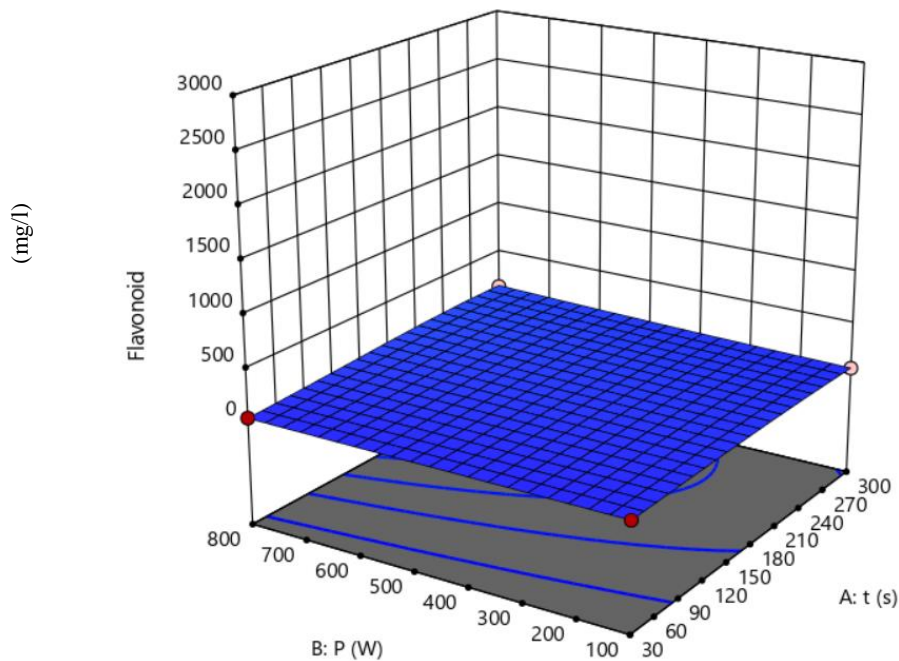
19. ábra A mérések egymástól való függetlensége flavonoid tartalom esetén

A 20. ábrán az előre jelzett és tényleges értékeket figyelhetjük meg flavonoid-tartalom meghatározása során. Ezen az ábrán megfigyelhetjük, hogy mennyire volt pontos a mérés az általunk felállított transzformációt követően. Abban az esetben, ha az általunk felvett pontok a fekete egyenes mentén helyezkednek el, elmondható, hogy pontos mérést végeztünk. Az általam elvégzett mérési adatoké transzformációt figyelembe véve ezekre az adatokat ez az állítás helyes, ugyanis az általam felvett pontok ezen egyenesen, illetve annak közelében helyezkednek el, valamint kiugró pont nem tapasztalható. Ebből adódóan elmondhatom, hogy a flavonoid mérés során pontos értékek meghatározására került sor.



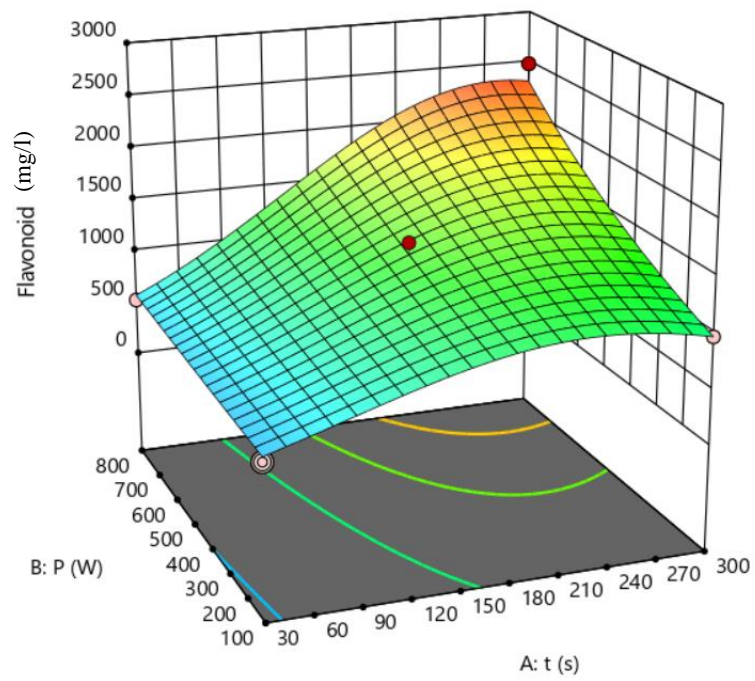
20. ábra Előre jelzett és a tényleges értékeket flavonoid tartalom esetén

