

DIPLOMADOLGOZAT

Orbán Virág Ildikó Diplomadolgozat

Orbán Virág Ildikó

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszermérnök mesterképzési szak

Arónia törköly újrahasznosításának lehetőségei a termékfejlesztés során

Belső konzulens:

Dr. Szalóki-Dorkó Lilla

egyetemi adjunktus

Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Külső konzulens

Süllős Gyula

Gyermekvendéglátó Kft.

Készítette

Orbán Virág Ildikó

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
3. Szakirodalmi áttekintés	5
3.1.Élelmiszeripari melléktermék	5
3.2.Törköly	5
3.2.1. Arónia törköly	5
3.2.2. Almatörköly.....	6
3.2.3. Szőlőtörköly	6
3.3. A polifenolok bemutatása	7
3.4. Az antocianinokról	7
3.5. Arónia/Feketeberkenye.....	8
3.5.1. Feketeberkenye jótékony hatásai	9
3.6. Gyümölcsűrítmény gyártás technológiája	12
3.7.Szárítási technológia	14
3.7.1. Atmoszférikus szárítás.....	14
3.7.2. Mikrohullámú vákuumszárítás	15
3.7.3. Liofilizálás - Fagyasztva szárítás	15
3.8. A tea fogyasztásának jellemzői és jelentősége	16
3.9. A forró víz hatása a tea egyes komponenseire.....	17
4. Alkalmazott módszerek	18
4.1. Felhasznált anyagok	18
4.2. Minták előkészítése	20
4.3. Vizsgálati módszerek.....	22
4.3.1. Nedvesség tartalom meghatározás	22
4.3.2. Színmérés	22
4.3.3. Vízáktivitás meghatározás.....	23
4.3.4. pH meghatározás	23

4.3.5. Összes polifenol tartalom (TPC) meghatározás	23
4.3.6. Összes antocianin tartalom meghatározás	24
4.3.7. Antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározás	24
4.3.8. Antioxidáns kapacitás (TEAC) meghatározás.....	25
4.3.9. Antioxidáns kapacitás (DPPH) meghatározás.....	25
4.3.10. Steviával édesített tea bírálata laikus bírálókkal	26
5. Eredmények és értékelésük	28
5.1. Nedvesség tartalom eredményei.....	28
5.2. Szín mérés	29
5.3. Vízáktivitás meghatározás.....	32
5.4. pH meghatározás	33
5.5. Összes polifenol tartalom (TPC) meghatározás	34
5.6. Összes antocianin tartalom meghatározás	36
5.7. Antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározás	37
5.8. Antioxidáns kapacitás (TEAC) meghatározás.....	38
5.9. Antioxidáns kapacitás (DPPH) meghatározás.....	39
5.10. Steviával édesített tea bírálata laikus bírálókkal	40
6. Következtetések és javaslatok	42
7. Összefoglalás.....	45
8. Irodalomjegyzék.....	47
9. Internetes forrásjegyzék	51
10. Ábrajegyzék	52
11. Táblázatjegyzék.....	52

1. Bevezetés

Az élelmiszeripari melléktermékek újrahasznosítása kulcsfontosságú szerepet játszik a fenntarthatóság előmozdításában, a hulladéktermelés csökkentésében, valamint az értékes bioaktív anyagok megőrzésében. Az olyan alapanyagok, mint az arónia törköly, nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdasági szempontból is jelentős potenciállal bírnak. Ezek az élelmiszeripari maradványok számos bioaktív komponenst – például antioxidánsokat, polifenolokat, vitaminokat és ásványi anyagokat – tartalmaznak, amelyek felhasználhatók új termékek, például funkcionális élelmiszerek előállítására. Az újrahasznosítás nemcsak csökkenti az iparági hulladékot, hanem hozzájárul az egészségtudatos fogyasztási szokások kialakításához is.

A teafogyasztás mára világszerte elterjedt kulturális szokássá vált, amelyet nemcsak az ízélmény, hanem a jótékony egészségügyi hatások is népszerűsítenek. A tea a víz után a leggyakrabban fogyasztott ital a világon. Az egyes kultúrák különféle elkészítési és fogyasztási szokásokkal rendelkeznek, de a tea közös jellemzője, hogy jelentős mennyiségű antioxidánst és egyéb bioaktív vegyületet tartalmaz, amelyek segítik a szervezet védekezőképességét és hozzájárulnak az egészséges életmódhoz.

Az arónia, vagy más néven fekete berkenye, rendkívül gazdag polifenolokban, antioxidánsokban, C-vitaminban és ásványi anyagokban. Ezek az összetevők hozzájárulnak a szabadgyökök semlegesítéséhez, az immunrendszer erősítéséhez és a gyulladással járó folyamatok csökkentéséhez. Az arónia különösen hasznos lehet a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében, a vércukorszint szabályozásában és a daganatos betegségek kockázatának mérséklésében. Az arónia feldolgozás során visszamaradó törkölynek az újrahasznosítása pedig nemcsak fenntartható megoldást kínál, hanem lehetőséget teremt arra is, hogy az arónia jótékony hatásait teafogyasztás formájában juttassuk el a fogyasztókhoz.

2. Célkitűzés

A dolgozatom célja az élelmiszeriparban melléktermékként keletkező arónia törköly új-
rahasznosítási lehetőségeinek vizsgálata a termékfejlesztés során. Különböző szárítási techno-
lógiák alkalmazásával teaalapanyagot készítek arónia törkölyből, majd azt különböző arányban
gyümölcstea-keverékekkel kombinálva vizsgálom. Az arónia bogyó, mint magas biológiai ér-
tékkü növény, jelentős antioxidáns és polifenol tartalommal rendelkezik, így a törkölyben is ren-
geteg értékes komponens visszamarad. Célom, hogy ezen tápanyagokat tea oldat formájában
hasznosíthassuk. A kutatás során három szárítási módszert alkalmazok: fagyasztva szárítást,
mikrohullámú vákuumszárítást és atmoszférikus szárítást, melyek különböző mértékben befo-
lyásolják a termékek tápanyagtartalmát és érzékszervi tulajdonságait.

A dolgozatban az arónia törköly és a gyümölcstea keverékek színének, pH-jának, ned-
vességtartalmának, antioxidáns-, antocianin- és polifenol tartalmának, vízkivételének mérésé-
re kerül sor, hogy átfogó képet kapjak a különböző szárítási eljárások hatásairól. Az egyes
szárítási módszerek hatékonyságát a biológiai aktivitás és az érzékszervi jellemzők figyelem-
bevételével vizsgálom, hogy meghatározzam, melyik eljárás biztosítja a legjobb minőségű tea
alapanyagot.

A kísérletek során a legmegfelelőbb tea keveréket választom ki, amelyet stevia levéllel
édesítek, különböző koncentrációkban, az érzékszervi tulajdonságok – mint az íz, aroma, szín
és általános élvezeti érték – meghatározása érdekében. A kutatásomban fontos szerepet kap a
fogyasztók igényeinek figyelembevétele, mivel a sikeres termékfejlesztés nemcsak a tápanyag-
tartalomra, hanem az élvezeti értékre is épít. Az egészséges, de ízletes és könnyen fogyasztható
termékek iránti kereslet egyre növekvő tendenciát mutat a modern élelmiszeriparban, ahol a
fogyasztók egyre inkább tudatosan választanak olyan termékeket, amelyek nemcsak táplálók,
hanem élvezetesek is.

A piacon való sikeres megjelenéshez elengedhetetlen, hogy a termékek ne csak biológi-
ailag értékesek legyenek, hanem kellemes érzékszervi élményt is nyújtsanak. Az egészséges életmódra
való fókuszálás, a fenntartható és innovatív termékek fejlesztése, mint például az arónia alapú
teák, egyre inkább az iparági trendek részévé válnak. Az ilyen termékek hozzájárulnak nemcsak
a fogyasztók egészségéhez, hanem a fenntartható élelmiszeripari fejlődéshez is, ahol az egész-
séges és élvezetes alternatívák kereslete növekvő fontossággal bír. A kutatásom célja, hogy ezen
a piacon innovatív megoldásokat kínáljon, és hozzájáruljon olyan termékek fejlesztéséhez,
amelyek egyszerre felelnek meg a fogyasztók egészségtudatos igényeinek és élvezeti elvárásai-
nak.

3. Szakirodalmi áttekintés

3.1.Élelmiszeripari melléktermék

Az élelmiszeripari melléktermékek olyan anyagok, amelyek az élelmiszer előállításai folyamatok során keletkeznek, de nem tekinthetők az adott folyamat fő termékeinek. Ezek az anyagok gyakran újrahasznosíthatók vagy más iparágakban felhasználhatók, például takarmányként, biogáz előállítására vagy más élelmiszeripari termékek előállítására (Internet4).

Az élelmiszeripari melléktermékek jogi fogalma és kezelésük szabályozása az Európai Unióban és Magyarországon egyaránt részletesen meghatározott.

Magyarországon a 2015. évi CLXXXV. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről tartalmazza az élelmiszeripari melléktermékek kezelésére vonatkozó szabályokat. Az élelmiszeripari melléktermékek kezelése és újra hasznosítása fontos szerepet játszik a fenntartható gazdálkodásban és a környezetvédelemben, ezért ezek jogi szabályozása különös figyelmet igényel. Az élelmiszeripari melléktermékek megfelelő kezelése és újra hasznosítása jelentős gazdasági és környezeti előnyökkel jár, hiszen csökkenti a hulladék mennyiségét, hozzájárul a fenntartható fejlődéshez, és értékes nyersanyagokat biztosít más iparágak számára (Ratu et al., 2023).

3.2.Törköly

A törköly a gyümölcsök (pl. szőlő, alma, körte stb.) feldolgozása – főként préselése – után visszamaradó, nem folyékony frakció, amely tartalmazhat héjat, magokat, szárazakat és egyéb szilárd részeket. A törköly a gyümölcs értékes komponenseit, például élelmi rostokat, polifenolokat, vitaminokat és egyéb bioaktív anyagokat is tartalmazhat, ezért fontos mellékterméke az élelmiszeriparnak és az állattenyésztésnek, valamint felhasználható komposztként, biogáz alapanyagként vagy további feldolgozás (pl. pálinkafőzés, teafőzés) céljára (Papp, Sipos, 2018).

3.2.1. Arónia törköly

Az aróniát (fekete berkenyét) az élelmiszeriparban gyakran használják gyümölcslevek, lekvárok, szirupok, italok, édességek, valamint táplálékkiegészítők készítésére, főként antioxidáns és vitaminban gazdag összetevőként. A gyártástechnológia során a bogyókat szárítják, préselik vagy más feldolgozási lépéseken esnek át. Az arónia feldolgozásának melléktermékei közé tartozik a préselésből visszamaradt törköly, amelyet takarmányként, komposztként, illetve

további feldolgozásra, például rost- vagy fitokémiai kivonatok kinyerésére használnak (Nagy, 2023).

3.2.2. Almatörköly

Magyarország almatermesztése fontos szegmens az ország agráriumában. Az alma termesztése főként az észak-keleti régiókban koncentrálódik, különösen Szabolcs-Szatmár-Bereg megyében. Az ágazat jellemzői közé tartozik a léalma termesztése is, amely főként feldolgozóipari célokra (például almasűrítmény) szolgál, de piaci versenyképessége világszinten korlátozott a magas alapanyagköltségek és az alacsony világpiaci árak miatt. Az almaipari termékek feldolgozása során különböző melléktermékek, például préselt massa keletkeznek, amelyek további hasznosításra, például takarmányozási célokra használnak (Tóth-Kurmai, 2018).

Az almatörköly, az almalé- és almasűrítmenygyártás során keletkező melléktermék, az élelmiszeripar számára sokoldalú nyersanyag. Főként az almahéjból, magházból, magokból és a gyümölcs sejtfalmaradványaiból áll. Az almatörköly gazdag pektinben, rostokban, vitaminokban, valamint antioxidáns vegyületekben. A felhasználása igen széleskörű: takarmány alapanyagként, diétás élelmiszerek összetevőjeként, vagy akár természetes élelmiszer-színezékként is alkalmazzák. A magas pektintartalmának köszönhetően az élelmiszeripari feldolgozás során gélesítő- és stabilizáló anyagként is hasznosítják (Bhushan et al., 2008).

3.2.3. Szőlőtörköly

A szőlőtermesztés Magyarországon jelentős gazdasági és kulturális szereppel bír, különösen a borászat miatt. Az ország szőlőültetvényeinek összterülete meghaladja a hatvanezer hektárt, a legfontosabb borvidékek például Tokaj, Villány, Eger és Balaton régiói (Barócsi, 2018). A termesztési technológia magában foglalja a talaj-előkészítést, a tápanyagellátást, a szakszerű metszést és növényvédelmet. Az éghajlati viszonyok és talajtípusok befolyásolják a fajtaválasztást, amely alapvetően határozza meg a minőséget és a feldolgozott termékek, mint például a bor karakterét. A szőlő feldolgozása során keletkezik a szőlőtörköly, mely a préselés után visszamaradt héjat, magot és bogyós részeket tartalmazza. A törköly jelentős mennyiségben képződik, becslések szerint évente 120-150 ezer tonna (Szigethy, 2023). E melléktermékek értékes újrahasznosítási lehetőségei közé tartozik az élelmiszeriparban való hasznosítás, rostforrásként, vagy például párlatok készítésére (törkölypálinka). Az antioxidánsokban és polifenolokban gazdag törkölyt kozmetikai és gyógyászati alapanyagként is hasznosítják. Továbbá előfordul állati takarmány-kiegészítőként és komposztként (Horváth, 2023).

Az ipari felhasználás új technológiák alkalmazásával a szőlő értékláncának gazdaságosságát is növeli, csökkentve a környezeti terhelést azáltal, hogy a melléktermékeket teljes értékű nyersanyagként hasznosítják újabb termékek létrehozásához (Barócsi, 2018).

Összességében elmondható, hogy a törköly, mint élelmiszeripari melléktermék gazdag értékes komponensekben, viszonylag nagy mennyiségű képződik a gyümölcsgyártás során és felhasználása széleskörű, nagy potenciált hordoz magával.

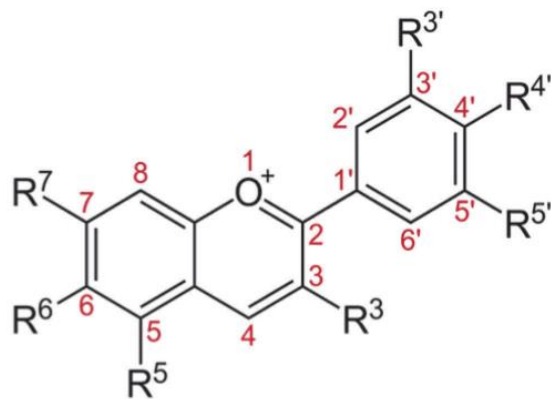
3.3. A polifenolok bemutatása

Az antioxidánsok közé tartoznak a polifenolok vegyületcsoport. Ezen vegyületcsoportok például a flavonoidok, fenolsavak és tanninok, amelyek a szív- és érrendszeri egészség, valamint a sejtvédelem szempontjából kulcsfontosságúak. A polifenolok biológiai hasznosulása változó, mivel felszívódásuk és hatékonyságuk nagyban függ azok kémiai szerkezetétől és a bél mikrobiom összetételétől. A szervezetbe kerülve a polifenolok antioxidáns tulajdonságukkal semlegesítik a szabadgyököket, csökkentve ezzel az oxidatív stresszt és a gyulladást. Hozzájárulnak a szív- és érrendszer egészségéhez, valamint egyes krónikus betegségek, mint például a cukorbetegség és a rák kockázatának mérsékléséhez (Rusznay, 1941).

3.4. Az antocianinokról

Az antocianinok a növényi eredetű pigmentek csoportjába tartoznak, melyek színüket a kék, lila és piros árnyalatoknak köszönhetik. Az élelmiszeriparban természetes színezőanyagokként is használják őket elsősorban flavonoid vegyületek, amelyek antioxidánsként működnek, és védelmet nyújthatnak az oxidatív stressz ellen. Számos tanulmány bizonyítja, hogy a rendszeres antocianin fogyasztás előnyös lehet az érrendszerre, segítheti a gyulladások csökkentését, valamint támogatja az egészséges öregedést. Az antocianinokban gazdag források közé tartoznak a bogyós gyümölcsök, például az áfonya és a fekete ribizli (Szabó, 2022; Khoo, 2017).

1. ábra: Az antocianin alapvető szerkezete (forrás: Hock et al., 2017)



3.5. Arónia/Feketeberkenye

Az arónia, más néven fekete berkenye, egy cserje, amely a rózsafélék családjába tartozik. Eredetileg Észak-Amerikából származik, de ma már Európában és Ázsiában is termesztik, főként kiváló antioxidáns tulajdonságai miatt. A cserje jellemzően 1-3 méter magasra nő, levelei sötétzöldek, tojásdad alakúak, ősszel vörösre vagy narancssárgára változnak. A növény tavasszal májusban és júniusban virágzik, fehér vagy rózsaszín virágokat hoz. Termését tekintve kicsi sötétkék vagy fekete bogyókat terem, melyek ősszel érnek. A friss bogyói fanyar ízűek, ebből adódóan többnyire feldolgozva gyümölcslé, dzsem vagy táplálékkiegészítő formájában fogyasztják. A különböző talaj típusokhoz kiválóan alkalmazkodik, de a jó vízelvezetés fontos a megfelelő termőképesség eléréséhez. Napfény igényét tekintve a teljes napfényt kedveli, azonban részleges árnyékot is elvisel. A hidegtűrő képessége magas és ellenálló a betegségekkel szemben is (Orlóczi, 2024, Internet2, Internet3).

