



**ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA
2025. ÁPRILIS 24-26**

**CSOMAGOLÓANYAGOK HATÉKONYSÁGÁNAK
VIZSGÁLATA DIÓBÉL ELTARTHATÓSÁGÁRA
THE EFFECT OF PACKAGING ON WALNUT KERNELS**

Készítette: Kereszturi Julianna

Élelmiszermérnök, MSc
Nappali tagozat
Budai Campus

**Témavezető: Dr. Máté Mónika, egyetemi docens
MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet,
Gyümölcs- és Zöldségfeldolgozás Technológia Tanszék**

OTDK szekció: Agrártudományi szekció

**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
3.2. Flavonoidok	11
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
3.3. Csomagolóanyagok és csomagolások	14
3.3.1. Hagyományos, egykomponensű csomagolóanyagok	14
3.3.1.1. Politejsav (PLA) és alkalmazásai	14
3.3.2. Társított csomagolóanyagok	15
3.3.2.1. Fémgőzölt polipropilén	15
3.3.3. Vákuumcsomagolás	16
3.3.4. Módosított atmoszférás csomagolás (MAP)	16
3.4. Héjasok tárolás alatti változása	16
4. Anyagok és módszerek	19
4.1. Kísérletek helye	19
4.2. A kísérleti munka menete	19
4.3. Vizsgálati módszerek	20
4.3.1. Minták előkészítése a mérésekhez	20
4.3.2. Extraktum készítése spektrofotometriás és HPLC mérésekhez	21

4.3.3. CIELab színekoordináták mérése, színíngerkülönbség számítása	22
4.3.4. Összes Szárazanyagtartalom mérése	23
4.3.5. Antioxidáns kapacitás meghatározása	23
4.3.6. Összes Polifenol-tartalom	25
4.3.8. Flavonoid összetétel	26
4.3.9. Zsírsavösszetétel	26
4.3.10. Mintaelőkészítés e-vitamin-tartalom méréséhez	27
4.3.11. Tokoferolok HPLC-s mérési módszere	28
5. Kísérleti eredmények és értékelésük	29
5.1. CIELab színekoordináták és színíngerkülönbség	29
5.1.1. Színekoordináták	29
5.1.2. Színíngerkülönbség	32
5.2. Összes szárazanyagtartalom	34
5.3. Minták antioxidáns-kapacitása	34
5.4. Összes polifenol-tartalom	35
5.5. Fenolos vegyületek meghatározása	37
5.7. Zsírsavösszetétel	39
5.8. E-vitamin tartalom	39
6. Összefoglalás	40
Hivatkozások	42

1. BEVEZETÉS

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

A diótörköly jelentős mennyiségben tartalmaz biológiailag aktív vegyületeket, melyek természetes tartósító hatással bírnak. Egyéves tárolási időszakon keresztül vizsgáltam az ezen vegyületeket tartalmazó diótörköly-kivonat 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, DPPH gyökfogó kapacitás, TEAC-érték (spektrofotometriásan)
- E-vitaminok (HPLC-vel)
- flavonoid összetétel (HPLC-vel)
- zsírsav-összetétel GC-FID módszerrel)
- avasodási szám

A kutatás várható eredményei:

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

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

2. CÉLKITŰZÉS

Kutatásom fő irányát egyrészt az olajgyártás során visszamaradt pellet (diótörköly) értékes anyagainak 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, lebomló) 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.

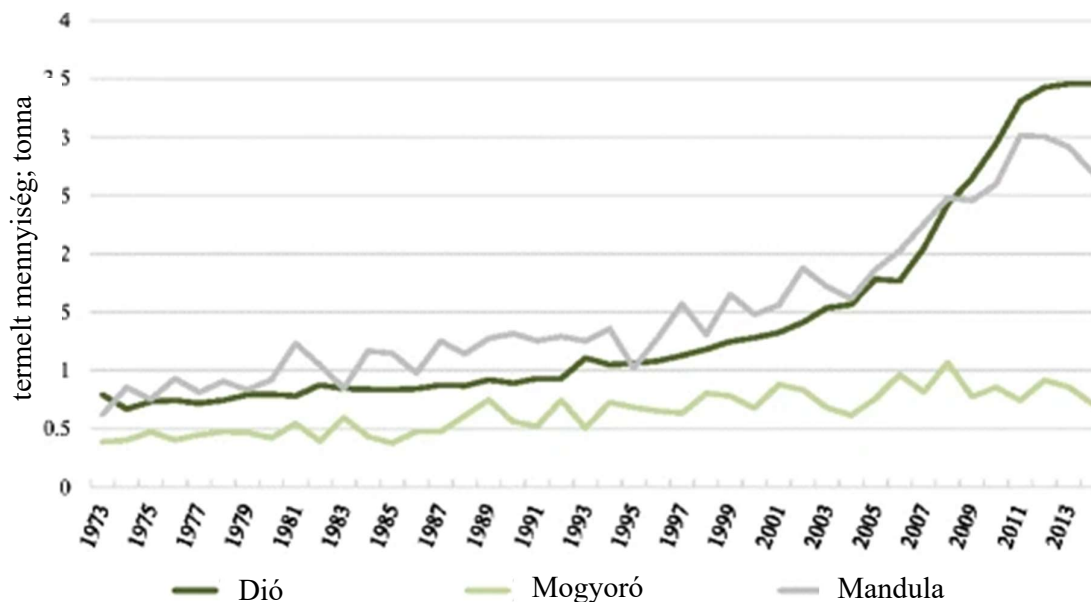
Másik célom az, hogy megvizsgáljam, a különböző csomagolóanyagok és csomagoláson belüli légösszetételek milyen hatást gyakorolnak a dióminták beltartalmi jellemzőire 12 hónap tárolás után.

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 zsíroldható 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 bükkfavrágúak (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)

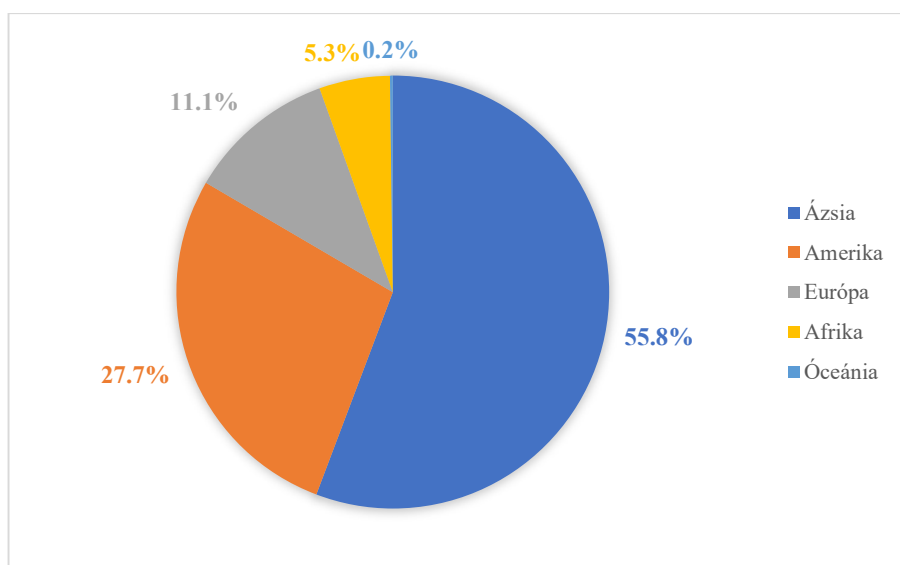
A közönséges dió a mérsékelt égövi és az északi mediterrán országokban is elterjedt. Az egymástól eltérő klímájú termőhelyeken szelekciós munkával különböző fajtaköröket hoztak

létre. A fajtákat termésalak (gömb, hengeres), termésnagyság, 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 élelmiszerrel, odúval és árnyékkal szolgálja, míg az agrárium számára felhasználható az általa termelt juglone, mint gyomirtószer (de Scisciolo és munkatársai, 1990).

