

OTDK DOLGOZAT

Gimes Lilian

2023



**Magyar Agrár-És Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

OTDK dolgozat

**EXTRAKCIÓS PARAMÉTEREK OPTIMALIZÁLÁSA
DIÓOLAJ GYÁRTÁSA SORÁN KELETKEZETT
MELLÉKTERMÉKBŐL**

Gimes Lilian

Témavezető: Dr. Székely Dóra

**Budapest
2023.**

1 Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS	1
2	A DOLGOZAT CÉLKITŰZÉSE	2
3	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	3
3.1	DIÓ BEMUTATÁSA	3
3.1.1	Dió termesztése	3
3.1.2	A dió beltartalmi jellemzői	4
3.1.3	Dió feldolgozása	10
3.2	EXTRAHÁLÁS ELMÉLETI HÁTTERE	12
3.2.1	Az extrahálás általános bemutatása	12
3.2.2	Az extrakciót befolyásoló tényezők	13
4	ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	14
4.1	A KÍSÉRLET ÉS A MÉRÉSEK HELYE	14
4.2	A KÍSÉRLET SORÁN FELHASZNÁLT ANYAGOK	14
4.3	A KÍSÉRLET MENETE	14
4.3.1	A kísérlet paraméterei	14
4.3.2	Extrakció	14
4.4	VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	17
4.4.1	Szín mérés	17
4.4.2	Összes polifenol-tartalom meghatározás (TPC)	17
4.4.3	Antioxidáns kapacitás mérése (FRAP)	18
4.4.4	Statistikai elemzés	19
5	EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE	20
5.1	SZÍN MÉRÉS	20
5.1.1	Alsószentiváni és Milotai dió pelletből készült extraktum szín mérésének eredményei	20
5.1.2	Alsószentiváni dió minták extraktumainak egymáshoz viszonyított szín inger különbségei	24
5.1.3	Milotai dió minták extraktumainak egymáshoz viszonyított szín inger különbségei	25
5.2	ÖSSZES POLIFENOL TARTALOM MEGHATÁROZÁS	26
5.2.1	A mért értékek összes polifenol tartalma	26
5.2.2	A paraméterek összes polifenol tartalomra gyakorolt hatása	28
5.3	ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS MEGHATÁROZÁSA	29
5.3.1	A mért értékek antioxidáns kapacitás tartalma	29
5.3.2	A paraméterek összes antioxidáns kapacitására gyakorolt hatása	30
5.4	ÖSSZES POLIFENOL TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS ÉRTÉKEK KÖZÖTTI KORRELÁCIÓ	31
6	ÖSSZEFOGLALÁS	33
7	IRODALOMJEGYZÉK	35

1 BEVEZETÉS

A dió Magyarország területén legnagyobb mennyiségben termesztett csonthéjas, amely héj nélküli állapotában, önmagában is kedvelt finomság a gyerekek és a felnőttek körében egyaránt. Továbbá a konyhában, az ős beköszöntével igen előszeretettel használt alapanyaga a diós süteményeknek, karácsonyi bejglíknak, zserbóknak. Napjainkban azonban a darált dió használata mellett egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek nem csak a dió, de más olajos magvakból készült, frissen sajtolt olajok. Ezek az olajok amellet, hogy kedvező beltartalmi jellemzőiknek köszönhetően nagy szerepet játszanak az egészségünk megóvásában, gazdag ízük miatt a gasztronómia igen kedvelt elemeivé is váltak.

A dióolaj előállítása során melléktermékként keletkező présfogácsában azonban számos, élelmiszerkémiai módszerekkel kinyerhető komponens található, melyek tovább hasznosíthatóak élelmiszereink beltartalmi értékeinek növeléséhez.

Jelenleg egyre nagyobb teret nyernek a környezet, illetve egészségtudatos megoldások az élet minden terén. Igyekezünk csökkenteni a környezeti lábnyomunkat és olyan megoldásokat választani, melyek kevésbé terhelik a környezetünket. Éppen ezért előtérbe kerültek a biológiailag lebomló, illetve ehető filmekkel és bevonatokkal kapcsolatos kutatások is. A dió-melléktermékek ígéretes lehetőségeket rejtenek magukban élelmiszer- és nem élelmiszeripari felhasználású hozzáadott értékű termékeként való felhasználásukban. Ezen új alkalmazások révén a dióból származó melléktermékek jelenlegi alacsony értékű státuszukból magas nyersanyag-bevételi forrássá alakíthatóak.

A probléma, amellyel sok diófeldolgozó szembesül, az, hogy gyakran nem találják meg a megfelelő módszereket a diófeldolgozási műveletek során keletkező melléktermékek minél hatékonyabb hasznosítására.

Épp a fent említett indokok miatt választottam a dióolaj gyártása során keletkezett melléktermék hasznosítási lehetőségeinek vizsgálatát dolgozatom témájának. Az elmúlt 30 évben jelentős előrelépés történt ezen anyagok fejlesztése terén, amelyet a biztonságos, jó minőségű, kényelmes és hosszan eltartható élelmiszerek iránti növekvő fogyasztói igény, valamint a korlátozott természeti erőforrások és a környezeti hatások ökológiai ismerete vezérel.

2 A DOLGOZAT CÉLKITŰZÉSE

A dió az egyik legnépszerűbb csonthéjas hazánkban, azonban nem megfelelő tárolása sok esetben olyan kellemetlen kémiai és érzékszervi elváltozásokat eredményez, mint az avasodás. Az avasodás a termény telítetlen zsírsavainak az oxidációjának megindulása, amely negatív érzékszervi tulajdonságokat, kellemetlen szagok és ízt eredményez, emellett az egészségünkre is káros lehet az avas termény fogyasztása. A dió évről évre növekvő ára miatt ez a probléma gazdasági szempontból az iparban és a háztartásokban is igen jelentős.

Munkám során egy doktori kutatás részfolyamtába kapcsolódtam be, melynek célja a héjmentes dió avasodásának megelőzése és ezáltal az érzékszervi és nem kívánt kémiai változásnak a meggátlása egy fenolos komponenseket tartalmazó bevonat fejlesztésével. A bevonat fejlesztésének első és kulcsfontosságú lépése az ideális extrahálási paraméterek kiválasztása, így dolgozatom legfőbb célja ezen extrakciós paraméterek optimalizálása. Ennek érdekében különböző oldószerarányt (1:10, 1:30), és extrahálási hőmérséklet (20°C és 60°C) alkalmaztam mindkét vizsgált diófajta (Milota és Alsószentiváni) esetén, továbbá ultrahang használatának jelentőségét is elemeztem az alkalmazott extrahálási paraméterek mellett.

Az egyes extrahálási módszerekkel kapott extraktumok összehasonlítása érdekében célul tűztam ki a színkoordináták mérését, az összes polifenol tartalmuk és antioxidáns kapacitásuk meghatározását spektrométeres módszerekkel.

3 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 DIÓ BEMUTATÁSA

A diót (*Juglans regia* L.) telítetlen zsírok, fehérjék, élelmi rostok, fitokemikáliák és mikrotápanyagok gazdag forrásaként tartják számon és ismerik el egészségügyi előnyeit (Glade 1999). A Föld közel minden kontinensén termesztik, így nem meglepő, hogy az élelmiszeriparban különféle felhasználási területeik vannak.

3.1.1 Dió termesztése

A dió, vagyis a *Juglans regia* L. a világon a legelterjedtebb dióféle. Kereskedelmi céllal termesztik Dél-Európában, Észak-Afrikában, Kelet-Ázsiában, az USA-ban, illetve Dél-Amerika nyugati részén (Martínez és mtsai. 2010). Világszerte a dió termőterülete 10 év alatt csaknem megduplázódott, az 1997-es 512 367 ha-ról 1 186 398 ha-ra 2016-ban. A világ teljes dió (héjjal) termelése 2016-ban körülbelül 5 533 428 tonna volt („FAO,2016” é. n.). Kína jelenleg a világ vezető dió gyártója 1 785 879 tonna éves termelésével, ezt követi az Egyesült Államok (607 814 tonna), Irán (405 281 tonna), Törökország (195 000 tonna), valamint Mexikó (141 818 tonna) („FAO,2016” é. n.).

Magyarországon szintén nagy hagyománya van a dió termesztésének, hiszen hazánk legkedveltebb és legjelentősebb csonthéjas gyümölcse. A 2016-os évi a statisztikák alapján 6491 hektár diófa ültetvény volt az országban, amely 8-10 ezer tonna termést hozott átlagosan. A magyar dió minősége mindig is kimagaslónak számított, így nem csak az itthoni fogyasztók körében, hanem egész Európában tudták értékesíteni termésüket a termelők. Az európai- és a világpiacon egyaránt jelentős a verseny, hiszen a magyar dió komoly konkurens a Franciaországban termesztett, illetve a kaliforniai import dió, melyeket sokkal olcsóbban kínálnak a termelők.

Országosan szerencsére egyre népszerűbb a diófák ültetése a termesztek között, amit az is mutat, hogy a 2000-es évek elejéhez képest 2016-ra már megduplázódtak a belföldi termesztési területek. Hazánk két legkedveltebb és legnagyobb mennyiségben termesztett diófajtája az Alsószentiváni 117 és a Milotai 10, amelyek hazai nemesítésekből jöttek létre. A hazai ültetvényeken többnyire ezekkel a fajtákkal találkozhatunk. Termesztési körülményei az amerikai és francia fajtáktól nagyban eltér. Míg az említett két fajta nagy termőterületet (10x10 m vagy 9x10 m) igényel, addig az amerikai és francia fajták sokkal kisebb területen is megnőnek, mivel a diófák is kisebb kiterjedésűek, illetve alacsonyabbak.

A magyar fajták csúcsrügyön termők, míg a francia és az amerikai fajták már mellékrügyön termő gyümölcsűek. Emiatt az eltérő termesztési tulajdonság miatt a magyar fajták minőségben sokkal jobbak, azonban a betakarítható gyümölcs mennyisége számottevően kevesebb (1,5t/ha) a másik két ország termés mennyiségéhez (4-5 t/ha) képest. Továbbá az oldalrügyön termő francia és amerikai fajták vitathatatlan előnye, hogy kisebb méretükből adódóan a termések betakarítása gépiesíthető. (Kamara é. n.)

3.1.2 A dió beltartalmi jellemzői

A dió gyakori eleme az étkezéseinknek, hiszen régóta kimagasló tápérték tartalmáról ismeretes. A dió olyan csonthéjas gyümölcs, amely tartalmazza azokat az alapvető tápanyagokat, amelyekre az embereknek szüksége van az egészséges táplálkozás fenntartásához.

Napi egy marék nyers dió elfogyasztása nagyrészt biztosítja azokat a makrotápanyagokat, (fehérjét, zsírt, szénhidrátot), valamint antioxidánsokat, bizonyos vitaminokat és ásványi anyagokat, amelyekre az emberi szervezetnek naponta szüksége van. A dió kivételesen jó Omega-3 zsírsav forrás, amely szintén nagyban hozzájárul egészségünk fenntartásához. Hagyományosan a kiemelkedő zsírsavprofiljukról ismeretes olajos mag számos egyéb egészségünkre pozitívan ható biológiai tulajdonsággal is rendelkezik. A dió az esszenciális zsírsavakon kívül számos ásványi anyagot, antioxidánst és vitamint tartalmaz. Ezek a vegyületek potenciális egészségügyi hatással bírnak, így képesek lassítani az öregedést, a daganatos betegségek kialakulásának megelőzésében is aktív szerepet játszanak, továbbá a szervezeten belül kialakult gyulladások és neurológiai betegségek ellen és azok megelőzése érdekében is ajánlott a dió napi rendszerességgel történő fogyasztása. (Şen és Karadeniz 2015)

A dió, mint vitaminforrás

A dió számos, a szervezet számára igen fontos vitamin forrása, melyek közül, mint E-vitamin forrás kifejezetten kiemelkedő. A dióolajban lévő E-vitaminnak két formája ismert az alfa-tokoferol és a gamma-tokoferol. 100 g dió 21 mg gamma-tokoferolt tartalmaz, amely biztosítja a napi E-vitamin szükségletünk 140%-át, tehát 10 dkg dió elfogyasztása tökéletesen fedezi a szervezet számára a napi E-vitamin szükségletet. Az E-vitamin, mint tudjuk, egy erős zsírban oldódó antioxidáns, amelyre azért is van szükség, hogy megvédje a nyálkahártyát és a bőr sejtmembránját a szabad gyökök káros hatásaitól, és megőrizze egységét.

