

SZAKDOLGOZAT

Boros Dorisz
2022

Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Gabona és Iparinövény Technológiai Tanszék

Lenmag-, tökmag- és szezám-magolaj fizikai vizsgálata

Boros Dorisz
Budapest
2022

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

**Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Édes- és zsiradékipari technológiák és minőségügy**

Szakedolgozat készítés helye: Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék

Hallgató: Boros Dorisz

A szakedolgozat címe:

Lenmag-, tökmag- és szezám-magolaj fizikai vizsgálata

Konzulens: Lambertné dr. Meretei Anikó
Dr. Kaszab Tímea

Beadás dátuma: 2022.november



szakedolgozat készítés helyének vezetője
(Badakné dr. Kerti Katalin)



konzulens
(Lambertné dr. Meretei Anikó)



konzulens
(Dr. Kaszab Tímea)



Badakné dr. Kerti Katalin
Édes- és zsiradékipari technológiák és minőségügy

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	2
2.	Célok	3
3.	Irodalmi áttekintés.....	4
3.1.	Általánosságban az olajokról/zsírokról	4
3.2.	Olajgyártás technológiája	5
3.3.	Tökmagolaj.....	7
3.3.1.	A tök, mint növény.....	7
3.3.2.	A tökmagolaj fizikai és kémiai tulajdonságai	8
3.3.3.	A tökmagolaj összetétele.....	9
3.3.4.	A tökmagolaj élettani hatásai	10
3.3.5.	Tökmagolajjal végzett fizikai mérések	11
3.4.	Lenmagolaj	12
3.4.1.	A len, mint növény	12
3.4.2.	A lenmagolaj fizikai és kémiai tulajdonságai	12
3.4.3.	A lenmagolaj összetétele	13
3.4.4.	A lenmagolaj élettani hatásai	14
3.4.5.	Lenmagolajjal végzett fizikai mérések.....	16
3.5.	Szezámolaj.....	16
3.5.1.	A szezám, mint növény	16
3.5.2.	A szezámolaj fizikai és kémiai tulajdonságai	17
3.5.3.	A szezámolaj összetétele	17
3.5.4.	A szezámolaj élettani hatásai	18
3.5.5.	Szezámolajjal végzett fizikai mérések	19
4.	Anyagok és módszerek.....	21
5.	Kísérleti eredmények és értékelésük	24
5.1.	A hőmérséklet hatása - viszkozitás.....	24
5.2.	A tárolás hatása.....	27
5.2.1.	Viszkozitás	27
5.2.2.	Színmérés	30
5.2.3.	Törésmutató mérése	33
5.2.4.	Szárazanyagtartalom mérése	34
6.	Összefoglalás.....	36
7.	Irodalomjegyzék.....	38

1. Bevezetés

A növényi olajok konyhai használata több évszázados múltra nyúlik vissza. A hidegen sajtolt magolajok használata az emberi szervezet számára jótékony hatásaiknak köszönhetően több figyelmet érdemelnek. A dolgozatomban három magolaj vizsgálatával foglalkoztam, a tökmagolajjal, lenmagolajjal és szezámolajjal.

A lenmagolaj megelőzi az érlemezsedést, csökkenti a koleszterinszintet és a vérnyomást, tehát a szívbetegségek megelőzésében jótékony hatással bír. Emellett csökkenti a rákos betegségek kialakulásának kockázatát és növeli a rákbetegségek kezelésére szolgáló gyógyszerek hatékonyságát. Gyulladáscsökkentő, mely tulajdonsága miatt jótékony hatással van a májra, az ízületi gyulladások és vastagbélgyulladás kezelésében és tüneteinek javításában. A vesetoxicitásban védelmet nyújt, a diabéteszesek számára egészségjavító hatást nyújt, illetve az idegműködés fenntartásában és az elhízás mérséklésében is részt vesz.

