

DIPLOMADOLGOZAT

Kereszturi Julianna

2023.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszermérnöki mesterképzési (Msc) szak

**CSOMAGOLÓANYAG HATÉKONYSÁGÁNAK
VIZSGÁLATA DIÓBÉL (*JUGLANS REGIA L.*)
ELTARTHATÓSÁGÁRA**

Belső konzulens: Dr. Máté Mónika
Egyetemi docens

Belső konzulens Élelmiszertudományi és Technológiai
intézete/tanszéke: Intézet, Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás
Technológia Tanszék

Készítette: **Kereszturi Julianna**

Budapest

2023

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. CÉLKITŰZÉS	2
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	3
3.1. A HÉJASOK ELTERJEDÉSE, TERMESZTÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A DIÓRA	3
3.2. A DIÓBÉL BELTARTALMI JELLEMZŐI	7
3.3. A DIÓ POZITÍV TÁPLÁLKOZÁS-ÉLETTANI HATÁSAI	11
3.3. A DIÓ FELDOLGOZÁSA	12
3.3.1. FRISS ÉS SZÁRÍTOTT DIÓ ÉS DIÓBÉL FELHASZNÁLÁSA	12
3.3.2. DIÓKRÉM	12
3.3.3. DIÓOLAJ	13
3.3.4. DIÓTÖRKÖLY	13
3.2. CSOMAGOLÓANYAGOK ÉS CSOMAGOLÁSOK	14
3.2.1. HAGYOMÁNYOS, EGYKOMPONENSŰ CSOMAGOLÓANYAGOK	14
3.2.2. POLITEJSAV (PLA) ÉS ALKALMAZÁSAI	14
3.2.3. TÁRSÍTOTT CSOMAGOLÓANYAGOK	15
3.2.3.1. FÉMGŐZÖLT POLIPROPILÉN	15
3.2.4. VÁKUUMCSOMAGOLÁS	16
3.2.5. MÓDOSÍTOTT ATMOSZFÉRÁS CSOMAGOLÁS (MAP)	16
3.4. HÉJASOK TÁROLÁS ALATTI VÁLTOZÁSA	16
4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	20
4.1. KÍSÉRLETEK HELYE	20
4.2. A KÍSÉRLETI MUNKA MENETE	20
4.3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	22
4.3.1. MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE A MÉRÉSEKHEZ	22
4.3.2. EXTRAKTUM KÉSZÍTÉSE SPEKTOFOTOMETRIÁS ÉS HPLC MÉRÉSEKHEZ	23
4.3.3. CIELAB SZÍNKOORDINÁTÁK MÉRÉSE, SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG SZÁMÍTÁSA	23
4.3.4. ÖSSZES SZÁRAZANYAGTARTALOM MÉRÉSE	24
4.3.5. ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS MEGHATÁROZÁSA	24
4.3.6. ÖSSZES POLIFENOL-TARTALOM	25
4.3.8. FLAVONOID ÖSSZETÉTEL	26
4.3.9. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL	27

4.3.10. MINTAELŐKÉSZÍTÉS E-VITAMIN-TARTALOM MÉRÉSÉHEZ	27
4.3.11. TOKOFEROLOK HPLC-S MÉRÉSI MÓDSZERE	29
5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	30
5.1. CIELAB SZÍNKOORDINÁTÁK ÉS SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG	30
5.1.1. SZÍNKOORDINÁTÁK	30
5.1.2. SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG	33
5.2. ÖSSZES SZÁRAZANYAGTARTALOM	35
5.3. MINTÁK ANTIOXIDÁNS-KAPACITÁSA	35
5.4. ÖSSZES POLIFENOL-TARTALOM	36
5.5. ÖSSZES FLAVONOID TARTALOM	37
5.6.1. FENOLOS VEGYÜLETEK MEGHATÁROZÁSA	38
5.7. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL	40
5.8. E-VITAMIN TARTALOM	40
6. ÖSSZEFOGLALÁS	42
HIVATKOZÁSOK	

1. BEVEZETÉS

A kertészeti iparágak világszintű növekedésével és a megtermelt nyersanyagok feldolgozásával együtt megnövekedett az általuk termelt hulladék vagy melléktermék mennyisége is. Ezek sok esetben emberi fogyasztásra alkalmasak, sőt általában rostban, antioxidánsban és vitaminokban gazdagok, tehát élelmiszerek tápanyag-dúsítására is alkalmasak. Eredeti formájukban azonban kevésbé gusztusosak, gyorsan romlanak, ezért további feldolgozást igényelnek. Ilyen melléktermék csoport a törkölyök csoportja, melyek különböző gyümölcsök préselése után visszamaradt pépek vagy pelletek, mint például az almálé nyerése közben keletkező almatörköly, vagy a dióolaj sajtolásakor képződő diótörköly.

A diótörköly jelentős mennyiségben tartalmaz biológiailag aktív vegyületeket, melyek természetes tartósító hatással bírnak. Az utóbbi időben nagy hangsúly helyeződik azokra a kutatásokra, melyek próbálják kihasználni a törkölyökben rejlő biológiailag értékes összetevők hatásait.

Kutatásom során egyéves tárolási időszakon keresztül vizsgáltam az ezen vegyületeket tartalmazó diótörköly-kivonat (extraktum) és kétféle csomagolóanyag (fémgőzölt polipropilén és politejsav) hatását az alábbi, a dióbél minőségét meghatározó paraméterekre és összetevőkre:

- összes szárazanyagtartalom
- összes polifenol-tartalom és összes flavonoid tartalom (spektrofotometriásan)
- antioxidáns státusz: FRAP-érték
- E-vitaminok (HPLC-vel)
- flavonoid összetétel (HPLC-vel)
- zsírsav-összetétel GC-FID módszerrel)

A kutatás várható eredményei:

- fajtaajánlás a csomagolt állapotban történő tároláshoz
- ismeretek, tapasztalatok bővítése az új generációs csomagolóanyagok alkalmazási lehetőségeiről
- tokoferolok és zsírsav-összetételi változások nyomon követése
- a dió-pellet értékes polifenoljainak további alkalmazhatósága

Reményeim szerint a dióolaj nyerés során visszamaradt törkölyből nyert polifenolokból készített bevonatok olyan hatással lesznek a beltartalmi és egyéb minőségi jellemzőkre, hogy érdemes lesz ebben a formában felhasználni.

2. CÉLKITŰZÉS

Kutatásom fő irányát egyrészt az olajgyártás során visszamaradt pellet (diótörköly) értékes anyagának kinyerése képezi. Ennek jegyében a dió feldolgozása során visszamaradt diótörkölyből kivont természetes eredetű, tartósító hatású vegyületeket (polifenolok) bevonatként használtam fel és a hatását vizsgáltam a tárolás alatt. Annak érdekében, hogy a kísérlet minél kevesebb zavaró tényezőt tartalmazzon, úgy döntöttem, hogy a diótörkölyökből kivont polifenolokkal olyan fajtájú diókat vonok be, mint amilyenből a polifenol is származik. A dióbél csomagolása során hagyományos (műanyag-fém társított), valamint új generációs csomagolóanyagokat (PLA) is bevontam a kísérletbe. Ezen felül a csomagolás belsejében lévő levegő összetételének hatását is vizsgáltam.

Egyik célom az, hogy megbizonyosodjak arról, hogy a dióolaj gyártás mellékterméke felhasználható hozzáadott értéket növelő folyamatokhoz, ezzel is csökkentve az élelmiszeripar által termelt hulladék mennyiségét.

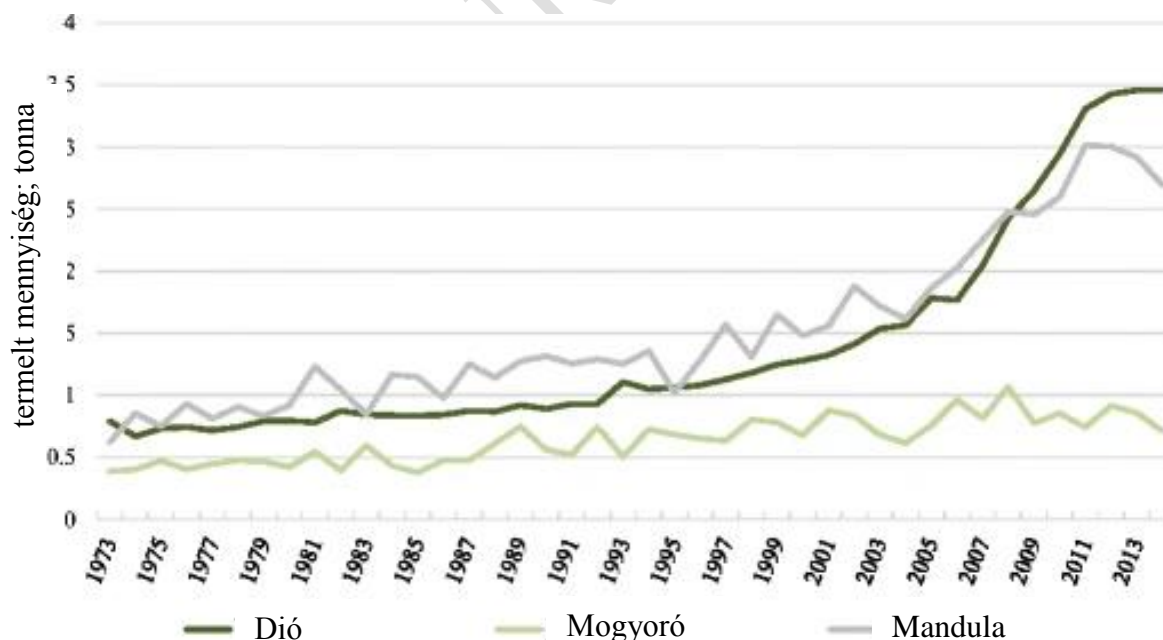
Másik célom az, hogy megvizsgáljam a különböző csomagolóanyagok és csomagoláson belüli légösszetételek milyen hatást gyakorolnak a dióminták beltartalmi jellemzőire 8 hónap tárolás után.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A HÉJASOK ELTERJEDÉSE, TERMESZTÉSE, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A DIÓRA

A héjas gyümölcsök névadó jellemzője a kemény héj, ami az – általában – ehető magot védi. Ezen élelmiszerek magas rosttartalom mellett magas zsírtartalommal is jellemezhetők, ezáltal zsíroltható vitaminokban is gazdagok. Termesztésük körülményes, költséges és hosszadalmas folyamat (ipari diófajtáknál is a palántázástól számítva több év, mire termőre fordul a növény), az ültetvények megtérülési ideje több évtized (Verma, 2014).

Az, amit a világ legtöbb táján közönséges diónak neveznek (*Juglans regia* L., vagy perzsa dió), az egyik legrégebbi gyümölcsfaj, melynek a régi Perzsa Birodalmat (ma már Irán terület) tartják őshazájának. Rendszertanilag a bükkfavirágúak (Fagales) rendjének diófafélék (Juglandaceae) családjába tartozik (Bernáth, 2013). Ma már világszerte termesztik, elsősorban: Észak-Amerikában Kalifornia területén (Amerikai Egyesült Államok); Európában Franciaország, Szerbia, Görögország, Bulgária, Románia és Magyarország; Ázsiában Kína; Közép-Amerikában Mexikó; Dél-Amerikában pedig Chile a fő termesztő országok (Ziarati és Aryapak, 2014).



1. ábra: A világ héjas dió, mogyoró és mandula termelése 1973 és 2014 között (Bernard és munkatársai, 2017)

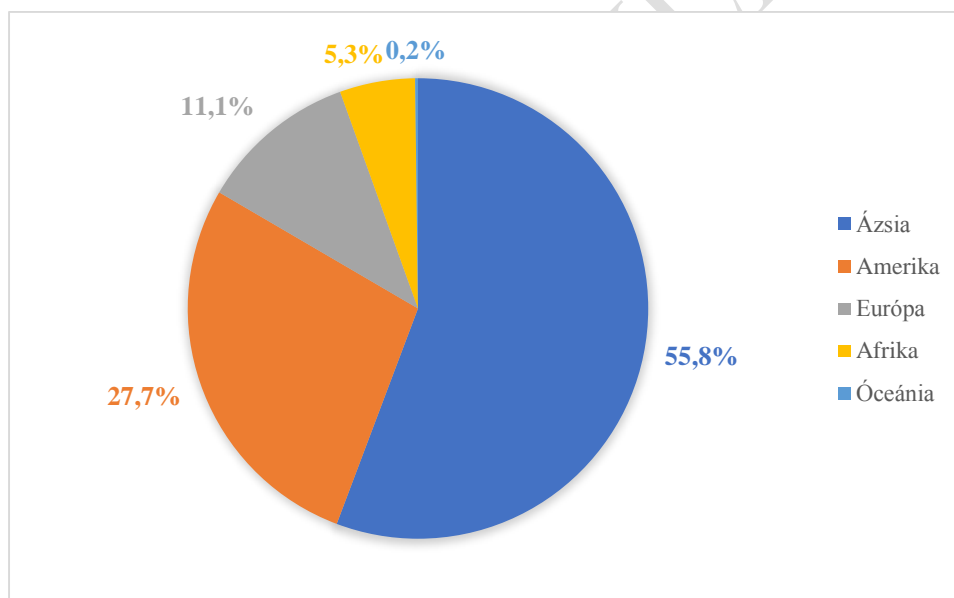
A közönséges dió a mérsékelt égövi és az északi mediterrán országokban is elterjedt. Az egymástól eltérő klímájú termőhelyeken szelekciós munkával különböző fajtaköröket hoztak

létre. A fajtákat termésalak (gömb, hengeres), termésméret, törhetőség (bél kétharmad része egészben marad), béltartalom (40-55%), bélminőség és a csonthéj felülete (erezett, rajzoltos, dudoros) alapján különítik el (G. Tóth, 1997).

A diófák fajtától függően 10-40 méter magasra is megnőhetnek. Méretükből és allelopatikus folyamataikból fakadóan kiemelkedő szerepet töltenek be minden flórában és faunában, ahol megtalálhatóak. Az állatvilágot élelmiszerral, odúval és árnyékkal szolgálják, míg az agrárium számára felhasználható az általa termelt juglon, mint gyomirtószer (de Scisciolo és munkatársai, 1990).

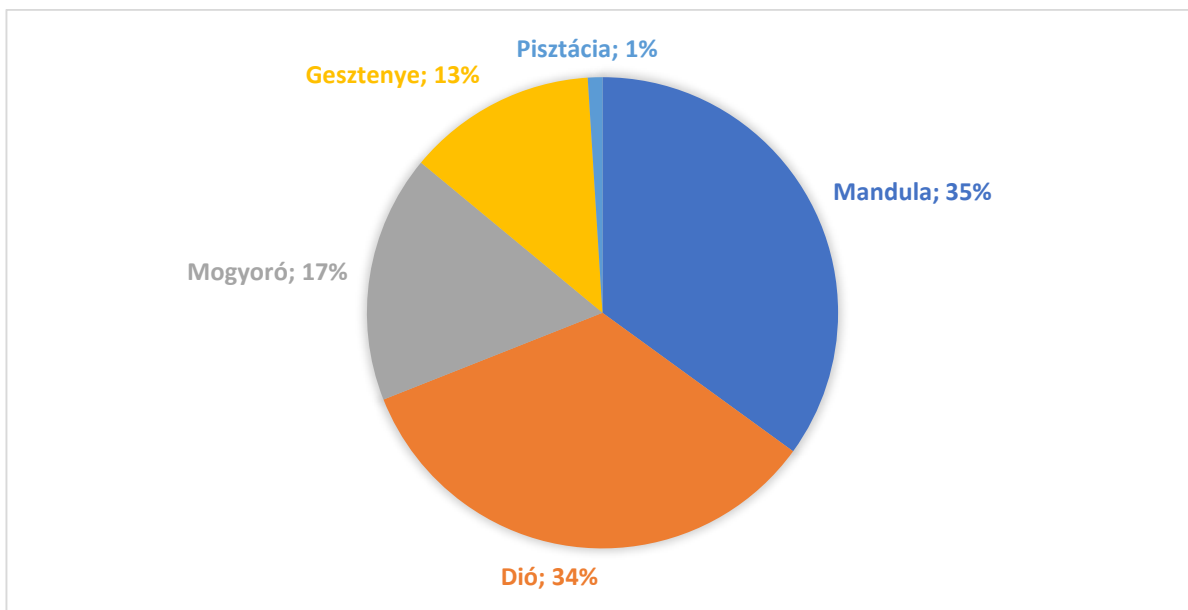
A héjasok piaca általánosan növekedő tendenciát mutat (1. ábra).

A 2021-es év héjas diótermelése 3 500 172,86 t volt a világon, melynek több mint 50%-a Ázsiából származott (2. ábra). Európában 2021-ben 386 853,62 t volt a héjas diótermelés mennyisége, ebből 5 950 tonnát Magyarországon takarítottak be (1,54%-a az Európában termelt mennyiségnek).



