



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi Intézet

TDK dolgozat

**DIÓ HŐKEZELÉSÉNEK HATÁSA A DIÓPASZTA FIZIKAI
ÉS KÉMIAI TULAJDONSÁGAIRA**

**Effect of nut heat treatment on the physical and chemical properties of nut
paste**

Készítette: **Horváth Károly József**
SZ43YS
Élelmiszermérnök alapképzés
nappali tagozat
Budai Campus

Témavezető: *Dr. Kaszab Tímea*, egyetemi adjunktus, MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék, Budai Campus

de Jonge Nóra, PhD hallgató, MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Gabona és Iparnövény Technológia Tanszék, Budai Campus

**Budapest
2025**

Tartalomjegyzék

RÖVIDÍTÉSEK	3
1. Bevezetés	4
2. Célkitűzés	5
3. Irodalmi áttekintés	6
3.1. A dió	6
3.2. Dió morfológiája	6
3.3. Földrajzi elhelyezkedés	7
3.4. Dió beltartalmi jellemzői	7
3.5. A dió felhasználása	8
3.5.1. A dió élelmiszeripari felhasználása	9
3.5.2. A dió egyéb ipari felhasználása	10
3.6. Magpaszták és magkrémek ismertetése és fogyasztói szokások	11
3.6.1. Magpaszták gyártástechnológiai	12
3.6.2. Magpaszták típusai és felhasználási területei	13
3.6.3. Magpaszták tárolási körülményeinek problémája	13
3.7. A témához kapcsolódó korábbi kutatási eredmények bemutatása	14
3.7.1. Nedvességtartalom	14
3.7.2. Olajkiválás	14
3.7.3. Olajterülés	15
3.7.4. Színmérés	15
3.7.5. Szemcseméret analízis	16
3.7.6. Amplitúdó pásztázás	17
3.7.7. Viskozitás	17
3.7.8. Reológiai modell illesztés	18
3.7.9. Összes polifenol tartalom	18
3.7.10. Vasredukáló képesség	19
4. Anyagok és módszerek	21
4.1. Felhasznált anyagok	21
4.2. Mérési módszerek	23
4.2.1. Nedvességtartalom meghatározása	23
4.2.2. Olajterülés mérése	23
4.2.3. Olajkiválás mérése	23
4.2.4. Színmérés	23
4.2.5. Szemcseméret meghatározás	23
4.2.6. Amplitúdó pásztázás	24
4.2.7. Viskozitás mérése	24
4.2.8. Reológiai modell illesztés	25
4.2.9. Összes polifenol tartalom	25
4.2.10. Vasredukáló képesség	26
4.2.11. Statisztikai elemzés	26
5. Eredmények és értékelésük	28
5.1. Előkísérletek	28
5.2. Nedvességtartalom	30
5.3. Olajterülés	31
5.4. Olajkiválás	32
5.5. Színmérés	34
5.6. Szemcseméret analízis	35
5.7. Reológia vizsgálatok	37
5.7.1. Amplitúdó pásztázás	37
5.7.2. Viskozitás	40
5.7.3. Reológia modell illesztése	41
5.8. Összes polifenol tartalom	42
5.9. Vasredukáló képesség	43
6. Összefoglalás	44
7. Irodalomjegyzék	46
Táblázatok és ábrák jegyzéke	49
Köszönetnyilvánítás	50

RÖVIDÍTÉSEK

Fizikai mennyiségek:

a^*	vörös-zöld színezetre jellemző paraméter [-]
b^*	kék-sárga színezetre jellemző paraméter [-]
C	Pozitív csúcsok száma [db]
D	deformáció [mm]
η	dinamikai viszkozitás [Pas]
$F_{\max}$	maximális erő [N]
G'/G''	tárolási modulus [Pa] / veszteségi modulus [Pa]
γ_{LVE}	lineáris viszkoelasztikus határ nyírási deformációja [%]
L^*	világossági tényező [-]
LT	lineáris távolság [-]
M	7,5 mm deformációig végzett munka [Nmm]
τ_f	folyásponti nyírófeszültség [Pa]
τ_0	mérés kezdeti nyírófeszültség [Pa]
τ_{0C}/τ_{0HB}	Casson és Herchel-Bulkley modellek kezdeti nyírófeszültsége [Pa]

Mintakódok:

N	natúr dióból készült diópaszta (illetve vágási tesztnél natúr felezett dió)
P	pörkölt dióból készült diópaszta (illetve vágási tesztnél pörkölt felezett dió)
G	gőzölt dióból készült diópaszta (illetve vágási tesztnél gőzölt felezett dió)

Fogalmak rövidítései:

CIE	Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Comission Internationale de l'Éclargie)
FRAP	(Ferric Reducing Ability of Plasma) vasredukáló képesség
LVE	lineáris viszkoelasztikus határ
TPC	(Total Polyphenol Content) összes polifenol tartalom
UH	ultrahangos fürdő

Statisztikai rövidítések:

ANOVA	varianciaanalízis (analysis of variance)
RMSE%	becslési hiba (root mean square error), %
AIC	Akaike információs kritérium (Akaike's information criterion)
R^2	determinációs együttható

1. Bevezetés

A dió és egyéb diófélék a széles körben elterjedt és kedvelt élelmiszerek közé tartoznak: jelentőségét napjainkra nemcsak az élelmiszeripar, hanem a kozmetikai ipar és a gyógyszeripar is felismerte. A diót évezredek óta az emberi táplálkozás esszenciális elemeként tartják számon.

A dió fogyasztása számos pozitív élettanihatást hordoz magában. Kiváló antioxidáns forrás, jó gyulladáscsökkentő, támogatja az agy működését és a prosztata egészségét, valamint segít megelőzni a 2-es típusú cukorbetegség kialakulását.

A dió az élelmiszeripar számára gazdasági fontosságú növény. A magot és a magházat frissen vagy piritva magában vagy más ehető termékben fogyasztják. Az egész friss magokat elsősorban egész dióként, vagy különböző élelmiszerekben használják fel.

Korunk tudatos táplálkozást folytató embere keresi azokat a termékeket, amelyek nélkülözhetetlen tápanyagokat tartalmaznak. A dióból készült kenhető termékek, vajak (paszták) és spreadek elősegítik a dió szélesebb körben történő felhasználását, hiszen fogyasztásuk egyszerű, nem igényel sok előkészítő műveletet. A paszták és spreadek gyártási technológiájuk miatt megőrzik az alapanyagként felhasznált dió jótékony hatásait. A fő összetevőt először pörkölik, majd aprítják, vagy pörkölés nélkül, natúr formában aprítják és ezt követően, pasztaként hozzák forgalomba.

A kereskedelmi forgalomban kapható magpaszták esetében, a csomagoláson sok esetben nem szerepel az előkezelés módja, így nem kapunk információt arról, hogy a megvásárolt termék natúr vagy pörkölt alapanyagból készült.

Az előkezelés módja hatással lehet a termék kinézetére, állományára, ezáltal fontos lenne megvizsgálni az ezeket befolyásoló tényezőket.

2. Célkitűzés

Számos kutatás foglalkozik a különböző magpaszták fizikai és texturális tulajdonságaival, azonban a dióból készült paszták reológia viselkedéséről, valamint a hőkezelés hatásának vizsgálatával kapcsolatban jelenleg kevés irodalom lelhető fel.

Ezért szakdolgozatom célja volt:

- a téma szakirodalmi körülményeinek, feldolgozása;
- a dió esetében a hőkezelés hatásának vizsgálata fizikai és kémiai módszerek segítségével;
- az általam készített diópaszták vizsgálata nedvességtartalom, szín, szemcseméret, olajterület, olajkiválás mérésével;
- a diópaszták reológiai viselkedésének vizsgálata amplitúdó pásztázással, folyásgörbe felvételével, valamint a folyásgörbék reológiai modellezésével;
- a fizikai méréseken túl a diópaszták összes polifenol tartalmának meghatározása;
- a kapott értékek alapján összefüggést keresni az egyes termékek között;
- a talált összefüggések különböző statisztikai módszerrel történő alátámasztása

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A dió

A diót világszerte a „fás olajnövények királyaként” tartják számon megelőzve a mandulát és a mogyorót (Wu és mtsai., 2023).

A dió tudományos megközelítése már az ókorban is nagy jelentőséggel bírt, Theophraszosz i.e. 300 körül írt a diófáról tudományos céllal. 400 évvel később, Galénosz az első évszázadban a diófalevél orvosi felhasználásait írta le. A történelem folyamán számos botanikus dolgozott a dió és rokonainak rendszertanával. A modern technológiák lehetővé tették, hogy a dióféléket új szempontok és megközelítések szerint rendszerezzük (Orosz, 2015).

3.2. Dió morfológiája

A diók a mérsékelt éghajlati övön termesztett diófélék közé sorolhatóak, a világon 20 faja ismert. Négy legismertebb típusa a *Rhysocaryon*, vagyis a fekete dió, továbbá a *Cardiocaryon*, ami nem más, mint a kínai dió, a *Trachycaryon* és a *Juglans regia*, vagyis a közönséges dió (Verma, 2014).

A diófélék a *Juglandales* rendjébe, azon belül a *Juglandaceae* családjába tartoznak. A *Juglandaceae* család egyik legjelentősebb tagja a *Juglans regia*, vagyis a közönséges dió. A fajra jellemző, hogy terebélyes, szerteágazó ágakkal rendelkezik. Méretéből adódóan elsősorban mezőkön található meg, de erdőben is képes életfunkcióit elvégezni, ha kellő mennyiségű fényt kap fejlődéséhez. A diófa virágai egyivarúak, vagyis külön hím és nővirágzatokkal rendelkezik. A terméskezdemény a beporzást követően a megvastagodott nővirágból fejlődik ki, a termés a virágzástól számított 4,5-5 hónap alatt érik meg. A diótermés legkülső zöld színű részét kopáncsnak nevezzük, amelyet a perikarpium és mezokarpium épít fel. A termés belső részén található a jellegzetes csonthéj, amely fásodott, barázdás. A dió centrumában pedig a finom, fehér dióbél helyezkedik el, ami parenchima sejtek tömegéből áll. Az érett dió méretét nagymértékben befolyásolja a fejlődés során fellépő klimatikus változások és a kellő mennyiségű csapadék utánpótlása - ha ezen feltételek teljesülnek, akkor a dió mérete kellően nagy lesz. A dió érése során először a kopáncs felszínén szabálytalan foltok jelennek meg, amelyek az érés kezdetét jelentik. Ezt követően megfeketedik, majd pedig leválk, más szóval kovasodik. A dió érett állapotában a bélszerkezetet elválasztó válaszfal elveszti fehér színét. A kopáncs repedésekor kinyerhető dióbelet, „friss diónak” hívjuk. Az érés üteme fajspecifikus, bizonyos esetekben már 5 nap alatt elhullajtja a termését, de vannak fajok, amelyeknek 40 nap is szükséges (Orosz, 2015).

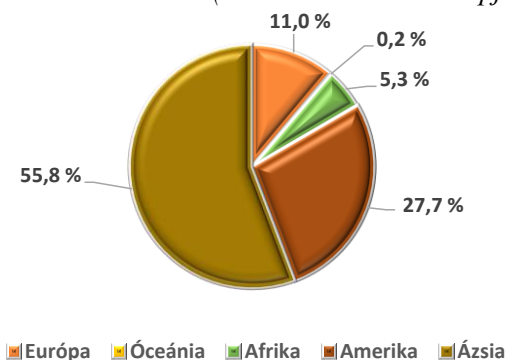
A dió legjellemzőbb betegsége a dió foltosság, amelyet a *Xanthomonas campestris v juglandis* okoz - ezek a baktériumok elsősorban nagy mennyiségű csapadék hatására támadják meg a diót. A diófa első termését 8-10 év után hozza, majd ezt követően éves termése átlagosan 50-70 kg (Hussain és mtsai., 2021).

3.3. Földrajzi elhelyezkedés

A közönséges diót, vagyis a *Juglans regia*-t Észak- és Dél-Amerikában, Európában, Ázsiában, kisebb mértékben Óceániában és Észak-Afrikában is termesztik. A világon a legtöbb diót Kína termeli, őt követi a USA, Törökország, Irán, Ukrajna, Mexikó és India. Kiemelkedő termelő országok még Franciaország, Egyiptom és Románia. Az említett országok nagy része belföldi piacra termeli a diót, így különösen Kína, Irán és Törökország. Az exportőrök közül Chile kiemelkedik, hiszen a megtermelt diónak majdnem teljes egészét innen exportálják (McGranahan és Leslie, 2011).

Az **1. ábra** a héjas dió termesztésének régiók szerinti eloszlását mutatja be, amelyen látható, hogy Ázsia az összes termés több, mint felét teszi ki. Ha országokra lebontva vizsgáljuk, akkor a 10 legnagyobb mennyiséget termeszto ország a következő: Kína, Egyesült Államok, Irán, Törökország, Chile, Burkina Faso, Mexikó, Ukrajna, Görögország, Románia (Internet 1).

1. ábra Diótermesztés régiók szerinti eloszlása (Forrás: Internet 1 alapján, saját szerkesztés)



A *Juglans regia* termesztése Magyarországon nagy hagyományokkal rendelkezik. Magyarország különlegessége, hogy az ország területén őshonos diófajták más genotípussal rendelkeznek, mint a világ többi részén termesztett fajták. A legfrissebb adatok alapján az országban a harmadik legnagyobb mennyiségben termesztett gyümölcsfaj a dió (Bujdosó és Cseke, 2021).

3.4. Dió beltartalmi jellemzői

A dió makrotápanyagai közé sorolható, különböző zsírsavak egészségre gyakorolt hatása nagy jelentőséggel bír. A dió zsírsavprofilját egyszeresen telítetlen, többszörösen telítetlen és telített zsírsavak alkotják, amelyek más-más arányban vannak jelen. A legkisebb

mennyiségben a telített zsírsavakkal találkozunk, az összes zsírsavhoz képest kb. 9%-os mennyiségben lelhető fel palmitinsav és sztearinsav. A telítetlen zsírsavak (MUFA) aránya az összes zsírsavhoz képest 21,2 %. A legnagyobb arányban a többszörösen telítetlen zsírsavak, és ezek közül is az omega-3 és omega-6 zsírsavtartalom jelenléte kiemelkedő. A gyümölcs flavonoid tartalma a földimogyoróhoz és más diófélék flavonoid tartalmához képest jóval alacsonyabb, 50 %-nál kisebb koncentrációban van jelen. A flavonoidok számos krónikus betegség megelőzésében fejtik ki hatásukat. A fitokémiai anyagokon belül ismerünk sztilbéneket, ezen vegyületek transz rezveratrol formájuk miatt, fitoalexinként gombafertőzések ellen védik a növényt. A laboratóriumi vizsgálatok bebizonyították, hogy a rezveratrol antikarcinogén és gyulladáscsökkentő hatással és antioxidáns tulajdonsággal bír (Hayes és mtsai., 2015).

A dió egészségre gyakorolt hatása kiemelkedő, hiszen telítetlen zsírsavai mellett fehérjékben, élelmi rostokban és mikrotápanyagban gazdag forrás. Antioxidáns és E-vitamin tartalma elősegíti a megfelelő szív működést, csökkenti a vérben lévő zsír mennyiségét és megakadályozza a rákos sejtek növekedését. A csonthéjas gyümölcs fogyasztása támogatja az idegrendszer, a csontok és az immunrendszer helyes működését, elősegíti a depresszió leküzdését és gátolja az időskori agyi folyamatok csökkenését. A dióban flavonoidok, fenolsavak és az ebből képződő polifenolok találhatóak, amelyek táplálkozás-élettani hatása még nem ismert, azonban antimutagén, antiheterogén és gyulladáscsökkentő funkcióinak köszönhetően az egészségre pozitív hatást gyakorolnak. A napi diófogyasztással megelőzhető a szívkoroszorúér betegség, hiszen csökkenti az alacsony sűrűségű lipoprotein koncentrációját a vérben (Khir és Pan, 2019).

Számos tanulmány foglalkozik a dió egészségre gyakorolt pozitív élettani hatásaival. Simopoulos (2002) bebizonyította, hogy a dió jótékony tulajdonságai megakadályozzák a szív- és érrendszeri betegségeket, hiszen telítetlen zsírsav aránya ideális 4:1-hez, ami azt jelenti, hogy az omega-3 és omega-6 zsírsavak egyensúlyba vannak.

Wu (2021) és munkatársai megállapították, hogy a diófehérjéből származó hidrolizátumok és peptidek immunmodulációs tumorelles és neuroprotektív szerepe sem elhanyagolható.

3.5. A dió felhasználása

A dió sokrétű felhasználása a régmúlt időkben is jelentős volt. A középkorban védelmi funkciót tulajdonítottak neki, elsősorban a villámlástól, a láztól, a boszorkányságtól és az epilepsiától való félelem miatt tulajdonították neki a védelmi funkciót. A 16-17. században a

dióhéjból tinktúrákat készítettek, amely a fejbőr betegségeinek kezelésére alkalmas volt (McGranahan és Leslie, 2011).

A diómag élelmiszeripari felhasználása során három termékkategóriát különböztetünk meg. Beszélhetünk előfeldolgozott, köztes termékekről, és magas hozzáadott értékű feldolgozott termékekről.

A gyógyszeripari felhasználása a diómagban lévő hatóanyag kivonási technológia és gyógyszerészeti ismeretek fejlődésével sokrétűbbé vált (Liu és mtsai., 2021).

3.5.1. A dió élelmiszeripari felhasználása

A dió élelmiszeripari felhasználása történhet mártások, joghurtok, édességek, olajok, italok készítése során, továbbá élelmiszerek minőségének javítási célból történő összetevőjeként is felhasználható.

A dió allergénként komoly kockázatot jelent, hiszen anafilaxiás sokkot is okozhat (Madrid és mtsai., 2021).

A dió magjának felhasználása elsősorban olaj előállítására alkalmas. Kutatások alapján a dió átlagos olajtartalma 620-740 g/kg diómag. A dióolajat finomítás nélkül közvetlenül étkezési célokra salátaöntetként hasznosítják.

Diólisztet a modern, egészségtudatos táplálkozásban a funkcionális élelmiszerek előállítása során alkalmazzák, ezt elsősorban a benne található prolaminoknak, albuminoknak, globulinoknak és glutelineknek köszönhető. Néhány élelmiszeripari termék esetén javítja az érzékszervi tulajdonságokat.