A dió továbbá olyan fontos vitaminokat is tartalmaz, mint a riboflavin, vagyis a B2-vitamin a niacin, vagyis a B3-vitamin, a tiamin, ami köznapin néven a B1-vitamin pantoténsav B5-vitamin, valamint B6-vitamin és folát vagyis B9-vitamint is. A dió továbbá gyulladásgátló hatású, és a magas vérnyomás kockázatát is nagy mértékben csökkenti. Ezen felül képes megelőzni az artériás betegségek kialakulását, amelyek olyan komoly betegségekhez vezethetnek, mint a szív- és agyi infarktus, illetve olyan daganatos betegségek kialakulása ellen is védelmet nyújt, mint a vastagbél- és a prosztaták (Marangoni és mtsai. 2007), (Amaral és mtsai. 2003) (Şen és Karadeniz 2015).

A dió egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírokat tartalmaz, amelyek hatással vannak a szív egészségére. A dió, magas zsírtartalma miatt kifejezetten kalóriadús élelmiszer, ahol a kalóriatartalom 4/3-a zsírokból származik. Ahogy azt tudjuk három élelmiszertápanyag biztosít kalóriát: fehérjék, zsírok és szénhidrátok. A fehérjék és a szénhidrátok grammonként 4 kalóriát, míg a zsírok 9 kalóriát biztosítanak az emberi szervezet számára. Emiatt a csonthejas gyümölcsöknél, mint a dió, a mandula és egyéb olajos magvak esetén ügyelnünk kell az elfogyasztott mennyiségére, hiszen a túlzott zsírbevitel szintén számos egészségünkre veszélyes betegségekhez vezethet, mint az elhízás és egyéb ebből fakadó betegségek. (Şen és Karadeniz 2015)

A dió, mint antioxidáns forrás

Az antioxidánsok olyan anyagok, amelyek megvédik a sejteket a szabad gyökökként ismert káros molekulák által okozott károsodásoktól.

Bizonyos kutatások szerint a dióban lévő antioxidáns anyagok 15-ször nagyobb hatást fejtenek ki, mint a tiszta E-vitamin. A diót az első számú szív-egészségügyi, csonthejas gyümölcsként tartják számon, melynek oka, hogy a dió sokkal több antioxidánst tartalmaz, mint más olajos magvak. Csökkenti továbbá a koleszterinszintet, valamint a szabad gyökök okozta oxidatív stresszt és az egészséget károsító gyulladásokat.

A dióban lévő antioxidánsok jobb minőségűek, mint a többi csonthejas. A 30 gramm dióban található antioxidánsok mennyisége több, mint amelyeket egy átlagos ember a nap folyamán elfogyasztott gyümölcsből és zöldségből képes hasznosítani. (Şen és Karadeniz 2015)

A dió táplálkozásélettani szerepe

Számos kutatás támasztja alá, hogy a dió fogyasztása megannyi egészségügyi előnnyel jár, mivel a dió kiváló forrása az szervezetünk számára hasznos zsírsavaknak, valamint az E-vitaminnak (tokoferolnak) és más antioxidánsoknak. A frissen betakarított és héjától megfosztott dióbelet előszeretettel fogyasztjuk snackként, valamint édességek, gabonapelyhek és különböző pékáruk összetevőjeként használják. A beltartalmi jellemzőit tekintve jelentős mennyiségben tartalmaz Omega-3 zsírt, az úgynevezett alfa-linolénsavat (ALA). Az ALA-t különösen előnyösnek tartják a szív egészségére, továbbá segít csökkenteni a szervezetben lévő gyulladásokat, valamint javítani a vérkeringés összetételét, ahogy azt kutatásukban Moshfegh és Lino is kiemelik. (Moshfegh, Rhodes, és Martin 2022), („The Role of Nuts in a Healthy Diet” é. n.) A kimagasló zsírsavösszetétele mellett a dió kiváló forrása számos vitaminnak, antioxidánsnak és ásványianyagnak egyaránt, amelyek segítenek a csontok, az idegek normál állapotának fenntartásában, valamint az immunrendszer működését is támogatja, illetve hozzájárulnak a daganatos sejtek növekedésének visszaszorításához a mellben, a prosztatában, a vastagbélben és a vesében (Albert és mtsai. 2002).

A Fraser és társai által végzett humán kutatás is rámutatott, hogy a dió rendszeres napi fogyasztása képes javítani az agyműködést, továbbá segítheti a depresszió és az agyi funkciók életkorral összefüggő romlásának megelőzésében is (Fraser 2003).

A diót fenolsavak és rokon polifenolok jó forrásaként is számon tartják. A fenolos vegyületek táplálkozási funkcióját nem azonosították egyértelműen, azonban jó antioxidáns, gyulladásgátló és anti-mutagén tulajdonságaik miatt fontosak lehetnek az emberi egészség szempontjából (Anderson és mtsai. 2001), (Carvalho és mtsai. 2010).

Különböző kutatások arról is beszámoltak, hogy a dió mindennapos fogyasztása jelentősen csökkentheti az alacsony sűrűségű lipoprotein (Low Density Lipoprotein-LDL), vagyis koleszterin koncentrációját, és segíthet megelőzni a szív koszorúér-betegséget (Muñoz és mtsai. 2001). Simopoulos (2002) megállapította, hogy a dió egyedülálló, mert tökéletes, 4:1 arányban tartalmaz Omega-6 és Omega-3 többszörösen telítetlen zsírsavakat, ami bizonyítottan csökkenti a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát (Simopoulos 2002). A diófogyasztás szívre gyakorolt jótékony hatásai közé tartozik a gyulladás csökkentése és az artériák működésének javítása (Ros és mtsai. 2004), (Zhao és mtsai. 2004).

Alasalvar és Bolling (2015) kutatásukban szintén megemlítették, hogy az Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hatósága minősített egészségügyi állítást adott, amely szerint 1,5 uncia dió napi fogyasztása (körülbelül 42,5 g) /nap.

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) engedélyezte a 13. cikk szerinti állítást, amely szerint 30 g dió fogyasztása kiegyensúlyozott étrend mellett az endotéliumfüggő értágulat javulásához vezet. A dió fő polifenoljai a pedunculagin és az ellagitannin. Fogyasztás után az ellagitanninok hidrolizálódnak a gyomorban és ellagsav szabadul fel, amelyet a bél mikroflóra urolitin A-vá és más származékokká, például B, C és D urolitinné alakít át. Az ellagitanninok jól ismert antioxidáns hatással és gyulladásgátló bioaktivitással rendelkeznek. Számos tanulmány értékelte az ellagitanninok potenciális szerepét a betegségek kialakulásában és progressziójában, beleértve a daganatos betegségeket, a szív- és érrendszeri, valamint a neurodegeneratív betegségeket. (Sánchez-González és mtsai. 2014)

A dió tárolása

A dolgozatomhoz felhasznált diófajták a Milotai és Alsószentiváni fajták. Választásom azért esett rájuk, mivel ezek a legnagyobb mennyiségben termesztett fajták Magyarországon, továbbá fogyasztói megítélések alapján a legkedveltebbek. Mezőgazdasági szempontból igen előnyös a termesztése, hiszen a diófák termőre fordulása után nagy mennyiségben és sokáig teremnek. A diófák átlagos élettartama 130-150 év is lehet, így tényleg igaz a mondás, miszerint a diófákat az unokáinknak ültetjük.

Milotai 10

A Milotai 10-es egy Magyarországon, azon belül is Milota településen szelektált diófajta. Szeptember végén érlik és igazán kedvelt fajtának számít a termelők között is, mivel az egyik legtermékenyebb és legkedveltebb diófajta. A diófa korán termőre fordul és egyenletesen nagy mennyiségben hoz termést. Elhúzódó fakadása miatt a fát kevesebb fagykár éri. A diófa termése átlagosan 3,5 cm-es átmérővel rendelkezik, könnyedén törhető és tisztítható fajta. A diók héja jellemzően sima, a bélzet szép halványsárga és rendkívül kellemes ízű. (*Dió fajták* - *Dió Info*, é. n.)

Alsószentiváni

Az Alsószentiváni dió a Milotaihoz hasonlóan hazai termésű diófajta. Érése szeptember második felére tehető. Az Alsószentiváni diófa szinte bárhol megél, erős növekedés jellemzi, melynek köszönhetően viszonylag hamar termőre fordul.

A Milotai fajtához szintén hasonlóan hamar fakad, így a fagykár valószínűsége minimális. Termése 3,8 cm körüli, könnyedén törhető világos barna árnyalatú héjjal és bélzettel rendelkezik. A termésen belüli mag-bél arány 55%. Érzékszervi tulajdonságait tekintve nagyon kellemes, jóízű diófajta.

A héjas dió tárolása a szárítási műveletet követő kritikus folyamat. A szárított diót a közeli csomagolóüzemekbe szállítják, és addig tárolják, amíg fel nem törik (héj nélkül). A megfelelő tárolás segít megőrizni a dió finom, ropogós ízét és egészségügyi előnyeit. Nem megfelelő tárolás esetén a dió magas olajtartalma miatt gyorsan avasodhat. A hő, a fény és a levegő páratartalma az elsődleges tényezők, amelyek a dió minőségének romlását okozhatják (*Dió fajták - Dió Info*, é. n.). A diómagok fokozott stabilitása akkor érhető el, ha az optimális nedvességtartalomhoz, relatív páratartalomhoz és hőmérséklethez igazítják.

A magok maximális íz- és színtabilitása 4% nedvesség, 55% relatív páratartalom és 4,5 °C hőmérséklet mellett van. A fent említett feltételek mellett a dió legfeljebb 18 hónapig tárolható. 3,3°C alatti hőmérsékleten a dióhúsok stabilak az 1,5% és 6,0% közötti nedvességtartalom és az 55% és 56% közötti relatív páratartalom tartományban (Woodroof 1979). A hosszú távú tároláshoz a héjas dió akár 6 hónapig is eláll hűtve légmentesen záródó edényben vagy lefagyasztva akár egy évig is, minőségromlás nélkül.

Avasodás

Az élelmiszerek tárolása során számos kémiai reakció megy végbe az élelmiszerekben, melyek befolyásolják azok érzékszervi minőségét, fizikai, kémiai, illetve biológiai tulajdonságait egyaránt. Ebből a szempontból a legfontosabb kémiai reakciók közé tartozik a fermentáció, a Maillard és a lipidoxidációs reakciók, vagyis az avasodás.

Az avasodást az élelmiszerek esetén gyűjtőfogalomként használják a lipidoxidációs reakciók okozta kifogásolható érzékszervi tulajdonságainak leírására. Az iparosodást megelőző időszakban az élelmiszereket azonnali élelmiszer-fogyasztásra használták fel, az élelmiszereket pedig általában néhány órán vagy napon belül elfogyasztották.

A tartós termékek, mint például a dió, liszt, az állati zsírok vagy növényi olajok avasodása normálisnak számított, és egyes háztartásokban változó komolysággal kezelték. Az iparosodás következtében az élelmiszerek fogyasztás előtti napokig vagy hónapokig történő tárolásával az élelmiszerek romlásához vezető folyamatok lényegesen fontosabbá válnak. (Rahman 2020)

Az avasodást kifogásolható érzékszervi tulajdonságként tartják számon például a hosszasan tárolt diófélékben. Ez a többszörösen telítetlen zsírsavak szabad gyökös oxidációjából és az élelmiszerekben található fehérjékkel és aminosavak kölcsönhatásából adódik. Az avasodásra leginkább az esszenciális zsírsavak hajlamosak, amelyek nem csak önoxidáció következtében veszítik el fiziológiai aktivitásukat, hanem erősen oxidálva (pl. sütőolajokban) nem tápláló anyagokká alakulhatnak. Az avasodás csökkenti a vitaminok szintjét, például az E-vitamint, a C-vitamint és az A-vitamint vagy karotin-provitaminjait. A lipidoxidációt és az avasodást antioxidánsok széles köre gátolhatja. Bizonyos lipidoxidációs termékek, például ciklikus dimerek/polimerek és aldehidek, közvetlen toxicitást okozhatnak. Ezenkívül a hidroperoxidok és ketonok reakcióba léphetnek az aminosavak/fehérjék primer amin csoportjaival és egyes B-vitaminokkal, csökkentve azok biológiai értékét. (Rahman 2020)

A dió a történelmi idők óta értékes élelmiszernek számít. A dióban az avasodás az egyik első jele a romlásnak. Magas telítetlen zsírsavtartalmuk azonban hajlamossá teszi őket az oxidatív avasodásra, ami minőségromláshoz vezet, ha szuboptimális körülmények között vagy túl hosszú ideig tárolják, különösen, ha a tárolás héjas formában történik. A magas hőmérséklet és a megemelkedett páratartalom, valamint a napfény elősegíti az avasodás kialakulását a terményben. Ez egy klasszikus probléma, amely komoly gazdasági gondot jelent az élelmiszeripar számára, mind a mellékizék kialakulása, mind a mérgező lipidoxidációs végtermékek képződése szempontjából, amelyek káros hatással lehetnek az egészségre. („Walnuts - an overview | ScienceDirect Topics” é. n.)