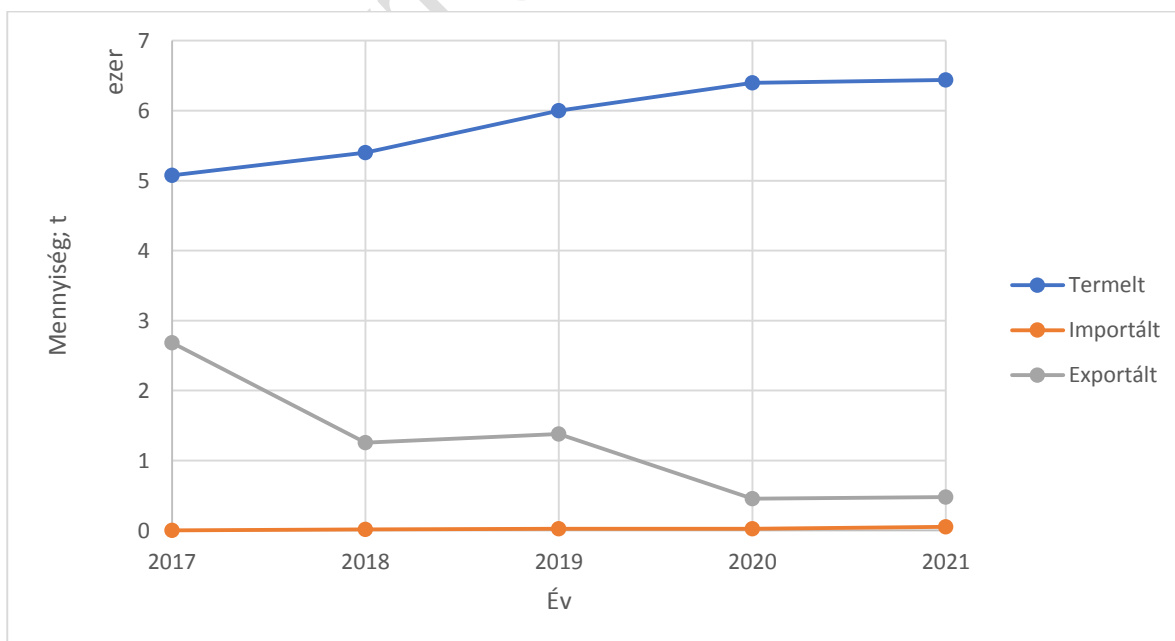
2. ábra: Héjas dió termelés megoszlása a világon, kontinensek szerint, 2021-ben (FAOSTAT, 2022)

Európában 896 000 t héjas magot termeltek meg 2022-ben, melynek jelentős hányadát adja a mandula, a dió és a mogyoró (3. ábra). A mandulatermelésnek a marcipángyártásban, a mogyorónak a mogyorókrémek és csokoládék gyártásában van kiemelkedő szerepe. Előbbi esetekben a hántolt mag egészét felhasználják a termék gyártása közben.



3. ábra: A héjas magok termelésének megoszlása Európában, 2022-ben (Aliaño-González és munkatársai, 2022)

Láthatjuk tehát, hogy Magyarországon elenyésző mennyiségű diót termelnek a világ- és az európai piac tekintetében. Mindezek ellenére a dió fogyasztása és feldolgozásának gyakorlati megvalósításai (legfőképpen olajnyerés) egyre elterjedtebbek az országban, így a 2017-től 2021-ig terjedő időszakban drasztikus változás következett be a magyar dió-kereskedelemben. Az ország dió-importja minimálisan megnövekedett, míg exportja drasztikusan lecsökkent (4. ábra).



4. ábra: Héjas dió termelés, importálás és exportálás változása 2017 és 2021 között Magyarországon (KSH, 2022 alapján)

A diót süteményekben alkalmazzák legszívesebben. Mivel jellemzően a karácsonyi ünnepek előtt takarítják be, az európai ünnepi édességek alapösszetevője is sokáig dió volt az egyszerűbb karamellizált diótól és grilláztól kezdve a diós fudge-on keresztül egészen a nemzetspecifikus, bonyolultabb süteményekig, mint például az osztrák diós táska, a brit datolyás-diós kenyér és a magyar bejgli.

A két legismertebb hazai diófajta az 'Alsószentiváni 117' és 'Milotai 10' (5. ábra) fajták, melyek fő alapanyagi az egyre nagyobb népszerűségnek örvendő dióolaj gyártásának.

Magyarországon kezdetben tájszelekciót alkalmazva a Tisza folyó felső folyásvidékén lévő populációból szelektálták a 'Milotai 10' és a 'Tiszacsécsi 83' fajtákat, valamint a Mezőföldön az 'Alsószentiváni 117' fajtát. Később az Észak-Amerikában előállított 'Pedro' fajta felhasználásával keresztezéses nemesítéssel hoztak létre új fajtákat, így államilag elismert fajta lett a 'Milotai kései', 'Milotai bőtermő' és az 'Alsószentiváni kései' (Bujdosó, 2002). Ezek ma Magyarország fő fajtái.

A 'Milotai 10' fajta jellemzői az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat: Vizsgált diófajta általános jellemzői (Internet 1)

Származás	A Tisza felső folyásvidékén Milota határából származik.
Fakadás ideje	Fakadási ideje középidéjű, elhúzódó, ezért érzékeny a késő tavaszi fagyokra.
Virágzás, termékenyülés	Hímelőző virágzású. Kölcsönösen együtt virágzik az Alsószentiváni 118, Pedro és Tiszacsécsi 2 nőelőző fajtákkal.
Érési idő	Szeptember harmadik negyedében.
Termőképesség	Korán fordul termőre, termésének 20-25 %-át hozza oldalrügyein.
Termésének jellemzői	Termése középnagy, 13-17 g tömegű, 33-35 mm átmérőjű. Szabályos gömb alakú. Héja vékony, sima felületű, egészen finom, hálózatos felületű, sárgásbarna színű. Magbele világossárga színű, jóízű. Magbél aránya 47-52 %. Törhetősége kiváló. Áruminősége, mind héjas, mind bél formájában etalonnak számít.
Fa jellemzői	Fája közepes növekedési erélyű, fiatal korban felfelé törő, később félgömb alakúvá válik.
Termesztethőség	Az ökológiai tényezőkre igényes fajta.



5. ábra: A 'Milotai 10' dió termése (Internet 1)

A nagyobb termésméret és bélarány elérése érdekében az 'Alsószentiváni 117' és a fent említett 'Milotai 10' fajtákat keresztezték 'Pedro' fajtaival. Az így nemesített genotípusú növények terméseinek átmérői mind meghaladták a 32 mm-t, így prémium méretkategóriába sorolandók, azonban a 3 szelektált típusból csak kettőnél érte el a bélarány a 40%-ot, tehát a harmadik árügymölcsként történő forgalmazása nem gazdaságos. A kiemelt genotípusok közül mindegyiknek világos volt a külső héja a 'Milotai 10' héjához hasonlóan, ami a diópiacon egy kívánatos jellemző (Bujdosó és munkatársai, 2018). Mindebből az következik, hogy érdemes kiemelt figyelmet fordítani a nagyobb piacpotenciállal rendelkező, újonnan nemesített genotípusú diófajtákra is.

3.2. A DIÓBÉL BELTARTALMI JELLEMZŐI

A diófélék elsősorban zsírtartalmuk és zsírsav összetételük miatt ismertek, azonban egyéb kertészeti termékekhez képest fehérjetartalmuk is említésre méltó. Zsírtartalmuk jellemzőn 57,32 és 69,30 g/100 g közötti, melynek alapvető összetétele (a teljes dióbél zsírtartalmára vonatkoztatva) a következő: 5,26 – 9,84% palmitinsav, 1,88 – 14,99% sztearinsav, 13,10 – 24,16% olajsav, 42,11 – 49,00% linolsav, 4,71 – 7,44% linolénsav, 3,1 – 15,96% arachidsav. Zsírsav összetételére tehát jellemzőek az egyszeresen és kétszeresen telítetlen zsírsavak, melyeknek kiemelkedő táplálkozásélettani hatásai vannak. Fehérjetartalma 13,16 – 14,63 g/100 g is lehet, mely jelentősen meghaladja egy átlagos gyümölcs fehérjetartalmát (Çağlarırmak, 2003).

A dióbél ma már „szuperélelmiszernek” is nevezhető, hiszen kedvező zsírsavösszetétele mellett polifenolokban, például flavonoidokban és fenolsavakban gazdag, alacsony glikémiás indexű (Şen és Karadeniz, 2015).

A héjas gyümölcsökről elmondható, hogy rendkívül alacsony a víztartalmuk az átlagos gyümölcsökéhez képest, ellenben magas a zsír- és energiatartalmuk (legfőképpen a diónak), néhánynak (pl. mandulának) pedig kifejezetten magas a fehérje- és a rosttartalma (2. táblázat).

2. táblázat: Mandula, mogyoró és dió tápanyagtartalma 100 g-ban (USDA 2018a; USDA 2018b; USDA 2018c, Rodler, 2005)

	Mandula (USDA, 2018b)	Mogyoró (USDA, 2018c)	Dió (USDA, 2018a)	Dió (Rodler, 2005)
Víz	4,26 g	4,31 g	3,14 g	8,2 g
Energia	2443 kJ/584 kcal	2519 kJ/ 602 kcal	2841 kJ/679 kcal	2747 kJ/654 kcal
Nitrogén	4,14 g	2,55 g	2,75 g	N/A
Fehérje	21,4 g	13,5 g	14,6 g	18,6 g
Zsír	51,1 g	53,5 g	69,7 g	57,0 g
Hamu	3,16 g	2,21 g	1,64 g	1,7 g
Szénhidrát	20 g	26,5 g	10,9 g	11,7 g
Rosttartalom	10,8 g	8,4 g	5,2 g	2,8 g

A héjas gyümölcsök között a dió relatíve nem gazdag ásványi anyagokban, a mandulával ellentétben. Az ásványi anyag azért lényeges, mert a feldolgozás, tárolás során nem változik, ha a technológiánk nem tartalmaz extrakciót, így a mandula feldolgozott állapotban is dúsabb ásványi anyagokban (kiváltképpen kalciumban, magnéziumban, káliumban és foszforban) (3. táblázat).

3. táblázat: Mandula, mogyoró és dió ásványianyag-tartalma (USDA 2018a; USDA 2018b; USDA 2018c; Rodler, 2005)

	Mandula (USDA, 2018b)	Mogyoró (USDA, 2018c)	Dió (USDA, 2018a)	Dió (Rodler, 2005)
Kalcium (Ca)	254 mg	135 mg	88 mg	202 mg
Vas (Fe)	3,74 mg	3,46 mg	2,24 mg	3,80 mg
Magnézium (Mg)	258 mg	156 mg	142 mg	256 mg
Foszfor (P)	503 mg	321 mg	365 mg	400 mg
Kálium (K)	733 mg	636 mg	424 mg	1710 mg
Nátrium (Na)	<2,5 mg	<2,5 mg	<2,5 mg	10,5 mg
Cink (Zn)	2,86 mg	2,33 mg	2,76 mg	4,20 mg
Réz (Cu)	0,91 mg	1,41 mg	1,21 mg	0,86 mg
Mangán (Mn)	2,15 mg	6,06 mg	3 mg	1,89 mg
Molibdén (Mo)	45,3 µg	N/A	21 µg	N/A
Szelén	N/A	<3 µg	N/A	5,5 µg

A vitaminok közül a legkevesebb élelmiszerfajtával a B vitaminokat tudjuk bevinni, hiszen kevés élelmiszer tartalmazza elégséges mennyiségben. Vízoldható vitaminok révén az alacsony

víz-tartalmú héjas gyümölcsök nem tartalmaznak sokat, ám jelentősen többet, mint egy átlagos gyümölcs. A mandula, mogyoró és dió hármás közül nincs egy, amelyiknek kiemelkedően magas lenne a B-vitamin-tartalma a többihez képest, mindegyiknél megtalálható a rá jellemző vitamin, például a mandulának a niacin és a biotin, a mogyorónak a tiamin, míg a diónak a piridoxin (4. táblázat).

4. táblázat: Mandula, mogyoró és dió B vitamin-tartalma (USDA 2018a; USDA 2018b; USDA 2018c; Rodler, 2005)

	Mandula (USDA, 2018b)	Mogyoró (USDA, 2018c)	Dió (USDA, 2018a)	Dió (Rodler, 2005)
Tokoferol mg	N/A	N/A	N/A	24,7
Tiamin (B1) mg	0,16	0,643	0,23	0,40
Riboflavin (B2) mg	N/A	N/A	N/A	0,10
Niacin (B3) mg	3,77	1,8	1,22	0,1
Piridoxin (B6) mg	0,101	0,563	0,66	0,34
Pantoténsav mg	N/A	N/A	N/A	0,35
Aszkorbinsav mg	N/A	N/A	N/A	25

Az aminosav-összetétel szoros összefüggésben van a termények fehérje-tartalmával, így a mandulának lesz a legnagyobb az aminosav-tartalma. Mind a mandulában, mind a mogyoróban és a dióban is a legjellegzetesebb aminosavak a leucin, a fenil-alanin, az arginin, az aszparaginsav, a glutaminsav, a glicin és a szerin (5. táblázat).

5. táblázat: Mandula, mogyoró és dió aminosav-összetétele (USDA 2018a; USDA 2018b; USDA 2018c; Rodler, 2005)

	Mandula (USDA, 2018b)	Mogyoró (USDA, 2018c)	Dió (USDA, 2018a)	Dió (Rodler, 2005)
Alanin	0,98 g	0,73 g	0,59 g	4,8
Arginin	2,64 g	2,21 g	2,02 g	11,2
Aszparaginsav	2,4 g	1,68 g	1,29 g	11,4
Cisztein	0,5 g	N/A	0,337 g	1,3
Fenil-alanin	1,2 g	0,663 g	0,607 g	3,5
Glicin	1,43 g	0,724 g	0,69 g	5,5
Glutamin sav	4,25 g	3,71 g	2,99 g	21,3
Hidroxiprolin	<0,01 g	N/A	<0,01 g	N/A
Hisztidin	0,548 g	0,432 g	0,343 g	1,9
Izoleucin	0,774 g	0,545 g	0,52 g	3,6
Leucin	1,49 g	1,06 g	0,997 g	6,1
Lizin	0,618 g	0,42 g	0,38 g	2,4
Metionin	0,154 g	0,221 g	0,19 g	1,2
Prolin	1,31 g	0,561 g	0,78 g	6,1
Szerin	0,99 g	0,735 g	0,78 g	6,1
Tirozin	0,63 g	0,362 g	0,43 g	3,4
Treonin	0,608 g	0,497 g	0,443 g	2,9
Triptofán	0,208 g	0,193 g	0,127 g	0,9
Valin	0,916 g	0,701 g	0,597 g	4,1

Minden héjas gyümölcsnek magas a zsírtartalma, ám zsírsavösszetételükben jelentős mértékben különbözhetnek. A mandula és a mogyoró jellemző zsírsava az olajsav, a dióé pedig a linolsav (6. táblázat)

6. táblázat: Mandula, mogyoró és dió zsírsavösszetétel, zsírszázalékban (USDA 2018a; USDA 2018b; USDA 2018c; Rodler, 2005)

	Mandula (USDA, 2018b)	Mogyoró (USDA, 2018c)	Dió (USDA, 2018a)	Dió (Rodler, 2005)
Palmitinsav C16:0	6	5	7	7
Sztearinsav C18:0	1	2	3	2
Olajsav C18:1	63	75	13	19
Linolsav C18:2	3	13	58	57
Linolénsav C18:3	0	0	14	13

A flavonoidok olyan növények által szintetizált vegyületek melyeket a kémiai szerkezetük alapján a következő csoportokba sorolhatunk: flavonolok, flavonok, flavanolok, izoflavonok, antociainek és flavanol. A növényekben betöltött fiziológiás szerepük mellett fontos összetevői az emberi táplálkozásnak, bár nem minősülnek tápanyagnak. Elsősorban zöldség és

gyümölcs fogyasztásával visszük be, de teából, szüretlen sörből és borból is jelentős mennyiségűt képes felszívni a szervezetünk (Stalikas, 2007).

A fenolsavak széles spektrumú farmakológiai aktivitást mutatnak: antioxidáns, antimutagén és daganatellenes hatásokkal rendelkeznek, de pozitív hatásuk a központi érrendszerre is bizonyított (Amaral és mtsai., 2008).

3.3.A DIÓ POZITÍV TÁPLÁLKOZÁS-ÉLETTANI HATÁSAI

A dió pozitív élettani hatásait biztosító polifenolok, mint a flavonoidok és fenolsav miatt sokan „szuperélelmiszerként” hivatkoznak rá (Hayes és mtsai., 2016). Ezen és egyéb bioaktív komponensei miatt élelmiszerek dúsítására is használják, hiszen feldolgozott formában is képes növelni azok táplálkozás-biológiai értékét.

A dió fogyasztása bizonyítottan jótékony hatással van számos életmóddal összefüggő civilizációs betegségre, többek között a bélbetegségekre (Byerley és mtsai., 2017) és a koleszterin-szintre (Malmir és mtsai., 2022), továbbá segítséget nyújthat a cukorbetegségben (Kendall és mtsai., 2011), rákban, policisztás ovárium szindrómában (Heuvel és mtsai., 2012), oxidatív stresszben és gyulladásban (Chauhan & Chauhan, 2020) szenvedőknek, illetőleg hozzájárul a kognitív funkciók megfelelő működéséhez.

3.3. A DIÓ FELDOLGOZÁSA

3.3.1. FRISS ÉS SZÁRÍTOTT DIÓ ÉS DIÓBÉL FELHASZNÁLÁSA

A dió éretlen, zöld termése is alkalmas különböző hagyományos élelmiszerek előállítására, mint például lekvár, befőtt, szörp, illetve alkoholtartalmú ital.