2. ábra: Feketeberkenye (forrás: Orlóczi, 2024)



3.5.1. Feketeberkenye jótékony hatásai

Az arónia bogyók gazdagok antioxidánsokban, különösen antociánokban, melyek hozzájárulhatnak a szív- és érrendszeri betegségek megelőzéséhez, az immunrendszer erősítéséhez és a gyulladások csökkentéséhez. Az arónia bogyók magas antioxidáns-, vitamin- és ásványi-anyag-tartalmukról híresek. Jelentős mennyiségben tartalmaz C-, A- és B-vitaminokat. A C-vitamin erős antioxidáns hatással bír és támogatja az immunrendszer működését. Az A-vitamin szintén immunerősítő hatású, valamint fontos a látás egészségének a megőrzésében. A B-vitaminok segítik az energia anyagcserét és támogatják az idegrendszer megfelelő működését. Az ásványi anyagok tekintetében a feketeberkenyénél fontos és nagymennyiségben jelen lévő a kálium, magnézium és a kalcium. A kálium segíti a vérnyomás szabályozását és az izmok megfelelő működését. A magnézium segíti az energiaanyagcserét és részt vesz az izmok, valamint az idegrendszer működtetésében. A kalcium a csontok és a fogak egészségéért felelős. Antioxidánsok közül fontos megemlítenünk az antociáninokat és a polifenolokat. Ezek a vegyületek antioxidáns hatásúak, így védelmet nyújtanak a szabadgyökök káros hatásaival szemben. Az arónia bogyó tartalmaz még rostokat, ami hozzájárul az emésztőrendszer egészségéhez és a vércukorszint szabályozásához (Milutinovic et al., 2024; Tardy, 2020, Internet7).

A szabadgyökök, olyan instabil molekulák, amelyek egy vagy több szabad elektronnal rendelkeznek, és rendkívül reaktívak. Ezek a molekulák a szervezet különböző folyamatainak melléktermékeként keletkeznek, például a normál anyagcsere során, de külső forrásokból, mint a környezetszennyezés, a dohányzás vagy a sugárzás is származhatnak. A szabadgyökök károsíthatják a sejteket, fehérjéket és DNS-t, ami hosszú távon hozzájárulhat számos betegség, például rák, szívbetegségek és neurodegeneratív állapotok kialakulásához (Dóczi et.al. 2011). Az antioxidánsok olyan anyagok, amelyek képesek semlegesíteni a szabadgyököket, ezáltal védve a sejteket a káros hatásoktól. Az antioxidánsok természetes formában megtalálhatók különböző élelmiszerekben, például gyümölcsökben, zöldségekben és teljes kiőrlésű termékekben. (Hege-dűs és Stefanovitsné, 2012).

Több kutatás és orvosi tanulmány is igazolja, hogy ez a magas beltartalmi érték, számos jótékony hatást eredményez. Gátolja a gyulladáskeltő anyagok felszabadulását, így gyulladáscsökkentőként és antivirális szerként is alkalmazható. Az immunerősítő hatást a fentebb leírt antioxidáns hatásnak köszönheti. Hozzájárul a BMI és a testzsír csökkentéséhez, csökkenti az összkoleszterint és az LDL-koleszterint, illetve emeli a HDL-koleszterint. Nem melléleg véralvadás gátló és tumorelles hatása is van. Összeségében ez a növény egy kifejezetten sokoldalú pozitív hatással rendelkező gyümölcs (Internet1, Internet7). Az arónia hatékony

antioxidáns hatását több in vitro és in vivo tanulmány is alátámasztja. Az arónia alapú termékek, mint például gyümölcslé, kivonatok és porok csökkenthetik a plazma lipidperoxidációját, növelhetik az antioxidáns enzimek aktivitását, és gátolják a gyulladást okozó anyagok felszabadulását. A bogyókban található bioaktív összetevők, mint az antocianinok, képesek a vércukorszint szabályozásában segíteni, így hozzájárulhatnak a cukorbetegség megelőzéséhez és kezeléséhez azáltal, hogy gátolják az α -glükoszidáz enzimet, amely csökkenti a cukrok felszívódását. Az arónia gyümölcs jótékony hatással van a kardiovaszkuláris egészségre is: csökkenti a vérnyomást, javítja a lipidprofilot és gátolja az LDL-koleszterin oxidációját (Jurikova, és társai, 2017).

1. táblázat: Különböző gyümölcskeverékek antioxidáns kapacitása (Kulling, Rawel, 2008)

Különböző gyümölcskeverékek antioxidáns kapacitása	Antioxidáns kapacitás TEAC ($\mu\text{mol/ml}$) *
Fekete berkenye gyümölcslé	65-70
gránátalmalé	18-41,6
fekete áfonya gyümölcslé	15,0
meggylé	13,6
narancslé	4,2
almalé	3,6

***TEAC-érték:** Növények fontos egészségmegőrző mutatója, mely azt jelzi, hogy az adott növényi anyag milyen aktív szerepet képes játszani az ártalmas oxidatív anyagok megkötésében.

A különböző gyümölcslevek antioxidáns kapacitása (TEAC érték) jelentősen eltér a 1. táblázat alapján, melyek közül a fekete berkenye (aronia) gyümölcslé kimagaslóan a legmagasabb értékkel büszkélkedhet. A fekete berkenye gyümölcslé antioxidáns kapacitása a vizsgált gyümölcslevek között a legmagasabb, 65–70 $\mu\text{mol/ml}$ közötti TEAC értéket mutatva. Ez a kiemelkedő érték azt jelzi, hogy a fekete berkenye leve a leginkább hatékony a szabad gyökök semlegesítésében a többi említett gyümölcslehez viszonyítva (Kulling és Rawel, 2008).

A többi gyümölcslé antioxidáns kapacitása a fekete berkenyéhez képest alacsonyabb. Bár a gránátalma is elismert magas antioxidáns tartalmáról, a fekete berkenye leve még ezt is felülmúlja. A fekete áfonya gyümölcslé TEAC értéke 15,0 $\mu\text{mol/ml}$. Az áfonya szintén ismert antioxidáns forrás, azonban a fekete berkenye lé antioxidáns potenciálja több mint négyszerese. A meggylé (fekete cseresznye lé) antioxidáns kapacitása 13,6 $\mu\text{mol/ml}$, ami szintén

alacsonyabb a fekete berkenye levéhez képest. A narancslé TEAC értéke 4,2 $\mu\text{mol/ml}$, míg az almalé antioxidáns kapacitása 3,6 $\mu\text{mol/ml}$. Ezek az értékek azt mutatják, hogy a narancs- és almalé antioxidáns hatása jelentősen elmarad a fekete berkenye levétől (Kulling és Rawel, 2008).

Összefoglalva, a fekete berkenye gyümölcslé rendkívül magas antioxidáns kapacitással rendelkezik a többi felsorolt gyümölcsléhez viszonyítva, ami nagy valószínűséggel a benne nagy mennyiségben található fenolos vegyületeknek, különösen az antocianinoknak köszönhető (Kulling és Rawel, 2008).

2. táblázat: Különböző gyümölcsök szabadgyök elnyelő képessége (Kulling, Rawel, 2008)

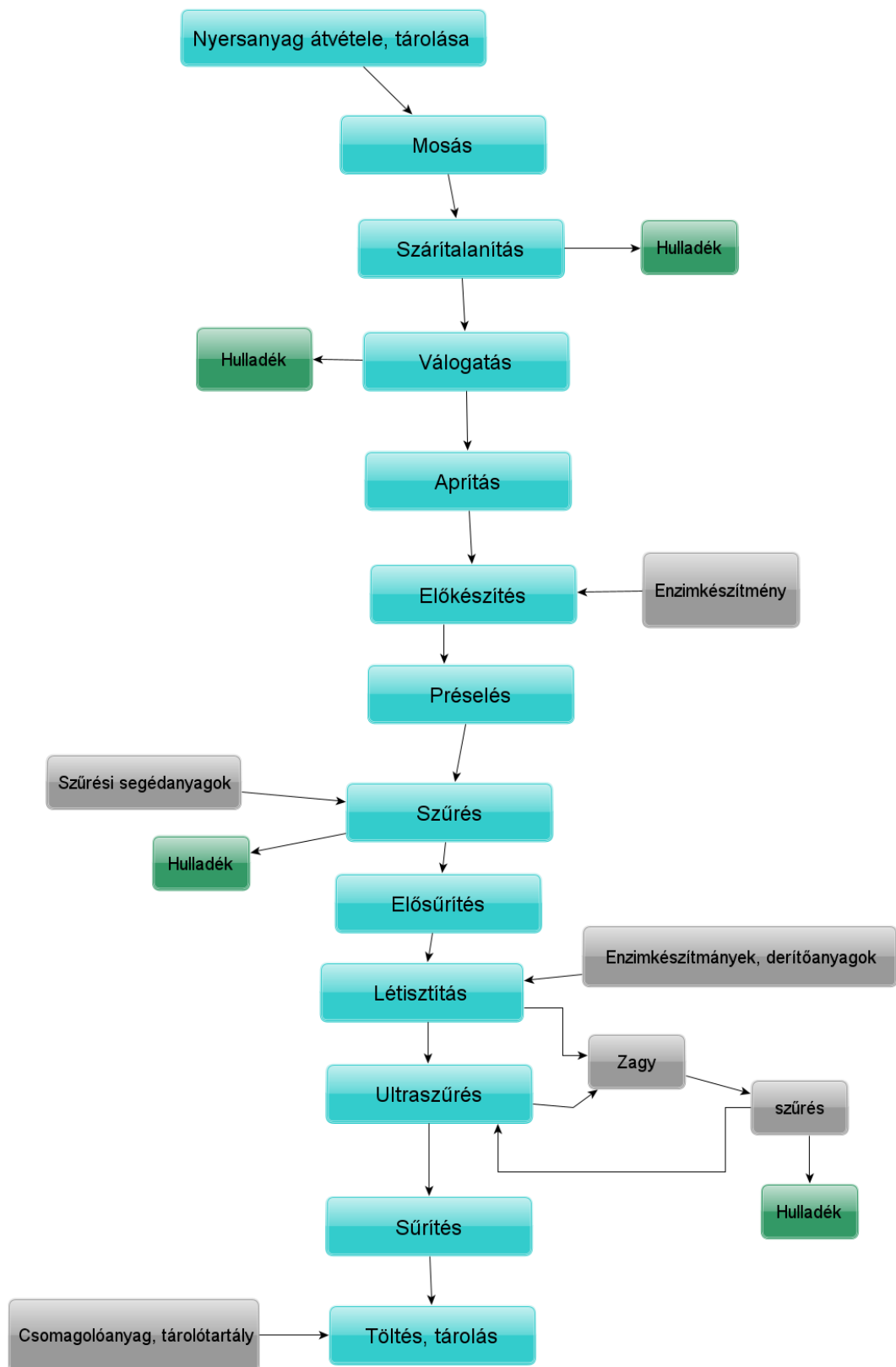
Különböző gyümölcsök szabadgyök elnyelő képessége	Szabadgyök elnyelő képesség ORAC ** ($\mu\text{mol TE/g}$)
Fekete berkenye	160,2
Bodza	145-158,2
Áfonya	64,4-87,8
Szeder	15,9-55,7
Fekete ribizli	56,7
Szamóca	20,6
Vörös szőlő	7,4

****ORAC-érték:** Az antioxidánsok hatékonyságának mérésére és jellemzésére szolgáló módszer az élelmiszeriparban, mely az élelmiszer szabad gyök fogó/elnyelő képességét jelöli.

A 2. táblázatban látható, hogy a fekete berkenye gyümölcs (arónia) önmagában is kiemelkedően magas szabadgyök elnyelő képességgel rendelkezik. A fekete berkenye gyümölcs ORAC értéke 160,2 $\mu\text{mol TE/g}$, ami azt jelzi, hogy nagyon hatékonyan képes semlegesíteni a káros szabad gyököket. Ez az érték sokkal magasabb, mint a többi vizsgált gyümölcsé, például a bodza (145-158,2 $\mu\text{mol TE/g}$) vagy az áfonya (64,4-87,8 $\mu\text{mol TE/g}$) estében (Kulling és Rawel, 2008).

3.6. Gyümölcsűrítmény gyártás technológiája

3. ábra: A gyümölcsűrítmény gyártástechnológiájának lépései (saját szerk., Berta, 2007 nyomán)



A gyümölcs-sűrítmény egy, olyan natúr félkész termék, mely mag-, héj- és szövetrészek-től mentes sűrített gyümölcs-lé. Préseléssel elkülönítik a gyümölcs nem ehető részeit, valamint a héjat a szövetektől, ezután a tárolás hűtőtérben vagy aszeptikus rendszerben történik. Az így készült gyümölcs-sűrítményt önmagában nem fogyasztják, azonban nagy szerepe van a gyümölcskészítmények hazai és nemzetközi kereskedelmében, mivel ez az alapja a gyümölcstárolóknak és a gyümölcsleveknek. Ezekon kívül még számos élelmiszer-alapanyagként szolgál, mint például: gyümölcs-porok, gyümölcscselék, szörpök, bébiitalok, valamint a tejiparban, a sütőiparban és az édesiparban is fontos szerepet játszik, mint termék alkotóelem (Berta, 2007).

Gyümölcstartalmuk jellegének megfelelően két csoportra oszthatók, a fényesre szűrt gyümölcs-sűrítmények, tisztán átlátszóak és a kolloidális részecskéktől opálos Cloudy. A legfontosabb sűrítvány-alapanyagok a citrus félék, az ananász és a szőlő a hazai gyümölcsök közül az alma és a bogyósok, ezekhez a gyümölcs-sűrítványekhez nem, keverhető cukor vagy élelmiszer-adalékanyag (Berta, 2007).

A gyümölcs-sűrítvány előállítása egy komplex folyamat, amely több egymásra épülő lépésből áll. Elsőként a nyersanyagot alaposan elő kell készíteni. Ez magában foglalja a gyümölcsök válogatását, a szennyeződések és idegen anyagok eltávolítását, valamint a mosási folyamatot. Szükség esetén a gyümölcsöket aprítják vagy darabolják, hogy azok alkalmasak legyenek a további feldolgozásra (Berta, 2007).

Az előkészítési folyamat után következik a gyümölcsök feldolgozása, amely során különféle előkezeléseket végeznek. A gyümölcscsontok fellazítása érdekében gyakran alkalmaznak enzimkezelést, amely jelentősen javítja a préselhetőséget, és növeli a kinyert lé hozamát. Bizonyos gyümölcscsontok esetében hőkezelésre is szükség lehet, amely segít a nemkívánatos enzimek deaktiválásában és a mikrobiológiai biztonság fokozásában (Berta, 2007).

A következő lépés a préselés, amely során a feldolgozott gyümölcscsontból kinyerik a levét. Ehhez különböző típusú préseket használnak, például csigás vagy sávos préseket, amelyek lehetővé teszik a hatékony és egyenletes leválasztást. Az így nyert gyümölcslévet ezt követően tisztítási és szűrési folyamatoknak vetik alá. A tisztítás során eltávolítják a lebegő részecskéket és szilárd anyagokat, míg a szűrés vagy centrifugálás segítségével a lé homogénebbé válik. Gyakran alkalmaznak modern ultraszűrési technológiákat is, amelyek tovább javítják a termék tisztaságát (Berta, 2007). A préselés után visszamaradó melléktermék a törköly.

3.7.Szárítási technológia

A diploma dolgozatomban három szárítási technológiát használtam az arónia törköly előkészítése során. Ezen technológiák – az atmoszférikus szárítás és a mikrohullámú vákuumszárítás, valamint a fagyasztva szárítás, másnéven a liofilizálás - célja a hőérzékeny anyagok kíméletes és hatékony szárítása. A friss élelmiszerek, mint a zöldségek, gyümölcsök és vízi eredetű termékek magas vízakivitással rendelkeznek, hőre érzékenyek, és könnyen lebomlanak. A vízelvonás (szárítás) az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer az eltarthatóságuk javítására. Azonban az élelmiszerek szárításához használt módszereknek nemcsak hatékonynak és gazdaságosnak kell lenniük, hanem kiváló minőségű terméket is kell eredményezniük az íz, tápanyagtartalom, szín, újra hidratálhatóság, egyenletesség, megjelenés és állag szempontjából (Radojcin et al., 2021).

A szárítás hatékony tartósítási módszer, amely csökkenti az élelmiszerek nedvességtartalmát, ezáltal gátolja a mikroorganizmusok szaporodását és az élelmiszer romlását. Az olyan fejlett technológiák, mint a mikrohullámú vákuumszárítás (MVD) hatékonyabb vízelvonást biztosítanak, miközben megőrzik az élelmiszerek tápértékét. A megfelelő előkezelések, például az antioxidánsok vagy kémiai tartósítószer alkalmazása tovább növelheti a szárított termékek eltarthatóságát és mikrobiológiai biztonságát (Alp és Bulantekin, 2021).