A 21. és 22. ábrákon AB tényező, idő és teljesítmény közötti összefüggést bemutató 3D modell látható. Elmondhatjuk, hogy ilyen kis mennyiségű törköly alkalmazásakor nem észlelhető jelentős változás flavonoid-tartalom szempontjából. Ugyanis 100 W teljesítményen, 30 másodperces kezelési idővel, valamint a 800 W teljesítményen 30 másodperces kezelési idővel végzett méréseket összehasonlítva, nagyjából azonos flavonoid tartalom figyelhető meg. 100 W teljesítményen 30 másodperces kezelést követően 28,5714 g/l, míg 800 W teljesítményen 30 másodperces kezelés esetén 35,7143 g/l kihozatal figyelhető meg. Ugyanakkor a kezelési időt növelve egy kisebb emelkedésvehető észre. Ezen teljesítmények alkalmazása esetén, de a kezelési időt 300 s növelve már 57,1429 és 128,095 g/L kihozatal érhető el.



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

A 22. ábrán szintén idő és teljesítmény közötti összefüggést figyelhetjük meg, azonban már 30g/300 ml (0,1 g/ml) törköly:oldószer arány mellett. Azt tapasztalhatjuk, hogy már 100 W teljesítményen, 30 másodperces kezelés után is jóval több, akár 10-szeres flavonoid kihozatal érhető el. Abban az esetben, ha a kezelési időt elkezdjük növelni, egy bizonyos idő után elérjük a maximális flavonoid mennyiséget. Az ábrán jól látható, hogy egy bizonyos idő elteltével a flavonoid mennyiség kiivonhatósága elkezd csökkenni. Érdekeség, hogy ez megfigyelhető 100 W és 800 W-os teljesítményen egyaránt. Feltételezésem szerint ilyen magas törköly-oldószer arány mellett már jóval nagyobb az esély a kezelés közbeni jelentkező hőmérséklet emelkedésére, hiszen egy nagyobb sűrűségű elegyről beszélhetünk már. A flavonoidok, más értékes komponensekhez hasonlóan hőérzékenyek, hiszen magas hőmérséklet esetén már nem maradnak stabilak, azok más anyagokká alakulnak vagy lebomlanak.



22. ábra Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális törköly-oldószer esetén

6. Következtetések és javaslatok

A méréseket megelőzte egy mintaterv, ami alapján készítettem el a saját kísérlet tervet. Ezen mérésekben akár 30 perces kezelési időt is alkalmaztak, de teljesítményben is akadt jóval magasabb mint 800 W. Mérésem során elsődleges céloom az volt, hogy az oldószer ne érje el a forráspontot, valamint ne párologjon el belőle. Az előzetes kísérletek során ezeket a célokat sikerült elérnem, így a maximális kezelési időt 300 másodpercben, míg a teljesítményt 800 W-ban és 0,1 g/ml törköly-oldószer arányban határoztam meg.

A kísérletet végrehajtva azonban arra jutottam, hogy ezen faktorok maximális határát lehetne növelni, hogy mennyi idő után csökken az általam mért komponensek mennyisége. Az se lenne egy hátrányos mérés, hogy azonos törköly-oldószer alkalmazva a hőmérséklet függést is vizsgálnánk, hiszen az általam mért komponensek hőre érzékenyek. Ezen kívül olyan mérést is végre lehetne hajtani, amiben szárított törkölyt alkalmazunk, hiszen az is tárolási megoldás lenne a fagyasztás mellett, illetve a szárítás hőmérséklet is hogyan befolyásolná a kihozatali eredményeket.