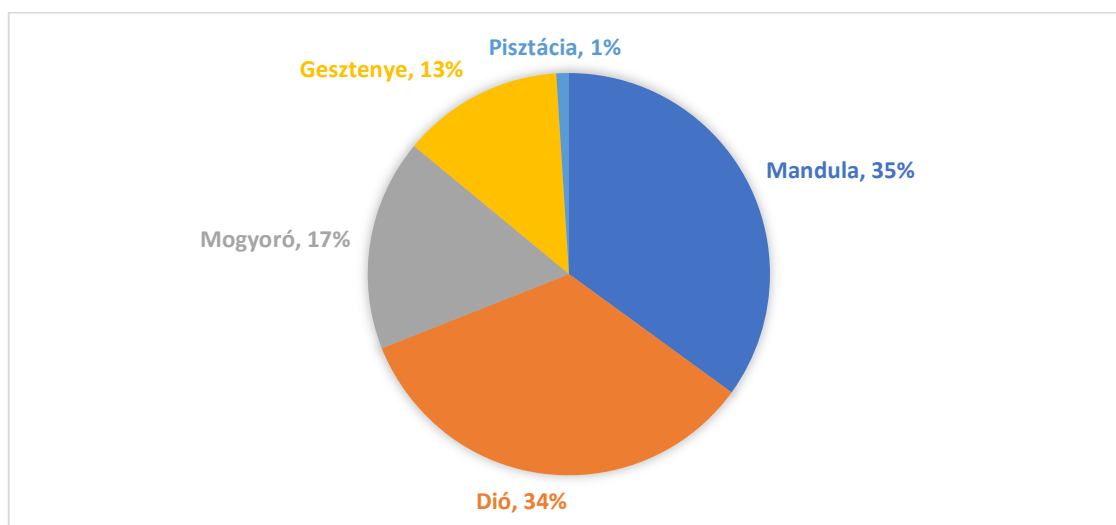
A héjasok piaca általánosan növekedő tendenciát mutat (1. ábra).

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).



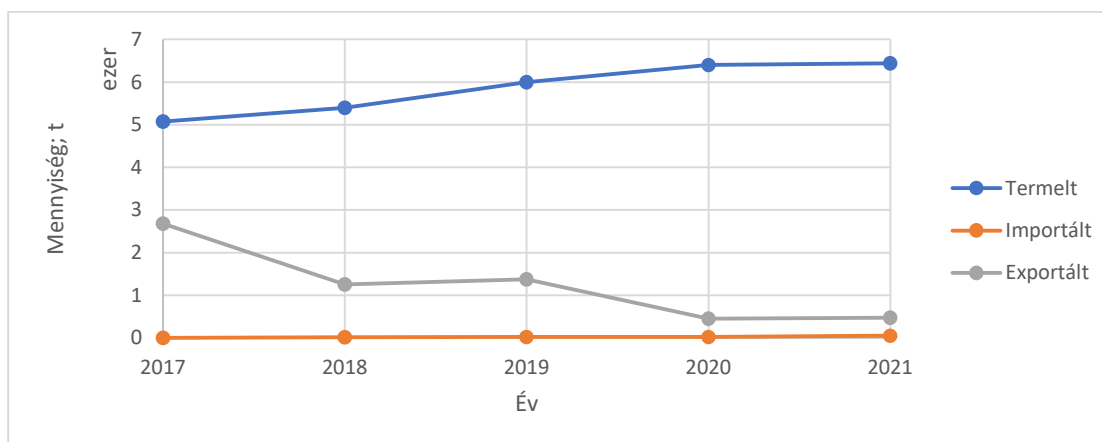
2. ábra: Héjas dió termelés megoszlása a világon, kontinensek szerint, 2021-ben (FAOSTAT, 2021)

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, 2021 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 középidejű, elhúzódó, ezért érzékeny a késő tavaszi fagyokra.
Virágzás, termékenyülés	Hímelőző virágzású. Kölcsönösen együtt virágzik az Alsószentiváni 118, Pedro és Tiszacsécsi 2 nőelőző fajtákkal.
Érés idő	Szeptember harmadik negyedében.
Termőképesség	Korán fordul termőre, termésének 20-25 %-át hozza oldalrügyein.
Termésének jellemzői	Termése közepnagy, 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. Áruminósége, mind héjas, mind bél formájában etalonnak számít.
Fa jellemzői	Fája közepes növekedési erélyű, fiatal korban felfelé törő, később félgömb alakúvá válik.
Termeszthetőség	Az ökológiai tényezőkre igényes fajta.



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

A nagyobb termés méret és bélarány elérése érdekében az 'Alsószentiváni 117' és a fent említett 'Milotai 10' fajtákat keresztezték 'Pedro' fajtaival. Az így nemesített genotípusú növények termésének 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 diópiacra 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 fenolsavban gazdag, alacsony glikémiás indexű (Şen és Karadeniz, 2015). Ezen okok miatt a dió iránti kereslet és termelés növekedést mutat; 2020-22-ben 1022,03 millió tonna diót termeltek világszerte, ezáltal ez a második legtöbbet termelt dióféle (FAO, 2022).

A héjas gyümölcsökről elmondható, hogy rendkívül alacsony a víztartalmuk az átlagos gyümölcsökhöz képest, ellenben magas a zsír- és enetgiatartalmuk (legfőképpen a diónak), néhányának (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 molibdénben) (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 élelmiszerfajttával a B vitaminokat tudjuk bevinni, hiszen kevés élelmiszer tartalmazza elégséges mennyiségben. Vízoldható vitaminok révén az alacsony víztartalmú héjas gyümölcsök nem tartalmaznak sokat, ám jelentősen többet, mint egy átlagos gyümölcs. A mandula, mogyoró és dió hármasközül nincs egy, amelyiknek kiemelkedően

magas lenne a B-vitamin-tartalma a többihez képest, mindegyiknek megvan 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	
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. ábra).

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

3.2. FLAVONOIDOK

A flavonoidok olyan növények által szintetizált vegyületek melyeket a kémiai szerkezetük alapján a következő csoportokba sorolhatunk: flavonolok, flavonok, flavanolok, izoflavonok, antociaidinek és flavanol. A növényekben betöltött fiziológiás szerepük mellett fontos összetevői az emberi táplálkozásnak, bár nem minősülnek tápanyagnak. Elsősorban zöldség és gyümölcs fogyasztásával vesszük be, de teából, szűretlen 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 hatással van számos életmóddal összefüggő civilizációs betegségre, többek között a bélbaktériumokra (Byerley és mtsai., 2017) és a koleszterin-szintre gyakorolt hatása révén (Malmir és mtsai., 2022), továbbá segítséget nyújthat a cukorbetegségben (Kendall és mtsai., 2011), rákban (Heuvel és mtsai., 2012), 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 nedvességsökkentés és aromakialakítás miatt. Ezt követően őrléssel alakítják ki a krémszerű állományt. Az őrlés után adagolják a pasztához az édesítőszereket 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 fagylaltok is ízesíthetők vele. Magas telítetlen zsírsavtartalma miatt tejtermékek zsírsav-dúsítására is használják (*İlyasoğlu & 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).

3.3. 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).

3.3.1. 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 újrahasználhatók/újrahasznosíthatóak. Nagy sűrűsége, törékenysége, fényáteresztése és rossz térkihasználása miatt egyre inkább kezdi elhagyni az élelmiszeripar a használatát, helyette inkább műanyagot és lakkozott fémeket 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.).

3.3.1.1. POLITEJSAV (PLA) ÉS ALKALMAZÁSAI

A biológiailag lebomló szintetikus műanyagok gyártása és az egyszerhasználatos műanyagok elhagyása kulcsfontosságú a környezetvédelem szempontjából, éppen ezért az Európai Unió támogatja ezeket a célokat, sőt olyan vállalatokat tesz és irányelveket hoz, melyek határidőhöz kötötten meghatározzák a műanyagok újrahasznosítását és „környezettbarátabbá” 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).

3.3.2. 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 (). 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.

3.3.2.1. FÉMGŐZÖLT POLIPROPILÉN

Szilárd, alacsony vízakтивitású 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 zöldségchipsek csomagolása, mely a chips márkájától függően vagy PE vagy PP. A metallizált, biaxiálisan orientált polipropilén a magasabb árkategóriájú szárítmányok jellemző csomagolása.

3.3.3. 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.

3.3.4. 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.

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 megfigyelhetők. 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.