A tökmagolaj antioxidáns, ezáltal javítja többek között a termékenységet, megelőzi az érlemezsedést és a magas vérnyomást. Legismertebb egészségügyi hatása a prosztatata hipertrófia tüneteinek, mellékhatásainak csökkentése, és a kórkép gátlása. Emellett húgyúti rendellenességek kezelésében jótékony hatásokkal bír. Gyulladás és koleszterinszint csökkentő. Mérsékli a menopauza tüneteit és az emlőrák kialakulását. A hajnövekedésére is hatással van.

A szezámolaj koleszterinszint és vérnyomás csökkentő és enyhíti a kardiotoxicitást. Csökkenti a lipidperoxidációt. Antioxidáns, ezáltal gátolja az érlemezsedést. A májfunkcióira jótékony hatással van. Az atheroszklerózis kezelésében szintén előnyös tulajdonságokkal bír.

Mint látható, ez a három olaj nagyon hasznos az egészségmegőrző tulajdonságokkal bír. Ezek az olajok remekül hasznosíthatók alternatív gyógymódként és az olajoknak a táplálkozásunkba való beépítésével preventív hatást érhetünk el egyes kórképek kialakulásában. Az általam vizsgált olajok hidegen sajtoltak, így nem vesznek el azok a fontos bioaktív vegyületek, melyek ezeket a hasznos egészségjavító hatásokat okozzák. Ezeket az olajokat azonban nyersen fogyasztjuk salátaolajként, sütésre nem alkalmazhatók.

A magolajok pozitív élettani tulajdonságaik ellenére még nem eléggé ismertek, ennek oka egyrészt, hogy a sütőolajokkal ellentétben a salátaolajok iránti kereslet háttérbe szorul, másrészt ezek a magolajok sokkal drágábbak, emiatt az ismertségük is kisebb. A magolajok jobb megismeréséhez véleményem szerint elengedhetetlen, hogy a legjobb felhasználás érdekében megvizsgáljuk fizikai tulajdonságaikat is.

2. Célok

A tökmag-, lenmag-, és szezámagolajat hidegen salátaolajként alkalmazzuk és hogy ezeket az olajokat sötét üvegben tárolják. Megfigyelhető, hogy ezek az olajok szobahőmérsékleten gyorsan megfolynak. Arra voltam kíváncsi, hogy ha hidegen tároljuk és adjuk a salátához, akkor megdermednek-e, ami miatt majd kevésbé folynak le a salátáról.

Ehhez meg kellett határoznom az ezt leíró fizikai tulajdonságot és ki kellett választanom egy ezen paraméter mérésére alkalmas eszközt. Első célom tehát az volt, hogy szobahőmérsékleten (25°C) és hűtőhőmérsékleten (5°C) meghatározzam a három olaj viszkozitását.

Mint már említésre került, ezeket az olajokat sötét üvegben tárolják. Ezáltal munkám további részében a sötétben és világosban való tárolás hatását vizsgáltam az olajok fizikai tulajdonságaira, vagyis az viszkozitás, szín, törésmutató, szárazanyagtartalom, melyeket hat héten keresztül figyeltem meg.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Általánosságban az olajokról/zsírokról

A zsírok (olajok) zömmel glicerín-zsír-sav észterek, táplálkozási jelentőségüket nagy energia-, esszenciáliszsír-sav-, zsírolható vitamintartalmuknak köszönhetjük. Az élelmiszergyártók olyan tulajdonságaiknak köszönhetően használják őket, mint olvadás, kenhetőség, zsíros-olajos íz, oldhatóság, illatanyagok. Ezen anyagok felhasználása a termékek jellegzetes konzisztencia, aroma, aroma-visszatartó képesség és zamaterzetére gyakorolnak előnyös hatást. A zsírsavak a legemlítésre méltóbb komponensei a zsíroknak és olajoknak. A telített zsírsavak egy karboxilcsoportot tartalmaznak, melyhez telített szénhidrogénlánc kapcsolódik. A telítetlen zsírsavak szénhidrogénláncában egy vagy több kettős kötés található. Kettős kötések között CH_2 -csoport található. „A zsírok olvadáspontja függ a szénlánc hosszától és a telített és telítetlen zsírsavak arányától. Minél nagyobb a telített zsírsavak aránya, annál magasabb az olvadáspont, minél több telítetlen zsírsavat tartalmaz a zsír, annál alacsonyabb hőmérsékleten dermed meg (Csapó és Csapóné Kiss, 2004).