3.7.1. Atmoszférikus szárítás

Az atmoszférikus szárítás leggyakrabban alkalmazott módszere a forró levegős szárítás, amely a dehidratálás/szárítás területén továbbra is a legelterjedtebb módszer gazdasági előnyei miatt. Az atmoszférikus szárítás hatékony és egyszerű módszer, azonban a termékekben fokozatos fizikai, mechanikai, kémiai és táplálkozási változásokat okozhat (Radojcin et al., 2021). A forró levegős szárítás destruktív hatással lehet a gyümölcsök szerkezetére, mivel a szárítás a nedvesség eltávolítása miatt a gyümölcscsövek szerkezeti összeomlását idézheti elő. Azonban optimális szárítási paraméterek kiválasztásával elkerülhetők a túlzott térfogatváltozások (Omolola et al., 2015). Ez a módszer széles körben alkalmazott és kedvelt tartósítási eljárás gyümölcsök és zöldségek számára. Ez a technológia javítja az élelmiszer stabilitását a víz- és mikrobiális aktivitás csökkentésével, valamint minimalizálja a tárolás során bekövetkező fizikai és kémiai változásokat (Youssef, 2015).

3.7.2. Mikrohullámú vákuumszárítás

A mikrohullámú vákuumszárítás egy fejlett technológia, amely ötvözi a mikrohullámok gyors melegítő hatását a vákuumszárítás alacsony hőmérsékleten történő vízfelvonásával. Ez a módszer jelentősen csökkenti a szárítási időt, miközben megőrzi az élelmiszerek tápértékét. Az alacsony nyomás következtében a víz forráspontja csökken, így elkerülhető a hőérzékeny komponensek lebomlása (Alp és Bulantekin, 2021). A vákuum hatására az élelmiszerben lévő levegő és vízgőz kitágul, és porózus, habos szerkezetet hoz létre. Az alacsony hőmérséklet és a gyors tömegáramlás miatt gyors, de alacsony hőmérsékletű szárítás érhető el. Rövidebb szárítási időt és jobb minőségű szárított terméket eredményez a forró levegős és hagyományos mikrohullámú szárítással szemben (Zaki et. al., 2007). A mikrohullámú vákuumszárítás alkalmazása során a szárítási paraméterek pontos szabályozása szükséges a kívánt termékminőség eléréséhez (Internet5). Nowacka és társai által 2019-ben kiadott tudományos cikkben vizsgálták a mikrohullámú vákuumszárítást és annak hatásait, különös tekintettel a vörösfonya szárítására. A vizsgálat azt eredményezte, hogy a mikrohullámú vákuumszárítás rövidebb szárítási időt vesz igénybe a hagyományos forrólevegőshöz képest, gyorsabb párolgás történt, a mikrohullámok belülről kifelé melegítik a terméket, ami gyors vízpárolgást eredményez. A vákuum csökkenti a víz forráspontját, így a szárítás alacsonyabb hőmérsékleten történik, ami megőrzi a hőérzékeny vegyületeket. A vákuum miatt a vízgőz kitágul, így porózus, ropogós textúrájú termék jön létre, a vizsgálat során kiderült, hogy a technológia lehetővé teszi a polifenolok, flavonoidok és antocianinok jobb megtartását. Összességében elmondható, hogy gyorsabb, hatékonyabb és jobb minőségű végterméket eredményezhet, mint a hagyományos vákuumszárítás, bár bizonyos illékony vegyületek elveszhetnek a folyamat során.

3.7.3. Liofilizálás - Fagyasztva szárítás

A liofilizáció, vagy fagyasztva szárítás, az élelmiszeriparban széles körben alkalmazott eljárás, amely különösen a tápanyagok és ízek megőrzésében játszik fontos szerepet. A liofilizálás során az élelmiszert először mély hűtik, majd vákuum alatt a víz közvetlenül szublimálódik a jégből vízgőzzé, anélkül, hogy a termék hőmérséklete jelentősen emelkedne. Ez az eljárás lehetővé teszi, hogy az élelmiszer a víz eltávolítása után megőrizze szerkezetét, tápanyagtartalmát, ízét és színét. A liofilizált termékek más szárítási technikákkal összehasonlítva hosszabb ideig eltarthatók, mivel az alacsony nedvességtartalom jelentősen csökkenti a mikrobiális aktivitást és az oxidációt (Ratti, 2001). A liofilizálás kulcsfontosságú paraméterei közé tartozik a fagyasztási hőmérséklet, a kamra nyomása és a szárítási idő. A liofilizált élelmiszerek, különösen a gyümölcsök, mint például a bogyós gyümölcsök, az elmúlt évtizedben nagy népszerűségre

tettek szert. Azonban a kezelésnek magas az energia költsége, ezért ritkábban alkalmazzák (Radojcin et al., 2021).

3.8. A tea fogyasztásának jellemzői és jelentősége

A tea az egyik legszélesebb körben fogyasztott ital a világon, amelyet számos kultúrában nemcsak élvezeti cikként, hanem egészségmegőrző és terápiás célokra is alkalmaznak. Az ital népszerűségét tápláló tényezők közé tartozik gazdag ízvilága, változatos előállítási módjai, valamint a benne található bioaktív vegyületek, amelyek jótékony hatást gyakorolhatnak az egészségre (Internet6).

A tea, legyen az fekete, zöld vagy gyümölcs alapú, antioxidánsokban gazdag. Ezek az anyagok – például a flavonoidok és polifenolok – segítenek semlegesíteni a szabad gyököket, így hozzájárulhatnak a szív- és érrendszeri betegségek kockázatának csökkentéséhez, a rák-megelőzéshez, valamint az immunrendszer erősítéséhez. Ezen túlmenően egyes teák – mint például a gyümölcs alapúak – magas vitamin- és ásványianyag-tartalommal bírnak, amely tovább fokozza táplálkozási értéküket. A gyümölcsökben található természetes ízek és aromák kellemes élményt nyújtanak, miközben a bennük lévő tápanyagok is hozzájárulnak az egészséges életmód fenntartásához. Ezek az anyagok hozzájárulnak a sejtek oxidatív stressz elleni védelméhez, amely csökkentheti a krónikus betegségek, például a szívbetegségek, cukorbetegség és bizonyos daganatok kockázatát. Az antioxidáns-tartalom és az íz egyensúlya érdekében fontos a megfelelő hőmérsékletű víz és főzési idő alkalmazása. A tea koffeintartalma is előnyös lehet, mivel mérsékelt stimuláló hatással bír, de kevésbé intenzív, mint a kávéé, így ideális választás a koffeinbevitel csökkentésére. Emellett hidratáló hatású, hiszen nem tartalmaz cukrot, zsírt vagy nátriumot, így segíthet a testsúly kontrollálásában is (Jansson, 2021).

A tea nemcsak táplálkozási, hanem kulturális jelentőséggel is bír. Az elmúlt évszázadok során a teázás a társasági élet egyik központi elemeként jelent meg számos társadalomban, elősegítve a közösségi kapcsolatok építését. Napjainkban a fogyasztók egyre inkább keresik a természetes, fenntartható forrásokból származó termékeket, amely trend tovább növeli a törköly és gyümölcsteák piaci értékét. A tea évezredek óta a világ számos kultúrájában központi szerepet tölt be, mint szociális és spirituális gyakorlatok része (Khan, Mukhtar, 2013; Tian et al., 2024). A zöld, fekete és gyümölcsteák különböző ízei és elkészítési módjai lehetőséget kínálnak az egyéni ízlés és helyi hagyományok megőrzésére, miközben előmozdítják az egészséges életmódot. Az arónia törkölyből készülő teák innovatív módon ötvözhetik az egészségmegőrző hatásokat és az alapanyagok fenntartható hasznosítását. A fekete berkenye törkölyből készített

teák különösen ígéretesek, hiszen az arónia, mint szupergyümölcs, ahogy fentebb is említettem kiemelkedően gazdag antioxidánsokban, különösen antociánokban. A törköly, a gyümölcsfeldolgozás melléktermékeként, fenntartható alapanyagnak tekinthető. Az ilyen teák fogyasztása nemcsak az egészségmegőrzésben játszhat szerepet, hanem fenntarthatósági szempontból is támogatja a környezetbarát élelmiszertermelést (Tian et al., 2024; Internet6).

3.9. A forró víz hatása a tea egyes komponenseire

A tea beltartalmára (antioxidánsok, polifenolok, vitaminok és ásványi anyagok) és érzékszervi tulajdonságaira (íz, szín, aroma) a forró víz és az elkészítési mód jelentős hatással van. A forró vízben történő áztatás (extrakció) elősegíti a polifenolok, például flavonoidok és más antioxidáns vegyületek kioldódását. Az optimális hőmérséklet általában 70–90°C között van, attól függően, hogy zöld, fekete vagy más tea típust készítünk. Például a fekete tea 100°C-on nyújtja a legmagasabb antioxidáns aktivitást, míg zöld teánál a hideg víz hosszabb idő alatt hasonlóan hatékony lehet. Matcha zöld teában 90°C mellett a polifenol- és flavonoid-tartalom magas marad (Dong et al., 2011; Jakubczyk et al., 2020).

A C-vitamin hőérzékenysége miatt a magasabb hőmérséklet (pl. 90–100°C) jelentősen csökkentheti annak tartalmát (Jakubczyk et al., 2020). Ugyanakkor más vízoldékony anyagok, mint az aminosavak és ásványi anyagok, hatékonyan oldódnak ki forró vízben, növelve az ital biológiai aktivitását (Wang et al., 2023).

A forró víz hőmérséklete és az áztatási idő közvetlenül befolyásolja az ital színét, ízét és aromáját. A magasabb hőmérséklet intenzívebb ízeket és sötétebb színt eredményez, különösen a fekete teáknál. Azonban a túl hosszú áztatás keserű ízt és a szín oxidációjával járhat, ami nem mindig kívánatos (Dong et al., 2011). A polifenolok oxidációja magas hőmérsékleten felgyorsulhat, ami befolyásolja az antioxidáns aktivitást (Wang et al., 2023).

A forró víz a tea elkészítésének kulcsfontosságú tényezője, amely hatékonyan növeli a bioaktív vegyületek kioldódását, de körültekintően kell megválasztani a hőmérsékletet és az áztatási időt, hogy maximalizáljuk a jótékony hatásokat és az érzékszervi élményt. Az ital pontos hőmérséklete és időtartama a teafajtától függően változik, és fontos kompromisszumot teremteni az antioxidáns kapacitás, vitaminok stabilitása és ízprofil között.

4. Alkalmazott módszerek

4.1. Felhasznált anyagok

A teakeverékek elkészítéséhez használtam Benefitt erdei gyümölcs ízesítésű szálas tea-keveréket (6. ábra), valamint az Nero fajtájú arónia törkölyt (4. ábra), amelyet négy különböző szárítási technológiával szárítottam. Az érzékszervi bírálat során szárított stevia levelet (5. ábra) használtam az édesítéshez.

4. ábra: Kezeletlen arónia törköly (saját kép)



5. ábra: Szárított stevia levél (saját kép)



6. ábra: Benefitt erdei gyümölcs ízesítésű tea (saját kép)



Az erdei gyümölcs ízesítésű teakeverék összetevői az alábbiak: alma, hibiszkuszvirág (30%), csipkebogyó hús, bodzabogyó, kökénytermés, fekete áfonya bogyó (0,5%), aroma.

7. ábra: Atmoszférikusan szárított arónia törköly (saját kép)



8. ábra: mikrohullámú vákuumszárítással kezelt törköly (saját kép)



9. ábra: Liofilizált törköly (saját kép)



4.2. Minták előkészítése

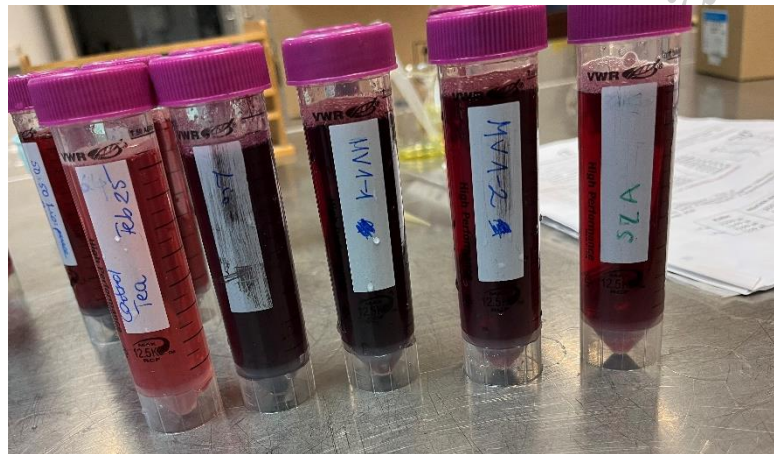
A vizsgálatokat különböző módon, kb. 3-5% nedvességtartalomig szárított arónia törkölyből végeztem. A szárítási módok az alábbiak voltak: liofilizálás (9. ábra) (Leybold-Heraeus GT2, 100 mbar), mikrohullámú vákuumszárítás kétféle technológiai beállítással (8. ábra) (mindkét esetben maga a kezelési idő 30 perc volt, első módszernél egyperces mikrohullámú kezelési szakaszokat egyperces pihentetési szakaszok követtek 60 perc, míg a második esetben ugyanilyen hosszúságú, egyperces kezeléseket kétperces pihentetési szakaszok követtek 90 perc), valamint atmoszférikus szárítás (7. ábra) (szárítószekrény 70°C-on 6,5 óra).

Készítettem 100%-os oldatokat is az egyes alapanyagokból (10. ábra) (tea, atmoszférikusan szárított arónia törköly, mikrohullámú vákuumszárított arónia törköly és liofilizált arónia törköly). Mindegyik oldathoz 3,5g, azaz egy teáskanál szálas teát/szárított törkölyt tettem, ezután leforráztam a mintákat 100°C-ra felforrósított 200 ml vízzel, majd 5 perc áztatás után szűrőpapíron leszűrtem. A 3,5 g mennyiséget egy teáskanál lemérésével határoztam meg, hogy a bemért mennyiség állandó legyen, mivel a Benefitt szálas tea felhasználásának utasítása egy teáskanál teakeverék használatát javasolta, valamint a leírás 5 perces áztatási időt írt elő.

3. táblázat: Jelölések magyarázata (saját szerk.)

megnevezés	jelölés
Benefitt erdei gyümölcsös szálás tea	TEA
mikrohullámú vákuumszárítás 1 perc mikrohullámú sugárzással és 1 perces pihentetéssel	MV 1-1
mikrohullámú vákuumszárítás 1 perc mikrohullámú sugárzással és 2 perces pihentetéssel	MV 1-2
Liofilizált termék	LIO
Atmoszférikus vákuumszárítás	SZ

10. ábra: 100%-os oldatok (saját kép)



Készítettem továbbá 50-50%-os tea és szárított törköly, valamint 60-40%-os arányú keverékeket is. A 100%-os arónia törköly oldatok íze és illat tekintetében nem volt megfelelő, így egy 50-50% törköly-tea arányú keverék készítésével kezdtem a folyamatot, mivel a felét legálább ki szerettem volna váltani a teának törkölyvel, majd ezt emeltem 60-40%-ra, ami véleményem szerint még az elfogadható érzékszervi kategóriába tartozott. Azonban a 70-30%-os oldat már, olyan nagy mértékben veszített a pozitív érzékszervi tulajdonságaiból, hogy megítélésem szerint a fogyasztók számára már nem tartozott volna a kellemes kategóriába, így maradtam az 50-50%-os és a 60-40%-os törköly-tea keverékeknél és ezekkel az arányokkal dolgoztam a mérések során.

A minták előkészítése folyamán a pH stabilizálása érdekében felmerült a citromsav alkalmazásának lehetősége. Azonban használata érdemi változást nem eredményezett a vizes oldatok pH-értékben.

4.3. Vizsgálati módszerek

4.3.1. Nedvesség tartalom meghatározás

A mérés Radwag MAC 50 típusú gyors nedvesség-meghatározó készülékkel történt. A gyors nedvességmérő 120°C-on, tömegállandóságig szárítja a mintákat, az eredményt százalékos formában jelzi ki.

4.3.2. Színmérés

A színmérést Konica Minolta Chroma Meter 400-as színmérő készülékkel végeztem, mely segített abban, hogy a teák közötti szemmel látható színkülönbségeket műszeresen is megvizsgáljam. (L^* = világossági tényező, a^* = vörös-zöld hányados, b^* = sárga-kék hányados) Az L^* , a^* , b^* értékei a műszeren leolvashatóak. A CIELab rendszer szerint a visszavert fény mennyiségéhez egy 3D színtérben rendel egy pontot, melyhez egy L^* , a^* és egy b^* koordináta határoz meg. Az L^* világossági tényező értéke a függőleges tengelyen jelenik meg és megmutatja, hogy hány százalékát veri vissza a termék felületét megvilágító fénynek. Az L^* értéke 0 és 100 között mozog. A vízszintes tengelyen az a^* és b^* mérőlegések egymásra. Az a^* pozitív értéke a vörös, míg a negatív értéke a zöld szín jelenlétét jelzi. A b^* -nál a pozitív érték sárga, negatív értéke pedig kék színezetre utal. Mindegyik minta esetében három párhuzamos mérést végeztem, majd az eredményekből kiszámoltam a színinger különbségeket az alábbi képlet segítségével. (Lukács, 1982)

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^* + \Delta a^* + \Delta b^*}$$

4. táblázat: ΔE értékei és azok szemmel láthatóságának mértéke (Lukács, 1982)

ΔE	Érzékelt különbség
0-0,5	Nem észrevehető
0,5-1,5	Alig észrevehető
1,5-3,0	Észrevehető
3,0-6,0	Jól látható
6,0-12,0	Nagy

A színinger különbségeket az egyes csoportok közötti összehasonlításra használtam, arra voltam kíváncsi, hogy a különböző módon szárított arónia törköly, hogyan

befolyásolja a színbeli különbséget, valamint, hogy a 100%-os oldatokhoz képest hogyan változik a szín.