A friss, szárítás előtti dió jellegzetes édes íze csak kis ideig őrizhető meg, hiszen ilyen állapotban gyorsan romlik, ezért ilyen formában jellemzően nem értékesítik. A kiskereskedőknél már a szárított vagy szárított és csomagolt termékekkel találkozunk, melyeket száraz, hűvös helyen kell tartani a minőségmegőrzés érdekében (Internet 2). Egész és tört diót sütemények díszelemeként szokták alkalmazni, ilyen formában kevés termékbe teszik bele.

Elsősorban nyersen, vagy pirítva fogyasztják, de közkedvelt összetevője tésztáknak, reggeliző pelyheknek, süteményeknek, leveseknek és salátáknak, illetve bioaktív vegyületeit más élelmiszerekbe is beleépítik növelve ezzel a tápértéküket és fokozva az egészségre gyakorolt jótékony hatásukat (Internet 3). A többi diófa-féle (Juglandaceae) terméséhez hasonlóan élelmiszerallergént tartják számon (Internet 4).

A szárított és/vagy pörkölt dióbél aprított formában, világszerte számos hagyományos és ipari méreteken gyártott élelmiszerben megtalálható, mint például a baklava vagy a pozsonyi kifli.

3.3.2. DIÓKRÉM

A tört, válogatott diókat pörkölik a nedvességcsökkentés és aromakialakítás miatt. Ezt követően őrléssel alakítják ki a krémszerű állományt. Az őrlés után adagolják a pasztához az édesítőszerket és egyéb adalékanyagokat, majd hűtik, légtelenítik, csomagolják és hűtve tárolják a terméket (Shakerardekani és munkatársai, 2013). Az így készült pasztát jellemzően péksütemények és torták töltésére és díszítésére alkalmazzák, de fagyaltok is ízesíthetők vele. Magas telítetlen zsírsavtartalma miatt tejtermékek zsírsav-dúsítására is használják (Ílyasoğlu & Yilmaz, 2019).

A diókrém gyártástechnológiája más diótermékek alapja is egyben. Amennyiben a diótartalom legalább 90%, a terméket dió-vajnak nevezzük; ha kenhető állományú és legalább 40% a diótartalma, akkor pedig spreadnek. Amennyiben jelentős mennyiségű vizet adunk hozzá, akkor kapjuk a dióital nevű tejalternatívát (Internet 5).

3.3.3. DIÓOLAJ

A különböző diófélékre jellemző a többi növényi alapanyaghoz képest relatívan magas zsírtartalmuk miatt, hogy az olajgyártás kedvelt alapanyagai.

A dióolaj pozitív táplálkozás-egészségügyi hatásait elsősorban magas telítetlen zsírsavtartalmának köszönheti, aminek következtében a zsírban oldódó vitamin-tartalma - legfőképpen az E- (4%) és a K-vitamin (0,15 ppm) - is említésre méltó (USDA, 2018a).

A dióolajat jellemzően hidegsajtolás során nyerik ki, hiszen számos hőre érzékeny vegyületet tartalmaz. Oldószeres kinyerése kihozatali szempontból előnyösebb, mint az oldószermentes, azonban ez nemkívánatos reakciókat eredményezhet (Crowe és munkatársai, 2002). Szuperkritikus szén-dioxidot alkalmazva érhető el az egyik legkíméletesebb és relatíve gazdaságos dióolaj-nyerés, ám ez esetben is 70-80 %-a a dió tömegének visszamarad melléktermékként, ami még jelentős mennyiségben tartalmaz zsírsavakat, polifenolokat és vitaminokat (Martínez és munkatársai, 2010).

Alacsony hőstabilitását figyelembe véve elsősorban hideg ételek (saláták) ízesítéséhez használják (Oliveira és munkatársai, 2002).

3.3.4. DIÓTÖRKÖLY

Az olajgyártás során képződött pelletet jelenleg diókrémek, öntetek gyártásánál használják vagy haszonállatok takarmányozására szolgál. Azonban a dió értékes komponenseit nem csak az olaj és az azzal együtt kinyerhető összetevők adják. A törkölyök felhasználhatóságának kutatása az élelmiszer pazarlás megelőzésével együtt rendkívüli prioritással rendelkezik a mai világban, ahol a vállalatok egyik fő céljává vált a fenntartható fejlődés

A diótörköly a dió feldolgozása során keletkező melléktermék, mely antioxidáns-hatású vegyületeket tartalmaz, mint például tanninok és polifenolok (Qiu és munkatársai, 2021).

A világ számos táján használják/használták többek között textíliák festékanyagként, gyógyászatban és haszonállatok takarmányozásához. További, emberi fogyasztásra alkalmas felhasználása kutatott, hiszen élelmiszerek dúsítása különböző törkölyökkel nem csak az élelmiszeripar által termelt hulladék mennyiségét csökkentené, de növelhetné bizonyos élelmiszerek táplálkozás-biológiai értékeit, illetőleg a minőségmegőrzési/fogyaszthatósági idejét (Hanc & Chadimova, 2014).

3.2. CSOMAGOLÓANYAGOK ÉS CSOMAGOLÁSOK

A csomagolások legfontosabb feladata a termék védelme a környezettől, a környezet védelme a terméktől, az egység meghatározása (a szállítás és értékesítés megkönnyítése érdekében) és információ közvetítése a vevő, fogyasztó számára (Marsh és Bugusu, 2007).

3.2.1. HAGYOMÁNYOS, EGYKOMPONENSŰ CSOMAGOLÓANYAGOK

Az egykomponensű csomagolások egy fajta anyag felhasználásával készülnek. Élelmiszeriparban szinte minden típusú csomagolóanyag megtalálható. A fa anyag elsősorban raklap formájában fordulhat elő, de prémium termékek vagy „válogatások” csomagolásaként, illetve alkoholos italok zárásához (dugó) alkalmazzák (Raheem, 2013). A textília alapú csomagolóanyagok másodlagos csomagolás kialakítására és légáteresztősege miatt, ömlesztve tárolható kertészeti termékek esetében használatosak. A papír elsősorban gyűjtő- vagy nagyobb csomagolások alapjául szolgál hullám- és kartonpapír formájában. Ezek mellett főként társított csomagolásokhoz használják. A fémtartalmú csomagolások kiemelkedő gát-tulajdonságai miatt széles körben használják az élelmiszeriparban, azonban jellemzően nem egyszerű csomagolásként, hanem lakkozva, vagy társítva. Az üveg csomagolóeszközök ellenállóak, jól tisztíthatóak, ezáltal szinte korlátlanul újrahasználatos/újrahasznosíthatóak. Nagy sűrűsége, törékenysége, fényáteresztése és rossz térkihasználása miatt egyre inkább kezdi elhagyni az élelmiszeripar a használatát, helyette inkább műanyagot és lakkozott fémet alkalmaznak (Ruggeri és munkatársai, 2022). A műanyagok olcsó, könnyen előállítható anyagok, így minden iparágban jelentős szerepet játszanak. Alapanyaguk szerint két csoportra osztjuk a műanyagokat: természetes- és szintetikus alapúak. Sok közülük nem újrahasznosítható, de nem is bomlanak le ember által felfogható időtávon belül, hiszen olyan idős szintetikus műanyag tárgyak is léteznek, amiket az anyag szintetizálásának évtizedében készítettek (akár több, mint 100 évesek) (Internet 6.).

3.2.2. POLITEJSAV (PLA) ÉS ALKALMAZÁSAI

A biológiailag lebomló szintetikus műanyagok gyártása és az egyszerűhasználatos műanyagok elhagyása kulcsfontosságú a környezetvédelem szempontjából, éppen ezért az Európai Unió támogatja ezeket a célokat, sőt olyan vállalásokat tesz és irányelveket hoz, melyek határidőhöz kötötten meghatározzák a műanyagok újrahasznosítását és „környezetbarátabbá” fejlesztését. Jelenleg a legelterjedtebb biotechnológiai úton előállított műanyag a politejsav (PLA). A PLA-t a poliészterek csoportjába sorolják. Általában laktidok gyűrűnyitását követő polierizációjával vagy tejsav monomerek kondenzációs polimerizációjával állítják elő.

A polimerben a tejsav L- és D-izomerje is megtalálható, melyek aránya nagyban befolyásolja a műanyag mechanikai és hőfizikai tulajdonságait. Kedveltségét a csomagolóanyag gyártásban annak köszönheti, hogy az előállításához szükséges berendezések és technológiák megegyeznek vagy hasonlítanak a hagyományos műanyagok gyártástechnológiájában szereplőkhöz, mint például az extrudálás, fröccsöntés és hőformázás (Kumari és munkatársai, 2022).

Formálhatósága, alacsony oxigénáteresztő-képessége, könnyű nyomtathatósága és a mechanikai hatásokkal szembeni ellenállása (szakítószilárdsága) optimálissá teszi az élelmiszeripari műanyagok helyettesítésére, azonban gyenge hőállósága (már 100 °C alatt puhulni és izzani kezd) miatt hőkezelésre, meleg étel tárolására csak korlátozottan alkalmas (Nagarajan és munkatársai, 2016).

3.2.3. TÁRSÍTOTT CSOMAGOLÓANYAGOK

A társított csomagolóanyagok kettő vagy több csomagolóanyag tartós egyesítése során keletkeznek. A művelet alapja, hogy a kiindulási anyagok pozitív tulajdonságaik additívak. A társított csomagolások alapfeltétele az egymással jól társítható alapanyagok, melyek kiegészítik a többi alkotó bizonyos hiányosságait, mint például nyomtathatóság, fényvédelem, mechanikai védelem.

A folyékony élelmiszerek társított csomagolásának mai napig legelterjedtebb formáját Dr. Ruben Rausing mutatta be 1951-ben (Internet 7.). A csomagolás alapja egy papírdoboz, mely bár jól nyomtatható, folyadékkal érintkezve elveszti mechanikai stabilitását, ezért egymagában nem alkalmas folyadékok tárolására. Ezen okból kívülről és belülről is vékony polimer-réteggel van laminálva a doboz felülete. Amennyiben a benne lévő élelmiszer hosszabb eltarthatósággal rendelkezik és szobahőmérsékleten is tárolható, az összetétel kiegészül egy belső alumínium-fóliával (szintén laminált), ami a fénytől is védi a terméket és tovább növeli a csomagolás aromazáró képességét is.

3.2.3.1. FÉMGŐZÖLT POLIPROPILÉN

Szilárd, alacsony vízakaktivitású élelmiszerek csomagolása esetében a fémekből leginkább már metalizált vagy fémgőzölt műanyag vagy papír fóliákat készítenek, hiszen a vékony rétegben felvitt fém (elsősorban alumínium) képes jelentősen megnövelni az anyag fényvédelmét, valamint vízgőz- és aromazáró képességét. A fóliákból általában úgynevezett retortás tasakok készülnek. Ezek az élelmiszercsomagolások egyre elterjedtebbek alacsony előállítási költségeik, jó vízgőzzáró tulajdonságaik és alacsony fajsúlyuk miatt. Magas hőstabilitásuk

lehetővé teszik a csomagolt élelmiszerek hőkezelését és az aszeptikus termékek gyártásánál a melegen töltést.

Leggyakrabban polimerizációs műanyagokat szoktak metallizálni, mint például polietilént (PE), polietilén-tereftalátot (PET) és polipropilént (PP). Ez által a műanyag pozitív tulajdonságai mellett az új anyag fény-, oxigén-, vízgőz- és aromaáteresztő képessége jelentősen romlik, így alkalmasabbá válik módosított atmoszférás termékek csomagolóanyagaként; továbbá a fémgőzölés révén lehetőségünk van az újrahasznosított műanyagokat egy új, mechanikai stabilitást is adó réteget adni.

A fémgőzölt polimerek legismertebb alkalmazása a zöldségchipszek csomagolása, mely a chips márkájától függően vagy PE vagy PP. A metallizált, biaxiálisan orientált polipropilén a magasabb árkategóriájú szárítmányok jellemző csomagolása (Ibrahim és mtsai., 2021).

3.2.4. VÁKUUMCSOMAGOLÁS

A vákuumcsomagolás egy olyan eljárás, ahol az élelmiszer csomagolásának hermetikus lezárása előtt eltávolítjuk belőle a levegő jelentős részét (akár 90%-át), ezáltal növelve annak eltarthatóságát.

A módszer speciális csomagolóanyagot és berendezést igényel; megvalósítható akár háztartási szinten is, de kifejezetten alapanyagspecifikus, porózus anyagok vákuumcsomagolása (kiegészítő előkezelések nélkül) nem lehetséges a szerkezeti integritás megőrzése mellett (Sun és Hu, 2003).

3.2.5. MÓDOSÍTOTT ATMOSZFÉRÁS CSOMAGOLÁS (MAP)

Bizonyos élelmiszerek esetében – mint a kertészeti- és savanyított termékek, illetőleg a vörösáruk – fontos szerepet játszik a termék minőségének kialakításában és megőrzésében a terméket körülvevő légösszetétel. A friss kertészeti termékek számára például elengedhetetlenek a légzési gázok megfelelő koncentrációja a körülöttük lévő légtérben, az életfolyamataik fenntartásához, de egy csomag zöldségcsipsz is ellenállóbb az avasodással és a mechanikai sérülésekkel szemben, ha inert gázzal van kitöltve a rendelkezésre álló tér (Del Nobile, 2001).

3.4. HÉJASOK TÁROLÁS ALATTI VÁLTOZÁSA

A héjasok tárolás alatt bekövetkező változásait sok tényező befolyásolja és számos paraméter változásával nyomonkövethetők. A tárolás hatékonyságát nagyban befolyásolja például a légösszetétel, a hőmérséklet, az időtartam, a héj jelenléte vagy hiánya. A minőségmegőrzési idő meghosszabbítható oxigén-elnyelőkkel és sötétben történő tárolással (Scussel és munkatársai, 2011).

Raisi és munkatársai (2015) egész és aprított mandula tárolását követték nyomon 4 hónapig. Megállapították, hogy meglepő módon az aprítás nem feltétlenül rontotta szignifikánsan az eltarthatóságot (7. táblázat). Sok esetben már egy hónap tárolás után látszódtak a különbségek, legfőképpen a szobahőmérsékleten tárolt minták esetében. A legnagyobb különbség 4 hónap tárolás után az atmoszférikus légösszetételű csomagolások esetében mutatkoztak, vákuum és szén-dioxid esetében minimális változások voltak csak megfigyelhetőek. Ez azért lehetséges, mert a peroxidérték növekedésének elsődleges oka az autooxidáció, ami oxigén jelenlétében megy végbe és mint a legtöbb élelmiszeriparban megfigyelhető biokémiai reakció, szobahőmérsékleten nagyobb a sebessége, mint hűtött tárolás esetében, illetőleg minél nagyobb a termék fajlagos felülete annál nagyobb az oxidációs reakcióter. Raisi és munkatársai kutatási eredményei ezeket mind alátámasztják.