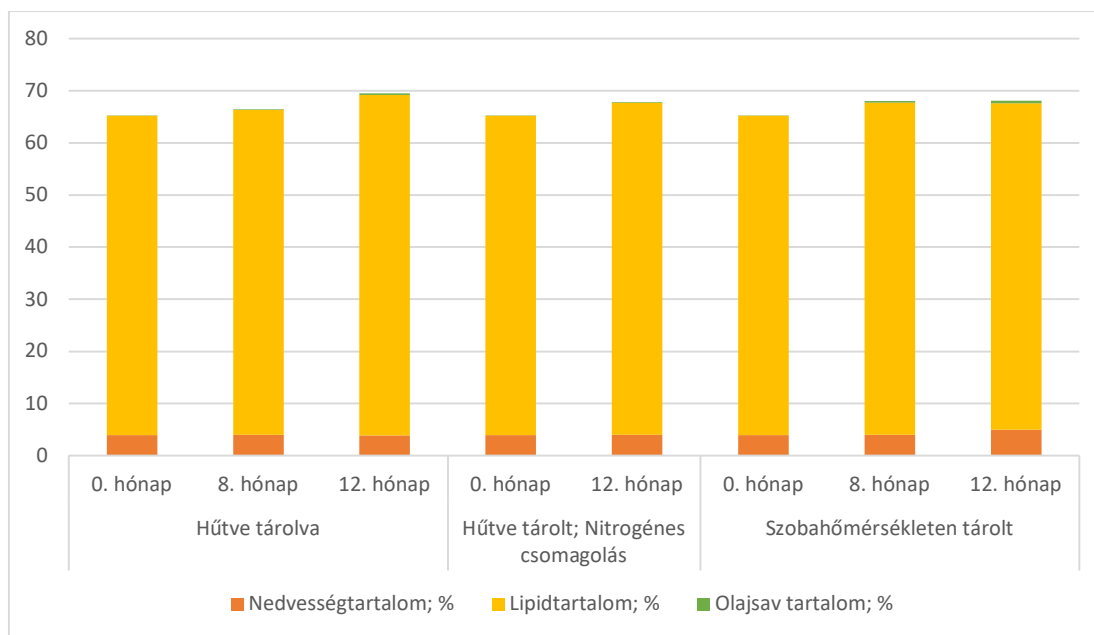
7. táblázat: Nyers, héj nélküli egész szemes és őrölt mandula peroxidértékének (meqO_2/kg mandulaolaj) változása 4 hónapon keresztül a csomagoláson belüli légter és hőmérséklet függvényében (Raisi és munkatársai, 2015)

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 ^c _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 kibetűvel jelölve a szignifikánsan eltérő adatokat, egy sorban, $P < 0,05$ -nél; különböző nagybetűvel jelölve a szignifikánsan eltérő adatokat, egy oszlopban, $P < 0,05$ -nél.

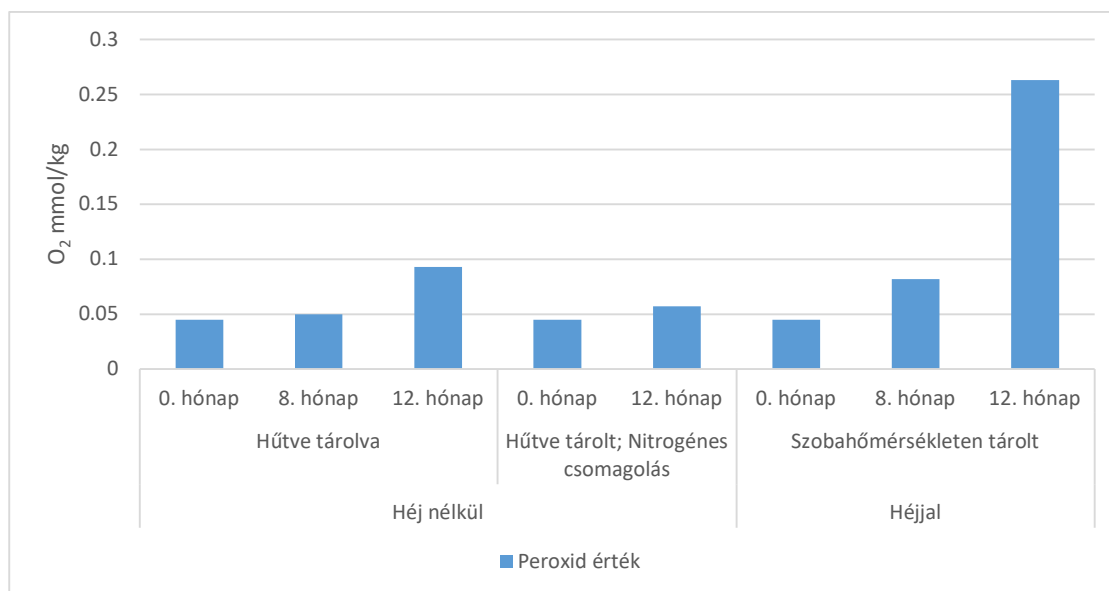
Ghirardello és munkatársai (2013) mogyoró *Corylus avellana* L.) minták különböző körülmények közötti tárolása során követték nyomon az egyes paraméterek változását.

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.



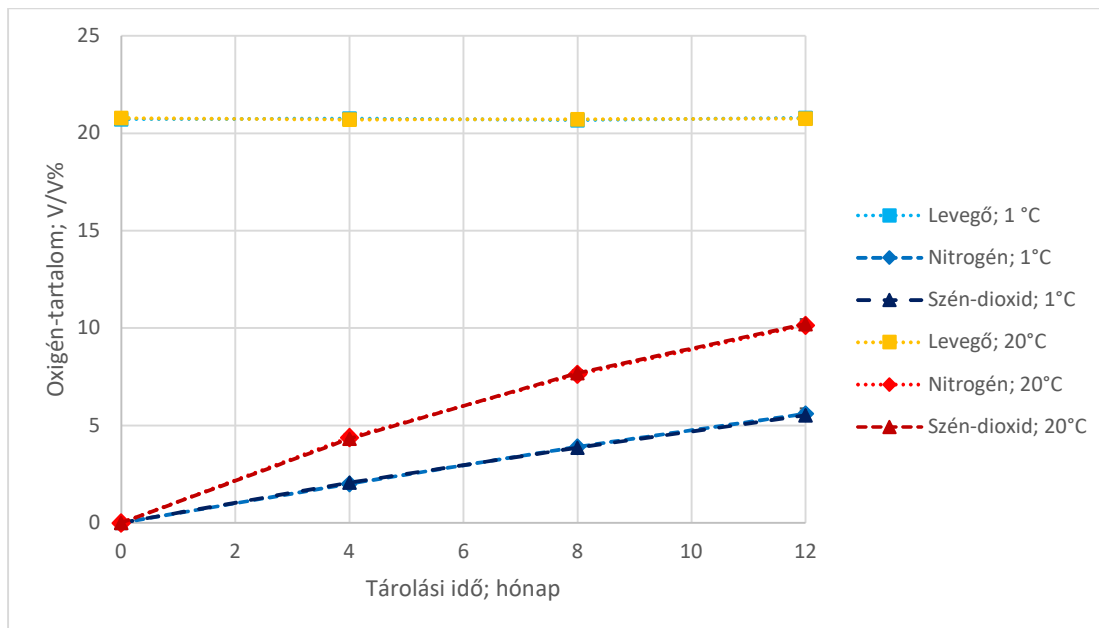
6. ábra: Mogyoró nedvességtartalmának, lipidtartalmának és olajsav tartalmának változása (Ghirardello és munkatársai, 2013 alapján)

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 O_2 -t a diófajták csomagolásából és CO_2 -dal vagy N_2 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)