4.3.3. Vízáktivitás meghatározás

A vízáktivitás (a_v) meghatározása kulcsfontosságú az élelmiszerek eltarthatósága és mikrobiológiai stabilitása szempontjából, mivel a romlást okozó mikroorganizmusok és kémiai reakciók nagyban függenek a rendelkezésre álló vízmennyiségtől. A mérés egy speciális vízáktivitás-mérő készülékkel történik, amely az élelmiszer minta feletti egyensúlyi relatív páratartalmat méri. A mintát egy zárt mérőkamrába helyezik, ahol a vízgőznyomás kiegyenlítődik a környező levegővel. A beépített szenzor érzékeli ezt a páratartalmat, és az adatokat egy algoritmus segítségével a_v értéké alakítja, amely 0 és 1 között változik. Az eredmény segít meghatározni, hogy az adott élelmiszer mennyire hajlamos mikrobiológiai romlásra.

4.3.4. pH meghatározás

A pH értéket digitális pH-mérő segítségével határoztam meg. Mérés előtt a készüléket kalibráltam, a minták között desztillált vízzel átöblítettem. Minden mintánál három párhuzamos mérést végeztem.

4.3.5. Összes polifenol tartalom (TPC) meghatározás

Az összes polifenol tartalom (TPC) meghatározást Hitachi U-2900 spektrofotométerrel végeztem. Az összes polifenol meghatározás Folin-Ciocalteu reagenssel történt. 1250 μ l Folin Ciocalteu reagens, 225 μ l metanol és desztillált víz keveréke, 25 μ l minta, 1000 μ l Na_2CO_3 elegyét kémcsőben 5 percre 50 °C-os vízfürdőbe tettem. A reakció során keletkező kék színű vegyület mennyisége fotometriásan meghatározható $\lambda=760$ nm-en (Singleton és Rossi, 1965). Az eredményeket mg galluszsav egyenérték (GSE)/200 ml mértékegységben adtam meg. A számoláshoz használt kalibrációs egyenes egyenlete: $y = 0,1348x - 0,0754$

Az összes polifenol mennyiség, (mg GSE/200ml)

$$TPC = \frac{A - b}{\text{tg } \alpha} * \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}}$$

- A: abszorbancia
- b: kalibrációs egyenes tengelymetszete (-0,0754)
- tg α : kalibrációs egyenes meredeksége (0,1348)
- $V_{\text{összes}}$: összes bemért térfogat (2500 μ l)

- V_{minta} : minta bemért térfogata (25 μl)

4.3.6. Összes antocianin tartalom meghatározás

A monomer antocián komponensek színe reverzibilisen változik a pH érték függvényében. A színes oxónium forma pH 1,0-nél, míg a színtelen hemiketál forma pH 4,5-nél jelenik meg. A vizsgálat elvégzéséhez pH 1-es és pH 4,5-ös puffert készítettem: az előbbi kalciumklorid, az utóbbit nátrium-acetát felhasználásával, desztillált vízzel hígítva, a pH-t pedig sósavval állítottam be.

Minden mintából négy hígítást készítettem a megfelelő pufferek segítségével, majd húsz percig sötétben állni hagytam. Ezután az abszorbancia méréseket 520 és 700 nm hullámhosszon végeztem el. A minta 300 μl , a puffer pedig 3000 μl volt a mérések során.

Összes antocianin koncentráció számolása (cianidin-3-glükózid egyenérték CGE), mg CGE/200 ml):

$$\frac{A * MW * DF * 10^3}{\epsilon * l}$$

- A: (A520 nm – A700 nm) pH 1 – (A520 nm – A700 nm) pH 4,5
- MW: cyanidin – 3 – glükózid molekulatömege = 449,2 g/mol
- DF: hígítási faktor (10)
- ϵ : molekuláris extinkciós koefficiens = 26900 L*mol⁻¹*cm⁻¹
- l: úthossz (1 cm)

4.3.7. Antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározás

A minták antioxidáns kapacitását Hitachi U-2900 spektrofotométerrel határoztam meg. A FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) értéket 593 nm hullámhosszon mértem (Benzie és Strain, 1996). Minden mintából két párhuzamos mérést végeztem, és az eredményeket mg aszkorbinsav egyenértékben (ASE)/200 ml fejeztem ki. A mérésekhez 1540 μl FRAP reagenst és 10 μl mintát használtam. A számításokhoz alkalmazott kalibrációs egyenes egyenlete: $y = 0,2091x + 0,0008$.

Az összes antioxidáns mennyiség, (mg ASE /200 ml):

$$\frac{A - b}{\text{tg } \alpha} * \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}}$$

- A: abszorbancia
- b: kalibrációs egyenes tengelymetszete (0,0008)
- tg α : kalibrációs egyenes meredeksége (0,2091)
- $V_{\text{összes}}$: összes bemért térfogat (1550 μl)
- V_{minta} : minta bemért térfogata (10 μl)

4.3.8. Antioxidáns kapacitás (TEAC) meghatározás

A Trolox ekvivalens antioxidáns kapacitást (TEAC) a Müller és munkatársai (2010) által leírt TEAC teszt alapján határoztam meg, némi módosítással. Röviden, az ABTS gyököt úgy állítottam elő, hogy 125 μl 7 mM ABTS oldatot összekevertem 39,2 μl 125 mM kálium-per-szulfáttal ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Ezt az oldatot sötétben, egy éjszakán át hagytam állni, majd foszfát pufferrel (pH 7,4) hígítottam addig, amíg az abszorbancia 734 nm-en el nem érte a 700 (± 2) értéket. Az előkészített ABTS munkastandard oldatból (1950 μl) 40 μl mintához (10 μl minta + 30 μl foszfát puffer) adtam, majd 5 percig rázattam, mielőtt az abszorbanciát megmértem. A vakmintaként foszfát puffert (pH 7,4) használtam. Trolox oldatot (1 mM) használták a regressziós kalibrációs görbe létrehozásához. Az eredményeket mg Trolox ekvivalens / 200 ml (mg TE /200 ml) egységben adtam meg. A számításokhoz alkalmazott kalibrációs egyenes egyenlete: $y = 0,0303x + 0,5956$.

4.3.9. Antioxidáns kapacitás (DPPH) meghatározás

A DPPH meghatározása a stabil DPPH gyök megkötésének módszere alapján történt Blois (1958) szerint. Röviden, a mintákat (20 μl) desztillált vízzel és DPPH oldattal kevertem össze, majd sötétben 30 percig hagytam reagálni, mielőtt az abszorbancia mérésére sor került. A minták abszorbanciáját desztillált vízzel szemben, mint vakmintával, 517 nm-en mértem. Az abszorbanciát 517 nm-en határoztam meg. Az eredményeket mg/200 ml egységben adtam meg. A számításokhoz alkalmazott kalibrációs egyenes egyenlete: $y = -0,1125x + 0,9896$.

4.3.10. Steviával édesített tea bírálata laikus bírálókkal

Az arónia törkölyből készült teakeverékek közül azt a kettő féle változatot választottam ki, amelyek a leginnovatív eljárásos szárítási technológiával készültek, valamint átlagosan a legjobb beltartalmi jellemzőkkel bírtak. Az így kiválasztott teakeverékeket szárított stevia levéllel édesítettem két különböző mértékben annak érdekében, hogy megvizsgáljuk az édesítés hatását az érzékszervi tulajdonságokra, valamint azért, mivel már egy fogyasztásra kész terméket szerettem volna előállítani, amit elkészítés után már nem kell édesíteni, így a fogyasztók megítélése alapján meg tudtam határozni, mi az a stevia levél mennyiség, ami megfelelő a teához. Már a mintáim elkészítése során éreztem, hogy az arónia törkölynek erős jellegzetes illata és fanyar íze van, amit nem feltétlen tudok majd elnyomni szálás teával keverve sem.

Végül a választott mintáim a liofilizálással (LIO) készült arónia törköly, valamint a rövidebb idejű mikrohullámú vákuumszárítással készült törköly (MV 1-1) voltak.

A 60-40%-os változataikat használtam a bírálat során, mivel a nagyobb arányú arónia törköly jelenléte magasabb biológiai értékkel is jár. A mintákat általam meghatározottan két féle mennyiségben hozzáadtam stevia levéllel édesítettem. Az édesebb mintákba 0,5 g stevia levelet tettem, a kevésbé édesebbe 0,25 g-t 200 ml esetén. Első próbálkozás során 1 g stevia levéllel édesítettem a teákat, azonban ez túl nagy mennyiségnek bizonyult, mellékízt okozott, valamint elnyomta a többi alapanyag karakteres ízét is. Tehát a LIO és MV 1-1 60-40%-os mintákat 7,14%-ban, valamint 14,29%-ban édesítettem stevia levéllel, így a bírálók elé négy minta került kettő szárítási technológiából és kétféle mennyiségben édesítve.

A tea érzékszervi vizsgálata során a fogyasztói megítélés és élvezeti érték felmérése volt a cél. A tesztet egy 10 fős laikus bírálócsoporthal végeztük, amelynek tagjai saját érzékelésük és tapasztalataik alapján értékelték a mintákat. Az érzékszervi vizsgálat standardizált körülmények között zajlott, biztosítva a megfelelő vizsgálati feltételeket.

A bírálat során három fő érzékszervi tulajdonságot vizsgáltam:

Íz – a tea aromájának intenzitása, az édesítés mértékének megfelelő kiegyensúlyozottsága,

Illat – az ital illóanyagainak érzékelése, az arónia és a stevia harmonikus vagy zavaró jegyeinek megállapítása,

Szín – a tea vizuális megjelenése, árnyalatának mélysége és tisztasága,

Összbenyomás – az összes érzékszervi tulajdonság együttes megítélése, amely meghatározza a fogyasztók általános elfogadottságát.

A minták értékelése egy 100 pontos skála segítségével történt, ahol minden bíráló előre meghatározott pontrendszer alapján pontozta az egyes tulajdonságokat. Az értékelés során minden mintát háromjegyű véletlenszerű kóddal láttam el, így biztosítottam, hogy a bírálók ne legyenek befolyásolva a kóstolás során.

A vizsgálati helyszínen rendelkezésre álltak a szükséges mintaanyagok, eszközök és megfelelő környezet, amely megfelelt az egészségügyi és higiéniai előírásoknak. A bírálók számára biztosítottunk megfelelő megvilágítást és semleges környezetet annak érdekében, hogy az érzékszervi értékelés megbízható eredményeket adjon.

Az eredmények segítenek meghatározni, hogy a különböző édesítési szintek hogyan befolyásolják az arónia törkölyből készült tea elfogadottságát és fogyasztói megítélését, valamint arra is választ kapunk, hogy a két különböző módon szárított arónia törköly alapanyagok közül, mely nyújtja a kedvezőbb érzékszervi tulajdonságot.

5. táblázat: Érzékszervi bírálat pontozás (saját szerk.)

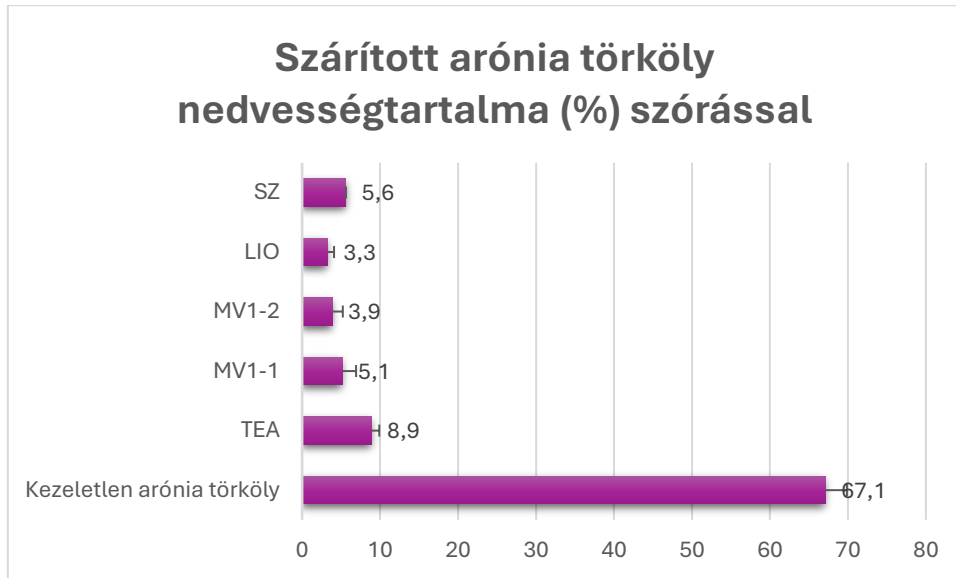
Bírálati szempontok	Adható pontszám
Szín	0-20 pont
Illat	0-20 pont
Íz	0-40 pont
Összbenyomás	0-20 pont

A bírálat során kapott eredményeket átlagoltam, majd százalékos értékei alapján pókháló diagramon ábrázoltam őket.

5. Eredmények és értékelésük

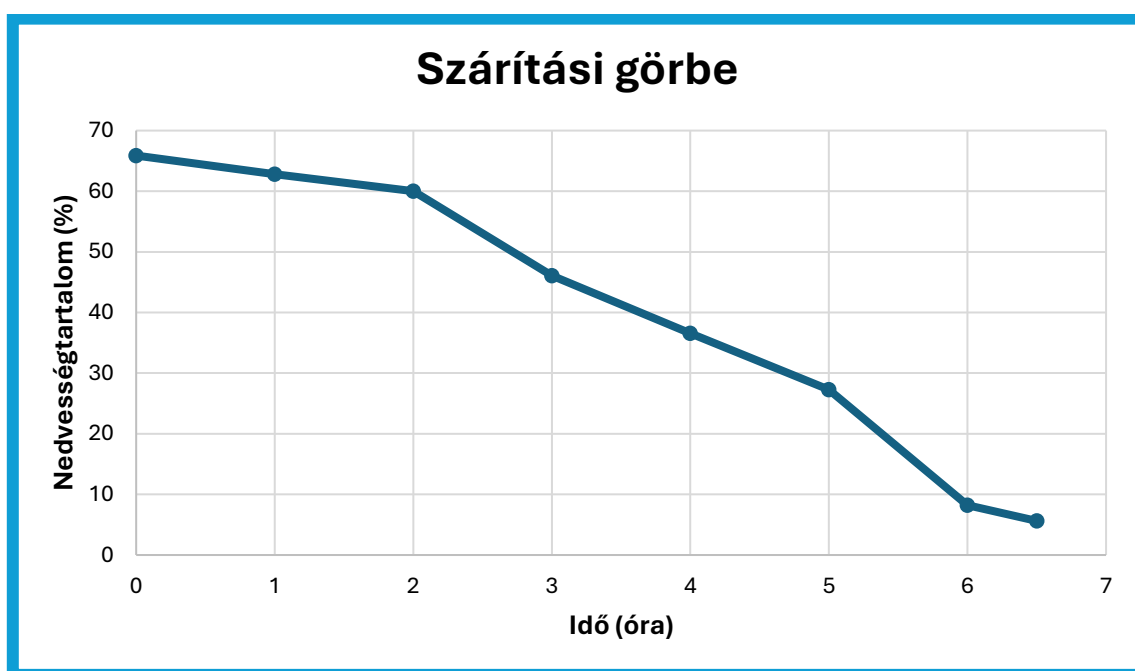
5.1. Nedvesség tartalom eredményei

11. ábra: A szárított arónia törköly nedvességtartalma (%) szórással (forrás: saját munka)



A kiinduló arónia törköly nedvességtartalma 67,1% volt szárítatlan formában. A vásárolt tea nedvességtartalma 8,9 % volt, az általam szárított törkölyök nedvességtartalma ennél az értéknél alacsonyabbak voltak minden esetben. Az atmoszférikusan szárított gyümölcs törköly kissé magasabb eredményt mutatott 5,6%, azonban ez is jóval kevesebb mint a teáé. A legalacsonyabb nedvességtartalmat a liofilizációs technológia során kaptam 3,3%, tehát ez a technológia volt a leghatékonyabb a vízelvonás terén. A mikrohullámú vákuum szárítással kezelt termékeknél egyértelműen látszik, hogy a hosszabb idejű kezelés során hatékonyabb vízelvonás érhető el, valószínűsíthetően a pihentetési időben a termék több vizet tudott elpárologtatni, így a hosszabb idejű mikrohullámú vákuumszárított terméknek 3,9% volt a nedvességtartalma.

12. ábra: Szárítási görbe (forrás: saját munka)



Az 12. ábra az atmoszférikus szárítás során mért szárítási görbét ábrázolja. Az ábrán jól látható, hogy magas nedvességtartalomról indult a kezeltlen törköly, majd hat és fél óra szárítás után érte el az 5,6 %-os nedvességtartalmat, a törköly a nedvességtartalmának 91,7%-át tudta elpárologtatni az atmoszférikus szárítás során.

5.2. Színmérés

6. táblázat: Színíngér különbség az 50-50%-os és a 60-40%-os minták között azonos szárítási technológia esetén (saját szerk.)