3.1.3 Dió feldolgozása

Az élelmiszer-, illetve a mezőgazdasági hulladék hasznosítása kihívást és szükségességet jelent a mindennapi életünkben. Ez minden iparág, így az élelmiszeripar számára is fontos szempont a melléktermékek és élelmiszerhulladékok minél hatékonyabban történő felhasználása. A fő cél az élelmiszerek minőségromlásának minimalizálása és eltarthatósági idejük maximalizálása, annak érdekében, hogy egyre kevesebb hulladékgazdálkodási és környezetszennyezési problémát eredményezzen. A magas tápértékű és megfizethető élelmiszerek iránti növekvő igények miatt a világ népességének növekedésével párhuzamosan az igények is egyre magasabbak. Ezáltal mielőbb szükség van a tápanyagok visszanyerésére az eddig elpazarolt melléktermékekből. (Jahanban-Esfahlan és mtsai. 2020)

Az élelmiszer-hulladékok általában szerves maradékok, amelyek a nyersanyagok élelmiszerré való feldolgozása során keletkeznek. A hulladékot olyan termékként jellemzik, amely nem ad hozzáadott értéket a termékhez, míg a melléktermék a fő termék előállításának eredményeként kapott másodlagos termék, gyakran igen magas, még ki nem használt piaci értékkel. Számos melléktermék azonban további feldolgozást igényel az értékesítés előtt.

Tehát a hulladékok értékes mellékterméknek tekinthetők, ha megfelelő műszaki eszközök állnak rendelkezésre az újrafeldolgozás költségeit meghaladó érték előállítására. A maradékok ebben az esetben nem tekinthetők hulladéknak, hanem nagyobb értékű termékké válnak. Az élelmiszer-feldolgozási maradékok hasznosítása lehetőséget kínál arra, hogy ezeket a melléktermékeket hasznos felhasználásra fordítsák. (Mateos-Aparicio és Matias 2019)

A mezőgazdasági melléktermékeket vagy agrármaradványokat főként mezőgazdasági termelésből, betakarításból és mezőgazdasági területeken történő feldolgozásból, valamint olyan mezőgazdasági feldolgozó iparágakból nyerik, mint az olajos magvak kitermelése, sörfőzde, a gabonaörlés, maláta gyártás, illetve gyümölcs- és zöldségfeldolgozás. Ezek a melléktermékek óriási potenciális fehérjeforrást rejtenek magukban az állati takarmányok számára, és bioüzemanyaggá, bioenergiává és egyéb termékekké is átalakíthatók gazdasági értéket termelő módon. (Jahanban-Esfahlan és mtsai. 2020)

A dió egy komoly gazdasági jelentőséggel bíró növény az élelmiszeriparban. Ehető része (mag vagy hús) világszerte elismert táplálkozási, egészségügyi és érzékszervi tulajdonságairól. A táplálkozási és egészségügyi értékekkel kapcsolatos tények elősegítették

a dió iránti lakossági kereslet élénkítését. Következésképpen a piacfejlesztési tevékenységek kibővültek, ami a dió fokozott használatához vezetett a snack-, sütés- és feldolgozott élelmiszer-ágazatban. A diófeldolgozás során keletkező melléktermékek természetes egészségügyi előnyei mellett nagy lehetőséget rejtenek magukban, hogy magas hozzáadott értékű termékekké váljanak (SÜRMEN és DEMİRBAŞ 2003). Sajnos ezeket a melléktermékeket szaktudás vagy infrastruktúra hiányában nem használják ki teljes mértékben.

A diót harapnivalóként, magában fogyasztják, de hozzá lehet adni reggeli gabonapelyhekhez, pékárukhoz, salátákhoz, tésztákhoz és levesekhez is. Így világszerte az első számú fogyasztói diófélének számít, amelyet a szupermarketek polcáról vásárolnak. Az ehető rész (mag vagy hús) kinyeréséhez a diót be kell gyűjteni, hámozni, szárítani szükséges, valamint a héját is el kell távolítani. E feldolgozási műveletek során jelentős mennyiségű melléktermék keletkezik, beleértve a leveleket, a zöld héjakat, a kemény héjakat és a törött szemeket. Potenciális értékük ellenére ezeknek a melléktermékeknek a többségét nem hasznosítják, és a környezetbe engedik, ami komoly környezetvédelmi problémákat vet fel. Ezen melléktermékek egészséges élelmiszer-összetevők és magas hozzáadott értékű termékek előállításában való hasznosítása növelheti a diófeldolgozó ipar jövedelmezőségét és kiküszöbölheti a környezetvédelmi aggályokat is (Jahanban-Esfahlan és mtsai. 2020).

A munkám során használt legfontosabb alapanyag a dióolaj gyártás során visszamaradt présfogácsa, úgynevezett dió pellet volt.

Az olajos magvakból történő olajkitermelést nagyon fontosnak tartják a különböző iparágakban, és ott különböző módszereket alkalmaztak attól függően, hogy a kivont olajat később hogyan lehet felhasználni. A mechanikai és kémiai (oldószerrel történő) extrakciós módszereket általában az olajos magvakból származó olaj kivonására alkalmazzák. A legtöbb irodalom szerint a mechanikai módszerekkel történő extrakció maximális hatékonysága körülbelül 80%-ra tehető, de oldószeres módszerekkel ennél magasabb olajkihozatali arányt érhetünk el (Mridula és mtsai. 2020).

Az olaj kivonására szolgáló kémiai módszerek azonban gyakran igen költségesek, és fennáll a gyulladás és a robbanás veszélye, ha a folyamat tűzzel érintkezik. Ezenkívül az olajkivonáshoz szükséges magas hőmérséklet negatív hatással van az étolajok biokémiai profiljára is (Ajibola, Okunade, és Owolarafe 2002).

Napjainkban az olajkitermelés mechanikai eljárásai egyre népszerűbbek, mivel egyszerűek és biztonságosak, kevesebb lépéssel rendelkező módszer, és a kivont olaj gyorsan feldolgozható. A mechanikai módszereket két csoportra oszthatóak, a meleg sajtolás és a hideg sajtolás módszerére (Oyinlola, Ojo, és Adekoya 2004). A forró préses módszerben az olajkivonás nagyobb aránya ellenére a hőmérséklet hatása az antioxidáns komponensek lebomlására a termékben jól látható (Ouchbani és mtsai. 2020). A hideg prés a legnagyobb biztonsággal rendelkező módszer az olajos magvakból származó olaj kinyerésére. E módszer szerint az extrakciós százalék különböző tényezők függvénye, mint például az extrakciós hőmérséklet, a termék nedvességtartalma, a termék felületére gyakorolt nyomás, a minta tömege stb. A dió (*Juglans regia L*) az egyik fő olajos magvak, amelyeket táplálkozási és gyógyászati tulajdonságai miatt a világ minden tájáról használnak. A fajtától, a nedvesség százalékos arányától és más környezeti tényezőktől függően a dióolaj mennyiségét 40% -ról 70% -ra jelentették (Labuckas, Maestri, és Lamarque 2014), (Lachman és mtsai. 2010), (Martínez és mtsai. 2010).

3.2 EXTRAHÁLÁS ELMÉLETI HÁTTERE

3.2.1 Az extrahálás általános bemutatása

Az extrakció egy olyan speciális szétválasztási művelet, amely során egy vagy esetenként több komponens kioldása, elválasztása érhető el, melyet egy szilárd vagy folyadék fázisból való kioldással, szelektív oldószer használatával valósítunk meg. A fázisok szétválasztása a szétválasztandó komponensek molekuláinak az eltérő polaritásán és oldhatóságán alapszik. Oldószereket tekintve megkülönböztetünk poláros és apoláros oldószereket. Poláros oldószer a víz, amely effektíven a hozzá hasonlóan poláros anyagokat oldja, az apoláros jelleggel rendelkező vegyületeket sokkal kevésbé hatékonyan.

A megfelelő polaritással rendelkező oldószer kiválasztásával az adott polaritású komponensek szelektíven extrahálhatóak (Schügerl 2013).

Az oldószerek gondos kiválasztása tehát kulcsfontosságú az eredményes extrakció elvégzéséhez.

Az extrakciós műveletek három nagy csoportba sorolhatóak, melyek a következők:

1. Szilárd-folyadék extrakció
2. Folyadék-folyadék extrakció
3. SCE (szuperkritikus extrakció)

Szilárd-folyadék extrakció

A szilárd- folyadék extrakció során a cél, hogy a szilárd halmazállapotú mintából oldószer segítségével oldjuk ki a kívánt komponenst. Természetesen az extrakciós folyamat nem szelektív, így minden más olyan anyag is kioldódik a szilárd anyagból, amely a mérés során nem kívánt, ezért az extraktumnak az esetek többségében további tisztítási műveleteken is át kell esnie. Az extrahálási folyamat előtt számos előkészítő műveletet kell végrehajtani annak érdekében, hogy a szilárd anyag részecskéi közé is képes legyen bejutni a használt oldószer. Ilyen előkészítési művelet például az őrlés, a szeletelés, illetve az aprítás is.

3.2.2 Az extrakciót befolyásoló tényezők

Az extrakciós folyamatot számos tényező befolyásolhatja melyeket az alábbiakban fejték ki részletesen.

Rendkívül fontos a megfelelő oldószer kiválasztása, hiszen az oldószer sűrűsége, polaritása, szelektivitása, illetve egyéb fizikai jellemzői, mint például a forráspontja igen nagy mértékben képesek befolyásolni az extrakciót. Az oldószer tulajdonságai mellett további extrakciót befolyásoló paraméterek a nyomás és a hőmérséklet. A hőmérséklet jelentős mértékben befolyásolja az oldódást, hiszen a hőmérséklet lecsökkenésével az addig korlátlanul elegyedő komponensek korlátoltan kezdenek elegyedni egymással, ami szintén akár negatívan is hathat az extrakció mértékére. Nagy jelentősége van továbbá az oldószer regenerálhatóságának is, amely az oldószer visszanyerhetősége miatt fontos.

4 ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1 A KÍSÉRLET ÉS A MÉRÉSEK HELYE

Kísérleteimet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusán, azon belül is az Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológiai Tanszék Laboratóriumában végeztem.

4.2 A KÍSÉRLET SORÁN FELHASZNÁLT ANYAGOK

- a) Milotai dióból készült pellet (Termesztés éve: 2021)
- b) Alsószentiváni dióból készült pellet (Termesztés éve: 2021)
- c) Extrakciós oldószer: 70%-os etanol, melyet desztillált víz és etanol megfelelő arányú keverékéből állítottam elő

A dió pellet

A kísérleti munkám során használt Alsószentiváni, illetve Milotai dió pelletet a Virgin Oil Press Kft. biztosította. A dió pelleteket a cég kifejezetten a kutatásunkhoz gyártotta. A pelletek a dióolaj készítése során keletkezett melléktermék, amely a magból kipréselt olaj után visszamaradt szárazanyag, melyeket felhasználásig mélyhűtőben tároltuk.

4.3 A KÍSÉRLET MENETE

4.3.1 A kísérlet paraméterei

Ebben a vizsgálatban az extrakciókat vizes etanollal végeztem. Olyan egyedi tényezők hatását vizsgálatam, mint az etanol koncentrációja, a folyadék és szilárd anyag aránya (L/S), az extrakciós hőmérséklet, illetve az oldatok kezelésének típusa az extrakció hatékonyságára.