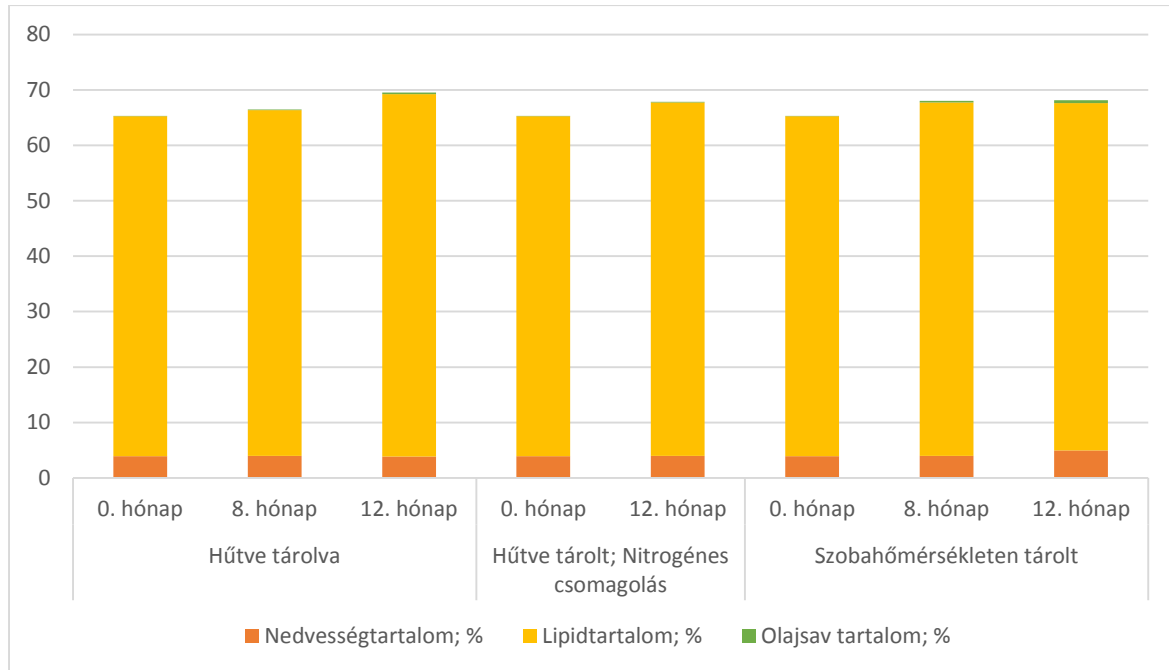
7. táblázat: Nyers, héj nélküli egész szemes és őrölt mandula peroxidértékének (meqO_2/kg mandulaolaj) változása 4 hónapon keresztül a csomagoláson belüli légtér és hőmérséklet függvényében (Raisi és munkatársai, 2015)

Hőmérséklet	Aprítottság	Légösszetétel a csomagoláson belül	Tárolási idő				
			0. hónap	1. hónap	2. hónap	3. hónap	4. hónap
23 °C	Egész szem	Atmoszférikus	0,23 ^g _A	0,34 ^{fg} _A	0,44 ^{fg} _A	0,69 ^{efg} _A	0,76 ^{fg} _A
		Vákuum	0,23 ^b _A	0,23 ^b _A	0,29 ^{ab} _A	0,37 ^{ab} _A	0,44 ^{ab} _B
		Szén-dioxid	0,23 ^c _A	0,23 ^c _A	0,22 ^c _A	0,41 ^{bc} _A	0,53 ^{abc} _B
	Aprított	Atmoszférikus	0,23 ^h _A	0,35 ^{gh} _A	0,59 ^{gh} _A	0,94 ^{fg} _A	1,33 ^{ef} _A
		Vákuum	0,23 ^e _A	0,25 ^{de} _A	0,34 ^{cde} _A	0,39 ^{bcd} _A	0,518 ^{bcd}
		Szén-dioxid	0,23 ^f _A	0,35 ^{ef} _A	0,39 ^{def} _A	0,45 ^{def} _A	0,54 ^{def} _B
4°C	Egész szem	Atmoszférikus	0,23 ^c _A	0,23 ^c _A	0,23 ^c _A	0,3 ^c _A	0,35 ^{abc} _B
		Vákuum	0,23 ^a _A	0,23 ^a _A	0,26 ^a _A	0,34 ^a _A	0,4 ^a _B
		Szén-dioxid	0,23 ^a _A	0,23 ^a _A	0,21 ^a _A	0,29 ^a _A	0,41 ^a _B
	Aprított	Atmoszférikus	0,23 ^d _A	0,33 ^{cd} _A	0,35 ^{cd} _A	0,46 ^{cd} _A	0,53 ^{cd} _B
		Vákuum	0,23 ^a _A	0,25 ^a _A	0,31 ^a _A	0,35 ^a _A	0,4 ^a _B
		Szén-dioxid	0,23 ^d _A	0,31 ^{cd} _A	0,33 ^{cd} _A	0,45 ^{abcd} _A	0,5 ^{abcd} _B

Különböző kivetűvel jelölve a szignifikánsan eltérő adatokat, egy sorban, $P < 0,05$ -nél; különböző nagybetűvel jelölve a szignifikánsan eltérő adatokat, egy oszlopban, $P < 0,05$ -nél.

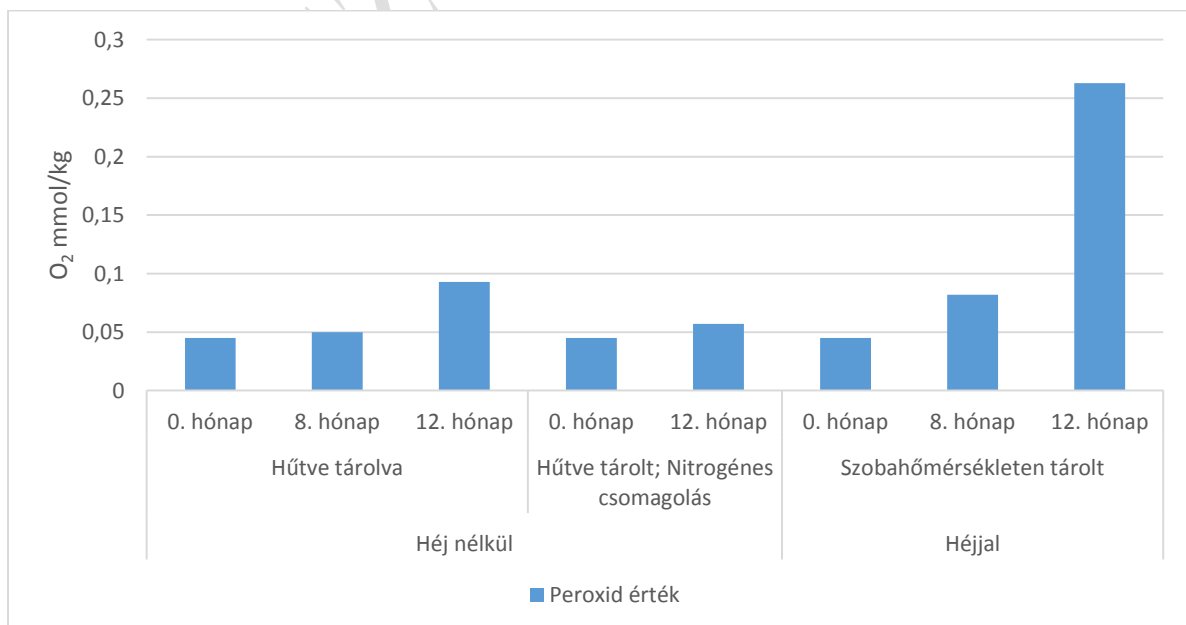
Ghirardello és munkatársai (2013) mogyoró (*Corylus avellana* L.) minták különböző körülmények közötti tárolása során követték nyomon az egyes paraméterek változását.

A héj eltávolításával és a tárolási hőmérséklet megváltoztatásával 1 év tárolás után szignifikáns különbségeket figyeltek meg a nedvességtartalom, lipid-tartalom, olajsav-tartalom (6. ábra) és a peroxid-érték (7. ábra) tekintetében.



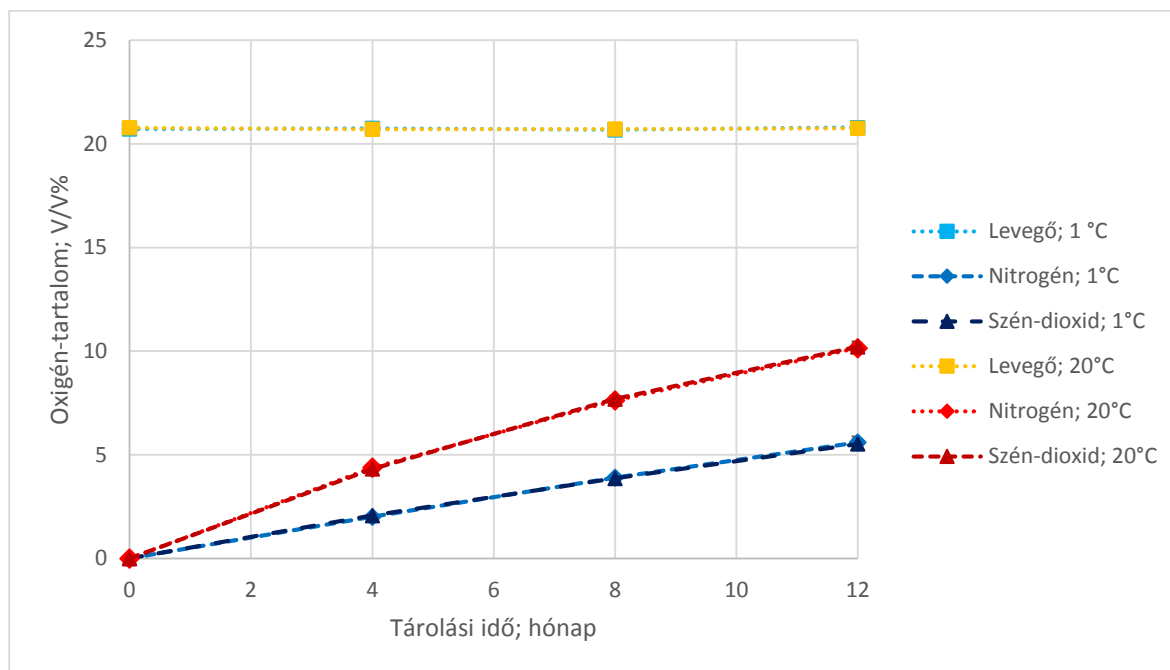
6. ábra: Mogyoró nedvességtartalmának, lipidtartalmának és olajsav tartalmának változása (Ghirardello és munkatársai, 2013 alapján)

A héj védő hatása közel sem bizonyult annyira hatékonynak, mint a hűtve tárolásé (Ghirardello és munkatársai, 2013).



7. ábra: Mogyoró peroxid értékének változása különböző tárolási körülmények között, 1 éven át, (Ghirardello és munkatársai, 2013 alapján)

Christopoulos és Tsantili (2011) kutatási eredményei azt bizonyítják, hogy amennyiben eltávolítjuk az O₂-t a diófajták csomagolásából és CO₂-dal vagy N₂ gázzal helyettesítjük, hosszabb tárolás során az oxigén-tartalom, közel azonos tendenciával növekedni fog. A tárolási hőmérséklet növelésének hatására az oxigén-tartalom növekedése gyorsul (8. ábra).



8. ábra: Oxigéntartalom növekedése dió csomagolásában, különböző kiindulási gázösszetétellel, 1°C és 20°C-on (Christopoulos és Tsantili, 2011)

KERESZTUD

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

4.1. KÍSÉRLETEK HELYE

A kísérleteket Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszékén végeztem (H-1118 Budapest, Villányi út 29-43.).

4.2. A KÍSÉRLETI MUNKA MENETE

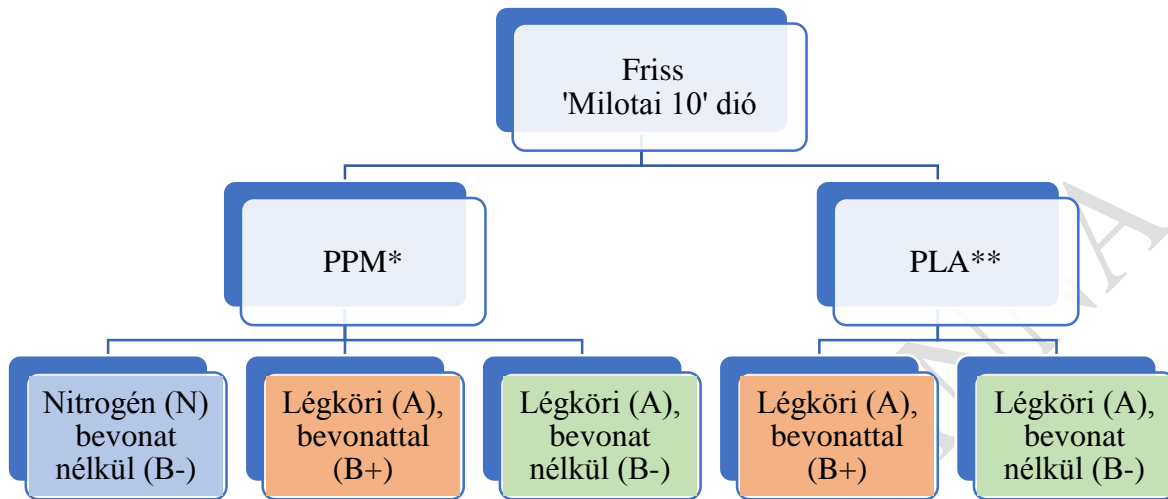
Az általam vizsgált 'Milotai 10' diófajta a Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyei Pálházaról (48°28'18.88" N, 21°30'34.85" E) származott. A megtisztított és nyolcadolt dióból 20-20 grammos csomagokat készítettem a 9. ábrán feltüntetett variációkban. A friss dió egy részét diópelletből kivont extraktummal bepermeteztük (Kumar et al. 2022), másik része bevonat nélkül került csomagolásra.

Kétféle csomagolóanyagot használtam: PPM (metalizált poli-propilén) és poli-tejsav (PLA) (9. ábra).



9. ábra: PPM csomagolások (első 3 sor) és PLA csomagolások (4. sor).

A PPM esetében készítettem olyan csomagolást is, melyet utólagosan feltöltöttük nitrogén gázzal. A PLA csomagolóanyag esetében ez utóbbit nem tudtuk megvalósítani az anyag ridegsége miatt (10. ábra).



*metalizált polipropilén

**politejsav

10. ábra: Csomagolások anyaga és légtere

A minták jelölései az ábrákon:

PPM (A) B+: PPM csomagolóanyag, atmoszférikus légösszetétel, bevonattal

PPM (N) B-: PPM csomagolóanyag, nitrogénnel dúsított légösszetétel, bevonat nélkül

PPM (A) B-: PPM csomagolóanyag, atmoszférikus légösszetétel, bevonat nélkül

PLA (A) B+: PLA csomagolóanyag, atmoszférikus légösszetétel, bevonattal

PLA (A) B-: PLA csomagolóanyag, atmoszférikus légösszetétel, bevonat nélkül

A csomagolt minták tárolása szobahőmérsékleten (kb. 20 °C) történt 8 hónapig. A mintavételezést 2 havonta végeztem, minden alkalommal 3-3 csomag került felbontásra és analízisre.

A kutatás során az alábbi paraméterek vizsgáltam:

- összes szárazanyagtartalom
- CIELab színekoordináták és színíngkülönbség
- összes polifenol-tartalom (spektrofotometriásan)
- antioxidáns státusz: FRAP-érték (spektrofotometriásan)
- E-vitaminok (HPLC-vel)
- flavonoid összetétel (HPLC-vel)
- zsírsav-összetétel (GC-FID módszerrel)

4.3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

4.3.1. MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE A MÉRÉSEKHEZ

A tárolt diómintákból dióőrleményt készítettünk *Princess 221040 Multi Chopper and Grinder* aprítóberendezéssel. A készülék 4 pengés őrlőtájját használtuk, hiszen a 2 pengés változatnál a próbadarálás során nem kaptunk homogén méreteloszlású őrleményt (11. ábra). A mintákat 30 másodpercig daráltuk.



11. ábra: Bal oldalt a *Princess 221040 Multi Chopper and Grinder* aprítóberendezés, jobb oldalt pedig a berendezés, benne ~20 g aprítatlan minta

4.3.2. EXTRAKTUM KÉSZÍTÉSE SPEKTOFOTOMETRIÁS ÉS HPLC MÉRÉSEKHEZ

Erlenmeyer-lombikokba kimértünk 4-4 g-ot a mintákból, majd hozzámérünk 20 ml metanolt. A lombikokat ledugóztuk, majd 30 percig rázattuk 50 °C-on (12. ábra). Ezt követően a mintákat és a tartalmukat áttöltöttük egy 50 ml-es centrifugacsőbe. A centrifugacsöveket 5 percig 4500 1/s fordulatszámon centrifugáltuk. Eközben előkészítettük a 15 ml-es centrifugacsöveket, behelyeztük a tölcsérek az összehajtott szűrőpapírral. 10-15 perc múlva, mikor a mintaoldat átszűrődött, eltávolítottuk a tölcséret, lezártuk a centrifugacsövet és a mérésig -17°C-on tároltuk.



12. ábra: Minták előkészítése spektrofotometriás mérésre, vízfürdőben.

4.3.3. CIELAB SZÍNKOORDINÁTÁK MÉRÉSE, SZÍNINGERKÜLÖNBÉS SZÁMÍTÁSA

Az őrölt, csomagolt mintákat úgy manipuláltuk, hogy a színmérés során közel azonos mintavastagságot kapjunk. A Konica-Minolta kézi színmérő műszer lencséjét a mintára tettük, majd elindítottuk a mérést. Ezt követően a műszer kijelzőjén megjelennek a CIELab színkoordináták értékei.

A CIELab színkoordináták:

L*: Világossági tényező. Értéket 0 (sötét) és 100 (világos) között vehet fel.

a*: Piros-zöld színhányados. -128 (zöld) és 128 (piros) között vehet fel értéket.

b*: Sárga-kék színhányados. -128 (kék) és 128 (sárga) között vehet fel értéket

A CIELab színkoordináták segítségével számítható az úgynevezett színingerkülönbség (ΔE^*).

A színingerkülönbség azt mutatja meg, hogy két vizsgált minta színe között mekkora a szemmel látható eltérés mértéke: 0,5 alatt nem érzékelhető; 0,5 és 1,5 között alig észrevehető; 1,5 és 3,0

között észrevehető; 3,0 és 6,0 között jól látható; 6,0 feletti érték esetében pedig nagy különbségről beszélünk.

A ΔE^* érték gyakorlati értelemben egy 3 dimenziós koordináta-rendszer két pontja közötti távolságot írja le az alábbi képlettel (térbeli Pitagorasz-tétel):

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

ahol, az azonos indexszel jelölt színkoordináták, az azonos mintához tartozó értékek (Markovic és munkatársai, 2013).

4.3.4. ÖSSZES SZÁRAZANYAGTARTALOM MÉRÉSE



13. ábra: RADWAG MAC 50 típusú gyors nedvességmérő.

Az őrölt mintából 0,5 g-ot mértem ki RADWAG MAC 50 típusú gyors nedvességmérő (13. ábra) fém tálcájára. A bemért mennyiséget a berendezésbe épített, 1 mg pontosságú mérleggel határozhatjuk meg. A mérés során a berendezés légtere felhevülhet akár 160°C-ra, ezzel segítve a nedvesség gyors eltávozását, ám éppen ezért kulcsfontosságú, hogy a mérendő mintamennyiséget minél vékonyabb rétegben, a tálcán egyenletesen oszlassuk el. A számítás végét hangjelzés jelzi. Az értékeket a műszer (szárítás ideje, aktuális hőmérséklet, nedvességtartalom) a kijelzőjére kiírja.