ΔE	LIO 50-50	SZ 50-50	MV 1-1 50-50	MV 1-2 50-50
LIO 60-40	1,67 (érezhető)			
SZ 60-40		1,27 (alig észrevehető)		
MV 1-1 60-40			0,73 (alig észrevehető)	
MV 1-2 60-40				1,67 (érezhető)

A 6. táblázatban látható értékelési szempontok alapján az atmoszférikus szárított (SZ) törkölyel készült oldatok és a rövidebb pihentetési idejű mikrohullámú vákuumszárított (MV 1-1) törkölyel készült 50-50% és 60-40%-os minták között alig észrevehető volt a különbség.

A liofilizált (LIO) oldatok és a mikrohullámú vákuum szárított (MV 1-2) 50% és 60%-os oldatai között, már észlelhető különbség volt.

7. táblázat: Színínger különbség a 100%-os mintákhoz viszonyítva (saját szerk.)

	MV 1-1 100%	MV 1-2 100%	LIO 100%	SZ 100%
50-50%	3,31 (jól látható)	2,75 (észrevehető)	1,15 (alig észrevehető)	2,32 (észrevehető)
60-40%	3,23 (jól látható)	3,22 (jól látható)	1,77 (észrevehető)	1,95 (észrevehető)

A 7. táblázatban látható a 100%-os oldatok és a teával kevert oldatok színínger különbsége a különböző szárítási módok mellett. A rövidebb pihentetési idejű mikrohullámú vákuumszárított (MV 1-1) minták estében jól látható különbség volt a 100%-os oldat és a kevert oldatok között. A hosszabb idejű vákuumszárított (MV 1-2) aróniával készült 100%-os oldat és 50-50%-os oldat között észrevehető volt a különbség, még a magasabb százalékban törkölyt tartalmazó 60-40%-os tea oldat estén, már jól észrevehető volt a színbeli különbség. A liofilizált arónia törkölyvel készült oldatok estében a 100%-os oldathoz képest az 50%-os törkölyt tartalmazó minta színe az egyetlen, ami alig észrevehető különbséget mutatott, azonban a 60%-os oldatnak a színe a 100%-os oldathoz képest már észrevehető eltérést produkált. Az atmoszférikus szárítással (SZ) készült mintáknál a színínger különbség alakulása az alábbi volt: mindkét oldat estében a 100%-os teához képest észrevehető volt a színekülönbség.

8. táblázat: Színínger különbség az 50-50%-os minták között különböző szárítási technológia esetén (saját szerk.)

ΔE	LIO 50-50	SZ 50-50	MV 1-1 50-50
SZ 50-50	1,72 (észrevehető)		
MV 1-1 50-50	1,68 (észrevehető)	0,63 (alig észrevehető)	
MV 1-2 50-50	1,44 (alig észrevehető)	1,23 (alig észrevehető)	1,17 (alig észrevehető)

A 8. táblázatban összehasonlítottam az 50-50%-os törköly-tea oldatok színíngereit. A minták többsége egymással alig észrevehető különbséget mutatott, kivétel ez alól a liofilizált és az atmoszférikusan szárított minták, valamint a liofilizált és a rövidebb pihentetési idejű mikrohullámú vákuumszárított minták közti különbség, ami már észrevehető értéket mutatott.

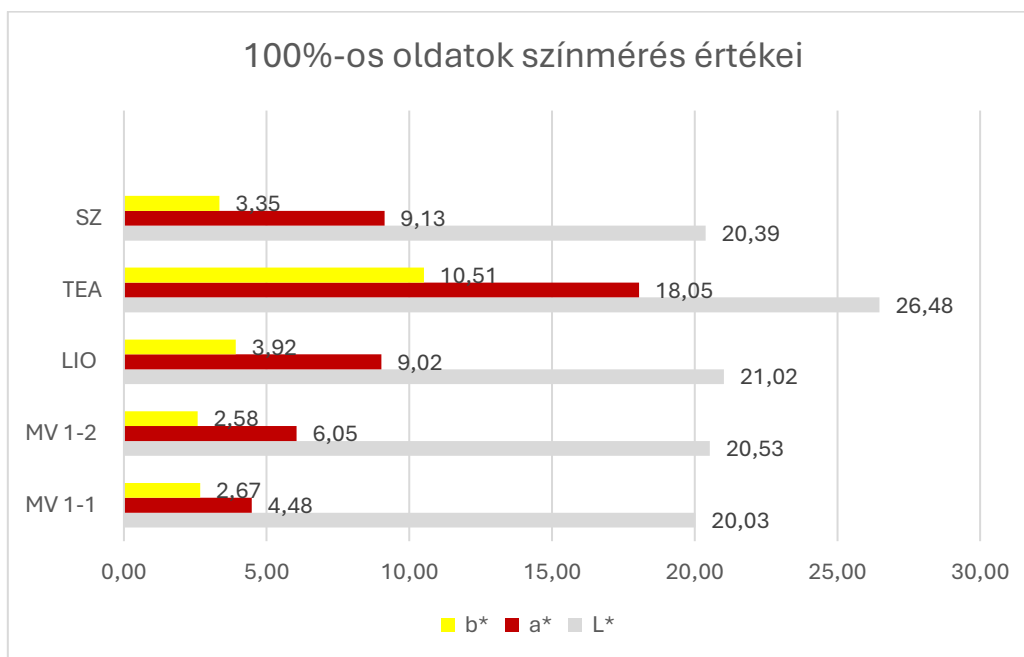
9. táblázat: Színínger különbség az 60-40%-os minták között különböző szárítási technológia esetén
(saját szerk.)

ΔE	LIO 60-40	SZ 60-40	MV 1-1 60-40
SZ 60-40	1,35 (alig észrevehető)		
MV 1-1 60-40	1,56 (észrevehető)	0,97 (alig észrevehető)	
MV 1-2 60-40	1,63 (észrevehető)	1,70 (észrevehető)	1,39 (alig észrevehető)

A 60-40%-os törköly-tea oldatok színínger különbség eredményei a 9. táblázatban láthatóak. A táblázatban ismételten az alig észrevehető értékek dominálnak, csak úgy mint a 8. táblázatban. A 60-40%-os liofilizált és atmoszférikus minták között a különbség az 50-50%-os mintákhoz képest már csak alig észrevehető. A liofilizált és hosszabb idejű vákuumszárított minták estében már észrevehető a különbség, valamint a 8. táblázattól különbözik még, hogy az atmoszférikus szárítás és a hosszabb idejű mikrohullámú vákuumszárított oldatok esetében a különbség alig észrevehető lett.

A színminták eredményeit nagyban befolyásolhatta az, hogy a tea esetében a bogyós gyümölcsök közül mely szárított gyümölcscarabok kerültek bele az oldatba, mivel a feketeáfonya vagy a kökénytermés sötétebb színt eredményezhet, ha túlnyomó többségben az került bele az extrakcióba. Továbbá az alma, valamint a hibiszkuszvirág jelenléte világosabb színt produkálhat.

13. ábra: 100%-os tea oldatok színmérési eredményei (forrás: saját munka)



A 13. ábra mutatja, hogy a legsötétebb vörös színanyagokkal a mikrohullámú vákuumszárítással kezelt minták rendelkeztek. A legvilágosabb színe szemrevételezéssel és a kapott L* értékek alapján is a sima benefitt gyümölcs teának volt. A későbbiek során a mikrohullámú vákuumszárítás színre gyakorolt kéméletes hatásának az eredményét az összes antocianin meghatározás során is láthatjuk majd a 17. ábra által.

5.3. Vízáktívítás meghatározás

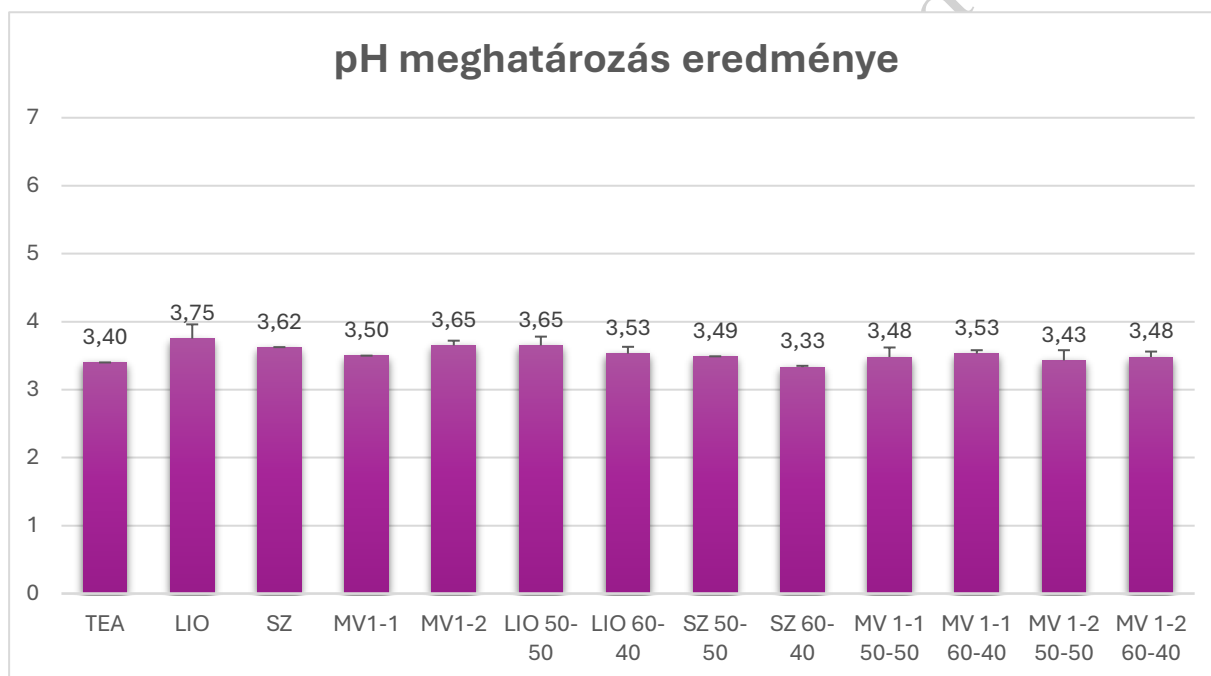
14. ábra: Vízáktívítás meghatározás értékek szórással (forrás: saját munka)



A 14. ábra szemlélteti a tea oldatok alapanyainak a vízáktivitás értékeit. A mérések alapján látható, hogy a legalacsonyabb értéket a liofilizált termékek esetében kaptam (0,187), tehát az ezzel a módszerrel szárított alapanyagok a legjobbak mikrobiológiai stabilitás szempontjából. Egyértelműen látható az eredményekből, hogy a legmagasabb értéket a benefitt teakeverék (TEA) estében kaptam, ami 0,515 volt. Tehát az összes minta közül ennek a mintának volt a legrosszabb a mikrobiológiai stabilitása. A két féle mikrohullámú vákuum szárítós módszer közül az MV 1-1 értéke magasabb lett (0,471), mint a hosszabb pihentetési idővel kezelt MV 1-2, melynek az értéke 0,373 volt, ami a második legalacsonyabb érték a minták közül.

5.4. pH meghatározás

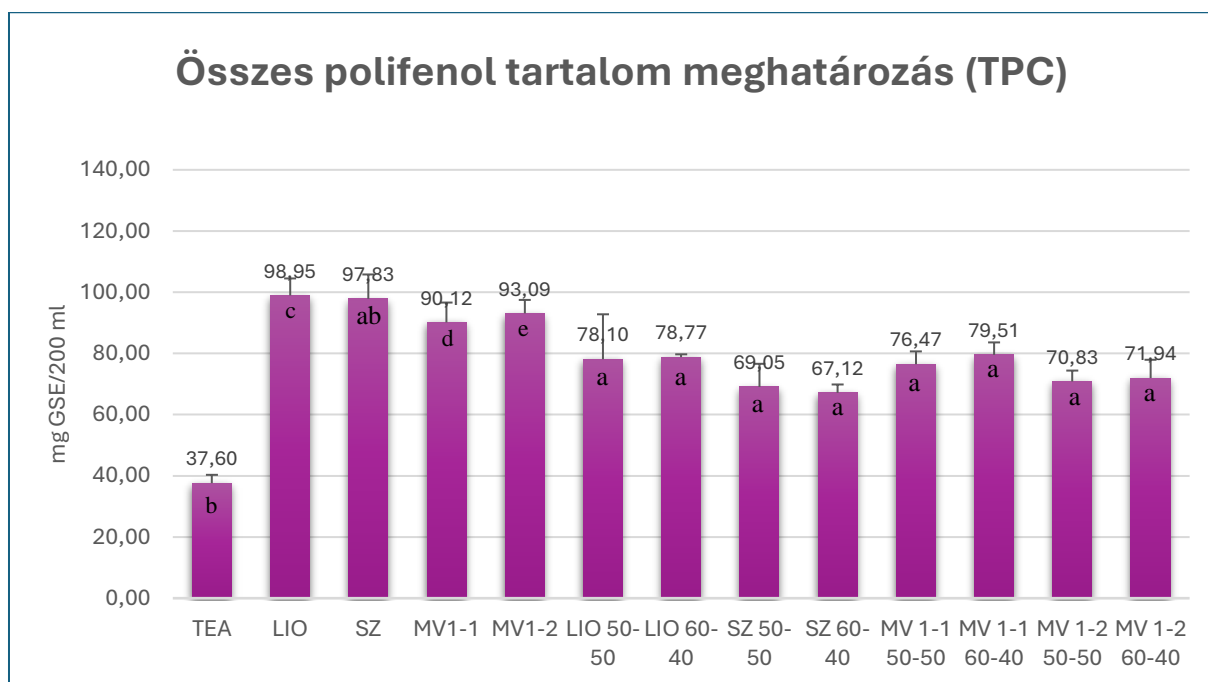
15. ábra: pH meghatározás eredményei szórással (forrás: saját munka)



A 15. ábra mutatja az egyes tea minták esetében mért pH értékek. A minták közel azonos pH értékeket mutattak. A 100%-os teaoldatnak már önmagában is elég alacsony volt a pH-ja, így nem meglepő, hogy a törkölyel kevert oldatok kissé savasabb eredményt mutattak, mint a 100%-os törköly teák.

5.5. Összes polifenol tartalom (TPC) meghatározás

16. ábra: Összes polifenol tartalom meghatározás (TPC) (forrás: saját munka)



A betűk szignifikáns különbségeket jeleznek (95%-os megbízhatósági szint mellett) az egyes oldatok esetében a különböző arányok között.

A 16. ábra szemlélteti, hogy a legmagasabb értékeket a 100%-os oldatok esetében a liofilizált (LIO) és az atmoszférikus szárított (SZ) minták esetében mértem, ezek a minták szignifikánsan ($P < 0.05$) különböznek. Tehát a szárítási kezelés során ezen technológiák ronscolták a legkevésbé a polifenolokat. A vásárolt szálas tea polifenol tartalom értéke önmagában alacsony volt, így az általam készített oldatok polifenol tartalom értéke is csökkent a 100%-os oldatokhoz képest. Legnagyobb mértékben a szárítás során készített minták polifenol tartalma csökkent a tea oldat hozzáadásával. A kevert tea főzetek eredményei között nincs szignifikáns különbség.

A napi polifenolok beviteli mennyiségre konkrét ajánlás nincsen, mivel ezek nem tartoznak a klasszikus tápanyagok közé, mint például a vitaminok vagy ásványi anyagok. Azonban Kapolou és munkatársai által 2021-ben a *Applied Sciences* folyóiratban megjelent cikk epidemiológiai tanulmányok alapján 900 mg/nap átlagos bevitt ajánl. Tehát az MV 1-1 60-40%-os tea oldat esetében egy 200 ml-es csésze tea a napi polifenol bevitel közel 10%-át fedezi.

Kidon és társai által 2023-ban kiadott tanulmány alapján az arónia törköly felhasználása különböző teafőzetek esetében szintén jelentős polifenol tartalomról számolt be. A kutatásban a

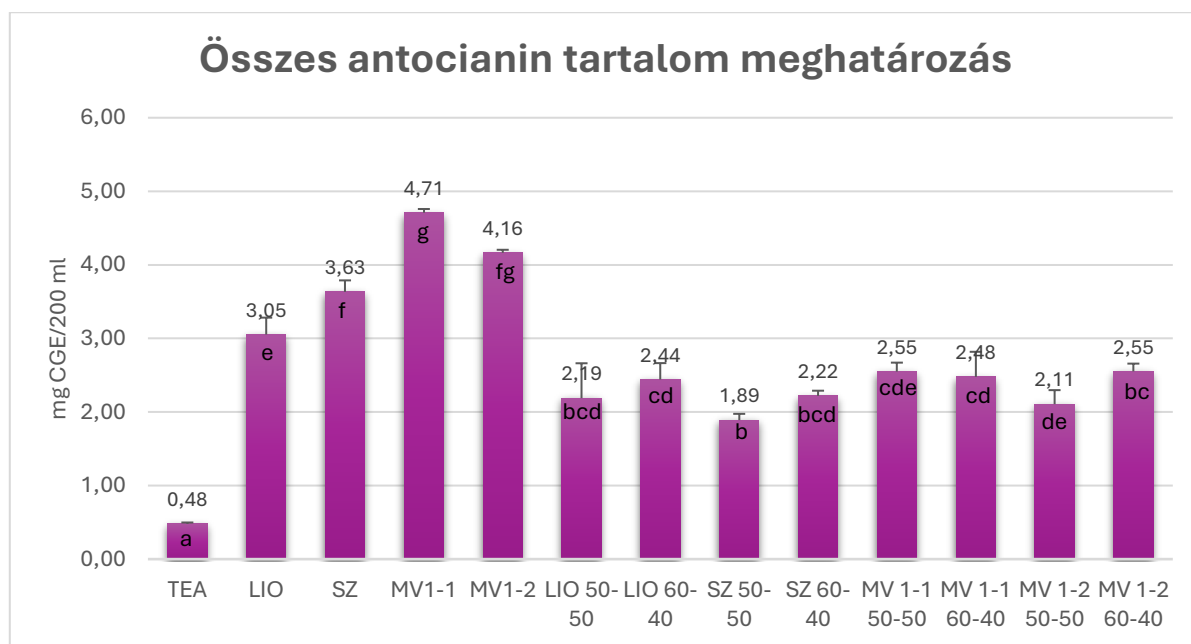
100%-ban zöld tea levélből készült oldatok polifenol tartalma jelenős volt 23 mg GSE/100 ml. Azonban a hibiszkusz virágból készült főzetek jóval kevesebb polifenol tartalmat mutattak 2,3-3,6 mg GSE/100 ml. Kodama és munkatársai (2010) egy korábbi kutatásban a zöld tea levélből készült oldatok fenolos vegyület tartalmát 57–84 mg katechin ekvivalens/100 ml értékben határozták meg.