Mivel a növényi olajokban sok a telítetlen zsírsav, ezért ezek szobahőmérsékleten folyékonyak. A telítetlen zsírsavak közül a linolsav és arachidonsav esszenciális. A linolsav és a többi, omega6 családhoz tartozó zsírsav az emberi szervezet számára nem szintetizálható. Ezek az esszenciális zsírsavak, amelyeket csak táplálkozással juttathatunk a szervezetünkbe. „A neutrális zsírok (trigliceridek, triacil-glicerinek) a zsírsavak glicerinnel alkotott észterei. Ha a glicerín mindhárom hidroxilcsoportját azonos zsírsav észteresíti, akkor egyszerű, ha a glicerín két- vagy háromfajta zsírsavval kapcsolódik, akkor kevert triacilglicerinekről beszélhetünk.” (Csapó és Csapóné Kiss, 2004) A természetes zsírok többsége ezek elegye. A növényi zsiradékok a növények magvaiban, gyümölcseiben, de a gyökerekben, szárban is előfordulhatnak. Az állati zsiradékok a bőr alatti kötőszövetekben, hasüregben, májban és izmok között találhatók.

Fontosabb fizikai jellemzőik

Sűrűségük a vízénél kisebb. Általában színtelenek, szagtalanok. Huzamosabb tároláskor a levegő, fény, baktériumok, gombák hatására avasodik. Szobahőmérsékleten mutatott halmazállapotuk alapján szilárd zsírokra és folyékony olajokra osztjuk. A kémiai egységes anyag olvadásponti hőmérsékletéről a szilárd és folyékony fázis egyensúlya esetén beszélhetünk. Azonban ez az olvadáspont nem egy határozott érték, mivel a zsírok acil-

glicerinek és más anyagok keverékéből állnak. Ennek az az oka, hogy az egyes komponensek eltérő hőmérsékleten válnak folyékonnyá, ezért beszélhetünk tiszta olvadáspontról, csúszáspontról, lágyuláspontról és az emelkedéspontról (Csapó és Csapóné Kiss, 2004)

Ezekon kívül használják még a zsír minősítésére a zavarosodási pontot, mely az a hőmérséklet, ahol a folyékony zsiradék hűtés hatására zavarosodni kezd. Termostabilitási jellemzőkre használatos a füstölési pont, ami az a hőmérséklet, ahol füstolni kezd a zsiradék; a lobbanási pontot, ami az a hőmérséklet, ahol belobban a zsiradék, illetve az égéspontot, mely az a hőmérséklet, ahol a zsiradék tartós lánggal ég.

A zsírokat jellemezhetjük még a viszkozitásukkal is. Az olajok és olvadt zsírok Newtoni folyadékként viselkednek. A viszkozitás mellett további paramétereket használnak a zsírok minősítésére, mint a folyáspont, a cseppenéspont, a megszilárdulási pont és -görbe, a szilárd és folyékony acil-glicerinek aránya, a konzisztencia és a plaszticitás. A konzisztencia a testek azon tulajdonsága, amely képessé teszi őket az alakváltozással szembeni ellenállásra, a plaszticitás pedig az a tulajdonság, amely képessé teszi arra, hogy az alakváltozás akkor is megmaradjon, ha az azt létrehozó erő megszűnik (Csapó és Csapóné Kiss, 2004).

Fontosabb kémiai jellemzők

A zsiradékok kémiai jellemzésére a savszámot, az elszappanosítási számot, a jódszámot, a peroxidszámot és a hidroxilszámot alkalmazhatjuk. A savszám a szabad zsírsavak mennyiségéről ad információt. Az elszappanosítási a zsírsavak átlagos molekulatömegéről ad információt. A jódszám a zsiradék kettős kötéseiről nyújt információt. A jódszám alapján megkülönböztetünk nem száradó (max 110), félig száradó (110-150) és száradó (150 felett) olajokat. A szakdolgozatomban levő 3 olaj közül, a tökmag félig száradó, a len- és a szezám-mag száradó olaj. A hidroxilszám a szabad alkoholos hidroxilcsoportok mennyiségének meghatározására szolgál. A peroxidszám a zsiradékokban található peroxidok mennyiségéről nyújt információt (Csapó és Csapóné Kiss, 2004).