4.3.5. ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS MEGHATÁROZÁSA

Az antioxidáns kapacitás meghatározása Benzie és Starin (1995) módszerével történt. A módszer lényege, hogy a ferri-(Fe^{3+}) ionok az antioxidáns aktivitású vegyületek hatására ferro-(Fe^{2+})-ionokká redukálódnak, melyek alacsony pH-n a tripiridil-triazinnal (TPTZ= 2,4,6 tripiridil-S-triazin) komplexet képezve színes termékeket adnak (ferro-tripiridil-triazin). A Fe^{2+} -TPTZ intenzív kék színű és így fotometriásan mérhető (593 nm-en).

Kalibrációt készítünk 10 mM-os aszkorbinsav oldatra.

Küvetta, pipetta segítségével kimérünk 1500 µl reagenst és kísérletezések alapján ideálisnak ítélt, 10-50 µl közötti mennyiségű minta-extraktumot. Ügyeljünk, hogy a végtérfogat 1550 µl legyen, tehát ha nem 50 µl mintaoldatot tettünk bele, desztillált vízzel egészítsük ki. A mérőelegy összeállítása után 5 perccel spektrofotométeren vak oldat mellett, 593 nm-en lemérjük az oldat abszorbanciáját.

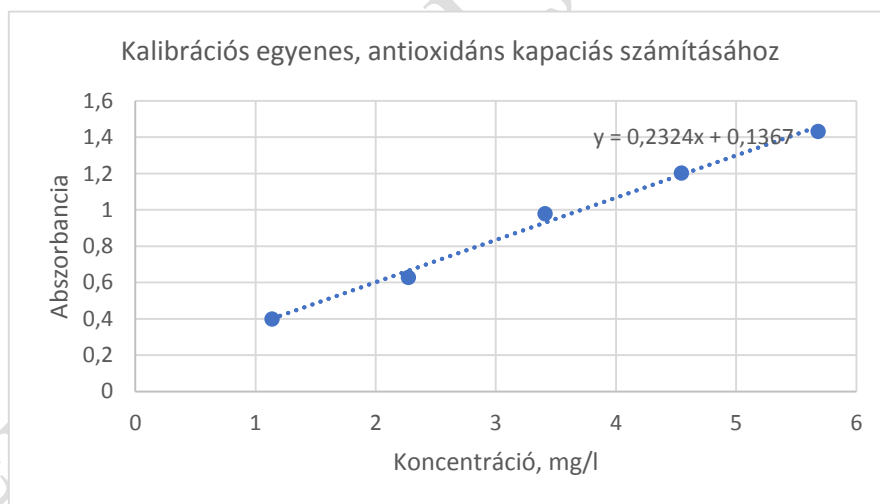
Számítás:

$$c_{AS} = \frac{A}{tg\alpha} \times \frac{V_k}{V_m}$$

ahol,

c_{AS}	antioxidáns kapacitás (mg/100 g)
A	593 nm-en mért abszorbancia
$tg\alpha$	kalibrációs egyenes meredeksége
V_k	küvetta térfogata
V_m	bemért mintaoldat térfogata

Az antioxidáns kapacitás számításához aszkorbinsavból kalibrációs egyenest vettem fel (14. ábra), melynek egyenlete: $y = 0,2324x + 0,1367$.



14. ábra: Antioxidáns kapacitás méréséhez készített kalibrációs egyenes

4.3.6. ÖSSZES POLIFENOL-TARTALOM

Az összes polifenol tartalom meghatározása Singleton és Rossi (1965) módszerével történt, aminek elve: a Folin-Ciocalteu reagenst alkotó wolfram és molibdén oxidok a fenolos komponensek hatására redukálódnak. Az így keletkező vegyületek kék színűek, amelyek abszorpciós maximuma 760 nm-en van. A spektrofotométerrel ezen vegyületek mennyiségét tudjuk meghatározni, amiből következtetni tudunk a vizsgált minta összes polifenol-tartalmára.

Egy műanyag küvetába mérünk be a minta 4.3. pontban készített extraktumából, úgy, hogy a 760 nm-en mért abszorbancia az általunk készített kalibráció tartományába essen. Ügyeljünk arra, hogy a végtérfogat mindig 2500 µl legyen.

Számítás:

$$TPC = \frac{A}{tg\alpha} \times \frac{V_{\text{összes}}}{V_{\text{minta}}} \times H$$

ahol,

TPC összes polifenol tartalom (µl/ml)

A abszorbancia

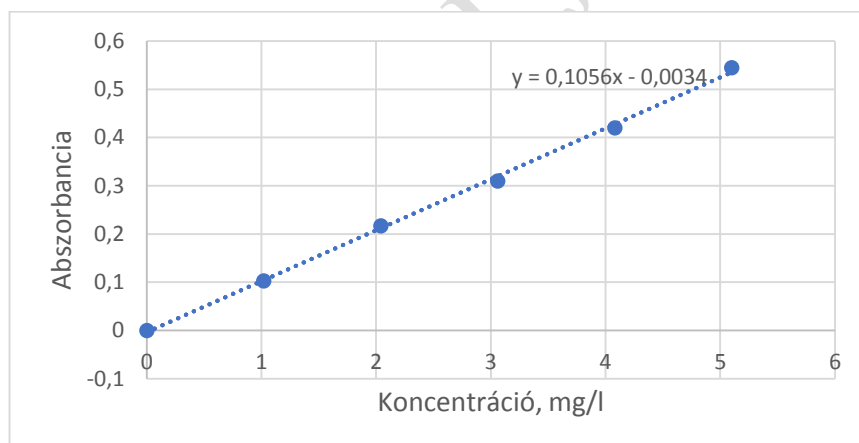
tgα kalibrációs egyenes meredeksége

V_{összes} végtérfogat (2500 µl)

V_{minta} bemért minta térfogata

H mérés során alkalmazott hígítás

Az összes polifenol tartalom számításához galluszsavból kalibrációs egyenest vettem fel (15. ábra), melynek egyenlete: $y = 0,1056x - 0,0034$.



15. ábra: Polifenol-tartalom méréséhez készített kalibrációs egyenes

4.3.8. FLAVONOID ÖSSZETÉTEL

A WATERS nagy teljesítményű folyadékkromatográf (Waters Co., 34 Maple Street, Milford, MA, USA) abszorbanciadetektorral (2487 Dual λ), bináris HPLC-szivattyúval (1525) és soros gáztalanítóval, oszloptermosztáttal volt felszerelve. (40 °C-ra beállítva) és egy 717plus automatikus mintavevővel (5 °C-ra állítva), és az EMPOWER TM2 szoftverrel vezérelték. Egy KINETEX C18 2,6 µm 150×4,6 mm-es oszlopot (Phenomenex 411 Madrid Avenue Torrance, CA 90501-1430 USA) telepítettek, a gradiens mozgófázis: A: H₂O:MeOH: H₃PO₄ =94:5:1, B: MeOH (0–30 perc: A 100%–10%, 30–30,1 perc: 10%–100%, 30,1–31: A 100%) 1 cm³ min⁻¹

áramlási sebességgel, a nyomás az oszlopban 4200 ± 10 psi 30 °C oszlophőmérsékleten. A fenolos komponenseket 280 nm hullámhosszon figyeltük. A módszer négy csúcsot tárt fel, nevezetesen a fahéjsavat [CAS: 140-10-3], a gallussavat [CAS: 149-91-7], a rutint [CAS: 207671-50-9] és a katechint [CAS: 154-23-4], amelyeket referenciaszabványokkal azonosítottak. Az egyes fenolos vegyületek mennyiségét $\mu\text{g g}^{-1}$ -ben adjuk meg.

4.3.9. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL

A mintaelőkészítés és a GC-FID analízis Tormási és Abrankó (2021) módszere szerint történt. Minta előkészítés: A diómintákat megőröltük, 4 g darált diót 4 g kvarchomokkal homogenizáltunk a zsírextrakcióhoz. Ezután minden mintából 1 g-ot háromszor centrifugáltunk egy Eppendorf-csőben (8000 g, 10 perc), és minden kör után eltávolítottuk a felszabaduló zsírt. A dióolaj zsírsav-összetételét az ISO 12966-2:2017 „Rapid Method” szabvány szerint határoztuk meg, némi módosítással. Röviden, 10 - 15 mg zsírt adagoltunk egy 15 ml-es csavaros kupakos centrifugacsőbe $1,8$ ml izooktánnal és 200 μl belső standarddal (1 mg ml^{-1} gliceril-trinonadekanoát kloroformos oldata). A zsír feloldása után a mintában lévő észterezett zsírsavakat 200 μl kálium-hidroxiddal metileztük (1 percig keverve), majd pihentetés (2 perc) után 4 ml telített nátrium-klorid oldatot adtunk a mintához és homogenizáltuk (10 s).

A zsírsavak meghatározásához Agilent (Santa Clara, CA, USA) 6890 GC-FID rendszert használtunk, amely Agilent 7683 automatikus mintavevővel volt felszerelve. Az elválasztáshoz Phenomenex (Torrance, CA, USA) Zebtron ZB-FAME (60 m, $0,25$ mm, $0,20$ μm) oszlopot használtunk cianopropil állófázissal és hidrogéngázzal ($1,2$ ml/perc) mozgófázissal. A bemeneti hőmérséklet 250 °C, a detektor hőmérséklete 260 °C volt. $50:1$ megosztási arányt és 1 μl injekciós térfogatot alkalmaztunk. A következő zsírsavakat határoztuk meg: mirisztinsav ($\text{C}_{14}:0$; R_t min: $9,94$), pentadekánsav ($\text{C}_{15}:0$; R_t min: $11,05$), palmitinsav ($\text{C}_{16}:0$; R_t min: $12,43$), palmitoleinsav ($\text{C}_{16}:1n-7c$; R_t min: $13,24$), sztearinsav ($\text{C}_{18}:0$; R_t min: $16,30$), olajsav ($\text{C}_{18}:1n-9c$; R_t min: $17,20$), linolsav ($\text{C}_{18}:2n-6c$; R_t min: $19,04$), α -linolénsav ($\text{C}_{18}:3n-3c$; R_t min: $21,56$), arachidsav ($\text{C}_{20}:0$; R_t min: $21,59$), gondoinsav ($\text{C}_{20}:1n-9c$; R_t min: $23,00$), dihomó- γ -linolénsav ($\text{C}_{20}:3n-6c$; R_t min: $26,63$), behénsav ($\text{C}_{22}:0$; R_t min: $27,91$), cisz- 15 -tetrakozénsav ($\text{C}_{24}:1n-9c$; R_t min: $31,02$).

4.3.10. MINTAELŐKÉSZÍTÉS E-VITAMIN-TARTALOM MÉRÉSÉHEZ

A mintaelőkészítés a SYNLAB Hungary Kft. ajánlása alapján készült.

Kristályos NaOH-ból kimérünk $499,96$ g NaOH egy 1 literes főzőpohárba. Az edényzetet hűtőfürdőbe helyeztük, majd üvegbottal történő kevergetés mellett hozzáadtunk 800 ml vizet.

Miután szobahőmérsékletűre hűlt az oldatunk, egy tölcser segítségével áttöltjük egy 1 l űrtartalmú mérőlobikba. A főzőpoharat párszor átöblítjük vízzel, amit a mérőhengerbe öntünk. Ezt követően a mérőhengert jelre töltjük.

A minta zsírtartalmának elszappanosításához kimérünk az Erlenmeyer lombikokba 1-1 g homogenizált mintát, majd pipetta segítségével hozzáadunk 5 ml vizet és 5 ml 12,5 M-os NaOH-oldatot. A lombikot becsomagoljuk alufóliával, olyan módon, hogy tartalmát semmiképpen ne érhesse fény. Ezt követően 25 ml-es mérőhenger segítségével kimérünk 20 ml etil-alkoholt, óraüvegen a 0,5 g aszkorbinsavat és azokat is hozzáadjuk a mintához. Ezt követően a lombikokat ledugaszoljuk és másfél órán keresztül rázatjuk azokat 65°C-os meleg-vizes fürdőben.

Másfél óra után kivesszük a mintákat a meleg vizes fürdőből, lehűtjük, majd pipetta segítségével hozzáadunk még 5 ml vizet és 5 ml hexánt. Ezt követően az üvegeket újra ledugaszoljuk és 25°C-on tovább rázatjuk 1 óráig.

Egy óra elteltével a mintákat kivesszük a fürdőből, és áttöltjük centrifugacsövekbe, hogy a fázisszétválást könnyebben nyomon tudjuk követni. 15 perc elteltével (vagy amikor a felső hexán-fázisból már legalább 5 ml jól elkülöníthető a centrifugacső skálabeosztásán) átpipettázzuk a felső fázist egy kisebb (maximum 50 ml-es) főzőpohárba. Fecskendővel felszívjuk a főzőpohár tartalmát, ráhelyezzük a fecskendő-szűrőt, majd belefecskendezünk legalább 1,5 ml kivonatot Eppendorf-csövekbe. A csöveket lezárjuk és amíg sor nem kerül a mérésre, vagy a külső laborba történő szállításra, addig fagyasztva, -18°C-on tároljuk.

4.3.11. TOKOFEROLOK HPLC-S MÉRÉSI MÓDSZERE

A tokoferolok mennyiségét fordított fázisú folyadék-kromatográfia (reversed-phase LC) segítségével határozta meg a SYNLAB Hungary Kft.

Mintaelőkészítés: A hexánt N_2 gáz segítségével teljes mértékben elpárologtattuk, $40^\circ C$ -on, félautomata N_2 -párologtatóval. Ezt követően feloldottuk a visszamaradt szárazanyagot metil-alkoholban.

Mérési paraméterek:

- mozgó fázis térfogatárama: 0,4 ml/perc
- oszlop: Kintex 2,6 μm , 10 cm \times 3 mm C18
- oszlop hőmérséklete: $30^\circ C$
- mérés ideje: 13 perc
- porlasztógáz térfogatárama: 3 l/perc
- fűtőgáz térfogatárama: 10 l/perc
- szárítógáz térfogatárama: 10 l/perc
- a mobilfázis időben változó összetételét (gradiens elúció) a 8. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: Eluens összetétele az időben.

	0,1% HCOOH metanolos oldata	0,1% HCOOH vizes oldata
t; perc	90	10
0	100	0
3	100	0
7,5	90	10
13	90	10

5. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. CIELAB SZÍNKOORDINÁTÁK ÉS SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG

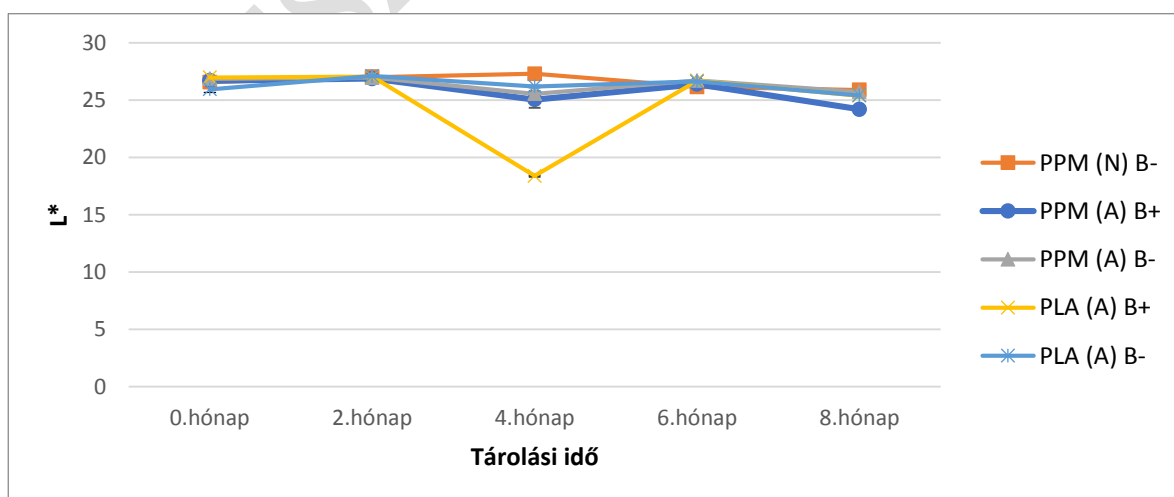
5.1.1. SZÍNKOORDINÁTÁK

A világossági tényező értékei a tárolás elején közel azonosak voltak, 25,9 – 26,9 között. Változásuk az időben nem állandó, csomagolóanyagoként és légösszetételként eltérő, tehát a hosszabb tárolásra gyakorolt hatásuk nem egyértelmű a világossági tényező szempontjából (16. ábra)

Csomagolóanyag szempontjából szignifikáns különbség van atmoszférikus csomagolás esetében a 0. (p=0,001) és a 4. havi (p=0,002) minták között, továbbá a diótörköly extraktummal bevont mintáknál a 4. (p=0,000) és a 8. hónapban (p=0,001). A többi minta között nem volt szignifikáns különbség a csomagolóanyagok szempontjából.

PPM csomagolóanyag alkalmazása esetében szignifikáns különbség volt a minták között a 4. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között p=0,046; PPM (A) B- és PPM (N) B- között p=0,000; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között p=0,000); a 6. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között p=0,003; PPM (A) B- és PPM (N) B- között p=0,000; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között p=0,013) és a 8. hónapban is a kivonttal kezelt minták esetében (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között p=0,000; PPM (A) B+ és PPM (N) B- p=0,000).

