

**Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem**  
**Élelmiszertudományi Kar**  
**Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék**

# **SZAKDOLGOZAT**

**Neményi Dóra Rita**  
**Budapest**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi Kar**

**Szak: BSc Élelmiszermérnöki**

**Édes- és zsiradékgyártási technológiák és minőségügy**

## **A HATÁROKON TÚL: ZSÍRKRÉMEK AZ ŰRBEN**

**Belső konzulens:** Molnárné Jakab Ivett

egyetemi tanársegéd

**Belső konzulens tanszéke:**

Gabona és Iparnövény

Technológia Tanszék

**Készítette:** Neményi Dóra Rita

**Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék**

**2025**

# Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés és célkitűzések.....	1
2.	Szakirodalmi áttekintés .....	4
2.1.	Úrkutatás és az élelmiszeripar.....	4
2.1.1.	Oxidatív stressz az úrutazás során.....	6
2.1.2.	Zsírok jelentősége az úrélelmezésben .....	7
2.2.	Zsírkrémek .....	8
2.2.1.	Zsírkrémek .....	8
2.2.2.	Zsírkrémek liofilizálhatósága .....	10
2.3.	Élelmiszerek instantizálása.....	11
2.4.	Szárítás, hűtés és fagyasztás élelmiszeripar-technológiai háttere .....	12
2.4.1.	Szárítás technológiája.....	12
2.4.2.	Hűtés és fagyasztás technológiája.....	12
2.5.	Fagyasztva szárítás az élelmiszeriparban.....	14
2.5.1.	Fagyasztva szárítás művelete .....	14
2.5.2.	Fagyasztva szárított termékek .....	17
2.5.3.	Fagyasztva szárítás hatásai .....	17
2.6.	Antioxidánsok .....	18
2.7.	Polifenolok .....	19
2.8.	Szabadgyökök .....	21
2.9.	Funkcionális élelmiszerek .....	21
2.10.	Felhasznált antioxidáns tartalmú alapanyagok.....	23
3.	Anyagok és módszerek.....	25
3.1.	Felhasznált anyagok .....	25
3.2.	Liofilizált gyümölcsök előkészítése .....	28
3.3.	Mintakészítés (torta készítés) .....	29
3.4.	Liofilizálás.....	29

3.5.	Tömegmérés .....	30
3.6.	Nedvességtartalom meghatározása .....	30
3.7.	Színmérés .....	31
3.8.	Antioxidáns kapacitás meghatározása.....	31
3.9.	Állományvizsgálat.....	33
3.10.	Érzékszervi bírálat.....	34
4.	Eredmények és értékelésük .....	36
4.1.	Liofilizálások eredményei .....	36
4.2.	Tömegmérések eredményei.....	36
4.3.	Nedvességtartalom meghatározásának eredményei .....	38
4.4.	Színmérések eredményei.....	39
4.5.	Antioxidáns (redukáló) kapacitás meghatározásának eredményei.....	42
4.6.	Állományvizsgálatok eredményei .....	47
4.7.	Érzékszervi bírálat eredményei .....	50
5.	Következtetések és javaslatok.....	52
6.	Összefoglalás.....	56
7.	Köszönetnyilvánítás .....	72
8.	Irodalomjegyzék.....	57
9.	Ábrák és táblázatok jegyzék.....	70
9.1.	Ábrajegyzék .....	70
9.2.	Táblázatok jegyzéke .....	71
10.	Mellékletek.....	72
11.	Nyilatkozatok .....	83

## 1. Bevezetés és célkitűzések

Az űrkutatás Magyarországon is egyre nagyobb figyelmet kap a 21. században. A magyar űrkutatás fejlődésében láthatunk bizonyos mérföldköveket. Miután csatlakoztunk az Interkozmosz programhoz, az hozta el számunkra az első igazi fellendülést. Ekkor történt, hogy Föld körüli pályára kerülhettek az első magyar passzív mérőműszerek, majd az egyre bonyolultabb elektronikus eszközök is. 1980 két okból is fordulópontot jelentett. Egyrészt említendő az első magyar űrhajós, Farkas Bertalan (Gyulaháza, 1949. augusztus 2.) egyhetes küldetése a Szaljut-6 szovjet űrállomás fedélzetén, melynek megvalósulásához a magyar szakemberek egy remek tudományos programot állítottak össze, s ez évtizedekre meghatározta a hazai űrkutatást. Másrészt az Interkozmosz programban a hazai közreműködés csúcspontját jelentette amikor a Vega űrszondák fedélzetén magyar tudományos műszerek jutottak el a Föld körüli pályán túli térségbe is. Az igazi második fellendülést azonban 2015 jelentette, amikor Magyarország az ESA teljes jogú tagállamává vált. Ennek köszönhetően jelentősen bővültek a hazai űrtevékenység anyagi forrásai, illetve az ESA felzárkóztatást segítő programjának keretében magasabb szintre juthatott a hazai közreműködők részvétele az európai űrprogramokban (Hazai Űrkörkép, 2023/2024). Az űrkutatás fejlődése tehát láthatóan jó úton halad hazánkban is, és az űrhajósoknak megfelelő ellátottságra van szükségük. Itt jön szóba az élelmiszeripari termékek innovatív fejlesztése, melynek célja az űrkutatásban, hogy az űrhajósok számára tápértékben és minőségben is megfelelő ételeket biztosítson. Az innováció az élelmiszeriparban nagyon fontos szerepet tölt be, folyamatos fejlesztések és újabbnál újabb ötletek szükségesek, hogy minél jobb termékeket tudjunk a fogyasztók számára kínálni, az ő elvárásaiknak és igényeiknek megfelelően. Ezen fejlesztések, újítások lehetnek egy adott termék egy vagy több összetevőjének változtatása, de egy termék készítéséhez használt technológia megújítása, illetve akár egy teljesen új termékről vagy eljárásról is lehet szó. Mindez a modernizálás, a fejlődés, a fenntarthatóság és az adott cég vagy vállalkozás piacképességének megőrzése érdekében, avagy témámhoz kapcsolódóan a tudomány, a kutatások, az űrkutatás támogatásának érdekében. Dolgozatom témája egyszerre ötvözi a hazai cukrászat hagyományát és a csúcstechnológiás űrhajós élelmiszer-fejlesztést. Egy olyan innovatív irány, mely keresztezi a modern élelmiszeripart és az űrkutatást. Munkám során elsődlegesen szeretném megvalósítani torták töltelékéül szolgáló krémek sikeres fagyasztva szárítását. Ezt követően egy olyan jellegű snack létrehozása, amely sokáig eltartható és mikor az ember beleharap visszahozza egy finom torta fogyasztásának élményét.

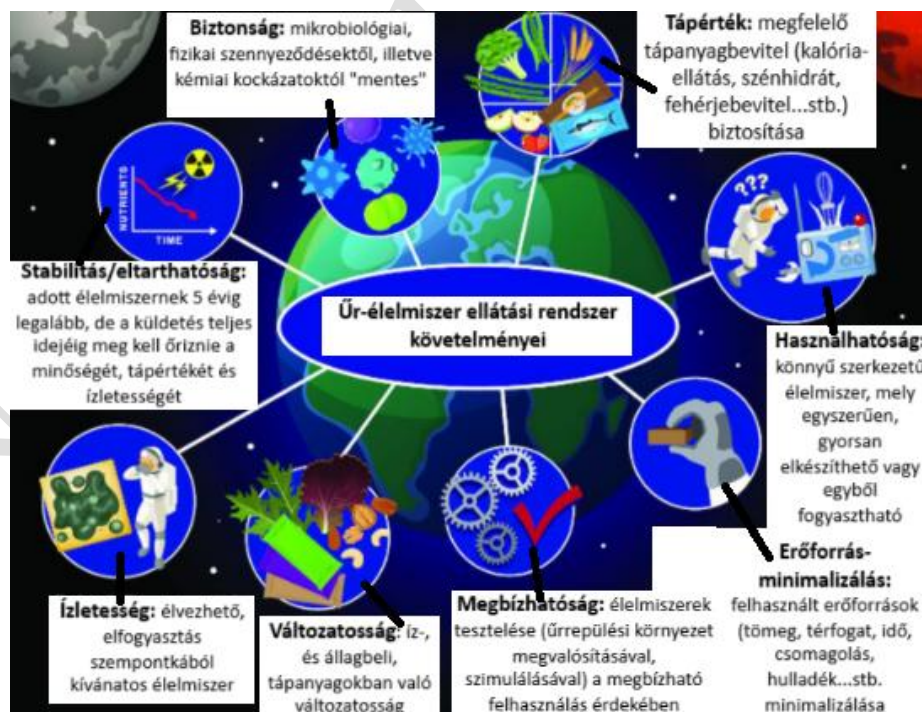
Az Eszterházy torta Magyarország egyik legkedveltebb és legismertebb desszertje, hagyományos receptúrája a magyar konyha ikonikus része, krémje azonban gyorsan romló, friss termék. Elkészítése során a krém minősége és stabilitása kulcsfontosságú a végtermék megjelenésének és ízének szempontjából. Az elképzelt, megvalósítandó termékemben a fagyasztva szárított zsírkrem lesz, mely biztosítani fogja a krémességet. Könnyen fogyasztható lesz, s vízzel hidratálva ugyanolyan krémes piskóta jelleget fog adni, mint egy nem liofilizált társa. A modern élelmiszeriparban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak az egészségtudatos összetevők, mint például az antioxidánsok és a természetes emulgeálószeresek, melyek hozzájárulhatnak a termékek hosszabb eltarthatóságához és jobb minőségéhez. Ezért egy úrhajósok számára kifejlesztett funkcionális „torta” snack tervezésében gondolkodom. A liofilizálás (fagyasztva szárítás vákuum alatt) ideális választás, mert egy olyan korszerű tartósítási eljárás, amely megőrzi az alapanyagok tápanyagtartalmát és érzékszervi tulajdonságait (ízét, illatát, struktúráját) miközben a termék súlya és térfogata jelentősen csökken, ugyanakkor új kihívásokat jelent a zsírkremek stabilitása és szerkezete szempontjából. Példa korábról a Pillsbury vezető élelmiszer-technológusa, Howard Bauman. által tervezett úrfalatka. A rúd alakú falatkákat „Space Food Sticks” -nek nevezte el és 1960 és 70 közt többféle például csokoládés, mogyoróvaj, karamellás ízben volt kapható (Eric Lefcowitz és Isaef, 2007; Gill et al., 2022), melyet főként gyerekeknek, fogyókúrázóknak kínáltak a piacon (Lidsky, 2019). Jelen szakdolgozat célja, hogy az Eszterházy jellegű és antioxidánsal dúsított tortákat, krémjeiket vizsgálja, illetve hosszú eltarthatóságú, liofilizálásra alkalmas és az úrhajósok speciális étrendi igényeit is kielégítő termék fejlesztését taglalja. Kutatásom célkitűzései liofilizálás és annak hatásának elemzése zsírkremek állagára, szerkezetére és antioxidáns tartalmára nézve az úrhajós étrend táplálkozási kritériumaival összhangban, a termék antioxidáns (dió, áfonya, fekete ribizli, acai) kapacitásának mérése és változásának követése. Legvégül összehasonlító vizsgálatok végzése a hagyományos és antioxidánsal dúsított receptúrák között minőség és stabilitás szempontjából figyelembe véve az űrutazások során előírt tárolási és táplálkozási követelményeket. A dolgozat tehát a következő felmerülő kérdést vizsgálja: lehetséges-e stabil, liofilizált zsírkremek, azok felhasználásával készült liofilizált torta snacket fejleszteni hosszú távú űrmissziókhöz? Az úrhajósoknak szánt élelmiszerekkel szemben igen sok elvárás van, s az ezeknek való megfelelés rendkívül fontos egészségügyi és biztonsági szempontokból, melyet a [2.1. fejezetben](#) bővebben is kifejtek.

Témám kapcsán a következő állításokat fogalmaztam meg és ezek igazságát vizsgálom dolgozatomban:

- Az antioxidánsok hozzáadása növeli a termék antioxidáns kapacitását, a zsírkrem oxidatív stabilitását, így hosszabb ideig megőrzi minőségét hőkezelés és liofilizálás után is.
- A liofilizált zsírkrem rehidratálhatósága függ a krém összetételétől és antioxidáns tartalmától.
- A feldolgozási lépések (sütés, főzés, liofilizálás) csökkentik az antioxidáns tartalmat, de a megfelelő összetevőkkel és megfelelően optimalizált paraméterekkel elvégzett kezelés, technológia alkalmazásával minimalizálható a veszteség.

E téren végzett kutatási eredményeim hozzájárulhatnak a hagyományos édességek korszerűsítéséhez, az egészségtudatos összetevők integrálásához, a liofilizált termékek fejlesztéséhez, valamint a hosszabb eltarthatósággal, jobb érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező élelmiszertermékek és az ürélelmezés fejlődéséhez.

1. ábra: Űr-élelmezési rendszer követelményei (Forrás: Saját szerkesztés (2025) Douglas et al. (2020) ábrájának használatával)



## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. Űrkutatás és az élelmiszeripar

Hosszabb űrutazások során az élelmezésnek meg kell felelnie az űrhajós légénység különleges táplálkozási és pszichoszociális igényeinek. A földi természetű és feldolgozott élelmiszereket még nem optimalizálták megfelelően. A cél, hogy ezen élelmiszertermékek megőrizték tápértéküket és minőségüket, eltarthatónak bizonyuljanak az űrutazások teljes hossza alatt. A fentebb látható 1. ábra összefoglalóan feltünteti, hogy az űrbe küldött élelmiszertermékeknek milyen kritériumoknak kell megfelelniük: biztonság, tápérték, stabilitás, eltarthatóság, használhatóság, erőforrás-minimalizálás, megbízhatóság, változatosság és ízletesség. Biztonságos, tehát az űrbe küldött élelmiszer mikrobiológiai, fizikai szennyeződésektől és kémiai kockázatoktól mentes. Megfelelő tápértékkel rendelkezik: támogatja és biztosítja a megfelelő tápanyagbevitt (energiaellátást, szénhidrát-, fehérjebevitt stb.). Használhatósága alatt értendő, hogy az adott termék könnyű szerkezetű, gyorsan, egyszerűen elkészíthető és fogyasztható is. Az élelmiszer elkészítéséhez, fogyasztásához felhasznált erőforrások minimalizálására való törekvés sem utólagos szempont. A megbízhatósághoz az élelmiszerek laboratóriumi vizsgálata elkerülhetetlen, ezeket a tesztek az űrrepülési környezet és körülmények megvalósításával, szimulálásával elvégezve tudják biztosítani a megfelelő felhasználás érdekében. A változatosság is nagyon fontos –ahogy egy átlagos ember életmódjában is– a változatos és megfelelő tápanyag bevitt elengedhetetlen. A változatos íz és élelmiszerállag hozzájárul, hogy az űrhajósok ne egysíkúan, hanem izgalmasan és sokrétűen étkezhessenek. Az ízletes élelmiszer élvezhető és a fogyasztás szempontjából kívánatos. Stabil, jól eltartható amennyiben az űrrepülés, küldetés teljes ideje alatt, de legalább 5 évig megőrzi minőségét, tápanyagértékét és ízletességét is (Douglas et al., 2020, 2024). Az alacsony Föld körüli pályáján (LEO=Low Earth Orbit, az a térség az űrben, ahol a műholdak a Föld felszínéhez legközelebb keringenek, s általában a Föld felszínétől körülbelül 160 és 1600 km közé eső magasságban értelmezik) túli űrutazások új kihívásokat jelentenek pl.: a hosszú eltarthatóság, biztonság, mikrogravitáció, táplálkozási egyensúly és az erőforrások tekintetében. Az űrutazások élelmiszer-ellátási rendszerének elégtelensége folyamatosan fennálló probléma a missziók növekvő időtartama és a növekvő utazási távolságok miatt. Az utánpótlás tehát évekig lehetetlen lehet (pl.: a Marsra irányuló expedíció hossza körül belül három év), ezért az élelmiszer-ellátást már az expedíció előtt felküldenék külön az űrbe az előre való felkészülés és annak nagy tömege miatt. Egy ilyen kaliberű misszió vége felé az élelmiszer fogyasztáskor már öt éves lehet. Jelenleg a NASA előre csomagolt élelmiszereinek feltüntetett

eltarthatósági ideje körülbelül két-három év, ami messze elmarad a Mars-missziókhoz szükséges minimum öt évtől. Az űrrepülések során dokumentált fiziológiai változások, mint például a csontok és izmok, a szív- és érrendszer, a viselkedés és az immunrendszer gyengülése és megnövekedett terhelése (Crucian et al., 2015; Slack et al., 2016; Antonsen et al., 2017) különösen aggasztóak a kutatások szempontjából. A dokumentumban (Douglas et al., 2024) szereplő bizonyítékok szerint még nem sikerült olyan élelmiszerrendszert találni, amely fenntarthatja a táplálkozás és a minőség színvonalát, valamint támogatja az emberi egészséget és jólétet az űrben is. A kutatások során az élelmiszerellátás és a táplálkozás vörös kockázatot jelent a Mars és egyes holdi műveletek esetében is (Patel et al., 2020). Magyarországon Benyó Zsuzsanna űrdietetikus például egy applikációt fejlesztett űrhajósok számára, hogy könnyebben és megfelelően felkészülhessenek az űrutazásokra. A cikkben említette: „tisztában van azzal, hogy az űrkutatás emberi szervezetre gyakorolt káros hatásaira többségében még nincs megoldás” ([http1](#): Nemes, 2024). Az űrbéli élelmiszer-ellátás különösen kitett a kozmikus sugárzásoknak (pl.: napsugárzás hatásának), ezt a kutatók és a tudósok folyamatosan tanulmányozzák. Ennek fejében fejlesztik az űrhajózást és az űrhajósok élelmezését is (Watkins et al., 2022). Űrhajósoknál gyakorta észlelhető volt, hogy alacsony a vörösvértest szintjük, vagyis hemoglobinvészteség volt megfigyelhető laboratóriumi leleteikben. Ezt idézőjelesen „űrvérzegénységnek” nevezték el. A mikrogravitációnak (közelítően ekvivalens, súlytalanságnak) kitett vörösvértestek reológiája megváltozik, melynek hatására hajlamosabbakká válnak a hemolízisre. Hemolízis során a vörösvértestek sejtmembránja sérül, melynek következtében a sejtek anyaga, a hemoglobin és más intracelluláris komponensek a környező folyadékba, a vérplazmába kerülnek. A sejtmembrán összetétele határozza meg a vörösvértestek mechanikai stresszel szembeni ellenálló képességét. A membrán összetételét pedig különböző külső események, mint például a hipotermia (szervezet fokozott mértékű kihűlése), a hipoxia (oxigénhiányos állapot) vagy a gravitációs erősség-változások befolyásolják. Továbbá a megváltozott sejtmembrán-összetétel, különösen a zsírsav-összetételben való változás, nagyobb érzékenységet okozhat a peroxidatív stresszel szemben, ami pedig a membrán nagyobb törékenységéhez vezet. A napsugárzás vagy a Földről, esetleg az űrkörnyezetből érkező alacsony hullámhosszú elektromágneses sugárzás (pl.: a gamma-sugárzás) képes a sejtekben lévő vízmolekulákat felhasítani és hidroxilgyököket létrehozni. Ezen gyökök a keletkezésük helyén nagyon reaktív láncreakciókat indíthatnak el. Tulajdonképpen lipidperoxidációs folyamat alakulhat ki és mehet végbe. Ezek a reaktív szabad gyökök reakcióba léphetnek a nem gyökös molekulákkal, ami lipidek, fehérjék és DNS oxidatív károsodásához vezetne. Ez összefüggésbe hozható különböző betegségek kialakulásával,

illetve különböző kóros állapotokkal, mint például a rák, sejtdegeneráció és gyulladások. A sugárzások valóban az egyik legnagyobb veszélyt jelentik az emberre űrutazás során. Folyamatosan kutatások és kísérletek (egerekkel, patkányokkal) folynak az űrutazás oxidatív stresszhatásának okai, hatásai kapcsán. Bővebb megismerése a jövőben hasznos információkkal szolgálhatnak az űrbeli vérszegénység csökkentéséhez, a megfelelő étrend kitalálásához, a megfelelő tápanyagok, nyomelemek és természetes vegyületek szervezetbe való vitelével, amelyek ez esetben antioxidánsként működhetnek (Rizzo et al., 2012).

### 2.1.1. Oxidatív stressz az űrutazás során

Kísérletek által bizonyított, hogy az oxidatív stressz fokozódhat űrrepülés során. Kialakulásához vezethet a szabad gyökök fokozott termelődése, a kis molekulájú antioxidáns vegyületek mennyiségének csökkenése, az antioxidáns enzimek inaktivációja, illetve e hatások kombinációja. A tartósan fennálló oxidatív stressz szervezetünk számos vagy akár az összes folyamatát is érintheti. Az oxidatív stressz alapvető szerepét nagyon sok betegség kialakulásának hátterében észlelték. A leírtak közt szerepelnek olyan betegségek, mint például a szívinfarktus, stroke, gyulladós betegségek, szürkehályog és az érlelmeszesedés (Virág, 2016). Másik tanulmányokban is megerősített információ, hogy az oxidatív stressz központi szerepet játszik számos krónikus betegség kialakulásában és előrehaladásában. A folyamat többek között elhízáshoz, cukorbetegséghez vezet (Nile és Park, 2014; Uttara et al., 2009), de a keletkező sejtkárosodás, például a DNS-keresztkötés és az apoptózis (programozott sejthalál [http2](#): Csala, 2013). is az oxidatív stressz eredményeként jelentkezhethet, illetve számos krónikus betegség alapvető patológiai folyamata (Kristo et al., 2016). Kimutatták, hogy ezekben a betegségekben megnövekedett a reaktív oxigénszármazékok (ROS) sejtszintje és a ROS által okozott DNS-károsodás (Diaconeasa et al., 2017). Ezen reaktív oxigénszármazékok (ROS) vagy természetesen keletkeznek szervezetünkben az emberi anyagcsere során vagy különböző környezeti és fiziológiai hatások folyamán (Diaconeasa et al., 2019). A földi légkört elhagyva megnő a sugárzásoknak való kitettség, melynek következtében nagy energiájú szabad gyökök keletkezhetnek a szervezetben. A megnövekedett szabadgyök-termelődés további lehetséges következményei lehetnek például a tüdőn belüli gázcsere zavara miatt megváltozott oxigén-anyagcsere vagy a köztes anyagcsere megváltozása (Stein és Leskiw, 2000). Az antioxidánsok és rendszerük feladata, hogy fenntartsanak egy finom egyensúlyt a szabadgyökök termelődése és eliminációja között (redox egyensúly) és hogy egy olyan szabadgyök szintet biztosítson, amely nem károsítja a sejteket. Bizonyos körülmények között ez a finom egyensúly felborulhat,

s ilyenkor oxidatív stresszről beszélünk. Emiatt a keletkező „szabadgyökök káros hatásait kivédő antioxidánsokra sokáig afféle Szent Grálként tekintettek” (Virág László, 2016).

### 2.1.2. Zsírok jelentősége az úrélelmezésben

A NASA által készített folyóiratcikk (Smith et al., 2021) nagyon jól részletezi a zsírok szerepét a táplálkozásban, úrtáplálkozásban. A zsírok, zsírsavak szolgáltatják a legtöbb energiát az összes tápanyag közül, a szervezet egyik fő energiaforrása. Kémiaailag a táplálékban a zsír főként triacilglicerolok formájában van jelen. Egy glicerín vázból állnak, melyhez akár három zsírsav is kapcsolódhat. Számos típusú zsírsav létezik, beleértve a telített, egyszeresen telítetlen, többszörösen telítetlen és transz zsírsavakat. A táplálékkal bevitt zsír segíti a zsírban oldódó vitaminok felszívódását. Emellett a növekedéshez és fejlődéshez szükséges esszenciális zsírsavakat (linol- és linolénsav) csak táplálkozás útján tudjuk a szervezet számára biztosítani, valamint számos más biokémiai folyamathoz is elengedhetetlenek, beleértve az eikozanoidok (arachidonsavból származó fiziológiailag aktív anyagok) termelését. A lipidek, foszfolipidek formájában, a sejthártya kétszeres rétegének szerkezeti komponenseinek nagy arányát teszik ki. Egy energiában gazdagabb (magas zsírtartalmú) ételmiszerrendszer egy lehetséges megoldás lehet az úrélelmezés-ellátási csomagok tömegének csökkentésére, azonban a magas zsírbevitel több okból is aggályos lehet: A zsírokban lévő energia zsírsav-oxidáció során szabadul fel. Esettanulmányok szerint a zsírtmentes étrendet követő embereknél már 1 hónap után is jelentkezhetnek az esszenciális zsírsavhiány tünetei (Holman, 1981; Ritz et al., 1998). Az energiában gazdag ételek kisebb mennyiségben való fogyasztásával a megfelelő kalóriabevitel hamarabb, gyorsabban és egyszerűbben teljesíthető, ami hasznos lehet a rövid étkezési időkeretek esetén. Azonban a magas zsírtartalmú étrend elfogadhatatlan fiziológiai következményeket is okozhat, például emésztőrendszeri panaszokat (Rehrer et al., 1992). A magas zsírtartalmú étrend már rövid időszak után is kognitív hatásokat idézhet elő (Burke et al., 2017; Holloway et al., 2011; Madison et al., 2020). Alternatívaként, ha az úrhajósok próbálják elkerülni a zsírfogyasztás miatti problémákat, az elégtelen energiabevitelhez vezetne. Fontos hozzátenni, hogy a fogyasztott zsír típusa is befolyásolja a kapcsolódó egészségügyi hatásokat; azonban az egészségesebb telítetlen zsírok kevésbé stabilak, nem annyira kompatibilisek az úrutazás ételmiszerrendszereinek eltarthatósági követelményeivel (Martín-Polvillo et al., 2004). Bár több tényező is befolyásolhatja a teljesítménycsökkenés kezdetét például az egyén kezdeti tápláltsági állapota (Friedl, 1995) vagy az egészségromlást. A fentebb leírt problémák kiemelik annak szükségességét, hogy értékeljük és megértsük az egyes potenciális ételmiszerrendszeri megoldásokat.

## 2.2. Zsírkrémek

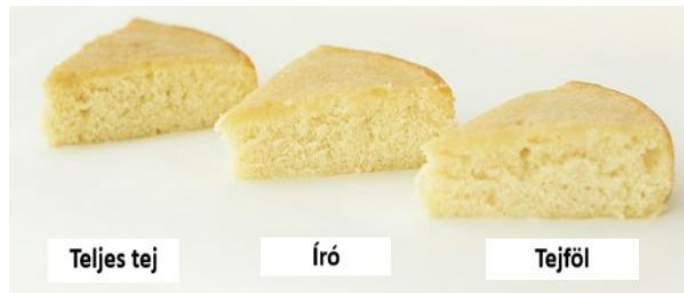
### 2.2.1. Zsírkrémek

Miután dolgozatomban a zsírkrémek fagyasztva szárításának lehetőségeit vizsgálom, így szeretnék bővebb rálátást adni arra, hogy mit nevezhetünk zsírkrémnek és részletesebben taglalni, hogy milyen szerepeket tölthetnek be az élelmiszeriparban ezen anyagok. Fontos megemlíteni, hogy alapjáraton a zsírok, olajok nagyon fontos nyersanyagai és funkcionális összetevői számos élelmiszeripari terméknek, mint például az édességeknek (csokoládék, kekszek), kenyereknek és pékáruknak, süteményeknek, fagylaltoknak, emulzióknak és szószoknak, ezen kívül még különböző zsiradékoknak, margarinoknak és egyéb speciálisan testre szabott termékeknek (Rios et al., 2014). Az ételeknek igen kívánatos tulajdonságokat kölcsönöznek, például az élelmiszer elfogyasztásakor nemcsak annak megfelelő ízének kialakításában vesznek részt, hanem befolyásolják az ízkomponensek felszabadulásának sorrendjét is, sőt a termék kenhetőségét, valamint a szájban nedvességérzetet is keltenek. Hozzájárulnak sütemények textúrájának kialakításához, illetve közegként szolgálnak a hőátadáshoz (Charley és Weaver, 1998). Az előző (2. ábra, [http3](#): Stone, 2012), illetve az alábbi (3. ábra, [http4](#): Stone, 2014) képeken láthatjuk is, hogy egy elkészült tortapiskótáknak milyen tulajdonságokat tudunk eredményezni különböző zsiradékok alkalmazásával. A zsiradékok állománykialakító szerepe igen meghatározó, s az állomány egy piskóta esetében kifejezetten fontos szempont. Különösen előnyös tulajdonság, ha a piskótáknak téztszerkezete puha, könnyű, légies, de nem túl szivacsos vagy tömör és hogy nem hullik szét darabokra vágásakor. Amennyiben ezek elmondhatók a tortapiskótánkról, akkor jól sikerült, jó minőségű piskóta lett.

2. ábra: Különböző zsiradékok állománykialakító szerepe piskótákban (Forrás: Saját szerkesztés Summer Stone ([http3](#), 2012) fotójának használatával)



3. ábra: Különböző zsiradékok piskóta állományra kifejtett hatása (Forrás: Saját szerkesztés Summer Stone (<http4>, 2014) fotójának használatával)



Összességében a zsírok befolyásolják az élelmiszer textúráját, sima, krémes, gazdag, tejes és krémes megjelenést kölcsönözhetnek a termékeknek, kialakítják annak kívánatos ízét és telítő hatását, melyet az élelmiszerben lévő zsírcseppek tulajdonságai határoznak meg. Vagyis az olyan termékek, mint például a csokoládé, különösen a vajak textúráját a zsírcseppek koncentrációja, morfológiája és kölcsönhatásai alakítják ki. Az élelmiszerek korábban említett tulajdonságainak kialakításában a zsírkristályok olvadási profilja kulcsfontosságú szerepet tölt be. A zsírok szerkezetükben polimorfizmust mutatnak, ami azt jelenti, hogy képesek különböző kristályformákat felvenni, ezek közül a három legfontosabb az  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\beta'$ , amelyek olvadáspontjukban, stabilitásukban különböznek egymástól (Rao, 2003; Rios et al., 2014). A zsírkrémek a zsírokhoz, olajokhoz hasonlóan fontos szerepet töltenek be a fentiekben említett élelmiszeripari termékek összetételében, illetve emellett az állati zsiradékok helyettesítőiként is kiemelt jelentőségük van. A zsírkrémek definíciója megtalálható a Codex Alimentarius Hungaricus irányelveiben. A Magyar Élelmiszerkönyv úgy fogalmaz, hogy a zsírkrémek növényi zsírokból, növényi olajokból készülnek cukorral és emulgeálószerrel, esetleg tejpor és egyéb dúsító-, illetve ízesítő anyagok hozzáadásával. Gyártásuk során homogenizálásuk rendszerint hengerléssel és/vagy keveréssel történik. Véleményem szerint ez a definíció egy igen széles termékpalettát foglal magába, mégpedig azért is, mert a növényi zsíroknak, olajoknak igen sokszínű a választéka, és sok funkciót képesek betölteni az élelmiszeripari termékek életében. Ezen növényi zsírok és olajok kinyerésére már elég fejlett eszközökkel és technológiákkal rendelkezik az élelmiszeripari ágazat, illetve ezen anyagok kombinálása a felhasználás terén is nagyon sokféleképpen megvalósítható. Gondolva itt például a különböző összetételű növényi olajokból készülő margarinokra, spread termékekre, mint például a nutella. Az előzőek alapján a zsírkrémek tortakrémek alapanyagául is szolgálhatnak, ahogy sok más sütemény krémjének összetevőjeként is szerepelhetnek. Előszeretettel használatosak a vegán étrendhez alkalmazkodó (édesipari, cukrászati) termékek receptúrájában. A Magyar Élelmiszerkönyv is említ termékkategóriákat, melyekhez felhasználják a zsírkrémeket valamilyen formában. Például az áthúzott termékek felületét szokták teljesen vagy részlegesen

csokoládéval, fondant-nal, zsírkrémmel vagy más arra alkalmas anyaggal befedni, illetve még az ostyák bevonó anyagaként (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2004). Töltött ostyafélék krémjeként találkozhatunk például gyümölcsízű zsírkrémekkel, amelyek cukorból, keményített növényi zsiradékból és ízesítő adalékanyagokból (citromsav, borkősav, gyümölcсароma) készülnek. Fontos, hogy ez esetben a felvitt töltelék maximálisan 2-3% vizet tartalmaz (Dr Lakatos, 2013).