Felhasználást tekintve, ezen értékes komponenseket fel kellene használnunk olyan élelmiszerekben, amelyeket minden nap fogyaszt a társadalom. Említettem, hogy pékárukban tejtermékekben már próbálják alkalmazni a törkölyt, illetve, a kinyert komponenseket. Ezzel is bővíteni azon élelmiszerek listáját, amik hozzájárulnak az egészséges életmódhoz.

7. Összefoglalás

Magyarországon a második legnagyobb mennyiségben termesztett gyümölcs nem más, mint a szőlő. Itthon elsősorban a borkészítéshez dolgozzák fel, azonban alapul szolgál a szőlőlé különböző gyümölcsitalok és szörpök alapanyagaként. Azonban a feldolgozás során nagy mennyiségben marad vissza melléktermék, amit szőlőtörkölynek neveznek. A törköly fehér és vörösszőlő esetén eltérő összetételű. Fehérszőlő esetén mag, héj és szár, míg vörös fajták esetén csak mag és héj. Összeségében azonban a keletkező melléktermék mennyisége 20-25%-a a gyümölcs mennyiségének. Tehát elmondhatjuk, hogy majdnem a negyede a szőlőnek nem kerül hasznosításra, viszont még rengeteg értékes komponenssel rendelkezik.

A szakdolgozatom során célom volt, hogy a feldolgozás során visszamaradt törkölyből milyen mennyiségben lehet fenolos vegyületeket, valamint antioxidánsokat és flavonoid tartalmat kinyerni a kezelési idő, teljesítmény és törköly-oldószer arány változtatásával. A mérés során mikrohullámú extrakciót alkalmaztam, ami azért fontos, mert egy viszonylag gyors eljárás. Ezen faktorok segítségével célom volt még egy olyan optimum érték meghatározása, ahol a legnagyobb mennyiségben lehet kinyerni a törkölyből a függő változókat.

Az általam végzett mikrohullámú extrakcióhoz csak és kizárólag desztillált vizet használtam, annak okán, hogy mindenképpen egy környezetbarát eljárást valósítsak meg. A kísérlet során 6, 18 és 30 gramm törkölyt használtam fel 300 ml oldószerhez. A törköly:oldószer arány mellett a másik két változtatott faktor, az idő és a teljesítmény volt. A kezelési idő 30, 165 és 300 másodperc volt, míg a teljesítmény esetén 100, 450 és 800 W-ot alkalmaztam.

Az extrakciókat 2^3 középpontos teljes faktoriális kísérletterv alapján végeztem el. A kitévő a három paramétert jelöli, ami esetemben a kezelési idő, teljesítmény, és törköly-oldószer arány. A hatványalap az általam választott paraméterek minimum, maximum és középpontot mutatja. A kísérletem során hat középponti mérést végeztem el.

A mérés során kapott polifenol, flavonoid valamint antioxidáns koncentráció adataira a kiértékelés megkezdése előtt természetes alapú logaritmus transzformációt alkalmaztam. A kiértékelésemet követően megállapítottam, hogy az idő, a teljesítmény, a törköly-oldószer arány, az idő négyzet és a teljesítmény négyzete szignifikáns hatást gyakorol a komponensek kihozatalát illetően. A következő három egyenlet segítségével számítható ki a fenol, flavonoid és antioxidáns koncentráció a modell alapján mg/L mértékegységben kifejezve:

$$\ln(TPC) = +7,10 + 0,2982 \cdot A + 0,4003 \cdot B + 0,6949 \cdot C + 0,2663 \cdot AB - 0,1522 \cdot BC - 0,2778 \cdot A^2 - 0,2350 \cdot B^2$$

$$\ln(AC) = +2,91 + 0,4530 \cdot A + 0,3343 \cdot B + 0,6754 \cdot C + 0,2229 \cdot AB - 0,3374 \cdot A^2 - 0,1811 \cdot B^2$$

$$\ln(Flav.) = +6,51 + 0,4076 \cdot A + 0,4336 \cdot B + 1,44 \cdot C + 0,1865 \cdot AB + 0,2000 \cdot AC - 0,1141 \cdot BC - 0,4300 A^2 - 0,7405 C^2$$