Látható, hogy esetemben a mért értékek a benefitt teakeveréknél 37,60 mg GSE/200 ml, ami 100 ml-re vonatkoztatva 18,80 mg GSE. Ami jóval alacsonyabb, mint a 23 mg GSE/100 ml és alacsonyabb a Kodama és munkatársai által mértnél is. Azonban a hibiszkuszvirág főzet 2,3-3,6 mg GSE/100 ml-es értékénél jelentősen magasabb. Fontos megemlítenem, hogy a Kodama és társai által készített kutatásban 1,5 g szárított zöldtea levelet használtak, Kidon és társai csupán 0,5 grammot és a zöldteák estében, így is jóval magasabb értékeket tudtak kimutatni.

Összességében elmondható, hogy a benefitt teakeveréssel kevert oldatoknál, valószínűsíthetően, ha zöld tealevelet használtam volna, magasabb polifenol eredmények lettek volna mérhetőek a keverékekben. Azonban az ízt biztosan kedvezőtlenebb irányba vitte volna el. Továbbá Kidon és munkatársai (2023) megállapították, hogy a főzési körülmények, a szárítási módszer, valamint a pH is befolyásolhatta a kioldódást.

5.6. Összes antocianin tartalom meghatározás

17. ábra: Összes antocianin tartalom meghatározás (forrás: saját munka)



A betűk szignifikáns különbségeket jeleznek (95%-os megbízhatósági szint mellett) az egyes oldatok esetében a különböző arányok között.

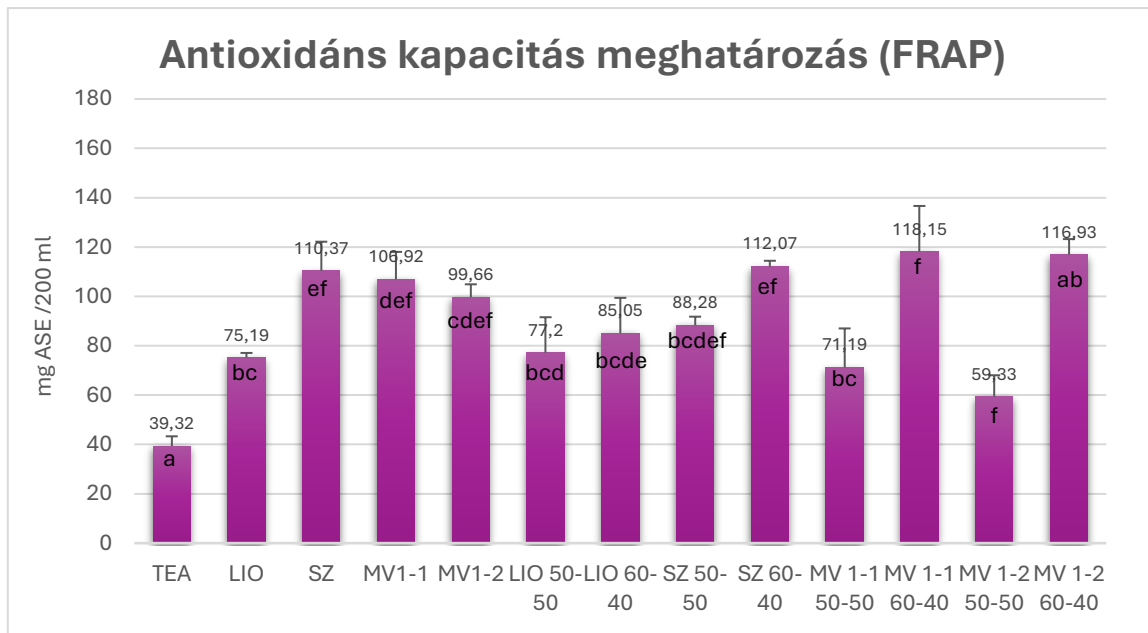
Az arónia törköly oldatoknál már szemrevételezés során a színükön is látható volt a magas színanyagok jelenléte, a sima tea oldat színe jóval halványabb volt, mint a szárított arónia törkölyből készült oldatoké. A benefitt tea oldat antocianin tartalma messze elmaradt a többi 100%-os oldatétól és így a keverékeknel is szignifikánsan ($P < 0.05$) alacsonyabb eredményeket kaptam. Látható a diagramból, hogy a színanyagokat egyértelműen a mikrohullámú vákuumszárítás károsítja a legkevésbé, és a rövidebb pihentetési idejű kezelés hatékonyabbnak bizonyult a színanyagok megtartásának tekintetében. Ezt a jelenséget a színmérés során is tapasztaltam, a mikrohullámú vákuumszárítással kezelt törkölyből készült oldatok színe sötétebb volt, mint a többi mintáé. A diagrammon látható, hogy a TEA, LIO, SZ és MV 1-1 minták közötti különbség szignifikáns ($P < 0,05$), azonban az MV 1-2 minta nem mutatott szignifikáns ($P > 0,05$) eredményt az MV 1-1-hez és az SZ-hez képest.

Kidon és munkatársai (2023) által megállapítottan a magasabb pH-érték (amely a zöld tea infúziókra jellemző) kevésbé kedvez a vörös flavilium formájú antocianinoknak, míg alacsonyabb pH-értéken (hibiszkusz infúziók) ez a forma dominál. Ez befolyásolhatja az antocianinok stabilitását és kimutathatóságát. Esetemben a pH közel azonos volt, így ez nem

befolyásolta a mérési eredményeket, azonban elképzelhető, hogy savasabb pH értékkel rendelkező szálás tea használatával magasabb antocianin kioldódás érhető el.

5.7. Antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározás

18. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározás (FRAP) (forrás: saját munka)

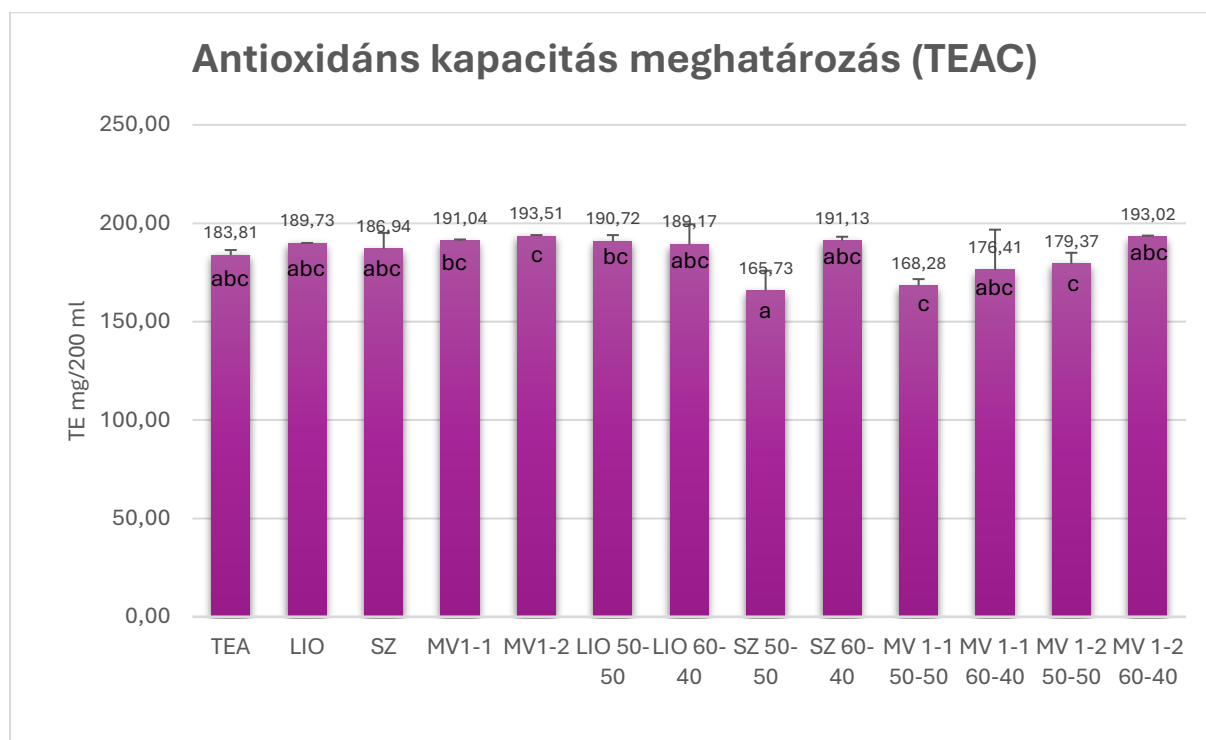


A betűk szignifikáns különbségeket jeleznek (95%-os megbízhatósági szint mellett) az egyes oldatok esetében a különböző arányok között.

A 18. ábra szemlélteti, hogy az antioxidáns kapacitás értékei nagyon eltérnek az egyes keverékek estében. Ahogy a későbbi 20. ábra is mutatja a tea antioxidáns kapacitása szignifikáns eltérést ($P < 0,05$) mutat a 100%-os arónia törköly teákhoz képest. Értelemszerűen a kevert oldatok antioxidáns kapacitása is alacsonyabb volt, mint a 100%-os törkölyből készült teáké. Minden minta estében a 60% arónia törkölyt tartalmazó érték magasabb volt, mint az 50-50%-os tea oldat értéke. A diagrammon kiugróan magas értékeket kaptam a mikrohullámú vákuumszáritással készült törkölyök felhasználásakor, mind a két esetben (MV 1-1 és MV 1-2) közel duplájára (118,15 mg ASE/200 ml és 116,93 mg ASE/200 ml) emelkedett az érték 60-40%-os törköly-tea arányú keverékek estén, mindkét esetben szignifikáns különbség ($P < 0,05$) látható az 50% és a 60% törkölyt tartalmazó oldatok között.

5.8. Antioxidáns kapacitás (TEAC) meghatározás

19. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározás (TEAC) (forrás: saját munka)



A betűk szignifikáns különbségeket jeleznek (95%-os megbízhatósági szint mellett) az egyes oldatok esetében a különböző arányok között.

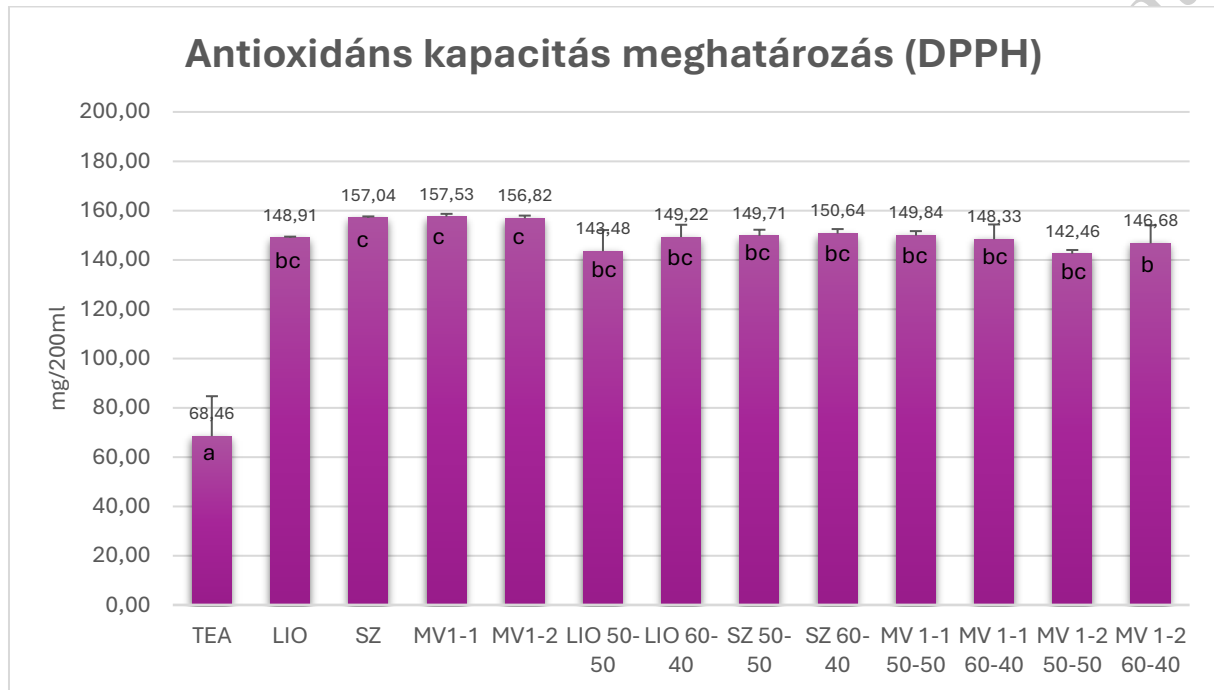
A szabadgyök elnyelő képesség tekintetében Kulling és Rawell 2008-as tanulmányában 160,2 $\mu\text{mol TE/g}$ mennyiséget határozott meg a fekete berkenye gyümölcs mérése során. A 19. ábra szemlélteti, hogy magában az arónia törkölyben még szárítás után is magas antioxidáns kapacitás mutatható ki. A mérési eredményekből látható, hogy a teának is közel olyan magas antioxidáns kapacitása van, mint magának az arónia törkölynek a különböző szárítási műveletek során. A 18. ábra és a 20. ábra által bemutatott antioxidáns kapacitás mérésekkel ellentétben, mivel azoknál a méréseknél a tea eredményei jóval elmaradtak a többi 100%-os minta eredményeitől. Ebben az esetben azonban egyik mérési eredmény sem mondható kimagaslónak a többi közül a 100%-os oldatokat vizsgálva, valamint szignifikáns különbség sem figyelhető meg az oldatok között, csak úgy, mint a 60-40%-os törköly-tea arányú minták esetében.

Az egyes szárítási technológiák különböző arányú keverékei között nem tátható szignifikáns különbség. A legmagasabb, de nem kiugró értéket a hosszabb ideig pihentetett mikrohullámú vákuumszárítással (MV 1-2) kezelt 100%-os oldatnál mértem (193,51 TE mg/200 ml). A liofilizált minták esetében a 50-50%-os és a 60-40%-os oldatok között nem volt számottevő

különbség az antioxidáns kapacitás tekintetében. Az atmoszférikus szárítással kezelt mintáknál látható, hogy a 60-40%-os oldatok esetében növekedett az értéke 165,73 TE mg/200 ml-ről 191,13 TE mg/200 ml-re. Kisebb mértékű növekedés volt látható a rövidebb idejű mikrohullámú vákuumszárított (MV 1-1) termékek estében a két kevert oldat között.

5.9. Antioxidáns kapacitás (DPPH) meghatározás

20. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározás (DPPH) (forrás: saját munka)



A betűk szignifikáns különbségeket jeleznek (95%-os megbízhatósági szint mellett) az egyes oldatok esetében a különböző arányok között.

A 20. ábra mutatja, hogy az antioxidáns kapacitás mérési eredmények tekintetében a 100%-os gyümölcs tea oldat eredménye jócskán elmarad a többi minta estében mértétől, a tea oldat (TEA) és a többi 100%-os arónia törköly főzet között szignifikáns különbség ($P < 0,05$) látható. A többi kizárólag törkölyt tartalmazó oldat között nem határozható meg szignifikáns különbség. A teával kevert oldatok esetében nem csökkent jelentősen az antioxidáns kapacitás értéke a tea alacsony értéke miatt. Minimálisan kisebb értéket mértem a liofilizált (LIO) 50-50%-os oldat estében, valamint a hosszabb idejű mikrohullámú vákuumszárítással (MV 1-2) kezelt 50-50%-os minta estében.