A diómag fogyasztása manapság az egészségmegőrzés területén fontos szerepet játszik, akár frissen fogyasztva natúr állapotban, akár pörkölve vagy különféle pékáruk összetevőjeként fejtik ki pozitív hatásait. A magból különböző termékeket tudunk előállítani, készülhet belőle keksz, torta, pite, sütemény és chutney.

A chutney-k készítéséhez elsősorban éretlen diót használnak fel nyersanyagként. Az éretlen dió magas aszkorbinsav tartalma miatt savanyúságok, lekvárok, préslevek, szirupok alapanyagát is képezheti (Khir és Pan, 2019).

A szezonálisából adódóan a dió feldolgozása az elmúlt években nagymértékű fejlődésen ment keresztül. A diótejek kezdetben stabilizátoros kezeléssel és homogenizálással állították elő. Megfigyelték, ha lótoszlevél felhasználásával készítenek diótejet, akkor egy kellemetlen aldehides ízű italt kaptak. A diótejből fermentációs technológia alkalmazásával diójoghurtot állítottak elő (Liu és mtsai., 2022).

Több európai országban, például Olaszországban, Szlovéniában, Szerbiában a diót még éretlen állapotban likörgyártás alapanyagaként hasznosítják. A nocino tradicionális olasz likőr

a hagyományoknak megfelelően Szent János napján szedett éretlen dióból és különböző fűszerek felhasználásával készül. Az alapanyagokat élelmiszeripari etanolba áztatják és a késztermék minimális alkoholtartalma 30 térfogatszázalék (Motti és munkatársai, 2022).

Shakerardekani és munkatársai (2013) megállapították, hogy a gyerekek előszeretettel fogyasztják a dióból készülő kenhető termékeket. A gyerekek előnyben részesítik a krémes és könnyen kenhető élelmiszereket, ezért a terméknek lágy állagúnak és könnyen kenhetőnek kell lennie.

3.5.2. A dió egyéb ipari felhasználása

A dió és melléktermékeinek felhasználása nem csak az élelmiszeripar számára nélkülözhetetlen, hanem más iparágak is hasznosítják. Beiki kutatótársaival (2017) a zöld dióhéj kozmetikai iparban történő felhasználását vizsgálták. A zöld dióhéjban található juglon és egyéb festékanyagok kivonatát hatékony hajfestékként való felhasználását értékelték. A kutatás során figyelembe vették a festést tartósságát, antimikrobiális viselkedését és a bőrirritációs tulajdonságait, amelyet patkányokon vizsgáltak.

A dió feldolgozása során képződő értékes termék a dióolaj, amelyet a kozmetikai ipar emulziók készítése során felhasznál. A dióolaj és birkafaggyú 2:3 (m/m) keveréke speciális emulziót alakít ki, amely a természetben nem fordul elő. A folyamat elején katalizátor és enzimek segítségével hidrolizálták a lipideket, hogy több monoacilglicerinnel és diacilglicerinnel keletkezzen. A képződött lipid termékekből létrehozható egy speciális emulzió, amelynek bőrhidratáló szerepét és egyéb érzékszervi tulajdonságait vizsgálták (Kowalska és mtsai., 2014).

A dió gyógyításban elfoglalt szerepét már régóta ismeri az emberiség. A cukorbetegség kezelésére a diógyökér remek alternatívaként alkalmazható, levele a reumás fájdalom csillapítására használható ezenfelül láz és bőrbetegségekre kezelésére is alkalmazták. Az iráni konyhában a diófa levelét használták különböző ételek készítéséhez. Jelenlegi kutatások azt bizonyítják, hogy farmakológiai felhasználása a diónak szélesebb körű, hiszen a szívkoszorúér betegségeket is megakadályozza (Gupta és mtsai., 2019).

Egyes felületek tisztítása során sokszor okoz kellemetlenséget az a tény, hogy az erős mechanikai vagy egyéb kémiai szerek alkalmazása károsítja a felületet. A dióhéj remek alternatívaként felhasználható sérülésmentes tisztításhoz. Ezt a tulajdonságát használja ki a sugárhajtású hajtóművek tisztítása esetén. A nagyméretű gőzturbinák zsír-olaj lerakódásának problémájára tisztító hatása miatt remekül alkalmazható a dióhéj.

A dióhéj festék eltávolítás területén is hasznosítható, így a homokszórásos festék kaparás esetén a homok alternatív helyettesítője.

A kozmetikai ipar is alkalmazza a dióhéjat - különböző arc- és testradírok összetevőjeként is találkozhatunk vele (Salehi-Amiri és mtsai., 2021).

3.6. Magpaszták és magkrémek ismertetése és fogyasztói szokások

A magkrémeket leggyakrabban diófélékből, olajos magvakból, magas zsírtartalmú gyümölcsökből állítják elő. Az egészséges táplálkozás kulcsfontosságú része, hiszen omega-3 és omega-6 telítetlen zsírsavak vannak benne. A legmeghatározóbb tulajdonságai a szín, íz, és texturális tulajdonságok, amely alapján a fogyasztók kiválasztják a megfelelő magkrémet (Prakash és mtsai., 2022).

Dióvajak és diókrémek pasztává őrölt, kenhető termékek, melyekkel napjainkban már a kereskedelmi forgalomban is találkozhatunk. A fent említett termékek készülhetnek mandulából, kesudióból, mogyoróból, makadámdióból, földimogyoróból, pekándióból, pisztáciából és dióból. Olajos magvak is felhasználhatóak hasonló termékek előállításához, napraforgómagból, szezámagból, tökmagból és a szójababból is készíthető kenhető termék. A magvajak a kiindulási alapanyag(ok) mikro- és makrotápanyagaival rendelkeznek, így minden, a felhasznált magfélére vonatkozó táplálkozás-élettani hatással is bírnak (Shakerardekani és mtsai., 2013).

A diókrémeket sokrétűen tudjuk felhasználni. Elsősorban szendvicskrémekhez adják, de készíthető belőle kekszek speciális feltéte, vagy akár zöldségfalatkák mártogató szósza is. Népszerűségét állományának és sokoldalú felhasználásának köszönheti, továbbá sok élelmiszerrel remekül párosítható. Nagy mennyiségben használja fel a magkrémeket az édesipar, azon belül is a cukrászat, hiszen rendszerint 100%-os magvajakkal vagy esetleg spreadekkel ízesítik a fagyaltokat, krémeket (Shakerardekani és mtsai., 2013).

A diófélék feldolgozása és fogyasztása között eltelt tárolási idő alatt sok esetben romlik a termék minősége is. Számtalan jelentés szól arról, hogy a tárolás alatt mikotoxinnal szennyeződnek a termékek. Sok bizonyíték arra utal, hogy a mikotoxinos szennyeződés az import-export folyamatok során elsősorban tengeri szállítás esetén lép fel. A fejlesztések során létrehozott különböző diókrémekhez a megfelelő csomagolóanyag használatával elérték, hogy a mikotoxinos szennyeződés szintje minimális legyen (Shakerardekani és mtsai., 2013).

Sok egészségügyi aggály merült fel a teavajak fogyasztásával kapcsolatban az elmúlt pár évben, amely az alternatívaként szolgáló speciális magvajak elterjedését támogatta. A dióféléket általában pirított formában fogyasztjuk elsősorban snackként, viszont az új technológiák megjelenésével számtalan dió- és egyéb magalapú feldolgozott rágcsálnivaló került forgalomba. Korábban csak a mogyoróvaj volt az egyetlen helyettesítője a teavajnak. Az

új technológiák felhasználásával számtalan változatban jelentek meg magvakból készült vajak, amelyek jó fehérje, esszenciális-zsír-sav és egyéb tápanyagforrásnak bizonyultak (Gorrepati és mtsai., 2015).

3.6.1. Magpaszták gyártástechnológiái

Gorrepati és mtsai., (2015) szerint a diófélékből készülő kenhető állagú élelmiszereken belül megkülönböztetünk dióvaját, elsősorban olyan termékeket értünk alatta, amely legalább 90%-ban dióféléket tartalmaznak. A diókrém kifejezést egy termékre akkor alkalmazhatjuk, ha legalább 40%-ban tartalmaz diófélékből előállított összetevőket példának okáért diópaszta vagy iszap felhasználása ezen termékek esetén lehetséges.

A növényi alapú magvajak és magpaszták állományának tulajdonságait a fajta határozza meg, például dióvaj esetén nem mindegy, hogy milyen diófajtát használunk paszta készítésre. Az előállítási technológiára jellemző, hogy a magvajakat elsősorban őrlés és pörkölés műveletének vetik alá, ezt követően az eltarthatósági idő megnövelése érdekében az elkészült vajat lehűtik (Prakash és mtsai., 2022).

A pörkölés és az őrlés, mint szemcseméret-csökkentő lépés meghatározza a termék átlagos minőségét, továbbá reológiai tulajdonságait. A diókrém pseudo-plasztikus anyagként való viselkedése befolyásolja a keverés és szivattyúzás paramétereit (Shakerardekani és mtsai., 2013).

Olaleye és mtsai., szerint (2021) a kevert magokból, kesudióból és chia-magból készülő magpaszta előállítása során első lépésként egymástól függetlenül kell megőrölni a magokat. Az őrlést követően további összetevőket adtak a pasztához, elsősorban sót és olajat egyenlő mennyiségben. Az egyéb összetevők hozzáadása után keverés műveletével folytatták a paszta előállítását, majd 60°C fokon 3 percig pasztőrözték a terméket. A befejező lépésként lehűtötték, majd becsomagolták a terméket.

Dordoni és mtsai., szerint (2019) a diópaszta előállítása során először eltávolították kézzel a dióhéját. A szemeket légkeveréses sütőbe helyezték és 160 °C-on 15 percig pörkölték. A pörkölést követően a pörkölt magokat egy háztartási elektromos darálóval ledarálták. A darálékot ez követően, egy bolygómikro-malom segítségével pépesítették 700 rpm-en 2 percen keresztül. Az így elkészült pépeket egy átlátszatlan edénybe helyezték, hogy a fény hatásait kiküszöböljék. A tároló fejterét a lezárás előtt nitrogénnel töltötték fel, ezzel megakadályozták az oxidációs folyamatokat.

3.6.2. Magpaszták típusai és felhasználási területei

A legfontosabb dióvajak és krémek közé sorolható a mogyoróvaj, ami sóból, édesítőszerből és emulgeálószerből és egyéb anyagokból áll. Többféle technológiával lehet elkészíteni például pörköléssel, blansírozással, őrléssel és temperálással. A pisztáciavaj a tápláló és kellemes ízű kenhető krém. Őrölt és pörkölt pisztáciából készülő édesítőszereket és egyéb ízesítő anyagokat tartalmaz. A hasítás nélküli pisztáciából olajat, vajat, csokoládét állítanak elő. Készítése során oxidáció gátló anyagot is kell alkalmazni a nagy mennyiségű telítetlen lipid miatt. A kesudió trópusi diófélék közé sorolható ehető, nagymértékben iparosított termék. A szezámvajat pörkölt formában mechanikus őrléssel állítják elő. A szezámvajat tahinanak vagy tehinehnek nevezik (Gorrepati és mtsai., 2015).

3.6.3. Magpaszták tárolási körülményeinek problémája

Az élelmiszerek értékelésében fontos paraméter a lipidoxidáció analízisa, mert a kialakuló vegyületek nemkívánatos érzékszervi és biológiai hatásokkal rendelkeznek. Az élelmiszerek rendkívül összetett heterogén rendszerek, amelyek szénhidrátokból, fehérjékből, lipidekből, vitaminokból és ásványi anyagokból épülnek fel. A lipidoxidáció ellenőrzése az élelmiszerrendszerek esetén ajánlatos a magas szintű minőség és biztonság miatt. A zsírokban bőséges élelmiszerek jellemző a lipidromlás, például diókrémek, sütemények, snackek, margarinok esetén (Mureşan és mtsai., 2016).

Mureşan és mtsai. szerint (2015) a tahini ipar két legnagyobb minőségi problémája, hogy az olaj hajlamos elválni a tárolódoboz tetején ez kedvezőtlen hatást gyakorol a fogyasztói elfogadottságra, mivel nagyon nehéz szétoszlatni a keletkező üledékpogácsát további felhasználásra és fogyasztásra. A levált olajréteg levegőnek és fénynek van kitéve emiatt megromlik. Ezen tulajdonságok igazak a szezámos tahinire a napraforgó tahinire és a diópasztákra is.

A diófélékből készülő krémek és paszták legnagyobb problémája, hogy elveszítik oxidatív stabilitásukat és tápértéküket a tárolás közben, ez befolyásolja kereskedelmi értéküket.

A diófélékben lévő telítetlen zsírsavak nagy aránya miatt a kenhető termékek és paszták hajlamosak a lipidoxidációra. Az elkészítés, feldolgozás, tárolás és forgalmazás során. A lipidoxidáció izzavarokat, tápérték csökkenést és kellemetlen kesernyés ízt okozó vegyületeket alakítanak ki (Ciftci és Ozilgen, 2019).

Az élelmiszerek oxidatív stabilitását technológiai folyamatok jelentősen befolyásolják. A pörkölést sokszor alkalmazzák a diófélék esetében, eltarthatóság javítása és érzékszervi tulajdonságok javítása céljából. A pörkölt dió hosszabb eltarthatósággal rendelkezik, mert a

pörkölés során a víz elpárolog, a lipoxigenáz enzim inaktiválódik, a tokoferolok nagyobb mértékben megmaradnak (Dordoni és mtsai., 2019).

3.7. A témához kapcsolódó korábbi kutatási eredmények bemutatása

A következőkben szeretném az általam is alkalmazott vizsgálati módszerek elméleti hátterét, valamint a dolgozat témájához kapcsolódó korábbi kutatásokat bemutatni.

3.7.1. Nedvességtartalom

Az élelmiszerekben a víz alapvetően három módon található meg: szabad, kémiaiilag kötött és adszorbeált állapotban van jelen. Ezek aránya az élelmiszer különböző összetevőitől függ. Az élelmiszerekben található víz meghatározására sok módszer vált ismertté. Közvetlenül lehet meghatározni a nedvesség tartalmát, ezeket a módszereket referencia módszernek nevezzük, ide tartoznak a különféle szárítószekrényes megoldások. Az ilyen típusú vizsgálatok során elsősorban nem a valós nedvességtartalmat határozzuk meg, hanem a szárítás során kialakuló tömegvesztéséből számítható ki a nedvesség tartalom. A módszer hátránya, hogy időigényes és laboratóriumhoz kötött módszernek tekintjük. A neutronreflexió, a közeli infravörös reflexión alapuló módszerek, illetve elektromos tulajdonság mérésén alapuló módszerek számítanak gyors módszereknek (Szafner G. 2014).

A roncsolásmentes nedvesség méréshez sok alternatív becslési módszer alakult ki. Az ellenálláson és kapacitáson alapuló mérőeszközök széleskörben közismertek nedvesség mérés szempontjából. Felületi nedvesség méréséhez jól alkalmazhatóak a közeli infravörös spektrumban működő szkennerek (Bejó és mtsai., 2022).

3.7.2. Olajkiválás

Gills és Resurreccion szerint (2000) a mogyoróvaj romlandóságát a felhasznált földimogyoró minőségétől, elkészítési módszertől és a tárolástól függ. A mogyoróvaj stabilitásának szempontjából kulcsfontosságú az olajkiválás, hiszen a fénynek és a levegőnek való kitettség miatt a mogyoróvaj könnyen megromlik. Az olajkiválás elkerüléséhez stabilizátorokat alkalmaztak. Megállapították, hogy a mogyoróvajakban 24 órás tárolás után sem alakult ki olajkiválás.

Mureşan és mtsai., (2015) szerint a szezámpaszta - más néven tahini - előállítása során gyakori hiba a szezámolaj kiválása a tárolás során. A hántolatlan és pörkölt szezámmag őrlését követően az olaj felszabadult és létrehozott egy olajos réteget. Az olajos réteg csökkentése érdekében pálmaolajat és desztillált monoglicerint adagoltak a tahinihez. Az olajkiválás meghatározásához szabványos módszert alkalmaztak, azaz egy 50 ml-es mérőhengerbe 20g mintát töltöttek (pálma olajból 0%, 1%, 2%, desztillált monoglicerinnél pedig 0%, 2%, 4% és

8%-os koncentrációt adagoltak) és lefedték perforált alumínium fedéllel és fejjel lefelé fordították. A mintákat ez követően 34°C-on tárolták. A minták súlyát ellenőrizték folyamatosan, amíg nem észleltek további olajkiválást (a pálmaolajos keverék esetén 38 napos, még a desztillált monoglicerín esetén 70 napos tárolást követően). Az olajkiválást százalékos arányba becsülték meg.

3.7.3. Olajterülés

A folyadékok terülését számos paraméter befolyásolja, mint például a szubsztrát tulajdonságai (a felület érdessége és geometriája, a mintázata és kémiai összetétele), valamint a rendszer hőmérséklete, páratartalma, a folyadék tulajdonságai, felületi feszültsége és viszkozitása. A folyadékok tulajdonságai közül a viszkozitást kell kiemelni, hiszen a felületeken történő folyadékterülés ellenállásaként fellépő hatás, ezért a nagy viszkozitású folyadékok terjedése alacsonyabb, szemben az alacsony viszkozitású anyagokkal (Khan és mtsai., 2009).

3.7.4. Színmérés

A színmérés fontos érzékszervi jelzője a különböző élelmiszereknek. A koloriméterek fényelnyelés vagy fényvisszaverődés elvén alapuló eszközök, amelyeket színmérésre használunk. A pigmentcsoportok jelenléte, és részecskeméret az élelmiszerrendszer esetén befolyásolhatja a fény elnyelését. A vizsgálat során makadámdióvaj L^* a^* b^* értékeinek változását határozták meg az egyes őrlési idők során. Megállapították, hogy az őrlési idő növekedésével a makadámdióvaj a^* és b^* értéke csökkent, míg az L^* érték kismértékben változott, ami azt jelzi, hogy az őrlés nem befolyásolta a minták fényességét (Xixiang és mtsai., 2023).

Wagener és mtsai., szerint (2017) a pekánvaj színének meghatározásához, CR-410 Chroma Meter által elemezték és a CIE Lch skálán regisztrálták. Eredményeik alapján a különböző olajtartalmú pörkölt és natúr pekándióvajak esetében mért színértékek egy kivételével nem változtak. A világossági tényező értéke (L) 41,3 és 44,1, a króma (c) 12,8 és 13,8, a színezeti szög (h°) pedig 60,5° és 63,5° között változott. A minták sötétbarnának tűntek, színezeti szög értéke alapján a sárga közepén helyezkedett el, a króma értéke csökkent a minták viszonylag sötétnek tűntek.