A Design Experter szoftverrel végeztem el a műveleti paraméterek optimalizálását is. A numerikus optimális során korlátként állítottam be, hogy a műveleti paraméterek a vizsgált tartományon belül maradjanak, valamint célfüggvényként az értékes komponensek koncentrációjának maximalizálása volt a célom. Az összes fenolos vegyületek esetében a legnagyobb mért koncentrációt (3229,17 mg/l) 300 s kezelési idő, 800 W teljesítmény, valamint 30g/300 ml törköly:oldószer arány mellett sikerült elérnem. A maximális koncentráció azonban 291,39 s kezelési idő, 764,89 W teljesítmény és 29,92 g/300ml törköly:oldószer arány mellett érhető el, ami jelen esetben 3233,72 mg/l fenol koncentrációt jelent.

Antioxidáns kapacitás esetén is a legnagyobb mért koncentráció (63,5593 mg/l) 300 s kezelési idő, 800 W teljesítmény, valamint 30g/300 ml törköly-oldószer arány mellett sikerült elérnem. Az optimalizálás is ezeket a beállításokat eredményezte, amivel a modell egyenlet alapján 63,56 mg/l koncentrációjú antioxidáns kapacitás érhető el.

Flavonoid tartalom esetén, ha csak ezt az eredményt nézzük, akkor 300 s, 800 W és 30g/300 ml törköly-oldószer arány mellett elérni az optimumot, ami 2614,29 mg/l. Abban az esetben, ha csak ezt az egy faktort szeretnénk maximalizálni, akkor 261,15 s kezelési időt, 793,733 W-os teljesítményt és 29,663g/300 ml törköly-oldószer arányt kellene alkalmaznunk, hogy 2617 mg/l koncentrációt elérjük.

Abban az esetben, ha egyszerre szeretnénk elérni a maximális kihozataalt antioxidáns és fenolos vegyületek terén, az optimális eset szintén 300 s kezelési idő, 800 W teljesítmény, valamint 30g/300ml törköly-oldószer arány mellett érhetjük el. Ez a mennyiség fenolos vegyületek esetén 3229,17 mg/l, antioxidáns kapacitás esetén pedig 63,56 mg/l. Amennyiben szeretnénk a maximális kihozataalt elérni fenolos vegyületek, antioxidáns kapacitás és flavonoid tartalom esetén, akkor 300 s kezelési időt, 800 W-os teljesítményt és

30g/300 ml törköly-oldószer arányt kellene alkalmaznunk. Így fenolos vegyületek esetén 3267 mg/l, antioxidáns kapacitás során 2683 mg/l és flavonoid tartalomban pedig 59,36 mg/l kihozatal érhető el.

8. Irodalmi hivatkozás

- Akbay, Pinar, A. Ahmet Basaran, Ulkü Undeger, és Nursen Basaran. 2003. „In vitro immunomodulatory activity of flavonoid glycosides from *Urtica dioica* L.” *Phytotherapy Research* 17(1): 34–37.
- Alara, Oluwaseun Ruth, Nour Hamid Abdurahman, és Chinonso Ishamel Ukaegbu. 2021. „Extraction of Phenolic Compounds: A Review”. *Current Research in Food Science* 4: 200–214.
- Arias Calvo, Ana, Gumersindo Feijoo Costa, és María Teresa Moreira Vilar. 2022. „Exploring the Potential of Antioxidants from Fruits and Vegetables and Strategies for Their Recovery”. <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/29043> (2022. szeptember 27.).
- Barba, Francisco J. és mtsai. 2016. „Green Alternative Methods for the Extraction of Antioxidant Bioactive Compounds from Winery Wastes and By-Products: A Review”. *Trends in Food Science & Technology* 49: 96–109.
- Beres, Carolina és mtsai. 2017. „Towards Integral Utilization of Grape Pomace from Winemaking Process: A Review”. *Waste Management* 68: 581–94.
- Csenge Antus. „Rezveratrol analógok antiinflammatorikus és antiproliferációs hatásának vizsgálata”. : 83.
- Dwyer, Kyle, Farah Hosseinian, és Michel Rod. 2014. „The Market Potential of Grape Waste Alternatives”. *Journal of Food Research* 3(2): p91.
- FAOSTAT. „FAOSTAT”. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (2022. szeptember 27.).
- Fontana, Ariel R., Andrea Antonioli, és Rubén Bottini. 2013. „Grape Pomace as a Sustainable Source of Bioactive Compounds: Extraction, Characterization, and Biotechnological Applications of Phenolics”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61(38): 8987–9003.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. *Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources: Summary Report*. Rome: FAO.
- . 2019. *Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- García-Lomillo, Javier, és María Luisa González-SanJosé. 2017. „Applications of Wine Pomace in the Food Industry: Approaches and Functions”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(1): 3–22.
- Gerland, Patrick és mtsai. 2022. *World Population Prospects 2022: Summary of results*.
- Gulyás, Lajos. 2011. „DIFFÚZIÓS MŰVELETEK”. <https://docplayer.hu/32978336-Diffuzios-muveletek-dr-gulyas-lajos.html> (2022. október 23.).