3.2. Olajgyártás technológiája

A növényi olajokat sajtolással, oldószeres extrakcióval vagy ezek kombinációval lehet előállítani. Khan és munkatársai 1983-as tanulmánya szerint a kettő kombinációja sokkal hatékonyabb, a magok olajtartalmát 20%-ra csökkentik préssel, majd extrahálják oldószeres extrakcióval a pogácsát. Sajtolás során a magokból mechanikusan, nyomás

segítségével „kinyomjuk/kipréseljük” a magban levő olajat. Ennek kivitelezése hidraulikus- és csigasajtókkal történhet. Az extrakció során viszont oldószer felhasználásával a folyadékot elválasztjuk a folyadék-szilárd rendszerből. Ramadan (2020) szerint, amely mag sok olajjal rendelkezik, előpréselhetik, majd oldószeres extrakciónak vetik alá, amely kevesebb olajat tartalmaz csak oldószeres extrakciót kap. Természetesen az, hogy melyik technológiát használjuk, függ a termelési céltól, a költségektől, az anyagjellemzőktől, a pogácsa és olaj felhasználási céljától és a magvak mennyiségétől.

Az olajgyártás során a legfőbb célok, hogy az olaj ne károsodjon, a szennyező anyagok mennyisége a lehető legkevesebb legyen, a keletkező pogácsában maradó zsírt csökkentsék és a magokból a maximális olajmennyiséget kinyerjék. Ramadan (2020) szerint az olajok lehetnek finomítatlanok (hidegen sajtolt, szűz) és finomítottak, valamint a finomítatlan olaj gyártása során melléktermék is keletkezik, melyet pogácsának nevezünk, melyből a maradék olajat további extrakcióval kivonhatják, illetve a finomított (nyers) olajat további finomítási folyamatoknak vetik alá. Az olajok gyártása nagy mennyiségű szerves oldószerrel és energiabefektetéssel jártak. Emiatt szükségszerűvé vált, az energiahatékonyabb és környezetbarátabb módszerek kifejlesztése. Ilyen módszer például a hidegsajtoltasos extrakció. Ramadan (2020) könyvében hivatkozva a Codex Alimentariusra miszerint: "A hidegen sajtolt finomítatlan növényi olajat hevítés, előtisztítás, hántolás és mechanikai őrlés nélkül állítják elő. A hidegen sajtolt finomítatlan olajat csak vízzel való mosással, kicsapással, szűréssel és centrifugálással lehet tisztítani." Tehát mechanikai úton, nyomás alkalmazásával, hő-, és kémiai kezelés nélkül, úgy, hogy az olaj természete nem sérüljön. A sajtolás hőmérséklete hidegen sajtolt olajok esetén max 40-50 °C lehet. A végtermék megőrzi a növény jellegzetes szín és zamatanyagait. Ramadan (2020) szerint, e technológia előnye, hogy alacsony energiabefektetésű és beruházási költségű, nincsenek oldószerek és szennyvíz, környezetbarátabb, a magok feldolgozása gyors és egyszerű. A finomított olajokkal szemben több antioxidáns és biológiailag aktív anyagot tartalmaz. Hátránya, hogy a beruházás- és tökeigénye magas, nem mindig azonos minőséget és kevesebb mennyiség előállítására képes, az oxidatív stabilitás szempontjából hátrányos többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmaz, prooxidatív vegyületek jelenléte miatt rövidebb tárolhatósággal rendelkezik a finomított olajokhoz képest.

Az ehető finomítatlan olajok közé tartozik a hidegen sajtolt olaj és a szűz olaj. Ezek az olajok finomítatlanok, ugyanis így a hideg sajtolás során megmaradnak azok a bioaktív vegyületek, melyek a finomításkor általában elvesznek. Ezek a hidegen sajtolt olajokban természetesen megtalálható kisebb bioaktív lipidek a fitoszterolok, foszfolipidek,

tokoferolok, fenolos vegyületek, szénhidrogének (szkvalén), pigmentek (karotinoidok és klorofill), valamint íz- és aromavegyületek (Ramadan, 2020).