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

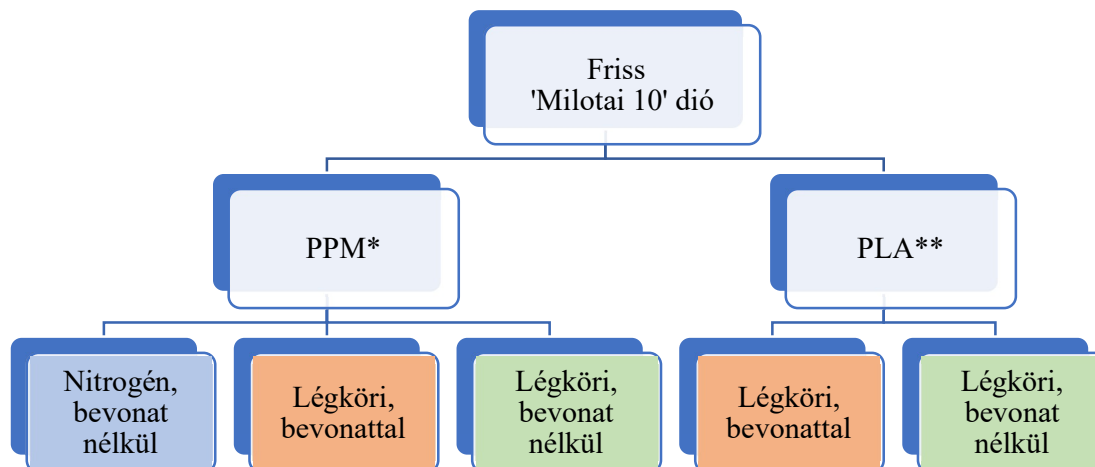
4.1. KÍSÉRLETEK HELYE

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). A PPM esetben készítettem, ahol a csomagolást utólagosan feltöltöttük nitrogén gázzal. A PLA csomagolóanyag esetében ez utóbbit nem tudtuk megvalósítani az anyag ridegsége miatt.



*metalizált polipropilén

**politejsav

9. ábra: Csomagolások anyaga és légtere.

A csomagolt minták tárolása szobahőmérsékleten (kb. 20 °C) történt 10 hónapig. A mintavételezést 2 havonta végeztem, minden alkalommal 3-3 csomag került felbontásra és analízisre.

A kutatás során az alábbi paraméterekvizsgáltam:

- összes szárazanyagtartalom
- CIELab színekoordináták és színingerkülönbség
- összes polifenol-tartalom (spektrofotometrián)
- antioxidáns státusz: FRAP-érték, DPPH gyökfogó kapacitás, TEAC-érték (spektrofotometrián)
- E-vitaminok (HPLC-vel)
- flavonoid összetétel (HPLC-vel)
- zsírsav-összetétel (GC-FID módszerrel)

4.3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

4.3.1. MINTÁK ELŐKÉSZÍTÉSE A MÉRÉSEKHEZ

Eszközök: *Princess 221040 Multi Chopper and Grinder* aprítóberendezés.

A tárolt diómintákból dióőrleményt készítünk. A készülék 4 pengés őrlőtálját használjuk, hiszen a 2 pengés változatnál a próbadarálás során nem kaptunk homogén méreteloszlású őrleményt (10. ábra). A mintákat 30 másodpercig daráltuk.



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

4.3.2. EXTRAKTUM KÉSZÍTÉSE SPEKTOFOTOMETRIÁS ÉS HPLC MÉRÉSEKHEZ

Felhasznált segédanyagok: 100%-os metil-alkohol.

Eszközök: mérőhenger, főzőpohár, üveg dugós Erlenmeyer-lombik, labor mérleg, Foss Tecator 1024 rázófürdő, 50 ml-es centrifugacső, 15 ml-es centrifugacső, Thermo Scientific™ Megafuge™ 8 centrifuga, üvegtölcsér, szűrőpapír, pipetta.

Erlenmeyer-lombikokba kimértünk 4-4 g-ot a mintákból, majd hozzámérünk 20 ml metanolt. A lombikokat ledugóztuk, majd 30 percig rázatjuk 50 °C-on. Mikor letelt az idő, kivettük a mintákat és a tartalmukat áttöltöttük egy 50 ml-es centrifugacsőbe. A centrifugacsöveket 5 percig 4500 1/s fordulatszámon centrifugáljuk. Eközben előkészítettük a 15 ml-es centrifugacsöveket, behelyeztük a tölcseket az összehajtott szűrőpapírral. 10-15 perc múlva, mikor a mintaoldat átszűrődött, eltávolítottuk a tölcseket, lezártuk a centrifugacsövet és a mérésig -17°C-on tároltuk.

4.3.3. CIELAB SZÍNKOORDINÁTÁK MÉRÉSE, SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG SZÁMÍTÁSA

Eszközök: Konica-Minolta kézi színmérő.

Az őrölt, csomagolt mintákat úgy manipuláljuk, hogy a színmérés során közel azonos mintavastagságot kapjunk. A műszer lencséjét a mintára rakjuk, majd elindítjuk 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 koordinátarendszer kettő 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.

4.3.4. ÖSSZES SZÁRAZANYAGTARTALOM MÉRÉSE

Eszközök: RADWAG MAC 50 típusú gyors nedvességmérő (11. ábra).



11. ábra: RADWAG MAC 50 típusú gyors nedvességmérő.

Az őrölt mintából 0,5 g-ot mértem ki a nedvességmérő fém tálcájára. A bemért mennyiséget a berendezésbe épített, 1 mg pontosságú mérleggel határozhatjuk meg. A mérés során a berendezés légtére 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).

Felhasznált segédanyagok: acetát-puffer, kristályvizet vas (III)-klorid oldat, triazin oldat, desztillált víz.

Eszközök: mérőhenger, főzőpohár, automata pipetta, alufólia, spektrofotométer, kuvetta.

50 ml acetát puffert, 5ml vas (III)-kloridot és 5 ml triazin oldatot pipettázok bele egy alufóliába csomagolt főzőpohárba. Ez az elegy lesz a reagensem.

Kalibrációt készítünk 10 mM-os aszkorbinsav oldatra.

Küvetába, 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 mérőegység összeállítása után 5 perccel spektrofotométeren vak oldat mellett, 593 nm-en lemérjük az oldat abszorbanciáját.

Számítás:

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

ahol,

c_{AS} antioxidáns kapacitás (mg/100 g)

A 593 nm-en mért abszorbancia

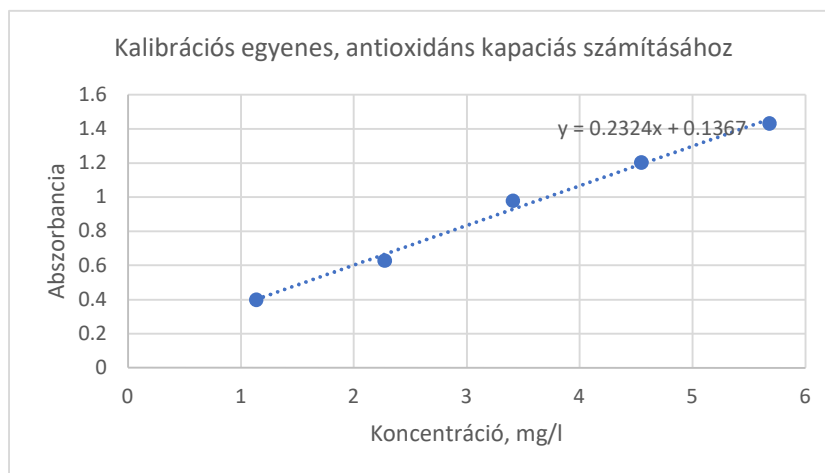
$t g \alpha$ kalibrációs egyenes meredeksége

V_k küvetta térfogata

V_m bemért mintaoldat térfogata

Az antioxidáns kapacitás számításához aszkorbinsavból kalibrációs egyenest vettem fel (12.

ábra), melynek egyenlete: $y = 0,2324x + 0,1367$.



12. 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 redukálódik. 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. Felhasznált segédanyagok: folin (50 ml folin + 500 ml desztillált víz), metanol (metanol + desztillált víz 80:20 arányban), galluszsav, nátrium-karbonát.

Eszközök: főzőpohár, pipetta, kémcsövek, spektrofotométer, küvetták.

Egy műanyag küvettába a 6. táblázat alapján 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.