Ojeda-Amador és mtsai., szerint (2018) az őrölt diófélék maradék péksütemények és szűz dióolajok színét Konica Minolta CR-400 színmérővel mérték. A CIE LAB kromatikus koordinátákat L^* (világosságot), a^* (vörösséget), b^* (sárgaságot). A vizsgált fajták esetében megállapították, hogy a minták esetében a sárga színtónus dominált. A kereskedelmi

forgalomban kapott mintákkal összehasonlítva megállapították, hogy az eltérő extrakciós eljárás alkalmazásával a kereskedelmi olajok más színnel rendelkeznek.

3.7.5. Szemcseméret analízis

Az aktív és nem aktív gyógyszer hatóanyagok alkotóelemei és a gyógyszeripar által előállított termékek sok esetben porok, folyékony és félig szilárd állapotban lévő diszperzióként vagy nanokolloidoktól egészen milliméteres szemcséig lehetnek alkalmazási módtól függően. A szemcseméret és forma számtalan paramétert befolyásol, hatással lehet a fizikai tulajdonságokra, gyártási feldolgozhatóságra és minőségi paraméterekre. Befolyásolja az oldódás sebességét és az egyes gyógyszerekben lévő hatóanyagok biológiai elérhetőségét.

Továbbá hatással lehet a hatóanyag-felszabadulásának sebességére vagy éppen a hatóanyag egyenletes leadására (Shekunov és mtsai., 2007).

Mohd Rozalli és mtsai., (2015) indiai és kínai mogyorót pörkölték, és ezekből mogyoróvaját készítettek. A különböző szemcseméretet az aprítási idő változtatásával érték, el, úgy, hogy 2 percről 5 percre növelték az aprítási időt, az idő 0,5 perces növelésével így 7 különböző aprítottági fokú minta szemcseméret eloszlását vizsgálták, és az aprítási idő és reológia viselkedés közötti kapcsolatra kerestek választ. A mogyoróvaj szemcseméretét és méret-eloszlását szemcseméret analízátorral határoztak meg, Hydro 2000 MU a mintabeviteli cellával ellátott Malvern 2000 Mastersizerrel mérték, amely egy pumpából és egy keverőből áll, hogy a minták egyenletesen legyenek elosztatva. Megállapították, hogy a szélesebb szemcseméret-eloszlás stabilabb szerkezetű természetes mogyoróvaját eredményezhet.

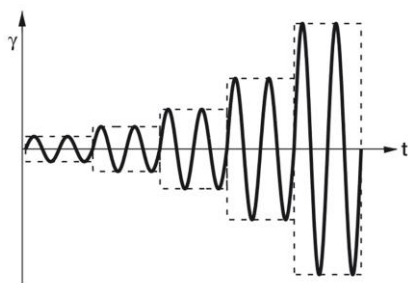
De Jonge és mtsai., (2023) különböző magpaszták szemcseméretét vizsgálták, és meghatározták a térfogat (Q_v) szemcseméret-eloszlását, a részecskével egyenlő területű kör átmérőjét (EQPC), a FERET_MIN és FERET_MAX átmérőket (azaz minimális és maximális átmérőket minden mérési irányban), valamint formai paraméterként a méretarányt és a gömbszerűséget. Az EQPC eredmények azt mutatták, hogy a tahini viselkedése eltér a többtől, több nagyobb méretű részecskét tartalmaz. Különbséget találtak továbbá a dióvajak oldalaránya között. emellett, a tahini oldalarány értéke alacsonyabb volt a többinél, és a mért mintamennyiség alapján ez mutatta a legnagyobb szemcseméretet. A különböző diópaszták szemcséinek gömbszerűsége is eltért. A dió- és pisztáciapaszta minták szemcséinek gömbölyűsége közel hasonló volt; azonban a földimogyoró és a tahini részecskemérete nagyobb volt, és a tahini részecskék kevésbé lekerekítettek, mint a többi dióvaj-részecske. Az eredmények alapján a gömbszerűség a szemcseméret növekedésével csökkent.

Shakerardekani (2014) is a pisztáciapaszta esetén illesztett modellt a folyásgörbéire, illetve a szemcseméret és a szerkezeti stabilitás közötti kapcsolatot vizsgálta. Megállapította, hogy a nagyobb szemcseméret rontja a szerkezet stabilitását.

3.7.6. Amplitúdó pásztázás

Az amplitúdó pásztázás, olyan oszcillációs vizsgálat, amely során változó amplitúdóval végezzük el a mérést állandó frekvencián és hőmérsékleten (**2. ábra**). Az amplitúdó pásztázás során többféle paramétert kell beállítani. Az amplitúdó pásztázás eredményeit diagramként tudják ábrázolni, melynek x tengelyén a nyírófeszültséget ábrázolják az y tengelyé pedig a tárolási (G') és veszteségi modulusokat (G'') (Mezger 2014).

2. ábra Az amplitúdó pásztázás beállítása, szabályozott feszültséggel és az amplitúdó öt lépésben történő növelésével, a frekvencia mind az öt mérési ponton állandó (Forrás: Mezger, 2014)



Mohd Rozalli és mtsai., (2015) indiai és kínai földimogyoróból készült mogyoróvaj mintákat vizsgáltak reológiai tulajdonságainak leírásához egy 40 mm átmérőjű keresztmetszetű lap-lap geometriával rendelkező szabályozott feszültséggel rendelkező AR-G2 reométert alkalmaztak. A vizsgálatot 25 °C-on 1 Hz-es szögfrekvencián végezték 0,01-100 Pa nyírófeszültség tartományban, amely közrefogja a lineáris és nem lineáris viszkoelasztikus tartományát a mogyoróvajnak. A kapott dinamikus adatok a tárolási (G') és veszteségi modulusok (G''). Az eredményekből megállapították, hogy az indiai földimogyoróvaj G' értéke magasabb volt, mint a kínai mogyoróvajé.

3.7.7. Viszkozitás

A folyásgörbéket legtöbb esetben izotermikus állapotban határozzuk meg. Általánosságban elmondható, hogy a folyási viselkedés meghatározásánál kombinálódik a folyási ellenállás a molekulák és részecskék közötti súrlódási ellenállásokkal (Mezger, 2014).

De Jonge és munkatársai szerint (2023) különböző magpaszták folyásgörbáját MCR302 moduláris kompakt reométerrel mérték, lap-lap geometriával (PP50), szobahőmérsékleten (25 ± 0,2°C) háromszori ismétléssel. A mérés során először növekvő nyírási sebesség mellett felvették a folyásgörbéket, majd a maximális nyírási sebességet állandó értéken tartva

viszkozitásgörbékét rögzítettek. A látszólagos viszkozitást és a dinamikai viszkozitást is meghatározták a folyásgörbén, előbbi 10 1/s-os értéknél, utóbbit az állandó sebességnél. Megállapították, hogy a különböző magvajak viszkozitása és átlagos dinamikai viszkozitása szignifikánsan különbözött. Emellett megfigyelték, hogy a viszkozitás mérés során, állandó nyírási sebesség mellett csökkent a viszkozitás, amely az anyag tixotróp viselkedésére utal. A legmagasabb viszkozitás értékkel a pisztácia-, míg a legalacsonyabb viszkozitással a diópaszta rendelkezett.

3.7.8. Reológiai modell illesztés

Safaei és mtsai., szerint (2024) az élelmiszeriparban a reológiai adatok nélkülözhetetlenek annak érdekében, hogy megfigyeljük hogyan befolyásolják az egyes összetevők a termékfejlesztést. Szerepet játszik a termék ellenőrzésében, az állag, mint érzékszervi tulajdonság meghatározásában, emellett fontos adatokat szolgáltat az egyes szivattyúk és keverők méretezéséhez. A datolyapasztával dúsított mogyoróvaj minták áramlási görbéit Herschel-Bulkley modellel írták le. A mérés során kapott paramétereket 25 és 45 °C-os hőmérsékleten mérték Brookfield PV3T viszkoziméterrel. A mérés kivitelezéséhez SC-27 forgó orsót használtak, sebessége 1-8 ford./perc. A mérés során az emelkedő és csökkenő nyírási sebességű szakaszt határozták meg. A 2 hónapos tárolás során az eredmények azt mutatták, hogy a konzisztencia együttható (K) és a folyás index (n) értéke növekedett a tárolás alatt, amely a viszkozitás változására is utalt. Megállapították, hogy a vizsgált mogyoróvaj nem newtoni pszeudoplasztikus viselkedést mutatott.

Abu-Jdayil és mtsai. (2002), a tahini folyás görbéit és folyás tulajdonságait az időfüggvényében különböző hőmérsékleten vizsgálták. A növekvő és a csökkenő nyírási sebességű szakaszra a power-law (Ostwald de Waele) modellt illesztettek. A tahini mérése során a növekvő és csökkenő nyírási szakasz esetén megállapították, hogy a nyíróhatás befolyásolja a zsírmolekula szerkezetet, amely visszafordíthatatlanul károsodik. A modell illesztés követően kiderült, hogy a nyírófeszültség és nyírási sebesség kapcsolat nem lineáris, vagyis nem newtoni folyadék a viselkedése. A folyásindex egynél kisebb értéke alapján pszeudoplasztikus élelmiszernek nevezhető a tahini.

3.7.9. Összes polifenol tartalom

Aryal és mtsai., (2019) kutatása kapcsán kiderül, hogy a kifejezetten reaktív oxigén fajták keletkezését (ROS) oxidatív stressz indukálja, amely során páratlan elektronnal rendelkező oxigén fajták alakulnak ki, amelyek fontos szerepet játszanak számos élettani állapot patogenezisében. A sejtsérülés, öregedés, rák, máj, neurodegeneratív, szív- és

érrendszeri betegségek, vesebetegségek kialakulásában. A környezeti szennyezők, sugárzás, vegyi anyagok, toxinok, fűszeres ételek és a fizikai stressz idézik elő a reaktív oxigén gyökök keletkezését.

Az antioxidáns hatású fenolos vegyületek és flavonoidok felkeltették az élelmiszertudomány érdeklődését. A fenolos vegyületek hozzájárulnak a szabadgyökök gátlásához, a peroxid bontáshoz és a fémek inaktiválásához, valamint az oxigén megkötést mutatnak és preventíven hatnak az oxidatív betegségekre. A fenolos vegyületek fontos redox tulajdonságokkal rendelkező növényi összetevők, amelyek az antioxidáns aktivitásért felelősek. A növényekből készült kivonatokban található hidroxilcsoportok hozzájárulnak a szabadgyökök mentesítéséhez. A fenol tartalom meghatározásához a Folin-Ciocalteu reagenst adtak a kivonatokhoz. Az eredmények megállapításához a galluszsav kalibrációs görbét vették fel (0-250 µg/ml) és galluszsav egyenértékben fejezték ki gramm szárazanyag tömegre az eredményt (Aryal és mtsai., 2019).

Dordoni és munkatársai által 2015-ben végzett kísérlet célja volt, hogy információt nyújtson a technológiai kezelések és az összetevők kombinációinak a fagyasztva szárított dióból készült termékek oxidatív stabilitására gyakorolt hatásáról. A boltban vásárolt diót megpörkölték, további hozzávalókkal kiegészítve krémet készítettek belőle, majd fagyasztva szárítva tárolták. Az előzetes kísérlet során a minták összes polifenol tartalmát is meghatározták. Megállapították, hogy a maltodextrint és tragantgumit tartalmazó készítmény bétaglukánokkal kiegészítve nem mutatott különbséget a kezelés során mért pH-, savasság- és polifenol értékekben.

3.7.10. Vasredukáló képesség

A vasredukálóképességen alapuló módszer (FRAP-Ferric Reducing Ability of Plasma), kidolgozása Benzie és Strain (1996) nevéhez köthető. Egy vas-2,4,6-tripiridil-S-triazin (TPTZ) molekulát antioxidánsok redukálnak (Huang és mtsai., 2005), mely redukciót egy kék színváltozás jelez, ez spektrofotométer segítségével mérhető 593 nm-en. A procedura 3,6-os, savas pH-n zajlik. A FRAP nem méri a tiol csoportot tartalmazó antioxidánsokat, illetve a karotinoidokat, melyek nem rendelkeznek vasredukálóképességgel (Kranl és mtsai., 2005). A 0,77 V-nál kisebb redoxpotenciálú komponensek redukálhatják a vas iont, ezáltal a módszer antioxidánsok redukálóképességét méri (Cao és Prior, 1998; Balogh Emőke, 2010).

Dordoni és mtsai. (2019) pörköléssel és őrléssel diópasztát állítottak elő, amelyhez kapszulázott szőlőhéjkivonatot adtak, hogy megvizsgálják annak oxidatív stabilitásra és antioxidáns kapacitásra gyakorolt lehetséges hatásait. A diópasztán végzett FRAP-vizsgálat

antioxidáns kapacitás (FRAP) emelkedést mutatott a tárolás során 15 nap alatt mindegyik diópaszta esetén. Megállapították, hogy a diópaszta minták FRAP értéke nagy változékonyságot mutatott a tárolási vizsgálat ideje alatt, de szignifikáns különbség nem mutatkozott a tárolás kezdetén és végén.

A dolgozatom témájához kapcsolódóan megállapítottam, hogy a reológiai modell illesztés, amplitúdó pásztázás és szemcseméret analízis vizsgálatok mindegyike fontos a magpaszták vizsgálata során, azonban a natúr diópaszták vizsgálata mellett a különböző hőkezelési technikákkal előkezelt dióból készített diópaszták összehasonlításáról elegendő ismeret még nem áll rendelkezésünkre.

Méréseimet a korábbi kutatási eredmények figyelembevételével határoztuk meg, ezért döntöttünk úgy, hogy aprítással natúr és különböző hővel történő előkezelésen átesett diókból készítünk diópasztákat, amelyeket többek között a szemcseméret vizsgálata mellett a reológia viselkedést leíró amplitúdó pásztázással, folyás-, valamint viszkozitás görbe felvételével és reológiai modell illesztésével kívántunk összehasonlítani.

4. Anyagok és módszerek

A kísérletben a mintaelőkészítést, a reológiai- és színméréseket, az olajterület, az olajkiválást az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszéken, míg a nedvességtartalom, antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom meghatározást a Gabona és Iparinövény Technológia Tanszéken végeztük.

4.1. Felhasznált anyagok

A kísérletekhez 2024. januárjában vásárolt, őstermelőtől származó Milotai diót használtunk fel, ebből 1,2 kg hőkezelés mentesen, natúr dióként került felhasználásra (N), 1,2 kg diót megpörköltünk (P) és 1,2 kg diót gőzöltünk (G). A natúr, pörkölt, valamint gőzölt diókat visszazárható zacskóban hűtőben, $4,0 \pm 0,6$ °C tároltuk a felhasználásig.

Mintaelőkészítés előkísérlettel

Az előkísérlet során 1-2-3-4-5 perces gőzölési időt alkalmazva meghatároztuk az optimális gőzölési időt. A gőzölt diómintákat megvizsgáltuk, és a színe, törési felülete és törési keménysége alapján a 4 perces gőzölési időt találtuk optimálisnak, mivel ekkor a natúr diótól már szemmel láthatóan eltért.

A hőkezelési módok közül a pörkölés során a **3. ábrán** látható automata kávépörkölő géppel (CBR-101 Gene Cafe, Korea) pörköltünk, 200 g-os adagokban 6 percig, 160 °C-on.

3. ábra Automata kávépörkölő gép (Forrás: Internet 2)



A pörkölés után az adagokat tálcán szétterítettük és 1 órán át szobahőmérsékleten hűlni hagytuk. Az idő leteltével a dió felületi hőmérsékletét Solight infravörös hőmérőpisztollyal (Solight Holding s.r.o., Hradec Králové, Csehország) mértük meg. A $24,4 \pm 1$ °C-os hőmérsékletű diót ezután lezárható zacskóban másnapig $4,0 \pm 0,6$ °C hőmérsékletre, hűtőbe helyeztük. A gőzölt diót egy edényben 1 liter zubogó forró víz fölé térszűrőbe helyezve 4 percig gőzöltük 250 g-os adagokban, majd tálcára terítve hagytuk kihűlni. A hőmérsékletét 1 óra elteltével a pörkölt dióhoz hasonló módon ellenőriztük, majd zacskóztuk és $4,0 \pm 0,6$ °C-os hűtőbe tettük.

A natúr, pörkölt, illetve gőzölt diókból 15-15 mintát kivéve SMS precíziós állománymérő készülékkel (Stable Micro Systems, Surrey, Anglia) végzett mérés során vágási

tesztet végeztünk, melynek során a felezett diókat A/ECB (Extended Craft Knife) vágópenge segítségével kettévágtuk az alábbi mérési beállítások mellett:

- Mód: Measure Force in Compression
- Opció: Return to Start
- Sebességek:
 - mérés előtti sebesség: 1 mm/s
 - mérés közbeni sebesség: 1 mm/s
 - mérés utáni sebesség: 10 mm/s
- mérési deformáció százalék: 100%
- trigger típusa: Auto
- adatszám: 200 pps (point per seconds)

A vágási teszttel kívántuk ellenőrizni a hőkezelési módok különbözőségét, ezért a felvett erő-deformáció görbéből az alábbi paramétereket határoztuk meg:

- maximális erő (Fmax), N
- a maximális erőhöz tartozó deformáció (D), mm
- 7,5 mm deformációig a végzett munka (M), Nmm
- lineáris távolság (LT), -, azaz a kiválasztott régió összes pontját összekötő képzeletbeli vonal hossza két kiválasztott pont között, ebben az esetben a görbe 0 mm kezdete és 7,5 mm között. Ez a funkció hasznosnak bizonyulhat egyes ropogóssági vizsgálatok során. A ropogósnak érzékelt termékekből gyakran erősen szaggatott vonal, azaz a sok törési eseményből eredő sok erőingadozás (csúcs) keletkezik. Minden vonaltávolság-számítás Newton és mm használatával történik (függetlenül a megjelenített egységektől), de a válasznak nincs hozzárendelt mértékegysége
- a görbe meredeksége a maximális erő pontjában (GFmax), N/mm
- a két kiválasztott pont (0 és 7,5 mm között) közötti pozitív csúcsok száma (C), db

Mivel a diók mérete kicsit eltért egymástól, a felvett erő-deformáció görbén a deformáció is eltért. Ezért egységesen 7,5 mm értékig vizsgáltuk a görbéket. A méréseket $24,4 \pm 1^\circ\text{C}$ hőmérsékleten végeztük.