Ramadan (2020) szerint az olajhozam növelése érdekében a magokat előkezelhetjük enzimekkel, mikrohullámú kezeléssel, gőzöléssel, pörköléssel. A csigássajtókba/expellerekbe a magvakat a bemeneti nyíláson át táplálják be, melynek végén két kimenet található, egy az olaj és egy a pogácsa számára. A csigaelemek közti térfogatcsökkenés hatására folyik ki az olaj, melynek nagyrésze már az elején kifolyik. A sajtó munkatere, melyekben a csigaelemek találhatók, a préskosár, melynek falát egyes esetekben, szükséges hűteni, mivel a súrlódás miatt hő termelődik, amely a hidegen sajtolt olajoknál káros, mert íz- és színanyagok károsodhatnak és szabad zsírsavak jöhetnek létre, mely szintén minőségkárosító. A kifolyó olajat előszűrés után további ülepitésnek vagy szűrésnek vethetik alá. Az, hogy mennyi olajat sikerült kinyerni az előkezeléstől és a paraméterektől függ. Ezek lehetnek a hámozás, szárítás, oldószeres vagy enzimes kezelés, illetve az adagolási sebesség, nyomás, préselési idő, átmérők, hőmérséklet, forgatási sebesség, illetve a felhasználandó magok jellemzői, főképp a nedvességtartalom (Khan és mtsai, 1983).

A korábbiakban említésre került, hogy a finomítatlan olajok előállításakor keletkező melléktermék a pogácsa. Ezeket legfőképp állati takarmányként hasznosítják. Ezek a pogácsák megőrzik a kiinduláskor meglévő kedvező tulajdonságokat, hiszen nem használnak szerves oldószereket a préseléskor. Az olajos magvakból préseléssel történő olajkivonás után nyert pogácsák és lisztek jelentős mennyiségű maradék olajat tartalmaznak, és fehérjékben, tápanyagokban (vitaminokban és karotinoidokban), valamint ásványi anyagokban gazdagok (Ramadan, 2020). Az összetételük természetesen függ attól, hogy milyen fajtát, milyen olajkivonási módot használunk, és hogy a feldolgozandó magot milyen körülmények közt termesztették. Ramadan (2020) szerint a legtöbb pogácsa antinutritív összetevőket is tartalmaz, melyeket el kell távolítani, hogy felhasználhatóvá váljon. Ám a héj nélküli tökmagok sajtolásából keletkező pogácsák ez alól kivételek, mely lehetőséget nyújt az emberi táplálkozásban való felhasználásra, beépítve élelmiszeripari termékekbe.

3.3. Tökmagolaj

3.3.1. A tök, mint növény

A közönséges tök (*Cucurbita pepo*) a tökfélék (*Cucurbitaceae*) családjába tartozó zöldsnövény. A *Cucurbitaceae* családba tartozó növények jellemzően egyéves, ritkábban évelő, heverő szárú fajok. Leveleiket szórt levélállás, illetve tenyeres erezettség jellemzi.

Egyivarú, egylaki növények. Virágaik öttagúak, a forrt virágtakaróik különmeműek. Az alsó állású magházból rendszerint kabaktermés fejlődik. Ovális magjából sötétzöldes olaj nyerhető ki.



1. ábra *Cucurbita pepo* (Internet1)

Shaban és munkatársai (2017) szerint a töktermesztés élén az Egyesült Államok áll, melyet Mexikó, India és Kína követ. A tökmagolaj Özbek és munkatársai (2020) szerint magas telítetlenségi foka miatt főző- vagy sütőolajként nem használható. A salátaolaj mellett gyógyászati célokra, illetve magját pirítás után rágcsálnivalóként használhatjuk. Érdekesség, melyről Fruhwirth és munkatársai (2008) számoltak be, hogy a 19. században, egy természetes mutáció végett, létrejött egy csupasz magokkal rendelkező tökfajta, melyet stájer töknek neveznek (*Cucurbita pepo* subsp. *pepo* var. *Styriaca*) melyet azóta a Föld nagy részén termesztenek. A belőle készült stájer tökmagolajat Ausztria délkeleti tartományában (Stájerországban) készítik. Özbek és munkatársai (2020) szerint a hasonló tökmagolaj termelő országok közé tartozik Szlovénia, Horvátország és Magyarország.