### 2.2.2. Zsírkrémek liofilizálhatósága

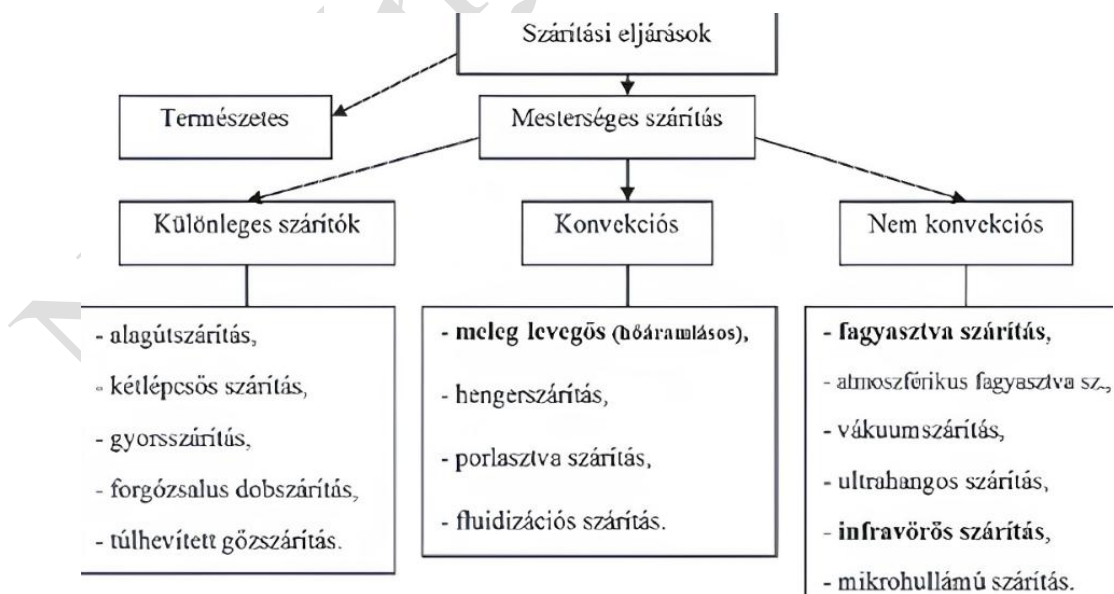
A zsírkrémek élelmiszeripari szempontból víz–zsír emulzió rendszernek tekinthetők, melyben a zsírfázis (vaj, növényi olaj, margarin, tejzsír) mellett emulgeátorok, fehérjék, cukrok és stabilizátorok is jelen vannak. A zsírok funkciója nemcsak az energiatartalom biztosítása, hanem a textúra, a szájéret és a vízmegkötő képesség kialakítása és szabályozása. A liofilizálás során a víz szublimációval távozik a rendszerből, miközben a szerkezet és a hőérzékeny komponensek megőrizhetők maradnak. Zsíros rendszerek esetében azonban ez különösen nagy kihívásnak számít, hisz a lipideknek alacsony az üvegesedési hőmérséklete (az üvegesedési hőmérsékleten és alatta a fagyott anyag amorf, merev, rideg és „üvegszerű”, míg fölötte rugalmasabb, lágyabb és „gumiszerű” – az összeomlási hőmérséklet jelzi az üveges szilárd mátrix állapotból a gumiszerű amorf állapotba való átmenetet), fázisszeparációra hajlamosak és kristályosodási tulajdonságaik könnyen ronthatják a termék minőségét és stabilitását (Morais et al., 2016). A zsírok és emulziók liofilizálhatósága nagymértékben függ a zsírfázis szerkezetétől, dinamikájától. Szakirodalmak (Heberle és Feigenson, 2011; Schachter et al., 2022) rámutatnak, hogy a lipidek különböző fázisokat — liquid-ordered és liquid-disordered — képezhetnek az élelmiszerekben, melyek befolyásolják a víz és a szilárd komponensek eloszlását a fagyasztás során. A fagyasztás során a lipidcseppek aggregálódhatnak (nagy kristályok), ami a liofilizált termék törékenységet és oxidációs hajlamát növeli. Szárítás közben pedig fázisszeparáció játszódhat le (Longo et al., 2009; Zoni et al., 2021). Korábbi kutatások (pl.: tejpor, vajpor, olaj-emulziókkal való kísérletek) során kimutatták, hogy a zsírosabb anyagok sikeres liofilizálásának kulcsa a stabilizátorok és krioprotektánsok pl.: maltodextrin, kazein, lecitin („védő anyagok”) alkalmazása. Ezek megfelelő mennyiségben megakadályozzák a zsírcseppek aggregációját, koaleszcenciáját és a fázisszétválást (Lee et al., 2009; Morais et al., 2016). Emellett a liofilizálás előtti emulziós homogenizálás és az optimális fagyasztási sebesség döntően befolyásolja a szerkezetmegőrzést. Összességében a zsírok liofilizálásának fő kihívásai a fázisszeparáció, a lipidek oxidációja, a kristályosodás és a mechanikai instabilitás, melyeket megfelelő emulgeálószerrel, antioxidánsokkal és

gondosan beállított szárítási paraméterekkel mérsékelni lehet. Az utóbbi évek lipidfázis-kutatásai (Rogers et al., 2022; Cholakova és Denkov, 2024) rámutatnak, hogy a zsírok nanoszerkezeti viselkedésének megértése kulcsfontosságú a stabil, jól liofilizálható zsír- és krémalapú termékek fejlesztéséhez.

### 2.3. Élelmiszerek instantizálása

A Szárítási kézikönyv által megfogalmazottan instant élelmiszeripari terméknek nevezzük az olyan termékeket, „amelyek szabadon folyó por- vagy finomszemcsés állapotúak és különleges kezelés folytán könnyebben vagy gyorsabban oldódnak, illetve diszpergálódnak folyadékban, mint a kiindulási anyag”. Fontos szempont az instantizálásnál, hogy a termék megőrizze a tápértékének nagy részét és az ízbeli sajátosságait is. Az élelmiszeripar fejlődése során eleinte az instantizálás művelete közvetlen kapcsolatban volt a szárítás műveletével, hisz kialakulása a szárítás végső szakaszának módosításával történt. Azonban mostanra modern, kifejlett és sokkal helytállóbb technológia, a szárítási művelettől elszeparáltan alkalmazható. A folyamat eredményét idézve: egy „összetapadásmentes, szabadon folyó por- vagy szemcsehalmaz” -t kapunk. Az instantizálás a termék higroszkóposágát csökkenti, mely által annak eltarthatósága megnövekszik. Instantizáló eljárásokra példa az 1950-es években az Amerikai Egyesült Államokban elterjed eljárások voltak a Blaw-Knox, a Peebles és a Cherry-Burrell eljárások, melyek a tejporgyártás céljából születtek meg (Dr. Bálint Pál et al., 1973).

4. ábra: Szárítási eljárások rendszere (Forrás: Antal Tamás (2017) ábrája)



## 2.4. Szárítás, hűtés és fagyasztás élelmiszeripar-technológiai háttere

### 2.4.1. Szárítás technológiája

A 21. században egyre nagyobb az igény olyan termékek iránt, amelyek hónapok, de akár évek múlva is fogyaszthatók, illetve hasonló minőségi értékekkel rendelkeznek, mint a nyersanyag, felhasznált alapanyag(ok). Emellett a kereslet nő a fagyasztva szárított étrendkiegészítők, funkcionális élelmiszerek, gyógyszerkészítmények és az ún. sport food termékek iránt is. A szárítás egy alapvetően „posztharveszt” (betakarítás utáni) technológia, melynek célja, hogy az élelmiszer a minőségét hosszabb távon megőrizze tárolásra alkalmas állapotban az eltarthatóságát növelve. Az élelmiszeriparban a szárításnak sokféle módját ismerik és alkalmazzák világszerte, a 4. ábra foglalja össze ezek rendszerét. A szárítás történhet természetes vagy mesterséges úton, mindkét eljárást alkalmazzák napjainkig (azt, hogy melyiket hol és hogy alkalmazzák, azt a környezet, a lehetőségek és az igények együttesen határozzák meg) pl.: gyümölcsaszalás a nap energiájának segítségével vagy aszaló berendezésben mesterségesen felgyorsítva a folyamatot. Konvekciós szárítás esetében a hőközlés szárítóközeggel történik, így a folyamat során fontos az is, hogy milyen közeget használunk. A levegő jelen lehet túlhevített gőz, füstgáz vagy nemesgáz (inert vagy ritka gáz) formájában. Szárítás során pedig a száradó anyag felületéről elpárolgó folyadék gőz alakban bekerül a nedvességfelvő közegbe. Nem konvekciós szárításkor a hőbevitel nem kívülről generált (szárító közeg), hanem az energia az anyag belsejében képződik, de szublimációs úton vákuum alatt is eltávolíthatjuk a nedvességet (Fonyó és Fábry, 2004; Dr. Antal, 2017).

### 2.4.2. Hűtés és fagyasztás technológiája

Mind a hűtés mind a fagyasztás fő célja a szárításhoz hasonlóan az eltarthatóság meghosszabbítása, az élelmiszer minőségének és frissességének megőrzése, illetve nagyon fontos jelentősége a mikrobiológiai biztonság biztosítása. Mindkét eljárás az élelmiszerek hőelvonásos tartósításának igen hatékony módja ([http5: NAK, 2019](#)). A hűtés, hűtve tárolás/hűtve konzerválás, illetve a fagyasztás mind ősi technikák. Már az ókorban is tároltak hidegen ételeket, sőt már az ősemberek is rájöttek, hogy hidegen tovább marad fogyasztható például a hús. Tehát a mechanikus hűtőrendszerek feltalálása, bevezetése előtt az emberek földbe ásott, fával vagy szalmával kibélelt lyukakban, később pincékben hűtötték ételeiket hóval és jéggel (Ford, 2024). Hűtés során az élelmiszereket 0 °C és 12 °C, míg fagyasztás során 0 °C alatti hőmérsékleten tároljuk (-18 °C körül). Mivel hűtés során a hőelvonás kismértékű, így az élelmiszerek nedvességtartalma nem fagy ki, nem történik szerkezeti elváltozás és ezáltal

a romlást okozó mikrobák számára is még elérhető marad. Ezért a hűtött élelmiszerek rövidebb ideig maradnak fogyaszthatók, de mégis tovább, mint szobahőmérsékleten vagy szabad levegőn tárolva. Viszont a fagyasztás sem pusztítja el teljesen a mikrobákat, de lassítja azokat életműködésükben, vagyis visszafogja a mikrobák szaporodását ([http6](#): Házipatika, 2022). Fontos különbség tehát a két tartósítási eljárás közt, hogy fagyasztás során az élelmiszerben szöveti elváltozás, szerkezeti változás (roncsolódás) történik. Már a 21. század előtt megállapították (Várszegi, 1977), hogy az élelmiszer nedvességtartalma jégkristályok keletkezésével fagy meg, s ez a termék fizikai állapotának megváltozását eredményezi, miközben az kémia és mikrobiológiai szempontból stabillá válik. Az élelmiszer nedvességtartalma tehát egy kolloid oldatként viselkedik, amely fagyáspont alá hűtve kikristályosodik, s a keletkezett jégkristályok alakjukkal, nagyságukkal befolyásolják az élelmiszerek minőségét. Ez a bonyolult kolloid-komplexum szénhidrátokat, sókat tartalmaz, mely a sóoldathoz hasonlóan viselkedik. Az egyes élelmiszerek fagyáspontja eltérő, a bennük lévő sejtnedv (=oldat) összetételétől függ, s ennek a sejtnedvnek a töménységével a fagyáspont csökken ([http5](#)). Különböző élelmiszerek fagyáspontját tüntettem fel az 1. táblázatban:

*1. táblázat: Néhány élelmiszer fagyáspontja (Forrás: Saját szerkesztés (2025) Varga Zs. Fagyáspont csökkenés, forráspont emelkedés in Bencsik K. (2003) táblázata*

Élelmiszer	Fagyáspont (°C)	Élelmiszer	Fagyáspont (°C)
alma, körte, szilva	-2	hús	-0,9
burgonya	-1,7	hagyma, borsó	-1,1
cseresznye	-2,4	paradicsom, málna	-0,9
dió	-6,7	tej	-0,5
fejes saláta	-0,4	tojásfehérje	-0,4

A fagyasztás módszerét csoportosíthatjuk a víz kifagyásának sebessége szerint, lehet lassú vagy gyors fagyasztás. Lényegében a folyamat sebességkülönbsége befolyásolja, hogy az élelmiszerben lévő sejtnedv miként alakul jégkristályokká. Lassú fagyasztás során nagy, tű alakú kristályok keletkeznek, melyek általában meghaladják a sejtek méretét, így a sejthártyát felsértik. Ezen okból az élelmiszer felengedésekor a sérült sejthártyán keresztül a sejtnedv jelentős része eltávozik, vagyis az termék lazább szerkezetűvé válik. Gyors fagyasztás esetében apró jégkristályok keletkeznek, melyek megfeszítik a sejt hártát, de azt nem szakítják át. Ahhoz, hogy ilyen aprószemcsés kristályokat kapjunk, az élelmiszert a kritikus hőmérsékletnél (a kritikus zóna: -0,5 °C és a -5 °C közötti hőmérséklet) minél gyorsabban tovább kell hűtenünk (Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2019). A folyamat végén a vízdoldható anyagtartalomban, mint például az antioxidáns, C- és B-vitamintartalomban az élelmiszerek jelentős veszteséget szenvedhetnek, ahogy tanulmányokban (Dr. Almási, 1964; Reyes et al., 2010) is megállapították a lassú fagyasztás ezen intenzív szövetroncsoló hatásait.

## 2.5. Fagyasztva szárítás az élelmiszeriparban

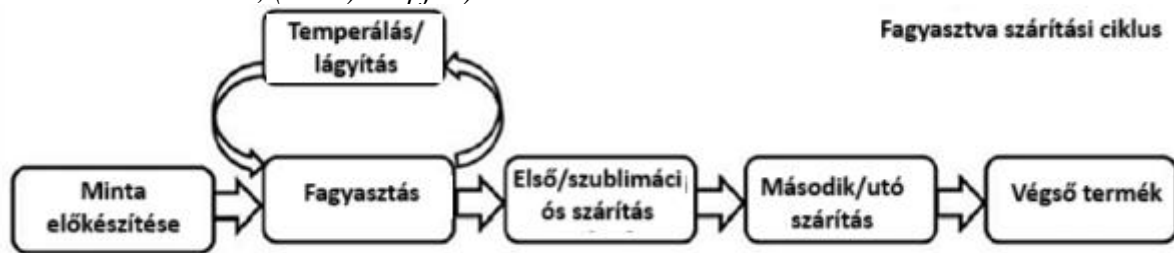
A fagyasztva szárítás technológiájának elve már a 19. században is ismert volt. Antal Tamás (2014) leírásában olvashatunk a fagyasztva szárítás (liofilizálás) lényegéről. A folyamat során a termékben lévő vizet megfagyasztják, majd egy térben vákuumot kialakítva a kifagyott vizet elszublimáltatják. A fagyasztási folyamat idejét és a kapott termék minőségét a fagyasztás hőmérséklete, sebessége és módszere határozza meg. Folyóiratában olvashatunk arról is, hogy Hottot és munkatársai (2007) szerint a fagyasztva szárítás folyamatának tökéletesítéséhez (az élelmiszerben kialakuló) jégkristályok méretét optimalizálni szükséges. szerint a fagyási sebességet szükséges optimalizálni, mert a gyors fagyás sok kis méretű, míg a lassú fagyás nagyobb, kevesebb jégkristályhoz vezet (Morais et al., 2016). Tehát a fagyasztási szakasz kulcsfontosságú, mivel ezen szakasz alatt alakul ki a jégkristályok szerkezete (alakja és mérete). Az eljárás optimalizálásához tehát a jégkristályok méretének megfelelőnek: nagyobbak kell lennie ahhoz, hogy a lehető legrövidebb szárítási időt érhesük el az első szakaszban, az ún. szublimációs szárítás során. A második szárítási, utószárítási szakaszban azonban a jégkristályok méretének kisebbnek kell lennie, hogy a nagy fajlagos felület lehetővé tegye a még meg nem fagyott (kötött formában jelenlévő) víz deszorpcióját (Hottot et al., 2007). A liofilizálás nagyon tipikus művelet pl.: a por formájú termékek előállításában. Hosszabb eltarthatóságú és kiváló minőségű dehidratált termékeket eredményez. Jelentősen befolyásolja az élelmiszerek minőségét és tulajdonságaikat. Számos biológiai anyag szárítására alkalmazzák, az állati termékektől kezdve növényi termékekig. Sajátos előnyeinek köszönhetően az utóbbi időben egyre nagyobb a piaci igény a liofilizált formájú élelmiszertermékek pl.: fűszerek, zöldségek és gyümölcsök iránt (Oyinloye és Yoon, 2020).

### 2.5.1. Fagyasztva szárítás művelete

A fagyasztva szárítás technológiáját leginkább az élelmiszer- és a gyógyszeripar használja. Mára már igen sokféle liofilizálásra alkalmas berendezéssel találkozhatunk. A fagyasztva szárítás során a szárítani kívánt anyag víztartalmát a hagyományos szárításhoz képest jóval alacsonyabb hőmérsékleten vonják el, amely a bomlási folyamatokat megakadályozva jobb minőségű és hosszabb ideig eltárolható termékek előállítását teszi lehetővé. A keletkezett jég gőzzé alakulva elszublimál az anyagból, melyhez speciális körülményeket, vákuumot biztosítanak, így a kifagyasztott víz a lehető legkisebb károsodást okozva távozik. Ezzel a technológiával elkészített termékek megtartják az eredeti formájuk, jellegük, állományuk, ízük és tápanyagtartalmuk nagy részét is. Az eljárás során viszont észlelhető térfogatcsökkenés (az

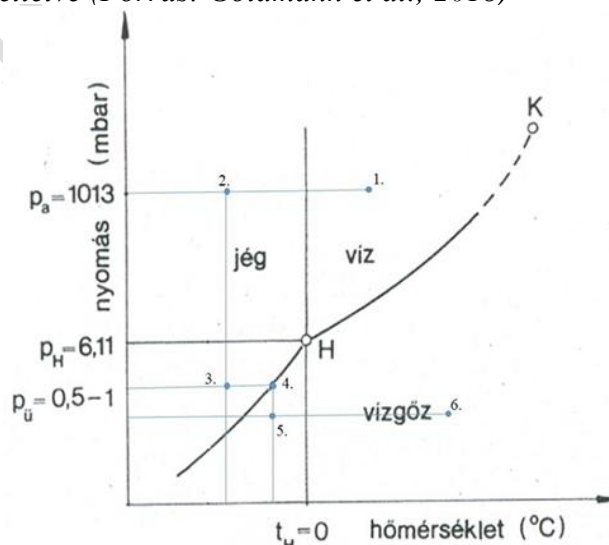
új térfogat az eredeti térfogatnak körülbelül egytizede lesz), de folyadék hozzáadása után pár perc alatt a termék visszanyeri eredeti állapotát (Antal, 2010; de Jonge, 2018).

5. ábra: A liofilizálás részműveletei (Forrás: Saját szerkesztés (2025) Liofilizálás – Goldmann et al., (2018) alapján)



A folyamat három részműveletből áll (ezt láthatjuk az 5. ábrán is). Először az élelmiszer előkezelésére, előfagyasztására kerül sor (Antal, 2014), mely a termék körülbelül  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletre való fagyasztását jelenti, ekkor a környezetnek hőt ad le a rendszer (exoterm folyamat). A fagyasztást követően, ha szükséges a terméket lágyítani/temperálni lehet többször is. Ez azt jelenti, hogy a fagyasztást követően a terméket meghatározott ideig a fagyasztási hőmérséklet feletti, de még fagyponthoz alatti hőmérsékleten tartják a mintát. A lágyítás a jégkristályok megnövekedését eredményezi, így gyorsítva az elsődleges szárítás folyamatát (Morais et al., 2016). Lágyítás után megkezdődhet a szárítási folyamat, melynek első szakaszában történik az élelmiszerben megfagyott nedvességtartalom elszublimálása, ekkor a párolgáshoz szükséges hőt a rendszer a környezettől veszi föl, hőbevitel szükséges (endoterm). Az elsődleges szárítás folyamatát az alacsony nyomás és alacsony hőmérséklet vezérli (Tang and Pikal, 2004). A szublimációs szakaszt a másodlagos szárítás, az ún. utószárítás követi. Ekkor zajlik a deszorpció, a kötött víz eltávolítása (ez a kötött víztartalom nem fagyasztható).

6. ábra: Fagyasztva szárítás szakaszai a víz fázisdiagramján szemléltetve (Forrás: Goldmann et al.; 2018)



A fázisdiagramon (6. ábrán a víz fázisdiagramján ábrázolva) is látható, hogy 1-2. szakaszon mélyhűtéssel kifagyasztjuk az élelmiszer nedvességtartalmának nagy részét (2-es a

fagyáspont), majd ezután vákuumkamrába helyezve az élelmiszert, a 2-3. szakaszon a (gőz)nyomást a hármasponti érték (víz fagyáspontja alá, 0 °C 6,1 hPa) alá csökkentjük. Végül az anyag hőmérsékletének növelésével (3-4. szakasz) a jégkristályokat elpárologtatjuk. Az ezt követő utószárítás (4-5. nyomás további csökkentésével és 5-6. szakaszon a hőmérséklet növelésével) szerepe a mélyhűtés során ki nem fagyott, kötött formában jelenlévő víz eltávolítása. Ez a szublimációs szárítással párhuzamosan megy végbe, vagyis amint a jégkristályok elszublimálnak a deszorpció is kezdetét veszi (Dr. Antal, 2017-18). A fagyasztva szárítás eredményeként egy olyan terméket kapunk, amely biológiailag stabil, szobahőmérsékleten nedvességtől elzárva hosszú ideig eltárolható (Goldmann et al., 2018), amennyiben víz éri könnyen visszanyeri víztartalmát (vízfelvevő tulajdonsága jó), higroszkópos. A Vegyipari Művelettani Alapismeretek könyv (Fonyó és Fábry, 2004) szerint a liofilezés elnevezés a késztermék azon tulajdonságára utal, hogy könnyen felveszi a vizet. Liofilezés során megoldandó problémák a jégkristályok optimális méretének meghatározása, a párolgási hő megfelelő biztosítása és a pára elvitele a felületről. Attól eltekintve, hogy napjainkban igen sokféle liofilizáló berendezéssel találkozhatunk a fagyasztva szárítók alapvető szerkezeti egységeikben megegyeznek. Minden fagyasztva szárító rendelkezik egy kamra és egy kondenzátor résszel, emellett egy polimer folyadék, egy vákuum, illetve egy szabályozó rendszerrel. Három fő típusú fagyasztva szárítót tudunk megkülönböztetni egymástól: A Manifold típusú fagyasztva szárítókat, a rotációs fagyasztva szárítókat, illetve a polcos fagyasztva szárítókat. Vannak vákuumszárítók is, melyek granulált anyagok, híg folyó termékek szárítására alkalmasak. Kereskedelmi forgalomban több különböző, speciális kialakítású vákuumszárító is kapható (Dr. Beke és Dr. Arun S., 2002). Vákuum-szárítószekrény használata célszerű oldószer-nedves anyagok szárítására. Emellett használata indokolt lehet abban az esetben, ha nagy értékű terméket kis hőmérsékleten kell kíméletesen szárítani, ha az anyag formájánál és állagánál fogva nem tűri a mozgatót, esetleg könnyen gyulladó anyagot biztonságosan kell szárítani, egy higroszkópos anyagot kell vízteleníteni, a termék kis mennyiségű és szakaszos eljárással előállított gyártmány vagy a termékek gyakran változóak, mint például a gyógyszeripari termékek (Fonyó és Fábry, 2004). A fagyasztva szárítása az egyik legjobb módszer az élelmiszerekből a víz eltávolítására. A legmagasabb minőségű végtermékekkel, minimális térfogatcsökkenés mellett a termékek elsődleges szerkezetét és alakját nem roncsolja káros mértékben. Emellett az alacsony hőmérséklet lehetővé teszi az élelmiszerek tápanyag és bioaktív anyagtartalmának megőrzését, minimális veszteségekkel, s a közel maximális tartalom megőrzését lehetővé téve (Bhatta et al., 2020).

### 2.5.2. Fagyasztva szárított termékek

A liofilizálást korábban is már sikeresen alkalmazták kávék, gyümölcsök, zöldségek (pl.: gyümölcslevek), húskészítmények, tejtermékek, színezékek, gyógyszerextraktumok, sejtek, baktériumok esetében, illetve bevett módszer a vérplazma tartósításnál, penicillineknél, hormonoknál és vitaminkészítményeknél (Fonyó és Fábry, 2004). Számos előnye ellenére - mivel négyszer-tízszer több energiát is igényelhet, mint a hagyományos meleg levegős szárítás - a fagyasztva szárítás mindig is az egyik legdrágább eljárásnak számított a dehidratált termékek előállításában, nagyon költséges. A fagyasztva szárítással készülő termékek tárháza végtelen, alkalmazása széleskörűen elterjedt a 21. században. Ma már úrhajósok számára kifejlesztett élelmiszereket (http7), illetve katonai felhasználásra szánt vagy extrém sportélelmiszereket állítanak elő ezzel a módszerrel, valamint az olyan különleges élelmiszerek, mint a kávé vagy a fűszerek (főleg növényi alapú termékek) is így készülhetnek. A liofilezett gyümölcs- és zöldségdarabokat, avagy -szeleteket előszeretettel használják édességekben, (pék)süteményekben, reggeli gabonapelyhekben, levesekben (instant levesekben, levesporokban), ételdobozokban stb. Instant italokkal is találkozhatunk, melyeket fagyasztva szárított teákból, kávékból vagy akár a fákból származó polifenol tartalmú koncentrált kivonatokkal dúsított juharszirupból készítene (Bhatta et al., 2020).

### 2.5.3. Fagyasztva szárítás hatásai

A liofilizálás egy viszonylag kíméletes, alacsony hőmérsékleten történő szárítási eljárás, így a hőre érzékeny anyagok, vegyületek bomlása és roncsolódás kisebb mértékű lehet, mint más szárítási módszerek esetén pl.: meleg levegős szárítás. Ugyanakkor vannak olyan anyagok is, melyek kevésbé maradnak stabilak a kezelés alatt pl.: ilyen az aszkorbinsav (C-vitamin), bizonyos antociánok és a karotinoidok is. A folyamat végeredményeképp ezen vegyületek kapcsán veszteségekkel számolhatunk (Shofian et al., 2011; González et al., 2023; Coşkun et al., 2024). Több tanulmány szerint a fagyasztva szárítás alkalmazása elősegíti a fenolos vegyületek megőrzését (Bhatta et al., 2020). Például vadon nőző áfonyák (*Sideroxylon mascatense*) liofilizálását követően azok TPC (Total Polyphenolic Content) tartalma magasabbnak bizonyult, mint a klasszikus levegős szárítással kezelt minták teljes polifenol tartalma. Al Hasani és munkatársai (2023), illetve Rababah és munkatársai (2023) is megemlítik, hogy a liofilizált minták antioxidáns tartalma magasabb maradt, míg a klasszikus fagyasztás és szárítás során általában csökken az antioxidáns aktivitás, addig a fagyasztva szárítás jobb választásnak bizonyulhat a megfelelő előkezelések, az optimális kezelési és tárolási körülmények meghatározásával, illetve betartásával. Az antioxidáns tartalom

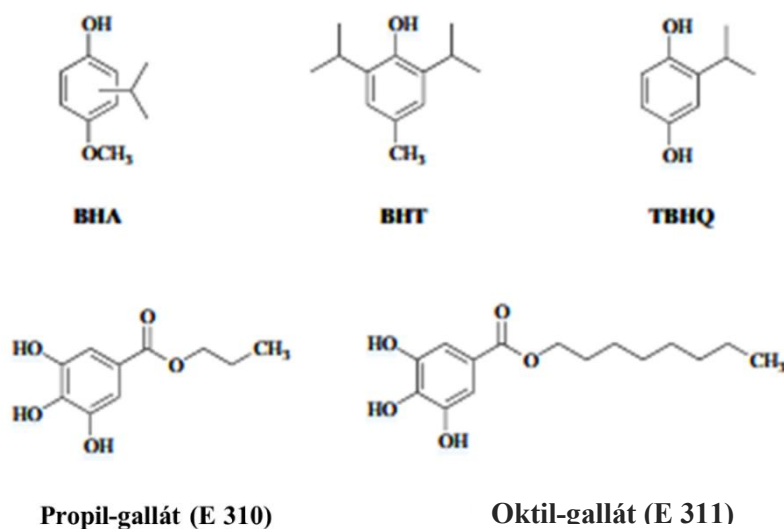
változására így a feldolgozási eljárás és a tárolási körülmények is hatással vannak. Az oxidáció és degradáció kockázata tárolás során is fennáll, különösen a nem megfelelő csomagolás, magas hőmérséklet és páradús környezet esetén (Donno et al., 2025). Összességében liofilizálás megfelelő eljárás lehet az antioxidáns tartalmú élelmiszerek tartósítására, gondosan kifejlesztett, akár előkezelési eljárásokkal és optimalizált paraméterekkel.

## 2.6. Antioxidánsok

Azon vegyületek, amelyek képesek csökkenteni vagy megakadályozni a szabadgyökök által okozott oxidatív stresszt (Halliwell and Gutteridge, 1995), csökkentik az oxidációs folyamatokat. Az élelmiszeripar tartósítószerként, kenőanyagként vagy stabilizátorként alkalmazza őket. Képesek lassítani, meggátolni a szubsztrátok oxidációját, redukáló hatásuk (saját oxidációjuk) révén képesek megkötni az oxigént, ezzel gátolva az oxidációt gyorsító katalizátorok működését. Gátolják az oxidatív stresszt kiváltó szabadgyökök kialakulását, s vannak köztük olyan molekulák is, amelyek ezen gyököket képesek megkötni. Tulajdonságaik révén az antioxidánsok hozzájárulnak a szív- és érrendszeri (CVD), illetve egyéb civilizációs betegségek kialakulásának megelőzéséhez (Benzie, 2000; de Jonge, 2018). A szervezetben oxidatív stressz hatására lipidperoxidációs folyamatok indulhatnak meg. A cél ezen folyamatok negatív hatásának késleltetése, megakadályozása és a másodlagos lipidperoxidációs termékek képződésének megelőzése megfelelő antioxidáns mennyiség bevitelével. Az élelmiszeripar antioxidánsokkal dúsított termékek gyártásával igyekszik tenni a probléma ellen. Egyre gyakrabban lehet találkozni antioxidánsokkal dúsított táplálékkiegészítőkkel, illetve készítelekkel is (de Jonge, 2018). Az antioxidánsok tartósítószerként is funkcionálnak: az élelmiszerek ízének, színének és textúrájának megőrzését elősegítik a tárolás során (Bursal et al., 2013; Çakmakçı et al., 2015). Egyes antioxidánsok termelésére az emberi szervezet is képes, viszont legnagyobb részük esszenciális, így táplálékkal kell szervezetünkbe bevinnünk. Például ilyenek az A-, C-, E-vitaminok, karotinoidok, fenolos vegyületek, antocianinok, flavonoidok és az izotiocianátok. Fő természetes antioxidáns források a gyümölcsök, zöldségek és gabonák, valamint az ebből készített italok (Blázovics, 2009), élelmiszerek. Az antioxidánsoknak közt mesterségesen előállított molekulák is vannak. A szintetikus antioxidánsokat kifejezetten abból az okból fejlesztették ki, hogy élelmiszerekhez adják őket, leginkább tartósítási szempontból (Carocho és Ferreira, 2013). Az eltarthatósági idő megnövelését a zsírok, olajok feldolgozása, illetve tárolása során bekövetkező avasodásának (oxidáció) akadályozásával, késleltetésével érik el. Ugyanez a cél az emberi szervezetben is, megakadályozni a lipidperoxidáció bekövetkeztét antioxidánsokkal dúsított élelmiszerek gyártásával. Az élelmiszeripar már közel

70 éve alkalmazza ezen mesterséges vegyületeket (ahogy a 7. ábrán is látható), a legnépszerűbbek a fenolos gyűrűvel rendelkezők például a butil-hidroxi-anizol (BHA, E 320), a butil-hidroxitoluol (BHT), a tert-butilhidrokinon (TBHQ, E 319), a propil-gallát (PG, E 310) és az oktil-gallát (OG, E 311) (Gulcin, 2020).