4.3.2 Extrakció

A 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelethez tartozó 14. mellékletbe foglaltak alapján a Magyar Élelmiszerkönyv 1-2-2009/32 számú előírása az élelmiszerek előállítása során felhasználható extrakciós oldószerekről szóló rész alapján az élelmiszerek és élelmiszeralkotók, valamint nyersanyagok feldolgozásához használható extrakciós oldószerek a propán, a bután, az etil-acetát, az etanol, a szén-dioxid, az aceton, illetve a nitrogén-oxid. Ezeken a felsorolt oldószereken kívül még bizonyos feltételek (1,5-10 mg/kg) mellett a metanol is felhasználható extrakciós oldószerként.

A kísérletem során az extrakcióhoz az élelmiszeripar által gyakran használt oldószert, az etanolt választottam. A kísérletet az etanol 70%-os desztillált vízzel hígított oldatával végeztem, melyet 1:10 és 1:30-as arányban adagoltam a dió pellet mintákhoz. Egy késes daráló használatával finom porrá daráltam a fagyasztóból kivett és felengedett Milotai és Alsószentiváni típusú pelleteket. Ezt követően megfelelő mennyiségű, 70 %-os etanol tartalmú oldószert készítettem tiszta etanol és desztillált víz használatával. Az oldószert 1:10 és 1:30-as arányban alkalmaztam. Az előzetesen porrá őrölt diópelletekből digitális mérlegen mértem ki 1 g mintát, majd mindet mintakóddal ellátott Erlenmeyer lombikba helyeztem. Ezt követően 10, illetve 30 ml elkészített oldószert adtam hozzájuk. A kinyerhető értékes komponensek 60 percig tartó 20 és 60 °C-os kezelésnek vettem alá. A minták kétféle kezelést kaptak mindkét hőmérsékleten és mindkét oldószerarányban. Az extrakció hatásfokának növelése érdekében a Milotai és Alsószentiváni dió pellet mintákat 20 és 60°C-os FOSS Tecator, Fibertec System E-1024 típusú rázókádas vízfürdőben, illetve a BANDELIN cég által gyártott Sonorex Super RK 52 ultrahangos vízfürdőbe kezeltem. Az extrakciós idő leteltét követően a mintákat további 10 percen keresztül centrifugáltam 3000 1/s-os fordulatszámra a Thermo Scientific cég által gyártott Heraeus Megafuge 8 típusú készüléken. A centrifugálást követően a szemmel láthatóan jól elkülönülő folyadék, illetve szilárd fázis alakult ki. A felülúszót, tehát a folyadékfázist szűrőpapíron átszűrtem annak érdekében, hogy az elkülönült folyadékot, illetve szilárd fázist elválasszam egymástól. Az elválasztási művelet után a mintákat Petri-csészékbe öntöttem és 105°C-on 3 órán át szárítottam őket, azért, hogy az etanolos oldószer elpárologjon és csak az extrahált komponensek maradjanak vissza. A szárítás után a mintákat lefedtem és exsikkátorba helyeztem, majd az aktuális fenolos komponens tartalomra irányuló mérés előtt desztillált vízzel rehidatáltam őket. A színmérést a szárítási művelet előtt végeztem el.

1. táblázat Az alkalmazott extrahálási paraméterek

Oldószer arány	Bemért minta+oldószer (g+ml)	Kezelési mód	Kezelési hőmérséklet
1:10	1g+10ml	Vízfürdő	20°C
			60°C
		Ultrahang	20°C
			60°C
1:30	1g+30ml	Vízfürdő	20°C
			60°C
		Ultrahang	20°C
			60°C

2. táblázat A kísérlet során használt mintakódok jelmagyarázata

Mintakód	Mintatípus	Minta g : oldószer ml arány	Kezelési mód	Hőmérséklet
A10U20	Alsószentiváni	1:10	Ultrahang	20°C
A10U60	Alsószentiváni	1:10	Ultrahang	60°C
A10V20	Alsószentiváni	1:10	Vízfürdő	20°C
A10V60	Alsószentiváni	1:10	Vízfürdő	60°C
A30U20	Alsószentiváni	1:30	Ultrahang	20°C
A30U60	Alsószentiváni	1:30	Ultrahang	60°C
A30V20	Alsószentiváni	1:30	Vízfürdő	20°C
A30V60	Alsószentiváni	1:30	Vízfürdő	60°C
M10U20	Milotai	1:10	Ultrahang	20°C
M10U60	Milotai	1:10	Ultrahang	60°C
M10V20	Milotai	1:10	Vízfürdő	20°C
M10V60	Milotai	1:10	Vízfürdő	60°C
M30U20	Milotai	1:30	Ultrahang	20°C
M30U60	Milotai	1:30	Ultrahang	60°C
M30V20	Milotai	1:30	Vízfürdő	20°C
M30V60	Milotai	1:30	Vízfürdő	60°C

4.4 VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

A laborban végzett méréseim során összesen három mérési berendezést használtam, melyek a következők:

- Színmérő berendezés (CIELAB)
- Spektrofotometriás mérőberendezés összes polifenol-tartalom meghatározásához (TPC)
- Spektrofotometriás mérőberendezés antioxidáns kapacitás méréséhez (FRAP)

4.4.1 Színmérés

A Milotai és Alsószentiváni diópellet extraktum színmérését a Konica Minolta cég által gyártott és az élelmiszeriparban gyakran használt, Croma Meter CR 400 típusú digitális színmérő készülékkel végeztem. A színmérés a szabványos, Magyarországon is elfogadott általános CIELAB mérési rendszer alapján történt.

A minták színét a CIELAB színtér használatával vizualizáljuk és számszerűsítjük. A 3 dimenziós színtér három tengelyből épül fel, amelyek merőlegesek egymásra. Az L^* tengely adja a könnyedséget, amit világossági tényezőnek nevezünk: egy fehér objektum L^* értéke 100, a fekete objektum L^* értéke pedig 0. Az úgynevezett akromatikus színek, a szürke árnyalatai találhatóak az L^* -tengelyen. A kromatikus ("valódi") színeket a vízszintes síkban lévő két tengely használatával írják le. Az a^* tengely a zöld-piros tengely, a b^* –tengely pedig kék- $(-b^*)$ sárga $(+b^*)$ tengely. Az a^* és b^* értékei is -100 és +100 között változnak. Minden színt egy színpont jelöl a színtérben, a L^* , a^* és b^* pedig a színpont színekoordinátái.

A mérés során az extraktumokat 1x1 cm alapterületű üvegből készült küvettákba töltöttem és minden esetben három párhuzamos mérést végeztem, melynek eredményeit feljegyeztem.

4.4.2 Összes polifenol-tartalom meghatározás (TPC)

A pelletek összes fenolos komponens-tartalom meghatározását (Singleton és Rossi 1965) által leírt Total Polyphenolic Content módszer alapján végeztem Folin-Cicolteu reagens használatával. Az elektron leadásra képes fenolok, valamint antioxidánsok mérésére az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer. A módszer lényege, hogy a Folin-Cicolteu reagens jellegzetes intenzív sárga színét kölcsönző molibdén (VI) ion az elektronfelvétel hatására kék színű molibdén (V) ionná változik. Tehát a molibdén elektron akceptorként a reakció során színt vált.

Az így kapott kék színű elegy színváltozása spektrofotométert használva 765 nm-en detektálható. A kapott eredményeket minden esetben Gallusz savra vonatkoztatva adtam meg mg/100 g mértékegységben. A módszer számos előnyös és hátrányos tulajdonságot is hordoz magában. Egyértelmű előnye a módszernek, hogy kifejezetten egyszerű a mérési folyamat, könnyedén reprodukálható, illetve olcsó ugyanis a mérés elvégzéséhez nincs szükség drága, kifinomult laboratóriumi eszközökre. Ezzel szemben a mérés hátránya, hogy a reakciók igen alacsony pH-n mennek végbe, illetve a Cu (I) ionok, valamint az aszkorbinsav is képes redukálni a mérés során alkalmazott Folin-Cicolteu reagenst (Hegedűs és Stefánovicsné Bányai 2012)

4.4.3 Antioxidáns kapacitás mérése (FRAP)

Munkám során az extraktumok antioxidáns kapacitás mérést (Benzie és Strain 1996) által kifejlesztett Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) módszerrel alapján határoztam meg. A módszer alapja, hogy az antioxidáns hatású vegyületek a ferri-ionokat (Fe^{3+}) ferro-ionokká (Fe^{2+}) redukálják. Ebben a redukált formában alacsony pH-n a tripiridil-triazin (TPTZ) segíti elő a komplex képződést. A képződött termék (ferro-tripiridil-triazin) intenzív kék színű elegyet eredményez, így fotometriás elven működő berendezéssel 593 nm-en mérhető spektrofotometriás abszorbancia méréssel. A méréseket Hitachi U-2900 kétutas spektrofotométeren végeztem el. A kiértékelést az aszkorbinsav kalibrációs görbe segítségével végeztem. Az öt párhuzamos mérés eredményét $\mu\text{g ASE/ml}$ -ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra történő átszámítás után aszkorbinsav $\mu\text{g ASE/g sz.a}$ mértékegységben adtam meg. Az eredmények a vasionokkal (Fe^{3+}) szembeni redukáló képesség mértékét jellemzik. A módszernek az előzőhöz hasonlóan vannak előnyei és hátrányai is. Előnyként tartjuk számon, hogy a mérés egyszerű, olcsó, könnyen és gyorsan reprodukálható, illetve eszközigénye is viszonylag alacsony. Azonban igen nagy hátránya a használt módszernek, hogy nem képes minden komponens kimutatására. Például a kávésav esetén a reakcióidő túl hosszú, a karotinoidok vizsgálatánál szintén limitációi vannak a mérésnek, hiszen a karotinoidok nem rendelkeznek vasredukáló képességgel, továbbá vannak olyan antioxidánsok is melyekre nem elég érzékeny a módszer, hogy sikeresen kimutathatók legyenek (Hegedűs és Stefánovicsné Bányai 2012)

4.4.4 Statisztikai elemzés

A varianciaanalízis vagy szórásnégyzet-elemzés az angol ANOVA (analysis of variance) kifejezésből származik. A varianciaanalízis célja egy adott változóban megfigyelt variancia felosztása különböző variációs forrásoknak tulajdonítható komponensekre. (Saisana 2014)

Ez egy viszonylag egyszerű és informatív statisztikai elemzési módszert melyet több csoport elemzése esetén alkalmazunk. Ezzel az elemzéssel a megadott adathalmaz szóródását vizsgáljuk olyan szempontból, hogy a szórások ingadozását csak a véletlen okozza vagy van valamilyen olyan tényező, ami ezt a szóródást előidézi.