- Guo, Huadong és mtsai. 2021. „Big Earth Data: A Practice of Sustainability Science to Achieve the Sustainable Development Goals”. *Science Bulletin* 66(11): 1050–53.
- József, Horváth, és Komarek Levente. 2016. *A világ mezőgazdaságának fejlődési tendenciái*. Hódmezővásárhely: Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar. <http://publicatio.bibl.u-szeged.hu/12489/> (2022. december 10.).
- „KSH szőlő”. https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn024b.html (2022. november 6.).
- Lau, Ke Qi, Mohd Redzwan Sabran, és Siti Shafie. 2021. „Utilization of Vegetable and Fruit By-products as Functional Ingredient and Food”. *Frontiers in Nutrition* 8: 661693.
- Nayak, A., Brij Bhushan, és L. Rodriguez-Turienzo. 2018. „Recovery of Polyphenols onto Porous Carbons Developed from Exhausted Grape Pomace: A Sustainable Approach for the Treatment of Wine Wastewaters”. *Water Research* 145: 741–56.
- Peter, Bori. 2018. *The state of food waste in Hungary*.
- Sagar, Narashans Alok és mtsai. 2018. „Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3): 512–31.
- Simándi, Béla. 2012. *VEGYIPARI MŰVELETEK II. Anyagátadó műveletek és kémiai reaktorok*.
- Sridhar, Kandi, és Albert Linton Charles. 2021. „Fortification Using Grape Extract Polyphenols – a Review on Functional Food Regulations”. *International Journal of Food Science & Technology* 56(8): 3742–51.
- „Szilvássy - 2014 - Élelmi növények polifenolkészletének vizsgálata tö.pdf”. http://phd.lib.uni-corvinus.hu/778/1/Szilvassy_Blanka.pdf (2022. október 16.).
- Szilvássy Blanka. 2014. „Élelmi növények polifenolkészletének vizsgálata tömegspektrometriás módszerekkel”. PhD. Corvinus University of Budapest. <http://phd.lib.uni-corvinus.hu/778/> (2022. október 16.).

9. Táblázatok és ábrák jegyzéke

9.1. Ábrák:

1. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális törköly-oldószer esetén (Forrás:saját ábra)	4. oldal
2. ábra: Flavonoid alapváz (Szilvássy 2014).....	7. oldal
3. ábra: A flavonoidok főbb csoportjainak általános szerkezeti képlete (Szilvássy 2014).....	8. oldal
4. ábra: Nem flavonoid típusú polifenolok csoportosítása és általános szerkezeti képlete (Szilvássy, 2014)	9. oldal
5. ábra: Betakarított összes szőlő termés 2010-2019 (Forrás: saját ábra).....	11. oldal
6. ábra: Reziduumok normál eloszlása TPC mérés esetén	29. oldal
7. ábra: TPC mérés során végrehajtott mérések egymástól való függetlensége .	30. oldal
8. ábra: Tényleges és előre jelzett TPC értékek	31. oldal
9. ábra: Idő teljesítmény közötti összefüggés a legkisebb törköly-oldószer arány mellett	32. oldal
10. ábra: Idő teljesítmény közötti összefüggés legnagyobb törköly-oldószer arány mellett	33. oldal
11. ábra: Törköly-oldószer arány és a teljesítmény közötti kapcsolat minimális kezelési idő mellett	34. oldal
12. ábra: Törköly-oldószer arány és a teljesítmény közötti kapcsolat maximális kezelési idő mellett	35. oldal
13. ábra: Reziduumok normál eloszlása antioxidáns kapacitás mérés esetén.....	38. oldal
14. ábra: A mérések egymástól való függetlensége antioxidáns kapacitás esetén	38. oldal
15. ábra: Előre jelzett és a tényleges értékeket antioxidáns kapacitás esetén	39. oldal
16. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális törköly-oldószer esetén	40. oldal
17. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális törköly-oldószer esetén	41. oldal
18. ábra: Reziduumok normál eloszlása flavonoid tartalom esetén	44. oldal

19. ábra: A mérések egymástól való függetlensége flavonoid tartalom esetén ..	45. oldal
20. ábra: Előre jelzett és a tényleges értékeket flavonoid tartalom esetén.....	46. oldal
21. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés minimális törköly: oldószer esetén.....	47. oldal
22. ábra: Idő és teljesítmény közötti összefüggés maximális törköly-oldószer esetén	48. oldal

9.2. Táblázatok:

1. táblázat: Mikrohullámú extrakció során alkalmazott paraméterek	19. oldal
2. táblázat: Mikrohullámú extrakció során alkalmazott kísérletterv	20. oldal
3. táblázat: Összes fenoltartalom meghatározásánál alkalmazott kalibrációs sor.....	22. oldal
4. táblázat: Antioxidáns tartalom meghatározásánál alkalmazott kalibrációs sor.....	24. oldal
5. táblázat: Flavonoid tartalom meghatározásánál alkalmazott kalibrációs sor.....	25. oldal
6. táblázat: Extrakció során alkalmazott paraméterek.....	27. oldal
7. táblázat: illeszkedési összefoglaló TPC tartalomnál	28. oldal
8. táblázat: TPC tartalomhoz tartozó ANOVA tábla.....	28. oldal
9. táblázat: TPC tartalom illeszkedési statisztikája	29. oldal
10. táblázat: Illeszkedési összefoglaló Antioxidáns tartalomnál	35. oldal
11. táblázat: Antioxidáns tartalomhoz tartozó ANOVA tábla	36. oldal
12. táblázat: Antioxidáns tartalom illeszkedési statisztikája	37. oldal
13. táblázat: Flavonoid illeszkedési összefoglaló TPC tartalomnál.....	41. oldal
14. táblázat: Flavonoid tartalomhoz tartozó ANOVA tábla	42. oldal
15. táblázat: Flavonoid tartalom illeszkedési statisztikája.....	43. oldal

Köszönetnyilvánítás

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr. Bánvölgyi Szilvia, egyetemi docensnek szakdolgozatom során nyújtott segítségéért.

Továbbiakban szeretném megköszönni a Balatonfüredi Piffáth Pincészetnek, akik a szakdolgozatomhoz biztosították az olaszrizling törkölyt.

A kutatás a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal „A körforgásos gazdaság megvalósíthatósága a honvédelmi tevékenységek során” című, TKP2021-NVA-22 azonosítójú Tématerületi Kiválósági Program támogatásával valósult meg.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakedolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve: Huszár Dávid
A Hallgató Neptun kódja: DWXF05
A dolgozat címe: Értékes komponensek kinyerése szőlőtörkölyből mikrohullámú extrakció segítségével
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Élelmiszeripari Műveletek és Folyamattervezés Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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 mindenkori 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 eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2023.10.11.


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

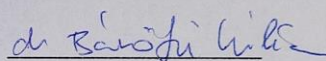
NYILATKOZAT

Huszár Dávid (hallgató Neptun azonosítója: DWXF05) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2023. október 30.



Dr. Bánvölgyi Szilvia
belső konzulens