7. ábra: Mesterséges antioxidánsok (Forrás: Gulcin (2020) ábrája általam kiegészítve)



## 2.7. Polifenolok

A polifenolok kémiai definíciójuk szerint olyan vegyületek, melyek a növényvilág másodlagos anyagcsere termékei és melyek legalább egy fenolos gyűrűt tartalmaznak. A fenolos gyűrűhöz egy vagy több hidroxil csoport kapcsolódhat, de ezeken kívül még számos más vegyület is részt vehet a felépítésükben (Suárez et al., 2008; Ferreres et al., 2009). Lehetnek egyszerű fenolok, fenilpropanoidok, benzoésavak, flavonoidok, stilbének, tanninok, lignánok és ligninek, valamint ezek származékai vagy polimerizált formái (Shahidi és Naczki, 2003; 2004; Nagy és Csiki, 2013). A felsorolt antioxidánsok szerepük szerint két nagy csoportra oszthatók: láncreakció megszakító vagy elsődleges és a védő vagy másodlagos antioxidánsokra, s a polifenolok a második kategóriába sorolandók (Apak et al., 2007). Fontos kiemelni, hogy nem minden polifenol antioxidáns, de a legtöbb antioxidáns hatású. Antioxidáns tulajdonságaikat több minden is befolyásolja, mint például az -OH csoportok száma, elhelyezkedése, az orto 3,4'-dihidroxi rész. A polifenolok további jelentős tulajdonságai (Lees, 2003): gyökfogó képességgel rendelkeznek, hajlamosak kelátképzésre fémionokkal – proxidáns hatás (a fémionok kelátképzése általában a fenolos savakban és flavonoidokban található fenilgyűrű orto-dihidroxilezését vagy a flavonoidokban található 3- vagy 5-hidroxilcsoport jelenlétét igényli (Wettasinghe és Shahidi in Shahidi, 2004) és hatással vannak az enzim interakciókra is. Az emberi, illetve az állati szervezetekbe csakis növényi táplálék elfogyasztásával kerülhetnek be, s elsősorban gyümölcsökben, zöldségekben, magvakban

fordulnak elő. Magas polifenol tartalmuk van például a bogyósoknak, csonthéjasoknak, teaféléknek, almaféléknek és a különböző hagymáknak. A polifenolok emellett sok esetben az alapanyagként felhasznált növényi szervezetekben és így az élelmiszerekben is szín, aroma, kesernyés vagy savanyú íz, illetve illat kialakításáért és a káros oxidációs folyamatok megakadályozásáért felelős vegyületek (Abad-García et al., 2007). A kakaó, az alma, a tea, a bogyós gyümölcsök, a kávé, a bor, a lekvárok, a csokoládé vagy a hagyma a leggyakoribb polifenol források az emberi étrendben (Valls et al., 2009). A polifenolok, flavonoidok vagy más növényi másodlagos anyagok képződésének egyik alapvető oka a stressz, mely például UV sugárzás, kártevők, oxidatív folyamatok, sérülések, gombák által okozott betegségek hatására alakul ki válasz reakcióként (Robbins, 2003; Shahidi és Naczk, 2003; 2004; Shahidi, 2004). Először antioxidáns tulajdonságaikat fedezték fel és épp ezért azt gondolták, hogy ezen, egyben legfontosabb hatásukat, a lipidperoxidáció gátlásán keresztül érik el. Emellett képesek gátolni a rákos sejtek proliferációját (terjedését) és a koleszterin felvételt, részt vesznek az enzimek által katalizált folyamatok lassításában, befolyásolják továbbá a vérlemezke funkciókat is (Nagy and Csiki, 2013). Az antioxidánsok, polifenolok szerepe rendkívül összetett és rengeteg kutatás van azzal kapcsolatban, hogy milyen pozitív és negatív hatásai lehetnek, máig nincs megegyezés ezekkel kapcsolatban. A kutatások (Lourenço et al., 2019) rámutattak a természetes forrású antioxidánsok, a növényekből nyert polifenolok előnyeire a szintetikus antioxidánsokkal szemben. Ugyanakkor figyelembe kell venni ezeknek a polifenoloknak a fokozott felhalmozódását, biztonságos fogyasztását és esetleges toxikus hatásait (Gülçin, 2012; Hui et al., 2021). A flavonoidok a természetben gyakran (legszélesebb körben) előforduló a polifenolok legnagyobb osztályát alkotó vegyületek. Főbb alcsoportjaik az antocianinok, katekinok, izoflavonok, flavonolok és flavonok (Valls et al., 2009). Aglikonjaik (nem cukor jellegű molekulák) pro-oxidáns (oxidációt és szabad gyökök képződését elősegítő) tulajdonsággal rendelkeznek. Alkalmazásuk önmagában terápiás céllal nem javasolt, mert átmeneti fémek jelenlétében fenoxil gyökök keletkezhetnek. Felszívódásuk egyes szakaszai a mai napig nincsenek teljesen tisztázva, s bizonyos, hogy sokféleségüknek köszönhetően nem egységes a felszívódásuk útvonala. Nemtől, kortól, anyagi minőségtől szintén függ hasznosulásuk. Azonban a flavonoidok normál étrendi bevitel esetén nem kellene, hogy gondot, egészség károsodást okozzanak (Boots et al., 2008; Olas, 2018). Az antocianinok a flavonoidok egyik fő alosztálya (Olas, 2018), s a legtöbbet tanulmányozott polifenolok közé tartoznak. A növényvilágban igen elterjedtnek számítanak, mint vörös és kék színyanyagok pl.: piros színű bogyósokban, cseresznyefélékben, gránátalmában fordulnak elő. Elsősorban érzékszervi tulajdonságaik miatt használják az élelmiszeriparban a megfelelő szín kialakításához például

vörösborokhoz. Nem szabad keverni őket, az antocianidinek cukormentes analógjai az antocianinoknak, míg az antocianidok a cukrok és az antocianidinek összekapcsolódása révén jönnek létre (Bawerman, 2025). A tanninok polimerizált és monomer formában is egyaránt megtalálható polifenolok. A cseranyagok (csersav=tannin, gallotanninok és ellagitanninek (Haslam, 2007)) elsősorban a fanyar, kesernyés íz kialakításáért felelősek. A polifenolok fontos szubsztrátjai a polifenol-oxidáz enzimnek, így részt vesznek a barnulási folyamatokban (Sui et al., 2023). Az izoflavonok pedig elsősorban a szójafélékben fordulnak elő (Valls et al., 2009).

## 2.8. Szabadgyökök

Az emberi szervezetekben természetes úton lejátszódó biokémiai folyamatok során keletkezhetnek olyan vegyületek, amelyek párosítatlan elektronnal rendelkeznek, vagyis ekkor szabadgyökök keletkezéséről beszélhetünk (Cadenas, 1989). Szabad gyökök az ember légzése, a biológiai oxidáció terminális szakaszában természetes körülmények közt is keletkeznek, így jelenlétük az emberi szervezetben bizonyos mértékig normális és a szervezet megfelelő védelmének kialakításában játszanak szerepet. A szervezetet érő egyes külső és belső tényezők például UV, radioaktív sugárzások, szmog, alkoholfogyasztás, dohányfüst, a munkahelyi vagy otthoni stressz hatására fokozódik termelődésük (Benzie, 2000; Toporcov et al., 2004). A reakcióképességük igen nagy a párosítatlan elektronjukból kiindulóan és a veszélyességük is ebben rejlik. Az ROS (= Reactive Oxygen Species, avagy károsító reaktív oxigén gyökök) is ilyenek, melyek a sejtek anyagcseréje során jönnek létre. A probléma akkor adódik, ha szintjük meghaladja a szervezetben a szükséges mértéket. Nagyon könnyen és gyorsan reakcióba lépnek a szervezetet felépítő egyéb molekulákkal, mint például a zsírsavakkal, avagy a belőlük álló lipidekkel, szénhidrátokkal és fehérjékkel, károsítva a szervezetet. Kiváltó okai lehetnek számos betegségnek, mint például a rák vagy keringési, idegrendszeri rendellenességeknek. A szabadgyökök lehetnek oxigén, kén, nitrogén vagy szén központúak (Rak, 2010) pl.: az az oxigénközpontú ROS gyökök.

## 2.9. Funkcionális élelmiszerek

A funkcionális élelmiszerek fogalmát 1991-ben vezette be az Egészségügyi, Munkaügyi és Népjóléti Minisztérium. A rendeletet úgy határozta meg a fogalmat, hogy "meghatározott egészségügyi felhasználásra szánt élelmiszerek" (kiindulás: FOSHU – Japán, Iwatani és Yamamoto, 2019). Ezek olyan élelmiszertermékek vagy élelmiszer összetevők, amelyek nem csak az alapvető tápanyagigényeinknek tesznek eleget, hanem valamilyen módon egészségvédő hatásokat is kifejtenek pl.: antioxidáns, gyulladáscsökkentő, immunrendszer működéséhez

hozzájárulnak, tehát többet nyújtanak egy egyszerű táplálkozásnál/étkezésnél (Jones, 2002; Capanoglu et al., 2024). A folyóiratcikk szerint a funkcionális élelmiszerek „értéket adnak az ételnek”, s bioaktív komponenseik révén kedvező fiziológiai hatásokkal rendelkeznek (Capanoglu et al., 2024). Jótékony hatásuk bennük található bioaktív komponensekhez pl.: polifenolok, flavonoidok, pre- és probiotikumok, omega-3 zsírsavak, peptidek, vitaminok, ásványi anyagok, rostokhoz köthető (Fekete et al.; Skenderidou et al., 2025). Emellett ezen élelmiszerek hatását nemcsak az egyes komponenseik adják, hanem azok szinergiája is, így az élelmiszer egész struktúrája, összetétele befolyásolhatja a biohasznosulást és aktivitást (Mudondo et al., 2025). Fontos megkülönböztetni a táplálékkiegészítőket, étrendkiegészítőket és a funkcionális élelmiszerek fogalmak közti eltérést. Pontos elhatárolásuk nincs, azonban a táplálékkiegészítők gyakorta tablettá, kapszula vagy ampulla formájában fordulnak elő (Jones, 2002). A funkcionális élelmiszerek tehát átfedésben vannak a táplálékkiegészítővel, melyek termék kategóriája a hagyományos élelmiszerek és a gyógyszerek között helyezkedik el (beleértve a koncentrált kivonatokat, étrendkiegészítőket, antioxidánsokban gazdag készítményeket és kapszulázott vegyületeket pl.: halolaj (Fekete et al., 2025). Az űrbéli környezet számos fiziológiai kihívást támaszt az emberi szervezettel szemben. Az űrrelemezés nem pusztán a kalória- és makrotápanyag-ellátásról szól, hanem a fiziológiai egyensúly fenntartásáról is, ehhez a funkcionális élelmiszerek megfelelő eszközök lehetnek. Ezért a 21. században sok a kutatás azzal kapcsolatban miként tudnának hosszú eltarthatóságú dúsított élelmiszereket fejleszteni űrhajósok számára. A bioaktív anyagok gyakran instabilak, érzékenyek a fényre, hőre, oxidációra. Űrmissziók során az évekig tárolt élelmiszereknek pedig meg kell őrizniük minőségüket, tápértéküket s funkciójukat. Cooper és munkatársai (2015) azt vizsgálták, hogy az űrrelemezés mennyire képesek megőrizni a biológiai funkciójukat hosszú tárolási idő alatt, illetve Bermudez-Aguirre és munkatársai (2016) tanulmányukban kiemelték, hogy a kombinált funkcionalitás (magas karotinoid-, flavonoid- és omega-3-szint) megvalósítása technikai kihívás, különösen csomagolás, tárolás és érzékszervi elfogadhatóság szempontjából. Egy űrrelemezés nem feltétlenül szimpla „konzerv” vagy por, hanem speciálisan tervezett funkcionális formula, amely tartalmazhat antioxidánsokat, pre- és probiotikumokat, vitaminokat, illetve más bioaktív komponenseket, célzott hatással (Clemente-Villalba és Cerdá-Bernad, 2025). A CORDIS FP6 projekt során például három funkcionális űrrelemezést fejlesztettek (áfonyás snack, tortilla, tésztaétel), amelyeket antioxidánsokkal dúsítottak (CORDIS European Commission, 2011). Különböző fiziológiai problémák megoldásával kapcsolatban már születtek tanulmányok pl.: oxidatív stressz elleni védelem: a sugárzás és mikrogravitáció miatti fokozott ROS termeléssel szemben antioxidánsban gazdag

élelmiszerek fogyasztásával mérsékelni lehet a káros hatást; a D-vitamin, kalcium, antioxidánsok és más bioaktív anyagok együttes formulái segíthetnek az izomtömeg és csontsűrűség csökkenésének mérséklésében; míg a mikrogravitáció és stressz által gyengített immunválasz és megzavart bélflóra helyreállításában, a mikrobiom-stabilitás fenntartásában, illetve az immunregulációban a prebiotikumok, probiotikumok, polifenolok segíthetnek (Clemente-Villalba and Cerdá-Bernad, 2025).

## 2.10. Felhasznált antioxidáns tartalmú alapanyagok

Az alábbiakban röviden bemutatom az általam antioxidánsokkal dúsított tortához felhasznált alapanyagokat, különös tekintettel azok biológiailag aktív komponenseire és egészségvédő hatásaira. A torta elkészítéséhez friss és liofilizált áfonyát, fekete ribizlit és acai port, natúr darált diót, illetve kevés fahéjat és citromlevet (50%) használtam fel. Az áfonya (*Vaccinium corymbosum*) és a fekete ribizke (*Ribes nigrum*) antioxidáns tartalmát számos tudományos kutatás vizsgálta. Bár mindkét bogyós gyümölcs jelentős mennyiségben tartalmaz antioxidáns vegyületeket, a pontos összehasonlítások vegyes eredményeket mutatnak. A fekete ribizli különösen gazdag fenolos vegyületekben, mint az antociánok és flavonoidok. A fekete ribizli magasabb antioxidáns kapacitással rendelkezik, mint a fekete áfonya pl.: a fekete ribizlilé antocián- tartalma 336–850 mg/100 ml között változik, míg egy áfonyalé esetében ez 170–310 mg/100 ml (Diaconeasa et al., 2019; Braakhuis et al., 2020). Az áfonya szintén jelentős antioxidáns forrás, különösen antociánokban gazdag, az azonosított fő cukor alapú (glükóz) antocianinok a cianidin, delphinidin és malvidin 3-glikozid származékai, azaz antocián-glikozidok (Khoo et al., 2017; Hui et al., 2021). A fekete ribizliben található fő antocianinok a delphinidin-3-O-glükozid, cianidin-3-O-glükozid és a cianidin-3-O-rutinozid (Mazewski et al., 2019; Wu et al., 2021; Hui et al., 2021). Az áfonya, illetve a fekete ribizke por formájában történő alkalmazása növelheti a fenolos vegyületek koncentrációját és az in vitro antioxidáns kapacitást (Hui et al., 2021). Mindkét gyümölcs rendszeres fogyasztása hozzájárulhat az oxidatív stressz csökkentéséhez és az általános egészség megőrzéséhez. Azonban az áfonyáról kiderült, hogy az antocianinban gazdag frakciója gátolja a proliferációt (sejtek osztódást, szaporodását), serkenti az apoptózist (sejtek elhalását) és növeli a laktát-dehidrogenáz szivárgási aktivitását a B16-F10 melanóma egérsejtekben (Bunea et al., 2013; Wang et al., 2017). Fogyasztásuk mértékkel ajánlott. Az acai (*Euterpe oleracea* Mart.) egy karcsú, több szárú, egylaki palma, amely széles körben elterjedt az Amazonas torkolatvidékének árterületein (Muñiz-Miret et al., 1996). Gyümölcssei kerekdedek, sötétlilák, 1-1,4 cm átmérőjűek és elsősorban július - december között szüretelik őket. Hagyományosan az acai gyümölcsöt vízbe

áztatva ehető pépet készítenek belőle, így sűrű, lila, krémes állagú, olajos megjelenésű és jellegzetes ízű ital formájában fogyasztható. Mivel a gyümölcs könnyen romlandó, fogyasztása és kereskedelme sokáig regionális szintre, Brazíliára korlátozódott. Az utóbbi években azonban a megnövekedett nemzetközi érdeklődés és az exportbővülés következtében az açai és a belőle készült termékek világszerte elérhetővé váltak a nagyközönség számára (Pacheco-palencia et al., 2007). Magas antocián- és antioxidáns-kapacitása (Gallori et al., 2004; Coisson et al., 2005), valamint feltételezett egészségügyi előnyei jelentős tudományos és fogyasztói érdeklődést váltottak ki. A dió (*Juglans regia* L.) a Juglandaceae család értékes és mindenki által jól ismert tagja. Táplálkozási jelentősége elsősorban a magjának tulajdonítható. Az elmúlt két évtizedben fokozott tudományos figyelem és érdeklődés irányult a dió különböző részeinek fenoltartalmának és antioxidáns hatásának feltárására. A diót nemcsak az emberi táplálkozásban használják, hanem a fiatal zöld diót is nagyra értékelik egyes országok hagyományos népi gyógyászatában, valamint lekvárok és diólikőrök fontos fenol- és vitamin szolgáltató összetevője. Arcan és Yemenicioğlu (2009) megállapította, hogy a dió az olajos magvak között a legmagasabb antioxidáns aktivitással rendelkezik, melyet a pisztácia és a mogyoró követ. A dió kiváló tokoferol- (E-vitamin) és esszenciális zsírsavforrásnak (Amaral et al., 2003, 2005). Zsírsav-összetétele kiemelkedő: olyan zsírsavakban gazdag, mint pl.: elsődlegesen linolsav, aztán linolénsav, palmitinsav, olajsav és sztearinsav (Ruggeri et al., 1998; Savage et al., 1999; Amaral et al., 2003; Bolling et al., 2011). A diómag jellemzően magas koncentrációban tartalmazza ezen lipideket. Nagy mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsavat 52-72% PUFA-t tartalmaz, amelyből 50-62% linolsav (omega-6) és 11-18% linolénsav (omega-3). Ezen zsírsavakat egészségjavító tulajdonságokkal hozzák összefüggésbe (Martínez et al., 2010). Ugyanakkor ezen zsírsavak oxidációra való nagyfokú érzékenységük miatt korlátozzák a dió eltarthatóságát. Az oxidációs folyamat az esszenciális zsírsavak lebomlásához, avas és egyéb ízek kialakulásához, mérgező vegyületek képződéséhez és kedvezőtlen színváltozásokhoz vezethet, ezáltal rontva a termék érzékszervi, kémiai, tápértékbeli és fizikai minőségét, ami a fogyasztók elutasítását eredményezheti (Estruch et al., 2018; Grosso et al., 2020). Minimális mennyiségű fahéjat (*Cinnamomum verum*) adtam a torták piskótájához az antioxidáns tartalom növelése érdekében, hisz a fahéj egy nagyon jó antioxidáns, kiemelkedő polifenol tartalma van (fahéjaldehid, eugenol). Hatásai, mint például gyulladáscsökkentő, antimikrobiális, antibakteriális, antikarcinogén, antimutagén és szívvédő, de még sok más jó tulajdonsággal rendelkezik (Ashfaq et al., 2021).

### 3. Anyagok és módszerek

A minták elkészítését otthoni körülmények közt végeztem, míg munkám kísérleti részét a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszertudományi Karán folytattam. A liofilizálást, tömegmérés részben az Alkalmazott Kémia Tanszéken végeztem, továbbá az antioxidáns kapacitás meghatározását, a színmérést és az állománymérést a Gabona és Iparnövény Technológia Tanszéken végeztem el.

#### 3.1. Felhasznált anyagok

A vizsgálathoz konyhai körülmények közt készítettem egy kontroll, illetve egy antioxidánsokkal dúsított Eszterházy jellegű tortát funkcionális élelmiszerfejlesztés céljából. Mindkét tortához ugyanazokat az alapanyagokat használtam, a második receptben ezeket kiegészítve az antioxidáns tartalom növelése érdekében, hogy az összehasonlítás minél hitelesebb, s reálisabb legyen. Az elkészítéshez liofilizált áfonyát, fekete ribizlit és az acai port vásároltam online a Gybeam weboldaláról (http8). A többi hozzávalót a helyi szupermarketben (Spar) szereztem be. A 20 cm-es torták hozzávalóit az 2. táblázatban foglaltam össze:

2. táblázat: Torták hozzávalói (Forrás: Saját készítés, 2025)

Kontroll Eszterházy jellegű torta		Antioxidánsal dúsított Eszterházy jellegű torta	
Krém	Piskóta	Krém	Piskóta
6 db tojássárgája	6 db tojásfehérje	6 db tojássárgája	6 db tojásfehérje
120 g porcukor	150 g porcukor	120 g porcukor	150 g porcukor
250 ml 1,5% -os tej	200 g darált dió	250 ml 1,5% -os tej	200 g darált dió
75 g darált dió	16 g búzafinomliszt	75 g darált dió	16 g búzafinomliszt
0,5 teáskanálnyi vaníliapaszta	7 g zabpehelyliszt	0,5 teáskanálnyi vaníliapaszta	7 g zabpehelyliszt
200 g margarin	1 teáskanál fahéj	200 g margarin	1 teáskanál fahéj
16 g liszt/1,5 g étkezési keményítő		16 g liszt/1,5 g étkezési keményítő	100 g liofilizált fekete ribizli
		30 ml citromlé	100 g liofilizált áfonya
		125 g friss áfonya	
		24 g acai por	

A Magyar Élelmiszerkönyvben meghatározták az Eszterházy torta fogalmát és hogy milyen hozzávalókat lehet felhasználni. Az előírásoknak való megfelelés szükséges, hogy a forgalomba hozott terméket Eszterházy tortának nevezhessük. Ennek értelmében az Eszterházy tortának meghatározott összetételű 5 felvert lapja van, melyek közé egyenletesen van elosztatva az Eszterházy krém, s legfelső rétegét csokoládéval pókhálózott csokoládé borítja. A felhasználható hozzávalókat a [Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#) tünteti fel. Az előírások nem csak az Eszterházy torta/szelet összetevőit, de a minőségi követelményeket és az elkészítési technológiát is meghatározza, részletezi ([Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#)). A minőségi követelmények közt megnevezik a termék érzékszervi jellemzőit: megjelenésében a torta kör alakú, „oldala dióval vagy mandulával szórt, s a legfelső rétegét

csokoládéval pókhálózott fondán borítja”. Az Esterházy-szelet az élelmiszerkönyv szerint a tortával azonos alapanyagokból, azonos arányokkal és azonos technológiával készül, a különbség, hogy négyszög alakú. Tehát a szelet hasáb alakú, díszítése hasonló a tortáéhoz, de az oldalát nem panírozzák dióval, mandulával. A torta vagy szelet illata visszahozza a pörkölt dióra vagy mandulára jellemző illatot és idegen illattól, szagoktól mentes. Ízében hangsúlyosan felismerhető a pörkölt dió vagy mandula íze. Állománya esetén számottevő a termék nedvességtartalma: ne különüljön el a krém és a lap textúrája, bársonyos érzést keltsen fogyasztáskor, s a darabolt, aprított olajos mag határozottan kiérezhető legyen. A termék ezen jellemzők megléte esetén nevezhető Eszterházy-tortának. A torták elkészítése során a Magyar Élelmiszerkönyvben leírt alapanyagoktól kutatási és technológiai okokból kis mértékben eltértem. A következőkben ezen eltéréseket részletezném, s indokolnám. Az élelmiszerkönyvben leírtak szerint az Eszterházy torta diós/mandulás felvert lapokból (felvert piskótatésztából), angol vaníliás-diós vagy mandulás vajkrémből áll (szeszes itallal lazítva), baracklekváros réteggel, fehér fondántos étcsokoládéval (50% -os kakaószárazanyag-tartalom) pókhálózva a tetején, s az oldalán pedig dió/mandula panírozással (Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2025). Ehhez képest mindkét tortám eltér hozzávalókban, így a megnevezést hivatalosan nem használhatom. A kontroll torta piskótájában részleges lisztcseré és extra fahéj hozzáadása történt (íz kialakítása), illetve a krémbe a vaj helyett margarint, vanília rúd vagy vaníliás cukor helyett vaníliapasztát használtam. A piskótában a búzafehér liszt (BL55) egy részét zabpehelylisztre cseréltem, melynek technológiai és táplálkozási hatásai lehetnek. A termékben növeli a rosttartalmat ( $\beta$ -glükán), így a termék funkcionalitása, tápértéke nő. Élettani szempontból jótékony, hisz segíti az emésztést, csökkenti az LDL- és koleszterinszintet, illetve alacsonyabb glikémiás indexe (hosszabb felszívódás) miatt kevésbé hirtelen emeli meg a vércukorszintet (Queenan et al., 2007; Hossain et al., 2025). Az EFSA (Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság) állítja, hogy zabban lévő  $\beta$ -glükán LDL-és koleszterincsökkentő hatásának kifejtéséhez egészséges és kiegyensúlyozott étrend mellett minimum napi 3 g fogyasztása lenne szükséges. Fontos, hogy ez nem 3 g zab elfogyasztását jelenti, hanem 3 g benne található  $\beta$ -glükán szervezetbe vitelét (EFSA, 2010). Az Európai Bizottság rendeletében ([http: 432/2012/EU](http://432/2012/EU)) különböző egészségügyi állításokat fogalmaztak meg az élelmiszerek zabból, illetve árpából származó béta-glükán tartalma kapcsán. Például a fentiekhez kapcsolódva „a béta-glükánok hozzájárulnak a vér normál koleszterinszintjének fenntartásához”, mely állítás csak akkor alkalmazható, ha az élelmiszer adagonként legalább 1 g, zabból, zabkorpából, árpából, árpakorpából vagy ezek keverékéből származó béta-glükánt tartalmaz, illetve a fogyasztót tájékoztatni kell arról, hogy a kedvező hatás 3 g ezekből származó

béta-glükán napi bevitelével érhető el. Szintén állítják a rendeletében, hogy a zabból vagy árpából származó béta-glükánok fogyasztása hozzájárulhat az étkezés utáni vércukorszint-emelkedés csökkentéséhez, mérsékléséhez. Ezt az egészségre vonatkozó állítást az élelmiszerterméken csak akkor lehetséges feltüntetni, ha a termék minden 30 g szénhidrát-tartalmára vetítve az legalább 4 g zab vagy árpa béta-glükánt tartalmaz. Az emésztéshez való hozzájárulást a rosttartalmán keresztül fejtik ki: „A zabrost fogyasztása hozzájárul a széklet mennyiségének növeléséhez” (Európai Bizottság, 2012a, 2012b; EFSA et al., 2025). Tanulmányok szerint a zabpehelyliszt technológiai hatásai pl.: hogy a piskóta tömörebb (kisebb térfogatú), nedvesebb lehet, azonban keménysége, kohéziója és ruganyossága csökkenhet (Hera et al., 2012; Londono et al., 2015; Zaki et al., 2018; Astiz et al., 2022). Ahmed és munkatársai (2024) tanulmányukban különböző mértékben helyettesítették a piskótában a búzafinomlisztet zabpehelyliszttel és eredményképp azt tapasztalták, hogy a búzaliszt részleges helyettesítése zabpehelyliszttel a piskótakészítés során jelentősen javíthatja a végtermék tápértékét és érzékszervi minőségét is. A vizsgálat eredményei azt mutatták, hogy a 30% zabpehelyliszttel és 70% búzaliszttel készült piskóták rendelkeztek a legjobb tulajdonságokkal: magasabb nedvesség-, hamu-, fehérje-, zsír- és rosttartalommal bírtak a kontrollhoz (csak búzafinomliszt), illetve a kevesebb zabpehelylisztet tartalmazóhoz képest. Ez az arány tehát nem csak a fogyasztói igényeknek felel meg (egészségesebb funkcionális sütőipari termékek), de megtartja a kívánatos érzékszervi tulajdonságokat is. Emellett a zab növényi alapú értékes fehérjét, ásványi anyagokat pl.: magnézium, vas, vitaminokat pl.: E vitamin és antioxidáns hatású fitokemikáliákat pl.: fenolsavak, flavonoidok, karotinoidokat is tartalmaz (Alemayehu et al., 2021, 2023; Nikolić et al., 2024). Tanulmányban antimikrobiális hatását is bizonyították Nikolić és munkatársai (2024). Úgy gondolom a zabpehelyliszt egészségtudatos választás, jól illik a funkcionális élelmiszer fejlesztés koncepciójához, s a receptben való felhasználása indokolt lehet a termék rost-és mikrotápanyag-tartalmának növelése, illetve a felhasznált antioxidáns tartalmú hozzávalók hatásának kiegészítése érdekében. A fahéj piskótához való adagolása az ízprofilon változtat kissé, azonban tökéletesen harmonizál a gyümölcsökkel dúsított verzióval is. Emellett a torták antioxidáns tartalmát erősíti illóolaj-tartalma révén (fahéjaldehyd, fenol: eugenol), kivonata tehát gazdag antioxidánsokban és gyulladáscsökkentő, rákellenes molekulákban, illetve antibakteriális, antimikrobiális és gombaeellenes vegyületeket tartalmaz (Purkait et al., 2020; Pagliari et al., 2023; Liu et al., 2024; Jeewon et al., 2024). A fahéj beépítése a receptúrába előnyös lehet, mivel polifenol tartalma révén antioxidánsként véd a lipidperoxidáció ellen növelve így a liofilizált termék eltarthatóságát (avasodás akadályozása, lassítása). A krémbe vaj helyett 70% -os zsírtartalmú sütőmargarint használtam fel. A zsiradék

típusának megváltoztatása technológiai és minőségi eltéréseket is magával vonzhat. A margarin növényi eredetű zsiradékokból pl.: pálmazsír, kókuszzsír, vízből és egyéb anyagokból pl.: só, illetve adalékanyagokból, mint pl.: emulgeálószerkekből (mono- és digliceridekből), aromákból (vajaroma), színezékekből ( $\beta$  karotin) készült emulzió. Az emulzió folytonos fázisa általában a zsírfázis (V/O), de a margarinok lehetnek O/V (olaj a vízben) típusú emulziók is, mikor a víz a folytonos fázis (Andersen és Williams, 2016; MPOC, 2024). A margarinok víztartalma 15-20%, megeshet az e felletti is (bár pl.: a FAO 2001-ben maximum 16 tömegszázaléknyi víztartalmat határozott meg, de mára, 2009-ben és 2024-ben is módosított előírások (Codex Standards) szerint ez nem elvárt (FAO és WHO, 2024). A vajhoz képest mindenképp magasabb víztartalom jellemzi a margarinokat, s ez a víztartalom lazább szerkezetű, könnyebb krémet eredményezhet, mely kevésbé lesz telt ízű. A liofilizálás során a margarinos krémből több víz távozna (magasabb víztartalom miatt), így nagyobb a térfogat- és tömegveszteség, illetve a szublimációs folyamat több időt ölel fel (Morais et al., 2016). Azonban a több idő és energia befektetés, hosszabb gépüzemeltetés, illetve nagyobb igénybevétel ellenére a fagyasztva szárítás során a víztávozás egyenletesebb lehet. Összességében a Magyar Élelmiszerkönyvtől való eltéréseim célja a termék funkciójának növelése (antioxidáns- és rosttartalom növelése), illetve az egészségtudatos fogyasztói igényekhez és az úrutazási körülményekhez igazított, innovatív Eszterházy jellegű liofilizált torta létrehozása volt. Következtéseimet a megváltoztatott alapanyagokkal kapcsolatban a későbbiekben kifejtem az [5. fejezetben](#).

### 3.2. Liofilizált gyümölcsök előkészítése

A liofilizált gyümölcsöket online vásároltam 100 grammos kiszerelésben. A hozzáadást megelőzően szükségesnek találtam ezek porítását (8. ábra) a könnyebb felhasználhatóság érdekében. Aprításukat a [Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#) látható Stephan UMC5 electrinoc mixer berendezéssel végeztem (http14).

8. ábra: Liofilizált áfonya és fekete ribizli porítás előtt - után (Forrás: [http11](#) és [http12](#) saját fényképek, 2025)



### 3.3. Mintakészítés (torta készítés)

A 20 cm-es 3-5 lapos kontroll Eszterházy krémjéhez először szét választottam 6 darab tojássárgáját és fehérjéjét, majd a tojássárgájához kevertem 120 g porcukrot. A 250 ml 1,5% -os zsírtartalmú tejet 0,5 teáskanálnyi vaníliapasztával felforraltam, majd a kicsit lehűlt kb. 85 °C -os vaníliás tejhez hozzáöntöttem a cukros tojássárgáját és kis ideig még főztem sűrűsödésig (elsőelkészítéskor 16 g lisztet, illetve 1,5 g étkezési keményítőt második elkészítéskor) hozzákeverve sűrítőanyagként. Az elektromos főzőlapról levéve belekevertem 75 g darált diót, majd hagytam kihűlni. Szobahőmérsékleten hozzáadtam a korábban kihabosított 70% -os sütőmargarinhoz (Spar S-budget) fokozatosan adagoltam a vaníliás-diós alapot. A piskóta elkészítéséhez felvertem 6 darab tojás fehérjéjét, fokozatosan hozzáadagolva 150 g porcukrot. Ezt követően 200 g natúr Sparos darált diót összekevertem 16 g Gyermelyi búzafinomliszttel és 7 g Cerbona zabpehelyliszttel. Ezt a lisztes keveréket óvatosan beleforgattam a fehérjehabba és adtam hozzá még 1 teáskanál fahéjat is. A piskóta mehetett az előmelegített sütőbe, 200 °C-on sütöttem légkeverésesen. A sütőformát zsírpapírral béleltem, s a 20 cm-es tortalapokat 20 perc alatt sütöttem meg. A kihűlt krémet és a tortalapokat egymásra rétegezve alakítottam ki a torta szintjeit, majd az oldalát is lekentem. Ezt követően pár órát dermedtettem a hűtőben. A díszítéshez szeletelt mandulát (Spar), fehér és étcsokit, illetve sárgabaracklekvárt használtam. A jellegzetes pókháló mintát felmelegített csokoládék és fogpiszkáló segítségével alakítottam ki. A torta tetején még meg nem szilárdult fehér csokoládéra csurgattam sávokban az étcsokoládét kb. 1 cm távolságban, majd a sávokra átlósan vonalakat húztam fogpiszkálóval (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**). Az antioxidánsokkal (dió, fahéj, áfonya, fekete ribizli és acai) dúsított verziót (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) hasonlóan készítettem el, hozzávalókban kiegészítve. A krémhez 24 g acai port (http9) 125 g friss áfonyát és 30 ml citromlevet (http10), míg a piskotához pedig extra 100 g általam porított Gymbeam márkájú liofilizált áfonyát (http11) és szintén megegyező mennyiségű liofilizált fekete ribizlit (http12) adtam. Az elkészítést követően hűtőben 4-5 °C-on tároltam (5-6 óra/éjszaka), a krémekből, piskótákból is tettem félre külön-külön mintákat.

### 3.4. Liofilizálás

A tortákat a fagyasztás előtt több egyforma nagyságú téglatestekre szeleteltem, majd a vizsgálatok előtt a minták minimum 8 órát töltöttek fagyasztóban kb. -18 – -20 °C-on (előfagyasztás). A liofilizálást két különböző berendezésen végeztem. Az első 24 óra hosszágú tartó liofilizáláshoz a Virtis márkájú amerikai fagyasztva szárítót használtam. A szeleteket

berendezéshez tartozó kis rácsos tartóba egymástól elszeparálva raktam a ([Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#)), melyet aztán a fagyasztva szárítóba helyeztem. Bekapcsoltam a fagyasztást és a levegő elszívást (vákuumot alakult ki a berendezésben), így bebiztosítva a megfelelő körülményeket a fagyasztva szárításhoz. Először 24 órát hagytam a berendezésben, majd ezt követően elvégeztem a szükséges vizsgálatokat. Színmérést, antioxidáns/redukáló kapacitás meghatározását, tömegmérést és állománymérést folytattam a liofilizálás előtti és utáni állapotokról. Ezt követően az újabb mintáimat 72 órán keresztül liofilizáltam Kémia Tanszék a SCANVAC CoolSafe (http13) nevű berendezésében. Mintáimból 4-4 Petri-csészével tettem a berendezés egyes szintjeire (a [Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#) láthatóan).

### 3.5. Tömegmérés

Tömegméréssel a tortaszeletek liofilizálás hatására bekövetkező tömegveszteségét (nedvességtartalom csökkenését) vizsgáltam. A tortaszeletek (4-4 minta) tömegét fagyasztva szárítás előtt és után is megmértem, majd a veszteséget %-ban fejeztem ki. A nagyjából hasonló méretre szeletelt téglatest alakú, előre lefagyasztott mintáimat feliratozott Petri-csészékbe helyezve táramérlegem lemértem tömegüket még a liofilizálás előtt, majd után is.