A varianciaanalízisnek két csoportja ismeretes, ezek az egytényezős, illetve a többtényezős varianciaanalízis. Az egytényezős analízis lényege, hogy egy populációból vett minták középértékeit összehasonlítsuk vele. Ezzel szemben a többtényezős analízis, már nem csak egy, hanem kettő vagy több faktor hatását vizsgálja az adott mintákra. A többtényezős varianciaanalízis előnye, hogy az egyes faktorok egészre ható vizsgálata mellett, a faktorok egymásra kifejtett hatását is vizsgálhatjuk. Munkám során a többtényezős varianciaanalízist alkalmaztam, melynél a vizsgált faktorok a következők voltak:

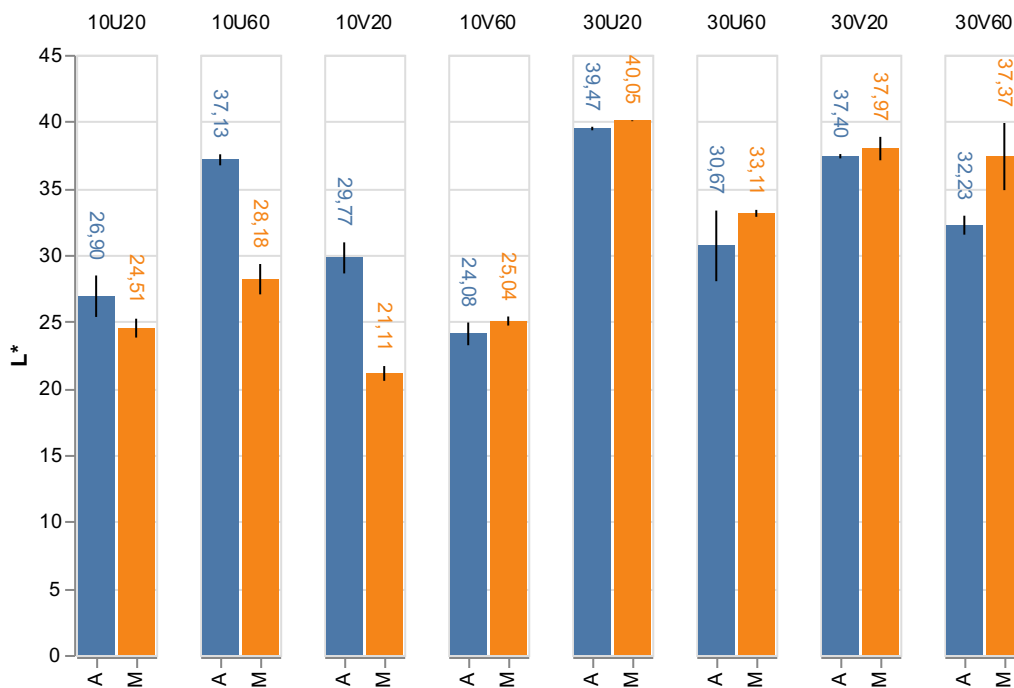
- A diópellet típusa (Alsószentiváni vagy Milotai)
- Az extrakció során alkalmazott oldószerarány (1:10, 1:30)
- A kezelési mód (vízfürdő, ultrahang)
- Az extrakciós hőmérséklet (20°C, 60°C)

Az analízis eredményeül kapott p-értékek azt mutatják meg, hogy 95%-os konfidenciaszinten az előbb felsorolt faktoroknak van-e hatása az általam mért értékekre, mind összes polifenol tartalom, mind antioxidáns kapacitás esetén. A varianciaanalízis eredmények a Python programozási nyelv segítségével, a Statmodels könyvtár (Seabold és Perktold 2010) használatával kerültek kiértékelésre.

5 EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

5.1 SZÍNMRÉRÉS

5.1.1 Alsószentiváni és Milotai dió pelletből készült extraktum színmérésének eredményei



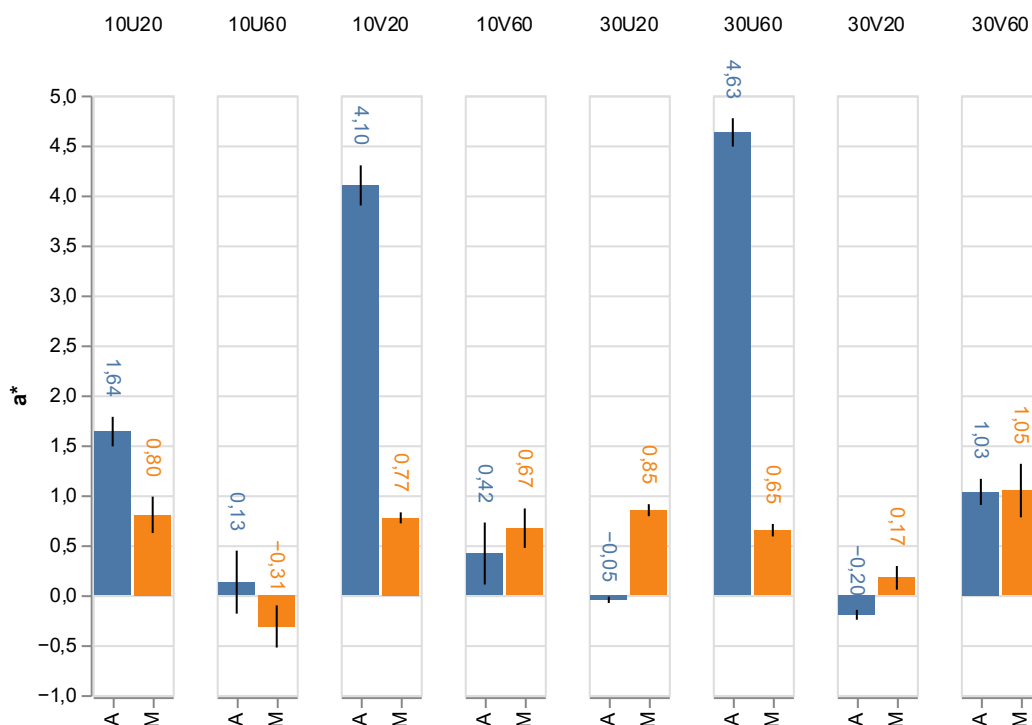
1. ábra Alsószentiváni és Milotai diópellet extraktum világossági tényező értékei (L^*)

A **1. ábrán** az extrakció során mért világossági tényezők értékei (L^*) láthatók mind a két diópellet esetén. Az Alsószentiváni minta értékei 24,08 (10V60) és 39,47 (30U20), míg a Milotai értékei 21,11 (10V20) és 40,05 (30U20) szélsőértékek közé esnek.

A Milotai minta esetében a szélsőértékek hasonló intervallumban mozognak 21,11-es minimum és 40,05-ös maximum értékekkel. Az Alsószentiváni mintával hasonlóan, a Milotai minta legnagyobb világossági tényező értéke a 30U20 paraméter kombináció mellett volt megfigyelhető, míg a 21,11-es minimum értéket a 10V20 azonosítójú közegben volt mérhető.

Azonos hígítási arány mellett a Milotai minta esetén csupán kisebb eltérések figyelhetők meg a mért értékek között, míg az Alsószentiváni esetén ennek az ellenkezője állapítható meg.

Szembevetendő eredmény, hogy az 1:30-as arányú oldószer használat mellett a minták L^* értéke érzékelhetően magasabb, azaz az oldat töménységének növekedésével a mért értékek is emelkednek.



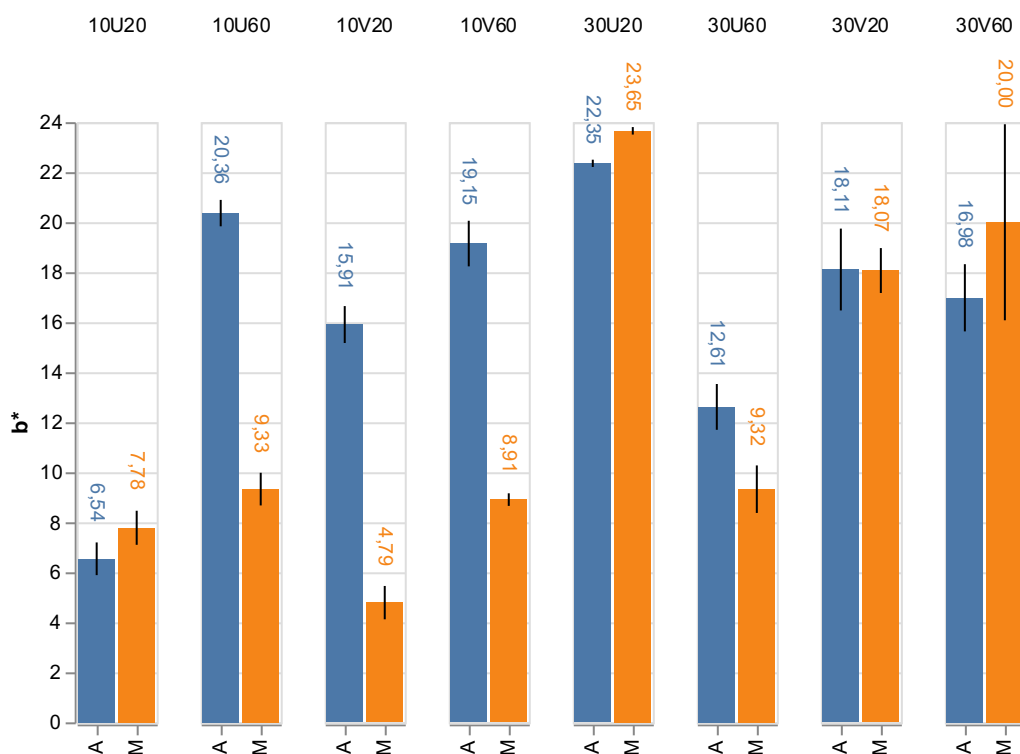
2. ábra Alsószentiváni és Milotai diópellet extraktum vörös-zöld színezet értékei (a^*)

A **2. ábrán** az extrakció során mért vörös-zöld színezet értékei (a^*) látható mind a két diópellet esetén. Az Alsószentiváni minta értékei -0,20 (30V20) és 4,63 (30U60), míg a Milotai értékei -0,31 (10U60) és 1,05 (30V60) szélsőértékek közé esnek.

A vizsgált minták azonos oldószer arány melletti viselkedésében közel azonos viselkedés figyelhető meg. 1:10-es oldószer arány használatával a hőmérséklet emelkedése alacsonyabb a^* értékeket eredményez, azaz a minták színe a zöldes tartomány irányába tolódik, míg az 1:30-as oldatarány használatával ahogyan a hőmérséklet 20 °C-ról 60 °C-ra nő, a vörös-zöld színezet értékek csökkennek, tehát a vöröses színtartomány felé haladnak az értékek.

Az egyetlen kivételt az előbb leírt viselkedés alól a Milotai minta képzí 1:30-as oldatarány, illetve vízfürdős kezelés kíséretében, ahol is a hőmérséklet emelkedésével az a^* érték szintén növekszik.

Megállapítható, hogy a legmagasabb értékek mind a két minta esetén 1:30-as arányú oldószer és 60 °C-os hőmérséklet mellett voltak mérhetőek.



3. ábra Alsószentiváni és Milotai diópellet kék-sárga színezet értékei (b*)

A **3. ábrán** az extrakció során mért kék-sárga színezet értékei (b*) látható mind a két diópellet esetén. Az Alsószentiváni minta értékei 6,54 (10U20) és 22,35 (30U20), míg a Milotai értékei 4,79 (10V20) és 23,65 (30U20) szélsőértékek közé esnek.

A vizsgált minták azonos oldószer arány melletti vizsgálata során hasonló viselkedés figyelhető meg. 1:10-es oldószer arány használatával a hőmérséklet növekedése nagyobb b* értékeket eredményez, azaz a minták színe a sárgás tartomány felé tolódik, míg az 1:30-as oldat használatával amint a hőmérséklet emelkedik, a kék-sárga színezet értékek csökkennek, tehát a kékes színtartomány felé haladnak az értékek.

Feltűnő szerkezeti hasonlóságot mutatva az a* értékek alakulásával, vízfürdős kezelés használata mellett a Milotai minta kivételt képez az előbb leírtakkal szemben: a hőmérséklet emelkedésével a b* értékekben szintén növekedés figyelhető meg.

Megállapítható, hogy a legmagasabb értékek mind a két minta esetén 1:30-as arányú oldószer és 20 °C-os hőmérséklet mellett kerültek megmérésre.

A szinkordináták kiértékelésének összefoglalásául megállapítható, hogy a használt oldatok etanol tartalmának növelésével enyhe növekedést figyelhattunk meg a színértékekben mind az Alsószentiváni, mind a Milotai minta esetében. Továbbá még az is felfedezhető, hogy alacsonyabb oldószer arány használata mellett a kezelési mód megváltoztatása nagyobb

mértékű színérték változást eredményez. A szélsőértékek vizsgálatát követően szintén megállapítható, hogy az 1:30-as oldószerarány használata és az ultrahangos kezelés alkalmazása eredményezte a legmagasabb színkoordináta értékeket.

Míg az utóbbi bekezdésekben a színértékek abszolút-és szélsőértékeiről értekeztem, a következő paragrafusokban a vizsgált extraktumok egymáshoz viszonyított színínger különbség értékeit analízálom. A mátrixban ábrázolt értékeket az alábbi képlet segítségével határoztam meg:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Ahol:

$$\Delta L^* = L^*_M - L^*_E$$

$$\Delta a^* = a^*_M - a^*_E$$

$$\Delta b^* = b^*_M - b^*_E$$

Amint az szembetűnő a **4. táblázat** és **5.táblázat** által feltüntetett mátrixokon, az adatszerkezet szimmetrikus. Ez a tulajdonság közvetlen következménye a fenti képletnek, melyben a négyzetre emelést követő gyökvonás azt eredményezi, hogy nem lesz eredménybeli különbség két különböző mintakódú extraktum különböző sorrendben történő összehasonlítása során. A gyakorlatban ez azt a triviálisan belátható összefüggést jelenti, hogy az A10U20-as és A10U60-as minták színértékeinek különbsége megegyezik az A10U60-as és A10U20-as mintákéval. A mátrix átlója képzi az adatszerkezet szimmetriatengelyét, melyben minden érték 0, mivel az átlóba eső cellák két azonos mintakódú extraktum (azaz egy és ugyanazon minta) színínger különbség értékét jelzi.