PLA esetében van különbség a bevonat nélküli és bevonattal ellátott csomagok között a 0. hónapban (p=0,012) és a 4. hónapban (p=0,000).



16. ábra: Minták világossági tényezőjének (L*) alakulása, a 8 hónapos tárolás során.

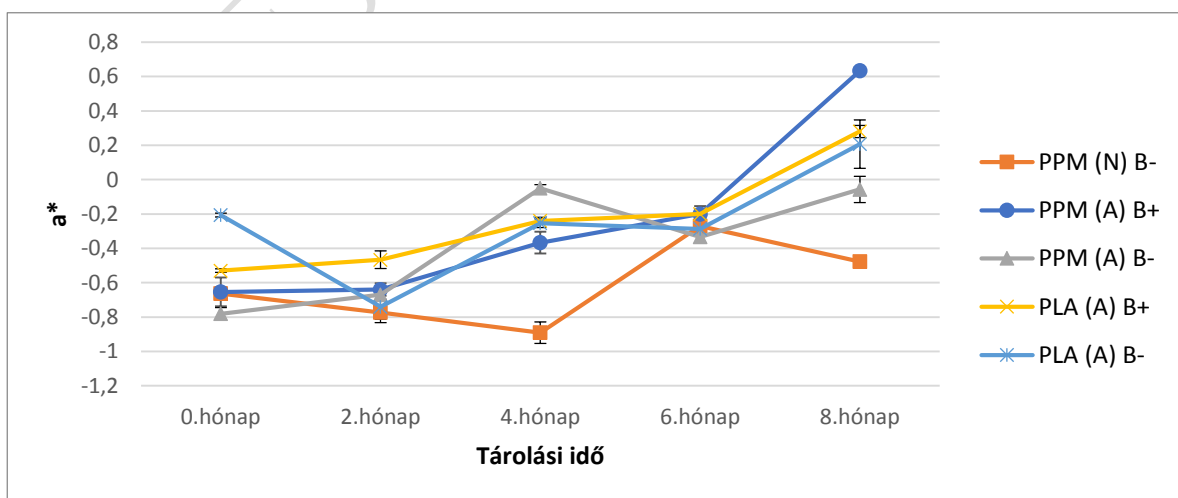
A minták piros-zöld színhányadosa egy nagyon szűk tartományban mozgott az egész tárolási idő alatt (17. ábra). Az értékek kezdetben -0,20 és -0,78 között voltak és a tárolás végén -0,47 és 0,63 közé estek.

Az idő során szignifikánsan változtak az értékek, illetőleg megfigyelhető egy tendencia is. Az első 2-4 hétben az a^* értéke csökkent, majd ezt követte egy kisebb-nagyobb emelkedés csomagolóanyagtól és légösszetételtől függően.

A piros-zöld színhányados alapján csomagolóanyag szempontjából szignifikáns különbség van atmoszférikus csomagolás esetében a 0. ($p=0,000$), a 4. havi ($p=0,000$) és a 8. havi ($p=0,002$) minták között, továbbá a diótörköly kivonattal bevont mintáknál a 0. ($p=0,003$), a 2. hónapban ($p=0,001$), a 4.hónapban ($p=0,024$) és a 8.hónapban ($p=0,000$). A többi minta között nem volt szignifikáns különbség a csomagolóanyagok szempontjából.

PPM csomagolóanyag alkalmazása esetében szignifikáns különbség volt a minták között a 0. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,010$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,014$); 2. hónapban (PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,022$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,007$); a 4. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,001$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,000$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,000$); a 6. hónapban (PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,013$) és a 8. hónapban minden minta esetében ($p=0,000$). A PPM csomagolóanyag esetében a diótörköly extraktum hozzájárult az a^* érték hosszútávú növekedéséhez, PLA alkalmazásakor azonban kisebb volt az eltérés a két minta 8. havi a^* értéke között.

Ezek alapján egyedül a bevonat nem feltétlenül gyorsítja a színváltozást, a csomagolás anyaga is jelentős szerepet játszik.



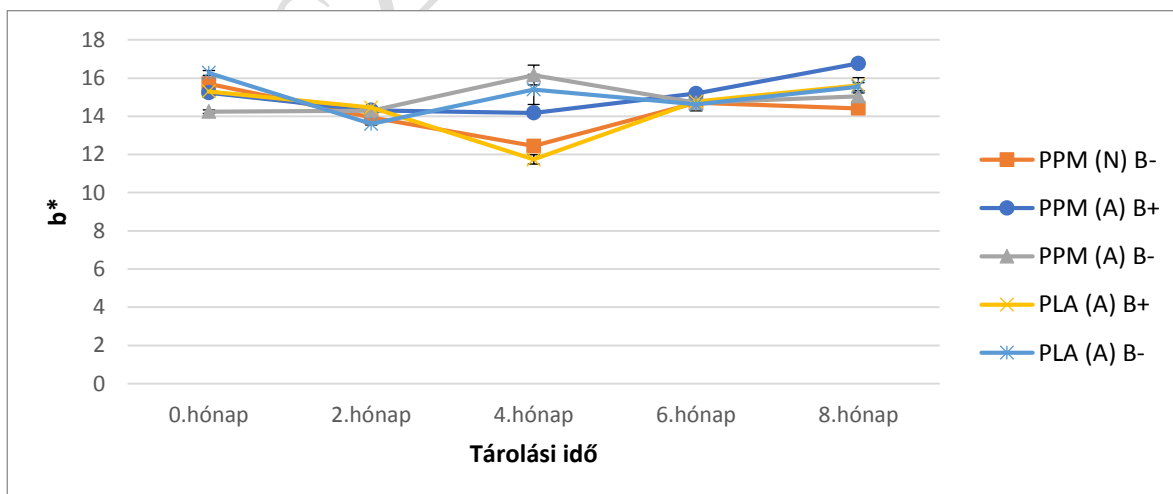
17. ábra: Minták piros-zöld hányadosának (a^*) alakulása, a 8 hónapos tárolás során.

A sárga-kék hányados esetében is megfigyelhető egy mintázat: a kezdeti 14,24 és 16,27 közötti értékek az első 2-4 hónap alatt csökkenő tendenciát mutattak, majd ezt követően az értékek visszatértek a kiindulásihoz 14,41 és 16,77 közé. Jelen esetben is igaz, hogy a változás hatása nagyobb, amikor nem csupán a diótörköly kivonatot alkalmazzuk, hanem a PPM csomagolóanyagot is (18. ábra).

Csomagolóanyag szempontjából szignifikáns különbség van atmoszférikus csomagolás esetében a 0. heti ($p=0,000$) minták között, továbbá a bevonattal kezelt mintáknál a 4. ($p=0,000$) és a 8. hónapban ($p=0,000$). A többi minta között nem volt szignifikáns különbség a csomagolóanyagok szempontjából.

PPM csomagolóanyag alkalmazása esetében szignifikáns különbség volt a minták között a 0. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,000$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,000$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,013$); a 2. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,005$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,004$); a 4. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,000$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,000$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,000$); a 6. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,018$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,019$) és a 8. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,000$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,012$ bevonat és nitrogén között $p=0,000$).

PLA esetében van különbség a bevonat nélküli és bevonattal ellátott csomagolások között a 0. hónapban ($p=0,003$), a 2. hónapban ($p=0,000$) és a 4. hónapban ($p=0,01$).



18. ábra: Minták sárga-zöld hányadosának (b^*) alakulása, a 8 hónapos tárolás során.

A világossági tényezőn kívül a 8. havi színeredmények akkor tértek el a többitől a leginkább, amikor PPM csomagolóanyagot és a diótörköly kivonattal történő felület bevonást alkalmaztunk.

5.1.2. SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG

A színingerkülönbségek mértékét a 9. táblázat alapján állapítottam meg.

9. táblázat: Színingerkülönbség nagyság szerinti kategóriái.

$\Delta E^* < 0,5$	nem érzékelhető különbség
$0,5 \leq \Delta E^* < 1,5$	alig észrevehető különbség
$1,5 \leq \Delta E^* < 3$	észrevehető különbség
$3 \leq \Delta E^* < 6$	jól látható különbség
$6 \leq \Delta E^*$	nagy különbség

2 hónap tárolás után a minták közötti színingerkülönbség minimális vagy egyáltalán nem-érzékelhető volt. Minimális különbség a többi mintához képest a PLA csomagolóanyag használatakor lépett fel, elsősorban akkor, amikor nem voltak bevonattal ellátva. A legnagyobb különbség a PLA csomagolóanyag használatakor, a bevonattal ellátott és bevonat nélküli diók esetében volt (10. táblázat).

10. táblázat: Minták közötti színingerkülönbség 2 hónap tárolás után.

2. hónap	PPM (A) B+	PPM (A) B-	PLA (A) B+	PLA (A) B-
PPM (N) B-	0,4	0,4	0,6	0,4
PPM (A) B+		0,1	0,3	0,8
PPM (A) B-			0,3	0,7
PLA (A) B+				0,9

4 hónap tárolás után már jól látható, nagy különbségek voltak a minták színingere között, főleg PLA csomagolóanyag használata esetén (11. táblázat).

11. táblázat: Minták közötti színingerkülönbség 4 hónap tárolás után.

4. hónap	PPM (A) B+	PPM (A) B-	PLA (A) B+	PLA (A) B-
PPM (N) B-	2,9	4,2	9,0	3,2
PPM (A) B+		2,1	7,1	1,7
PPM (A) B-			8,4	1,0
PLA (A) B+				8,6

A 6. hónapra a különbségek csökkentek, szabad szemmel alig- vagy nem érzékelhető különbségekre. A PPM csomagolóanyag használatakor, nitrogén vagy diótörköly kivonat alkalmazása esetén volt a többi mintától leginkább eltérő a színinger (12. táblázat).

12. táblázat: Minták közötti színingerkülönbség 6 hónap tárolás után.

6. hónap	PPM (A) B+	PPM (A) B-	PLA (A) B+	PLA (A) B-
PPM (N) B-	0,5	0,6	0,6	0,5
PPM (A) B+		0,6	0,5	0,6
PPM (A) B-			0,1	0,1
PLA (A) B+				0,2

A 8. hónapra újból megnövekedtek a színingerek közötti különbségek a legtöbb minta esetében. PPM csomagolóanyag és bevonat kombinációjának alkalmazása esetén szabad szemmel észrevehető volt a színekülönbség a többi mintával szemben (13. táblázat).

13. táblázat: Minták közötti színingerkülönbség 8 hónap tárolás után.

8. hónap	PPM (A) B+	PPM (A) B-	PLA (A) B+	PLA (A) B-
PPM (N) B-	3,1	0,8	1,5	1,4
PPM (A) B+		2,4	1,7	1,8
PPM (A) B-			0,7	0,6
PLA (A) B+				0,1

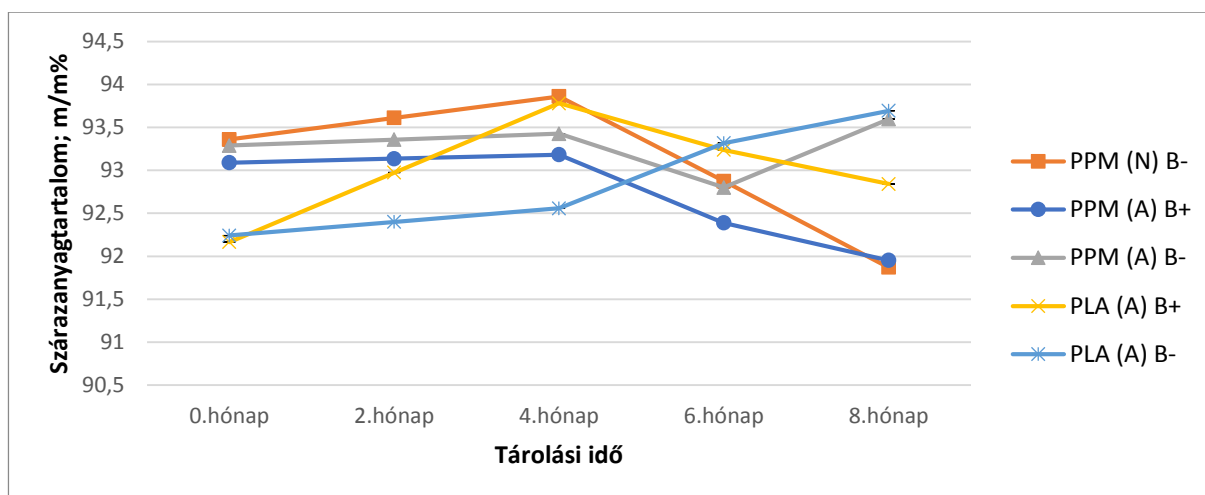
A 14. táblázatban minden mintavétel esetében a kiindulási (0. havi) értékekhez viszonyított színingerkülönbségeket tüntettem fel. A változások nem egyenletesen történtek a tárolás előrehaladtával, sőt a 6. hónap mintáinál voltak a legkisebbek, kivéve a PLA (A) B- bevonat nélküli mintát. Legnagyobb pedig a PPM (N) B-, és a PLA (A) B+ minta esetében a 4. hónapban, a PPM (A) B+ esetében a 8. hónapban, és a PLA (A) B- esetében pedig 2 hónap tárolás után volt (15. táblázat).

14. táblázat: Tárolt minták színingerkülönbsége a kiindulási (0. hónap) mintákhoz képest.

0. hónaphoz képest	PPM			PLA	
	(N) B-	(A)B+	(A)B-	(A) B+	(A) B-
2. hónap	1,8	0,9	0,2	0,9	3,0
4. hónap	3,3	2,0	2,4	9,3	0,9
6. hónap	1,1	0,5	0,7	0,7	1,8
8.hónap	1,5	3,2	1,6	1,8	1,0

5.2. ÖSSZES SZÁRAZANYAGTARTALOM

A tárolási kísérlet során a bebizonyosodott, hogy módosított atmoszférás tárolás esetében a fémgőzölt polipropilén csomagolóanyag vízgőzáteresztő képessége nagyobb, tekintve, hogy a minták szárazanyagtartalma csökkent (vizet vett fel), ellenben a politejsav alkalmazása és a PPM (A) B- esetében, ahol még növekedést is tapasztalhatunk. (19. ábra).



19. ábra: Minták szárazanyagtartalmának alakulása a 8 hónapos tárolás során.

5.3. MINTÁK ANTIOXIDÁNS-KAPACITÁSA

A vasredukáló-képességen alapuló antioxidáns-kapacitás mérés során a PPM csomagolóanyag alkalmazásakor a különböző légösszetétel sok esetben szignifikáns hatást gyakorolt az antioxidáns-kapacitásra. A 2. hónapban a PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,024$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,032$; a 4. hónapban PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,021$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,000$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,000$; a 6. hónapban PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,014$ és a 8. hónapban PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,004$; illetve PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,002$.

Az alábbi minták esetében nincs szignifikáns különbség a 0. és a 8. hónapban mért antioxidáns-kapacitásértékek között:

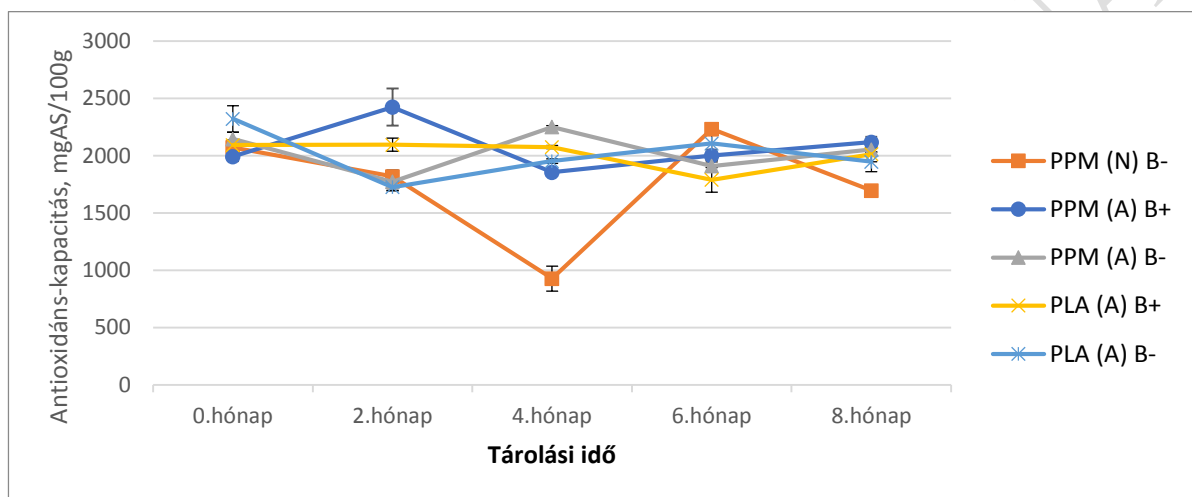
- Atmoszférikus légösszetétel; PLA csomagolás; $p=0,071$.
- Atmoszférikus légösszetétel; PPM csomagolás; $p=0,779$.
- Bevonattal kezelt; PLA csomagolás; $p=0,943$.
- Bevonattal kezelt; PPM csomagolás; $p=0,877$.

Mindebből az következik, hogy a csomagolás anyaga feltehetően nem befolyásolja az antioxidáns-kapacitás változását többhónapos tárolás során. Meglepő módon a nitrogénben dúsított légtérben szignifikáns csökkenés tapasztalható a 8. hónap végére, ellenben az

atmoszférikus légösszetétel és a diótörköly extraktummal történő bevonás alkalmazása esetében (20. ábra).