### 3.6. Nedvességtartalom meghatározása

Mintáim nedvességtartalmának meghatározása egy gyors nedvességtartalom mérő berendezéssel történt meg (A&D MX-50 Moisture Analyzer). A mérést elvégeztem liofilizálás előtt, illetve után is (kiindulási állapot, 24 és 72 órás liofilizálásokat követően). A mérőberendezéssel külön krém, illetve piskóta mintáim (Piskóta1, Krém1, Piskóta2, Krém2) nedvességtartalmát mértem. A liofilizált mintákat mérés előtt dörzsmozsárban összetörtem nagyjából egyenletes, azonos szemcseméretre, s ezt követően mértem a nedvességtartalmat. A nedvességmérő bekapcsolását követően a mérleg részére helyeztem az alumínium tálcát, amelyre tárazást követően 3-5 g közti mennyiséget mértem a mérendő mintából. Minden mintával azonos módon jártam el és az első bemért tömeghez nagyon közeli tömegeket igyekeztem a többi mintából is bemérni, illetve 3-3 párhuzamos mérést végeztem minden minta esetében. A gyors nedvességmérő berendezés halogénlámpával melegíti a mintát és tömegállandóságig mér. A véglegesen bemért tömeget rögzíti és automatikusan nedvességtartalmat számít a tömegcsökkenésből:  $\text{Nedvességtartalom (g/g\%)} = (\text{Kezdő, avagy nedves tömeg} - \text{Végleges súly vagy száraz tömeg}) / (\text{Kiindulási tömeg} * 100)$ . A nedvességtartalomból pedig egyszerűen szárazanyagtartalom számítható, melyre az antioxidáns tartalom meghatározásnál vonatkoztatni lehet.

### 3.7. Színmérés

A (külön krém, illetve piskóta) minták színének vizsgálatát liofilizálás előtt és után is elvégeztem. A méréshez a Minolta CR-310 típusú (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) mérőműszert használtam. Ez egy felületi digitális színmérő, mely a CIELab színrendszeren (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) alapul. Lehetővé teszi egyaránt a szín telítettségének és intenzitásának meghatározását is. A Nemzetközi Világítási Bizottság első szabványos CIE rendszere 1931-ben született meg. A ma is használatos háromdimenziós CIELab\* színskála pedig 1976-ban lett kidolgozva (http15: Allen, 2023). A műszer három alapértéket mér 0-100 közt: az L\* világossági tényezőt, az a\* vörös-zöld telítettséget jelző és a b\* sárga-kék színezetet jelentő értékeket. A színskála az a\* és b\* értékeket egymásra merőleges vízszintes tengelyeken ábrázolja, továbbá az ezekre merőlegesen feltüntetett függőleges tengelyen az L\* értékei láthatók 0 (fekete) -100 (fehér) -ig. Ezen értékek alapján a minták közt színinger különbség ( $\Delta E^*$ ) számítható. A  $\Delta E^*$ -ot Pitagorasz tétele alapján lehet meghatározni:  $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$ . Az összehasonlított minták  $\Delta E^*$  értékéből meg lehet állapítani, hogy tényleg van-e látható különbség és hogy az milyen mértékű:  $0 \leq \Delta E^* < 0,5$  – szabad szemmel nem érzékelhető;  $0,5 \leq \Delta E^* < 1,5$  – alig érzékelhető;  $1,5 \leq \Delta E^* < 3,0$  – emberi szem számára érzékelhetővé válik;  $3,0 \leq \Delta E^* < 6,0$  – jól látható;  $6,0 < \Delta E^*$  – a különbség nagy, kitűnik. A mérések előtt mindig kalibráltam a műszert a gyártó által biztosított etalon kerámiára helyezve. A kerámia gyártó által kódolt standard értékeinek kijelzését vártam: Y=93,88; x=0,3137; y=0,3194; L=97,59; a=0,23; b=1,87 (de Jonge, 2018; Sebes, 2023). Előkészítettem a mintáimat: homogenizáltam, s Petri-csészékben elegyengettem megfelelő felületet biztosítva a méréshez, majd a fehér kerámia lapra helyeztem a mérendő Petri-csészét a mintával. Kalibrációt követően minden minta esetében három párhuzamos mérést végeztem, majd színinger különbséget számítottam.

### 3.8. Antioxidáns kapacitás meghatározása

Az antioxidáns tartalmat a vegyületek vasredukálóképességén alapuló, Benzie és Strain (1996) nevéhez fűzhető FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) módszerrel vizsgáltuk. E módszer eredetileg plazma antioxidáns meghatározására lett kidolgozva (de Jonge, 2018). A módszer szerint a szabad (extrahálható) és kötött (hidrolizálható) fenolos komponensek antioxidáns aktivitásának meghatározása a vegyületek vasredukáló képessége révén történik (Benzie és Strain, 1996). A mérés lényege, hogy a ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ionok antioxidáns aktivitású vegyületek hatására ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) ionokká redukálódnak (Boór és Bélafiné, 2010). Alacsony pH

-n a 2,4,6 tripiridil-S-triazinnal (TPTZ) komplexet képezve színes terméket adnak: ferro-tripiridil-triazin vagy vas-2,4,6-tripiridil-S-triazin. Ezt a vas-komplexet redukálják az antioxidánsok, mely reakció színváltozással jár (Huang et al.,2005), a kék szín intenzitása a mintában található antioxidáns hatású vegyületek koncentrációjától függ. A folyamat 3,6 -os pH értéken zajlik le (Prior és Cao, 1999), s a reakcióidő 5 perc. A bekövetkező színváltozás spektrofotometriásan nyomon követhető 593 nm -es hullámhosszon (Benzie és Strain, 1996).

Először elkészítettem a mérés elvégzéséhez szükséges oldatokat:

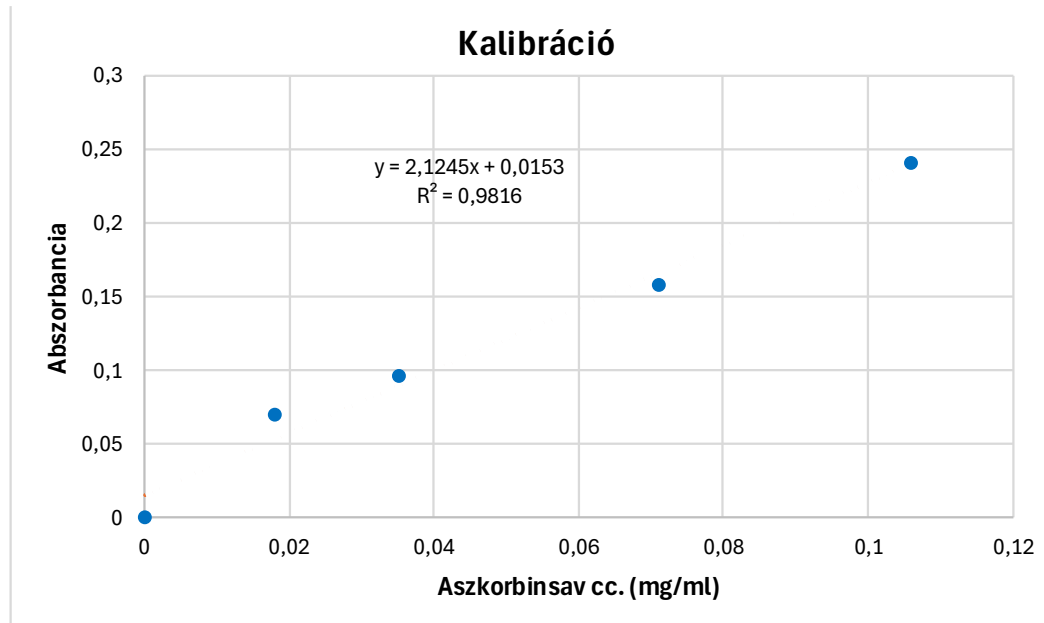
- Na-acetát puffer oldat (pH=3,6): Egy 300mM -os oldatot készítettem a méréshez szükséges pH 3,6 biztosításához: bemértem 1,55 g Na-acetátot és 8 ml ecetsavat (37%), majd azt átmostam egy 500 ml-es mérőlombikba, s jelre töltöttem desztillált vízzel.
- Vas III-klorid oldat ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ): Ehhez a 20 mM -os oldathoz analitikai mérlegen 0,054 g vas (III)-klorid port mértem ki és 10 ml -re öntöttem fel desztillált vízzel.
- Tirazin oldat (TPTZ): Elkészítéséhez 0,0624 g tetrapiridil-tirazint mértem ki analitikai mérlegen, majd feloldottam 20 ml desztillált vízben és hozzáadtam 68  $\mu\text{L}$  koncentrációjú tömény sósavat (mindig savat adunk a vízhez és nem fordítva).
- Aszkorbinsav oldat: A kalibrációhoz mM-os aszkorbinsav oldatot készítettem. Bemértem 0,0881 g aszkorbinsavat, melyet 50 ml -re töltöttem jelre mérőlombikba. Ezt követően ebből az oldat egy 1 mM -os hígítást készítettem: 1 ml aszkorbinsav oldatot 9 ml desztillált vízzel átmostam és jelre töltöttem egy 10 ml -es mérőlombikba.
- A FRAP reagens elkészítéséhez 20 ml Na-acetát puffer oldatot elegyítettem 2 ml TPTZ és szintén 2 ml vas (III)-klorid oldattal.

Az oldatok elkészítését követően összeállítottam a kalibrációs görbe felvételéhez szükséges mintasort (3. táblázat) és elvégeztem a kalibrációt. A felvett kalibrációs egyenes  $y=2,1247x+0,0153$ , melyet a 9. ábrán láthatunk.

3. táblázat: FRAP módszerhez kalibrációs mintasor (Saját készítés leírát alapján, 2025)

	FRAP reagens ( $\mu\text{l}$ )	Aszkorbinsav ( $\mu\text{l}$ )	Desztillált víz ( $\mu\text{l}$ )	Aszkorbinsav cc. (mg/ml)	Abszorbancia
1-vak	1500	0	50	0	0
2	1500	5	45	0,018	0,07
3	1500	10	40	0,035	0,096
4	1500	20	30	0,071	0,158
5	1500	30	20	0,106	0,241
6	1500	40	10	0,141	0,315
7	1500	50	0	0,176	0,389
minta	1500	50			

9. ábra: FRAP módszer kalibrációs egyenese (Forrás: Saját készítés, 2025)



Kalibrációt követően megkezdtem mintáim előkészítését: Kimértem minden mintából kb. 0,15 g mennyiséget kis méretű dörzsmozsarakba, majd 2 spatulányi kvarchomokkal 2 percig dörzsöltem. A kivonathoz 1,5 ml extrahálószer (desztillált vizet vagy desztillált víz: metanol 1:2 arányú elegyét) használtam, s további 5 percig dörzsöltem a mintákat (mindig egy mintával végig vittem a folyamatot, utána a következővel s így tovább). Az így kapott masszát a dörzsmozsárból átöntöttem egy centrifugacsőbe, az összes mintám elkészülte után 15 percig centrifugáltam a Mikro 220R (Hettich) berendezés segítségével (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**). Tiszta feliratozott kémcsövekbe pipettáztam 1500 µl FRAP-reagenst és 50 µl extraktumot (centrifugált mintakivonat (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) felülúszó részéből). Az elegyket vortex segítségével homogenizáltam, majd 5 perc eltelte után 593 nm-en mértem az abszorbanciát a Rayleigh spektrofotométer kalibrálását követően. A vizsgálat során a tortakrémek vasredukáló antioxidáns vegyület koncentrációját aszkorbinsavra vonatkoztatva határoztam meg. A minták FRAP-értékét úgy kaptam, hogy a mért abszorbancia értéket összehasonlítottam egy ismert koncentrációjú elegy FRAP-értékeivel.

### 3.9. Állományvizsgálat

Mintáim állományát liofilizálás előtt és után is vizsgáltam a TA-XT plus Texture Analyser mérőberendezés (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) segítségével. Nyírási tesztet végeztünk egy rozsdamentes 1 mm vastagságú lapos mérőfejjel, amellyel a penetrációhoz szükséges erőt fejtette ki a berendezés. A mintáimat igyekeztem úgy megválogatni, illetve még az elején úgy szeletelni őket, hogy minél egyformább téglatesteket kapjak. A 4-4 mintát elfeleztem, így lett 8-8 közel egyforma mintám mindkét liofilizált tortából. A mintáknál fontos

volt ügyelni a síkfelület kialakításra. A mérés előtt a rendszerben beállítottam a szükséges paramétereket: a mintába való behatolás mértékét, illetve a mérőfej mozgásának sebességét. A mérés megkezdése előtt a mérendő mintát a mérőplatformra a szonda alá, középre helyeztem, majd a „Run test” funkcióval elindítottam a mérést. A mérőfej 35 mm mélyen hatolt a mintába, a minta eléréséig 2 mm/s, a mérés közben 1 mm/s, a mérés után pedig 10 mm/s sebességgel haladt. Amint a mérőfej elérte a megadott távolságot (mérte az általa kifejtett nyíróerőt) elindult visszafelé. A berendezés folyamatosan monitorozza az erőkifejtés mértékét, melyből szoftvere segítségével egy folytonos görbét készít a mérés alatt. Az állománymérés kiértékelése során a tortaszemek megvágásához, elvágásához szükséges legnagyobb erőt, illetve a mintákhoz tartozó görbék alatti területeket elemeztem.

### 3.10.Érzékszervi bírálat

Az általam elkészített és liofilizált torták alacsony mintaszáma miatt a bírálatot egy mintasorból állítottam össze. Egyrészt háromszögpróbát (ISO 4120) végeztem egy minimum 10 fős csoporttal, másrészt kíváncsi voltam, hogy a receptúram kedveltségére, hogy mit gondolnak róla a fogyasztók. A fogyasztói kedveltségi vizsgálat során a laikus bírálók szubjektív véleményét és preferenciáját mértem fel a termékkel kapcsolatban. Célja a fejlesztett termék kedveltségének letesztelése volt (Agrárminisztérium és Nemzeti Agrárgazdasági Kamara: Dr. Kókai és Dr. Sipos, 2020). A bírálók 15 szempont alapján 1-5 pontozhatták a háromszögpróba során kapott, kóddal ellátott mintáikat. Az alábbi 15 szempontra voltam kíváncsi: szín, illat, édesség, diós íz, gyümölcsös íz, savanyú ízérzet, utóíz (ha van), teljes ízprofil tetszetősége, nedvességérzet, krémesség, szárazság, törekenység/roppanóság, omlósság, puhaság, összbenyomás. A bírálat a liofilizálást követő 4. napon történt és a kóstolón 12 bíráló vett részt. A bírálat természetes fénynél zajlott s a minta előkészítés során figyeltem, hogy ne vigyek be eltérést a kísérletbe, így magam készítettem elő minden a háromszög próbához szükséges mintasort azonos módon. A minták kódolásánál odafigyeltem, hogy a mintahármasok száma osztható legyen a lehetséges változatok (BBA=LkLkK; BAA=LkKK; ABB=KLkLk; AAB=KKLk; K=Kontroll Eszterházy jellegű torta; Lk=Liofilizált kontroll Eszterházy jellegű torta, illetve BBA=LdLdD; BAA=LdDD; ABB=DLdLd; AAB=DDLd, ahol D=dúsított torta és Ld=Liofilizált dúsított torta) számával jelen esetben négyvel, hogy a kiegyenlített mintapozícionálás biztosítható legyen (Dr. Kókai, 2019). A bírálók munkáját digitalizált bírálati lap létrehozásával egyszerűsítettem Google Forms formájában ([Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#)). Amennyiben bírálói lapot készítettem volna az a [Hiba! A](#)

hivatkozási forrás nem található. és a Hiba! A hivatkozási forrás nem található. szerint néznének ki.

Neményi Dóra Rita

## 4. Eredmények és értékelésük

Méréseim és vizsgálataim eredményeinek kiértékelését az Anyagok és módszerek fejezetben lévő sorrend szerint tárgyalom.

### 4.1. Liofilizálások eredményei

A 24 és 72 óra hosszú liofilizálási kísérletek közül az utóbbi bizonyosult kiemelkedően sikeresnek. A tortaszeleteim megfelelően kiszáradtak s elvesztették nedvességtartalmuk nagy részét, illetve térfogatuk is kisebb lett. A veszteségeket a [tömegmérések](#), illetve a [nedvességtartalom](#) meghatározásának eredményeinél részletezem. A 72 órát liofilizált mintáim a 10. és 11. ábrán láthatók.

*10. ábra: 72 óráig liofilizált kontroll Eszterházy jellegű minták (Forrás: Saját fénykép, 2025)*



*11. ábra: 72 óráig liofilizált antioxidánsokkal dúsított Eszterházy jellegű minták (Forrás: Saját fénykép, 2025)*



### 4.2. Tömegmérések eredményei

A torták liofilizálás hatására történő tömegveszteségének meghatározásához megmértem a téglatestre formázott tortaszeletek tömegét a fagyasztva szárítás előtt és után is. A külön-külön feliratozott Petri-csészékbe helyezett tortaszeletek tömegét táramérleg segítségével határoztam meg. Ezen értékekből kiszámoltam a liofilizálás hatására bekövetkezett nedvességtartalom

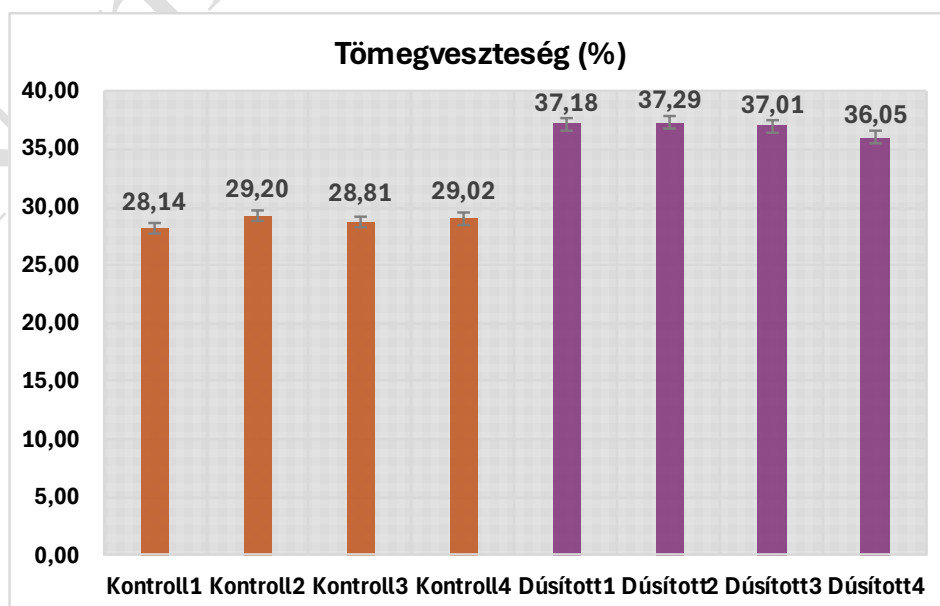
csökkenésből fakadó tömegvesztést, majd (nedvességtartalom mérés hiányában) számítással következtettem a nedvességtartalomcsökkenésre is (ez nem a valós igazság, mert a nedvességtartalom nem csak vízből tevődhet össze, ezért csak viszonyítási értéknek megfelelő).

4. táblázat: Tömegmérések eredményei (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)

Minta	Tömeg liof. előtt (g)	Tömeg liof. után (g)	Különbség (g)	%-ban csökkent
Kontroll1	29,92	21,50	8,42	28,14
Kontroll2	29,55	20,92	8,63	29,20
Kontroll3	31,38	22,34	9,04	28,81
Kontroll4	34,05	24,17	9,88	29,02
Dúsított1	39,86	25,04	14,82	37,18
Dúsított2	53,15	33,33	19,82	37,29
Dúsított3	37,96	23,91	14,05	37,01
Dúsított4	41,58	26,59	14,99	36,05

A 4. táblázatban látható utolsó oszlop az adott minta százalékban kifejezett tömegvesztését, avagy a számolt nedvességtartalmat (Nedvességtartalom (%) =  $((\text{Kiinduló tömeg} - \text{Szárított tömeg}) / \text{Kiinduló tömeg}) * 100$ ) tünteti fel. Ezek a százalékos értékek abban az esetben megegyeznének a nedvességtartalom csökkenés mértékével abban az esetben, ha a tömeg csökkenése csak a víztartalom eltávozásából származik. Az általam készített táblázatban azt is láthatjuk, hogy minden minta tömege jelentősen csökkent, ami a liofilizálás következtében eltávozó vízre, nedvességtartalomra utal. Oszlopdigramban (12. ábra) szemléltettem a 4. táblázat utolsó oszlopainak adatait, amely alapján megállapítható, hogy az egyes mintacsoportokon (kontroll/dúsított) belül az egyes minták tömegvesztése nagyon hasonló volt, vagyis a minták ugyanúgy viselkedtek. A minták tömegvesztése igen szűk tartományban változott: a kontroll minták 28-29%, míg a dúsított minták tömege 36-37% közt.

12. ábra: Liofilizálás hatására bekövetkezett tömegvesztések (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)



Kijelenthető, hogy az antioxidánsokkal dúsított mintáim tömege nagyobb mértékben csökkent (több vizet, nedvességet vesztek). Ez az átlagolt értékekben és az általam lefuttatott kétmintás t-próba (nem egyenlő szórásnégyzeteknél) eredményeiből is látható ([Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#)). Az átlagos csökkenés a kontroll Eszterházy jellegű minták esetében 28,79%, míg a dúsított minták esetében ez 36,88%. A kétmintás t-próba eredményei alapján elmondható, hogy a kontroll és dúsított minták közt a különbség szignifikáns. A p-értékem ( $5,599 \cdot 10^{-7}$ ) jóval kisebb, mint az  $\alpha=0,05$  szignifikanciahatár, de még  $\alpha=0,01$  is kisebb, ami az jelenti, hogy a különbség nagyon szignifikáns és a dúsított minták szignifikánsan nagyobb tömegvesztéget mutatnak, t-értékünk (-22,11) is azt jelzi, hogy az eltérés jelentős.

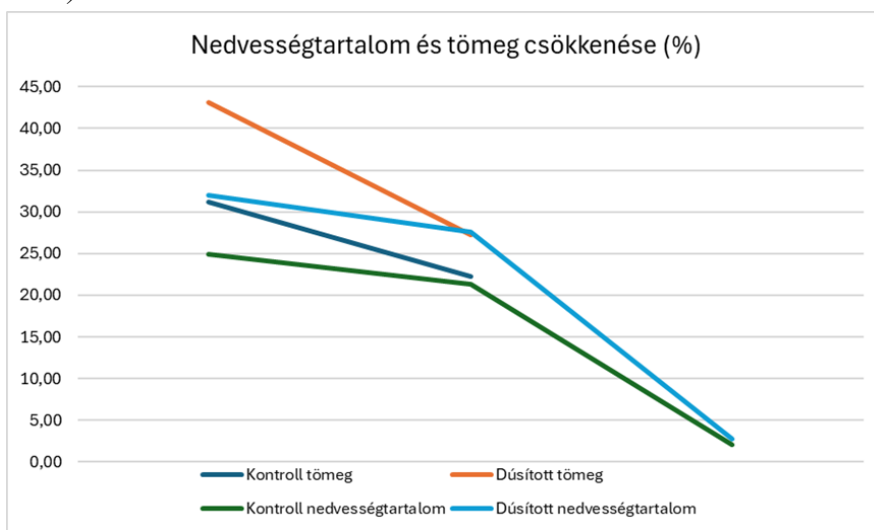
### 4.3. Nedvességtartalom meghatározásának eredményei

A nedvességtartalom detektálásának célja a liofilizálás hatékonyságának vizsgálata és az antioxidáns kapacitás szárazanyagra vonatkoztatott koncentrációjának meghatározása volt. A mérési eredményeim alapján szerettem volna meghatározni a liofilizálás nedvesség elvonásának hatékonyságát. Az eredményeket táblázatosan tüntetem fel az 5. táblázatban. Elmondható, hogy a 72 órás liofilizálás vízeltávolító hatékonysága átlagban 90-91% volt.

5. táblázat: Nedvességtartalom mérés eredményei  
(Forrás: Saját munka, 2025)

Minta	Nedvességtart. g/g%	Sz.a. tart. g/g%	Hatékonyság
TK	24,86	75,14	
TD	32,00	68,00	
K2	44,96	55,04	
K1	38,20	61,81	
P1	15,97	84,03	
P2	23,36	76,64	
24h LTK	21,32	78,69	14,26
24h LTD	27,57	72,43	13,84
72h LK2	2,31	97,69	94,86
72h LK1	0,42	99,58	98,90
72 h LP1	3,17	96,83	80,15
72h LP2	3,01	96,99	87,11
72h LTK	2,07	97,93	91,67
72h LTD	2,73	97,27	91,47

13. ábra: Nedvességtartalom- és tömegcsökkenés közti kapcsolat (Forrás: Saját készítés, 2025)

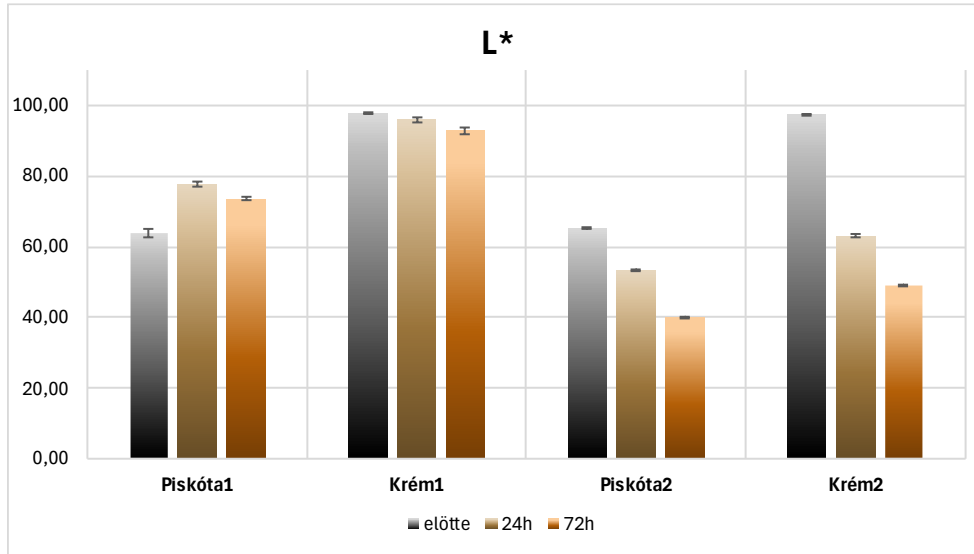


A 13. ábrán láthatjuk a mintáim átlagos nedvességtartalom, illetve a tömeg csökkenését. A liofilizálás célja a víztartalom eltávolítása, s a tömegveszteség nagy része a víz, nedvességtartalom elpárologtatásából származik. A mintáim nedvességtartalmának és tömegének csökkenése közt pozitív korreláció ismerhető fel, ami annyit tesz, hogy minél nagyobb a liofilizálandó anyag nedvességtartalma (magasabb víztartalom, nedvességtartalom), annál nagyobb lesz a tömegveszteség liofilizálás hatására. Ezt láthatjuk a 13. ábrán a dúsított minták esetében, hisz a dúsított minták átlagos nedvességtartalma magasabb a kontroll minták átlagos nedvességtartalmánál, illetve a tömegváltozást leíró egyenesük is meredekebb, mint a kontroll mintáké, vagyis nagyobb volt a dúsított minták tömegvesztesége.

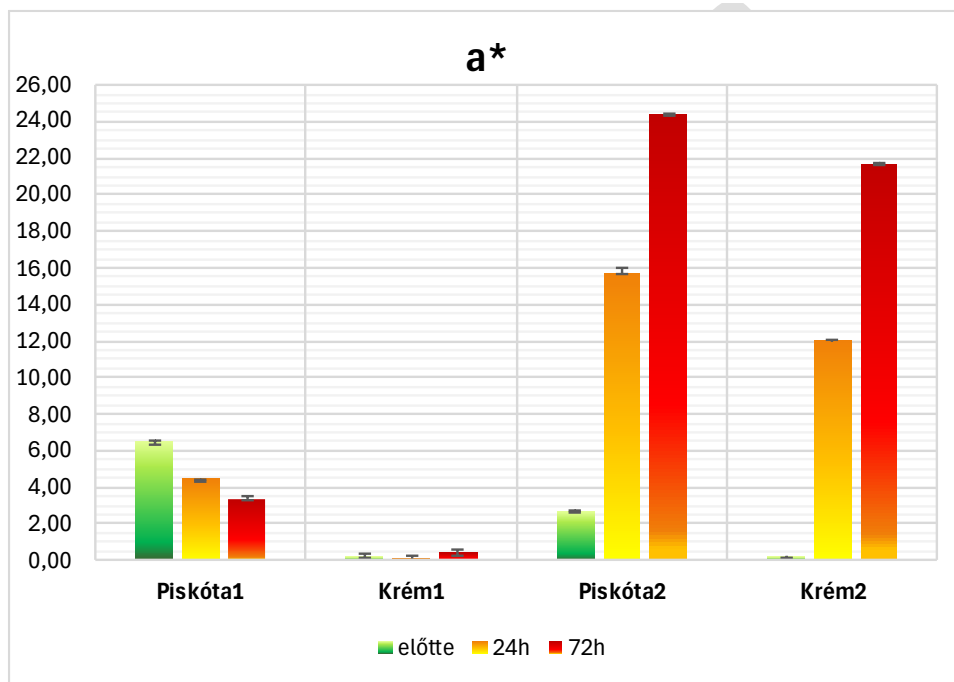
#### 4.4. Színmérések eredményei

A vizsgálat célja a tortaszeletek színváltozásának nyomonkövetése liofilizálás során. Tortaszeleteim színének vizsgálatát az Anyagok és módszerek fejezetben említetten liofilizálás előtt és után is megvizsgáltam. Eredményeimet a 14. (L\*), a 15. (a\*) és a 16. (b\*) ábrák mutatják be. A 14. ábráról olvasható le a világossági tényező változása, mely alapján elmondható, hogy mivel a 0 érték a feketét és a 100 a fehéret jelenti, így a kontroll torta piskótáján (Piskóta1) kívül a többi minta minél hosszabb volt a fagyasztva szárítás időtartama, úgy sötétedett. A csökkenés minden mintánál más mértékű volt, s az alapból is világos színű Krém1 minta maradt a legvilágosabb 72 óra liofilizálást követően is. Az a\* értékeinek esetében (15. ábra) a dúsított tortánál (Piskóta2, Krém2) jelentős változás történt: a vörösség növekedett liofilizálást követően, különösen nagy az eltérés a kiindulási (előtte) és a 72 óráig liofilizált állapotok közt.

14. ábra: Tortaszeletek liofilizálás előtti és utáni  $L^*$  értékei (Forrás: Saját készítés, 2025)

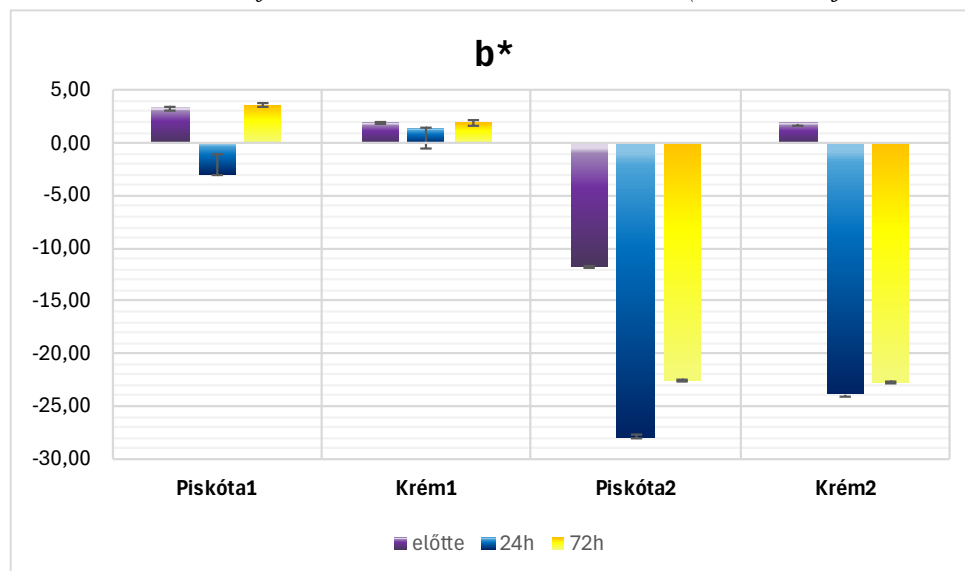


15. ábra: Tortaszeletek liofilizálás előtti és utáni  $a^*$  értékei (Forrás: Saját készítés, 2025)



A Krém1 minta átlagolt  $a^*$  értékeit tekintve közel stagnál 0 közelében, jelentős változás nem történt esetében. A Piskóta1 minta mindkét diagramon ( $L^*$  és  $a^*$ ) eltérést mutat a többi mintához képest. Kiindulási állapota vörösebb volt, mely negatív (zöldesebb) irányba változott, vagyis csökkent a liofilizálás során  $a^*$  értéke. A liofilizálást követően mért eredményekből látható, hogy egyedül ez a minta világosodott, melynek oka lehet esetleg a pigmentanyagok lebomlása vagy éppen a fényvisszaverő képesség megváltozása a porózusabb szerkezet következtében. A  $b^*$  értékeket tekintve a dúsitott torta esetében (Piskóta2, Krém2) jelentős értékcsökkenés, elváltozás történt. A tortaszeletek sötétedését, illetve a kék szín irányába való nagy mértékű eltolódását figyelhetjük meg a mért értékek alapján. Azonban ezzel és a későbbiekben taglalt, az 6. táblázatban feltüntetett magas színekülönbség értékkel szemben az

16. ábra: Tortaszetelek liofilizálás előtti és utáni  $b^*$  értékei (Forrás: Saját készítés, 2025)



emberi szem számára laikus fogyasztóként (felmérések alapján) egyáltalán nem volt ilyen drasztikus mértékben észlelhető a változás (észlelhető volt kisebb mértékben). Úgy gondolom ennek és a 16. ábrán látható Piskóta1 minta esetében megjelenő eltérő érték háttérében is egy mérési hiba állhat. A liofilizálást követően a mintáimat dörzsmozsárban készítettem elő. Igyekeztem minél egyenletesebb méretű szemcséket kialakítani, illetve a Petri-csészékben minél egyenletesebben, hézagmentesen elteríteni az aprítékot, így megfelelő felületet biztosítva a szín méréshez. A mérési hibák előfordulását lehetségesnek feltételezem a minta előkészítés és a mérés során felmerülő problémákból (pl.: hézagok vagy árnyékok) adódóan. Ahogy a fentebbi (14., 15., 16.) diagramokon is történ az ábrázolás a különböző ideig folytatott liofilizálások színmérési eredményeit vettem össze a kiindulási állapottal. A mért eredmények összehasonlítását, a színkülönbség ( $\Delta E^*$ ) kiszámításának eredményeit az 6. táblázat tartalmazza. Az Anyagok módszerek részénél leírt egyenlet segítségével a színínger különbséget ki lehet számítani s ez által meg lehet állapítani, hogy van-e szemmel látható változás a minták színében. A színínger különbségek érzékelhetőségére vonatkozó tartományokat az 6. táblázatban az adatok mellé tüntettem fel. Az 6. táblázatban piros színnel jelöltem azokat az értékeket, melyek magasak, tehát jelentős eltérésre, nagy különbségre engednek következtetni s ezek emberi szem számára is feltűnőek. A kontroll tortaszetelek esetében Krém1 színében a többihez képest enyhébb volt a változás, míg Piskóta1 esetében már jobban látható. A dúsított torta esetében erőteljes változásra lehetünk figyelmesek a számok alapján.