10. táblázat: FRAP, TEAC és DPPH korreláció (saját szerk., forrás: Guilford, 1950)

Korreláció		
FRAP és TEAC	0,27	gyenge
TEAC és DPPH	0,07	nagyon gyenge
FRAP és DPPH	0,69	közepes

A FRAP és DPPH közötti korreláció erősebb, mint a TEAC és a másik két változó közötti kapcsolatok, ami azt jelzi, hogy a FRAP és DPPH mérések jobban összhangban vannak egymással. A TEAC eredmények viszont gyengébben korrelálnak mind a FRAP, mind a DPPH értékekkel. Mindhárom mérési módszer más mérési elven alapszik, így a mért eredmények eltérőek lehetnek. A FRAP a vasredukáló képességet méri, a TEAC gyök megkötő képességét, míg a DPPH a gyökkel szembeni redukáló képességet vizsgálja. (Prior et al., 2005)

Katalinic és társai (2004) azt a megállapítást tették borok antioxidáns hatékonyságának meghatározásánál, hogy a DPPH és a FRAP bizonyos mértékben hasonló antioxidáns tulajdonságokat mérnek. A mérési eredményeiben is látható ez a hasonlóság, mivel a DPPH és a FRAP antioxidáns kapacitás mérése során született a leghasonlóbb eredmény a három mérési módszer közül.

5.10. Steviával édesített tea bírálata laikus bírálókkal

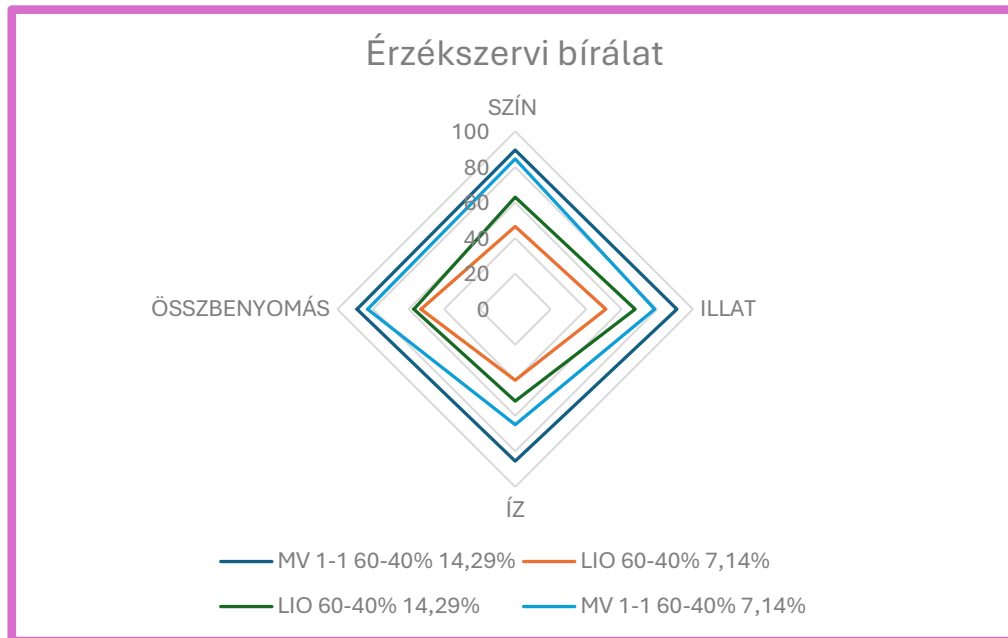
A 11. táblázatban láthatóak az érzékszervi bírálat során felhasznált minták és jelölésük, valamint stevia levél tartalmuk %-ban megadva.

11. táblázat: Érzékszervi bírálati minták (saját szerk.)

Szám	Szárítási technológia	Stevia levél mennyisége %-ban
249	LIO	14,29%
768	LIO	7,14%
371	MV 1-1	14,29%
926	MV 1-1	7,14%

Az érzékszervi bírálat során a bírálóknak vizsgálniuk kellett a termék fejlesztés során létrehozott tea színét, illatát, ízét, valamint a teáról alkotott összbenyomásukat. A kapott eredményeket átlagoltam, majd százalékos értékei alapján pókháló diagramon ábrázoltam őket.

21. ábra: Érzékszervi bírálat (Forrás: saját munka)



Az érzékszervi bírálat alapján egyértelműen megállapítható, hogy a legkedveltebb termék a mikrohullámú vákuumszárítással készült (MV 1-1 60-40%) édesebb (14,29% stevia levél) teakeverék volt szín, illat, íz és összbenyomás terén is. A második legkedveltebb szintén a mikrohullámú vákuumszárítással készült arónia törköly alapú teakeverék volt 7,14% stevia levéllel édesítve. A harmadik legkedveltebb termék a liofilizált szárítással készült törköly alapú édesebb tea főzet volt (LIO 60-40% 14,29%), a legkevésbé népszerű, minden téren a legalacsonyabb pontszámot a liofilizált 7,14% steviával édesített tea kapta.

Összességében elmondható, hogy a mikrohullámú vákuumszárítással készült termékek kedveltebbek voltak a liofilizált tea oldatoknál, valamint az egyes szárítási technológiák estében az édesebb, tehát több stevia levelet tartalmazó főzetek népszerűbbek voltak, mint a kevésbé édes, ugyan azon technológiával szárított törköly felhasználásával.

6. Következtetések és javaslatok

Valójában a dolgozatomban a tea készítése során extrakciót hajtottam vége és esetemben az extraháló szer a víz volt, valószínűsíthető, hogy más közegben például etanolban kioldva jobb oldódás érhető el. Azonban lévén, hogy teát készítünk a vízzel, mint oldószerrel is magas kioldódást értem el az egyes szárítási technológiák estében.

Ahogy várható volt a 60-40%-os oldatok jobb biológiai értéket mutattak a mérések során, mint az 50-50%-os főzetek. A 100%-os oldatok estében a benefitt teakeverékre jóval kisebb értékeket mértem, mint a kizárólag törkölyt tartalmazó főzetek estében, kivétel ez alól az antioxidáns kapacitás mérése volt, mivel a TEAC mérési módszer során a tea minta eredménye nem mutatott szignifikáns különbséget a 100%-os törköly oldatokhoz képest.

Feltételezhető, hogy a mérési eredményeket befolyásolta, az is, hogy a benefitt teakeverékből, mely szárított gyümölcs darabok kerültek bele többségében a tea oldatba. Például az alma vagy a hibiszkuszvirág kevésbé erős színnel rendelkezett, azonban a fekete áfonya bogyó vagy a kökénytermés sötétebb színanyagokat tartalmaz és más antocianin tartalommal rendelkezik.

A liofilizált termékek más szárítási technikákkal összehasonlítva hosszabb ideig eltartathatók, mivel az alacsony nedvességtartalom jelentősen csökkenti a mikrobiális aktivitást és az oxidációt (Ratti, 2001). A vízelvonás terén egyértelműen a liofilizálás szárítási technológia volt a leghatásosabb, azonban a komponensek koncentrációja tekintetében még sem ez a technológia bizonyult a legjobb biológiai értékűnek, valószínűsíthető, hogy a mikrohullámú vákuumszárítás kevésbé ronsolta az általam mért értékes komponenseket.

Az Applied Sciences tudományos folyóiratban Kidon és társai által 2023-ban megjelent cikk egy olyan kutatást mutat be, amelynek fő célja az élelmiszeripari melléktermékek, különösen a gyümölcslé-feldolgozás után visszamaradó fekete berkenye (chokeberry) törköly hasznosítása. A kutatás rámutat, hogy az teafőzetek összetevői (zöld tea levél vagy hibiszkuszvirág) jelentős szerepet játszanak a törkölyből származó antocianinok és fenolok kioldódásának mértékében. A zöld tea levél oldatokban magasabb volt az antocianin tartalom, míg a fenolok jobb kioldódását a hibiszkusz oldatokban tapasztalták, ami a hibiszkusz alacsonyabb pH-jával lehet összefüggésben. A kutatásból is látszik, hogy a pH, valamint a tea keverék nagyban befolyásolja mennyi értékes anyag oldódik ki a törkölyből. Tehát egy savasabb, alacsonyabb pH-val rendelkező teakeverék kiválasztása akár magasabb eredményeket is hozhatott volna a

fenolok kioldódása terén vagy például a zöld tealevél használata magasabb eredményeket produkálhatott volna az antocianin tartalom tekintetében.

Nowacka és társai által 2019-ben kiadott tudományos cikkben vizsgálták a mikrohullámú vákuumszárítást és annak hatásait, különös tekintettel a vörösfonya szárítására. A vizsgálat azt eredményezte, hogy a mikrohullámú vákuumszárítás rövidebb szárítási időt vesz igénybe a hagyományos forrólevegőshöz képest, gyorsabb párolgás történt, a mikrohullámok belülről kifelé melegítik a terméket, ami gyors vízpárolgást eredményez. A vákuum csökkenti a víz forráspontját, így a szárítás alacsonyabb hőmérsékleten történik, ami megőrzi a hőérzékeny vegyületeket. A vákuum miatt a vízgőz kitágul, így porózus, ropogós textúrájú termék jön létre, a vizsgálat során kiderült, hogy a technológia lehetővé teszi a polifenolok, flavonoidok és antocianinok jobb megtartását. A diploma dolgozatom eredményei alapján ez az állítás nem egyértelmű, mivel az összes polifenol tartalom tekintetében a 100%-os minta estében az atmoszférikus szárítással készült minta estében magasabbat mértem, mint a mikrohullámú vákuum szárítással készült törkölyből. Azonban mind az 50-50%-os és a 60-40%-os minták estében a mikrohullámú vákuumszárítással szárított arónia törkölyt tartalmazó keverékek értékei magasabbak lettek. Az antocianin tartalom tekintetében egyértelműen a mikrohullámú kezeléssel szárított törkölyt tartalmazó minták magasabb értéket mutattak a hagyományos atmoszférikus szárításhoz képest. Az antioxidáns kapacitás meghatározása során a DPPH mérés szerint a minták közel azonos eredményt produkáltak, a TEAC mérés szerint a 100%-os eredmények tekintetében a mikrohullámú vákuumszárítás bizonyult hatékonyabbnak, valamint az 50-50%-os minták is egyértelműen ezt mutatták, egyedül a 60-40%-os teakeverékek estében lett az atmoszférikus szárítás eredménye magasabb 191,13 TE mg/200 ml, mint a rövidebb idejű mikrohullámú vákuumszárítás (MV 1-1) 176,41 TE mg/200 ml eredménye, azonban nem volt szignifikáns különbség köztük. A FRAP antioxidáns kapacitás meghatározás estén a 100%-os főzetek közül egyértelműen az atmoszférikus szárítással kezelt törköly eredménye lett a legmagasabb 110,37 mg ASE/200 ml, azonban a 60-40%-os oldattokat megnézve láthatjuk, hogy tea-törköly keverése estén már a mikrohullámmal kezelt törköly eredményei jobbak lettek. Tehát összességében elmondható, hogy a tea-törköly keverékek estében a mikrohullámú vákuumszárítással kezelt törkölyt tartalmazó minták magasabb biológiai értékeket mutattak. Látható volt az eredményekből, hogy a hosszabb ideig tartó, hosszabban pihentetett mikrohullámú (MV 1-2) kezelés kevésbé volt hatékony a biológiai értékek megtartásának tekintetében, mint a rövidebb pihentetési idejű (MV 1-1) mikrohullámú kezelés.

Alapvetően az aróniában a színanyagok, amik a biológiai értéket adják, de nem csak e tekintetben hasznosak, ugyan is Yang és Lee egy 2020-ban megjelent cikkben a különböző összetevőket tartalmazó kevert teák érzékszervi jellemzőit és fogyasztói megítélését vizsgálták, és megállapították, hogy a fogyasztói elfogadottság szempontjából a H_Rooibos tea megjelenése szignifikánsan magasabb elfogadottságot ért el a vörös és sötét karakterisztikájának köszönhetően. A tanulmány tehát megállapította, hogy a gyümölcsízesítésű teák közül a H_Rooibos intenzívebb vörös színnel rendelkezett, ami pozitívan befolyásolta a fogyasztók megjelenéssel kapcsolatos kedvelését. Az érzékszervi bírálaton is bebizonyosodott, hogy a vörösebb, sötétebb színanyagokat tartalmazó (MV 1-1) tea keverékek kedveltebbek voltak, mint a kevésbé vörösek (LIO). A bírálat során megállapításra került, hogy az édesebb, 14,29% stevia levelet tartalmazó főzetek népszerűbbek voltak a fogyasztók körében azonos szárítási technológián belül.

Összességében elmondható, hogy az arónia törköly, mint élelmiszeripari melléktermék hasznosítása tea formájában egy innovatív megoldás, mely a melléktermék újrahasznosítása szempontjából egy kiváló út lehet, hogy csökkentjük a környezet terheltségét, azonban nem utolsó szempont, hogy a melléktermék bővelkedik biológiailag értékes komponensekben, mint az antioxidánsok, polifenolok és antocianinok, így a fogyasztók számára is kedvelt, mivel pozitív hatásai révén hozzájárul az egészség megőrzéséhez.

7. Összefoglalás

A dolgozat célja az az arónia törköly, mint élelmiszeripari melléktermékek újrahasznosításának vizsgálata, gyümölcstea-keverékek előállítása estén. A kutatás során három különböző szárítási módszerrel kezelt arónia törkölyt használtam fel: atmoszférikus szárítás, liofilizálás (fagyasztva szárítás) és mikrohullámú vákuumszárítás - utóbbit két eltérő paraméterezés-sel is teszteltem. A liofilizálás és a mikrohullámú vákuumszárítás különösen innovatív technológiáknak tekinthetők a funkcionális élelmiszerek fejlesztésében. A vizsgálatok során az élelmiszeripari melléktermék újrahasznosításán kívül, vizsgáltam a különböző szárítási technológiák hatását a kezelt törköly beltartalmi paramétereire.

A szárított törkölyökből meghatározott arányban tea keverékeket készítettem, kombinálva a törkölyt gyümölcs tea keverékkel. Készítettem a különböző módon szárított törköly alapanyagokból 100%-os tea oldatokat, valamint 50-50%-os és 60-40%-os törköly-tea főzeteiket is. A teaoldatok és az alkalmazott törköly minták fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságait vizsgáltam: nedvességtartalom, vízaktivitás, színparaméterek (L^* , a^* , b^*) és színinger-különbségek (ΔE). Ezen kívül meghatároztam az oldatok pH-ját, összes polifenol-, antocián- tartalmát, valamint vizsgáltam az antioxidáns kapacitást három különböző módszerrel (FRAP, DPPH, TEAC).

A színanyagok tekintetében a legsötétebb vörös szín eredményeket a mikrohullámú vákuumszárítással kezelt törkölyt tartalmazó minták estében kaptam. Ez a magas színanyag tartalom az antocianin meghatározás során is megfigyelhető. A 100% törköly főzetek estében kimutatható volt a magas antocianin tartalom. Az összes polifenol tartalom mérése során a mikrohullámú vákuumszárított törkölyöknél a 100%-os mintáknál jobban szerepeltek a liofilizálással és az atmoszférikus szárítással kezelt törkölyök. A kevert oldatok esetében, azonban már az atmoszférikusan szárított minták mutatták a legalacsonyabb eredményt. Az antioxidáns kapacitás mérése során a három különböző módszer eltérő eredményeket produkált. A FRAP antioxidáns meghatározás estében a 100%-os minták közül az atmoszférikus szárítással kezelt törköly estében mértem a legmagasabb értéket, míg a TEAC 100%-os törkölyt tartalmazó oldatoknál nagyon hasonló eredményeket kaptam, meglepő módon a törkölyt nem tartalmazó tea estén is. A DPPH antioxidáns kapacitása mérése nem hozott a törkölyök között látványos különbséget, kissé a liofilizált oldat alacsonyabb antioxidáns értéket mutatott, azonban a különbség nem volt szignifikáns. Az antioxidáns kapacitás mérése során a három módszer közül a legnagyobb különbség a kizárólag teát tartalmazó 100%-os oldatok estében figyelhető meg. A

TEAC mérési módszer estén magasabb értéket mértem és nem volt szignifikáns különbség a többi 100%-os főzethez képest, azonban a másik kettő FRAP és DPPH mérési módszerek estében a benefitt teakeverék oldat szignifikánsan különbözött ($P < 0,05$) a többi kizárólag törkölyt tartalmazó mintától. Ez a különbség látható a korrelációs eredményekből is, a TEAC eredmények gyengébben korrelálnak mind a FRAP, mind a DPPH értékekkel.

Mivel a termékfejlesztés volt a cél, ezért érzékszervi bírálatot is végeztem. Az érzékszervi értékeléshez 10 fős laikus bírálócsoporthoz vontam be. Az értékelés során édesítőszerrel készített teaoldatok kerültek vizsgálatra, amelyek a leginnovatívabb szárítási módszerekkel készült törkölyből, valamint a legjobb biológiai értékű mintákból készültek. A bírálat során tehát a liofilizált és a rövidebb pihentetési idejű mikrohullámú vákuumszárítással készült 60-40%-os törköly-tea oldatok kerültek a bírálók elé. A kóstolás eredményei alapján kiválasztottam a fogyasztók körében legnépszerűbb, organoleptikai és funkcionális szempontból is kedvező terméket. Az érzékszervi bírálat során bizonyosságot nyert, hogy a mikrohullámú vákuumszárítással készült termékek kedveltebbek voltak a liofilizált tea oldatoknál, valamint az egyes szárítási technológiák estében az édesebb, tehát több stevia levelet tartalmazó főzetek népszerűbbek voltak, mint a kevésbé édes, ugyanazon technológiával szárított törköly felhasználásával.

Az élelmiszeripari melléktermékek újrahasznosítása napjainkban kiemelt fontosságú téma, hiszen hozzájárul a környezeti terhelés csökkentéséhez, a hulladékgazdálkodás fenntarthatóbbá tételéhez, valamint az élelmiszerlánc hatékonyabb működéséhez. Az ilyen típusú újrahasznosítás nemcsak környezetvédelmi szempontból előnyös, hanem gazdaságilag is értékes, hiszen sok melléktermék - mint például az arónia törköly - magas biológiai értékű összetevőket tartalmaz.