A 8. hónapra a PLA csomagolás esetében a kivonattal nem kezelt mintánál a csökkenés mértéke 16,09%, míg a törkölykivonattal való bevonás esetében csak 3,76%

PPM esetében szintén jobb az extraktummal bevont minta, a 8. hónapra 6,25%-os növekedés tapasztalható, bevonat nélkül a csökkenés csak 4,31%, míg PPM nitrogénnel esetében a legmagasabb a csökkenés 18,13%.



20. ábra: Minták antioxidáns-kapacitásának változása a 8 hónapos tárolás során.

5.4. ÖSSZES POLIFENOL-TARTALOM

Az összes polifenol-tartalom változását az időben a csomagolóanyagok szignifikánsan nem változtatták meg, hiszen a csomagolóanyagok hatása között csak a 4. (bevonat alkalmazása esetén $p=0,042$) és a 8. hónapban (atmoszférikus légösszetételnél $p=0,038$) volt szignifikáns különbség. Az értékek 1500 mgGE/ 100 g körül mozogtak, ami nagyságrendileg megegyezik azzal a publikációval, amit Arranz és társai 2008-ban tettek közzé.

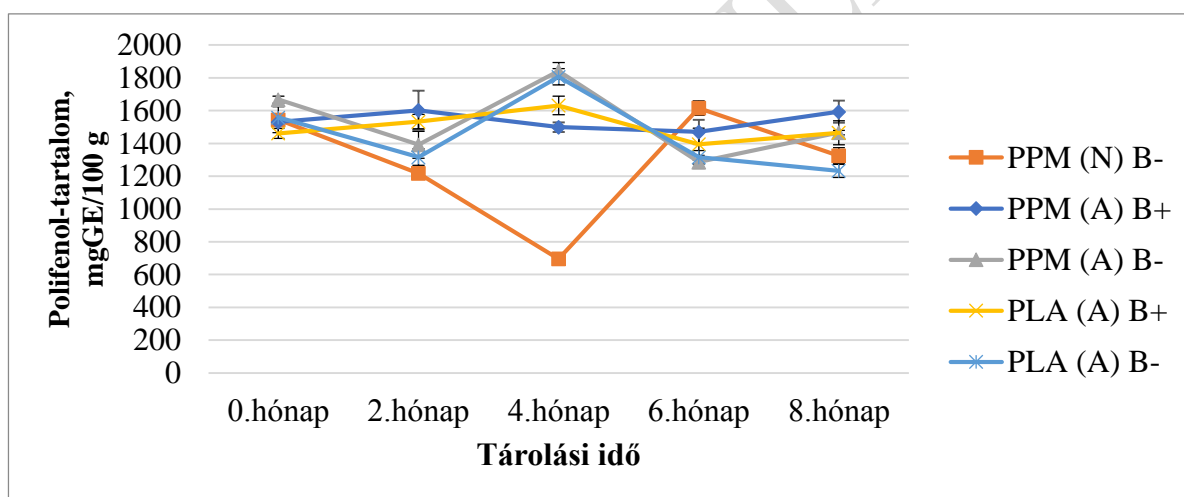
A kezelések közötti szignifikáns különbség a 4. hónaptól szignifikáns. A 4. hónapban szignifikáns volt a különbség minden esetben, illetőleg a változás iránya is ellentétes volt sok esetben: PPM csomagolóanyagot alkalmazva, nitrogénnel dúsított légtérben vagy diótörköly extraktummal történő bevonást alkalmazva, a 4. hónapban jelentősen lecsökkent a minták spektrofotometriásan meghatározható összes polifenol-tartalma; a többi kombináció esetén ez az érték valamennyivel növekedett. A 6. hónapban már csak az atmoszférikus és az extraktummal bevont minták között volt szignifikáns különbség ($p=0,024$); a 8. hónapban pedig már csak a nitrogénnel dúsított és extraktumot tartalmazó minták között volt szignifikáns különbség ($p=0,039$).

Az alábbi minták esetében nincs szignifikáns különbség a 0. és a 8. hónapban mért teljes polifenol-tartalom között:

- Atmoszférikus légösszetétel; PPM csomagolás; $p=0,132$.
- Bevonattal kezelt; PLA csomagolás; $p=1,000$.
- Bevonattal kezelt; PPM csomagolás; $p=0,985$.
- Nitrogénnel dúsított légtér; PPM csomagolás; $p=0,149$.

Ez azt igazolja, hogy a diótörköly extraktum bevonat segített megőrizni és szinten tartani a minták összes polifenol-tartalmát, a csomagolás anyagától függetlenül (21. ábra).

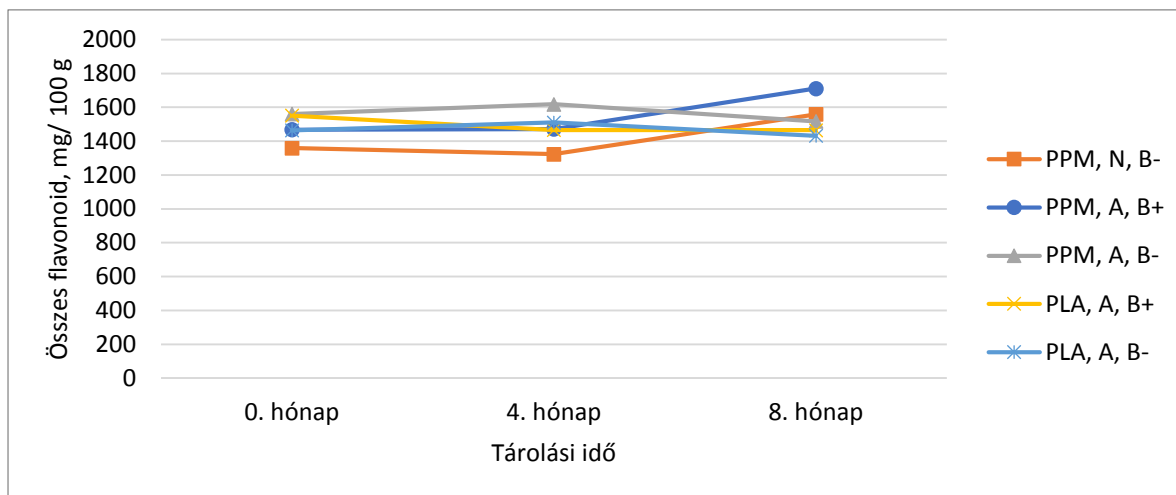
A kiindulási értékek 730,7 – 833,7 mgGE/100g között voltak, a tárolás alatt emelkedő és csökkenő tendenciák váltották egymást. A bevonatot tartalmazó minták esetében a 8. hónapban PPM esetében 4,1%-os, míg PLA esetében 0,2%-os növekedés volt tapasztalható. Bevonat nélkül azonban 12,1%, illetve 20,8%-os csökkenés történt. A nitrogénes minta esetében is csökkenés volt mérhető, 14,2%-os.



21. ábra: Minták teljes polifenol-tartalmának változása a 8 hónapos tárolás során.

5.5. ÖSSZES FLAVONOID TARTALOM

Az összes flavonoid tartalom vizsgálata esetében is azt véltem felfedezni, hogy a módosított atmoszférás, fémgőzölt polipropilén csomagolások szignifikánsan jobbnak bizonyultak (p érték egyedül itt nagyobb, mint 0,05), hiszen megelőzték a flavonoid tartalom csökkenését. A 4. hónapig még az atmoszférikus légösszetételű PPM csomagolás is megővta a terméket, a 8. hónapra azonban ott is lecsökkent (22. ábra).



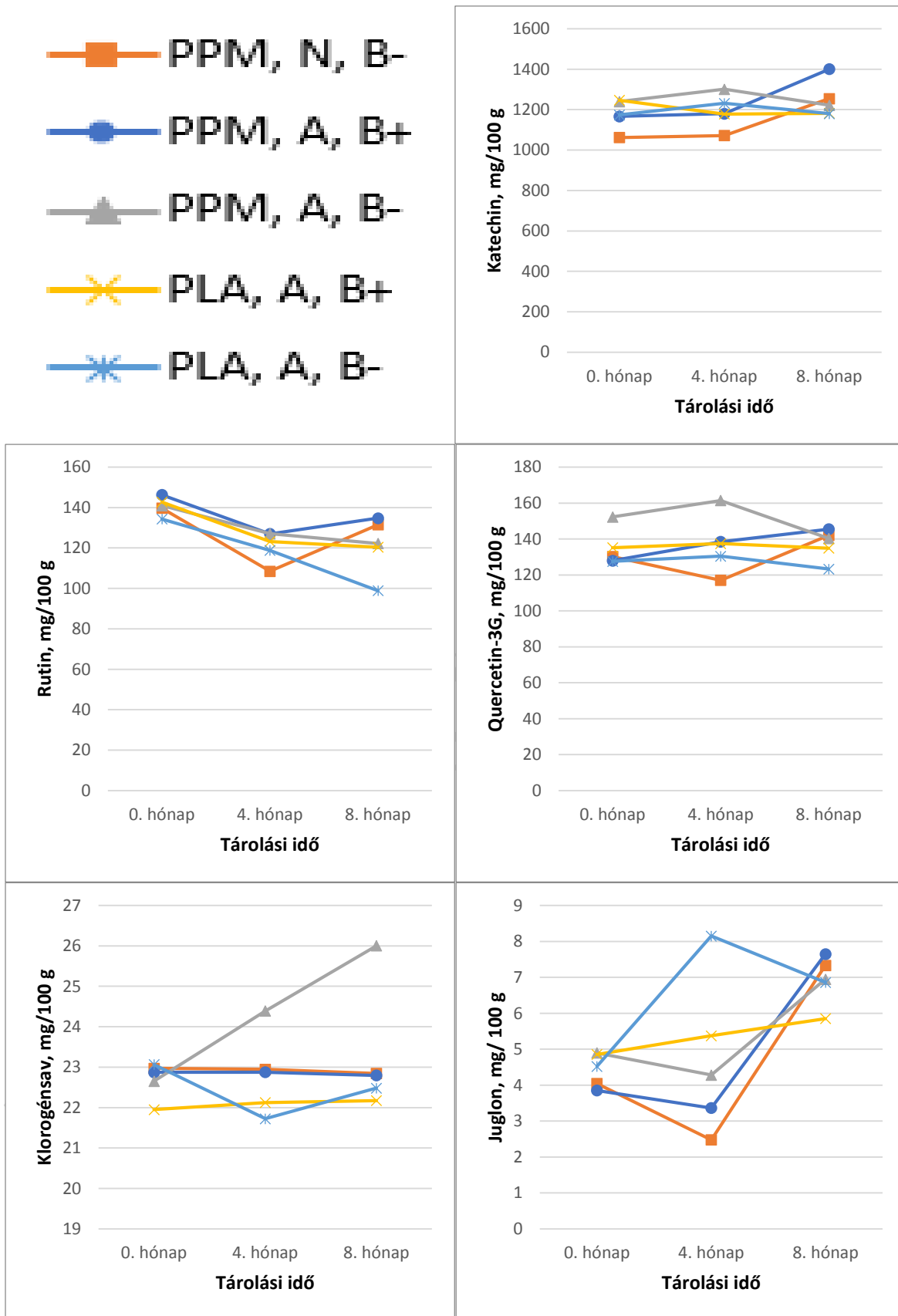
22. ábra: Összes flavonoid-tartalom változása 4 és 8 hónap tárolás után.

5.6.1. FENOLOS VEGYÜLETEK MEGHATÁROZÁSA

A vizsgált flavonoidok közül a diómintákban legnagyobb mennyiségben a flavanolak közé tartozó katechin fordul elő: 1061,9-1246,4 mg/100g között. Ezt követi a flavanolak közé sorolható rutin 134,3-146,3 mg/100 g, valamint a quercetin 127,9-152,3 mg/100 g közötti mennyiségekkel. A fenolsavak közé tartozó klorogénsavból lényegesen kevesebbet tartalmaztak a minták, 21,9-23,0 mg/100 g között, míg juglonból 3,85-4,90 mg/100g (23. ábra). 4 hónap tárolás után nincs szignifikáns különbség a minták esetében mért mennyiségek között, azonban jellemzően más tendenciát mutatnak az egyes flavonoidok változása, mint 8 hónapnyi tárolás esetében.

8 hónapos tárolás után a PLA csomagolóanyagban tárolt minták esetében volt a legkisebb az egyes vegyületek koncentrációja, ám egyik esetben sem mondható szignifikánsnak a különbség (p érték minden esetben 0,05 fölött van). A legmagasabb értéket katechin, rutin, quercetin-3G és juglon esetében a bevonatot tartalmazó metallizált polipropilénben tárolt minták mutatták, míg klorogénsavnál pedig az atmoszférikus légösszetételt tartalmazó PPM, szignifikáns különbség azonban csak ez utóbbinál ($p=0,04$) van.

A 8 hónapos tárolás során rutin esetében mindegyik mintánál csökkenés volt tapasztalható, melynek mértéke 7,9-26,4% között volt. A juglon esetében jelentős, 20-98% közötti növekedés volt mérhető. A többi fenolos vegyület esetében csökkenő és növekvő tendencia is tapasztalható, azonban megfigyelhető, hogy a bevonattal rendelkező mintáknál általában növekedés, vagy csak minimális csökkenés volt mérhető. A fenolos vegyületek szempontjából a nitrogén jelenléte kifejezetten kedvezőnek mondható.



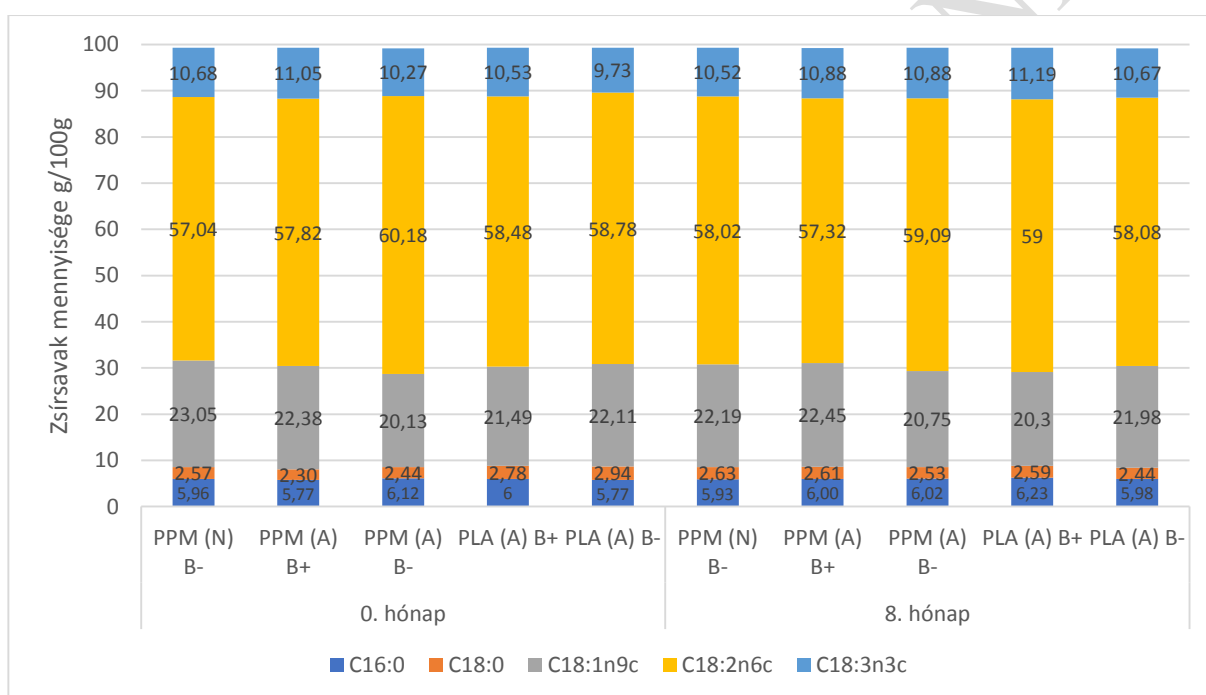
23. ábra: Minták catechin-, rutin-, quercetin-3G-, klorogén- és juglon-tartalmának változása 4 és 8 hónap tárolás után.

5.7. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL

A zsírsavak összetételét 24. ábra szemlélteti. Az összes zsírsav 99,14 - 99,33%-át a telített palmitinsav (C16:0), sztearinsav (C18:0), az egyszeresen telítetlen olajsav (C18:1n9c), linolsav (C18:2n6c) és a többszörösen telítetlen α -linolénsav (C18:3n3c) adja.

A mintákban legnagyobb mennyiségben linolsav található, a kiinduláskor 57,04 - 60,18%-ban, a tárolás 8. hónapjában pedig 57,32 – 59,09% között. A többszörösen telítetlen zsírsavak aránya 67,72 – 70,45% közötti, míg a telítetteké csak 8,07 – 8,78%.

Az omega-6/omega-3 (linolsav/linolénsav) arány 5,23 – 6,04 közötti, a PLA csomagolás esetében a 8. hónapra az értékek csökkentek, tehát a csomagolás anyaga hatással van a zsírtartalomra, de a légösszetétel nem.