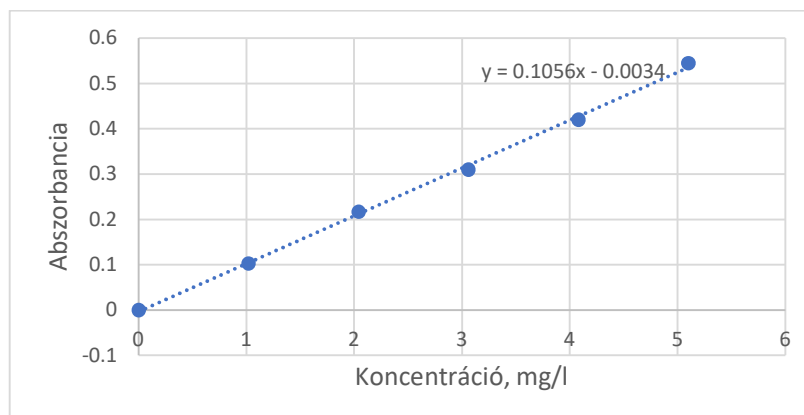
Számítás:

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

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 (13. ábra), melynek egyenlete: $y = 0,1056x - 0,0034$.



13. 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 μ m 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 μ g g⁻¹-ben adjuk meg.

4.3.9.ZSÍRSÁVÖSSZETÉTEL

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) Zebron 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 (C14:0; Rt min: 9,94), pentadekánsav (C15:0; Rt min: 11,05), palmitinsav (C16:0; Rt min: 12,43), palmitoleinsav (C16:1n-7c; Rt min: 13,24), sztearinsav (C18:0; Rt min: 16,30), olajsav (C18:1n-9c; Rt min: 17,20), linolsav (C18:2n-6c; Rt min: 19,04), α-linolénsav (C18:3n-3c; Rt min: 21,56), arachidsav (C20:0; Rt min: 21,59), gondoinsav (C20:1n-9c; Rt min: 23,00), dihomó-γ-linolénsav (C20:3n-6c; Rt min: 26,63), behénsav (C22:0; Rt min: 27,91), cisz-15-tetrakozénsav (C24:1n-9c; Rt min: 31,02).

4.3.10. MINTAEŁŐKÉSZÍTÉS E-VITAMIN-TARTALOM MÉRÉSÉHEZ

Felhasznált segédanyagok: kristályos NaOH, HPLC víz, 99%-os etilalkohol, aszkorbinsav, 12,5 M-os NaOH oldat, hexán.

Eszközök: 0,01 g pontosságú mérleg, mérőhenger, hűtőfürdő, üvegbot, tölcser, üvegdugós mérőlombik, ultrahangos fürdő, üvegdugós Erlenmeyer-lombik, óraüveg, főzőpohár, automata pipetta, alufólia, centrifugacső, fecskendő, fecskendő-szűrő, Eppendorf-cső.

A mintaelőkészítés a SYNLAB Hungary Kft. ajánlása alapján készült.

Az előkészítő műveletünk első lépése a tömény nátrium-hidroxid oldat előállítás, majd az azzal történő elszappanosítás.

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. A hűtőfürdőre azért volt szükség, mert ekkora mennyiségű NaOH oldódása olyan exoterm folyamat, melynek során, a keletkezett hő megrepesztheti a főzőpoharat, illetve az oldatunk is túl meleg lenne, ahhoz, hogy a továbbiakban dolgozni tudjunk vele. Miután szobahőmérsékletűre hűlt az oldatunk, egy tölcser segítségével áttöltjük egy 1 l űrtartalmú mérőlombikba. A főzőpoharat párszor átöblítjük vízzel, amit a mérőhengerbe öntünk. Ezt követően a mérőhengert jelre töltjük.

Az oldat töménysége miatt lassan oldódik benne a NaOH, illetve könnyen kiválik, ezért használat előtt ultrahangos vízfürdőben homogenizáljuk.

Az 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, óráüvegen a 0,5 g aszkorbin-savat 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 fázissétválást könnyebben nyomon tudjuk követni. 15 perc elteltével (vagy amikor a felső hexán-fázisból már legalább 5 ml jól elkülöníthető a centrifugacső skálabeosztásán) átpipettázuk 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 határozzuk meg.

Mintaelőkészítés: A hexánt N₂ gáz segítségével teljes mértékben elpárologtattuk, 40°C-on, félautomata N₂-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 × 3 mm C18
- oszlop hőmérséklete: 30°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 7. táblázat tartalmazza.

7. 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

Jelölések:

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

5.1. CIELAB SZÍNKOORDINÁTÁK ÉS SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG

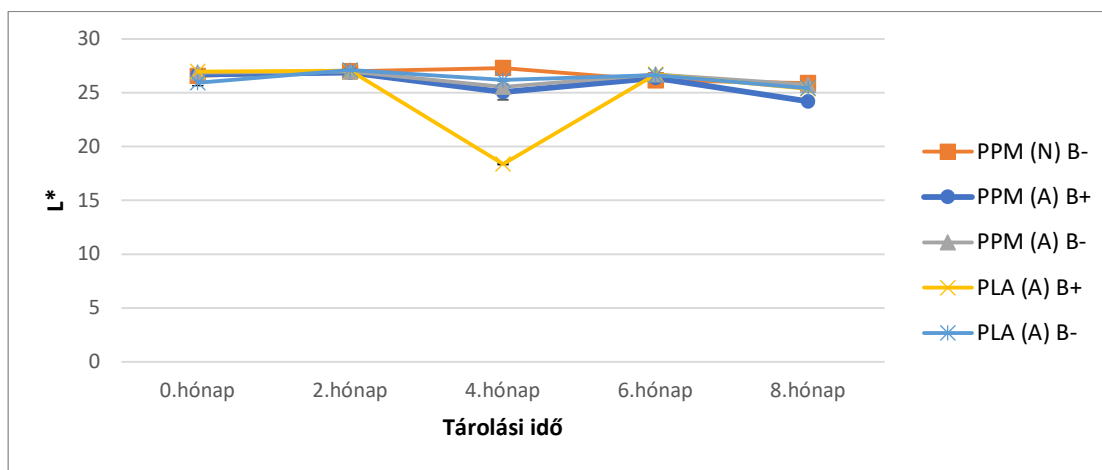
5.1.1. SZÍNKOORDINÁTÁK

A világossági tényező értékei a tárolás elején közel azonosak voltak, 25,9 – 26,9 között. Változásuk az időben nem állandó, csomagolóanyagonként és légösszetételenként eltérő, tehát a hosszabb tárolásra gyakorolt hatásuk nem egyértelmű a világossági tényező szempontjából (14. 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 kivonattal kezelt 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 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 $p=0,000$); 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 kivonattal 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 különböző légösszetételű csomagolások között a 0. hónapban ($p=0,012$) és a 4. hónapban ($p=0,000$).



14. 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 (15. ábra). Az értékek kezdetben $-0,20$ és $-0,78$ között voltak és a tárolás végén $-0,47$ és $0,63$ között.

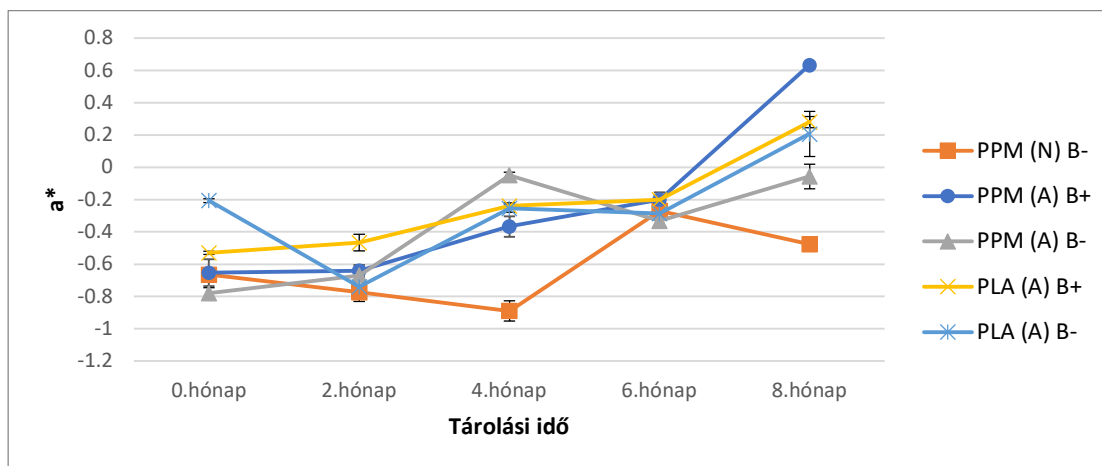
Az idő során szignifikánsan változtak az értékek, illetőleg megfigyelhető egy tendencia is. Az első 2-4 hétben az a^* értéke csökken, majd ezt követi egy kisebb-nagyobb emelkedés csomagolóanyagtól és légösszetételtől függően.