Diópaszták elkészítése

A diópasztákat SilverCrest SSMS 600 E6 INOX konyhai apítóval (Lidl, Neckarsulm, Germany) készítettük el. Az aprítás során 8x1 percig 5-ös fokozaton aprítottuk a diót 250 g-os adagokban. Minden perc aprítás után 5 perc pihentetési időt hagytunk. Emellett mértük a készülő paszták hőmérsékletét, ügyelve, hogy azok ne melegedjenek 40°C fölé. Az aprítási idő leteltével a natúr és gőzölt minták esetében a legmagasabb hőmérséklet $37,3^\circ\text{C}$ (natúr) és $38,2^\circ\text{C}$ (gőzölt) volt. A pörkölt diópaszta elkészítése 2x1 percig, 5-ös fokozaton történő aprítással készült, az aprítást követően a paszta hőmérséklete $32,6^\circ\text{C}$ volt.

4.2. Mérési módszerek

4.2.1. Nedvességtartalom meghatározása

Sartorius MA 100 gyors nedvességmeghatározó (Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG, Göttingen, Németország) segítségével 105°C-on tömegállandóságig mérve meghatároztuk a nyers-, pörkölt- és gőzölt diók nedvességtartalmát, majd az ezekből a háromféle dióból pasztát készítve megmértük azok nedvességtartalmát is. Minden esetben 5 párhuzamos mérést végeztünk.

4.2.2. Olajterület mérése

A diópaszták olajterületét, 24,5±1,0°C hőmérsékleten MN 640 m 125 mm átmérőjű szűrőpapírral (Macherey-Nagel, Düren, Németország) mértük meg. Mindhárom diópasztával három ismétlést végeztünk, ehhez a három részre vágott szűrőpapír tömegét analitikai mérlegen lemértük, majd 2,0±0,05 g minták szűrőpapír darabokra mértünk és 1 órán át, főzőpoharakkal letakarva pihentettük, elkerülve így a felületi száradást. Az 1 óra elteltével a diópasztát eltávolítottuk és maradék nélkül visszamértük az olajjal átitatódott szűrőpapírok tömegét. Az olajvesztesség eredményeket százalékos értékben adtuk meg.

4.2.3. Olajkiválás mérése

A homogenizált diópaszták olajkiválását 8 hetes tárolás alatt mértük heti gyakorisággal. A kísérlet során a diópasztákat 100 ml-es hengeres, hosszú mintatartó üveg kb. 1/3 részéig töltöttük. A mintatartók oldalára egy milliméter papírcsíkot ragasztottunk, melynek segítségével lejegyeztük a betöltött mintamennyiségeket és a tárolás során a kivált olaj mennyiségét. Minden pasztával három párhuzamos mérést végeztünk, az üvegeket napfénytől védve, száraz, szobahőmérsékletű térben (26±1,0 °C) tároltuk. A változásokat milliméterben határoztuk meg.

4.2.4. Színmérés

A színmérést ColorLite sph850 spektrométer (ColorLite GmbH, Katlenburg-Lindau, Németország) készülékkel mértük. A színmérés alapjául szolgáló CIE L* a* b* színrendszer paramétereit, az L* - világossági tényezőjét, a* - vörös-zöld színezetre jellemző paramétert és b* - kék-sárga színezetre jellemző paramétert határoztuk meg 24,5±1,0°C környezeti hőmérsékleten, mintánként három párhuzamos méréssel.

4.2.5. Szemcseméret meghatározás

PSA 1190 lézerdiffrakciós részecskeméret analízátorral (Anton Paar, Graz, Ausztria) mértük a diópaszták részecskeméretét vizes diszperzióban 0,04 és 2500 µm között. Ehhez a mintákat előkészítettük: a pasztákból 5-5 g-ot kimértünk egy 50 ml-es zárható mintatartó

edénybe és 40 ml desztillált vízzel homogenizáltuk. Mindhárom diópasztából 3-3 párhuzamos diszperziót készítettünk, melyekből 2-2 mintavétellel, így összesen hat párhuzamos méréssel nedves mérési módban mértük a szemcseméret-eloszlást és az átlagos szemcseméretet. A mérőkészülék rozsdamentes víztartályát 500 ml desztillált vízzel feltöltöttük és 2 teáskanál homogenizált mintát tettünk bele. A 60 másodperces mérés során a diószemcsék összetapadásának meggátlása érdekében ultrahanggal rezegtettük a folyadékot, így a szemcsék elváltak egymástól. A méréseket $24,0 \pm 0,7^\circ\text{C}$ hőmérsékleten végeztük.

4.2.6. Amplitúdó pásztázás

A diópasztákat a szemcseméret analízist követően amplitúdó pásztázással vizsgáltuk. A szemcseméret meghatározás alapján a legnagyobb szemcseméret alapján választottuk meg a reológia mérésekhez a 1,1 mm-es rétegvastagságot. A legnagyobb szemcseméret a rétegvastagság legfeljebb 10%-a lehet (Mezger, 2014). A méréseket MCR302 moduláris kompakt reométerrel (Anton Paar, Graz, Ausztria) végeztük 5-5 párhuzamos méréssel $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$ -on. A készülék RheoCompass 1.33 szoftvere rögzítette a mérési adatpontokat. A kísérlet során PP50 típusú, 50 mm átmérőjű, lap-lap geometriájú, rozsdamentes acél mérőfejjel, 0,01-100% nyírási deformáció értékek között, 25-25 adatponttal, 5 s / adat gyakorisággal állandó 10 rad/s szögsebesség mellett vettük fel a görbéket. Az adatpontok rögzítése akkor kezdődött el, amikor a 1,1 mm-es mintaréteg 60 másodpercig a mérési hőmérséklettel azonos maradt. A minták alacsony víztartalma és magas zsírtartalma miatt félő volt, hogy a mérőfej megcsúszik a mintarétegen, ezért a mérőfej felületével megegyező 320-as vízálló dörzspapírt ragasztottunk a mérőfej lapjára.

A mérések során a viszkoelasztikus anyagok amplitúdó pásztázásával dönthetjük el az anyag viselkedését, valamint választ kaphatunk arra, hogy milyen méréssel érdemes folytatnunk a vizsgálatot. A mérés során felvett elasztikus tulajdonságról a G' tárolási modulus, míg a viszkózus tulajdonságról a G'' veszteségi modulus ad információt. A felvett görbék kiértékelése során ahol a G' maximum értéke a 97%-ára esik vissza, ott meghatároztuk a lineáris viszkoelasztikus határ nyírási deformáció értékét (γ_{LVE}), valamint a minták folyáspontjában a nyírófeszültség értékét (τ_f), határoztuk meg, amit a G' és G'' görbék kereszteződési pontja ad meg ahol $G' = G''$. E ponton túl már egyértelműen a viszkózus tulajdonságok dominálnak.

4.2.7. Viszkozitás mérése

Az amplitúdó pásztázást követően a minták viszkozitását is mértük. Ehhez a már korábban használt PP50 típusú mérőfejet használtuk a dörzspapírral, 5-5 párhuzamos méréssel, $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$ hőmérsékleten. A méréshez alacsony maximális nyírási sebesség értéket

választottunk, mert a minták inhomogén viselkedést mutató diszperziók voltak - a bennük lévő nagy koncentrációjú szilárd részecskék miatt nagyobb nyírási sebességnél a krémek elkezdtek szétDarabolódni és a minta egy része kisodródott a mérőfej alól.

A méréseket ezért három szakaszban, szintén a 60 másodperces hőmérsékleten tartást követően végeztük. Az első szakaszban a mintákat előkevertük 20 1/s nyírási sebességgel 60 s alatt. A második szakaszban 0 és 20 1/s nyírási sebesség között 180 s alatt 5 s-ról 1 s-ra lineárisan csökkentve az adatrögzítés gyakoriságát 40 adatponttal vettük fel a folyásgörbét. A harmadik szakaszban állandó 20 1/s nyírási sebességen 2s/ adat gyakorisággal 60 adatponttal rögzítettük a viszkozitásgörbét. A kiértékelés során állandó nyírási sebességnél meghatároztuk az átlagos dinamikai viszkozitást, valamint a százalékos változását.

4.2.8. Reológiai modell illesztés

A folyásgörbék kiértékeléséhez reológia modellezést végeztünk és Herschel-Bulkley (1), valamint Casson modell (2) paraméterei segítségével hasonlítottuk össze a diópasztákat.

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \left(\frac{d\gamma}{dt}\right)^n \quad (1)$$

$$\frac{1}{\tau^n} = \frac{1}{\tau_0^n} + \left(\eta \frac{d\gamma}{dt}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

ahol:

τ – nyírófeszültség, Pa; τ_0 – kezdeti nyírófeszültség, Pa; K – konzisztenciaállandó, Pa·sⁿ;
 n – folyásindex, -; $\frac{d\gamma}{dt}$ – nyírási sebesség, s⁻¹; η – dinamikai viszkozitás, Pa·s

4.2.9. Összes polifenol tartalom

A diópaszták összes polifenol tartalmát Singleton és Rossi (1965) módszerével Folin-Ciocalteu reagenssel spektrofotometriás úton, 760 nm-en határoztuk meg.

Mastura és mtsai. (2017) által leírt módhoz hasonlóan, de eltérő hőmérsékleten készítettük elő a mintákat. Falcon csövekbe kimért 2-2 g diópaszta mintához 50-50 ml 70%-os etanolt adtunk, majd 2 órán át rázattuk 60°C-on (Kambič, Semič, Szlovénia) termosztálható körkörös síkrázóval 150 rpm értéken. A keveréket az áztatást követően szobahőmérsékletre hűtöttük, majd fagyasztóba téve a mérésig, -32°C-on tároltuk.

Az összes polifenol tartalom (TPC) meghatározáshoz a fagyasztóból elővett mintákat kiolvasztottuk és DLAB MX-S Vortex keverővel (DLAB Instruments Ltd, Dlaboratory, Lund, Svédország) 1 percig homogenizáltuk. Ezt követően 1,5-1,5 g keveréket 1500 µl-es Eppendorf csőbe mértünk be analitikai mérlegen, 2 párhuzamos ismétléssel. Hettich MIKRO 22R készüléken (Andreas Hettich GmbH, Tuttlingen, Németország) 20 percen keresztül 6000 rpm fordulatszámon centrifugáltuk az Eppendorf csöveket 20°C-on. A centrifugálást követően a tiszta felülúszókból ismétlésenként, 50-50 µl kivonatot használtunk fel, 70%-os metanollal 5-

szőrösére hígítva. A kapott eredményeket galluszsavból készített kalibrációs görbe felhasználásával μM galluszsav/ 100g szárazanyagban határoztuk meg.

4.2.10. Vasredukáló képesség

A mérés során a FRAP reagens elkészítéséhez nátrium-acetát puffert (pH 3,6), Vas (III)-kloridot, illetve a már említett TPTZ-t 10:1:1 arányban alkalmaztuk, Benzie és Strain (1996) módszere nyomán. A mérés során gyűjtött analitikai információ, az abszorbancia értékek és a vasredukálóképesség közötti kapcsolatot mutató kalibrációt követően, a kalibrációs görbére illesztett matematikai függvény, aszkorbinsav segítségével egy öt tagú hígítási sort alkotott. Az 5 tagú sor 1 mmol/l aszkorbinsav törzsoldatból lett felvéve, tagjai a következők voltak: 100 V/V%, 80 V/V%, 60 V/V%, 40 V/V%, és 20 V/V%.

A mintákat három párhuzamos méréssel mértük, ahol 50 μl mintához 1,5 ml FRAP reagenst adtunk. Az 5 perces reakcióidő elteltét követően, az észlelt színváltozás abszorbanciáját 593 nm-es hullámhosszon, spektrofotométerrel mértük, az eredményeket μM aszkorbinsav/100g szárazanyagban, adtuk meg.

4.2.11. Statisztikai elemzés

Az eredmények kiértékeléséhez a Microsoft 365 szoftver Excel programját használtuk, ebben ábráztuk a különböző mérések oszlopdiagramjait, a színdiagramot, a szemcseméret-eloszlás görbéket, valamint a reológia mérések görbéit, beleértve a reológia modellek illesztését is, amihez az Excel Solver bővítményét alkalmaztuk.

A választott reológiai modelleink megfelelőségét több statisztikai módszerrel is ellenőriztük. Excel segítségével korrelációt vizsgáltunk (R^2). A korreláción túl átlagos négyzet hiba gyökét határoztuk meg százalékban kifejezve (RMSE%). Statisztikai modellek relatív minőségbecslőjeként Akaike információs kritériumot (AIC) is vizsgáltunk. Az AIC-érték megmutatja, hogy egy létező mintában található információt mennyire tudjuk maximálisan felhasználni. A paraméterek számának változásával nő a modell magyarázó ereje. Az AIC-érték megadásával kijelölhetjük a legkevesebb paraméter felhasználásával a legnagyobb mértékben magyarázó modellt, tehát minél kisebb legyen az AIC értéke (Akaike, 1978).

Az amplitúdó pásztázás során a folyáspont értékeket a reométer RheoCompass 1.33 szoftvere segítségével határoztuk meg.

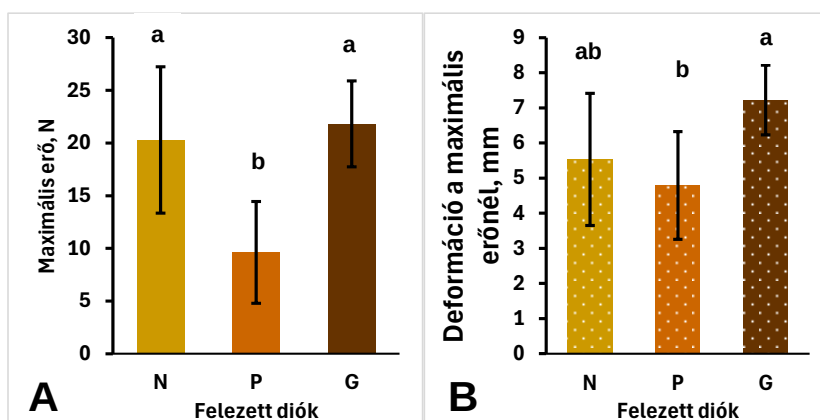
A mérés és számolás során kinyert paraméterek segítségével IBM SPSS 29.0 statisztikai szoftverrel szignifikáns különbséget kerestünk az egyes diópaszták között ANOVA teszttel, majd post-hoc vizsgálattal (Tukey teszt vagy Games-Howell teszt).

5. Eredmények és értékelésük

5.1. Előkísérletek

Az SMS állománymérés során vágási tesztet végeztünk, ahol a felezett natúr és hőkezelt diókat A/ECB (Extended Craft Knife) vágópenge segítségével kettévágtuk. A mérés során meghatározott paraméterek a maximális erő értéke (N)-ban és a maximális erőhöz tartozó deformáció értéke (mm) voltak. A két paraméter értéke azt mutatja meg, mekkora erő kell, ahhoz, hogy elvágjuk a mintát. Az anyag ellenállóságát az erővel szemben a deformáció mértéke jellemzi. Minél nagyobb az erő és deformáció értéke, annál jobban ellenáll a minta az erőhatásnak (**4. ábra**).

4. ábra Vágás teszt során rögzített maximális erő (A) és deformáció (B) átlagértéke és szórása diagrammon ábrázolva (Forrás: Saját szerkesztés)

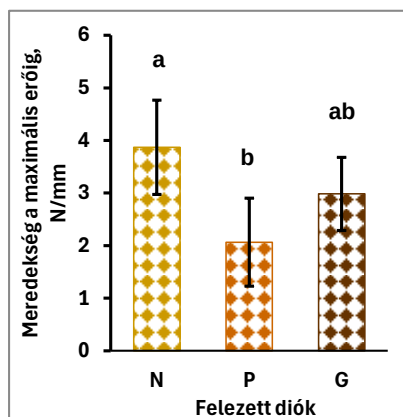


A vágáshoz szükséges legnagyobb átlagos erő (**4.A ábra**) a gőzölt és natúr minta vágásához volt szükséges. A deformáció (**4.B ábra**) a natúr minta esetén azonban jóval alacsonyabb volt, mint a gőzölt minta esetén, bár mindhárom paszta szórása nagy volt. A gőzölés során a sejtek megduzzadnak és deformálhatóságuk, rugalmasságuk növekszik. A pörkölt minta vágásához sokkal kisebb átlag erő és deformáció érték tartozott.

Az **5. ábra** a maximális meredekség átlag értékeit mutatja be oszlop diagram formájában. A diagram alapján a natúr dió vágási görbéjének a maximális erőig vizsgált meredeksége bizonyult a legnagyobb értékűnek. A legellenállóbb minta a natúr felezett dió volt. A gőzölt minta már kevésbé volt ellenállóbb, a pörkölt fél diók a legkisebb ellenállást mutatták.

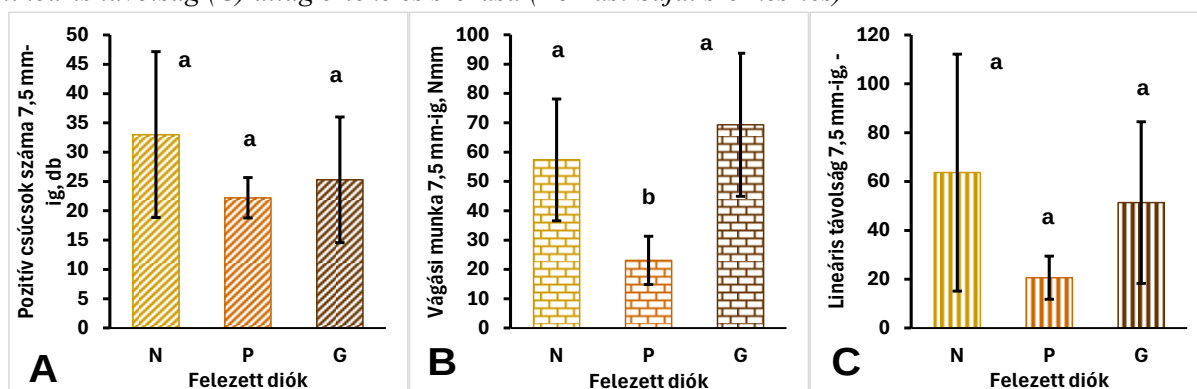
A felezett diók közötti szignifikáns különbséget ANOVA tesztel ellenőriztük. A vágási tesztben rögzített maximális erő értékekben a natúr és a gőzölt dió esetén szignifikáns különbséget nem fedeztünk fel, míg a pörkölt felezett dió a natúr minta csoporttól szignifikánsan eltért.