Annak érdekében, hogy ne csupán a színínger különbségek konkrét értékeit ábrázoljam, hanem azok érzéklettel való kapcsolatát is feltüntessem az alábbi diagrammokon, a következő logika szerint kategorizáltam a mért értékeket:

3. táblázat A mért színínger különbségek és az érzéklet közötti kapcsolat

Minta ΔE^*_{ab}	Vizuális érzéklet
$\Delta E^* < 1,5$	nem érzékelhető
$1,5 \leq \Delta E^* < 3$	érzékelhető
$3 \leq \Delta E^* < 6$	jól érzékelhető
$6 \leq \Delta E^*$	nagy

5.1.2 Alsószentiváni dió minták extraktumainak egymáshoz viszonyított színínger különbségei

4. táblázat Alsószentiváni diópellet extraktumok színmérés eredményeinek összehasonlítása

	A10U20	A10U60	A10V20	A10V60	A30U20	A30U60	A30V20	A30V60	Vizuális érzékelhetőség
A10U20	0,00	17,26	10,10	12,98	20,27	7,75	15,73	11,73	● nagy
A10U60	17,26	0,00	9,47	13,11	3,08	11,04	2,30	6,02	● jól érzékelhető
A10V20	10,10	9,47	0,00	7,52	12,36	3,45	9,02	4,07	● érzékelhető
A10V60	12,98	13,11	7,52	0,00	15,73	10,19	13,37	8,46	● nem érzékelhető
A30U20	20,27	3,08	12,36	15,73	0,00	13,93	4,73	9,09	
A30U60	7,75	11,04	3,45	10,19	13,93	0,00	9,93	5,86	
A30V20	15,73	2,30	9,02	13,37	4,73	9,93	0,00	5,43	
A30V60	11,73	6,02	4,07	8,46	9,09	5,86	5,43	0,00	

A 4. táblázat az Alsószentiváni extraktumok színértékeinek egymáshoz viszonyított színínger különbségeit szemlélteti. A nem azonos mintakódú extraktumok összehasonlításából kapott különbségek a 2,30 és 20,27 értékek között mozognak. A legkisebb különbség az A10U60-as, illetve A30V20-as mintakódú extraktumok között volt megfigyelhető, míg a legnagyobb különbség az A30U20-as és A10U20-as minták színei közt került megmérésre. Amint azt az ábra színkódolása is egyértelműsíti, a különbségek minden esetben legalább az „érzékelhető” kategóriába esnek, míg az esetek túlnyomó többségében a különbség „nagy”. Amint azt a A30V20-A30U20 és A30V60-A30U60 párok jelzik, a kezelési mód megváltoztatása „jól érzékelhető” színínger különbséget eredményez, ugyanakkor arányaiban kisebb változáshoz vezet, mint az oldószerarány vagy a hőmérséklet paraméterek finomhangolása.

5.1.3 Milotai dió minták extraktumainak egymáshoz viszonyított színinger különbségei

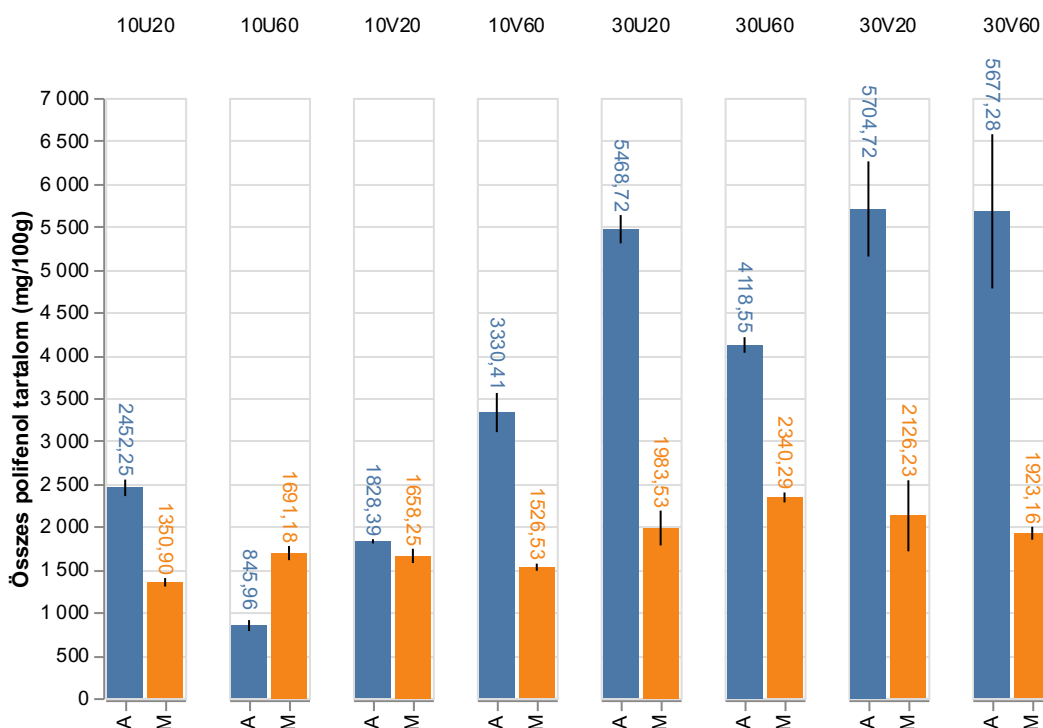
5. táblázat Milotai diópellet extraktumok színmérési eredményeinek összehasonlítása

	M10U20	M10U60	M10V20	M10V60	M30U20	M30U60	M30V20	M30V60	Vizuális érzékelhetőség
M10U20	0,00	4,14	4,53	1,25	22,22	8,75	16,96	17,74	● nagy
M10U60	4,14	0,00	8,47	3,31	18,65	5,03	13,14	14,15	● jól érzékelhető
M10V20	4,53	8,47	0,00	5,69	26,74	12,83	21,47	22,27	● érzékelhető
M10V60	1,25	3,31	5,69	0,00	21,05	8,08	15,85	16,59	● nem érzékelhető
M30U20	22,22	18,65	26,74	21,05	0,00	15,92	6,00	4,54	
M30U60	8,75	5,03	12,83	8,08	15,92	0,00	10,01	11,50	
M30V20	16,96	13,14	21,47	15,85	6,00	10,01	0,00	2,20	
M30V60	17,74	14,15	22,27	16,59	4,54	11,50	2,20	0,00	

A 5. táblázat a Milotai extraktumok színértékeinek egymáshoz viszonyított színinger különbségeit szemlélteti. A nem azonos mintakódú extraktumok összehasonlításából kapott különbségek az 1,25 és 26,74 értékek között mozognak. A legkisebb különbség az M10U20-as, illetve M10V60-as mintakódú extraktumok között volt megfigyelhető, míg a legnagyobb különbséget az M30U20-as és M10V20-as minták között fedezhetjük fel. Hasonlóan az Alsószentiváni mintához, a különbségek egy kivételével minden esetben legalább az „érzékelhető” kategóriába esnek, míg az esetek túlnyomó többségében a különbség „nagy”. Az egyetlen „nem érzékelhető” különbség, amely különböző mintakódú extraktumok között került megmérésre az M10V60-M10U20 párosnak tulajdonítható. Érdekes jelenség a Milotai minta esetében, hogy az 1:10-es arányú oldószerrel kezelt mintapárok közötti különbség, bár „jól érzékelhető”, mégis jelentősen kevésbé kitűnő az 1:30-as arányú oldószerrel kezeltetekhez viszonyítva. Ezt az állítást a mátrix első kvadránsában szereplő értékek támasztják alá.

5.2 ÖSSZES POLIFENOL TARTALOM MEGHATÁROZÁS

5.2.1 A mért értékek összes polifenol tartalma



4. ábra Alsószentiváni és Milotai dió pellet extrakcióval kinyert polifenol tartalma

A minták összes polifenol tartalmának meghatározásához az extrakciós lépéseket követően spektrofotometriás méréssel, minden mintából három párhuzamos mérést végeztem.

A **4. ábrán** egymás mellett láthatók az Alsószentiváni és a Milotai dió pelletből kapott extraktumok összes polifenol tartalma mg/100 g mértékegységben, a bemért extraktumra vonatkoztatva adtam meg. A mérési és számítási eredményekből is látszik, hogy a két különböző dió pellet eltérő értékeket vett fel. Az Alsószentiváni minta legalacsonyabb polifenol értéket (845,96mg/100g-ot) a 1:10-es oldószerarányú, 20 °C-on történt ultrahangos kezelésnél érte el. A legmagasabb polifenol tartalmat (5704,72 mg/100g-ot), pedig 1:30-as oldószerarány használatával értünk el, ahol vízfürdős kezelési módot és 20 °C-os hőmérsékletet alkalmaztunk. A **4. ábrán** bemutatott polifenol tartalom értékekből konklúzióként levonható, hogy - amint a kísérlet tervezésénél is feltételeztük - 1:30-as oldószerarány használatával jóval magasabb polifenol értékeket kaptunk, mint 1:10-es oldószeraránynál, tehát az alacsonyabb arányú oldószer használata sokkal kevésbé hatékony.

Előzetes feltevéseinkkel szembe megy a kapott eredmény, hiszen feltételezéseink szerint megemelt hőmérséklet (60 °C) mellett kellett volna magasabb polifenol tartalmat mutatnia a mintának, azonban ez nem teljesült, hiszen a legmagasabb polifenol kihozatal az Alsószentiváni dió pellet extraktumból 20°C-on valósult meg.

A Milotai minta esetén az Alsószentiváni mintával összevetve igen eltérő eredményeket kaptunk. A szélsőértékek sokkal szűkebb tartományban mozogtak, hiszen a legkisebb polifenol tartalom érték 1350,90 mg/100 g volt, míg a legnagyobb érték mindössze 2340,29 mg/100 g volt. A legkisebb polifenol kihozatalt szintén 1:10-es oldószerarány használatával, 20 °C-os ultrahangos kezelést alkalmazva kaptunk. A legnagyobb értéket azonban az Alsószentiváni mintához hasonlóan 1:30-as oldószerarány használatával kaptuk, itt megemelt (60°C-os) hőmérsékletet és ultrahangos kezelést is alkalmaztunk. A Milotai minták esetén is levonható az a következtetés, hogy az alkalmazott 1:10-es oldószerarány kevésbé volt hatékony, mint az 1:30-as. A kezelés módját, illetve az alkalmazott hőmérsékletet illetően a Milotai minta előfeltételezéseinkkel egybehangzóan viselkedett, ugyanis a legmagasabb polifenol tartalom ultrahangos kezelés és 60°C mellett volt tapasztalható. Ugyanakkor azt is ki kell emelni, hogy a Milotai minták esetén sokkal kisebb polifenol tartalom értékeket kaptunk az Alsószentiváni mintákhoz képest. Továbbá az is megállapítható, hogy a Milotai minták sokkal kevésbé voltak érzékenyek az extrakciós paraméterek megváltoztatására.

Annak érdekében, hogy ne csupán a diagrammok elemzése alapján jussunk következtetésre azzal kapcsolatban, hogy mely extrakciós paraméterek változtatása fejtett ki számottevő különbséget a mért polifenol tartalomra, az adatok többtényezős varianciaanalízisének eredményeit is megvizsgáltam.

5.2.2 A paraméterek összes polifenol tartalomra gyakorolt hatása

A diagrammok leíró elemzése mellett az eredmények statisztikai kiértékelését is elvégeztem varianciaanalízis segítségével.