6. táblázat:  $\Delta E^*$  színkülönbségek eredménye (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)

Minta	0.nap/előtte és 24 óra	0.nap/előtte és 72 óra	24 és 72 óra	$\Delta E^*$	Különbség érzékelhetősége
Piskóta1	15,32	10,32	7,78	0,5-1,5	alig érzékelhető
Krém1	1,86	4,91	3,17	1,5-3,0	észrevehető
Piskóta2	31,58	47,30	20,31	3,0-6,0	jól látható
Krém2	44,57	58,34	17,01	6,0-12,0	nagy, feltűnő különbség

#### 4.5. Antioxidáns (redukáló) kapacitás meghatározásának eredményei

Mintáim antioxidáns/redukáló kapacitását liofilizálás előtt és után is vizsgáltam, hogy a fagyasztva szárítás hatására az antioxidánstartalom változása eme tekintetben nyomon követhető legyen. Az antioxidáns kapacitásnak változását vonal és oszlopdiagramok segítségével szemléltetem (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** és **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) a könnyebb értelmezhetőség érdekében. A FRAP módszer mérési eredményeit, a spektrofotométerrel (**Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**) mért abszorbancia értékeket, illetve a végső mg AS/g minta (=mg AAE/g) mértékegységben kifejezett FRAP értékeket a 7. táblázat, illetve a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.**

7. táblázat: Liofilizálás előtti antioxidáns/redukáló kapacitás (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)

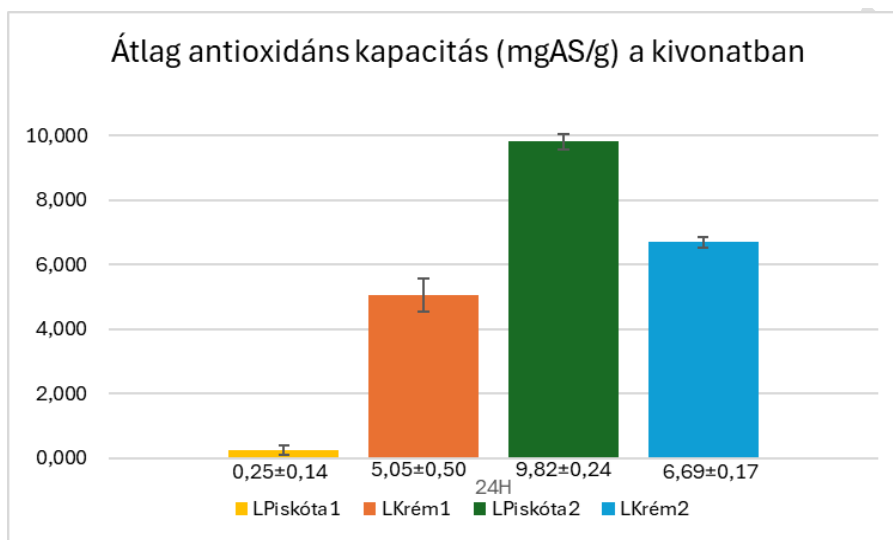
ELŐTTE								
Minta	Bemért (g)	Abszorbancia	Keresett cc. (mgAS/ml)	μmolAS/L	μmolAS/g	mgAS/g kivonatra nézve	minta szárazanyag tartalma (%)	mg AS/g szárazanyag
Piskóta1	0,1603	1,801	0,8405	4772,5	44,7	7,87	61,81	12,725
		1,801	0,8405	4772,5	44,7	7,87		12,725
		2,001	0,9347	5307,0	49,7	8,75		14,150
Krém1	0,1456	0,439	0,1994	1132,4	11,7	2,05	84,03	2,445
		0,428	0,1943	1103,0	11,4	2,00		2,382
		0,421	0,1910	1084,3	11,2	1,97		2,341
Piskóta2	0,1514	2,072	0,9681	5496,7	56,6	9,59	76,64	12,515
		2,186	1,0217	5801,4	57,5	10,12		13,208
		2,305	1,0778	6119,5	60,6	10,68		13,933
Krém2	0,1609	0,624	0,2865	1626,8	15,2	2,67	55,04	4,853
		0,645	0,2964	1682,9	15,7	2,76		5,020
		0,669	0,3077	1747,1	16,3	2,87		5,212

táblázatok tartalmazzák.

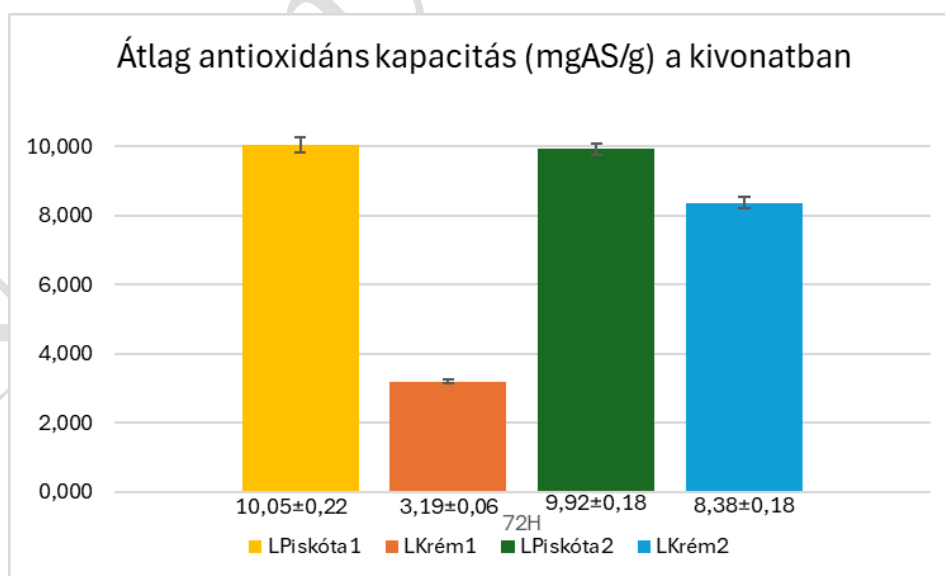
A FRAP értékeket mg AS/g mintakivonatra fejeztem ki, majd a nedvességtartalom mérését követően mintáim szárazanyagtartalmának ismeretében meghatároztam a mg AS/g szárazanyag mértékegységben az antioxidáns/redukáló kapacitást. Tehát például az első sorban Piskóta1 minta esetén a kalibrációs egyenlet ( $y=2,1245x+0,0153$ ) segítségével meghatároztam az antioxidáns koncentrációt mg/ml aszkorbinsav egységben (0,8405 mg AS/ml), majd a kivonat vagy extraktum teljes térfogatát (1,5 ml) és a bemért minta tömegét figyelembe véve kiszámoltam a mintára vetített antioxidáns kapacitást mg AS/g egységben kifejezve (pl.: 7,87 mg AS/g). A kapott mg AS/g értékeket a nedvességtartalom mérése során kapott eredményekből kiszámított szárazanyagtartalomra nézve is meghatároztam: megszoroztam a kivonatra vonatkozó antioxidáns kapacitás értéket a százalékos szárazanyagtartalommal. A kiindulási állapotunkról a 7. táblázat alapján elmondhatjuk, hogy mintáim antioxidáns kapacitása a liofilizálás előtt 2-11 mg AS/g közt mozgott, míg az első 24 órás próba fagyasztva szárítás értékei 0-10 mg AS/g közti ingadozást mutattak (17. ábra), illetve a sikeres 72 óra hosszú liofilizálás eredményei 3-10 mg AS/g közt változtak (18. ábra). Ezen értékek

vizualizálásához a 18. és 19. számú mellékletek adataiból átlagolt antioxidáns kapacitásokat szemléltető diagramokat készítettem (17. és 18. ábrát) méréseim szórás értékeivel. Szakirodalmakban hasonló értékeket csekély mértékben, s összehasonlításához nem megfelelő formában találtam csak. Úgy gondolom antioxidáns kapacításra kapott értékeim elfogadhatónak minősülnek s a funkcionális süteményekre jellemző tartományba eshetnek. Mindkét torta krémjében alacsonyabb antioxidáns/redukáló tartalomra figyelhetünk fel, de Krém1 minta esetében voltak a legalacsonyabbak ezen értékek (7. táblázat). 24 óra próba liofilizálást követően Piskóta1 (17. ábra), majd 72 óra liofilizálást követően szintén Krém1

17. ábra: Átlag antioxidáns kapacitás 24h liofilizálás szórással (Forrás: Saját munka, 2025)



18. ábra: Átlag antioxidáns kapacitás 72h liofilizálás szórással (Forrás: Saját munka, 2025)

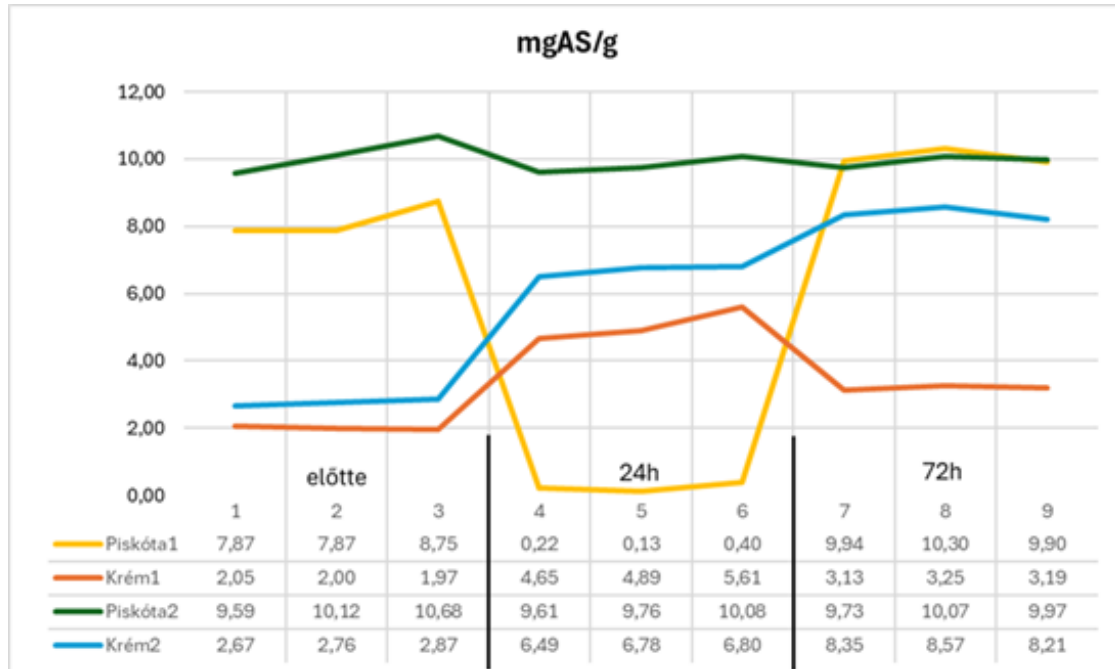


értékei lettek a legalacsonyabbak (18. ábra).

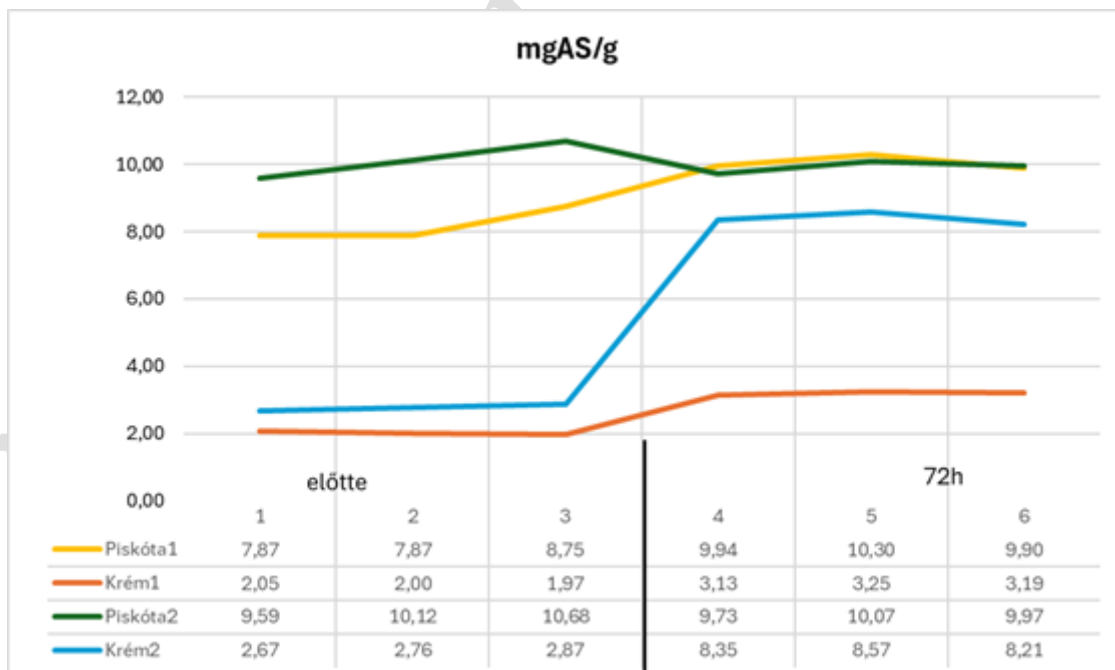
Fontos megjegyezni az antioxidáns kapacitás meghatározásán nem azonos napon történt, mint ahogy a mintákat kivettem a fagyasztva szárítóból, az átmenti tárolás fagyasztóban történt.

Az antioxidáns kapacitás változását láthatjuk a 19. ábrán és ami egyből szembetűnő, hogy a 24 órás próba fagyasztást követően a piskótákban antioxidáns kapacitás csökkenés következett be. Különösen Piskóta1 esetében lehetünk figyelmesek drasztikus változásra, amely esetleges

20. ábra: Antioxidáns kapacitás változása liofilizálás hatására (Forrás: Saját készítés, 2025)



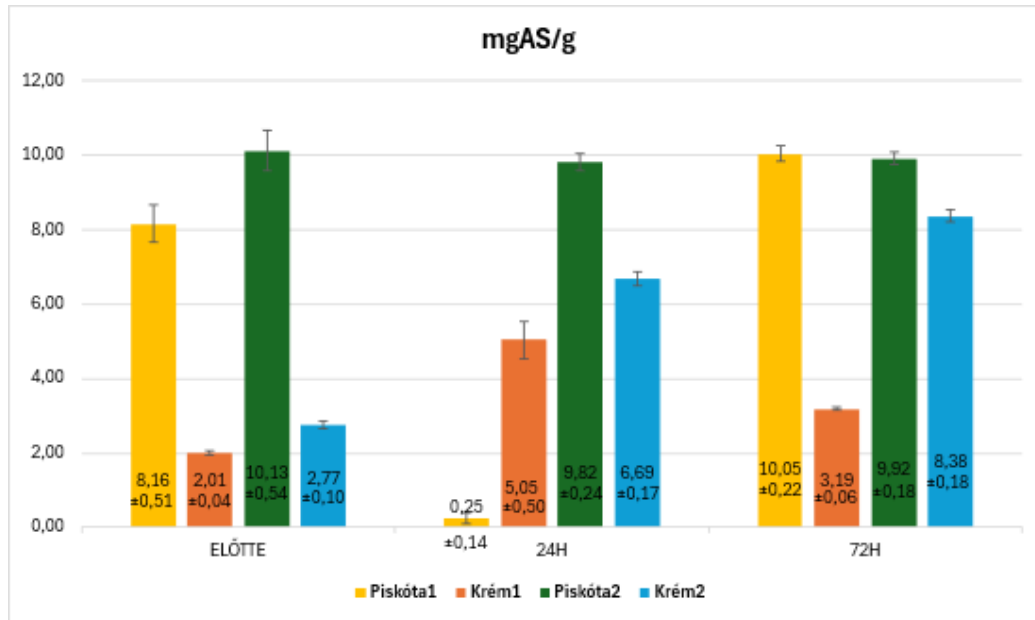
19. ábra: Antioxidáns kapacitás változása 72 óra liofilizálás hatására (Forrás: Saját munka, 2025)



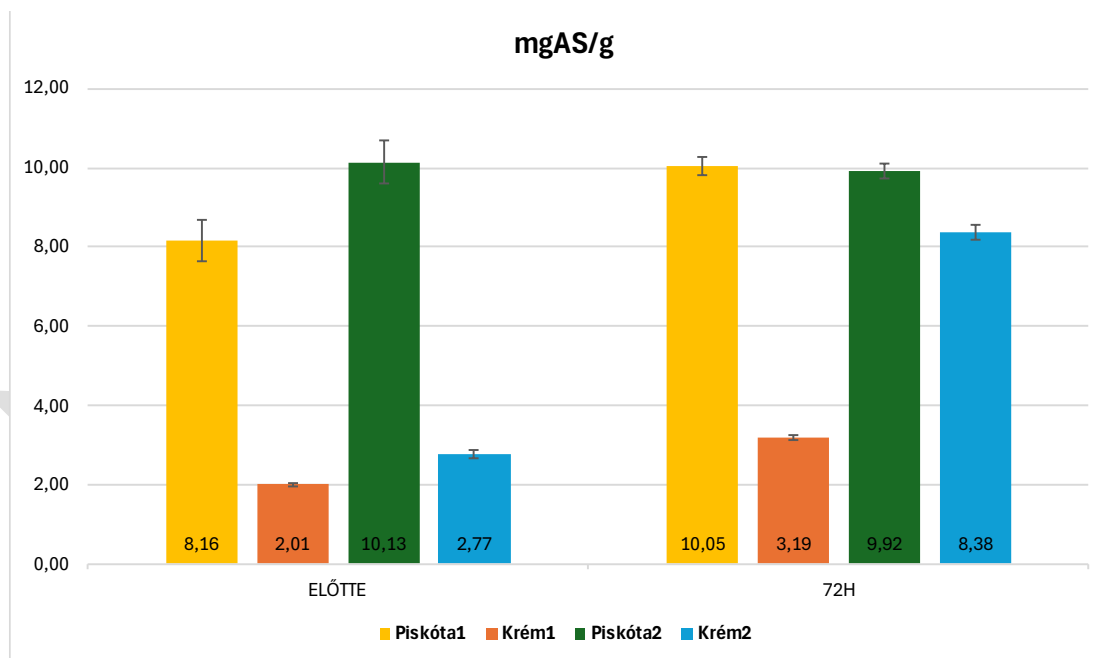
mérési hibára, pontatlanságra vagy az átmeneti tárolás során bekövetkezett változásra enged következtetni (oxidáció, nedvességvesztés, reakciók az összetevők közt stb.).

Azonban ha a diagramon (19. ábra) csak az előtte, kiindulási és a 72 óra utáni antioxidáns kapacitás értékek lennének feltüntetve (úgy mint a 20. ábrán), akkor időben, liofilizálás hatására szinte már csak növekedést mutatnának a minták antioxidáns kapacitásában. A 19. és 20. ábrán egyedül csak Piskóta2 értékei esetén nem figyelhető meg ugyanez a növekedés, értékei nagyon közeliiek egymáshoz.

22. ábra: Antioxidáns kapacitás változása liofilizálás hatására (Forrás: Saját készítés, 2025)



21. ábra: Antioxidáns kapacitás változása 72 órás liofilizálás hatására szórásokkal (Forrás: Saját munka, 2025)



Az oszlopdiaagramon (20. ábra) a szórásokat is jelöltem, ez alapján is látszik, hogy a méréseim mennyire térnek el az átlagtól. A szórás értékeim Piskóta1 és Krém1 minták esetében a legnagyobb, ez arra utalhat, hogy méréseim mennyire voltak pontosak. Mivel a szórásaim

értéke egy alatt van valószínűleg méréseim nem voltak nagyon pontatlanak. Azonban, amennyiben a diagramról (21. ábra) a 24 órás liofilizálás értékeit kiveszem (látható a 22. ábrán), akkor az adatok szórása változik például Krém1 minta esetében jelentősen kisebb lesz (átlagos szórása a 24 órás értékeket figyelembe véve 0,20, míg, ha a 24 órás értékeket nem vesszük figyelembe 0,05), ez látható is a 22. ábrán (szórás értékek változása ez esetben Piskóta1 szórása nő:  $0,29 < 0,36$ ; Krém1  $0,20 > 0,05$ ; Piskóta2  $0,32 < 0,36$ , Krém2  $0,15 > 0,14$ ). A 72 órás liofilizálást követően a 21. ábrát nézve minden minta (kivételem Piskóta2) szignifikánsan magasabb antioxidáns tartalmat mutatnak a kiindulási állapothoz képest (előtte állapot), s a diagramon a szórások már kisebbek. Krém2 minta esetében mind a két diagramon növekedést figyelhetünk meg antioxidáns kapacitásban. A dúsított torta krémjében citromlé (50%), friss áfonya és acai por került felhasználásra, melyek antioxidánsokban pl.: polifenolokban gazdagok. Adataim további értelmezéséhez ANOVA (Analysis of Variance) elemzést is készítettem. A mérések értékeléséhez kéttényezős varianciaanalízist futtattam le Excelben, mivel minden mintából három párhuzamos mérést végeztem (3 ismétlés állt rendelkezésre), az analízis során két független változót vizsgáltam: az időpontot (liofilizálás előtt, 24h és 72 óra liofilizálás), illetve a minták típusát (Piskóta1, Krém1, Piskóta2 és Krém2). Az analízis lehetővé tette számomra, hogy statisztikailag kielemezzem és értékeljem az adataimat, valamint, hogy a szórásokon kívül még egy statisztikai elemzéssel is megvizsgáljam méréseim megbízhatóságát. Az elemzésekhez elkészített adattáblázatokat és a részletesebb analízist a mellékletekben csatoltam (19., 20., 21. és 22. számú mellékletek). Az ANOVA eredményeit a 8. és 9. táblázat tartalmazza, mivel az analízist lefuttattam először mind a három időpontra, majd lefuttattam csak a kiindulási és a 72 órás sikeres liofilizálást követő állapotok összehasonlítására. A mintatípusok közti átlagos különbség jelentős a kapott F és p értékek alapján. Az analízist  $\alpha=0,05$  értékkel végeztem és így az F-értéke  $\approx 759$  lett, a p-értékem pedig  $6,68 \cdot 10^{-24}$ . Ez azt jelenti, hogy az eredmény nagyon szignifikáns hisz F érték  $> F$  kritikustól ( $\approx 3,01$ ) nagy mértékben eltér, illetve p-érték  $< 0,05$ ; de még  $p < 0,01$  is igaz. Szintén ugyanez az eredmény mondható el az időpontok közti különbségről is:  $F \approx 244 > F$  kritikus  $\approx 3,40$ ; p-érték  $= 1,14 \cdot 10^{-16}$ . A kölcsönhatásokból pedig kiolvashatjuk, hogy a minta antioxidáns kapacitása függ a liofilizálás hatásától és fordítva a minta típusa (összetétele) befolyásolja a liofilizálás hosszát, hatását, a bekövetkező változásokat (a liofilizálás hossza, hatása függ a mintától). A diagramok, szórás értékek és az ANOVA elemzés is egyértelműen nagy különbségeket mutatott az eredményeimben, így a méréseim megbízhatósága mérési hibákra, eljárás közbeni hibákra enged következtetni. Azonban mindkét összehasonlítás esetén kapott hiba értékek (2,07 és 1,36) viszonylag alacsonyak lettek, így az ismétlések (mintánként 3 párhuzamos mérések)

közi különbség, a szórás kicsi (ezt a 18 és 19. ábra is bizonyítja). Ez alapján az adataim megbízhatónak tekinthetők. Összességében a dúsított torta jól mutatja a várt magasabb antioxidáns kapacitást a kontroll tortához képest, illetve mérsékelt negatív korrelációt figyelhetünk meg a nedvességtartalom csökkenése és az antioxidáns tartalom növekedésével (koncentrálódik a tartalom) kapcsolatban: a [7. táblázat](#): Liofilizálás előtti antioxidáns/redukáló kapacitás (Forrás: Saját szerkesztés, 2025) és [18. ábra](#): adatait elemezve Piskóta2 minta adatai közel azonosak, azonban a többi 72 órát liofilizált mintáról elmondható, hogy nedvességtartalmuk csökkenésével párhuzamosan a fagyasztva szárítás hatására antioxidáns kapacitásuk növekedett.

8. táblázat: Kéttényezős ANOVA eredményei – 0 és 72h liofilizálás összehasonlítása

VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Minta	196,3111	3	65,43702	758,669	6,68E-24	3,008787
Oszlopok (időpont)	42,05557	2	21,02778	243,7936	1,14E-16	3,402826
Kölcsönhatás (minta*idő)	184,0025	6	30,66708	355,5504	3,2E-22	2,508189
Hiba	2,070058	24	0,086252			
Összesen	424,4391	35				

9. táblázat: Kéttényezős ANOVA eredményei – 0h,24h,72h (Forrás: Saját készítés, 2025)

VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Minta	209,1859	3	69,72862	819,1889	1,02E-17	3,238872
Oszlopok (állapot, időpont)	26,94768	1	26,94768	316,5879	5,76E-12	4,493998
Kölcsönhatás (minta*időpont)	27,78438	3	9,261461	108,8059	7,43E-11	3,238872
Hiba	1,361906	16	0,085119			
Összesen	265,2798	23				

#### 4.6. Állományvizsgálatok eredményei

Az állománymerést az Anyagok és módszerekben leírtaknak megfelelően késses vágóval (Knife Edge, 1 mm vastagságú vágófej) TA-XT Plus berendezés segítségével végeztem. A szilárdságot az erő-idő alatti terület jellemzi (kg\*sec adja meg). A mérés során ahogy a mérőfej (penge) lefelé halad s belevág a mintába az erő növekedni kezd (amint eléri a mintát), s minél nagyobb az erő értéke, annál szilárdabb/keményebb az adott minta. A szilárdság egy olyan paraméter, amely idővel a tárolás alatt vagy épp egy kezelési eljárás következtében (fagyasztva szárítás hatására) megváltozik. A friss minták megvágásához általában kevesebb erő szükséges és ez az én eredményeimben is szépen látszik. Állításom, hogy a liofilizálás hatására nő a szilárdság, keményebb lesz a tortaszélet. Az elemzés során az állománymérés során kapott eredményeim közül a kiindulási állapot és a 72 órás liofilizálás mérési eredményeit vettem össze. A keménységre, szilárdságra kapott eredményeket oszlopdiagramokban (23. és 24. ábra) ábrázoltam, majd az átlagokat is feltüntettem egy másodlagos tengely segítségével. Az

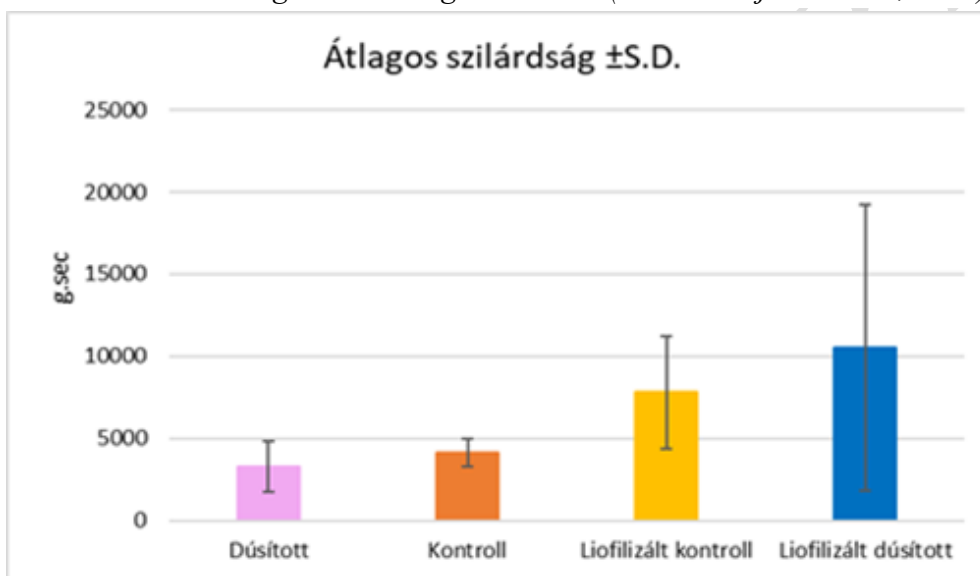
összehasonlító diagram (23. ábra) szerint az átlagos értékeket megfigyelve a liofilizált dúsított tortaszletek szilárdsága lett a legnagyobb 10 527 g\*sec, ugyan meg kell említeni, hogy a liofilizált dúsított minták esetében láthatjuk a szórás mértékét legnagyobbnak (24. ábra), így a minta viselkedése nem volt teljesen egyenletes a vizsgálat során. Ezt követik a liofilizált kontroll Eszterházy jellegű tortaszletek 7808 g\*sec szilárdsággal. A leegyenletesebb viselkedést, a legkisebb szórásértékeket és a 10. táblázatban látható legalacsonyabb C.V. % variációs együtthatót a liofilizálás előtti kontroll Eszterházy jellegű minták esetében tapasztalhattuk (23.; 24. ábra és 10. táblázat). A tortamintákra ható átlagerőt a mérés során vonaldiagramban ábrázoltam az idő függvényében (25. ábra), melyet a jól látható görbe érdekében másodlagos tengellyel láttam el, hisz a kontroll torta görbéje szinte egybe esne a liofilizált kontroll tortáéval, mivel értékeik nagyon közeliak lettek.) Ahogy az összes diagram, úgy a 25. ábra is az jelzi, hogy a liofilizált dúsított torta szilárdsága volt a legmagasabb, míg a többi minták kevésbé voltak ennyire ellenállóak (ez nem probléma, mert sokaknak ez a keménység a fogyasztói vélemények szerint sok volt). Összességében elmondható tehát, hogy liofilizálás előtt a dúsított torta stabil és jól vágható (az ő szilárdsága volt a legkisebb), míg ehhez képest a kontroll torta már kicsivel (nem sokkal) keményebb és nehezebben vághatóbb volt, azonban az igazi különbséget a liofilizálást követően tapasztaltuk a víz eltávozása hatására a tortaszletek szerkezete tömörebbé és keményebbé (illetve törékenyebbé is) vált.

23. ábra: Tortaszletek szilárdsága összesített oszlopdiaagram (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)

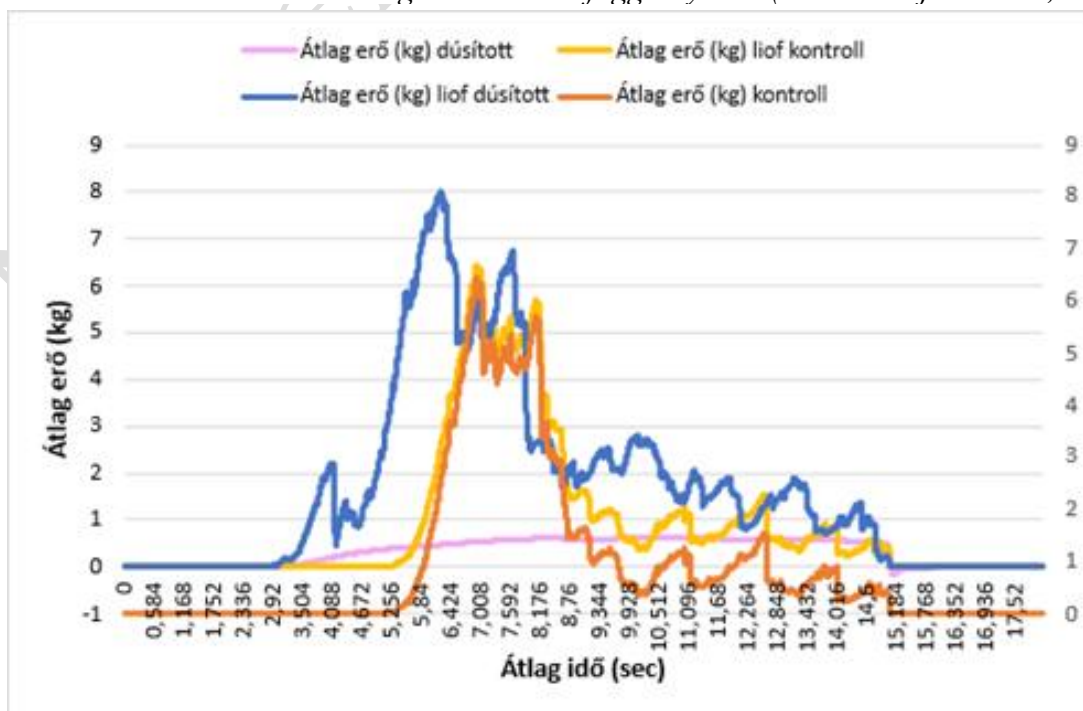


Legvégül tortamintáim szilárdság értékeinek eloszlását bokszt plot diagram (26. ábra) elkészítésével szemléltetem, melyhez az adatokat a [Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#) tartalmazza. A medián értékeket a dobozdiagram dobozainak közepén találhatjuk, míg a dobozok szélei a felső és alsó kvartilisket, az úgynevezett bajuszok pedig a minimum, illetve maximum értékeket mutatják, az X jel az átlagos szilárdsága az adott mintának. Szembetűnő, hogy a diagramon (26. ábra) egy kiugró adat van a liofilizált dúsított minta esetében, ami jelentősen eltér a tartományban lévő értékektől. Erről a mintáról megállapítható, hogy a legnagyobb mediánnal és a legszélesebb interkvartilis tartománnyal rendelkezik, s nagyfokú szóródás (szórás) figyelhető meg.