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 kivonattal kezelt 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 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 $p=0,007$); 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 $p=0,000$); 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 kivonat 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 kivonat nem feltétlenül gyorsítja a színváltozást, a csomagolás anyaga is jelentős szerepet játszik.



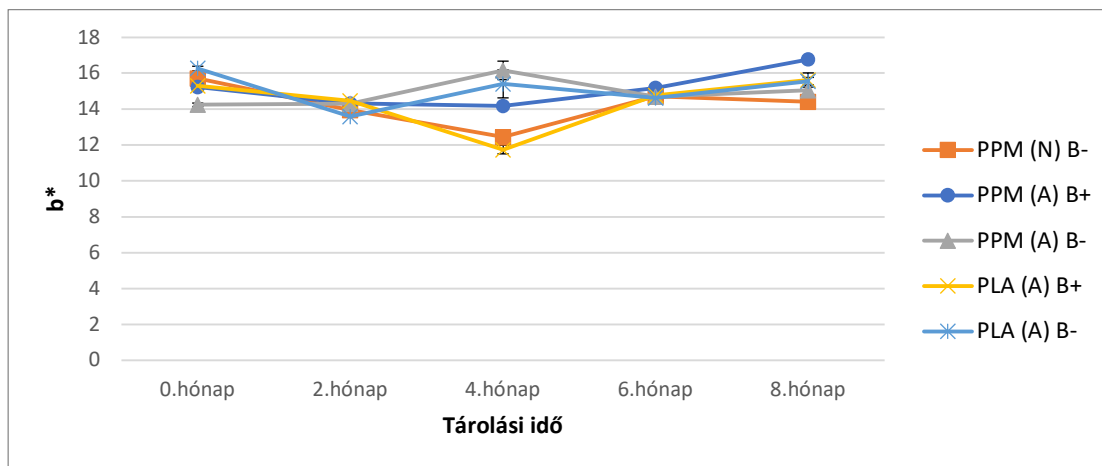
15. ábra: Minták piros-zöld hányadosának (a^*) alakulása, a 8 hónapos tárolás során.

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 kivonatot alkalmazzuk, hanem a PPM csomagolóanyagot is (16. ábra).

Csomagolóanyag szempontjából szignifikáns különbség van atmoszférikus csomagolás esetében a 0. heti ($p=0,000$) minták között, továbbá a kivonattal 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 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 $p=0,013$); 2. hónapban (PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,005$; PPM (A) B- és PPM (N) B- között $p=0,004$); 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 $p=0,000$); 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 $p=0,012$ kivonat és nitrogén között $p=0,000$).

PLA esetében van különbség a különböző légösszetételű csomagolások között a 0. hónapban ($p=0,003$), a 2. hónapban ($p=0,000$) és a 4. hónapban ($p=0,01$).



16. 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 kivonatot alkalmaztunk.

5.1.2. SZÍNINGERKÜLÖNBSÉG

A színingerkülönbségek mértékét a 8. táblázat alapján állapítottam meg.

8. 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. A minimális különbségek a PLA csomagolóanyag használatakor léptek fel, legfőképpen akkor, amikor atmoszférikus légkörrel volt körülvéve a termék. A legnagyobb különbség a PLA csomagolóanyag használatakor a különböző légösszetételek között volt (9. táblázat).

9. 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 színingerei között, főleg PLA csomagolóanyag használata esetén (10. táblázat).

10. 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 kivonat alkalmazása esetén volt a többi mintától leginkább eltérő a színinger (11. táblázat).

11. 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 kivonat kombinációjának alkalmazása esetén szabad szemmel észrevehető volt a színkülönbség a többi mintával szemben (12. táblázat).

12. 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 13. 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 – légköri társítás); a legnagyobb pedig, PPM – nitrogén, PPM - légköri és PLA – kivonat esetében a 4. hónapban,

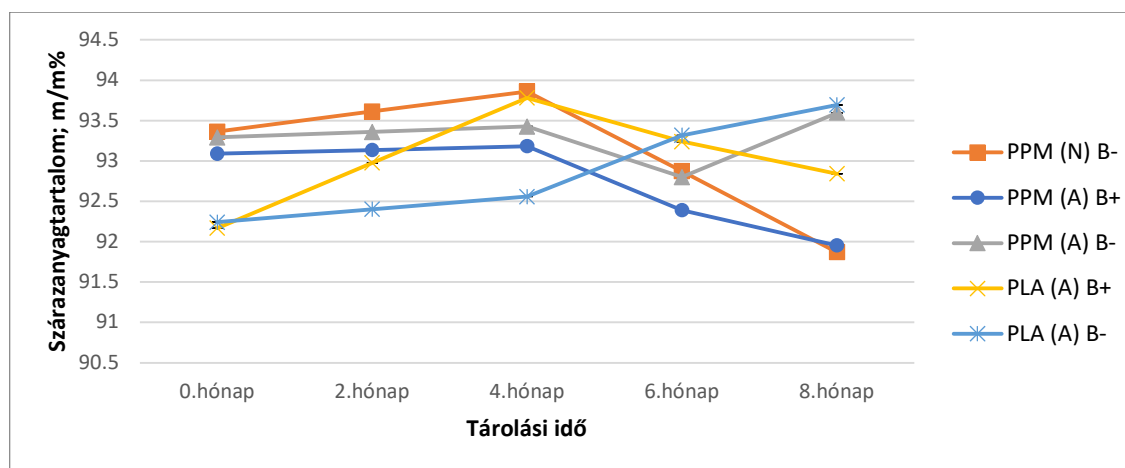
PPM – kivonat esetében a 8. hónapban, PLA – Léggöri esetében pedig 2 hónap tárolás után volt (13. táblázat).

13. táblázat: Tárolt minták színíngerkülönbsége a kiindulási (0. hónap) mintákhoz képest.

0. hónaphoz képest	PPM (N) B-	PPM (A) B+	PPM (A) B-	PLA (A) B+	PLA (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 vízgőz áteresztősége kisebb, tekintve, hogy a minták nedvességtartalma nem csökkent, ellenben a politejsav alkalmazása esetében. Az atmoszférikus légösszetétel azonban mindkettő csomagolóanyag esetében a legrosszabbnak bizonyult nedvesség-tartalom megőrzésének céljából.



17. 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. 2. hónapban PPM (A) B- és PPM (A) B+ között $p=0,024$; PPM (A) B+ és PPM (N) B- között $p=0,032$; 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 $p=0,000$; 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 $p=0,002$.

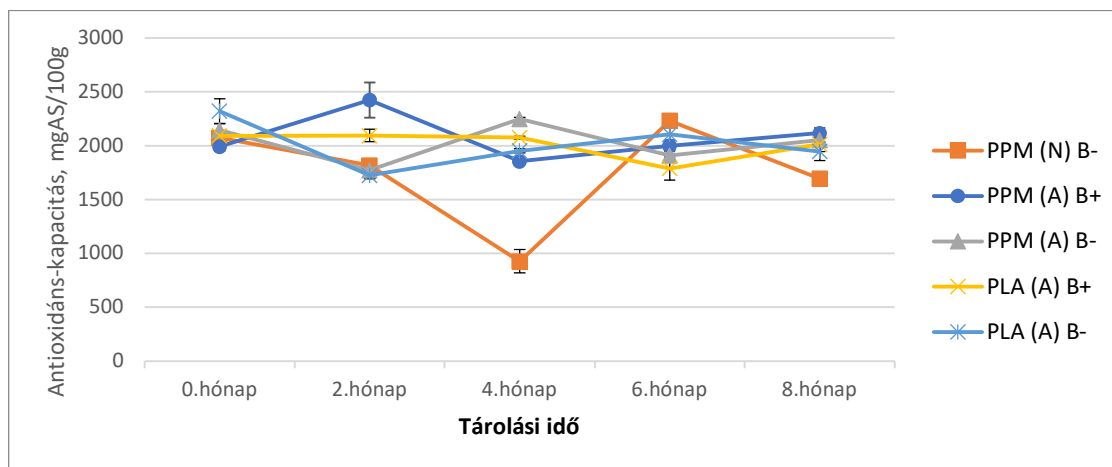
Az alábbi minták esetében nincs szignifikáns különbség a 0. és a 8. hónapban mért antioxidáns-kapacitásértékek között:

- Atmoszférikus légösszetétel; PLA csomagolás; $p=0,071$.
- Atmoszférikus légösszetétel; PPM csomagolás; $p=0,779$.
- Kivonattal kezelt; PLA csomagolás; $p=0,943$.
- Kivonattal 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 kivonat alkalmazása esetében (18. ábra).