5. ábra Vágási teszt görbék meredekség átlagos értéke és szórása a maximális vágási erőig (Forrás: Saját szerkesztés)



A mérés során további paraméterek határoztunk meg. 7,5 mm-ig a vágási munkát, a lineáris csúcsok számát, valamint a lineáris távolságot mértünk (**6. ábra**).

6. ábra A diópaszták vágási teszt görbéin 7,5 mm-ig a pozitív csúcsok száma (A), vágási munka (B), lineáris távolság (C) átlag értéke és szórása (Forrás: Saját szerkesztés)



A pozitív csúcsok számával (**6.A ábra**) megállapítható a szerkezet homogenitása. Minél több pozitív csúcs található 0 és 7,5 mm deformáció érték között, annál heterogénebb az anyag szerkezete. A vizsgálat során a legtöbb pozitív csúccsal átlagosan a natúr felezett dió rendelkezett, még a pörköléssel és gőzöléssel hőkezelt diók kevesebb átlagos csúccsal bírtak.

Az emberi rágásból adódó munka reprodukálása érdekében meghatároztuk 7,5-mm deformációig a vágási munkát (**6.B ábra**), amely a mintába való harapást próbálta szimulálni. A minta csoportok vágási munka átlagértékei között eltérés mutatkozott. A gőzölt felezett dió vágási munka átlagértéke bizonyult a legnagyobbnak, még a natúr fél dió és a pörkölt dió vágási munkája kisebbnek bizonyult.

A lineáris távolság (LN) a minta töredezésének meghatározása szempontjából kulcsfontosságú paraméternek bizonyult. Minél több erőingadozás van egy mintacsoporton (ez esetben 0 és 7,5 mm deformáció intervallumon) belül, annál jobban töredezik a vizsgált minta. A natúr felezett dió nagyobb lineáris távolsággal, míg az előkezelt diók kisebb lineáris

távolsággal (LN) rendelkeztek, amely a hőkezelés során bekövetkező szerkezeti változásoknak tudható be (**6.C ábra**).

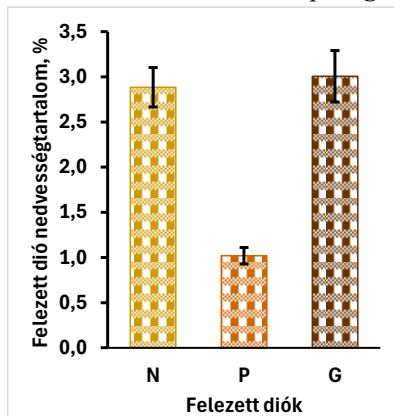
ANOVA teszttel összehasonlított natúr és különböző módon hőkezelt felezett diók pozitív csúcsok száma értékei között szignifikáns különbség nem tapasztalható $p < 0,05$ érték mellett. A vágási munka értékei között szignifikánsan a pörkölt diópaszta tért el a másik két pasztától. A gőzölt és natúr felezett diók esetén némi különbség mutatkozott csak. A lineáris távolság értékei között szignifikáns különbség nem fedezhető fel.

A vágási teszt eredményeit összehasonlítva egymással megfigyelhető, hogy a hőkezelés okozta szerkezeti változások megváltoztatják a vizsgált paramétereket a natúr felezett dió paramétereire képest. A hőkezelés típusa is jelentős szerepet játszik némely paraméter esetén, hiszen képes szignifikánsan elkülöníteni a mintafajtát a többitől.

5.2. Nedvességtartalom

A nedvességtartalom vizsgálatot először a különböző hőkezelési móddal előkezelt felezett diókra végeztük el, amit a (**7. ábra**) szemléltet. A diagram oszlopairól azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a gőzölt és a natúr felezett diók nedvességtartalma között számottevő különbség nem fedezhető fel.

7. ábra Felezett dió nedvességtartalmának kiértékelése oszlopdiagrammon (Forrás: saját szerkesztés)

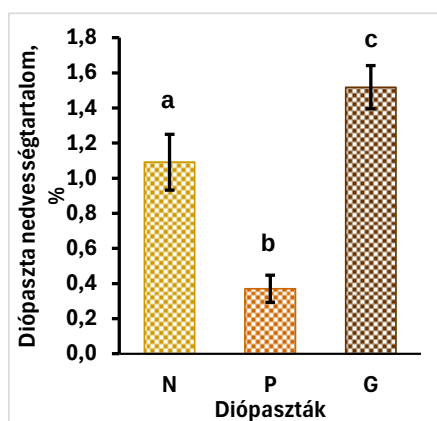


A pörkölt felezett diók ezzel szemben jelentősen kevesebb nedvességet tartalmaztak: a pörkölés folyamata során először a dió felszínéről párolog el a nedvesség, majd a nedvesség a kapillárisokon keresztül pótlódik a felszínre, végül a dió belsőjében is csökken a nedvességtartalom.

Az aprítási művelet elvégzését követően a nedvességtartalom meghatározást a natúr és a hőkezelt diópaszták esetén is (**8. ábra**) elvégeztük. Az aprítás során a diósejtek roncsolódnak, a nedvesség a sejtekből kiáramlik az extracelluláris térbe. A folyamat során fellépő aprítási hő is tovább csökkenti a nedvességtartalmat. Az aprítás során részecskeméret csökkenés és fajlagos

felület növekedés történik, amely kedvez a nedvességtartalom csökkenésének. A diópaszták nedvességtartalma alacsonyabbnak bizonyult, mint az aprítatlan felezett diók nedvességtartalma. A legmagasabb értékkel a gőzölt diópaszta rendelkezett - ez köszönhető a gőzölés műveletéből származó gőznek, amely megduzzasztotta a dió sejtjeit és plusz nedvességgel látta el a pasztát. A pörkölt diópaszta nedvességtartalma jóval alacsonyabb volt, mint a natúr és gőzölt diópaszták nedvességtartalma. A pörkölés során a dió sejtek nedvességtartalma jelentősen csökkent a művelet vízelvonó hatása miatt.

8. ábra Diópaszták átlagos nedvességtartalma (Forrás: saját szerkesztés)



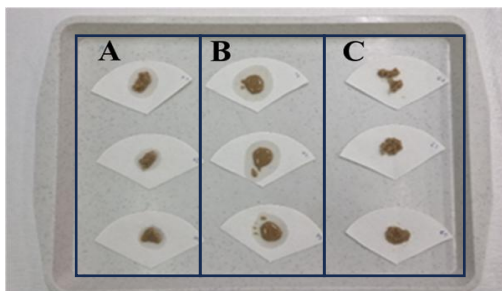
A diópaszták nedvességtartalmának ANOVA teszt eredményei alapján megállapítható, hogy a natúr, a pörkölt és a gőzölt diópaszták nedvességtartalma szignifikánsan különbözik egymástól.

Összegezve elmondható, hogy a natúr és előkezelt diók nedvességtartalma magasabbnak bizonyult, mint az aprítás műveletét követően előállított diópaszták nedvességtartalma. Mindhárom diópaszta nedvességtartalma szignifikánsan különbözött egymástól.

5.3. Olajterülés

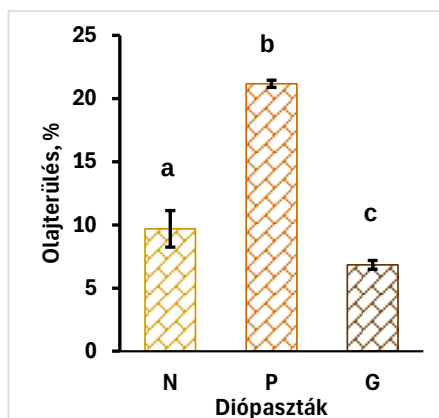
Az olajterülési teszt megmutatja, hogy 1 óra (üveg pohár alatti) tárolás során mekkora mértékben veszít olajtartalmából, így tömegéből a paszta. A különböző diópaszta minták olajterülése más és más mértékű volt, ezt jól mutatja a **9. ábra**, ahol megfigyelhetjük, hogy a legnagyobb mértékben a pörkölt diópaszta (B) itatta át a szűrőpapírt.

9. ábra Olajterülés vizuális vizsgálata: Natúr(A), Pörkölt (B) és Gőzölt (C) diópaszták esetén 1 óra üveg pohár alatti tárolást követően (Forrás: Saját szerkesztés)



A 1 óra üveg pohár alatti tárolást követően a pörkölt diópaszta minták eresztették ki átlagosan a legtöbb százalékban az olajat **10. ábra**. A pörkölés technológiája során a sejtfal és a sejtmátrix közötti kovalens kötések felszakadnak, ami az olaj nagy arányú kiválását okozza. A natúr és a gőzölt paszták kisebb mértékben eresztették ki az olajtartalmukat a kísérlet során. A gőzölt mintacsoport olajtartalmának kieresztése a mérés ideje alatt valamivel több, mint 6% volt, míg ez az érték a pörkölt minták esetében több, mint 20%.

10. ábra Olajterülés átlagos értékeinek és szórásainak ábrázolása oszlop diagramon. (Forrás: Saját szerkesztés)



Az ANOVA teszt lefuttatását követően megfigyelhettük, hogy a vizsgált, különböző előkezelésen átesett diókból készített diópaszta minták olajterülése egymástól szignifikánsan eltér.

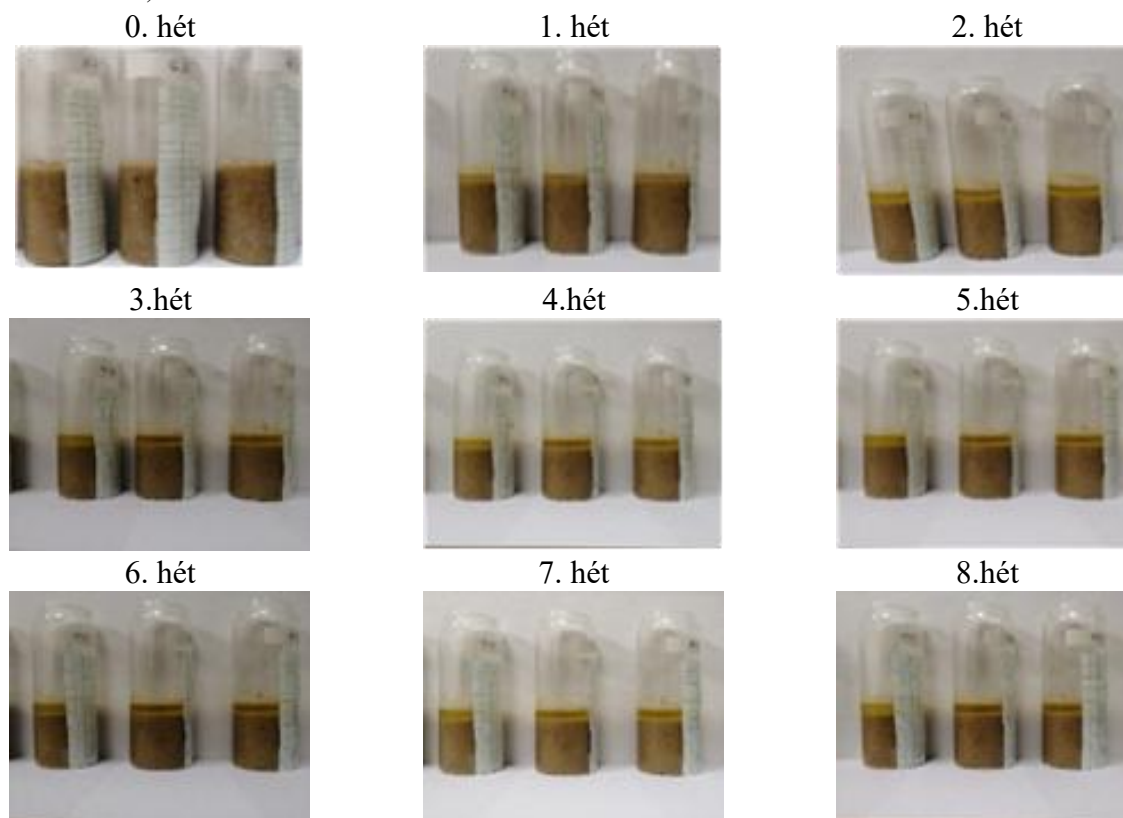
A hőkezelés hatással van az olajterülés mértékére, a natúr és hőkezelt paszták szignifikáns különbséget mutattak.

5.4. Olajkiválás

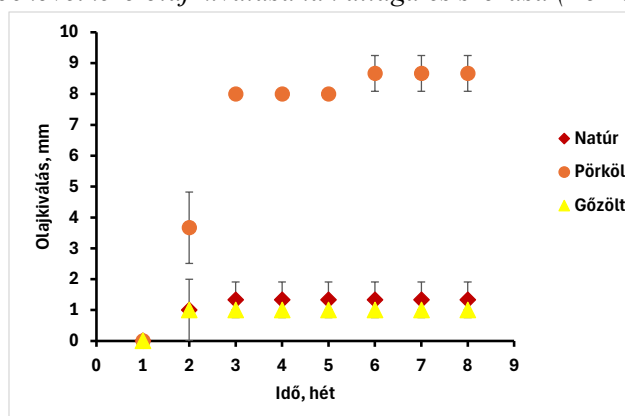
Szobahőmérsékleten tárolt natúr, pörkölt és gőzölt diópaszták olajkiválását hetente vizsgáltuk meg, a **11. ábra** a pörkölt diópaszta eredményeit szemlélteti. A mérés eredményeit a **12. ábra** foglalja össze, ahol megfigyelhetjük, hogy a pörkölt minta esetén jelentős volt az

olajkiválásának mértéke. A sejtfalak felszakadása és a lipidek sejten kívüli térbe kerülése a tárolás során növekedett, a különböző fázisok szétváltak a pörkölt pasztában, ezáltal jól elhatárolható határfelület képeztek. A natúr minta esetén kisebb mértékű, a gőzölt diópaszta esetén csekély volt a kivált olaj mennyisége.

11. ábra 26°C-on tárolt pörkölt dió paszták 8 hetes tárolás alatt bekövetkező olajkiválása (Forrás: Saját szerkesztés)



12. ábra Tárolás során bekövetkező olaj kiválásának átlaga és szórása (Forrás: Saját szerkesztés)

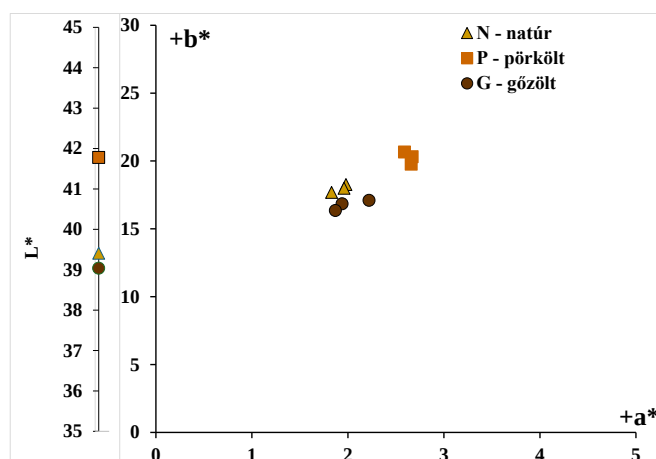


A nyolchetes tárolás során a pörkölt diópaszta olajtartalma jelentősen kivált a minta felszínén, míg a natúr és a gőzölt diópaszta esetében szemmel látható olajkiválás nem történt. A pörkölés során a sejtek jelentősen roncsolódtak és nedvességtartalmuk csökkent, ezért az olaj könnyen kiáramlik az extracelluláris térbe.

5.5. Színmérés

A színmérés során a CIE L^* a^* b^* színrendszer paramétereit határoztuk meg. Az L^* - világossági tényezőjét, a^* - vörös-zöld színezetre jellemző paramétert és b^* - kék-sárga színezetre jellemző paraméter értékeit a (13. ábra) demonstrálja.

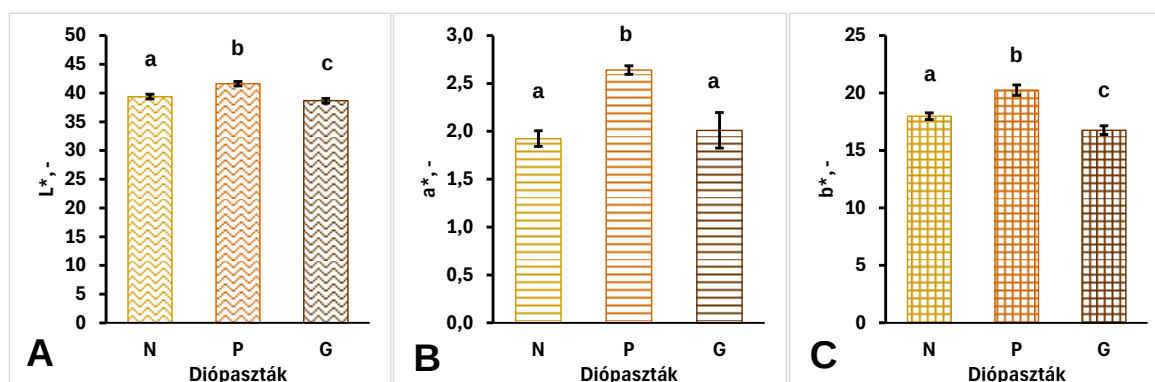
13. ábra CIE L^* a^* b^* színrendszer paramétereinek meghatározása a natúr és előkezelet diópaszta minták esetében (Forrás: Saját szerkesztés)



A pörkölt diópaszta bizonyult a legvilágosabbnak, emellett az a^* és b^* értékei alapján a sárgás-vörös színezet jellemezte. A natúr és gőzölt mintacsoport világossági tényező értékei és vörös-zöld, valamint kék-sárga színtényezői egymáshoz képest nagy különbséget nem mutattak a pörköltökhöz képest kisebb értékek voltak a jellemzőbbek (14. ábra).