24. ábra: Tortaminták átlagos szilárdsága szórással (Forrás: Saját készítés, 2025)



25. ábra: Tortamintákra ható átlagos erő az idő függvényében (Forrás: Saját munka, 2025)



10. táblázat: Szilárdság eredmények összesítése (Forrás: Saiát munka. 2025)

Minta	Mérés időpontja	Liofilizálás időtartama	Átlag (g*sec)	Átlag (kg*s)	Szórás (kg*s)	C.V. (%)
Dúsított	2025.06.19	0 óra	3264,61	3,2646	1,53	46,80
Kontroll	2025.06.19	0 óra	4153,04	4,1530	0,84	20,13
Liofilizált kontroll	2025.11.03	72 óra	7808,31	7,8083	3,42	43,84
Liofilizált dúsított	2025.11.03	72 óra	10526,77	10,5268	8,70	82,61

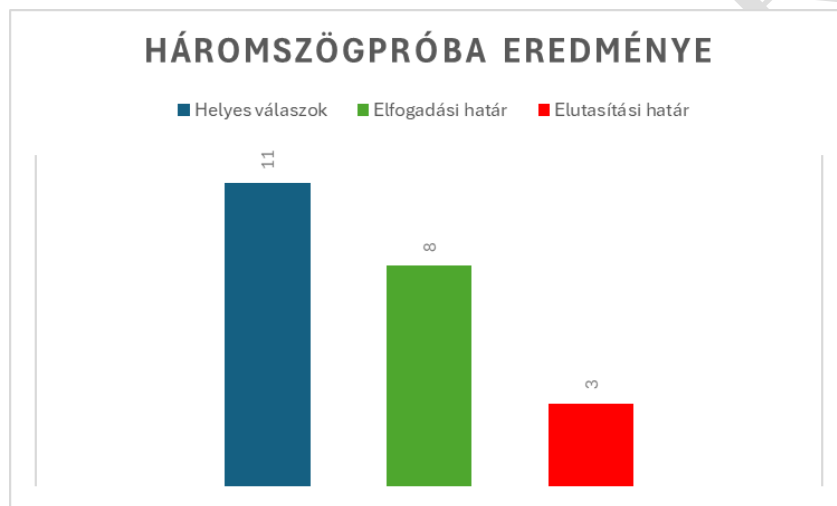
#### 4.7. Érzékszervi bírálat eredményei

Az érzékszervi minősítést egy tizenkét fős bírálói csoporttal végeztem el, akik közül a csoport egyik fele a kontroll Eszterházy tortát és annak liofilizált változatát, míg a másik fele az antioxidánsokkal (acai por, fekete ribizli, áfonya, dió, fahéj) dúsított Eszterházy jellegű tortát és liofilizált verzióját különböztették meg háromszög próba keretén belül, illetve értékelték 1-5 -ig terjedő skálán pontozva az általam összeállított tizenöt szempont szerint az eléjük helyezett kóddal ellátott mintákat. Az 1-es érték a gyenge, semleges, nem kedvelt jelzöt jelentette vagy azt jelezte, hogy az adott mintára nem jellemző az adott szempont, míg a 10-es az intenzív, kedvelt jelzöt jelenti. A bírálat során a nemek aránya nem volt megegyező, a válaszadók 75% -a nő, míg 25% -a férfi volt. A bírálók átlag életkora 21,5 év volt és a bírálók semmilyen allergiával nem rendelkeztek. A háromszög próba értékeléshez a szabvány a grafikus és binomiális tétel alkalmazását javasolja. A binomiális tétel akkor alkalmazható, ha az esetek kimenetele kétesélyes, az esetek egymástól függetlenek és az eredmény valószínűsége az egész kísérlet alatt állandó (Agrárminisztérium és Nemzeti Agrárgazdasági Kamara: Dr. Kókai és Dr. Sipos, 2020). Ezek alapján a háromszögpróba statisztikai kiértékeléséhez a binominális tételt alkalmaztam, n számú bírálóval ( $n=12$ ),  $\alpha=0,05$  szignifikanciahatárral és a p paramétert  $1/3$  -nak, azaz 33,3% -nak vettem, mert a három minta közül ennyi az esélye, hogy a bírálók a megfelelőt vagy a helytelent választják. A p érték szolgált alapul az elfogadási és elutasítási határértékek kiszámításához a binominális tételen alapulva. A binominális eloszlás segítségével meghatározott p- értékek: az elfogadási határ  $p=0,018$  (8 helyes válasz a 12 bírálóból), mely jelzi, hogy az eltérés szignifikáns ( $p<\alpha$ ), míg az elutasítási határ  $p=0,39$  (3 helyes válasz a 12 bírálóból), s ez azt jelenti, hogy a különbség érzékelhetősége nem bizonyítható statisztikailag (nincs szignifikáns eltérés). A jobb áttekinthetőség érdekében oszlopdiagramokban (27. és 28. ábra) és profildiagramban (pókháló ábrában) ábrázoltam a kapott eredményeket (29. ábra). 12 bírálóból 11 bíráló válaszolt helyesen, ami kerekítve 92% -os helyes válaszadást jelent. A válaszadóknak azt is meg kellett válaszolnia miben tért el az az egy minta, amelyet eltérőnek választottak. A legtöbb esetben az eltérő állományt írták körül, néhol az állag és textúra mellett ízbeli eltérést is tapasztaltak (ezen válaszokat a [Hiba! A hivatkozási forrás nem található.](#) tartalmazza). A diagramok és az eredmények alapján a

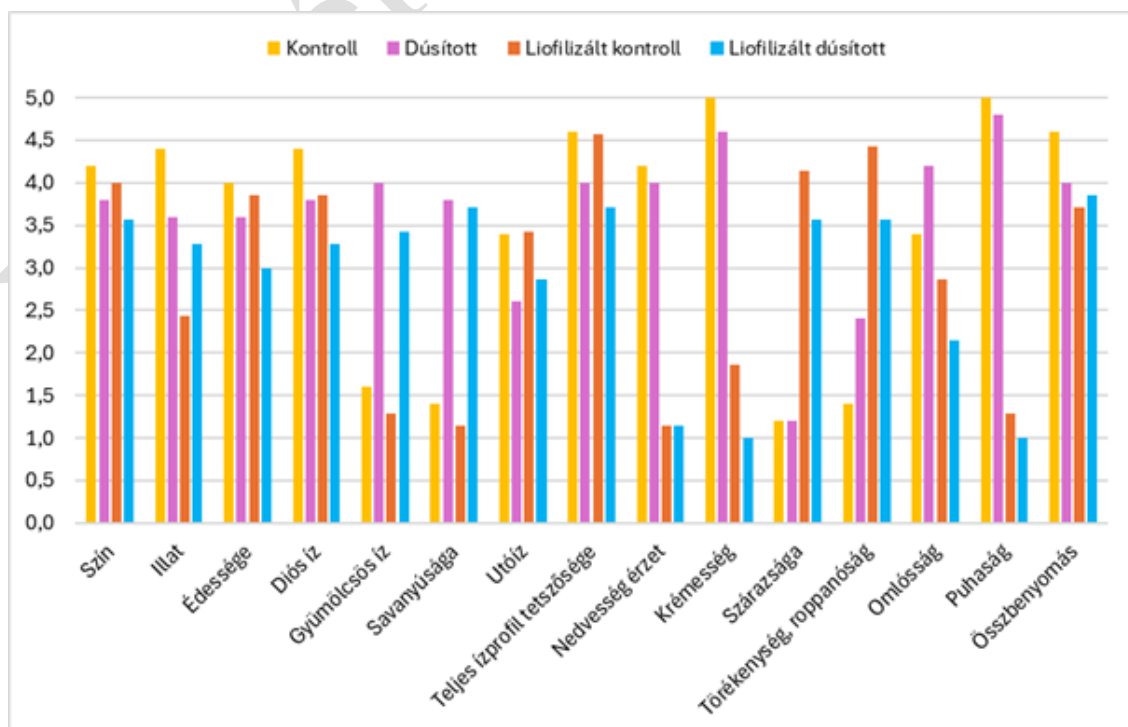
mintákra adott pontszámok súlyozása nélkül a **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** adatai alapján a kontroll Eszterházy jellegű torta volt a legkedveltebb. Ez a minta kapta a legtöbb szempont alapján kiemelkedett, s a legtöbb esetben magas 4-5 közti átlagolt értéket kapott. Első helyet kapott színe, illata, édessége, diós íze, krémessége, puhasága kapcsán, emellett nedvességérzet, összbenyomás és teljes ízprofil esetében is (holt versenyben a liofilizált verziójával 4,6). Összességében a kontroll torta nyerte el a fogyasztók tetszését leginkább, aztán ezt követi a dúsított minta, majd a liofilizált minták, melyek minden szempontból alacsonyabb értékelést kaptak pl.: szín, illat és íz terén. A kedveltségi sorrend tehát kontroll>dúsított>liofilizált kontroll>liofilizált dúsított (egyes paramétereimben jobb értékelést

*26. ábra: Háromszögpróba válaszai (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)*

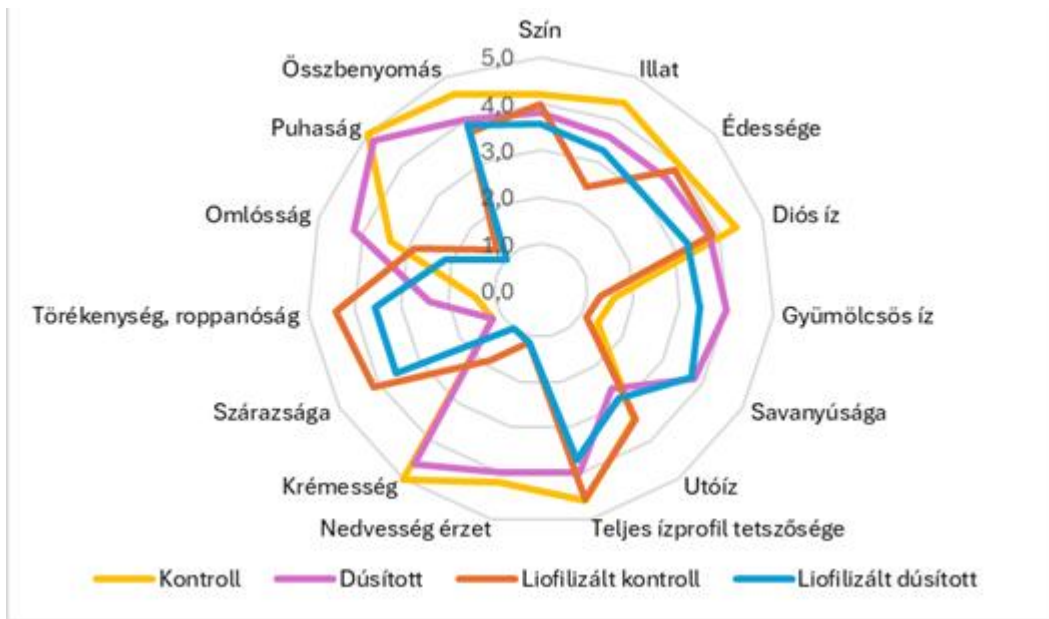
kapott, mint a liofilizált kontroll minta, de összességében értékei a legalacsonyabbnak tekinthetők).



27. ábra: 15 szempontos érzékszervi bírálat eredményei (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)



28. ábra: 15 szempontos érzékszervi bírálat profildiagramja (Forrás: Saját szerkesztés, 2025)



## 5. Következtetések és javaslatok

Ebben a fejezetben a vizsgálati eredményeim alapján vélt következtetéseket taglalom, valamint javaslatokat fogalmazok meg a jövőbeni kutatások és azok gyakorlati alkalmazására vonatkozóan. Kísérleteim összegzése lehetővé teszi és hozzájárul a liofilizálás során tapasztalható folyamatok mélyebb megértéséhez, értelmezéséhez. Megalapozza a krémtöltelékes torták, s antioxidánsokkal dúsított krémtöltelékes torta jellegű élelmiszerek fagyasztva szárítási technológiájára jellemző paramétereinek optimalizálására vonatkozó problémák kidolgozását. Kapott eredményeim nemcsak tudományos szempontból lehetnek relevánsak, hanem olyan következtetések levonását és megfogalmazását teheti lehetővé, amely az élelmiszeripar gyakorlati alkalmazásai terén is jelentőséggel bírhatnak. Dolgozatomban zsírkrémek, krémtöltelékes torták fagyasztva szárítási lehetőségeit vizsgáltam. Eszterházy jellegű tortákat készítettem, melyhez továbbiakban javaslatom lenne, hogy mivel az Eszterházy torta egy jellegzetes osztrák-magyar édesség és előírások vonatkoznak összetételére, illetve elkészítésére (Magyar Élelmiszerkönyv), így a liofilizálás hatásainak tényleges értékeléséhez egy újabb kontroll minta elkészítése releváns lehet. Fontos észrevétel, hogy a minták készítésekor 16 g lisztet, második elkészítésnél 1,5 g étkezési keményítőt adtam sűrítőanyagként a torták krémjéhez, amely nem lett megfelelően homogenizálva, így a krémben való használata nem javasolt, s a liofilizált mintákon az összetapadt keményítőcsomók látszanak (10. és 11. ábra). Legnagyobb tömegvesztést antioxidánsokkal dúsított mintáim mutattak (átlagosan 36,88%-os tömegvesztés volt megfigyelhető), mely annak köszönhető, hogy nedvességtartalmuk is magasabbnak bizonyult (több vizet vesztek: 9% -os nedvességtartalom csökkenés, 43% -os szárazanyagtartalom koncentráció). A nedvességtartalom, tömegvesztés detektálása és pontos meghatározása kulcsfontosságú a fagyasztva szárítás értékelésében. Ezek mellett a térfogatváltozás monitorozása javasolt a liofilizálási paraméterek optimalizálásához. Antioxidánsokkal dúsított mintáim megfelelő fagyasztva szárításához hosszabb és intenzívebb szárítás ciklus lehet indokolt (72 óra hosszú liofilizálás bizonyult megfelelőnek), mely magas költségeket vonhat maga után. Egy rövidebb időtartamú liofilizálás alacsonyabb nedvességtartalmú élelmiszereknél lehet hatékony. Érdekes lehet még több fagyasztva szárítási időtartamot összehasonlítani. CIE Lab\* színmérés által mintáimban jelentős sötétedést figyelhettünk meg. A világossági tényező legnagyobb mértékben a dúsított minta piskótájának sötétedésében mutatkozott meg (78,23 -ról 40,03 -ra

sötétedett  $L^*$  értéke). Az  $a^*$  értékét tekintve a dúsított minták (krémje és piskótája is) erősen vörösödött (Krém2 vörössége 0,23 -ról 21,72-re nőtt, míg Piskóta2 2,68 -ról 24,37 -re), melynek oka pigment anyagok koncentrációja (antociánok), viselkedése, a kontroll piskótaminták vörössége csökkent egyedül. A  $b^*$  tekintetében szintén jelentős változást mutattak dúsított mintáim kék irányba nőttek (negatív irányba), krém2 (-11,73 -ról -22,52 -re) és piskóta2 esetében volt mérhető a legnegatívabb, legkékebb érték: -22,70 (amennyiben a 24 órás liofilizálást nem vesszük figyelembe). A vörösebb és kékebb színezettség kialakulásának hátterében az antociánok koncentrációja állhat, melyek színe pH függő, így a pH vizsgálata indokolt lehet. Az antioxidáns kapacitás meghatározásra kapott eredményeimből azt tudtam kiolvasni, hogy a fagyasztva szárítás nem csak a termék eltarthatósági idejét növeli (tartósítja), hanem a benne lévő bioaktív komponenseket (antioxidánsokat) koncentrálni, tehát a termék funkcionalitását növeli. Legmagasabb antioxidáns kapacitása a liofilizált kontroll mintámnak volt (10,05 mg AS/g), de a liofilizált dúsított mintám szinte stabilan tartotta liofilizálás előtti 10 mg AS/g antioxidáns kapacitás értékét, mely közelíti a kontroll minta értékéhez. A FRAP módszer nem elég arra, hogy az antioxidáns tartalmat teljes egészében lássuk. Ez a módszer a vasredukáló antioxidáns tartalmat képes kimutatni pl.: a zsírolható vagy egyéb a vasat nem redukáló vegyületeket, mint a karotinoidokat nem képes detektálni. Ezen okból érdemesnek tartom további vizsgálatok elvégzését például CUPRAC, TPC, DPPH, ORAC módszerek eredményeinek összehasonlítását az antioxidáns tartalom részletesebb feltérképezéséhez. Az antioxidáns tartalom optimalizálására RSM (Response Surface Methodology=Válaszfelület-módszer) diagnosztika készítését. Állománymérési eredményeim alapján a liofilizált antioxidánsokkal dúsított mintáim mutatták a legnagyobb keménységet (10 527 g\*sec), mely a liofilizálás magas hatékonyságának, a magas, koncentrált szárazanyagtartalomnak köszönhető. Az állományérés és a fogyasztói visszajelzések összevetése alapján a liofilizált dúsított minták jobbnak minősültek. Magas szilárdságuk ellenére laikus fogyasztók szerint kevésbé voltak szárazak, roppanósak és törékenyek, mint a kontroll társaik. Ez kissé ellentmondásos, de valóban a liofilizált kontroll torták állományát fogyasztói szemmel keményebbnek, szárazabbnak, ropogósabbnak, kekszszerűszerűnek lehetett vélni, s nehezebben is törtek. További visszajelzések alapján egyeseknek túl savanyú volt a dúsított torta (mind a friss mind a liofilizált), s volt, aki azt állította a gyümölcsösség nem annyira passzol a dióhoz (ezt akár másik olajos maggal ki lehetne váltani és kísérletezni). Mások szerint pont a savanyúsága miatt voltak nagyok jók ezek a funkcionális terméknek fejlesztett tortaminták. Fogyasztói preferenciák alapján el tudom képzelni a dúsított torta krémjét a kontroll torta piskótájával vagy fordítva párosítjuk és mintáinkat úgy vetjük alá azonos vizsgálatoknak. A fogyasztók

legkedveltebbje a kontroll Eszterházy jellegű torta volt, melynek liofilizált verziója kekszszerű lett törékeny, elég kemény, ropogós és száraz, azonban krémje omlós és gyorsan rehidratálódó (a liofilizált dúsított krémjére még inkább jellemzőek). A liofilizált termékek összetételén és a fagyasztva szárítási technológiáján van még mit fejleszteni, s a kutatásokat tovább folytatni. Pozitívnak vélem, hogy a liofilizálást követően a minták jellemző íz -és illatprofilja jól visszaérződött, így az eljárás hatékonyan megőrizte a minták íz – és aromaanyagait. Az érzékszervi tulajdonságok minél jobb megőrzése érdekében is fontos a technológiai paraméterek optimalizálása. Dolgozatom elején megfogalmazott állításaimra reflektálva az antioxidánsok hozzáadása növeli a termék antioxidáns kapacitását, a zsírkrem oxidatív stabilitását, így hosszabb ideig megőrzi minőségét hőkezelés és liofilizálás után is. Az eredményeim alapján a funkcionális komponenseket tartalmazó piskóták magasabb antioxidánsszintet, antioxidáns aktivitást mutattak a kontroll csoporthoz képest, így a termék eltarthatóságát is növelték, bár tárolási próbák szükségesek ennek bizonyítására. A liofilizált zsírkrem rehidratálhatósága függ a krém összetételétől és antioxidáns tartalmától, ezt bizonyítja, hogy a liofilizált dúsított minták krémje sokkal jobban rehidratálódott a kóstolás során, ennek mérése azonban indokolt például vízfelvétel sebességének mérésével. Zsíranyag-tartalom meghatározása indokolt lehet. Továbbá a feldolgozási lépések: sütés, főzés antioxidáns csökkentő hatását szükséges lenne detektálni. A citromlé hozzáadása növelheti az antioxidáns tartalmat, azonban szakirodalmilag is leírt, hogy stabilitása a fagyasztva szárítás során körülményes. Befolyásolhatja a főzött krém pH-ját, ami hatással lehet a krém állagra, ezért a pH érték optimalizálása szükséges lehet, s a kémhatás meghatározására további kísérletek elvégzése szükséges. Végül csomagolásként vákuumozható alumínium vagy egyéb társított aromazáró tasakokat javasolnék, azonban ezek hatékonyságára tárolási kísérletekre lenne szükség a jövőben. A tortaminták, antioxidánsokkal dúsított tortaszeletek liofilizálásának technológiai paramétereinek optimalizálásához további vizsgálatok és speciális termékre jellemző paraméterek meghatározása szükséges. Kontroll mintáimra kapott eredményeim iránymutatóként vagy ezen területem való kutatás esetén referenciaként szolgálhatnak.

## 6. Összefoglalás

Dolgozatomban a tortakrémek, illetve magas zsírtartalmú krémek fagyasztva szárítási lehetőségeit vizsgáltam. Kutatómunkám fő célja volt, hogy egy olyan funkcionális élelmiszert fejlesszek, amely kedvező beltartalmi értékekkel rendelkezik (magas antioxidáns kapacitás), illetve extrém körülmények között is biztonságosan és hosszán eltartható legyen. Az utóbbi kapcsán azonban még további kutatásra van szükség. A terméket kifejezetten úrhajósok számára terveztem, figyelembe véve az úrutazás során felmerülő táplálkozási, élettani és technológiai kihívásokat. Különlegessége, hogy a termék kis snack formájában tortaélményt nyújtó antioxidánsokban gazdag liofilizált finomság lenne (ami hozzájárul az úrhajósok napi antioxidáns szükségletük fedezéséhez). A liofilizálás korszerű megoldás lehet arra, hogy az élelmiszerek eltarthatósági idejének növelésével párhuzamosan a beltartalmi és érzékszervi jellemzőiket megőrizték akár 3-5 évig. Az ürélelmezésben ez kifejezetten fontos, hisz egy úrmiszió évekig is eltarthat, s sokszor az élelmiszerellátás korábban a küldetés előtt felkerül az űrbe. Ebben a tekintetben komoly technológiai előrehaladás és az ürélelmezésben kiemelt szerepet kapnak a liofilizált és antioxidánsokban gazdag élelmiszeripari termékek az emberi szervezetet érő fokozott oxidatív stressz következtében. Vizsgálataim arra irányultak, hogy meghatározzam, részletezzem és következtetéseket vonjak le a fagyasztva szárítás zsírkrémekre kifejtett hatásairól (miként befolyásolja a krémek fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságaikat), illetve élelmiszeripari alkalmazásra javaslatokat fogalmazzak meg a téma kapcsán. A kutatás során tömegmérést, nedvességtartalom meghatározást, színmérést, antioxidáns kapacitás meghatározását (FRAP Assay), állománymérést és érzékszervi bírálatot végeztem. Az eredmények alapján a 72 órás liofilizálás hatékonyan csökkenti a nedvességtartalmat (mintáim külön mért nedvességtartalma 1-4%, szárazanyagtartalma 96-99% -os volt liofilizálást követően). Az antioxidánsokkal dúsított minták esetében nagyobb tömegvesztés, intenzívebb színváltozás és magasabb antioxidáns kapacitás volt mérhető. A termék liofilizálásának technológiai paramétereinek optimalizálásához további vizsgálatok és speciális termékre jellemző paraméterek meghatározása szükséges. Kontroll mintáimra kapott eredményeim iránymutatóként, illetve ezen a területem való kutatás esetén referenciaként szolgálhatnak. Későbbiekben a termék további fejlesztése és esetleges validálása hozzájárulhat az ürélelmezés és a funkcionális édességek új generációjának kialakításához, azonban a részletesebb kutatáshoz több szakmai visszajelzésre van szükség.

## 7. Irodalomjegyzék

A Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/17-1 számú előírása a hagyományörző cukrászati termékekről, 2025. , 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet a Magyar Élelmiszerkönyv kötelező előírásairól.

Abad-García, B., Berrueta, L.A., López-Márquez, D.M., Crespo-Ferrer, I., Gallo, B., Vicente, F., 2007. Optimization and validation of a methodology based on solvent extraction and liquid chromatography for the simultaneous determination of several polyphenolic families in fruit juices. *J. Chromatogr. A*. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.03.023>

Agrárminisztérium, Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, 2020. Élelmiszeripari Kézikönyv 7 – Érzékszervi vizsgálatok.

Ahmed, Z., Marri, A., Shaikh, N., Irshad, A., Khan, A., Hidayat Ullah, Chaker Khan, Iftikhar Ahmed, 2024. Development and quality assessment of oat flour incorporated sponge cake. *NUST J. Nat. Sci.* 9, 8. <https://doi.org/10.53992/njns.v9i4.229>

Al Hasani, S., Al-Attabi, Z., Waly, M., Al-Habsi, N., Al-Subhi, L., Shafiqur Rahman, M., 2023. Polyphenol and Flavonoid Stability of Wild Blueberry (*Sideroxylon mascotense*) during Air- and Freeze-Drying and Storage Stability as a Function of Temperature. *Foods* 12, 871. <https://doi.org/10.3390/foods12040871>

Alemayehu, G.F., Forsido, S.F., Tola, Y.B., Amare, E., 2023. Nutritional and Phytochemical Composition and Associated Health Benefits of Oat (*Avena sativa*) Grains and Oat-Based Fermented Food Products. *Sci. World J.* 2023, 2730175. <https://doi.org/10.1155/2023/2730175>

Alemayehu, G.F., Forsido, S.F., Tola, Y.B., Teshager, M.A., Assegie, A.A., Amare, E., 2021. Proximate, mineral and anti-nutrient compositions of oat grains (*Avena sativa*) cultivated in Ethiopia: implications for nutrition and mineral bioavailability.

Allen, D. (2023): *Understanding the CIELAB (L\*a\*b\*) Scale*. UMF. URL <https://www.umfcorp.com/post/understanding-the-cielab-l-a-b-scale> (Letöltés: 2025.11.11.)

Amaral, J.S., Alves, M.R., Seabra, R.M., Oliveira, B.P.P., 2005. Vitamin E composition of walnuts (*Juglans regia* L.): a 3-year comparative study of different cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 53, 5467–5472. <https://doi.org/10.1021/jf050342u>

Amaral, J.S., Casal, S., Pereira, J.A., Seabra, R.M., Oliveira, B.P.P., 2003. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal. *J. Agric. Food Chem.* 51, 7698–7702. <https://doi.org/10.1021/jf030451d>

Andersen, A.J.C., Williams, P.N., 2016. *Margarine*. Elsevier.

Antal, T., 2014. Antal T. - A fagyasztás mint előkezelés hatása a szublimációs szárítás működési idejére és a végtermék minőségére. *LXVII Évfolyam* 3-11.

Antal, T., 2010. Gyümölcs- és zöldségszárítmányok minőségét befolyásoló technológiai jellemzők vizsgálata. *Debreceni Egyetem, Debrecen*.

Antonsen, E., – Bayuse, T. – Blue, R. – Daniels, V. – Hailey, M. – Hussey, S. – Kerstman, E. – Krihak, M. – Latorella, K. – Mindock, J. – Myers, J – Mulcahy, R. – Reed, R. – Reyes, D. –

Urbina, M. – Walton, M. (2017): *Risk of Adverse Health Outcomes and Decrements in Performance Due to In-flight Medical Conditions*. NTRS Author Affiliations: NASA Johnson Space Center, NTRS Report/Patent Number: JSC-CN-39542, NTRS Document ID: 20170004604NTRS Research Center: Johnson Space Center (JSC). URL Risk of Adverse Health Outcomes and Decrements in Performance Due to In-flight Medical Conditions - NASA Technical Reports Server (NTRS) (Letöltés: 2025.10.17.)

Apak, R., Güçlü, K., Demirata, B., Ozyürek, M., Celik, S.E., Bektaşoğlu, B., Berker, K.I., Ozyurt, D., 2007. Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. *Mol. Basel Switz.* 12, 1496–1547. <https://doi.org/10.3390/12071496>

Arcan, I., Yemenicioğlu, A., 2009. Antioxidant activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat. *J. Food Compos. Anal.* 22, 184–188. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.016>

Ashfaq, M.H., Siddique, A., Shahid, S., 2021. Antioxidant Activity of Cinnamon zeylanicum: (A Review). *Asian J. Pharm. Res.* 106–116. <https://doi.org/10.52711/2231-5691.2021.00021>

Astiz, V., Guardianelli, L.M., Salinas, M.V., Brites, C., Puppo, M.C., 2022. High  $\beta$ -Glucans Oats for Healthy Wheat Breads: Physicochemical Properties of Dough and Breads. *Foods* 12, 170. <https://doi.org/10.3390/foods12010170>

http7: *Astronaut Foods - Space Foundation*. URL [https://www.spacefoundation.org/space\\_certification\\_/astronaut-foods/](https://www.spacefoundation.org/space_certification_/astronaut-foods/) (Letöltés: 2025.10.19.)

Benzie, I.F.F., 2000. Evolution of antioxidant defence mechanisms. *Eur. J. Nutr.* 39, 53–61. <https://doi.org/10.1007/s003940070030>

Bermudez-Aguirre, D., Cooper, M.R., Douglas, G., Smith, S., 2016. Development and Provision of Functional Foods to Promote Health on Long-Duration Space Missions. Presented at the Human Research Program Investigators’ Workshop.

Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T., Ratti, C., 2020. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. *Foods* 9, 87. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>

http9: *BIO Acai por - GymBeam | GymBeam.hu*. URL <https://gymbeam.hu/bio-acai-por-gymbeam.html> (Letöltés: 2025.11.11.).

Blázovics A., 2009. A szabad gyököktől a táplálkozás tudományáig = From free radicals to science of nutrition. *Orv. Hetil.* 150, 53–63.

Bolling, B.W., Chen, C.-Y.O., McKay, D.L., Blumberg, J.B., 2011. Tree nut phytochemicals: composition, antioxidant capacity, bioactivity, impact factors. A systematic review of almonds, Brazils, cashews, hazelnuts, macadamias, pecans, pine nuts, pistachios and walnuts. *Nutr. Res. Rev.* 24, 244–275. <https://doi.org/10.1017/S095442241100014X>

Boots, A.W., Haenen, G.R.M.M., Bast, A., 2008. Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *Eur. J. Pharmacol.*, 100 Years of Pharmacology in The Netherlands 585, 325–337. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2008.03.008>

- Braakhuis, A.J., Somerville, V.X., Hurst, R.D., 2020. The effect of New Zealand blackcurrant on sport performance and related biomarkers: a systematic review and meta-analysis. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 17, 25. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00354-9>
- Bunea, A., Rugină, D., Sconța, Z., Pop, R.M., Pinte, A., Socaciu, C., Tăbăran, F., Grootaert, C., Struijs, K., VanCamp, J., 2013. Anthocyanin determination in blueberry extracts from various cultivars and their antiproliferative and apoptotic properties in B16-F10 metastatic murine melanoma cells. *Phytochemistry* 95, 436–444. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.06.018>
- Burke, L.M., Ross, M.L., Garvican-Lewis, L.A., Welvaert, M., Heikura, I.A., Forbes, S.G., Mirtschin, J.G., Cato, L.E., Strobel, N., Sharma, A.P., Hawley, J.A., 2017. Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *J. Physiol.* 595, 2785–2807. <https://doi.org/10.1113/JP273230>
- Bursal, E., Köksal, E., Gülçin, İ., Bilsel, G., Gören, A.C., 2013. Antioxidant activity and polyphenol content of cherry stem (*Cerasus avium* L.) determined by LC–MS/MS. *Food Res. Int.* 51, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.11.022>
- Çakmakçı, S., Topdaş, E.F., Kalın, P., Han, H., Şekerci, P., Köse, L., Gülçin, İ., 2015. Antioxidant capacity and functionality of oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) flour and crust in a new kind of fruity ice cream, in: *International Journal of Food Science & Technology*. pp. 472–481.
- Capanoglu, E., Feng, S., Janaswamy, S., 2024. Editorial: Functional foods: adding value to food. *Front. Nutr.* 11, 1466003. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1466003>
- Carocho, M., Ferreira, I.C.F.R., 2013. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food Chem. Toxicol. Int. J. Publ. Br. Ind. Biol. Res. Assoc.* 51, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.09.021>
- Charley, H., Weaver, C., 1998. *Foods : a scientific approach*. Upper Saddle River, N.J. : Merrill.
- http14: *CH.Europe Factory: Stephan UMC5 mixer*. URL <https://stephan-chef.fr/en/machine-stephan-umc5.html> (Letöltés: 2025.11.11.)
- Cholakova, D., Denkov, N., 2024. Polymorphic phase transitions in triglycerides and their mixtures studied by SAXS/WAXS techniques: In bulk and in emulsions. *Adv. Colloid Interface Sci.* 323, 103071. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2023.103071>
- Clemente-Villalba, J., Cerdá-Bernad, D., 2025. Functional Food as a Nutritional Countermeasure to Health Risks from Microgravity and Space Radiation in Long-Term Spaceflights: A Review. *Appl. Sci.* 15, 9220. <https://doi.org/10.3390/app15169220>
- Coisson, J.D., Travaglia, F., Piana, G., Capasso, M., Arlorio, M., 2005. *Euterpe oleracea* juice as a functional pigment for yogurt. *Food Res. Int., Third International Congress on Pigments in Food* 38, 893–897. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.03.009>
- Cooper, M.R., Bermudez-Aguirre, L.D., Douglas, G., 2015. *Functional Foods Baseline and Requirements Analysis*.