A 8. hónapra a PLA csomagolás esetében a kivonat nélküli mintánál a csökkenés mértéke 16,09%, míg kivonat esetében csak 3,76%

PPM esetében szintén jobb a kivonatos minta, a 8. hónapra 6,25%-os növekedés tapasztalható, kivonat nélkül a csökkenés csak 4,31%. PPM nitrogénnel a legmagasabb a csökkenés 18,13%.



18. 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. (kivonat alkalmazása esetén $p=0,042$) és a 8. hónapban (atmoszférikus légösszetételnél $p=0,038$) volt szignifikáns különbség. Az értékek 1500 mgGE/ 100 g nedves anyag körül mozogtak, ami nagyságrendileg megegyezik azzal a publikációval, amit Arranz és társai 2008-ban tettek közzé.

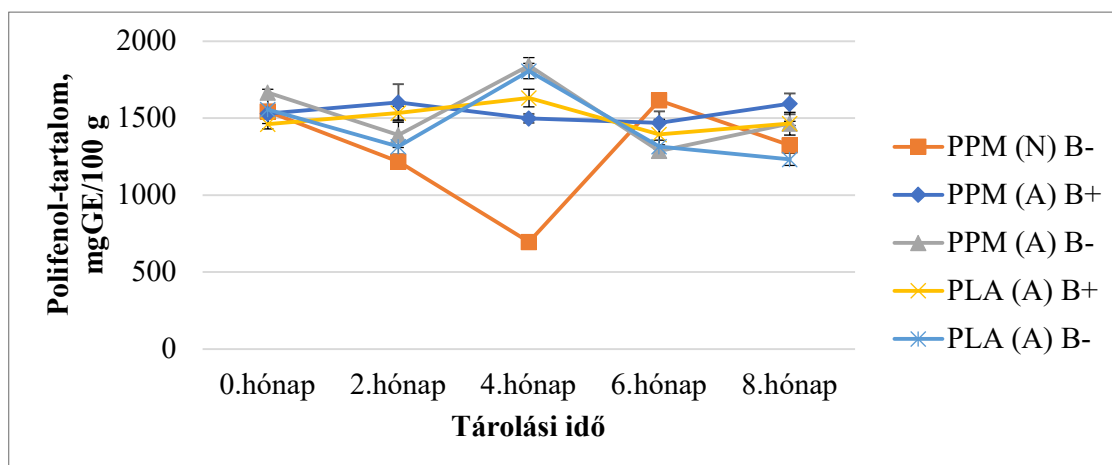
A kezelések közötti szignifikáns különbség a 4. hónaptól szignifikáns. A 4. hónapban szignifikáns volt a különbség minden esetben, illetőleg a változás iránya is ellentétes volt sok esetben: PPM csomagolóanyagot alkalmazva, nitrogénnel dúsított légtérben vagy kivonatot alkalmazva, a 4. hónapban jelentősen lecsökkent a minták spektrofotometriásan meghatározható teljes polifenol-tartalma; a többi kombináció esetén ez az érték valamennyivel növekedett. A 6. hónapban már csak az atmoszférikus és a kivonattal ellátott 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; $p=0,132$.
- Kivonattal kezelt; PLA csomagolás; $p=1,000$.
- Kivonattal kezelt; PPM csomagolás; $p=0,985$.
- Nitrogénnel dúsított légtér; PPM csomagolás; $p=0,149$.

Ez azt igazolja, hogy a kivonat segített megőrizni és szinten tartani a minták teljes polifenol-tartalmát, a csomagolás anyagától függetlenül (19. ábra).

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



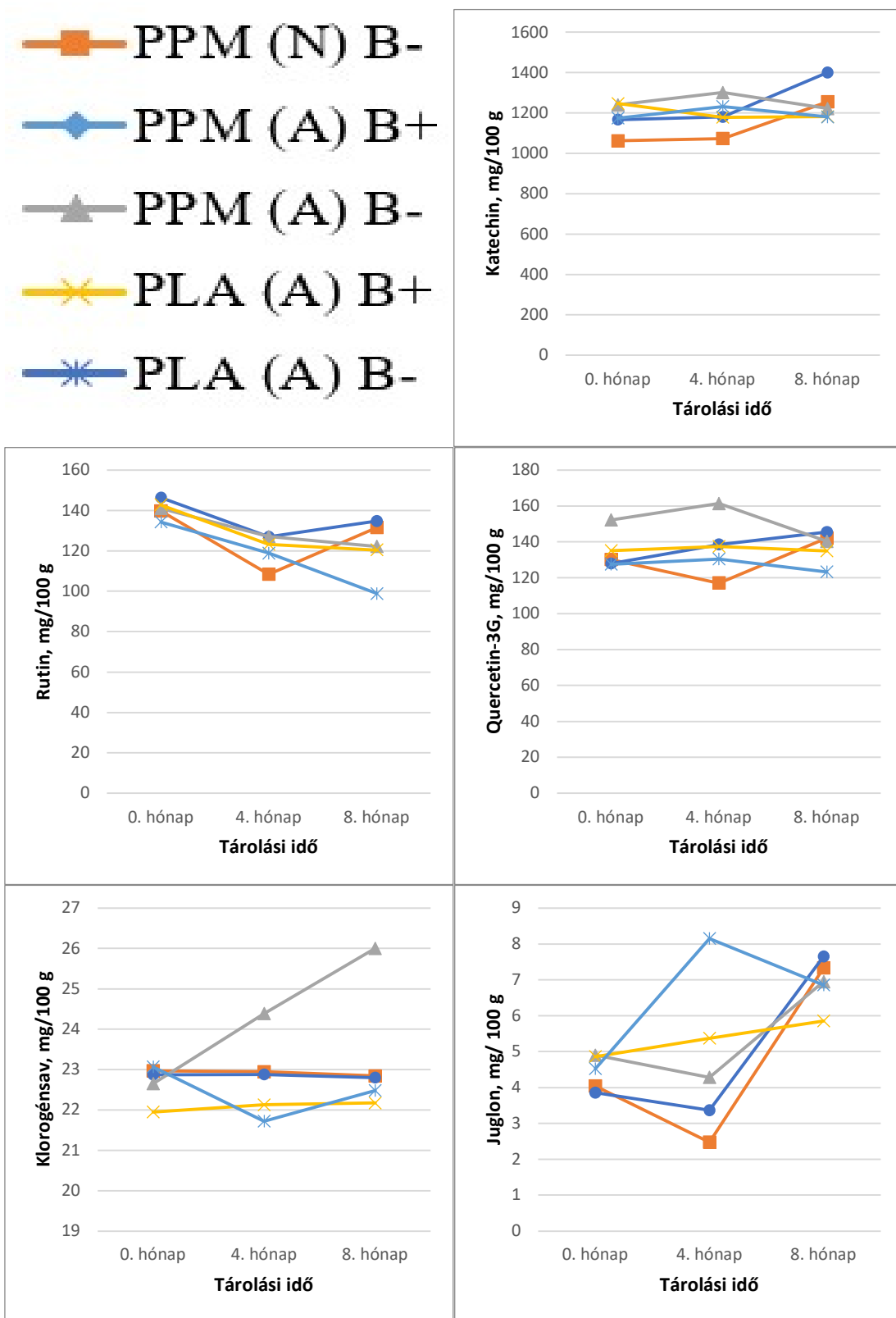
19. ábra: Minták teljes polifenol-tartamának változása a 8 hónapos tárolás során.

5.5. FENOLOS VEGYÜLETEK MEGHATÁROZÁSA

A vizsgált flavonoidok közül a diómintákban legnagyobb mennyiségben a flavanolok közé tartozó katechin fordul elő: 1061,9-1246,4 mg/100g között. Ezt követi a flavanolok 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 (21. 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 kivonatot 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.