Az ANOVA teszt eredményei alapján a világossági tényezők és a b^* értékei között szignifikáns különbség mutatkozott, valamint megállapítottuk, hogy az a^* értékei alapján a pörkölt diópaszta elkülönült a többi mintatípushoz képest.

14. ábra CIE L^* a^* b^* színrendszer L^* (A), a^* (B) és b^* (C) paramétereinek átlaga és szórása natúr és előkezelt minták esetén (Forrás: Saját szerkesztés)

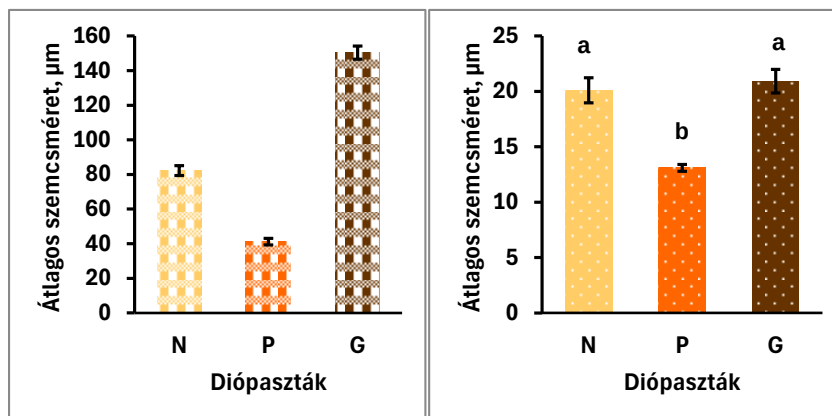


A színmérési eredményei alapján a natúr és gőzölt diópaszta színe jelentősen nem különbözik egymástól, míg a pörkölt diópaszta eltér tőlük.

5.6. Szemcseméret analízis

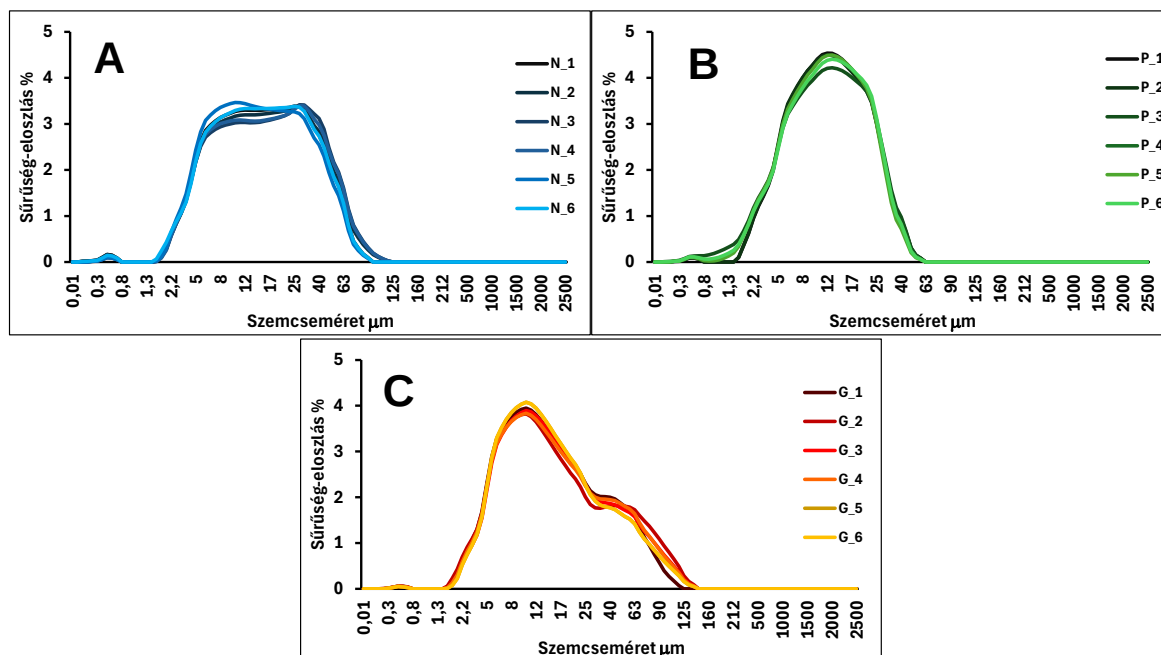
A diókrém inhomogenitásának köszönhetően kétféle módszerrel vizsgáltuk a szemcsék méretét. A lézerdiffrakciós vizsgálatok során a diópaszták átlagos szemcseméretét ultrahangos fürdő (UH) alkalmazása nélkül vizsgáltuk. Az eredmények alapján arra következtettünk, hogy a natúr és gőzölt paszták szemcséi összetapadtak a vizsgálat alatt. Az általunk alkalmazott készülék alkalmas volt ultrahangos fürdő létrehozására, amely az aggregátumok szemcséit képes elválasztani egymástól. A kapott eredmények jelentős különbséget mutattak az ultrahang használata nélküli mérésektől (**15. ábra**).

15. ábra Átlagos szemcseméret és szórás oszlopdiagramja lézerdiffrakciós mérés esetén. (UH fürdő nélkül (bal), UH fürdővel (jobb) (Forrás: Saját szerkesztés)



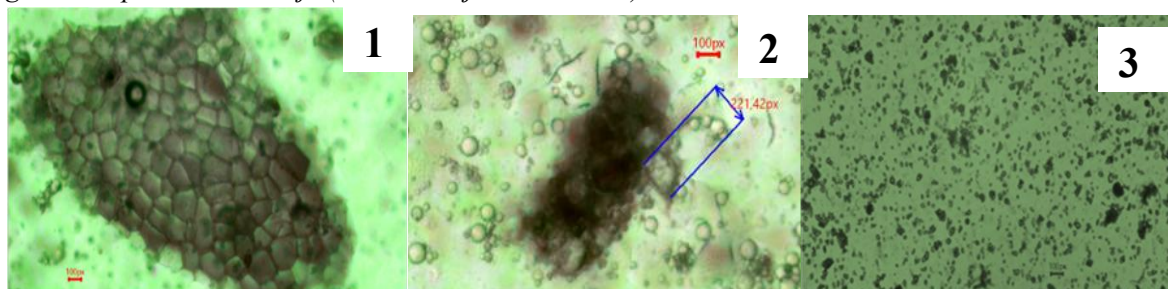
Az UH fürdő alkalmazásával az aggregálódott szemcsék szétváltak, ezáltal meghatározhattuk a sűrűség-eloszlásukat (**16. ábra**). A sűrűség-eloszlás vizsgálata során a három diópaszta jól elkülönült egymástól. A *pörkölt* diópaszta szemcseméret-eloszlását tekintve az átlagos szemcseméret kb. 8-12 µm intervallumba tehető. A *gőzölt* diópaszta sűrűség-eloszlás görbéjén az átlagos szemcseméret kb. 8-17 µm intervallumba tehető, viszont a görbe meredeksége megváltozott kb. 40-90 µm szemcseméret tartományba. A változás okaként az aprítás során fellépő krémesedés miatt egyes szemcséket nem tudta a gép leörölni. A *natúr* diópaszta szemcseméret tartománya azonban szélesebb (mint a pörkölt diópaszta szemcseméret tartománya).

16. ábra Natúr (A), pörkölt (B), gőzölt (C) diópaszta szemcseméret-eloszlása, szemcseméret diagramja lézerdiffrakciós mérés ultrahangos fürdő alkalmazásával (Forrás: Saját szerkesztés)

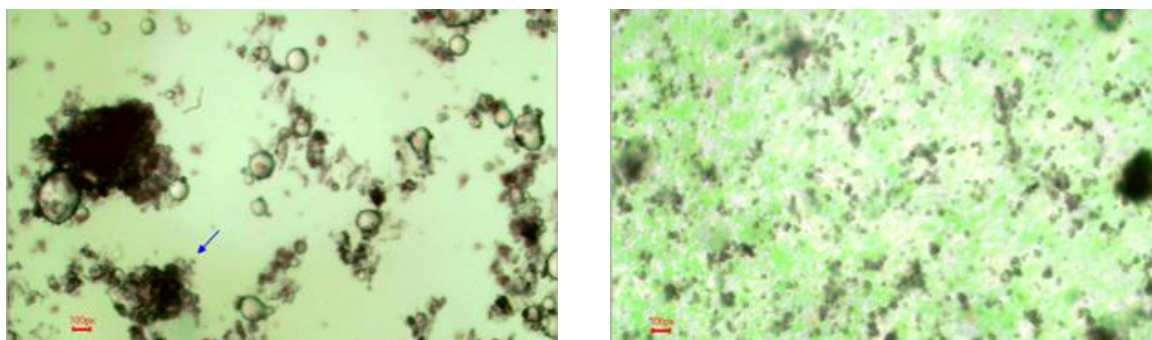


A lézerdiffrakciós mérésen túl mikroszkópos vizsgálattal meghatároztuk a szemcsék átmérőjét. A vizsgálatot a három minta típuson és a Soxhlet-extrakcióból származó zsírtalanított mintákra végeztünk el (17., 18. ábra).

17. ábra Gőzölt diópaszta szemcséinek meghatározása mikroszkópos módszerrel (1) Gőzölt dióhéj, (2) Zsírtalanítást megelőzően vizsgált gőzölt diópaszta szemcséje (3) Zsírtalanítást követően vizsgált gőzölt diópaszta szemcséje (Forrás: Saját szerkesztés)



18. ábra Natúr diópaszta szemcséinek meghatározása mikroszkópos módszerrel, **bal:** zsírtalanítást megelőzően mért minta, **jobb:** zsírtalanított minta (Forrás: Saját szerkesztés)



Az ultrahangos fürdőben előkezelt minták eredményeire ANOVA tesztet végeztünk el. A teszt eredményeként megállapítottuk, hogy a natúr és a gőzölt minták szignifikánsan nem különböznek egymástól. A pörkölt diópaszta viszont szignifikánsan eltér a natúr és gőzölt diópasztáktól.

A mérés során megállapítottuk, hogy az ultrahangos kezelés szükséges tényező a paszták vizsgálatához, ezzel elkerülhetjük az esetleges szemcseösszetapadást. A szemcseméret analízis során megfigyelhettük, hogy az átlagos szemcseméret kisebb intervallummal rendelkezett a pörkölt diópaszta esetén a többi mintához képest.

5.7. Reológia vizsgálatok

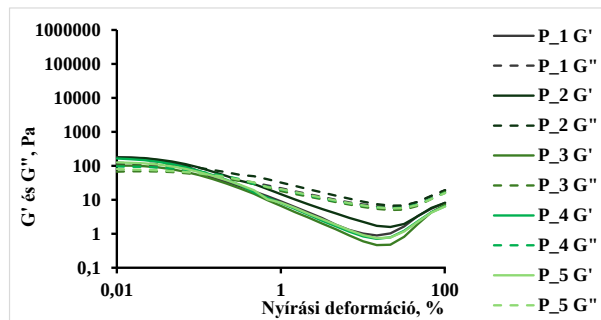
A szemcseméret vizsgálatot követően amplitúdó pásztázást végeztünk. A mérés során a legnagyobb szemcseméret figyelembevételével határoztuk meg a rétegvastagságot. A rétegvastagság a szemcseméret legfeljebb 10%-a lehet (Mezger, 2014). A diópaszták viszkoelasztikus tulajdonságokkal rendelkező anyagként viselkedtek. A kapott eredmények alapján meghatároztuk a paszták viszkozitását is.

5.7.1. Amplitúdó pásztázás

Az amplitúdó pásztázás vizsgálata során a három különböző diópaszta tárolási (G') és veszteségi modulus (G'') kezdő értékei egymástól jól elkülöníthetően különböznek.

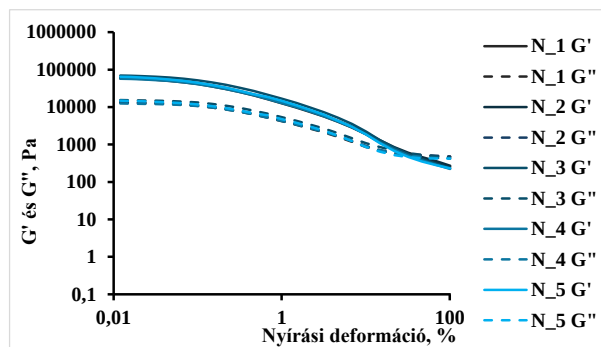
A pörkölt diópaszta szerkezetét tekintve, már kis nyírási deformáció esetén is eléri az anyag a lineáris viszkoelasztikus határát (LVE). Az anyag elasztikussága kis deformáció esetén is csökkenni kezd, amely utalhat a szerkezete inhomogenitására a fázisok elkülönülésére, illetve a részecskék és molekulák közötti kötő erők hiányára is. A LVE határt követően a görbe meredeksége szignifikánsan nem változik és további kis deformáció változás során eléri a folyáspontot. A szakasz rövidsége a kenhetőség hiányát veti fel, vagyis az anyag viszkózus tulajdonsága jelentősen nagyobb befolyással fog bírni, mint az elasztikus tulajdonsága. A folyáspontot kisebb, mint 1%-os deformációnál már eléri a paszta. A folyáspont követő szakaszra már paramétert nem lehet meghatározni. A görbe meredekségének a folyáspontot követő megváltozását a szerkezetben létrejövő tömörödés és más szerkezet változtató hatásoknak köszönhetjük. (19. ábra).

19. ábra Pörkölt diópaszta amplitúdó pásztázása, lineáris viszkoelasztikus határának és folyáspontjának meghatározása maximális nyírási deformációig (Forrás: Saját szerkesztés)



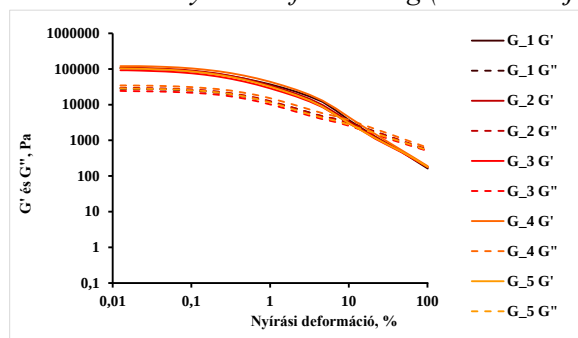
A natúr diópaszta sokkal elasztikusabb tulajdonsággal rendelkezik, mint a pörkölt diópaszta ez köszönhető a nagyobb modulus értékeknek. A lineáris viszkoelasztikus határát (LVE) az anyag később éri el, mint a pörkölt diópaszta, amely a szerkezet rugalmasságát és homogenitását, illetve a különböző fázisok közötti erősebb kötőerőket magyarázza. A natúr diópaszta jelentősebb meredekséggel rendelkezik, mint a pörkölt diópaszta, ez az anyag jobb kenhetőségét magyarázza. A folyáspontot körülbelül 30%-os deformációnál éri el. A folyáspontot követően jelentős szerkezeti változás nem következik be az anyag szerkezetében. (20. ábra).

20. ábra Natúr diópaszta amplitúdó pásztázása, lineáris viszkoelasztikus határának és folyáspontjának meghatározása a maximális nyírási deformációig (Forrás: Saját szerkesztés)



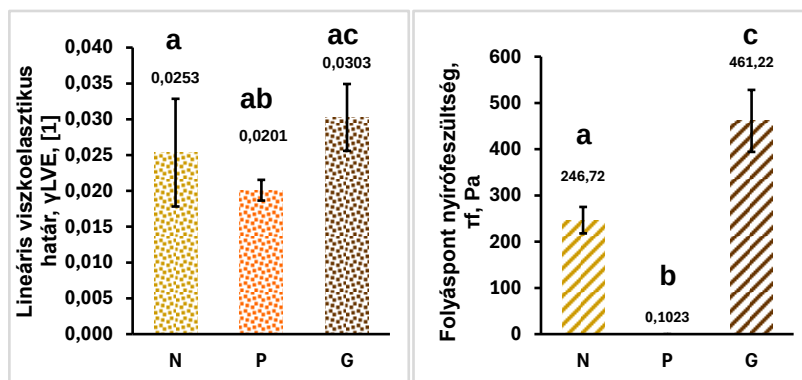
A gőzölt diópaszta rendelkezett a legelasztikusabb szerkezettel a tárolási (G') és veszteségi modulusok (G'') értékeinek tekintetében a másik két fajta pasztához képest. Az LVE határt a többi pasztához képest nagyobb deformáció értéknél éri el, amely a részecskék közötti összetartó erők erősségére, a szemcsék mintahalmazokba történő aggregálódásának és a különböző fázisok erős kapcsolódására utal (21. ábra). A gőzölt esetben magasabb nedvesség tartalom és tapadás miatt a tárolási modulus csökkenése, energiatároló képessége lassabb ütemű, mint a natúr diópasztáé. Az LVE határ és folyáspont közötti szakasz meredeksége a többi mintához képest a legnagyobb, amely a minta minél jobb elkenését magyarázza.

21. ábra Gőzölt diópaszta amplitúdó pásztázása, lineáris viszkoelasztikus határának és folyáspontjának meghatározása a maximális nyírási deformációig (Forrás: Saját szerkesztés)



A folyáspontját hamarabb éri el a gőzölt diópaszta, mint a natúr, ezzel a hőkezeléssel járó sejtfeltáró folyamatok magyarázhatóak. A folyáspontot követően jelentős szerkezeti változás bekövetkezése nem látható. A **22. ábrán** a diópaszták LVE határai és folyáspont értékei láthatóak. Mindkét pontot a pörkölt diópaszta éri el leghamarabb, míg legkésőbb a gőzölt diópaszta.

22. ábra Viszkoelasztikus határ (LVE) eléréséhez szükséges deformációk átlaga és szórása (bal), folyásponti nyírófeszültség (τ_f) átlag és szórás diagramja (jobb). (Forrás: Saját szerkesztés)



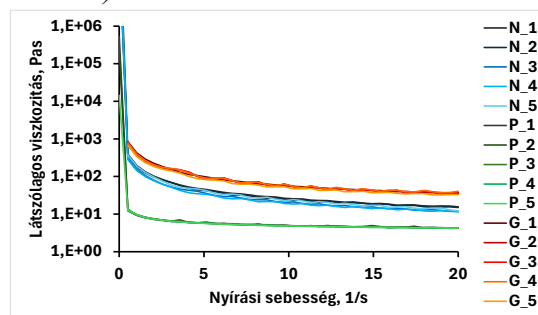
A viszkoelasztikus határ (LVE) és a folyásponti nyírófeszültség (τ_f) eredményeit varianciaanalízissal és post-hoc teszttel vizsgáltuk meg. A pörkölt és gőzölt diópaszta szignifikánsan különbözött egymástól még a natúr diópaszta a többi mintacsoporttól nem mutatott szignifikáns eltérést a viszkoelasztikus határ eléréséhez szükséges deformáció értékektől. A folyásponti nyírófeszültség értékek ezzel szemben minta csoport esetén szignifikáns különbséget mutattak.