CORDIS European Commission, 2011. Development of functional food products for space use | FP6 [WWW Document]. CORDIS Eur. Comm. URL <https://cordis.europa.eu/project/id/6676/reporting> (accessed 10.15.25).

Coşkun, N., Sarıtaş, S., Jaouhari, Y., Bordiga, M., Karav, S., 2024. The Impact of Freeze Drying on Bioactivity and Physical Properties of Food Products. *Appl. Sci.* 14, 9183. <https://doi.org/10.3390/app14209183>

Crucian, B. – Kunz, H. – Sams, C.F. (2015): *Risk of Crew Adverse Health Event Due to Altered Immune Response*. NTRS Author Affiliations: NASA Johnson Space Center, Universities Space Research Association, NTRS Report/Patent Number: JSC-CN-33468. NTRS Document ID: 20150008177. NTRS Research Center: Johnson Space Center (JSC). URL Risk of Crew Adverse Health Event Due to Altered Immune Response - NASA Technical Reports Server (NTRS) (Letöltés: 2025.10.17.)

http2: Csala, M. (2013): *Apoptózis*. SOTEPEDIA. URL [https://sotepedia.hu/aok/targyak/biokemia\\_molekularis\\_es\\_sejtbiologia/eloadasok\\_ii/apoptozis](https://sotepedia.hu/aok/targyak/biokemia_molekularis_es_sejtbiologia/eloadasok_ii/apoptozis) (Letöltés: 2025.10.25.)

de Jonge, N., 2018. Különböző mennyiségű liofilizált málnával színezett piskóták fizikai és kémiai vizsgálata. Budapest.

Diaconeasa, Z. – Ayvaz, H. – Rugină, D. – Leopold, L. – Stănilă, A. – Socaciu, C. – Tăbăran, F. – Luput, L. – Mada, D.C. – Pinteă, A. – Jefferson, A. (2017): Melanoma Inhibition by Anthocyanins Is Associated with the Reduction of Oxidative Stress Biomarkers and Changes in Mitochondrial Membrane Potential. *Plant Foods Hum. Nutr.* 72, 404–410. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-017-0638-x> (Letöltés: 2025.10.14.)

Diaconeasa, Z. – Iuhas, C.I. – Ayvaz, H. – Rugină, D. – Stănilă, A. – Dulf, F. – Bunea, A. – Socaci, S.A. – Socaciu, C. – Pinteă, A. (2019): Phytochemical Characterization of Commercial Processed Blueberry, Blackberry, Blackcurrant, Cranberry, and Raspberry and Their Antioxidant Activity. *Antioxidants* 8, 540. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8110540> (Letöltés: 2025.10.13.)

Donno, D., Neirotti, G., Fioccardi, A., Razafindrakoto, Z.R., Tombozara, N., Mellano, M.G., Beccaro, G.L., Gamba, G., 2025. Freeze-Drying for the Reduction of Fruit and Vegetable Chain Losses: A Sustainable Solution to Produce Potential Health-Promoting Food Applications. *Plants* 14, 168. <https://doi.org/10.3390/plants14020168>

Douglas, G.L. – Cooper, M. – Bermudez-Aguirre, D. – Sirmons, T. – Perchonok, M. (2024): Evidence Report: Risk of Performance Decrement and Crew Illness Due to Inadequate. *Food and Nutrition* 46. Paper HRP-F07-ERFT.R2, 46 p URL Risk of Performance Decrement and Crew Illness Due to an Inadequate Food System - NASA Technical Reports Server (NTRS) (Letöltés: 2025.10.13.)

Douglas, G.L. – Zwart, S.R. – Smith, S.M. (2020): Space Food for Thought: Challenges and Considerations for Food and Nutrition on Exploration Missions – *Journal of Nutrition*, 150(9), pp. 2242–2244. Forrás: Science Direct. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/nxaa188> (Letöltés: 2025.04.22.)

Dr. Almási, E., 1964. Élelmiszerek gyorsfagyasztása, Libri. ed. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.

Dr. Antal, T., 2017. Növényi eredetű alapanyagok kíméletes és korszerű tartósításának lehetőségei. Östermelő gazdálodók lapja 6-11.

Dr. Bálint Pál, Katona Kálmán, Dr. Szabó Imre, Bindis József, Korbulya Béla, Dr. Bonkáló Tamás, Dr. Molnár Károly, Dr. Szabó Zoltán, Dr. Csernátony-Hoffer András, Dr. Németh Jenő, Dr. Szentgyörgyi Sándor, Csordás Zoltán, Dr. Pallay Istvánné, Dr. Szőke Balázs, Hargittay Emil, Dr. Pintér Andor, Takács Sándor, Dr. Imre László, Pintér András, Vajda József, Seidl Gábor, Zákány László, 1973. SZÁRÍTÁSI KÉZIKÖNYV, MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ. ed. MŰSZAKI KÖNYVKIADÓ, Solt Sándor igazgató, Budapest.

Dr. Beke, J., Dr. Arun S., M., 2002. Gyakorlati szárítás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.

Dr. Kókai, Z., 2019. Érzékszervi minősítés jegyzet.

Dr. Lakatos, E., 2013. ÉLELMISZERIPARI TECHNOLÓGIÁK I. Palatia Nyomda és Kiadó Kft., Mosonmagyaróvár.

EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Bohn, T., Cámara, M., Castenmiller, J., de Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.-I., Jos, A., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McNulty, B., Naska, A., Pentieva, K., Thies, F., Drenjančević, I., Craciun, I., Fiolet, T., Siani, A., 2025. Beta-glucans from oats or barley and reduction of postprandial glycaemic responses: Modification of an authorised health claim pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006 following a request in accordance with Article 19 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA J. 23, e9630. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2025.9630>

Enrique Cadenas, 1989. Biochemistry Of Oxygen Toxicity. Annu. Rev. Inc 79–110. <https://doi.org/10.1146/annurev.bi.58.070189.000455>

Eric Lefcowitz – Isaef, B. (2007): *Peninsula Foodnews: A Brief History Of Space Food Sticks*. Penins. Foodnews. URL <https://penfoodnews.blogspot.com/2007/03/brief-history-of-space-food-sticks.html> (Letöltés: 2025.10.17.).

Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M.-I., Corella, D., Arós, F., Gómez-Gracia, E., Ruiz-Gutiérrez, V., Fiol, M., Lapetra, J., Lamuela-Raventós, R.M., Serra-Majem, L., Pintó, X., Basora, J., Muñoz, M.A., Sorlí, J.V., Martínez, J.A., Fitó, M., Gea, A., Hernán, M.A., Martínez-González, M.A., PREDIMED Study Investigators, 2018. Primary Prevention of Cardiovascular Disease with a Mediterranean Diet Supplemented with Extra-Virgin Olive Oil or Nuts. N. Engl. J. Med. 378, e34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1800389>

Európai Bizottság, 2012a. A BIZOTTSÁG 432/2012/EU RENDELETE (2012. május 16.) a nem a betegségek kockázatának csökkentését, illetve a gyermekek fejlődését és egészségét érintő, élelmiszerekkel kapcsolatos, egészségre vonatkozó, engedélyezett állítások jegyzékének megállapításáról.

Európai Bizottság, 2012b. Commission Regulation (EU) No 432/2012 of 16 May 2012 establishing a list of permitted health claims made on foods, other than those referring to the reduction of disease risk and to children's development and health (Text with EEA relevance).

European Food Safety Authority (EFSA), 2010. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. 2010, EFSA Journal 15. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1885>

FAO, 2001. SECTION 4. Codex Standards for Fats and Oils Derived from Edible Fats and Oils [WWW Document]. URL <https://www.fao.org/4/y2774e/y2774e06.htm#bm6.1> (accessed 10.26.25).

FAO, WHO, 2024. Codex Alimentarius International Food Standards: STANDARD FOR FAT SPREADS AND BLENDED SPREADS CXS 256-1999, Codex Alimentarius International Food Standards.

Fekete, M., Lehoczki, A., Kryczyk-Poprawa, A., Zábó, V., Varga, J.T., Bálint, M., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Rzaşa-Duran, E., Varga, P., 2025. Functional Foods in Modern Nutrition Science: Mechanisms, Evidence, and Public Health Implications. *Nutrients* 17, 2153. <https://doi.org/10.3390/nu17132153>

Ferreres, F., Gomes, D., Valentão, P., Gonçalves, R., Pio, R., Chagas, E.A., Seabra, R.M., Andrade, P.B., 2009. Improved loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars: Variation of phenolics and antioxidative potential. *Food Chem.* 114, 1019–1027. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.065>

Fonyó, Z., Fábry, G., 2004. Vegyipari Művelettani Alapismeretek. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.

Ford, G., 2024. A hűtőszekrény története, jellemzői. *Kult. És Múz.* URL <https://www.muzeumokmindenkinek.hu/a-hutoszekreny-tortenete-jellemzoi/> (accessed 4.25.25).

Friedl, K.E., 1995. When Does Energy Deficit Affect Soldier Physical Performance?, in: Marriott, B.M. (Ed.), *Not Eating Enough: Overcoming Underconsumption of Military Operational Rations*. Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research, Washington (DC): National Academies Press (US).

Gallori, S., Bilia, A.R., Bergonzi, M.C., Barbosa, W.L.R., Vincieri, F.F., 2004. Polyphenolic Constituents of Fruit Pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (Açai palm). *Chromatographia* 739–743. <https://doi.org/10.1365/s10337-004-0305-x>

Gill, A. – Meena, G.S. – Singh, A.K. (2022): *Snack bars as functional foods: A review 8*. *The Pharma Innovation Journal* 2022; SP-11(3): 1324-1331. URL (PDF) *Snack bars as functional foods: A review* (Letöltés: 2025.06.09.)

Goldmann, D., Holub, E., Petrovai, N., Száraz-Nagy, R., 2018. Biotermékek izolálása liofilizálás.

González, G.C., Rugolo, M., Finimundy, T.C., Ohaco, E., Pildain, M.B., Barroetaveña, C., 2023. Impact of Air- and Freeze-Drying Methods on Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of *Fistulina antarctica* and *Ramaria patagonica* Fructification. *Appl. Sci.* 13, 8873. <https://doi.org/10.3390/app13158873>

Grosso, A.L., Riveros, C., Asensio, C.M., Grosso, N.R., Nepote, V., 2020. Improving walnuts' preservation by using walnut phenolic extracts as natural antioxidants through a walnut protein-based edible coating. *J. Food Sci.* 85, 3043–3051. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15395>

Gulcin, İ., 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. *Arch. Toxicol.* 94, 651–715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>

Gülçin, İ., 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview. Arch. Toxicol. 86, 345–391. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0774-2>

Halliwell, B., Gutteridge, J.M., 1995. The definition and measurement of antioxidants in biological systems. Free Radic. Biol. Med. 18, 125–126. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)91457-3](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)91457-3)

Haslam, E., 2007. Vegetable tannins – Lessons of a phytochemical lifetime. Phytochemistry, Highlights in the Evolution of Phytochemistry: 50 Years of the Phytochemical Society of Europe 68, 2713–2721. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.09.009>

MagyarAsztronautikai Társaság (2023): *Hazai úrkörkép 2023/2024* – MANT honlapja([www.mant.hu](http://www.mant.hu)). Letöltés: 2024. december 11. Forrás:<https://www.mant.hu/megjelent-a-hazai-urkorkep-20232024-kiadvany>

http6: Házipatika (2022): *Minden kórokozó elpusztul, ha lefagyasztom az ételt?* Házipatika. URL [https://www.hazipatika.com/taplalkozas/zoldseg\\_gyumolcs/cikkek/minden-korokozo-elpusztul-ha-lefagyasztom-az-etelt](https://www.hazipatika.com/taplalkozas/zoldseg_gyumolcs/cikkek/minden-korokozo-elpusztul-ha-lefagyasztom-az-etelt) (Letöltés: 2025.01.31.)

Heberle, F.A., Feigenson, G.W., 2011. Phase Separation in Lipid Membranes. Cold Spring Harb. Perspect. Biol. 3, a004630. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a004630>

HERA, E.D.L., OLLETE, B., GÓMEZ, M., 2012. Batter Characteristics and Quality of Cakes Made with Wheat-Oats Flour Blends. J. Food Qual. 146–153. <https://doi.org/10.1111/jfq.12020>

Holloway, C.J., Cochlin, L.E., Emmanuel, Y., Murray, A., Codreanu, I., Edwards, L.M., Szmigielski, C., Tyler, D.J., Knight, N.S., Saxby, B.K., Lambert, B., Thompson, C., Neubauer, S., Clarke, K., 2011. A high-fat diet impairs cardiac high-energy phosphate metabolism and cognitive function in healthy human subjects. Am. J. Clin. Nutr. 93, 748–755. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.002758>

Holman, R.T., 1981. Polyunsaturated fatty acid profiles in human disease. in New trends in nutrition, lipid research, and cardiovascular diseases 25–42.

Hossain, M.M., Tovar, J., Cloetens, L., Geraldi, M.V., Venuti, C., Nilsson, A., 2025. Oat beta-glucans consumed at breakfast improve glucose tolerance acutely and after a subsequent lunch – a randomized dose–response study in healthy young adults Food Funct., 10. <https://doi.org/10.1039/D5FO00353A>

Hottot, A., Vessot, S., Andrieu, J., 2007. Freeze drying of pharmaceuticals in vials: Influence of freezing protocol and sample configuration on ice morphology and freeze-dried cake texture. Chem. Eng. Process. Process Intensif. 46, 666–674. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.09.003>

Hui, X.D., Wu, G., Han, D., Gong, X., Wu, X.Y., Tang, S.Z., Brennan, M.A., Brennan, C.S., 2021. The Effects of Bioactive Compounds from Blueberry and Blackcurrant Powder on Oat Bran Pastes: Enhancing In Vitro Antioxidant Activity and Reducing Reactive Oxygen Species in Lipopolysaccharide-Stimulated Raw264.7 Macrophages. Antioxidants 10, 388. <https://doi.org/10.3390/antiox10030388>

Iwatani, S., Yamamoto, N., 2019. Functional food products in Japan: A review. Food Sci. Hum. Wellness 8, 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.011>

Jeewon, R., Pudaruth, S.B., Bhoyroo, V., Aullybux, A.A., Rajeshkumar, K.C., Alrefaei, A.F., 2024. Antioxidant and Antifungal Properties of Cinnamon, Cloves, *Melia azedarach* L. and *Ocimum gratissimum* L. Extracts against *Fusarium oxysporum* Isolated from Infected Vegetables in Mauritius. *Pathogens* 13, 436. <https://doi.org/10.3390/pathogens13060436>

Jones, P.J., 2002. Clinical nutrition: 7. Functional foods — more than just nutrition. *CMAJ Can. Med. Assoc. J.* 166, 1555–1563.

Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., Lim, S.M., 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr. Res.*

Kristo, A.S.– Klimis-Zacas, D. – Sikalidis, A.K. (2016): Protective Role of Dietary Berries in Cancer. *Antioxidants* 5, 37. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox5040037> URL Protective Role of Dietary Berries in Cancer (Letöltés: 2025.10.14.)

Lee, M.K., Kim, M.Y., Kim, S., Lee, J., 2009. Cryoprotectants for Freeze Drying of Drug Nano-Suspensions: Effect of Freezing Rate. *J. Pharm. Sci.* Vol. 98, 10 (4808-4817). <https://doi.org/10.1002/jps.21786>

Lees, M. (Ed.), 2003. Food Authenticity and Traceability. Woodhead Publishing Limited.

Lidsky, D. (2019): *On the Moon, the astronauts snacked on sweet Slim Jims right inside their helmets.* URL <https://www.fastcompany.com/90371561/pillsbury-space-food-sticks-sweet-slim-jims-space> (Letöltés: 2025.10.17.).

http11: *Liofilizált áfonya - GymBeam | GymBeam.hu* URL <https://gymbeam.hu/liofilizalt-afonya-gymbeam.html> (Letöltés: 2025.11.11.).

http12: *Liofilizált fekete ribizli - GymBeam | GymBeam.hu* URL <https://gymbeam.hu/liofilizalt-fekete-ribizli-gymbeam.html> (Letöltés: 2025.11.11.).

Liu, W., Wang, T., Su, E., 2024. Insights into the antifungal activity and mechanisms of cinnamon components against *Aspergillus flavus* and *Penicillium citrinum*. *Food Res. Int.* 197, 115291. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115291>

Londono, D.M. – Gilissen, L.J.W.J. – Visser, R.G.F. – Smulders, M.J.M. – Hamer, R.J. (2015): Understanding the role of oat  $\beta$ -glucan in oat-based dough systems. *J. Cereal Sci.* 62, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.12.003> URL Understanding the role of oat  $\beta$ -glucan in oat-based dough systems - ScienceDirect (Letöltés: 2025.10.26.)

Longo, G.S., Schick, M., Szeleifer, I., 2009. Stability and Liquid-Liquid Phase Separation in Mixed Saturated Lipid Bilayers. *Biophys. J.* 96, 3977–3986. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2009.02.043>

Lourenço, S.C., Moldão-Martins, M., Alves, V.D., 2019. Antioxidants of Natural Plant Origins: From Sources to Food Industry Applications. *Molecules* 24, 4132. <https://doi.org/10.3390/molecules24224132>

Madison, A.A., Belury, M.A., Andridge, R., Shrout, M.R., Renna, M.E., Malarkey, W.B., Bailey, M.T., Kiecolt-Glaser, J.K., 2020. Afternoon distraction: a high-saturated-fat meal and endotoxemia impact postmeal attention in a randomized crossover trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 111, 1150–1158. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa085>

Magyar Élelmiszerkönyv Bizottság, 2004. Codex Alimentarius Hungaricus 2-84 számú irányelv Édesipari termékek.

Martínez, M.L., Labuckas, D.O., Lamarque, A.L., Maestri, D.M., 2010. Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products. *J. Sci. Food Agric.* 90, 1959–1967. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4059>

Martín-Polvillo, M., Márquez-Ruiz, G., Dobarganes, M.C., 2004. Oxidative stability of sunflower oils differing in unsaturation degree during long-term storage at room temperature. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 81, 577–583. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-0944-1>

Mazewski, C., Kim, M.S., Gonzalez de Mejia, E., 2019. Anthocyanins, delphinidin-3-O-glucoside and cyanidin-3-O-glucoside, inhibit immune checkpoints in human colorectal cancer cells in vitro and in silico. *Sci. Rep.* 9, 11560. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47903-0>

Mildred Bawerman, 2025. Különbőség Az Antocianin és Az Antocianidin Között | Növénytan [WWW Document]. URL <https://hu.differencevs.com/6852416-difference-between-anthocyanin-and-anthocyanidin> (accessed 10.14.25).

Morais, A.R. do V., Alencar, É. do N., Xavier Júnior, F.H., Oliveira, C.M. de, Marcelino, H.R., Barratt, G., Fessi, H., Egito, E.S.T. do, Elaissari, A., 2016. Freeze-drying of emulsified systems: A review. *Int. J. Pharm.* 503, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2016.02.047>

MPOC, 2024. Spreading the goodness palm based margarine.

Mudondo, J., Happy, K., Gang, R., Ban, Y., Kang, Y., 2025. From nature to nutrition: exploring the synergistic benefits of functional foods and herbal medicines for holistic health. *Appl. Biol. Chem.* 68, 17. <https://doi.org/10.1186/s13765-025-00985-z>

Muñiz-Miret, N., Vamos, R., Hiraoka, M., Montagnini, F., Mendelsohn, R.O., 1996. The economic value of managing the açai palm (*Euterpe oleracea* Mart.) in the floodplains of the Amazon estuary, Pará, Brazil. *For. Ecol. Manag.* 87, 163–173. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03825-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03825-X)

Naczk, M., Shahidi, F., 2004. Extraction and analysis of phenolics in food. *J. Chromatogr. A* 1054, 95–111.

Nagy A., Csiki Z., 2013. Élelmiszer eredetű polifenolok kardiovaszkuláris hatásai, in: Database. p. 5.

http1: Nemes N. (2024): *Hogyan lehet jó étvágyat csinálni az űrhajósoknak, mit esznek pontosan az űrben és mivel foglalkozik egy magyar űrdietetikus?* hvg.hu. URL [https://hvg.hu/elet/20240824\\_urutazas-taplalkozas-urmisszio-Benyo-Zsuzsanna-urdietetikus-urkaja](https://hvg.hu/elet/20240824_urutazas-taplalkozas-urmisszio-Benyo-Zsuzsanna-urdietetikus-urkaja) (Letöltés: 2025.10.19.)

http5: Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (2019): *A hűtés és fagyasztás jelentősége.* nak.hu. URL <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgaltatas/elelmiszer-feldolgozas/101016-a-hutes-es-fagyasztas-jelentosege> (Letöltés: 2024.12.12.)

Nikolić, V., Žilić, S., Simić, M., Šavikin, K., Stević, T., Živković, J., Sarić, B., Milovanović, D., Kandić Raftery, V., 2024. Characterization and Potential Food Applications of Oat Flour

and Husks from Differently Colored Genotypes as Novel Nutritional Sources of Bioactive Compounds. *Foods* 13, 3853. <https://doi.org/10.3390/foods13233853>

Nile, S.H. – Park, S.W. (2014): Edible berries: Bioactive components and their effect on human health. *Nutrition* 30, 134–144. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.04.007> URL Edible berries: Bioactive components and their effect on human health - ScienceDirect (Letöltés: 2025.10.14.)

Olas, B., 2018. Berry Phenolic Antioxidants – Implications for Human Health? *Front. Pharmacol.* 9. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00078>

<http10://bevasarlas.tesco.hu/groceries/en-HU/products/121219399> (*Olympos Lemon Flavouring with 50% Lemon Juice 1 l - Tesco Groceries.* URL <https://bevasarlas.tesco.hu/groceries/en-HU/products/121219399> (Letöltés: 2025.11.11.)

Oyinloye, T.M., Yoon, W.B., 2020. Effect of Freeze-Drying on Quality and Grinding Process of Food Produce: A Review. *Processes* 8, 354. <https://doi.org/10.3390/pr8030354>

Pacheco-palencia, L.A., Hawken, P., Talcott, S.T., 2007. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage. *Food Res. Int.* 40, 620–628. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.006>

Pagliari, S., Forcella, M., Lonati, E., Sacco, G., Romaniello, F., Rovellini, P., Fusi, P., Palestini, P., Campone, L., Labra, M., Bulbarelli, A., Bruni, I., 2023. Antioxidant and Anti-Inflammatory Effect of Cinnamon (*Cinnamomum verum* J. Presl) Bark Extract after In Vitro Digestion Simulation. *Foods* 12, 452. <https://doi.org/10.3390/foods12030452>

Patel, Z.S. – Brunstetter, T.J. – Tarver, W.J. – Whitmire, A.M. – Zwart, S.R.– Smith, S.M. – Huff, J.L. (2020): Red risks for a journey to the red planet: The highest priority human health risks for a mission to Mars. *Npj Microgravity* 6, 33. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41526-020-00124-6> URL Red risks for a journey to the red planet: The highest priority human health risks for a mission to Mars | npj Microgravity (Letöltés: 2025.10.14.)

Purkait, S., Bhattacharya, A., Bag, A., Chattopadhyay, R.R., 2020. Synergistic antibacterial, antifungal and antioxidant efficacy of cinnamon and clove essential oils in combination. *Arch. Microbiol.* 202, 1439–1448. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01858-3>

Queenan, K.M., Stewart, M.L., Smith, K.N., Thomas, W., Fulcher, R.G., Slavin, J.L., 2007. Concentrated oat  $\beta$ -glucan, a fermentable fiber, lowers serum cholesterol in hypercholesterolemic adults in a randomized controlled trial. *Nutr. J.* 6, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-6-6>

Rababah, T.M., Al-U'datt, M.H., Angor, M., Gammoh, S., Abweni, F., Magableh, G., Almajwal, A., Yücel, S., AL-Rayyan, Y., AL-Rayyan, N., 2023. Effect of Drying and Freezing on the Phytochemical Properties of Okra during Storage. *ACS Omega* 8, 34448–34457. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02560>

Rak, G., 2010. Polifenolok és származékaik feltérképezése hármaskvadrupol tömegspektrometriás módszerrel. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.

Rao, M.A., 2003. Phase transitions, food texture and structure, in: *Texture in Food*. Elsevier, pp. 36–62. <https://doi.org/10.1533/9781855737082.1.36>

Rehrer, N.J., Kemenade, M. van, Meester, W., Brouns, F., Saris, W.H.M., 1992. Gastrointestinal Complaints in Relation to Dietary Intake in Triathletes. <https://doi.org/10.1123/ijnsn.2.1.48>

Reyes, A., Bubnovich, V., Bustos, R., Vásquez, M., Vega, R., Scheuermann, E., 2010. Comparative Study of Different Process Conditions of Freeze Drying of ‘Murtilla’ Berry. *Dry. Technol.* 28, 1416–1425. <https://doi.org/10.1080/07373937.2010.482687>

[http13: 2025/05/SCANVAC-CoolSafe-Freeze-Dryer-Brochure](http13:2025/05/SCANVAC-CoolSafe-Freeze-Dryer-Brochure). URL: SCANVAC CoolSafe Freeze Dryer Brochure.pdf (Letöltés: 2025.11.11.)

Rios, R.V., Pessanha, M.D.F., Almeida, P.F.D., Viana, C.L., Lannes, S.C.D.S., 2014. Application of fats in some food products. *Food Sci. Technol. Camp.* 34, 3–15. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612014000100001>

Ritz, P., Acheson, K.J., Gachon, P., Vico, L., Bernard, J.J., Alexandre, C., Beaufrère, B., 1998. Energy and substrate metabolism during a 42-day bed-rest in a head-down tilt position in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 78, 308–314. <https://doi.org/10.1007/s004210050425>

Rizzo, A.M. – Corsetto, P.A. – Montorfano, G. – Milani, S. – Zava, S. – Tavella, S. – Cancedda, R. – Berra, B. (2012): Effects of Long-Term Space Flight on Erythrocytes and Oxidative Stress of Rodents 7, e32361. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032361> URL Effects of Long-Term Space Flight on Erythrocytes and Oxidative Stress of Rodents | PLOS One (Letöltés: 2024.11.30.)

Robbins, R.J., 2003. Phenolic Acids in Foods: An Overview of Analytical Methodology. *J. Agric. Food Chem.* 51, 2866–2887. <https://doi.org/10.1021/jf026182t>

Rogers, S., Gui, L., Kovalenko, A., Zoni, V., Carpentier, M., Ramji, K., Ben Mbarek, K., Bacle, A., Fuchs, P., Campomanes, P., Reetz, E., Speer, N.O., Reynolds, E., Thiam, A.R., Vanni, S., Nicastro, D., Henne, W.M., 2022. Triglyceride lipolysis triggers liquid crystalline phases in lipid droplets and alters the LD proteome. *J. Cell Biol.* 221, e202205053. <https://doi.org/10.1083/jcb.202205053>

Ruggeri, S., Cappelloni, M., Gambelli, L., Nicoli, S., Carnovale, E., Ruggeri, S., Cappelloni, M., Gambelli, L., Nicoli, S., Carnovale, E., 1998. Chemical composition and nutritive value of nuts grown in Italy. *Ital. J. Food Sci. Testo Stamp.* 10, 243–252.

Savage, G.P., Dutta, P.C., McNeil, D.L., 1999. Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76, 1059–1063. <https://doi.org/10.1007/s11746-999-0204-2>

Schachter, I., Paananen, R.O., Fábrián, B., Jurkiewicz, P., Javanainen, M., 2022. The Two Faces of the Liquid Ordered Phase. *J. Phys. Chem. Lett.* 13, 1307–1313. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.1c03712>

Sebes Anett, 2023. Mikrohullámú kezelés-és hagyományos pasztörözés hatása a gyümölcslevelek tulajdonságaira. Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Budapest.

Shahidi, F., 2004. Functional Foods: Their Role in Health Promotion and Disease Prevention. *J. Food Sci.* 69, R146–R149. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10727.x>

Shahidi, F., Naczk, M., 2003. Phenolics in Food and Nutraceuticals, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton. <https://doi.org/10.1201/9780203508732>

Shofian, N.M., Hamid, A.A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Pak Dek, M.S., Hairuddin, M.R., 2011. Effect of Freeze-Drying on the Antioxidant Compounds and Antioxidant Activity of Selected Tropical Fruits. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 4678–4692. <https://doi.org/10.3390/ijms12074678>

Skenderidou, I., Leontopoulos, S., Skenderidis, P., 2025. Functional Food Ingredients Enhancing Immune Health. *Int. J. Mol. Sci.* 26, 8408. <https://doi.org/10.3390/ijms26178408>

Slack, K.J. – Williams, T.J. – Schneiderman, J.S. – Whitmire, A.M. – Picano, J.J. – Leveton, L.B. – Schmidt, L.L. – Shea, C. (2016): *Risk of Adverse Cognitive or Behavioral Conditions and Psychiatric Disorders: Evidence Report*. NTRS Author Affiliations: Wyle Labs., Inc., Universities Space Research Association, NASA Johnson Space Center, Minerva Work Solutions, PLLC, City of Houston. NTRS Report/Patent Number: JSC-CN-35772, NTRS Document ID: 20160004365, NTRS Research Center: Johnson Space Center (JSC). URL Risk of Adverse Cognitive or Behavioral Conditions and Psychiatric Disorders: Evidence Report - NASA Technical Reports Server (NTRS) (Letöltés: 2025.10.17.)

Smith, S.M., Zwart, S.R., Douglas, G.L., Heer, M., 2021. Human Adaptation to Spaceflight.

Stein, T.P. – Leskiw, M.J. (2000): Oxidant damage during and after spaceflight. *Am. J. Physiol.-Endocrinol. Metab.* 278, E375–E382. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpendo.2000.278.3.E375> (Letöltés: 2024.11.30.)

http4: Stone, S. (2014): *Which Dairy Makes the Best Cake? | The Cake Blog*. URL <https://thecakeblog.com/2014/09/cake-baking-science.html> (Letöltés: 2025.04.15.).

http3: Stone, S. (2012): *Fat Chance: Is Butter Really Better? | The Cake Blog*. URL <https://thecakeblog.com/2012/05/is-butter-better.html> (Letöltés: 2025.04.15.).

Suárez, M., Macià, A., Romero, M.-P., Motilva, M.-J., 2008. Improved liquid chromatography tandem mass spectrometry method for the determination of phenolic compounds in virgin olive oil. *J. Chromatogr. A* 1214, 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.10.098>

Sui, X., Meng, Z., Dong, T., Fan, X., Wang, Q., 2023. Enzymatic browning and polyphenol oxidase control strategies. *Curr. Opin. Biotechnol.* 81, 102921. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102921>

Szárított gyümölcs | GymBeam.hu [WWW Document], n.d. URL <https://gymbeam.hu/szarított-gyumölcs> (accessed 11.11.25).

Tang, X. (Charlie), Pikal, M.J., 2004. Design of Freeze-Drying Processes for Pharmaceuticals: Practical Advice. *Pharm. Res.* Vol. 21., 10 (191-200). <https://doi.org/10.1023/B:PHAM.0000016234.73023.75>

Toporcov, T.N., Antunes, J.L.F., Tavares, M.R., 2004. Fat food habitual intake and risk of oral cancer. *Oral Oncol.* 40, 925–931. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2004.04.007>

Uttara, B. – Singh, A.V. – Zamboni, P. – Mahajan, R.T. (2009): *Oxidative Stress and Neurodegenerative Diseases: A Review of Upstream and Downstream Antioxidant Therapeutic*

Options. *Curr. Neuropharmacol.* 7, 65–74. DOI: <https://doi.org/10.2174/157015909787602823> (Letöltés: 2025.10.14.)

Valls, J., Millán, S., Martí, M.P., Borràs, E., Arola, L., 2009. Advanced separation methods of food anthocyanins, isoflavones and flavanols. *J. Chromatogr. A, Advanced Separation Methods in Food Analysis* 1216, 7143–7172. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.07.030>

Várszegi, T., 1977. Az élelmiszer-ipari műveletek hatása a termék minőségére. Mezőgazdaság Kiadó, Budapest.

Virág, L. (2016): *Szabad gyökökről*. Paper 10, pp 146-153. Debreceni Egyetem. URL <https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/e9c81255-46f1-4e90-9d69-13f74f2cd808/content> (Letöltés: 2025.10.22.)

Wang, E., Liu, Y., Xu, C., Liu, J., 2017. Antiproliferative and proapoptotic activities of anthocyanin and anthocyanidin extracts from blueberry fruits on B16-F10 melanoma cells. *Food Nutr. Res.* 61, 1325308. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1325308>

Watkins, P. – Hughes, J. – Gamage, T.V. – Knoerzer, K.– Ferlazzo, M.L.– Banati, R.B. (2022): Long term food stability for extended space missions: a review. *Life Sci. Space Res.* 32, 79–95. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2021.12.003> URL Long term food stability for extended space missions: a review - ScienceDirect (Letöltés: 2024.11.30.)