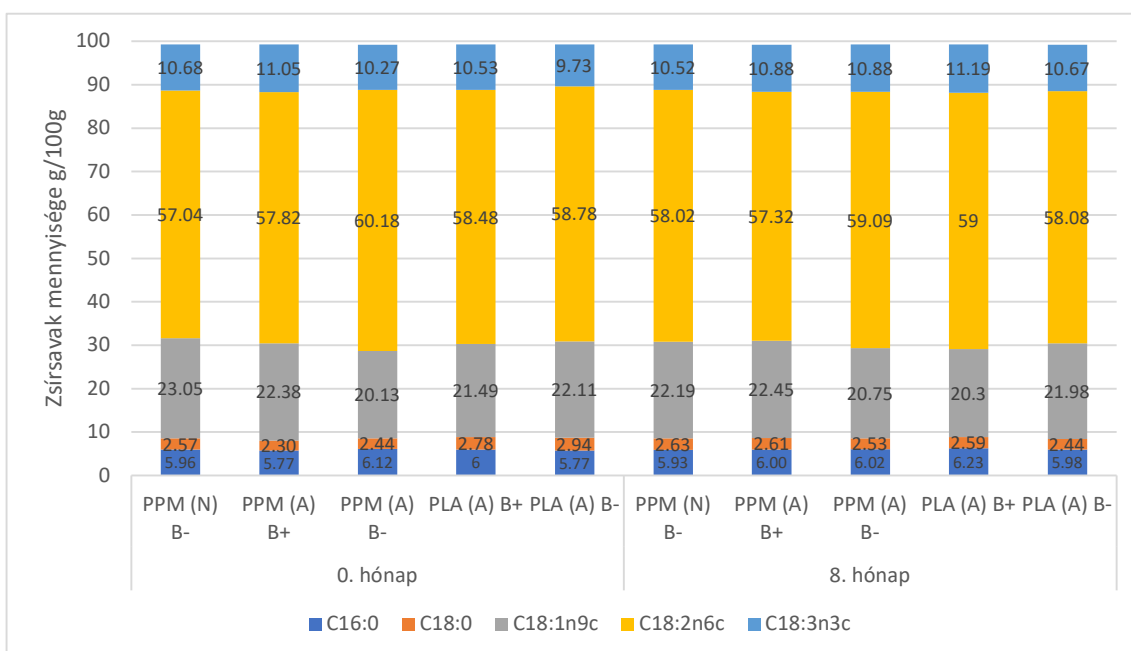
21. ábra: Minták catechin-, rutin-, quercetin-3G-, klorogén- és juglon-tartalmának változása 4 és 8 hónap tárolás után.

5.7. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL

A zsírsavak összetételét 22. 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.

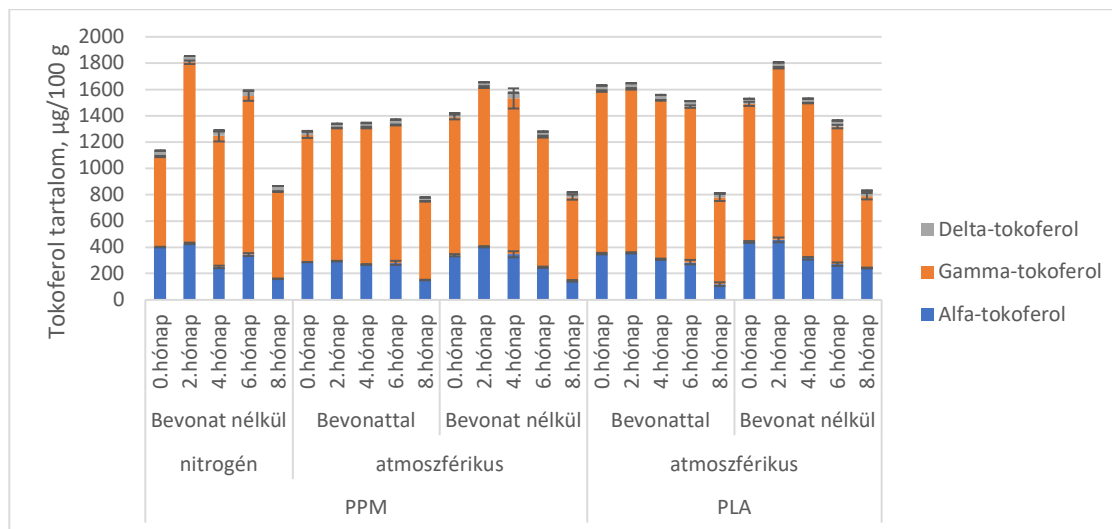


22. ábra: Minták zsírtartalom összetételének változása a 8 hónapos tárolás során.

5.8. E-VITAMIN TARTALOM

A tokoferolok mennyiségének változását a 23. 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 esetben.

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 kivonattal 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).



23. 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 nedvességtartalom addig kismértékben csökkent vagy stagnált, utána azonban növekedett vagy nagyobb mértékben csökkent.

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

Az antioxidáns kapacitás és a polifenol-tartalom nagy változáson ment keresztül a tárolás különböző szakaszaiban, kivéve a kivonattal 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 csomagolóanyagnak sem a légösszetételnek nincs szignifikáns hatása a zsírsavtartalomra.

Ebből következik, hogy amennyiben hosszabb ideig (legalább 8 hónap) szeretnénk tárolni diókat a legmegfelelőbb kombináció a PPM – bevonattal, 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

- 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>
- Bernáth J. (2013): Vadon termő és termesztett gyógynövények, Mezőgazda Kiadó, Budapest, ISBN: 9789632866741
- 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>
- 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>
- Bernard, A., Lheureux, F., & Dirlewanger, E. (2017). Walnut: Past and future of genetic improvement. *Tree Genetics & Genomes*, 14(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1214-0>
- 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.*
- Bujdosó G. (2002): Új diófajták és újabb nemesítésű diófajtajelöltek érzékszervi bírálata. *Kertgazdaság*. 34 (3): 26-31.
- 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>

- Çağlarırnak, 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- G. Tóth M. (1997/b): Dió. In: Gyümölcsészet (szerk.: G. Tóth M.) Primom Vállalkozásélénkítő Alapítvány. Nyíregyháza. 357-369.
- 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>

- 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>
- 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>
- How Plant-Based Milks Are Processed*. (2018, december 1). <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2018/december/columns/processing-how-plant-based-milks-are-processed>
- 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>
- Internet 1: <https://fruitresearch.naik.hu/gyumolcsfajtak/gyki-diofajtak-milotai-10>
- Internet 2.: <https://www.freshplaza.com/europe/article/9247188/launch-of-the-fresh-walnut-season/>
- Internet 3.: <https://www.healthline.com/nutrition/foods/walnuts> (2023.08.07.)
- Internet 4.: https://sastohotel.hu/dl/gasztronomia/allergenek_listaja.pdf (2023.10.20.)
- 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.)
- Internet 6.: Fishing rod spool of yellow Parkesine with brass fittings | Science Museum Group Collection (2023.08.07.)
- 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>

- 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
- Kumari, S. V. G., Pakshirajan, K., & Pugazhenth, 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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>

- 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>
- 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>
- 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>
- Rodler, I., Bíró, L., Greiner, E., Zajkás, G., Szórád, I., Varga, A., Domonkos, A., Agoston, H., Balázs, A., Mozsáry, E., Vitrai, J., Hermann, D., Boros, J., Németh, R., & Kéki, Z. (2005). [Dietary survey in Hungary, 2003-2004]. *Orvosi hetilap*, 146(34), 1781–1789.
- 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>
- 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>
- Şen, S. M., & Karadeniz, T. (é. n.). *THE NUTRITIONAL VALUE OF WALNUT*.
- 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>

- 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>
- Verma, M. K. (2014). *Walnut Production Technology* (o. 281–287).
- USDA FoodData Central, SR Legacy (2018a): Nuts, walnuts, english
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170187/nutrients>
- USDA FoodData Central, SR Legacy (2018b): Nuts, almonds <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170567/nutrients>
- USDA FoodData Central, SR Legacy (2018c): Nuts, hazelnuts or filberts
<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170581/nutrients>
- 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>