Összeségében a legkisebb rugalmassággal a pörkölt paszta rendelkezett, ennél magasabb elasztikussága a natúrnak volt, ám a gőzölt diópaszta bizonyult legrugalmasabbnak. A minták kenhetőségét a különböző előkészítési technológiák befolyásolják. A mintatípusok folyáspontjához szükséges deformáció értékét befolyásolja hőkezelés. A natúr diópaszta folyáspontjának eléréséhez nagyobb deformáció volt szükséges, mint a többi minta esetén.

5.7.2. Viszkozitás

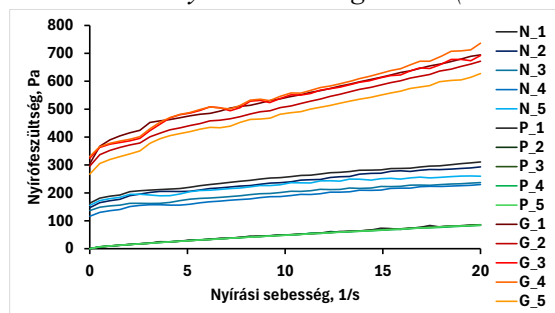
A diópaszták inhomogenitása és a mintákban található nagymennyiségű szilárd részecskék miatt a rotációs méréshez alacsony maximális nyírási sebesség értéket választottunk, ezzel elkerültük a minta kikotródását a mérőfej alól. Az előkeverést követően felvettük a minták látszólagos viszkozitását, növekvő nyírási sebesség mellett. A mérés során elkülönültek a különböző paszták egymástól. A gőzöléssel előállított minták magasabb látszólagos viszkozitással rendelkeztek a nyírási sebesség növelése során, mint a natúr és pörkölt minták (23. ábra).

23. ábra Növekvő nyírási sebesség során regisztrált látszólagos viszkozitás értékek különböző minta típusok esetén (Forrás: Saját szerkesztés)



A növekvő nyírási sebességű szakaszban meghatároztuk a látszólagos viszkozitáson túl a nyírófeszültség változását is. A nyírási sebesség növelésével növekedtek a nyíró feszültség értékei is. A gőzölt dió rendelkezett a legnagyobb nyíró feszültség értékekkel, míg a pörkölt diópaszta rendelkezett a legkisebbel. A minták nyíró feszültség értékeinek az eltérése az előkezelési módok roncsoló hatásával magyarázható (24. ábra).

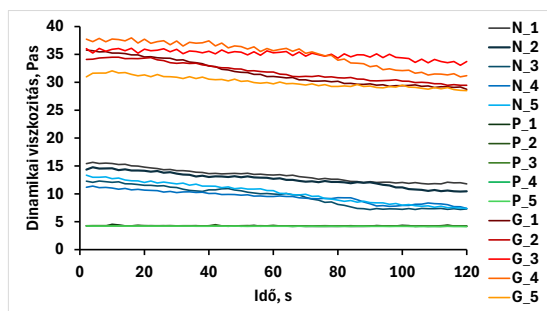
24. ábra Nyírófeszültség változása a növekvő nyírási sebesség esetén (Forrás: Saját szerkesztés)



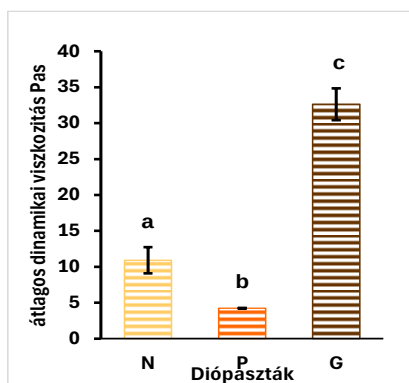
Az rotációs mérés állandó nyírási sebességű szakaszában meghatároztuk az egyes mintatípusok viszkozitás értékeit. A mérés kiértékelése során jól elkülönültek a gőzölt diópaszta dinamikai viszkozitás értékei a többi mintacsoporthoz képest. A legkisebb dinamikai viszkozitási értékekkel a pörkölt diópaszta rendelkezett. A pörkölés technológiája során nagy mértékben roncsolódik az anyag szerkezete és a dió zsírtartalma kiválik a sejtekből, ez okozza a nagyarányú dinamikai viszkozitási értékek csökkenését. A viszkozitásgörbék meredeksége

alapján a diópaszták tixotróp viselkedést (nyírás vékonyodó viselkedést) mutatnak. (25., 26., ábra).

25. ábra Dinamikai viszkozitás görbék állandó nyírási sebesség esetén a mérés során (Forrás: Saját szerkesztés)



26. ábra Átlagos dinamikai viszkozitás és szórás ábrázolása különböző minta típusok esetén (Forrás: Saját szerkesztés)



Az átlagos dinamikai viszkozitás értékek szignifikáns különbséget mutattak egymáshoz képest a mintacsoportok az ANOVA eredménye alapján, ami a 26. ábrán látható.

Összeségében elmondható, hogy a gőzölt diópaszta szerkezetéből adódóan rendelkezett a legnagyobb látszólagos dinamikai viszkozitással és nyírófeszültséggel a növekvő nyírási sebesség szakaszában, még az állandó nyírási sebességű mérési szakaszban is hasonlóan a gőzölt diópaszta rendelkezett a legnagyobb dinamikai viszkozitással.

5.7.3. Reológia modell illesztése

Az amplitúdó pásztázás és a rotációs mérést követően, reológiai modellt illesztettünk a folyásgörbékre. A felhasznált reológiai modellek a Herschel-Bulkley és a Casson modellek voltak. A modellillesztés során az Excel Solver bővítményével minimalizáltuk a mért és illesztett görbék pontjai közötti távolságot. Az adatokat statisztikai módszerekkel értékeltük ki. A korreláció vizsgálata során megállapítottuk, hogy a mérés hőmérsékletén a Casson modell jobb illeszkedést mutatott, mint a Herschel-Bulkley a különböző típusú minták esetén. Az AIC érték alapján megállapítottuk, hogy a Casson modell a változói alapján egy kicsivel jobb

magyarázó erővel rendelkezik, mint a Herschel-Bulkley modell. Az RMSE%-os értékekben is a Casson modell bizonyult jobbnak.

1. táblázat Reológiai modell illesztése natúr, pörkölt, gőzölt diópaszta mintákra (Forrás: Saját szerkesztés)

		Herschel-Bulkley							Casson					
		mért τ_0	τ_0	n	K	RMSE%	R ²	AIC	τ_0	η	n	RMSE%	R ²	AIC
NATÚR PASZTA	N1	163,3	166,7962	0,6637	19,462	0,8618	0,9968	-5,4663	165,2703	2,2191	1,6700	0,8348	0,9970	-5,4679
	N2	147,07	152,2041	0,6575	19,737	1,5209	0,9912	-5,3651	150,3328	2,1811	1,7021	1,4663	0,9918	-5,3681
	N3	136,6	137,2327	0,6740	13,450	1,2076	0,9926	-4,9491	136,5405	1,6726	1,6059	1,2364	0,9922	-4,9516
	N4	116,23	120,6044	0,6773	14,508	1,5073	0,9914	-4,8845	119,3087	1,8734	1,6449	1,4688	0,9918	-4,8853
	N5	155,37	156,6582	0,5668	19,811	1,7685	0,9802	-5,1586	155,5711	0,8017	1,9574	1,7829	0,9799	-5,1609
PÖRKÖLT PASZTA	P1	0,28681	0,3198	0,7891	8,082	3,3152	0,9957	4,6079	0,3164	2,3173	3,2396	3,3224	0,9957	3,9774
	P2	0,29928	1,4887	0,8006	7,644	1,8719	0,9986	-2,8996	0,3243	2,1401	3,3428	1,8071	0,9987	-2,9085
	P3	0,27253	1,8266	0,8149	7,284	0,8202	0,9997	-2,8969	0,3212	2,2199	3,2794	0,4561	0,9999	-2,9038
	P4	0,17507	1,4129	0,7952	7,589	1,3728	0,9992	-2,8520	0,3257	2,0457	3,3677	1,2965	0,9993	-2,8614
	P5	0,19258	3,1329	0,8519	6,386	1,1844	0,9995	-2,8874	0,3174	2,2914	3,2106	0,7174	0,9998	-2,8871
GŐZÖLT PASZTA	G1	304,41	333,8058	0,6809	45,132	1,7912	0,9897	0,7668	327,8182	6,0443	1,6695	1,6476	0,9913	0,8691
	G2	296,08	313,9561	0,7865	32,869	1,2620	0,9958	-6,9866	310,0903	9,8837	1,3911	1,1660	0,9964	-6,9883
	G3	324,12	326,3303	0,6695	47,587	1,9949	0,9877	-7,0440	322,3313	6,1069	1,6795	1,9701	0,9880	-7,0472
	G4	330,23	343,0299	0,7902	34,692	2,1048	0,9880	-7,1391	338,8535	10,6585	1,3814	2,0473	0,9886	-7,1414
	G5	267,11	273,4995	0,6727	45,520	1,3678	0,9951	-6,8434	269,5298	6,1722	1,6922	1,2918	0,9956	-6,8476

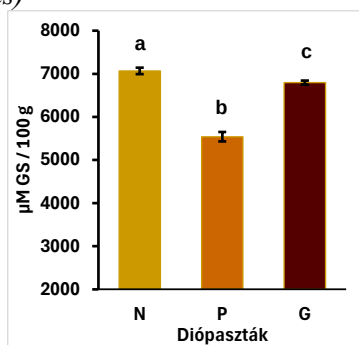
A Herschel-Bulkley és Casson modellekkel történt illesztések közel azonos eredményét megerősíti, hogy a zsíradékok reológiai modellezésére, mindkét modell egyaránt alkalmas lehet (Soós, 2014). Tang és Marangoni (2007) vizsgálatai során megfigyelték, hogy a zsírok reológiai tulajdonságait elsősorban nem a kristályforma határozza meg, hanem a mikroszerkezet. Egy külső erő behatására a mikroszerkezetben keletkező feszültség erősen inhomogénnek bizonyult, vagyis erő behatás következtében egyes részek jobban deformálódtak a zsíradékban.

A modellillesztést követően megállapítottuk, hogy a Casson modell változói jobban illeszkednek a mérés során kapott nyírófeszültség mérés pontokra. A statisztikai módszer is alátámasztották a megállapítást.

5.8. Összes polifenol tartalom

Az általunk végzett TPC vizsgálatok a különböző hőkezelési módok összes polifenol tartalomra gyakorolt hatásának bizonyítására irányult. A minél magasabb hőmérsékleten történő hőkezelés jelentősen befolyásolja a mintáink összes polifenol tartalmát (27. ábra).

27. ábra Natúr és előkezeléssel készült diópaszták összes polifenol tartalmának átlagértéke és szórása diagramm (Forrás: Saját szerkesztés)



A natúr, előkezelés mentes paszta esetén számottevően nagyobb mennyiségű galluszsav fogyott 100 g szárazanyagra vonatkoztatva. A hőkezelések polifenol redukáló hatása a gőzölés esetén kevésbé volt jelentős, mint a pörkölés során. A natúr diópasztához képest jóval kevesebbnek bizonyult a galluszsav fogyása/100 g száraz anyag. A pörkölt minta, viszonylag nagy szórásának magyarázata az előkészítés lépései során tett megfigyeléssel van összefüggésben, ugyanis a Vortex használatát követően, a pipettázás során azonnal elkezdett ülepedni a minta, amely magyarázza a viszonylagosan nagy szórást.

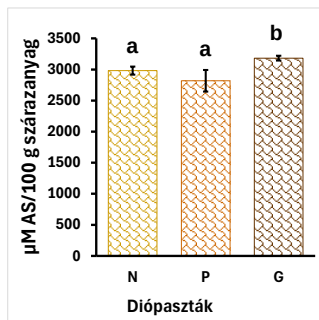
Az ANOVA teszttel megvizsgált adatok alapján szignifikáns különbséget fedeztünk fel a dió minták összes polifenol tartalma között, vagyis jelentős különbséget mutattak az egyes hőkezelési módok egymáshoz képest, illetve a natúr paszta esetén is.

A TPC vizsgálat eredményei alapján az egyes hőkezelési módok reprezentatívan elkülönülnek egymástól és a natúr mintától.

5.9. Vasredukáló képesség

A vasredukáló képesség eredmények esetében a diópaszták között némi eltérés mutatkozik, a gőzölt minták esetében volt a legmagasabb a vasredukáló képesség az aszkorbinsavhoz viszonyítva. ez magyarázható azzal, hogy az olajat legjobban a gőzölt diószemcsék tartották magukban.

28. ábra Natúr és előkezeléssel készült diópaszták FRAP átlagértéke és szórása (Forrás: Saját szerkesztés)



Az ANOVA tesztek alapján a gőzölt diópaszta szignifikánsan elkülönült a másik két pasztától.

6. Összefoglalás

A dió paszták hőkezelési módjairól nem sok információval rendelkezünk, ezért különböző hőkezelési módok hatását vettük figyelembe a diópaszta előállítás során. Elkészítettünk egy natúr egy pörkölt és egy gőzölt diópasztát. A pasztákon elvégzett vizsgálatokat két fontos csoportra bontottuk. Fizikai és kémiai vizsgálatokat végeztünk annak érdekében, hogy a natúr pasztához képest az egyes hőkezelési módok, milyen fizikai és kémiai változásokat okoznak.

Az elvégzett fizikai vizsgálatok a színre, az állományra, nedvességtartalomra a dióban található olajkötésére és kiválásra vonatkoztak.

Az előkezelés során vágási teszttel vizsgáltuk a különböző natúr és hőkezelt diókat. A hőkezelés okozta szerkezeti változását írta le pörkölt és gőzölt felezett dióknak a natúr felezett dióhoz képest. A vizsgált paraméterekből származó értékekből, hogy az egyes hőkezelési módok között jelentős különbséget fedeztünk fel. A gőzölés során a sejtek nedvességtartalma nő, még a pörkölésnél jelentősen csökkent. Mindkét esetben jelentős szerkezeti változások valósultak meg.

A nedvességtartalom vizsgálatot elvégeztük a natúr és felezett előkezelt diókra, valamint a pasztákra. Megfigyeltük, hogy a natúr és előkezelt diók nedvesség tartalma a pasztákhoz képest nagyobb volt. A paszták nedvességtartalma szignifikánsan különbözött. A hőkezelési technológiák és az aprítás művelete jelentősen befolyásolja a diópaszta nedvességtartalmát.

Az olajkiválás és olajterülés tesztjével megállapítottuk, hogy a natúr diópasztához képest a hőkezelési módok az olajtartalom kiválására másképpen hatnak. A pörkölés nedvességelvonó és sejtfal felszakító hatása a fázisok szétválását jelentősen befolyásolta hosszantartó nyolchetes tárolás során, illetve rövid 1 órás vizsgálat során is.

A színmérés során a pörkölt diópaszta, mint L^* , és b^* értékeiben szignifikánsan különbözött a többi mintától és a^* értéke alapján vörösbe hajló színárnyalattal rendelkezett. A pörkölés technológiája során a Maillard-reakció miatt fellépő barnulásnak köszönhető a színben való eltérés.

A szemcseméret analízis során megállapítottuk, hogy az ultrahangos kezelés szükséges az összetapadt szemcsék szétválasztása érdekében. A szemcseméret eloszlás görbéi a diópasztáknak jelentős mértékben különböztek egymástól, ami az alkalmazott előkezelési technológiának köszönhető, amely az aprításfokát befolyásolta.

A reológiai vizsgálatok alátámasztották a szemcseméretanalízis eredményeit az jobban aggregálódott gőzölt diópaszta folyáspontját később éri el és a tárolási (G') és veszteségi (G'')

modulusok értékei sokkal nagyobbak a többi mintához képest, illetve a viszkoelasztikus határ eléréshez nagyobb deformáció értéket kellett elérni amplitúdó pásztázás során, továbbá a folyáspont és a viszkoelasztikus határ közötti szakasza a görbének meredeksége a legnagyobb volt a három minta közül, amely a jobb kenhetőséget magyarázza, köszönhető az összetapadt szemcséknek. A pörkölt diópaszta ezzel szemben a legkisebb szemcsékkel rendelkezett a viszkoelasztikus határt kis deformáció értéknél elérte az elasztikussága a G' alapján a legkisebb a minták között. A natúr diópaszta a szemcseméretanalízis alapján a pörkölt és gőzölt mintacsoport közé esett. A folyáspont és viszkoelasztikus határ paraméterei a két minta közé típus közé pozicionálta a natúr mintát. A rotációs mérések alapján elmondható, hogy az előkezelési módok befolyásolják a paszta látszólagos viszkozitását és dinamikai viszkozitását jelentősen, továbbá a diópaszta tixotróp viselkedést mutatott. A zsírok reológiai tulajdonságait leíró modellek a Hershel-Bulkley és Casson modellek a diópaszta folyásgörbéjére jól illeszthetőnek bizonyultak, ezt a statisztikai kritériumokra kapott adatok is alátámasztották.

A TPC vizsgálat eredményei alapján az egyes hőkezelési módok reprezentatívan elkülönültek egymástól és a natúr mintától.

A vasredukáló képesség eredmények esetében a diópaszták között némi eltérés mutatkozott, a gőzölt minták esetében volt a legmagasabb a vasredukáló képesség az aszkorbinsavhoz viszonyítva. Ez magyarázható azzal, hogy az olajat legjobban a gőzölt diószemcsék tartották magukban.

A témában való további kutatást javasolom kiterjeszteni a különböző hőkezelési módok más magféléből készült paszta esetén is. Az egyenletesebb szemcseméret-eloszlás érdekében javasolom mástípusú aprítási mód megválasztását. Javasolom továbbá a különböző aprítási módok során kapott paszták szemcseméretének vizsgálatát és kapcsolat keresését a viszkozitás alakulásával hőkezelés nélküli és hőkezelt minták felhasználásával egyaránt. Végezetül hasznos lenne a termékek hőkezelésének ízre és illatra gyakorolt hatását is vizsgálni elektronikus nyelv, elektronikus orr és érzékszervi bírálat segítségével.