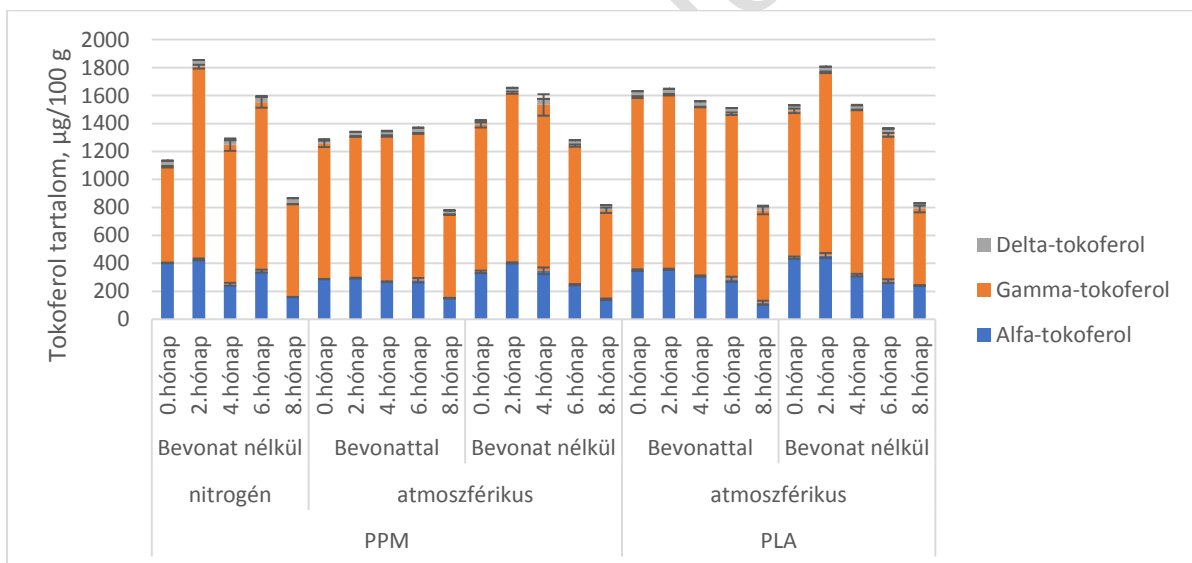


24. ábra: Minták zsírtartalom összetételének változása a 8 hónapos tárolás során.

5.8. E-VITAMIN TARTALOM

A tokoferolok mennyiségének változását a 25. ábra mutatja. Megfigyelhető, hogy legnagyobb mennyiségben a mintákban γ -tokoferol található, 60,6-75,8% között a tárolás kezdetén, míg 65,9-80,7% között a tárolás végén. Ezt követi az α -tokoferol 21,6-35,4% közötti mennyiséggel, mely a tárolás 8. hónapjában 14,4-29,1% között volt. Legkisebb mennyiségben δ -tokoferol fordul elő a mintákban 2,2-3,9%, valamint 3,8-5,0% közötti mennyiségben a tárolás végén. A mért tokoferolok összes mennyisége a tárolás elején 1135-1630 $\mu\text{g}/100\text{g}$ között volt, míg a tárolás végén 779-866 $\mu\text{g}/100\text{g}$. A tárolás alatti csökkenés mértéke 50,2-76,3% között volt, legnagyobb mértékű a nitrogént is tartalmazó esetében.

Megállapítható, hogy a különböző tokoferolok aránya a tárolás során közel állandó volt. Mindegyik mintánál elmondható, hogy 2 hónap tárolás után volt a legmagasabb az E-vitamin-tartalma, azonban a bevonattal kezelt minták esetében egyedül a 8. hónaptól szignifikánsan kisebb (p minden hónaphoz viszonyítva kisebb, mint 0,05) a tokoferolok mennyisége. A PPM anyagú, nitrogénes légterű csomagolás esetében a tokoferolok mennyisége ingadozik, növekvő, majd csökkenő tendenciát mutat. A PPM és PLA bevonat nélküli, atmoszférikus csomagolás esetében az értékek egy kezdeti növekvő tendencia után fokozatosan csökkennek, legnagyobb mértékben a 6. és 8. hónap között. A PPM és PLA bevonatos atmoszférikus csomagolás esetében viszont az értékek kezdetben stagnálnak, majd szintén a 6. és 8. hónap között jelentős mértékben csökkennek (2 havonta nem szignifikáns az értékek közötti különbség a 6. és 8. hónap között azonban minden kombinációnál szignifikáns a különbség). Az általam kapott eredmények nagyságrendileg megegyeznek azokkal, amiket Pycia és munkatársai (2018) kaptak, bár ők lengyel fajtákkal dolgoztak, amiknek alacsonyabb az E-vitamin tartalma.



25. ábra: Minták teljes α -, γ - és δ -tokoferol-tartalmának változása a 8 hónapos tárolás során.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az eredményeim alapján az optimális csomagolóanyag-csomagolási légtér kombinációt befolyásolja a választott tárolási időtartam és a megőrzendő tulajdonság, beltartalmi érték.

Megfigyeléseim alapján a 4. hónap után következtek be jelentős változások az általam vizsgált értékekben, például a szárazanyagtartalom addig kismértékben növekedett vagy stagnált, utána azonban csökkent vagy nagyobb mértékben növekedett.

A színről pedig elmondható, hogy amennyiben a célunk az, hogy az eredeti, frissen betakarított dióhoz hasonlítson, 6 hónap tárolás az ideális.

Az antioxidáns kapacitás és a polifenol-tartalom nagy változáson ment keresztül a tárolás különböző szakaszaiban, kivéve a diótörköly extraktum bevonattal kezelt minták esetében. Ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy a tárolás során itt magasabbak lettek volna az értékek, de a 8. hónapban vizsgált minták esetében azok voltak.

A tárolás során az összes flavonoidtartalom látszólag nem változott sokat, ellenben a flavonoid vegyületek arányával. A zsírsavtartalom és -összetétel, csak a PLA csomagolóanyag alkalmazásakor csökkent, de ott sem szignifikáns mértékben, ebből következik, hogy 8 hónap tárolás alatt sem a csomagolóanyag, sem a légösszetételnek sincs szignifikáns hatása a zsírsavtartalomra.

Ebből következik, hogy amennyiben hosszabb ideig (legalább 8 hónap) szeretnénk tárolni a diót a legmegfelelőbb kombináció a PPM (A) B+, hiszen a legtöbb jellemző ezek alkalmazásával lett/maradt a legjobb. Rövidebb, pl. 4 hónapos tárolás esetében pedig az atmoszférikus légösszetételű csomagolást javasolnám. A csomagolás anyaga ennél az időtávnál sok esetben nem volt jelentős a normál légösszetétel esetében.

HIVATKOZÁSOK

1. Arranz, S., Pérez-Jiménez, J., Saura-Calixto, F. (2008): Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. *Eur Food Res Technol* 227, 425–431. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0737-2>
2. Aliaño-González, M. J., Gabaston, J., Ortiz-Somovilla, V., & Cantos-Villar, E. (2022). Wood Waste from Fruit Trees: Biomolecules and Their Applications in Agri-Food Industry. *Biomolecules*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/biom12020238>
3. Amaral, J. S., Valentão, P., Andrade, P. B., Martins, R. C., & Seabra, R. M. (2008). Do Cultivar, Geographical Location and Crop Season Influence Phenolic Profile of Walnut Leaves? *Molecules*, 13(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/molecules13061321>
4. Bernáth J. (2013): Vadon termő és termesztett gyógynövények, Mezőgazda Kiadó, Budapest, ISBN: 9789632866741
5. Benzie, I. F., és Strain, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
6. Bernard, A., Lheureux, F., & Dirlwanger, E. (2017). Walnut: Past and future of genetic improvement. *Tree Genetics & Genomes*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1214-0>
7. Bujdosó, G., Varjas, V., & Szugyi, K. (2018, május 16). *Újonnan nemesített dió genotípusok értékelése [Evaluation of novel bred Persian walnut genotypes]* Bujdosó G. – Varjas V. - Szügyiné Bartha K. (2018): *Újonnan nemesített dió genotípusok értékelése. XXXVII: Óvári Tudományos Napok. Konferencia Kiadvány II. kötet. (ISBN: 978-615-5837-15-9) 267-273 p.*
8. Bujdosó G. (2002): Új diófajták és újabb nemesítésű diófajtajelöltek érzékszervi bírálata. *Kertgazdaság*. 34 (3): 26-31.
9. Byerley, L. O., Samuelson, D., Blanchard, E., Luo, M., Lorenzen, B. N., Banks, S., Ponder, M. A., Welsh, D. A., & Taylor, C. M. (2017). Changes in the gut microbial communities following addition of walnuts to the diet. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 48, 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2017.07.001>
10. Çağlarımak, N. (2003). Biochemical and physical properties of some walnut genotypes (*Juglans regia*, L.). *Food / Nahrung*, 47(1), 28–32. <https://doi.org/10.1002/food.200390004>
11. Chauhan, A., & Chauhan, V. (2020). Beneficial Effects of Walnuts on Cognition and Brain Health. *Nutrients*, 12(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/nu12020550>

12. Christopoulos, M. V., & Tsantili, E. (2011). Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut (*Juglans regia* L.) kernels during storage. *Scientia Horticulturae*, *131*, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.026>
13. Crowe, T., Crowe, T., Johnson, L., & White, P. (2002). Impact of extraction method on yield of oxidation products from oxidized and unoxidized walnuts. *Journal of Oil & Fat Industries*, *79*, 453–456. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0505-7>
14. de Scisciolo, B., Leopold, D. J., & Walton, D. C. (1990). Seasonal patterns of juglone in soil beneath *Juglans nigra* (black walnut) and influence of *J. nigra* on understory vegetation. *Journal of Chemical Ecology*, *16*(4), 1111–1130. <https://doi.org/10.1007/BF01021015>
15. el Nobile, M. A. (2001). Packaging design for potato chips. *Journal of Food Engineering*, *47*(3), 211–215. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00118-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00118-7)
16. Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V., & Botta, R. (2013). Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology*, *81*, 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.02.014>
17. G. Tóth M. (1997/b): Dió. In: Gyümölcsészet (szerk.: G. Tóth M.) Primom Vállalkozásélénkítő Alapítvány. Nyíregyháza. 357-369.
18. Hanc, A., & Chadimova, Z. (2014). Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource Technology*, *168*, 240–244. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.031>
19. Hayes, D., Angove, M. J., Tucci, J., & Dennis, C. (2016). Walnuts (*Juglans regia*) Chemical Composition and Research in Human Health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(8), 1231–1241. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.760516>
20. Heuvel, J. P. V., Belda, B. J., Hannon, D. B., Kris-Etherton, P. M., Grieger, J. A., Zhang, J., & Thompson, J. T. (2012). Mechanistic Examination of Walnuts in Prevention of Breast Cancer. *Nutrition and Cancer*, *64*(7), 1078–1086. <https://doi.org/10.1080/01635581.2012.717679>

21. Ibrahim, N. M., Abd El-Razik Heikal, Y., Helmi El-Kalyoubi, M., & Sayed Nagy, K. (2021). Quality Assessment Of Potato Chips Packaged In Polypropylene Bags. *Egyptian Journal of Nutrition*, 36(1), 121–165. <https://doi.org/10.21608/enj.2021.17774>
22. İlyasoğlu, H., & Yilmaz, F. (2019). Characterisation of yoghurt enriched with polyunsaturated fatty acids by using walnut slurry. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1), 110–119. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12565>
23. Internet 1: <https://fruitresearch.naik.hu/gyumolcsfajtak/gyki-diofajtak-milotai-10>
24. Internet 2.: <https://www.freshplaza.com/europe/article/9247188/launch-of-the-fresh-walnut-season/>
25. Internet 3.: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/walnuts> (2023.08.07.)
26. Internet 4.: https://sastohotel.hu/dl/gasztronomia/allergenek_listaja.pdf (2023.10.20.)
27. Internet 5.: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2018/december/columns/processing-how-plant-based-milks-are-processed> (2023.10.02.)
28. Internet 6.: Fishing rod spool of yellow Parkesine with brass fittings | Science Museum Group Collection (2023.08.07.)
29. Internet 7.: <https://www.tetrapak.com/about-tetra-pak/who-we-are/heritage> (2023.10.24.)
30. Kendall, C. W. C., Esfahani, A., Josse, A. R., Augustin, L. S. A., Vidgen, E., & Jenkins, D. J. A. (2011). The glycemic effect of nut-enriched meals in healthy and diabetic subjects. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 21, S34–S39. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2011.03.013>
31. Kumar P., Gimes L., Székely D., & Máté M. (2022). Investigation of extraction methods of walnut cake polyphenol components for further usage in edible coatings. IV. *International on Food Science and Technology*, Budapest, Hungary, 44
32. Kumari, S. V. G., Pakshirajan, K., & Pugazhenti, G. (2022). Recent advances and future prospects of cellulose, starch, chitosan, polylactic acid and polyhydroxyalkanoates for sustainable food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 221, 163–182. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.08.203>
33. KSH: 19.1.1.25.(2022): A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0025.html

34. Malmir, H., Larijani, B., & Esmailzadeh, A. (2022). The effect of walnut consumption on cardiometabolic profiles of individuals with abnormal glucose homeostasis: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *British Journal of Nutrition*, 128(6), 1037–1049. <https://doi.org/10.1017/S0007114521004414>
35. Markovic, I., Ilic, J., Markovic, D., Simonovic, V., & Kosanic, N. (2013): Color measurement of food products using CIE L* a* b* and RGB color space. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4(1), 50-53.
36. Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food Packaging?Roles, Materials, and Environmental Issues. *Journal of food science*, 72, R39-55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
37. Martínez, M. L., Labuckas, D. O., Lamarque, A. L., & Maestri, D. M. (2010). Walnut (*Juglans regia* L.): Genetic resources, chemistry, by-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(12), 1959–1967. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4059>
38. Nagarajan, V., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2016). Perspective on Polylactic Acid (PLA) based Sustainable Materials for Durable Applications: Focus on Toughness and Heat Resistance. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4(6), 2899–2916. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00321>
39. Oliveira, R., Fátima Rodrigues, M., & Gabriela Bernardo-Gil, M. (2002). Characterization and supercritical carbon dioxide extraction of walnut oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(3), 225–230. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0465-y>
40. Pycia, K., Kapusta, I., Jaworska, G. et al (2018): Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties. *Eur Food Res Technol* 245, 607–616 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3184-3>
41. Qiu, Y., Yu, Y., Lan, P., Wang, Y., & Li, Y. (2021). An Overview on Total Valorization of *Litsea cubeba* as a New Woody Oil Plant Resource toward a Zero-Waste Biorefinery. *Molecules*, 26(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/molecules26133948>
42. Raheem, D. (2013). APPLICATION OF PLASTICS AND PAPER AS FOOD PACKAGING MATERIALS - AN OVERVIEW. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 177–188. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i3.11509>

43. Raisi, M., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A., Kashaninejad, M., & Hosseini, H. (2015). Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage. *Journal of Stored Products Research*, 62, 16–21. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.03.004>
44. Rodler, I. (2005): Új tápanyagtáblázat, Medicina Könyvkiadó ZRt., Budapest
45. Ruggeri, G., Mazzocchi, C., Corsi, S., & Ranzenigo, B. (2022). No More Glass Bottles? Canned Wine and Italian Consumers. *Foods*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods11081106>
46. Scussel, V. M., Giordano, B. N., Simao, V., Manfio, D., Galvao, S., & Rodrigues, M. N. F. (2011). Effect of Oxygen-Reducing Atmospheres on the Safety of Packaged Shelled Brazil Nuts during Storage. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2011, e813591. <https://doi.org/10.1155/2011/813591>
47. Şen, S. M., & Karadeniz, T. (2020): *THE NUTRITIONAL VALUE OF WALNUT*.
48. Singleton, V. L., és Rossi, J. A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
49. Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H. M., & Chin, N. L. (2013). Textural, Rheological and Sensory Properties and Oxidative Stability of Nut Spreads—A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(2), 4223–4241. <https://doi.org/10.3390/ijms14024223>
50. Stalikas, C. D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*, 30(18), 3268–3295. <https://doi.org/10.1002/jssc.200700261>
51. Sun, D.-W., & Hu, Z. (2003). CFD simulation of coupled heat and mass transfer through porous foods during vacuum cooling process. *International Journal of Refrigeration*, 26(1), 19–27. [https://doi.org/10.1016/S0140-7007\(02\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0140-7007(02)00038-5)
52. Verma, M. K. (2014). *Walnut Production Technology*, Post Graduate School, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi-110012, (o. 281–287).
53. USDA FoodData Central, SR Legacy (2018a): Nuts, walnuts, english <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170187/nutrients>
54. USDA FoodData Central, SR Legacy (2018b): Nuts, almonds <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170567/nutrients>

55. USDA FoodData Central, SR Legacy (2018c): Nuts, hazelnuts or filberts
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170581/nutrients>
56. Ziarati, P., & Aryapak, S. (2014). Nutritive Value of Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Orchards. *American-Eurasian Journal of agricultural and environmental sciences*, *14*, 1228–1235. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.11.12438>

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kereszturi Julianna
A Hallgató Neptun kódja: N1A9ZO
A dolgozat címe: Csomagolóanyag hatékonyságának vizsgálata dióbél (Juglans regia L.) eltarthatóságára
A megjelenés éve: 2023.
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 könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 10. hó 29. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Kereszturi Julianna (hallgató Neptun azonosítója: N1A9ZO) 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: Budapest, november 4.



Dr. Máté Mónika
belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.