Wu, G., Hui, X., Mu, J., Brennan, M.A., Brennan, C.S., 2021. Functionalization of whey protein isolate fortified with blackcurrant concentrate by spray-drying and freeze-drying strategies. *Food Res. Int.* 141, 110025. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110025>

Zaki, H., El Shawaf, A.E.G., El Makhzangy, A., Hussien, A., 2018. CHEMICAL, RHEOLOGICAL AND SENSORY PROPERTIES OF WHEAT- OAT FLOUR COMPOSITE CAKES AND BISCUITS. *J. Product. Dev.* <https://doi.org/10.21608/jpd.2018.42018>

Zoni, V., Khaddaj, R., Campomanes, P., Thiam, A.R., Schneiter, R., Vanni, S., 2021. Pre-existing bilayer stresses modulate triglyceride accumulation in the ER versus lipid droplets. *eLife* 10, e62886. <https://doi.org/10.7554/eLife.62886>

## 8. Ábrák és táblázatok jegyzék

### 8.1. Ábrajegyzék

1. ÁBRA: ŰR-ÉLELMÉZÉSI RENDSZER KÖVETELMÉNYEI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS (2025) DOUGLAS ET AL. (2020) ÁBRÁJÁNAK HASZNÁLATÁVAL).....	3
2. ÁBRA: KÜLÖNBÖZŐ ZSIRADÉKOK ÁLLOMÁNYKIALAKÍTÓ SZEREPE PISKÓTÁKBAN (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS SUMMER STONE (HTTP3, 2012) FOTÓJÁNAK HASZNÁLATÁVAL).....	8
3. ÁBRA: KÜLÖNBÖZŐ ZSIRADÉKOK PISKÓTA ÁLLOMÁNYRA KIFEJTETT HATÁSA (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS SUMMER STONE (HTTP4, 2014) FOTÓJÁNAK HASZNÁLATÁVAL).....	9
4. ÁBRA: SZÁRÍTÁSI ELJÁRÁSOK RENDSZERE (FORRÁS: ANTAL TAMÁS (2017) ÁBRÁJA) .....	11
5. ÁBRA: A LIOFILIZÁLÁS RÉSZMŰVELETEI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS (2025) LIOFILEZÉS – GOLDMANN ET AL., (2018) ALAPJÁN) .....	15
6. ÁBRA: FAGYASZTVA SZÁRÍTÁS SZAKASZAI A VÍZ FÁZISDIAGRAMJÁN SZEMLÉLTETVE (FORRÁS: GOLDMANN ET AL.; 2018) .....	15
7. ÁBRA: MESTERSÉGES ANTIOXIDÁNSOK (FORRÁS: GULCIN (2020) ÁBRÁJA ÁLTALAM KIEGÉSZÍTVE) .....	19
8. ÁBRA: LIOFILIZÁLT ÁFONYA ÉS FEKETE RIBIZLI PORÍTÁS ELŐTT - UTÁN (FORRÁS: HTTP11 ÉS HTTP12 SAJÁT FÉNYKÉPEK, 2025).....	28
9. ÁBRA: FRAP MÓDSZER KALIBRÁCIÓS EGYENESE (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	33
10. ÁBRA: 72 ÓRÁIG LIOFILIZÁLT KONTROLL ÉSZTERHÁZY JELLEGŰ MINTÁK (FORRÁS: SAJÁT FÉNYKÉP, 2025)...	36
11. ÁBRA: 72 ÓRÁIG LIOFILIZÁLT ANTIOXIDÁNSOKKAL DÚSÍTOTT ÉSZTERHÁZY JELLEGŰ MINTÁK (FORRÁS: SAJÁT FÉNYKÉP, 2025) .....	36
12. ÁBRA: LIOFILIZÁLÁS HATÁSÁRA BEKÖVETKEZETT TÖMEGVESZTESÉGEK (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025) .....	37
13. ÁBRA: NEDVESSÉGTARTALOM- ÉS TÖMEGCSÖKKENÉS KÖZTI KAPCSOLAT (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025)..	39
14. ÁBRA: TORTASZELETEK LIOFILIZÁLÁS ELŐTTI ÉS UTÁNI $L^*$ ÉRTÉKEI (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	40
15. ÁBRA: TORTASZELETEK LIOFILIZÁLÁS ELŐTTI ÉS UTÁNI $A^*$ ÉRTÉKEI (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	40
16. ÁBRA: TORTASZELETEK LIOFILIZÁLÁS ELŐTTI ÉS UTÁNI $B^*$ ÉRTÉKEI (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	41
17. ÁBRA: ÁTLAG ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS 24H LIOFILIZÁLÁS SZÓRÁSSAL (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025) .....	43
18. ÁBRA: ÁTLAG ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS 72H LIOFILIZÁLÁS SZÓRÁSSAL (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025) .....	43
19. ÁBRA: ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS VÁLTOZÁSA 72 ÓRA LIOFILIZÁLÁS HATÁSÁRA (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025).....	44
20. ÁBRA: ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS VÁLTOZÁSA LIOFILIZÁLÁS HATÁSÁRA (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025) ...	44
21. ÁBRA: ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS VÁLTOZÁSA 72 ÓRÁS LIOFILIZÁLÁS HATÁSÁRA SZÓRÁSOKKAL (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025) .....	45
22. ÁBRA: ANTIOXIDÁNS KAPACITÁS VÁLTOZÁSA LIOFILIZÁLÁS HATÁSÁRA (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025) ...	45
23. ÁBRA: TORTASZELETEK SZILÁRDSÁGA ÖSSZESÍTETT OSZLOPDIAGRAM (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025)	48
24. ÁBRA: TORTAMINTÁK ÁTLAGOS SZILÁRDSÁGA SZÓRÁSSAL (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	49
25. ÁBRA: TORTAMINTÁKRA HATÓ ÁTLAGOS ERŐ AZ IDŐ FÜGGVÉNYÉBEN (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025) .....	49

26. ÁBRA: HÁROMSZÖGPRÓBA VÁLASZAI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025) .....	51
27. ÁBRA: 15 SZEMPONTOS ÉRZÉKSZERVI BÍRÁLAT EREDMÉNYEI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025).....	51
28. ÁBRA: 15 SZEMPONTOS ÉRZÉKSZERVI BÍRÁLAT PROFILDIAGRAMJA (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025).....	52

## 8.2. Táblázatok jegyzéke

1. TÁBLÁZAT: NÉHÁNY ÉLELMISZER FAGYÁSPONTJA (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS (2025) VARGA Zs. FAGYÁSPONT CSÖKKENÉS, FORRÁSPONT EMELKEDÉS IN BENCsik K. (2003) TÁBLÁZATA .....	13
2. TÁBLÁZAT: TORTÁK HOZZÁVALÓI (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025) .....	25
3. TÁBLÁZAT: FRAP MÓDSZERHEZ KALIBRÁCIÓS MINTASOR (SAJÁT KÉSZÍTÉS LEÍRAT ALAPJÁN, 2025) .....	32
4. TÁBLÁZAT: TÖMEGMÉRÉSEK EREDMÉNYEI (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025).....	37
5. TÁBLÁZAT: NEDVESSÉGTARTALOM MÉRÉS EREDMÉNYEI (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025) .....	38
6. TÁBLÁZAT: $\Delta E^*$ SZÍNKÜLÖNBSEGEK EREDMÉNYE (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025).....	41
7. TÁBLÁZAT: LIOFILIZÁLÁS ELŐTTI ANTIOXIDÁNS/REDUKÁLÓ KAPACITÁS (FORRÁS: SAJÁT SZERKESZTÉS, 2025) .....	42
8. TÁBLÁZAT: KÉTTÉNYEZŐS ANOVA EREDMÉNYEI – 0 ÉS 72H LIOFILIZÁLÁS ÖSSZEHOSONLÍTÁSA (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	47
9. TÁBLÁZAT: KÉTTÉNYEZŐS ANOVA EREDMÉNYEI – 0H,24H,72H (FORRÁS: SAJÁT KÉSZÍTÉS, 2025).....	47
10. TÁBLÁZAT: SZILÁRDSÁG EREDMÉNYEK ÖSSZESÍTÉSE (FORRÁS: SAJÁT MUNKA, 2025).....	50

## 9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, hogy szakmai tanácsokkal látott el. Szeretném megköszönni a Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék valamennyi oktatójának az átadott tudást és hogy helyet biztosítottak munkámhoz. Valamint az Alkalmazott Kémia Tanszéken dolgozóinak, hogy laboratóriumukat rendelkezésemre bocsátották szintén méréseim elvégzéséhez. Továbbá külön köszönöm Blaha Márta vegyésztechnikusnak a laboratóriumi méréseim során nyújtott segítségét. Köszönöm szüleimnek és barátaimnak, hogy az egyetemi tanulmányaim alatt folyamatos támogatással és odaadással hozzájárultak a szakdolgozatom elkészüléséhez.

Neményi Dóra Rita

## 10. Mellékletek

3. számú melléklet: Eszterházy torta/szelet hozzávalói (Forrás: Magyar Élelmiszerkönyv kötelező előírásairól szóló 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet 40.sz. melléklete, 2025)

2.5.1.1. Eszterházy-felvert lap	
Felhasznált összetevők	Mennyiség (kg)
Tojásfehérje	0,300
Cukor	0,300
Dió	0,260
Búzaliszt vagy rizsliszt	0,020

2.5.1.2. Eszterházy-krém	
Felhasznált összetevők	Mennyiség
Tej	0,250 kg
Vaníliás cukor vagy vaniliarúd	0,02 kg ¼ db
Cukor	0,125 kg
Tojássárgája	0,100 kg
Dió	0,050 kg
Vaj	0,300 kg
Szeszes ital	0,050 liter

2. számú melléklet: Stephan UMC5 elektromos mixer és belseje (Forrás: [http14](http://14))



1. számú melléklet: Eszterházy torta elkészítési előírásai (Forrás: Magyar Élelmiszerkönyv kötelező előírásairól szóló 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet 40.sz. melléklete, 2025)

### 2.5.2. Eszterházy-felvert lap készítése

2.5.2.1. Az enyhén pörkölt, finomra darált diót összekeverik a búzaliszttal vagy rizsliszttel. A tojásfehérjét a cukorral kemény habbá verik, majd óvatosan belekeverik a darált dió és a búzaliszt vagy rizsliszt keverékét. A tésztát 210 °C-on enyhén gőzös sütőben sütik. Sütés után alávágnak és tortakarikával kiszúróják, vagy négyszög alakúra felvágják.

### 2.5.3. Eszterházy-krém készítése

2.5.3.1. A tejet a felhasított vaniliarúddal vagy a vaníliás cukorral felforralják. A tojássárgáját a cukorral kikeverik, hozzáöntik a forró vaníliás tejet és 85 °C-ra hevítik. Ekkor hozzáadják az őrölt diót, továbbmelegítés nélkül. Így kapják a vaníliás-diós alapot. A vaníliás-diós alapot szobahőmérsékletre hűtik, és ekkor adják hozzá a szeszes italt. A szobahőmérsékletű vajat kihabosítják, és ehhez keverés közben apránként hozzáöntik a szobahőmérsékletre hűlt vaníliás-diós alapot.

### 2.5.4. Eszterházy-torta vagy -szelet töltése

2.5.4.1. Az Eszterházy-krémmel összetöltenek 5 Eszterházy-felvert lapot, oldalát Eszterházy-krémmel lekenik. Hűtőben minimum 5–6 órán keresztül dermesztik. A tortát megfordítják, így a talprész lesz a legfelső lap.

### 2.5.5. Eszterházy-torta vagy -szelet díszítése

2.5.5.1. Forrált sárgabaracklekvárral vagy -ízzel vékonyan lekenik, majd kb. 40 °C-ra melegített fehér fondánnal húzzák (befedik). A felületre olvasztott csokoládéval vízszintes vonalakat fecskendeznek 1 cm távolságban, mártóvillával vagy késsel a még híg fondános bevonatot fölfelé és lefelé 1 mm mélyen bevágják, így a felület jellegzetes pókhálószerű mintát kap. Oldalát darált pörkölt dióval panírozzák. Az Eszterházy-szelet oldala lehet panírozott.

6. számú melléklet: Kontroll torta első és második elkészítés (Forrás: Saját készítés, 2025)



5. számú melléklet: Antioxidánsokkal dúsított torta első és második elkészítés (Forrás: Saját készítés, 2025)



4. számú melléklet: Virtis típusú liofilizáló és minták (Forrás: Saját készítés, 2025)



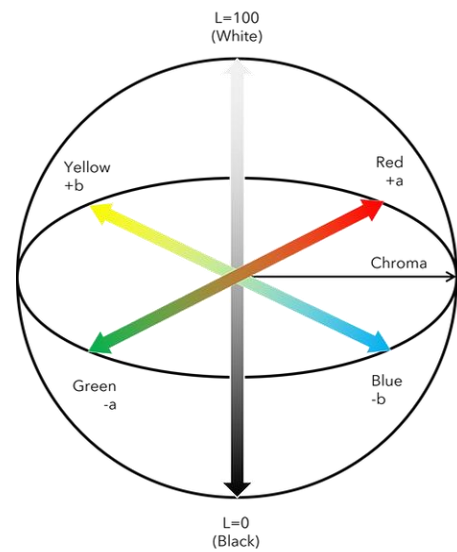
9. számú melléklet: Mintáim a SCANVAC CoolSafe liofilizálóban  
(Forrás: Saját készítés, 2025)



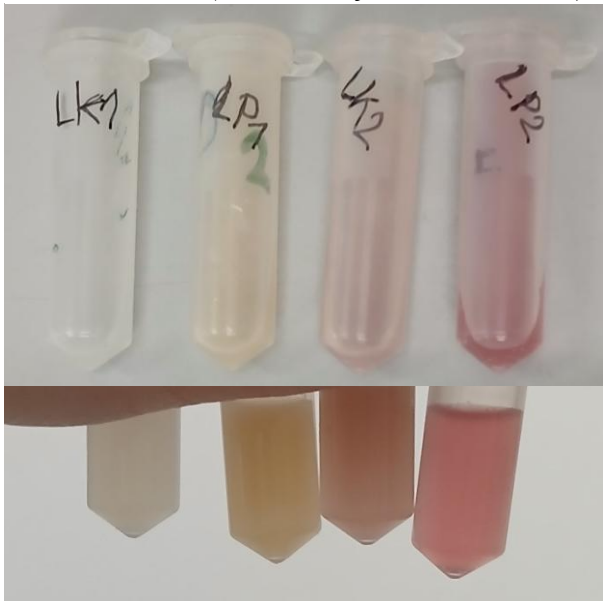
8. számú melléklet: Minolta CR-310 Chroma Meter  
(Forrás: Saját készítés, 2025)



7. számú melléklet: CIELab színrendszer (Forrás: http15)



13. számú melléklet: Hettich féle Mikro220R 12. számú melléklet: FRAP módszer – centrifuga berendezés (Forrás: Saját készítés, mintakivonatok (Forrás: Saját készítés, 2025) 2025)



11. számú melléklet: TA-XT Plus Texture Analyser – állománymérő berendezés (Forrás: Saját készítés, 2025)



10. számú melléklet: Google Forms kérdőív – Érzékszervi bírálat online bírálati lap (Forrás: Saját készítés: GoogleForms, 2025)

Google Forms kérdőív	
Háromszögpróba kérdések	1-5 pontozott 15 szempont
Tálcaszám	Szín
1.minta kódja	Illat
2.minta kódja	Édessége
3.minta kódja	Diós íz
Melyik volt eltérő?	Gyümölcsös íz
Miért volt eltérés?	Savanyúsága
	Utóíz
	Teljes ízprofil tetszősége
	Nedvesség érzet
	Krémesség
	Szárazsága
	Törékenységi, roppanóság
	Omlósság
	Puhaság
	Összbenyomás

15. számú melléklet: Háromszögpróba (Forrás: Saját készítés, 2025)

## HÁROMSZÖGPRÓBA

Bíráló kódja vagy neve: .....

Tálcaszám: .....

Dátum: .....

1. Ön most egy tesztfeladatot kapott. A tesztfeladathoz három minta tartozik, amelyek egy oszlopban helyezkednek el.
2. Először írja le a tálcaszámot és a minták kódszámait a bírálati lapnak a megfelelő részére.
3. A tesztfeladaton, mintasoron belül két minta egyforma, egy eltérő. A feladat az eltérő minta kiválasztása.
4. Először a mintákat a megadott sorrendben kóstolja meg egyenként.
5. A minták között fogyasszon ízsemlegesítőt.
6. Válassza ki a három minta közül az eltérőt a kódszám melletti mező megjelölésével. Írja le azt is, hogy mi az eltérés oka.
7. Amennyiben nem tud különbséget tenni, akkor is választania kell, ez esetben jelezze, hogy csak tippelt.
8. Amennyiben befejezte a bírálatot, kérem, jelezze ezt a bírálatot vezető személynek.

### 1. tesztfeladat

KÓDOK


ELTÉRŐ  
MEGJEJELŐLÉSE („X”)


ELTÉRÉS OKÁNAK LEÍRÁSA

---



---



---

14. számú melléklet: Érzékszervi bírálati lap (Forrás: Saját készítés, 2025)

## ÉRZÉKSZERVÍ BÍRÁLATI LAP

Bíráló neve: .....

Desszert összpontszám: 1.MINTA: ..... 2.MINTA: .....

2.MINTA KÓDJÁ: .....

KÉREM 1-5 PONTIG ÉRTÉKELJE AZ ÖN ELŐTT LÉVŐ TORTASZELETEKET A MEGADOTT SZEMPONTOK SZERINT (1 PONT=LEGGYENGÉBB VAGY NEM JELLEMZŐ TULAJDONSÉG, 5 PONT=A LEGJOBB ÉRTÉK)

1.MINTA KÓDJÁ: .....

Szempontok	Pontszám (1-5)
Szín	
Illat	
Édessége	
Diós íz	
Gyümölcsös íz	
Savanyúsága	
Utóíz	
Teljes ízprofil tetszősége	
Nedvesség érzet	
Krémesség	
Szárazsága	
Törékenység, roppanóság	
Omlósság	
Puhaság	
Összbenyomás	

Szempontok	Pontszám (1-5)
Szín	
Illat	
Édessége	
Diós íz	
Gyümölcsös íz	
Savanyúsága	
Utóíz	
Teljes ízprofil tetszősége	
Nedvesség érzet	
Krémesség	
Szárazsága	
Törékenység, roppanóság	
Omlósság	
Puhaság	
Összbenyomás	

17. számú melléklet: Kétmintás T-próba (Forrás: Saját munka, 2025)

Minta	Tömeg lif. előtt (g)	Tömeg lif. után (g)	Különbség (g)	%-ban csökkent
Kontroll1	29,92	21,50	8,42	28,14
Kontroll2	29,55	20,92	8,63	29,20
Kontroll3	31,38	22,34	9,04	28,81
Kontroll4	34,05	24,17	9,88	29,02
<b>ÁTLAG</b>	<b>31,23</b>	<b>22,23</b>	<b>8,99</b>	<b>28,79</b>
<b>SZÓRÁS</b>	<b>2,04</b>	<b>1,42</b>	<b>0,65</b>	<b>0,46</b>
VARIANCIA	4,171	2,008	0,416	0,215
MEDIÁN	30,65	21,92	8,84	28,91

Minta	Tömeg lif. előtt (g)	Tömeg lif. után (g)	Különbség (g)	%-ban csökkent
Dúsított1	39,86	25,04	14,82	37,18
Dúsított2	53,15	33,33	19,82	37,29
Dúsított3	37,96	23,91	14,05	37,01
Dúsított4	41,58	26,59	14,99	36,05
<b>ÁTLAG</b>	<b>43,14</b>	<b>27,22</b>	<b>15,92</b>	<b>36,88</b>
<b>SZÓRÁS</b>	<b>6,84</b>	<b>4,22</b>	<b>2,63</b>	<b>0,57</b>
VARIANCIA	46,741	17,812	6,927	0,321
MEDIÁN	40,72	25,82	14,91	37,10

ell  
0,215

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél

	Kontroll	Dúsított
Várható érték	28,79268994	36,88361203
Variancia	0,21457718	0,321182831
Megfigyelések	4	4
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	6	
t érték	-22,10766464	
P(T<t) egyszélű	2,79965E-07	
t kritikus egyszélű	1,943180281	
P(T<t) kétszélű	5,59931E-07	
t kritikus kétszélű	2,446911851	

p-érték<0,01, alfa=0,05 A p-érték jóval kisebb, mint a szokásos szignifikanciahatár (0,05 vagy 0,01), tehát a különbség nagyon szignifikáns.

Ez a p-érték annyira kicsi, hogy még a legszigorúbb (0,001) szintnél is biztosan szignifikáns.

Nullhipotézis: Nincs szignifikáns különbség a két csoport tömegvesztése között.

Ha a p-érték < alfa (0,05) → a különbség szignifikáns, elutasítjuk a nullhipotézist.

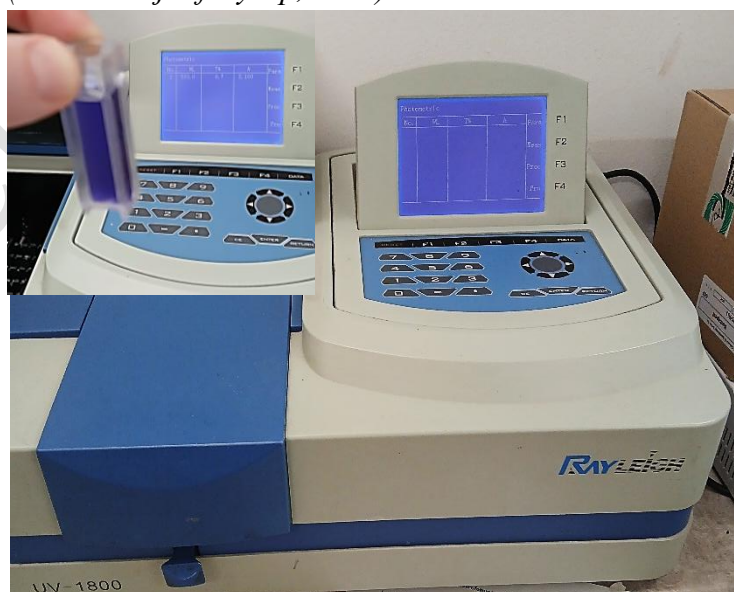
Tehát valóban van eltérés a kontroll és dúsított minták között.

A különbség a kontroll és dúsított minták között nagyon szignifikáns.

Ez azt jelenti, hogy a dúsított minták szignifikánsan nagyobb tömegvesztést mutatnak

A t-érték -22,11 azt jelzi, hogy az eltérés nagyon erős.

16. számú melléklet: Rayleigh UV-1800 spektrofotométer (Forrás: Saját fénykép, 2025)



20. számú melléklet: : 24h és 72h liofilizálás antioxidáns kapacitás eredményei (Forrás: Saját munka, 2025)

24H								
Minta	Bemért (g)	Abszorbancia	Keresett cc. (mgAS/ml)	μmolAS/L	μmolAS/g	mgAS/g kivonatra nézve	minta szárazanyagartalma (%)	mgAS/g szárazanyag
LPiskóta1	0,1531	0,063	0,0225	127,5	1,25	0,22	75,77	0,290
		0,044	0,0135	76,7	0,75	0,13		0,175
		0,102	0,0408	231,7	2,27	0,40		0,528
LKrém1	0,1584	1,059	0,4913	2789,4	26,41	4,65	80,63	5,770
		1,113	0,5167	2933,7	27,78	4,89		6,068
		1,274	0,5925	3364,0	31,86	5,61		6,958
LPiskóta2	0,1543	2,115	0,9883	5611,7	54,55	9,61	64,00	15,012
		2,148	1,0039	5699,9	55,41	9,76		15,248
		2,218	1,0368	5886,9	57,23	10,08		15,749
LKrém2	0,1582	1,470	0,6847	3887,8	36,86	6,49	78,05	8,318
		1,534	0,7149	4058,9	38,48	6,78		8,684
		1,538	0,7167	4069,6	38,59	6,80		8,707

72H								
Minta	Bemért (g)	Abszorbancia	Keresett cc. (mgAS/ml)	μmolAS/L	μmolAS/g	mgAS/g kivonatra nézve	minta szárazanyagartalma (%)	mgAS/g szárazanyag
LPiskóta1	0,1521	2,157	1,0081	5723,9	21,67	9,94	96,83	10,267
		2,234	1,0443	5929,7	22,45	10,30		10,636
		2,148	1,0039	5699,9	21,58	9,90		10,224
LKrém1	0,1549	0,703	0,3237	1837,9	6,83	3,13	99,58	3,148
		0,728	0,3355	1904,8	7,08	3,25		3,262
		0,716	0,3298	1872,7	6,96	3,19		3,207
LPiskóta2	0,1503	2,087	0,9751	5536,8	21,22	9,73	96,99	10,034
		2,160	1,0095	5731,9	21,96	10,07		10,388
		2,137	0,9987	5670,5	21,73	9,97		10,276
LKrém2	0,1506	1,796	0,8382	4759,1	18,20	8,35	97,69	8,546
		1,844	0,8608	4887,4	18,69	8,57		8,776
		1,767	0,8245	4681,6	17,90	8,21		8,407

19. számú melléklet: Kéttényezős ANOVA adatai – 0,24h, 72h (Forrás: Saját munka, 2025)

Minta	Előtte	24h	72h
Piskóta1	7,87	0,22	9,94
Piskóta1	7,87	0,13	10,30
Piskóta1	8,75	0,40	9,90
Krém1	2,05	4,65	3,13
Krém1	2,00	4,89	3,25
Krém1	1,97	5,61	3,19
Piskóta2	9,59	9,61	9,73
Piskóta2	10,12	9,76	10,07
Piskóta2	10,68	10,08	9,97
Krém2	2,67	6,49	8,35
Krém2	2,76	6,78	8,57
Krém2	2,87	6,80	8,21

18. számú melléklet: Kéttényezős ANOVA adatai – 0,24h, 72h (Forrás: Saját munka, 2025)

Minta	Előtte	72h
Piskóta1	7,87	9,94
Piskóta1	7,87	10,30
Piskóta1	8,75	9,90
Krém1	2,05	3,13
Krém1	2,00	3,25
Krém1	1,97	3,19
Piskóta2	9,59	9,73
Piskóta2	10,12	10,07
Piskóta2	10,68	9,97
Krém2	2,67	8,35
Krém2	2,76	8,57
Krém2	2,87	8,21

21. számú melléklet: Kéttényezős ANOVA – 0,24h,72h (Forrás: Saját munka, 2025)

Kéttényezős varianciaanalízis ismétlésekkel							
<b>ÖSSZESÍTÉS</b>							
	<i>Piskóta1</i>	<i>Előtte</i>	<i>24h</i>	<i>72h</i>	<i>Összesen</i>		
Darabszám	3	3	3	3	9		
Összeg	24,47649	0,752165	30,14098	55,36964			
Átlag	8,158831	0,250722	10,04699	6,152182			
Variancia	0,258667	0,018595	0,048146	20,34014			
	<i>Krém1</i>	<i>Előtte</i>	<i>24h</i>	<i>72h</i>	<i>Összesen</i>		
Darabszám	3	3	3	3	9		
Összeg	6,023234	15,15553	9,577008	30,75577			
Átlag	2,007745	5,051842	3,192336	3,417308			
Variancia	0,001936	0,248558	0,003248	1,829379			
	<i>Piskóta2</i>	<i>Előtte</i>	<i>24h</i>	<i>72h</i>	<i>Összesen</i>		
Darabszám	3	3	3	3	9		
Összeg	30,39226	29,44584	29,77382	89,61192			
Átlag	10,13075	9,815279	9,924608	9,95688			
Variancia	0,295213	0,057922	0,03074	0,115215			
	<i>Krém2</i>	<i>Előtte</i>	<i>24h</i>	<i>72h</i>	<i>Összesen</i>		
Darabszám	3	3	3	3	9		
Összeg	8,302762	20,06615	25,13411	53,50302			
Átlag	2,767587	6,688716	8,378036	5,94478			
Variancia	0,009763	0,029001	0,03324	6,231274			
	<i>Összesen</i>						
Darabszám	12	12	12				
Összeg	69,19475	65,41968	94,62592				
Átlag	5,766229	5,45164	7,885493				
Variancia	13,1642	13,09558	8,502359				
<b>VARIANCIAANALÍZIS</b>							
	<i>Tényezők</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-érték</i>	<i>F krit.</i>
Minta		196,3111	3	65,43702	758,669	6,68E-24	3,008787
Oszlopok (időpont)		42,05557	2	21,02778	243,7936	1,14E-16	3,402826
Kölcsönhatás (minta*idő)		184,0025	6	30,66708	355,5504	3,2E-22	2,508189
Hiba		2,070058	24	0,086252			
Összesen		424,4391	35				

23. számú melléklet: Kéttényezős ANOVA – 0 és 72h (Forrás: Saját munka, 2025)

Kéttényezős varianciaanalízis ismétlésekkel						
ÖSSZESÍTÉS						
	Piskóta1	Előtte	72h	Összesen		
Darabszám		3	3	6		
Összeg		24,47649	30,14098	54,61748		
Átlag		8,158831	10,04699	9,102913		
Variancia		0,258667	0,048146	1,192273		
	Krém1	Előtte	72h	Összesen		
Darabszám		3	3	6		
Összeg		6,023234	9,577008	15,60024		
Átlag		2,007745	3,192336	2,60004		
Variancia		0,001936	0,003248	0,423051		
	Piskóta2	Előtte	72h	Összesen		
Darabszám		3	3	6		
Összeg		30,39226	29,77382	60,16609		
Átlag		10,13075	9,924608	10,02768		
Variancia		0,295213	0,03074	0,14313		
	Krém2	Előtte	72h	Összesen		
Darabszám		3	3	6		
Összeg		8,302762	25,13411	33,43687		
Átlag		2,767587	8,378036	5,572811		
Variancia		0,009763	0,03324	9,460341		
	Összesen					
Darabszám		12	12			
Összeg		69,19475	94,62592			
Átlag		5,766229	7,885493			
Variancia		13,1642	8,502359			
VARIANCIANALÍZIS						
Tényezők	SS	df	MS	F	p-érték	F krit.
Minta	209,1859	3	69,72862	819,1889	1,02E-17	3,238872
Oszlopok (állapot, időpont)	26,94768	1	26,94768	316,5879	5,76E-12	4,493998
Kölcsönhatás (minta *időpont)	27,78438	3	9,261461	108,8059	7,43E-11	3,238872
Hiba	1,361906	16	0,085119			
Összesen	265,2798	23				

22. számú melléklet: Box plot diagram szilárdság értékei (Forrás: Saját munka, 2025)

kg*s			
Kontroll	Liofilizált kontroll	Dúsított	Liofilizált dúsított
2,83248	4,14805	3,03202	7,05567
4,33424	5,92111	4,94414	6,05824
4,11576	8,01759	1,94244	5,64414
4,29466	12,24441	5,71262	17,31982
5,22399	12,24088	2,79232	31,16435
2,96564	7,81927	2,85488	7,03049
5,26312	9,98383	4,18565	3,71497
4,19439	2,09136	0,65282	6,22651

25. számú melléklet: Háromszögpróbára kapott válaszok –Miben volt eltérő? (Forrás: Saját munka, 2025)

Diósabb, szárazabb volt, és keményebb
A töltelék kicsit másmilyennek érződött
Keményebb, porózusabb (mintha szemcsésebb lenne), kívül világos a másik kettő kívül sötét, ropogósabb
Diósabb, szárazabb volt, és keményebb
Sokkal puhább
Puhább
Sokkal keményebb szárazabb és talán fűszeresebb
Az állaga puhább, nincs dilofilizálva a gyümölcs benne
nem volt egyforma az állaguk
Eltérő textúrájú, savanyúbb
Sokkal puhább, krémesebb
Keményebb, szárazabb, színben halványabb, kevésbé savanykás.
Izben eltérő és állagban

24. számú melléklet: 15 szempontos érzékszervi bírálat átlagolt eredményei (Forrás: Saját munka, 2025)

Szempontok	Kontroll	Dúsított	Liofilizált kontroll	Liofilizált dúsított
Szín	4,2	3,8	4,0	3,6
Illat	4,4	3,6	2,4	3,3
Édessége	4,0	3,6	3,9	3,0
Diós íz	4,4	3,8	3,9	3,3
Gyümölcsös íz	1,6	4,0	1,3	3,4
Savanyúsága	1,4	3,8	1,1	3,7
Utóíz	3,4	2,6	3,4	2,9
Teljes ízprofil tetszősége	4,6	4,0	4,6	3,7
Nedvesség érzet	4,2	4,0	1,1	1,1
Krémesség	5,0	4,6	1,9	1,0
Szárazsága	1,2	1,2	4,1	3,6
Törékenység, roppanóság	1,4	2,4	4,4	3,6
Omlósság	3,4	4,2	2,9	2,1
Puhaság	5,0	4,8	1,3	1,0
Összbenyomás	4,6	4,0	3,7	3,9

# 11. Nyilatkozatok

## MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

### III. Hallgatói Követelményrendszer

#### III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

### NYILATKOZAT

#### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről<sup>1</sup>

A hallgató neve: Neményi Dóra Rita  
A Hallgató Neptun kódja: IXX50 F  
A dolgozat címe: A határon túl: zsidókrémek az űrben  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszer-tudományi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Ipari Növény Technológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió<sup>2</sup> egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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 mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év 11 hó 10 nap

Neményi Dóra  
Hallgató aláírása

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

## NYILATKOZAT

Neményi Dóra Rita (név) (hallgató Neptun azonosítója: IXX5OF) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: 2025.11.09.

  
\_\_\_\_\_  
belső konzulens

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

**Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról**

**1. Általános adatok**

Hallgató neve:	Neményi Dóra Rita
Neptun-kódja:	1XX50F
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat
A munka címe:	A határon túl: zsírkrémek az úrban

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

**2. Nyilatkozat az MI használatáról**

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

**3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése**

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)**

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
fordítás, fogalmazási tippel, számítások ellenőrzése	ChatGPT (GPT 5 model), Microsoft Copilot	

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve, Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

**3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)**

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....

.....

**4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:**

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. év 11. hó <sup>09</sup>..... nap

  
 .....  
**Hallgató aláírása**

  
 .....  
**Konzulens/Témavezető aláírása**