6. táblázat Varianciaanalízis eredményei: Az extrakciós paraméterek összes polifenol tartalom értékre gyakorolt hatásai

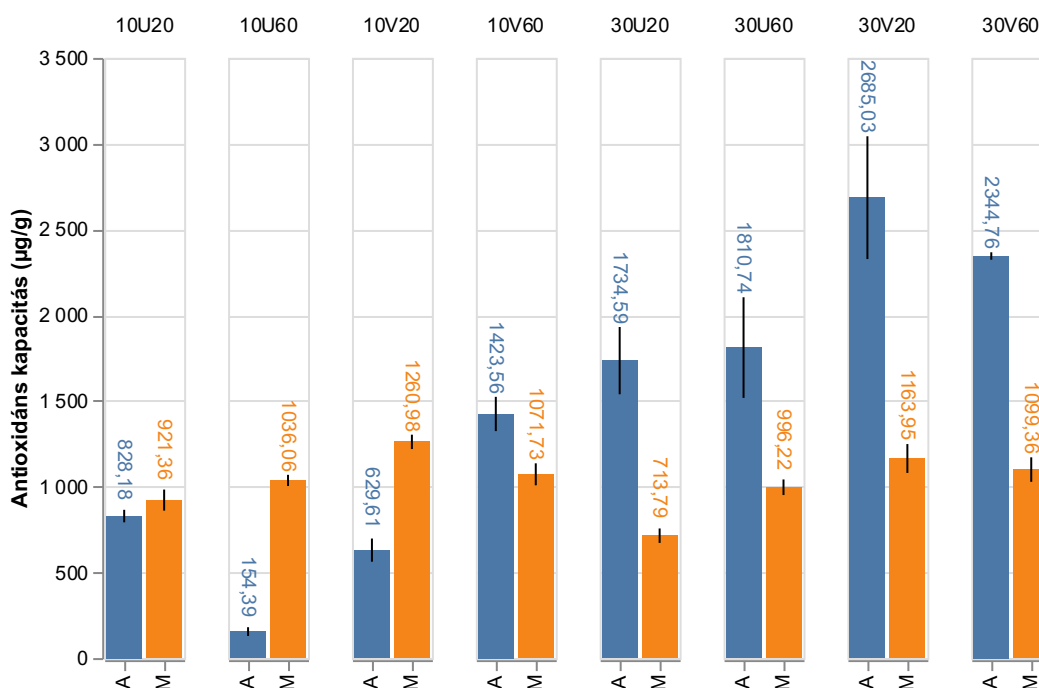
	F-statisztika	Szignifikanciaszint
Mintatípus	13,693	0,003
Oldószerarány	13,385	0,004
Kezelési mód	0,773	0,398
Hőmérséklet	0,078	0,785

Amint azt a **6. táblázat** rögzíti, mindössze két extrakciós paraméterhez tartozik 0,05 alatti szignifikanciaszint: a diópellet fajtájához és az oldószerarányhoz. Ez azt jelenti, hogy a diófajta, illetve az oldószerarány esetében kénytelenek vagyunk elvetni a varianciaanalízis nullhipotézisét és megállapítható, hogy az adott csoportokon belüli mérések átlagai közel sem egyenlőek, ezen paraméterek jelentős hatást gyakorolnak a minták összes polifenol tartalmára. Ezzel egyidőben megállapítható, hogy a kezelési mód és a hőmérséklet esetében a varianciaanalízis nullhipotézise beigazolódik, nincsen jelentős különbség az átlagok között.

Ez az eredmény összhangban van a **4. ábra** által bemutatott viselkedéssel, melyen egyértelműen látszik, hogy az Alsószentiváni és a Milotai minták összes polifenol tartalom értékei jól láthatóan eltérnek egymástól, illetve, hogy az 1:10-es és 1:30-as oldószerarány használata mellett szintén érezhetőek az eredménybeli differenciák.

5.3 ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS MEGHATÁROZÁSA

5.3.1 A mért értékek antioxidáns kapacitás tartalma



5. ábra Antioxidáns kapacitás meghatározása Alsószentiváni és Milotai dió pelletből extrahált minták esetén

Az antioxidáns kapacitás értékek esetén is hasonló tendencia figyelhető meg, mint az összes polifenol tartalom meghatározásánál. Az Alsószentiváni mintánál a minimum, illetve a maximum értékek között kifejezetten nagy diverzitás tapasztalható. Az Alsószentiváni minta legmagasabb értékét ismételten 1:30-as oldószerarány, vízfürdős kezelés és 20°C-on kaptunk, 2685,03 µg/g-ot. Az összes polifenol tartalom meghatározásnál tapasztaltakkal szintén egybevágó értéket kaptunk a legkisebb antioxidáns kapacitásnál is, mivel a legalacsonyabb érték (154,39µg/g) az 1:10-es oldószer arányú, 60 °C-on, ultrahanggal kezelt minta esetén volt megfigyelhető. Ennél a mérésnél is szembevetendő, hogy az 1:30-as oldószerarány használta eredményezte a magasabb értékeket, így következtetésképpen levonható, hogy az 1:10-es oldószerarány használata nem volt effektív.

A Milotai minták esetén már nem figyelhettünk meg ilyen szabályszerűséget. A kapott eredmények szélső értékei keskenyebb tartományban mozogtak az Alsószentiváni mintához képest. A legkisebb antioxidánskapacitás érték, 713,79µg/g volt, melyet 1:30-as oldószerarány és 20°C-os ultrahangos kezelés mellett mértünk. Ezzel szemben a legnagyobb értéket, 1260,98µg/g-ot az eddig tapasztaltaktól merőben eltérően 1:10-es oldószerarány és 20°C-os vízfürdős kezelést használva kaptuk eredményül.

A Milotai minták esetén megfigyelhető volt, hogy vízfürdős kezelési mód alkalmazása mellett magasabb antioxidáns kapacitás értékek kerültek detektálásra, az oldószer arányától függetlenül. Összegezve, a Milotai dió pellet extraktumok antioxidáns kapacitás tartalmát legnagyobb mértékben az alkalmazott kezelési mód befolyásolta. A minták kevésbé voltak érzékenyek a kezelési mód, illetve a hőmérséklet változtatására.

5.3.2 A paraméterek összes antioxidáns kapacitására gyakorolt hatása

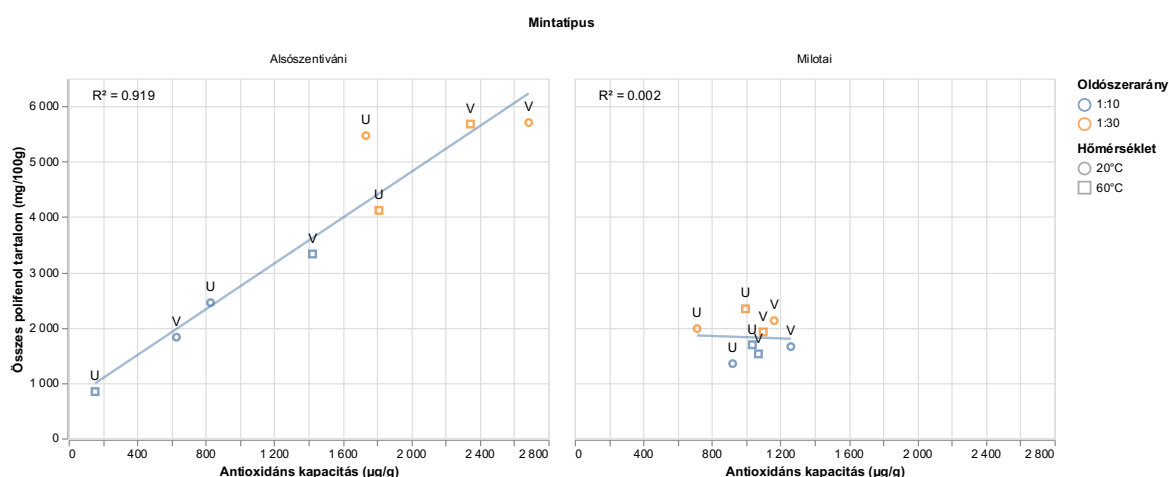
Hasonlóan az összes polifenol tartalom értékek vizsgálatához, ebben az esetben is a többtényezős varianciaanalízist hívtam segítségül, hogy megvizsgálhassam, mely extrakciós paraméterek változtatása fejtett ki számottevő különbséget a mért antioxidáns kapacitás értékekre.

7. táblázat Varianciaanalízis eredményei: Az extrakciós paraméterek összes polifenol tartalom értékre gyakorolt hatásai

	F-statisztika	Szignifikanciaszint
Oldószerarány	6,243	0,030
Kezelési mód	2,778	0,124
Mintatípus	2,565	0,138
Hőmérséklet	$9,452 \cdot 10^{-8}$	0,999

A 7. táblázat egyértelműsíti, hogy leginkább az oldószerarány változtatása volt hatással az antioxidáns kapacitás értékek változására, ugyanis ez az egyedüli faktor, amely szignifikanciaszintje 0,05 alá esik, lehetővé téve a varianciaanalízis nullhipotézisének elvetését. Az adatok, miszerint a többi paraméter változtatása nem eredményezett szignifikáns értékkülönbségeket, visszatükröződnek az 5. ábra eredményeiből is: a kezelési mód, a minta típusa, illetve a hőmérséklet változása önmagukban nem eredményeznek statisztikailag is jelentős differenciát.

5.4 ÖSSZES POLIFENOL TARTALOM ÉS ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS ÉRTÉKEK KÖZÖTTI KORRELÁCIÓ



6. ábra TPC és FRAP értékek közötti korreláció

A 6. ábrán az összes polifenol tartalom és az antioxidáns kapacitás értékek korrelációja látható mind az Alsószentiváni, mind a Milotai dió pelletből extrahált és számított értékekre. A megadott értékek között a korreláció annál erősebb minél közelebb áll a Pearson-együttható a (+1)-hez, illetve annál gyengébb minél közelebb áll a (−1)-hez.

Az Alsószentiváni pelletből kapott értékek esetén az R^2 értéket ($R^2 = 0,919$), vagyis a Pearson-együtthatót vizsgálva azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az összes polifenol tartalom értékek és az antioxidáns kapacitás értékek között erős korreláció áll fent. Erről tanúskodik a **6. a ábra** is, melyen látható, hogy az értékek majdnem tökéletesen illeszkednek a regressziós egyenesre.

A Milotai minta esetén az összes polifenol tartalom és az antioxidáns kapacitás értékek között meglepő módon – a kezdeti hipotézisünkkel szemben – egyáltalán nem figyelhető meg korreláció. Ez a **6. b ábrán** feltüntetett R^2 -értékből is látható, hiszen ($R^2 = 0,002$) értékkel a korreláció majdnem nulla, továbbá a regressziós egyenesre való illeszkedés sem értékelhető.

Bár az ábra elsősorban az összes polifenol tartalom és az antioxidáns kapacitás értékek közötti korrelációjának analízisére fókuszál, az is jól látható, hogy az 1:30-as oldószerarány használata eredményezte a legmagasabb összes polifenol tartalmakat.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A dió Magyarországon és világszinten egyaránt a legnagyobb mennyiségben termesztett csonthéjas gyümölcs, melyet hazánk kedvező éghajlati viszonyainak köszönhetően kiemelkedő minőségben tudnak termeszteni a gazdák. Dolgozatomban előre meghatározott extrakciós paraméterek legkedvezőbb kombinációját kerestem, annak érdekében, hogy megállapíthassam, milyen kezelési körülmények mellett maximalizálható a dió feldolgozása során visszamaradt melléktermék, a diópellet polifenol tartalma.

Munkám során az optimalizálási kísérletnél etanolos extrakciót végeztem 1:10, illetve 1:30-as oldószerarányral, 70%-os oldószertartalommal. Az extrakció hatásfokának növelése érdekében kétféle kezelési módot alkalmaztam, egy rázógépes vízfürdőt, valamint egy ultrahangos vízfürdőt, mindezt a hőmérséklet (20°C és 60°C) növelésével kiegészítve.

Az optimalizációs kísérlet eredményeit a CIELAB színmérésével, összes polifenol tartalom meghatározással (TPC), antioxidáns kapacitás méréssel (FRAP) és vizuális, illetve numerikus (ANOVA) statisztikai elemzésekkel állapítottam meg.