A funkcionális élelmiszerek fejlesztése ma már nemcsak trend, hanem valós fogyasztói igény is. Egyre többen keresik azokat a termékeket, amelyek nemcsak finomak, hanem jótékony hatással is vannak az egészségre. Az arónia kiváló alapanyagának bizonyult ilyen termékek előállításához, mivel magas biológiai értéke révén hozzájárulhat az egészséges életmód támogatásához. A fogyasztók egyre tudatosabbak, jobban odafigyelnek az összetevőkre, a környezetbarát előállításra és az egészségmegőrző hatásra, ezért az ilyen típusú termékek fejlesztése nemcsak fenntartható, hanem piacképes és hosszú távon is versenyképes megoldást jelent.

A vizsgálatok igazolták, hogy az arónia törköly - mint élelmiszeripari melléktermék - sikeresen felhasználható új, funkcionális gyümölcstea-termékek előállításához, és hozzájárulhat a fenntartható, hulladékmentes élelmiszerfejlesztéshez.

8. Irodalomjegyzék

1. Magyarország törvénye (2015): 2015. évi CLXXXV. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről. Letöltés: 2025.04.14., Forrás: <https://njt.hu/jogszabaly/2015-185-00-00>
2. Dóczy I. T., Dr. Fritz P. (2011): Szabadgyökök és antioxidánsok; <https://doi.org/10.21486/recreation.2011.1.4.2>
3. Hegedűs, A., Stefanovitsné Bányai, É. (szerk.) (2012): Természetes antioxidáns-források: a gyümölcs. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen, Magyarország. ISBN: 9786155183263.
4. Bhushan. S., Kalia. K., Sharma. M., Singh. B., Ahuja. P.S. (2008): Processing of apple pomace for bioactive molecules. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28 (4) 285-296. p. doi: 10.1080/07388550802368895
5. Tóth-Kurmai V. (2018): A magyar léalma-almasütítmény termékpálya gazdasági elemzés, Debrecen, Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola
6. Barócsi Z. (2018): A szőlőfeldolgozás munkafolyamatai; Szekszárd, PTE KPVK, Forrás: <https://pea.lib.pte.hu/bitstream/handle/pea/23202/Barocsi%20Zoltan%20-%20A%20szolofeldolgozas%20folyamatai.pdf?sequence=1>
7. Kulling, S. E., Rawel, H. M. (2008): Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) – A Review on the Characteristic Components and Potential Health Effects, *Planta Med* 74 (13): 1625-1634 DOI: 10.1055/s-0028-1088306
8. T. Jurikova, J. Mlcek, S. Skrovankova, D. Sumczynski, J. Sochor, I. Hlavacova, L. Snopek, J. Orsavova, (2017) Fruits of Black Chokeberry *Aronia melanocarpa* in the Prevention of Chronic Diseases, DOI: [10.3390/molecules22060944](https://doi.org/10.3390/molecules22060944)
9. W. Wang, T. Le, W. Wang, L. Yu, L. Yang and H. Jiang, (2023) Effects of Key Components on the Antioxidant Activity of Black Tea, *foods*, MDPI, 12(16), 3134; <https://doi.org/10.3390/foods12163134>
10. K. Jakubczyk, J. Kochman, A. Kwiatkowska, J. Kałduńska, K. Dec, D. Kawczuga and K. Janda (2020), Antioxidant Properties and Nutritional Composition of Matcha Green Tea, *MDPI Molecules*, 9(4), 483; <https://doi.org/10.3390/foods9040483>
11. J. Dong, X. Xu, Y. Liang, R. Head, L. Bennett (2011), Inhibition of angiotensin converting enzyme (ACE) activity by polyphenols from tea (*Camellia sinensis*) and links to processing method, *Food and Function*, 2, 310-319, DOI: <https://doi.org/10.1039/C1FO10023H>

12. M. Kidon, E. Marciszak, S. Ugur, M. Kuligowski and E. Radziejewska-Kubzdela (2023) Chokeberry Pomace Utilization for Improving Selected Quality Parameters of Green Tea Leaves or Hibiscus Flower Infusions, *applied sciences*, MDPI, 13, 8186.
<https://doi.org/10.3390/app13148186>
13. Lukács G. (1982): Színmérés. Műszaki Kiadó Budapest. 341. o.
14. N. A. Md. Zaki, I. I. Muhamad and L. Md. Salleh, (2007) Drying Characteristics of papaya (*Carica Papaya L.*) during Microwave-vacuum treatment, *International Journal of Engineering and Technology*, 4 (1), 15-21. ISSN 1823-1039
15. M. Nowacka, A. Wiktor, A. Anuszevska, M. Dadan, K. Rybak, D. Witrowa-Rajchert (2019), The application of unconventional technologies as pulsed electric field, ultrasound and microwave-vacuum drying in the production of dried cranberry snacks, *Ultrasonics - Sonochemistry* 56 (2019) 1–13; <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.023>
16. D. Alp, Ö. Bulantekin, (2021), The microbiological quality of various foods dried by applying different drying methods: a review; *European Food Research and Technology* (2021) 247:1333–1343; <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03731-z>
17. Berta J. (szerk.) (2007) A gyümölcsfeldolgozás technológiái, Budapest: Mezőgazda Kiadó (64.-65. oldal)
18. Ratti C. (2001). "Hot air and freeze-drying of high-value food products: A review." *Journal of Food Engineering*. 49 (2001) 311-319
19. V. L. Singleton, Joseph A. Rossi (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Ecology and Viticulture*, 16: 144-158
20. F. Benzie, J. J. Strain (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „antioxidant power”: the FRAP assay
21. L. Müller, S. Gnoyke, A. M. Popken, V. Böhm, (2010), Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations, *LWT - Food Science and Technology* 43 (2010) 992–999 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.02.004>
22. Blois, M.S. (1958) Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181, 1199-1200., <http://dx.doi.org/10.1038/1811199a0>
23. Papp, J., Sipos, P. (2018). Élelmiszeripari melléktermékek hasznosítása – A szőlőtörköly példája. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 64(2), 532–540.
24. R. N. Ratu, et al.: (2023). Application of agri-food by-products in the food industry. *Agriculture*, 13(8), 1559. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081559>

25. Nagy É. (2023): ARONIA: Milyen felhasználási módjai és gyógyhatásai vannak az aróniának? Letöltés dátuma: 2024.11.09. Forrás: <https://tanacsothogyan.hu/az-aronia-gyogyszeri-felhasznalasa/#milyen-felhasznalasi-modjai-vannak-az-aranyvesszonek>
26. Rusznyák, I., Benkó, A., (1941) Science DOI: [10.1126/science.94.2427.25](https://doi.org/10.1126/science.94.2427.25).
27. Szabó Zs. (2022): Antocianin: Milyen előnyökkel jár a rendszeres fogyasztása, Letöltés dátuma: 2024.11.06. Forrás: <https://vitaking.hu/az-antocianin-fogyasztasanak-elonyei/>
28. Orlóczy L. (2024) Immunerősítő növények: Arónia, más néven fekete berkenye. Növényvédőszer.hu. Letöltés dátuma: 2024.12.01., Forrás: <https://novenyvedoszer.hu/gazda-portal/immunerosito-novenyek-aronia-mas-neven-fekete-berkenye>
29. Min Y. G., Chea. Y. J., Dong W. S. (2023) Functional Activities and Mechanisms of Aronia melanocarpa in Our Health, Curr. Issues Mol. Biol. 2024, 46, 8071–8087. <https://doi.org/10.3390/cimb46080477>
30. Horváth Cs. (2023): Korszerű módszerek a szőlőtermesztésben letöltés dátuma: 2024.11.09. forrás: <https://magyarmezogazdasag.hu/2023/09/30/korszeru-modszerrek-szolotermesztesben/>
31. Szigethy-Ambrus N. (2023): „Érik a szőlő” – szőlőtermesztés és borkészítés itthon, letöltés dátuma: 2024.11.09. forrás: <https://www.oeconomus.hu/oecofocus/erik-a-szolo-szolo-termesztes-es-borkeszites-itthon/>
32. M. Jansson (2021) A teaivás egészségügyi elnyei, UChHealth letöltés dátuma: 2024.12.06. Forrás: <https://www.uchealth.org/today/the-health-benefits-of-drinking-tea/>
33. Radojcin, M.; Pavkov, I.; Bursac Kovacevic, D.; Putnik, P.; Wiktor, A.; Stamenkovic, Z.; Keselj, K.; Gere, A. (2021). Effect of Selected Drying Methods and Emerging Drying Intensification Technologies on the Quality of Dried Fruit: A Review. Processes, 9(1), 132.
34. Omolola, A.O.; Jideani, A.I.O.; Kapila, P.F. (2015) Quality properties of fruits as affected by drying operation. Crit. Rev. Food Sci., 57, 95–108.
35. Youssef, K. M. (2015). Impact of hot-air drying temperature and velocity on drying kinetics, color, phytochemicals and antioxidant activity of cape (Physalis peruviana l.) fruits. J. Food and Dairy Sci., Mansoura Univ., Vol. 6 (1), 23 - 40.
36. Khan, N.; Mukhtar, H. (2013). Tea and Health: Studies in Humans. Curr Pharm Des., 19(34), 6141–6147.
37. Tian W., Zhang, Y., Wang, S., Yan, J., Wang, Y., Pan, J., Yan, Y., Yan, G., & Zhao, W. (2024). Association of tea consumption with life expectancy in US adults. Nutrition Journal, 23(1), 148.

38. Kapolou, A.; Karantonis, H.C.; Rigopoulos, N.; Koutelidakis, A.E. Association of Mean Daily Polyphenols Intake with Mediterranean Diet Adherence and Anthropometric Indices in Healthy Greek Adults: A Retrospective Study. *Appl. Sci.* 2021, 11, 4664.
39. Kodama, D.H.; de Souza Schmidt Gonçalves, A.E.; Lajolo, F.M.; Genovese, M.I. (2010) Flavonoids, Total Phenolics and Antioxidant Capacity: Comparison between Commercial Green Tea Preparations. *Ciencia Tecnol. Aliment.* 30, 1077–1082
40. Prior, R. L.; Wu, X.; Schaich, K. (2005) Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *J. Agric. Food Chem.* 53, 4290-4302. doi: 10.1021/jf0502698
41. Katalinic, V., Milos, M., Modun, D., Music, I., és Boban, M. (2004). Antioxidant effectiveness of selected wines in comparison with (+)-catechin. *Food Chemistry*, 86(4), 593–600. doi:10.1016/j.foodchem.2003.10.007
42. Khoo, H. E.; Azlan, A.; Tang, S. T.; Lim, S. M. (2017) Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & Nutrition Research*, 61, 1361779. doi: 10.1080/16546628.2017.1361779.
43. Milutinovic, M.; Cujic Nikolic, N.; Cvetkovic, T.; Savikin, K.; Djordjevic, I.; Jankovic Velickovic, L.; Randjelovic, M.; Miladinovic, B.; Brankovic, S.; Kitic, D. (2024) Chokeberry Products and By-Products as the Potential Pharmaceuticals for Kidney Protection—An Experimental Study in Rats. *Plants*, 13, 3136. <https://doi.org/10.3390/plants13223136>
44. Tardy, A.-L.; Pouteau, E.; Marquez, D.; Yilmaz, C.; Scholey, A. (2020) Vitamins and Minerals for Energy, Fatigue and Cognition: A Narrative Review of the Biochemical and Clinical Evidence. *Nutrients*, 12, 228. doi:10.3390/nu12010228
45. Yang, J.-E.; Lee, J. (2020) Consumer perception and liking, and sensory characteristics of blended teas. *Food Science and Biotechnology*, 29(1), 63–74. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00643-3>
46. Hock E. K., Azrina A., Sou T. T., See M. L. (2017): Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits, *Food Nutr Res.*; 61(1):1361779. doi: 10.1080/16546628.2017.1361779
47. Guilford, J. P. 1950. *Fundamental statistics in psychology and education* (2nd ed.). McGrawHill

9. Internetes forrásjegyzék

1. Internet1: A fekete berkenyéről Letöltés dátuma: 2024.10.24. Forrás: <https://edenka-land.hu/a-fekete-berkenyerol/>
2. Internet2: Missouri Botanical Garden. (n.d.). *Aronia melanocarpa*. Missouri Botanical Garden. <https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinder-Details.aspx?kempercode=j420>
3. Internet3: North Carolina State University. (n.d.). *Aronia melanocarpa*. North Carolina State University. <https://plants.ces.ncsu.edu/plants/aronia-melanocarpa/>
4. Internet4: U.S. Department of Agriculture. *Why Reducing Food Loss and Waste Is Important*. USDA, letöltés dátuma: 2025.04.16. Forrás: <https://www.usda.gov/food-lossandwaste/why>.
5. Internet5: A biofilizálás a tartósítás jövője, Letöltés dátuma: 2025.02.12. Forrás: <https://kavalifruit.com/769-2-2/>
6. Internet6: Antioxidants in Tea: Exploring Health Benefits and Varieties, Letöltés dátuma: 2024.12.06. Forrás: <https://www.preventivemedicinedaily.com/healthy-living/nutrition/antioxidants-in-tea-exploring-health-benefits-and-varieties/>
7. Internet7: Aronia berries: Health benefits and nutrition. Medical News Today, (2018) Letöltés dátuma: 2024.11.12. Forrás: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/320610#health-benefits>

10. Ábrajegyzék

1. ábra: Az antocianin alapvető szerkezete (forrás: Hock et al., 2017)	8
2. ábra: Feketeberkenye (forrás: Orlóczi, 2024).....	8
3. ábra: A gyümölcssűrítmény gyártástechnológiájának lépései (saját szerk., Berta, 2007 nyomán).....	12
4. ábra: Kezeletlen arónia törköly (saját kép)	18
5. ábra: Szárított stevia levél (saját kép).....	18
6. ábra: Benefitt erdei gyümölcs ízesítésű tea (saját kép)	19
7. ábra: Atmoszférikusan szárított arónia törköly (saját kép).....	19
8. ábra: mikrohullámú vákuumszárítással kezelt törköly (saját kép)	20
9. ábra: Liofilizált törköly (saját kép).....	20
10. ábra: 100%-os oldatok (saját kép)	21
11. ábra: A szárított arónia törköly nedvességtartalma (%) szórással (forrás: saját munka)....	28
12. ábra: Szárítási görbe (forrás: saját munka).....	29
13. ábra: 100%-os tea oldatok színmérési eredményei (forrás: saját munka)	32
14. ábra: Vízáktivitás meghatározás értékek szórással (forrás: saját munka)	32
15. ábra: pH meghatározás eredményei szórással (forrás: saját munka).....	33
16. ábra: Összes polifenol tartalom meghatározás (TPC) (forrás: saját munka).....	34
17. ábra: Összes antocianin tartalom meghatározás (forrás: saját munka).....	36
18. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározás (FRAP) (forrás: saját munka).....	37
19. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározás (TEAC) (forrás: saját munka)	38
20. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározás (DPPH) (forrás: saját munka)	39
21. ábra: Érzékszervi bírálat (Forrás: saját munka).....	41

11. Táblázatjegyzék

1. táblázat: Különböző gyümölcskeverékek antioxidáns kapacitása (Kulling, Rawel, 2008) .	10
2. táblázat: Különböző gyümölcsök szabadgyök elnyelő képessége (Kulling, Rawel, 2008) .	11
3. táblázat: Jelölések magyarázata (saját szerk.)	21
4. táblázat: ΔE értékei és azok szemmel láthatóságának mértéke (Lukács, 1982).....	22
5. táblázat: Érzékszervi bírálat pontozás (saját szerk.).....	27
6. táblázat: Színínges különbség az 50-50%-os és a 60-40%-os minták között azonos szárítási technológia esetén (saját szerk.).....	29
7. táblázat: Színínges különbség a 100%-os mintákhoz viszonyítva (saját szerk.).....	30

8. táblázat: Színínges különbség az 50-50%-os minták között különböző szárítási technológia esetén (saját szerk.)	30
9. táblázat: Színínges különbség az 60-40%-os minták között különböző szárítási technológia esetén (saját szerk.)	31
10. táblázat: FRAP, TEAC és DPPH korreláció (saját szerk., forrás: Guilford, 1950)	40
11. táblázat: Érzékszervi bírálati minták (saját szerk.).....	40

Orbán Virág Ildikó Diplomadolgozat

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani egyetemi konzulensemnek, Dr. Szalóki-Dorkó Lillának, aki szakértelmével és tanácsaival segítette témám kidolgozását és szakdolgozatom elkészülését. Hálas köszönnettel tartozom továbbá mindenki másnak, aki támogatott és hozzájárult szakdolgozatom létrejöttéhez.

Orbán Virág Ildikó Diplomadolgozat

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Orbán Virág Ildikó
A Hallgató Neptun kódja: RWGMZP
A dolgozat címe: Arónia törköly újrahasznosításának lehetőségei a termékfejlesztés során
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat 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.

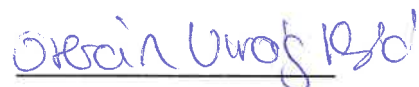
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumába. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2025 év 04. hó 22. nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Orbán Virág Ildikó (hallgató Neptun azonosítója: RWGMZP) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / **nem javaslom**¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2025 év 04. hó 22. nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.