7. Irodalomjegyzék

1. Abd-Elsattar, H. H., and Abdel-Haleem, A. M. H. (2016): Production of soybean butter using different technological treatments., LWT - Food Science and Technology., 69: 40–46.
2. Abu-Jdayil, B., Al-Malah, K., and Asoud, H., (2002): Rheological characterization of milled sesame (tehineh)., Food Hydrocolloids., 16(1): 55–61.
3. Akaike, H. (1978) A Bayesian analysis of the minimum AIC procedure. Annals of the Institute of Statistical Mathematics 30, 9–14 p.
4. Aryal, S., Baniya, M. K., Danekhu, K., Kunwar, P., Gurung, R., and Koirala, N. (2019): Total Phenolic Content, Flavonoid Content and Antioxidant Potential of Wild Vegetables from Western Nepal., Plants., 8(4): 96.
5. Balogh, E. (2010): *Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében.* Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, Doktori értekezés
6. Beiki, T., Najafpour, G. D., and Hosseini, M. (2017). Evaluation of antimicrobial and dyeing properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extract for cosmetics. Coloration Technology, 134(1): 71–81.
7. Bejő, L., Jakócs, M., Divós F., (2022): A sűrűség és nedvességtartalom egyidejű mérése mikrohullámú radar alkalmazásával., Anyagvizsgálók Lapja., 2022/1 lapszám
8. Benzie I. F. F. és Strain J. J. (1996): *The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. Analytical Biochemistry*, (239):70-76.
9. Bujdosó, G., Cseke, K. (2021): The Persian (English) walnut (*Juglans regia* L.) assortment of Hungary: Nut characteristics and origin, Scientia Horticulturae, Volume 283, 110035.
10. Cao G. H. és Prior R. L. (1998): Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum. Clinical Chemistry, (44):1309-1315.
11. Ciftci, D., and Ozilgen, S. (2019): Evaluation of kinetic parameters in prevention of quality loss in stored almond pastes with added natural antioxidant., Journal of Food Science and Technology., Volume 56., 483–490.
12. de Jonge N., Kaszab T., Badak-Kerti K. (2023): Physical properties of different nut butters., Progress in Agricultural Engineering Sciences., 19(1): 77-86.
13. Dordoni, R., Maggiore, M., Casali, M., Roda, A., Lambri, M., & De Faveri, D. M. (2015): Effect of technological treatments and polysaccharide ingredients on oxidative stability of innovative freeze-dried walnut products. *Chemical Engineering Transactions*, 43, 43-48.
14. Dordoni, R., Cantaboni, S., and Spigno, G. (2019): Walnut paste: oxidative stability and effect of grape skin extract addition., Heliyon., 5(9): e02506.
15. Gills, L. A., and Resurreccion, A. V. A. (2000): Sensory and Physical Properties of Peanut Butter Treated with Palm Oil and Hydrogenated Vegetable Oil to Prevent Oil Separation., Journal of Food Science, 65(1): 173–180.
16. Gorrepati, K., Balasubramanian, S., and Chandra, P. (2015): Plant based butters., Journal of Food Science and Technology., 52(7): 3965–3976.
17. Gupta, A., Behl, T., and Panichayupakaranan, P. (2019): A review of phytochemistry and pharmacology profile of *Juglans regia*, Obesity Medicine, 100142.
18. Hayes, D., Angove, M. J., Tucci, J., and Dennis, C. (2015): Walnuts (*Juglans regia*) Chemical Composition and Research in Human Health, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56(8): 1231–1241
19. Huang D. J., Ou B. X. és Prior R. L. (2005): The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (53):1841-1856.
20. Hussain, S.Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., Bhat, T.A. (2021). Walnut (*Juglans Regia*)-Morphology, Taxonomy, Composition and Health Benefits. In: Hussain, S.Z., Naseer, B., Qadri, T., Fatima, T., Bhat, T.A (eds) *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas.*, Springer NatureSwitzerland AG, Cham, 277
21. Khan, M., I., Nasef, M., M. (2009): Spreading behaviour of silicone oil and glycerol drops on coated papers., Leonardo Journal of Sciences., 8., 18-30.
22. Khir, R., Pan, Z., Zicari, S. (2019): Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products, Academic Press, United Kingdom, pp. 391—411.

23. Kowalska, M., Mendrycka, M., Zbikowska, A. és Stawarz, S. (2014): Enzymatically interesterified fats based on mutton tallow and walnut oil suitable for cosmetic emulsions, *International Journal of Cosmetic Science*, 37(1): 82–91.
24. Kranl K., Schlesier K., Bitsch R., Hermann H., Rohe M. és Bohm V. (2005): Comparing antioxidative food additives. *Food Chemistry* 93, 171–175. DOI:10.1016/j.foodchem.2004.11.012
25. Li, X., Guo, M., Chi, J., and Ma, J. (2020): Bioactive Peptides from Walnut Residue Protein, *Molecules*, 25(6): 1285.
26. Liu W., Pu X., Sun J., Shi X., Cheng W., Wang B. (2022): Effect of *Lactobacillus plantarum* on functional characteristics and flavor profile of fermented walnut milk., *LWT - Food Science and Technology*, Volume 160., 15 April 2022., 113254. cikk
27. Liu, M., Li, C., Cao, C., Wang, L., Li, X., Che, J., ... Liu, X. (2021): Walnut Fruit Processing Equipment: Academic Insights and Perspectives., *Food Engineering Reviews*., Volume 13., 822–857.
28. Madrid, R., García-García, A., Cabrera, P., González, I., Martín, R., and García, T. (2021): Survey of Commercial Food Products for Detection of Walnut (*Juglans regia*) by Two ELISA Methods and Real Time PCR, *Foods*, 10(2): 440.
29. Martínez, M.L., Labuckas, D.O., Lamarque, A.L., Maestri, D.M. (2010): Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. vol. 90 iss. 12.
30. Mastura, H.,Y., Hasnah, H., Yap, Y., T. (2017): Total phenolic content and antioxidant capacities of instant mix spices cooking pastes., *International Food Research Journal*., 24(1): 68-74."
31. McGranahan, G., Leslie, C. (2012). Walnut. In: Badenes, M., Byrne, D. (eds) *Fruit Breeding. Handbook of Plant Breeding*, vol 8. Springer, Boston, 827-846.
32. Mezger, T. G. (2014): *The Rheology Handbook: For Users of Rotational and Oscillatory Rheometers*, 4nd Edition, Vincentz Network, Hannover.
33. Mohd Rozalli, N. H., Chin, N. L., and Yusof, Y. A. (2015): Particle Size Distribution of Natural Peanut Butter and Its Dynamic Rheological Properties., *International Journal of Food Properties*., 18(9): 1888–1894.
34. Motti, R., Bonanomi, G. and de Falco, B. (2022): Wild and cultivated plants used in traditional alcoholic beverages in Italy: an ethnobotanical review., *European Food Research and Technology*., Volume 248., 1089-1106.
35. Mureşan, V., Danthine, S., Bolboacă, S. D., Racolţa, E., Muste, S., Socaciu, C., and Blecker, C. (2015): Roasted Sunflower Kernel Paste (Tahini) Stability: Storage Conditions and Particle Size Influence., *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(5): 669–683.
36. Mureşan, V., Danthine, S., Mureşan, A. E., Racolţa, E., Blecker, C., Muste, S., ... Baeten, V. (2016): In situ analysis of lipid oxidation in oilseed-based food products using near-infrared spectroscopy and chemometrics: The sunflower kernel paste (tahini) example., *Talanta*, 155, 336–346.
37. Ojeda-Amador, R. M., Salvador, M. D., Gómez-Alonso, S., and Fregapane, G. (2018): Characterization of virgin walnut oils and their residual cakes produced from different varieties., *Food Research International*., Volume 108, 396–404.
38. Olaleye, H. T., Oresanya, T. O., and Bello, B. Z. (2021): Physicochemical, Textural, Rheological and Sensory Properties of Chia Seed-Cashew Nut Spread., *Journal of Culinary Science and Technology*, 21(2): 264–274.
39. Orosz P. (2015): *Könyv a dióról. Elektronikus könyv.* (Megtekintés dátuma: 2023.11.19.)
40. Prakash, S., Bhandari B., Gaiani C. (2022): *Engineering Plant-Based Food Systems*, Elsevier Science, Amsterdam, 152
41. Safaei, S.,F., Jafarian, S., Masoumi, M., Soltani, M., S., (2024): Assessment of rheological, qualitative and antioxidant characteristics of enriched peanut butter with date paste through shelf-life stability., *Heliyon*., 10(18): e37602.
42. Salehi-Amiri, A., Zahedi, A., Akbapour, N., and Hajiaghahi-Keshteli, M. (2021): Designing a sustainable closed-loop supply chain network for walnut industry, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 141, 110821. cikk
43. Shakerardekani, A., (2014): Effect of milling process on colloidal stability, color and rheological properties of pistachio paste., *Journal of Nuts*, 5(2): 57–65.

44. Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H.M., Chin, N.L. (2013): Textural, Rheological and Sensory Properties and Oxidative Stability of Nut Spreads., *International Journal of Molecular Sciences*. vol. 14 iss. 2.
45. Simopoulos A.P. (2002): The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy* vol. 56 issue 8"
46. Shekunov, B.Y., Chattopadhyay, P., Tong, H.H.Y. *et al.* (2007): Particle Size Analysis in Pharmaceuticals: Principles, Methods and Applications. *Pharm Res* **24**, 203–227 (2007).
<https://doi.org/10.1007/s11095-006-9146-7>
47. Singleton, V.L., Rossi, J.A (1965): Colorimetry of Total Phenolics with PhosphomolybdicPhosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. January 1965 16: 144-158.
48. Soós A. (2014): Növényi eredetű zsiradékok hatása az állati eredetű zsírok fizikai tulajdonságaira. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Doktori értekezés
49. Szafner G. (2014): Élelmiszerek effuzivitásának meghatározása fotopiroelektromos módszerrel., Nyugat-Magyarországi Egyetem, Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola, Doktori értekezés,
50. Tang, D., Marangoni, A., G., (2007): Modeling the rheological properties and structure of colloidal fat crystal networks. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 474–483.
51. Verna, M., K.(2014): Walnut Production Technology, In, SK Singh, AD Munshi, KV Prasad, AK Sureja (eds), Training manual on teaching of post-graduate courses in horticulture (Fruit Science),1st edition,Post Graduate School, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 281-287
52. Wagener, E. A., and Kerr, W. L. (2017): Effects of oil content on the sensory, textural, and physical properties of pecan butter (*Carya illinoensis*)., *Journal of Texture Studies*., 49(3): 286–292.
53. Wang, J., Liu, J., John, A., Jiang, Y., Zhu, H., Yang, B., Wen, L. (2022): Structure identification of walnut peptides and evaluation of cellular antioxidant activity, *Food Chemistry*, Volume 388, 15th September 2022, 132943. cikk
54. Wu, H., Sun, Y., Ma, L., Cheng, S., Lv, D., Hao, J., Han, L. (2024): Microbial exopolysaccharide EPS66A inducing walnut (*Juglans regia*) resistance to bacterial blight, *Food Chemistry*, Volume 435, 1st march 2024
55. Wu, S., Shen, D., Wang, R., Li, Q., Mo, R., Zheng, Y., Zhou, Y., Liu, Y. (2021): Phenolic profiles and antioxidant activities of free, esterified and bound phenolic compounds in walnut kernel, *Food Chemistry*, Volume 350, 15 th July 2021, 129217. cikk
56. Xixiang , S., Dai, T., Ruan, R., Liu, Y., Liu, C., Zhang, M., Chen J. (2023): Novel high energy media mill produced macadamia butter: Effect on the physicochemical properties, rheology, nutrient retention and application., *LWT - Food Science and Technology*., Volume 178., 15th March 2023, 114606. cikk

Internetes hivatkozások:

- Internet 1.: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>, Diótermesztés régiók szerinti eloszlása (Megtekintés dátuma: 2023.11.03.)
- Internet 2.: <https://ekave.hu/gene-cafe-cbr101-kave-porkolo>, Automata kávépörkölő gép (Megtekintés dátuma: 2024.07.17.)

Táblázatok és ábrák jegyzéke

Táblázatok

1. táblázat Reológiai modell illesztése natúr, pörkölt, gőzölt diópaszta mintákra (Forrás: Saját szerkesztés)..... 42

Ábrák

1. ábra Diótermesztés régiók szerinti eloszlása (Forrás: Internet 1 alapján, saját szerkesztés)	7
2. ábra Az amplitúdó pásztázás beállítása, szabályozott feszültséggel és az amplitúdó öt lépésben történő növelésével, a frekvencia mind az öt mérési ponton állandó (Forrás: Mezger, 2014)	17
3. ábra Automata kávépörkölő gép (Forrás: Internet 2)	21
4. ábra Vágás teszt során rögzített maximális erő (A) és deformáció (B) átlagértéke és szórása diagrammon ábrázolva (Forrás: Saját szerkesztés)	28
5. ábra Vágási teszt görbék merevedésként átlagos értéke és szórása a maximális vágási erőig (Forrás: Saját szerkesztés)	29
6. ábra A diópaszták vágási teszt görbéin 7,5 mm-ig a pozitív csúcsok száma (A), vágási munka (B), lineáris távolság (C) átlag értéke és szórása (Forrás: Saját szerkesztés).....	29
7. ábra Felezett dió nedvességtartalmának kiértékelése oszlopdiagrammon (Forrás: saját szerkesztés).....	30
8. ábra Diópaszták átlagos nedvességtartalma (Forrás: saját szerkesztés)	31
9. ábra Olajterülés vizuális vizsgálata: Natúr(A), Pörkölt (B)és Gőzölt (C) diópaszták esetén 1 óra üvegphár alatti tárolást követően (Forrás: Saját szerkesztés).....	32
10. ábra Olajterülés átlagos értékeinek és szórásainak ábrázolása oszlop diagramon.(Forrás: Saját szerkesztés).....	32
11. ábra 26°C-on tárolt pörkölt dió paszták 8 hetes tárolás alatt bekövetkező olajkiválása (Forrás: Saját szerkesztés)	33
12. ábra Tárolás során bekövetkező olaj kiválásának átlaga és szórása (Forrás: Saját szerkesztés)	33
13. ábra CIE L* a* b* színrendszer paramétereinek meghatározása a natúr és előkezelet diópaszta minták esetében (Forrás: Saját szerkesztés)	34
14. ábra CIE L* a* b* színrendszer L* (A), a* (B) és b* (C) paramétereinek átlaga és szórása natúr és előkezelt minták esetén (Forrás: Saját szerkesztés)	34
15. ábra Átlagos szemcseméret és szórás oszlopdiagramja lézerdiffrakciós mérés esetén. (UH fürdő nélkül (bal), UH fürdővel (jobb) (Forrás: Saját szerkesztés)	35
16. ábra Natúr (A), pörkölt (B), gőzölt (C) diópaszta szemcseméret-eloszlása, szemcseméret diagramja lézerdiffrakciós mérés ultrahangos fürdő alkalmazásával (Forrás: Saját szerkesztés)	36
17. ábra Gőzölt diópaszta szemcséinek meghatározása mikroszkópos módszerrel (1) Gőzölt dióhártya, (2)Zsírtalanítást megelőzően vizsgált gőzölt diópaszta szemcséje (3) Zsírtalanítást követően vizsgált gőzölt diópaszta szemcséje (Forrás: Saját szerkesztés).....	36
18. ábra Natúr diópaszta szemcséinek meghatározása mikroszkópos módszerrel, bal: zsírtalanítást megelőzően mért minta, jobb: zsírtalanított minta (Forrás: Saját szerkesztés).....	36
19. ábra Pörkölt diópaszta amplitúdó pásztázása, lineáris viszkoelasztikus határának és folyáspontjának meghatározása maximális nyírási deformációig (Forrás: Saját szerkesztés).....	38
20. ábra Natúr diópaszta amplitúdó pásztázása, lineáris viszkoelasztikus határának és folyáspontjának meghatározása a maximális nyírási deformációig (Forrás: Saját szerkesztés)	38
21. ábra Gőzölt diópaszta amplitúdó pásztázása, lineáris viszkoelasztikus határának és folyáspontjának meghatározása a maximális nyírási deformációig (Forrás: Saját szerkesztés)	39
22. ábra Viszkoelasztikus határ (LVE) eléréséhez szükséges deformációk átlaga és szórása (bal), folyásponti nyírófeszültség (τ_f) átlag és szórás diagramja (jobb). (Forrás: Saját szerkesztés).....	39
23. ábra Növekvő nyírási sebesség során regisztrált látszólagos viszkozitás értékek különböző minta típusok esetén (Forrás: Saját szerkesztés)	40
24. ábra Nyírófeszültség változása a növekvő nyírási sebesség esetén (Forrás: Saját szerkesztés)	40
25. ábra Dinamikai viszkozitás görbék állandó nyírási sebesség esetén a mérés során (Forrás: Saját szerkesztés)	41
26. ábra Átlagos dinamikai viszkozitás és szórás ábrázolása különböző minta típusok esetén (Forrás: Saját szerkesztés)	41
27. ábra Natúr és előkezeléssel készült diópaszták összes polifenol tartalmának átlagértéke és szórása diagramm (Forrás: Saját szerkesztés).....	42
28. ábra Natúr és előkezeléssel készült diópaszták FRAP átlagértéke és szórása (Forrás: Saját szerkesztés)	43

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megragadni az alkalmat, hogy hálás köszönetet mondjak elsősorban konzulenseimnek Dr. Kaszab Tímea tanárnőnek és de Jonge Nórának, akik segítséget nyújtottak a dolgozat elkészítésében.

Köszönetemet fejezem ki Blaha Mártának a kémiai mérésekben való szerep vállalásért.

Hálámat fejezem ki Kokavec László és Dudás Imre uraknak és az Anton Paar Hungary Kft. csapatának, hogy iránymutatást nyújtottak a reológiai és a lézerdiffrakciós mérések elvégzéséhez és elérhetővé tették számunkra a lézerdiffrakciós méréshez szükséges eszközt.

Szeretném megköszöni továbbá az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék és a Gabona és Iparinövény Technológiai Tanszék munkatársainak segítségét.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni szüleimnek a támogatást és iránymutatást, amellyel segítették a szakdolgozat létrejöttét.