A különböző extrahálási paraméterekkel készült oldatok színeit vizsgálva megállapítható, hogy az L^* értékek azonos oldószerarány mellett a Milotai minta esetén mindössze kisebb eltérések figyelhetők meg, míg az Alsószentiváni minták esetén ennek az ellenkezője volt megállapítható. 1:30-as oldószerarány használata mellett a minták L^* értékei magasabbak voltak és az oldat töménységének növelésével a mért értékek is nőttek. A vizsgált minták 1:10-es oldószer arány használatával a hőmérséklet emelkedése alacsonyabb a^* értékeket eredményezett, a minták színe a zöldes tartomány irányába tolódott, míg az 1:30-as oldatarány használatával, ahogyan a hőmérséklet 20 °C-ról 60 °C-ra nőtt, a vörös-zöld színezet értékek csökkentek, tehát a vörös színtartomány felé haladtak az értékek. Az 1:10-es oldószer arány alkalmazása során a hőmérséklet növekedése nagyobb b^* értékeket eredményezett, a minták színe a sárgás tartomány felé tolódott, míg az 1:30-as oldat használatával amint a hőmérséklet emelkedett, a kék-sárga színezet értékek csökkentek, tehát a kékes színtartomány felé haladtak az értékek.

A minták összes polifenol tartalom mérési eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy a kapott értékeket legnagyobb mértékben a használt oldószerarány és a dió típusa befolyásolta. A minták kevésbé voltak érzékenyek a kezelési mód, illetve a hőmérséklet változtatására a TPC értékek változásának tekintetében.

Ahogy az a varianciaanalízis szintén alátámasztotta, az antioxidáns kapacitás értékek esetében kizárólag az oldószerarány bizonyult szignifikáns hatással rendelkező tényezőnek.

A kísérleti munkát megelőzően felállított hipotézissel szemben azt az eredményt kaptuk, hogy a két különböző típusú diópellet ugyanazon paraméterek mellett merőben eltérő módon viselkedik.

A Milotai diópellet extrahálási optimumát az említett paraméterek mellett nem sikerült meghatározni. Ezt figyelembe véve további kutatásokat és kísérleteket lehetne végezni a Milotai diópellet maximális bioaktív komponenseinek kinyerése érdekében. A kísérleti munkát az általam használt paraméterektől eltérően, különböző oldószerrel, oldószerarányal, kezeléssel, extrakciós idő és hőmérséklet értékek változtatásával valósítanám meg.

Dolgozatom eredményeképp megállapítható, hogy a kinyerhető fenolos komponens tartalom maximalizálásához a vizsgált paraméterkombinációk közül a legkedvezőbb eset az Alsószentiváni diópellet 1:30-as oldószerarány melletti 20°C-on történő vízfürdős kezelése. A munkám konklúziója reményeim szerint eredményesen hasznosítható lesz abban az aktuálisan folyó¹ doktori kutatásban, melynek célkitűzése egy olyan ehető bevonat készítése dióra, ami sikeresen gátolja a lipidoxidációt, ezzel késleltetve a csonthéjas avasodását.

¹ A dolgozat írásának idején, a 2022. 10. 25. dátumot figyelembe véve

7 IRODALOMJEGYZÉK

1. Ajibola, O.o., D.a. Okunade, és O.k. Owolarafe. 2002. „Oil Point Pressure of Soybean”. *Journal of Food Process Engineering* 25 (5): 407–16. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2002.tb00574.x>.
2. Albert, Christine M., J. Michael Gaziano, Walter C. Willett, és JoAnn E. Manson. 2002. „Nut Consumption and Decreased Risk of Sudden Cardiac Death in the Physicians’ Health Study”. *Archives of Internal Medicine* 162 (12): 1382–87. <https://doi.org/10.1001/archinte.162.12.1382>.
3. Amaral, Joana S., Susana Casal, José A. Pereira, Rosa M. Seabra, és Beatriz P. P. Oliveira. 2003. „Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, Oxidative Stability, and Nutritional Value of Six Walnut (*Juglans Regia* L.) Cultivars Grown in Portugal”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51 (26): 7698–7702. <https://doi.org/10.1021/jf030451d>.
4. Anderson, K. J., S. S. Teuber, A. Gobeille, P. Cremin, A. L. Waterhouse, és F. M. Steinberg. 2001. „Walnut Polyphenolics Inhibit in Vitro Human Plasma and LDL Oxidation”. *The Journal of Nutrition* 131 (11): 2837–42. <https://doi.org/10.1093/jn/131.11.2837>.
5. Benzie, Iris F.F., és J.J. Strain. 1996. „The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay”. *Analytical Biochemistry* 239 (1): 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>.
6. Carvalho, Márcia, Pedro J. Ferreira, Vanda S. Mendes, Renata Silva, José A. Pereira, Carmen Jerónimo, és Branca M. Silva. 2010. „Human Cancer Cell Antiproliferative and Antioxidant Activities of *Juglans Regia* L.” *Food and Chemical Toxicology* 48 (1): 441–47. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.10.043>.
7. „Dió fajták - Dió Info”. é. n. Elérés 2022. október 22. <https://dioinfo.hu/dio-fajtak/>.
8. „FAO,2016”. é. n. Elérés 2022. október 22. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
9. Fraser, Gary E. 2003. Diet, Life Expectancy, and Chronic Disease: Studies of Seventh-Day Adventists and Other Vegetarians. Oxford University Press.
10. Glade, M. J. 1999. „Food, Nutrition, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective. American Institute for Cancer Research/World Cancer Research Fund, American Institute for Cancer Research, 1997”. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 15 (6): 523–26. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(99\)00021-0](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(99)00021-0).
11. Hegedűs, Attila, és Éva Stefánovicsné Bányai. 2012. *Természetes antioxidáns forrásunk: A gyümölcs*. Debreceni Egyetem AGTC, Kertészettudományi Intézet.

12. Jahanban-Esfahlan, Ali, Rana Jahanban-Esfahlan, Mahnaz Tabibiazar, Leila Roufegarinejad, és Ryszard Amarowicz. 2020. „Recent Advances in the Use of Walnut (*Juglans Regia* L.) Shell as a Valuable Plant-Based Bio-Sorbent for the Removal of Hazardous Materials”. *RSC Advances* 10 (12): 7026–47. <https://doi.org/10.1039/C9RA10084A>.
13. Kamara, Nemzeti Agrárgazdasági. é. n. „A magyar diótermesztés helyzete és lehetőségei”. *nak.hu*. Elérés 2022. október 22. <https://www.nak.hu/agazati-hirek/mezogazdasag/146-novenytermesztes/92991-a-magyar-diotermesztes-helyzete-es-lehetosegei>.
14. Labuckas, Diana, Damián Maestri, és Alicia Lamarque. 2014. „Effect of Different Oil Extraction Methods on Proximate Composition and Protein Characteristics of Walnut (*Juglans Regia* L.) Flour”. *LWT - Food Science and Technology* 59 (2, Part 1): 794–99. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.06.038>.
15. Lachman, Jaromír, Matyáš Orsák, Alena Hejtmánková, és Eva Kovářová. 2010. „Evaluation of Antioxidant Activity and Total Phenolics of Selected Czech Honeys”. *LWT - Food Science and Technology* 43 (1): 52–58. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.008>.
16. Marangoni, Franca, Claudio Colombo, Antonella Martiello, Andrea Poli, Rodolfo Paoletti, és Claudio Galli. 2007. „Levels of the N-3 Fatty Acid Eicosapentaenoic Acid in Addition to Those of Alpha Linolenic Acid Are Significantly Raised in Blood Lipids by the Intake of Four Walnuts a Day in Humans”. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD* 17 (6): 457–61. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2006.02.004>.
17. Martínez, Marcela L, Diana O Labuckas, Alicia L Lamarque, és Damián M Maestri. 2010. „Walnut (*Juglans Regia* L.): Genetic Resources, Chemistry, by-Products”. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90 (12): 1959–67. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4059>.
18. Mateos-Aparicio, I., és A. Matias. 2019. „Chapter 9 - Food Industry Processing by-Products in Foods”. In *The Role of Alternative and Innovative Food Ingredients and Products in Consumer Wellness*, szerkesztette Charis M. Galanakis, 239–81. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816453-2.00009-7>.
19. Moshfegh, Alanna J., Donna G. Rhodes, és Carrie L. Martin. 2022. „National Food Intake Assessment: Technologies to Advance Traditional Methods”. *Annual Review of Nutrition* 42 (1): 401–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-062320-110636>.
20. Mridula, Devi, Dhirtiman Saha, Rajkumar Gupta, Sheetal Bhadwal, Simran Arora, Pankaj Kumar, és Sonmati Kumar. 2020. „Oil expelling from whole and dehulled sunflower seeds: Optimization of screw pressing parameters and Physico-chemical quality”. *International Journal of Chemical Studies* 8 (július): 4002–9. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4ay.10274>.

21. Muñoz, S., M. Merlos, D. Zambón, C. Rodríguez, J. Sabaté, E. Ros, és J. C. Laguna. 2001. „Walnut-Enriched Diet Increases the Association of LDL from Hypercholesterolemic Men with Human HepG2 Cells”. *Journal of Lipid Research* 42 (12): 2069–76.
22. Ouchbani, Tarik, Mohammed Bennis, Anass Khaili, Mohamed Zahar, és Mitsutoshi Nakajima. 2020. „Effects of the Heating Temperature during the Press Extraction Process on the Yield and Quality of Cosmetic Argan Oil”. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* 6 (1): 11. <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00224-5>.
23. Oyinlola, Ademola, A. Ojo, és L. O. Adekoya. 2004. „Development of a Laboratory Model Screw Press for Peanut Oil Expression”. *Journal of Food Engineering* 64 (2): 221–27. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2003.10.001>.
24. Rahman, Mohammad Shafiur, szerk. 2020. *Handbook of Food Preservation*. 3. kiad. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429091483>.
25. Ros, Emilio, Isabel Núñez, Ana Pérez-Heras, Mercè Serra, Rosa Gilabert, Elena Casals, és Ramón Deulofeu. 2004. „A Walnut Diet Improves Endothelial Function in Hypercholesterolemic Subjects: A Randomized Crossover Trial”. *Circulation* 109 (13): 1609–14. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000124477.91474.FF>.
26. Saisana, Michaela. 2014. „Analysis of Variance”. In *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research*, szerkesztette Alex C. Michalos, 162–65. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_83.
27. Sánchez-González, Claudia, Carlos J. Ciudad, Véronique Noé, és Maria Izquierdo-Pulido. 2014. „Walnut Polyphenol Metabolites, Urolithins A and B, Inhibit the Expression of the Prostate-Specific Antigen and the Androgen Receptor in Prostate Cancer Cells”. *Food & Function* 5 (11): 2922–30. <https://doi.org/10.1039/c4fo00542b>.
28. Schügerl, Karl. 2013. *Solvent Extraction in Biotechnology: Recovery of Primary and Secondary Metabolites*. Springer Science & Business Media.
29. Seabold, Skipper, és Josef Perktold. 2010. „statsmodels: Econometric and statistical modeling with python”. In *9th Python in Science Conference*.
30. Şen, Mehmet, és Turan Karadeniz. 2015. „The nutritional value of walnut”. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 11 (január): 68.
31. Simopoulos, A. P. 2002. „The Importance of the Ratio of Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acids”. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 56 (8): 365–79. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(02\)00253-6](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(02)00253-6).
32. Singleton, V. L., és Joseph A. Rossi. 1965. „Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents”. *American Journal of Enology and Viticulture* 16 (3): 144–58.

33. Sürmen, Yusuf, Ayhan Demirbaş. 2003. „Cofiring of Biomass and Lignite Blends: Resource Facilities; Technological and Environmental Issues”. *Energy Sources* 25 (3): 175–87. <https://doi.org/10.1080/00908310390142226a>.
34. „The Role of Nuts in a Healthy Diet”. é. n. Nuthealth.Org. Elérés 2022. október 22. <https://nuthealth.org/research/the-role-of-nuts-in-a-healthy-diet/>.
35. „Walnuts - an overview | ScienceDirect Topics”. é. n. Elérés 2022. március 21. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/walnuts>.
36. Woodroof, J. G. 1979. „Tree nuts: production, processing, products - 2. ed.” Westport, Conn. (USA) Avi Pub.
37. Zhao, Guixiang, Terry D. Etherton, Keith R. Martin, Sheila G. West, Peter J. Gillies, és Penny M. Kris-Etherton. 2004. „Dietary Alpha-Linolenic Acid Reduces Inflammatory and Lipid Cardiovascular Risk Factors in Hypercholesterolemic Men and Women”. *The Journal of Nutrition* 134 (11): 2991–97. <https://doi.org/10.1093/jn/134.11.2991>.