3.3.2. A tökmagolaj fizikai és kémiai tulajdonságai

A *Cucurbita* spp. étolajok sajtolásakor általában világossárga és tiszta olajokat nyernek. Az Ausztria délkeleti tartományában, Stájerországban termelt tökmagolaj azonban sötétzöld színű (Fruhwirth és munkatársai, 2008). Procida és munkatársai (2013) a következőképp jellemezték: diós, pörkölt, enyhén zöldes és zsíros aromájú és a kinyert olaj színe a sötétzöldtől a vörös okkersárgáig terjed, és erős vörös fluoreszcenciával rendelkezik. Özbek és munkatársai (2020) szerint a hidegen sajtolat tökmagolaj fizikai-kémiai tulajdonságai közül a törésmutató 25°C-on 1,472 és 1,480 között; viszkozitás 25°C-on 78,1 és 78,6 cP között; szappanosítási érték 184 és 290,7 mg KOH/g olaj között; el nem szappanosítható anyagok 0,6% és 0,9% között; jódszám 103 és 121,6 g I₂/100 g olaj között;

savérték 0,9 és 3,3 mg KOH/g olaj között; szabad zsírsav 0,2-0,6% olajsav; peroxidérték 0,1 és 9 meq O₂/kg (meq O₂/kg = milliekvivalens O₂ kilogrammonként) között; p-anizidinérték 0,2 és 1,9 között; totox-érték 1,6 és 9,4 között.

3.3.3. A tökmagolaj összetétele

A szabad zsírsavak közül, melyek nagy mennyiségben megtalálhatók, Procida és munkatársai (2013) szerint legfőképp olajsavat, linolsavat, palmitinsavat, illetve sztearinsavat tartalmaz, melyek relatív eloszlása 21,0-46,9%, 35,6-60,8%, 9,5-14,5% illetve 3,1-7,4%. Ezek a mennyiségek Shaban és munkatársai (2017) szerint 43,8%, 33,1%, 13,4%, 7,8%. Mindkét tanulmány szerint e négy felsorolt zsírsav az összes zsírsav mennyiségének a 98 ± 0,1%-át teszik ki. Nederal és munkatársai (2012) szerint a hidegen sajtolt tökmagolaj domináns triacilglicerinjai az oleodilinolsav (OLL), a trilinolsav (LLL), a palmitodilinolsav (PLL) és a linolindiolsav (LLO). Triacilglicerinek az elszappanosítható illetve semleges(neutrális) lipidek közé tartoznak. Finley és DeMan 1999-es tanulmánya szerint a lipidek el nem szappanosítható részét a szterolok, terpénalkoholok, alifás alkoholok, szénhidrogének és szkvalén alkotják. „A hidegen sajtolt tökmagolaj fitoszterolfrakciója alapvetően D7,22,25-stigmastatrienolból, kampeszterolból, D7,25-stigmastadienolból, D7-stigmaszterolból, spinaszterolból, b-szitoszterinből és D7-avenaszterolból áll. Ezek a vizsgálatok kimutatták, hogy a hidegen sajtolt tökmagolaj teljes szterintartalma 71,8 és 180,6 mg/100 g között mozgott” (Akin és munkatársai, 2018). Ramak és munkatársai (2019) a fent említett fitoszterolok mellett még a desmoszterol, stigmaszterol, béta-szitoszterol, D7-stigmastatrienol és a D7-avenaszterol jelenlétét is megemlíti az olajban.

Siger és munkatársai 2008-as tanulmányukban a hidegen sajtolt tökmagolajban vanillinsavat, p-kumársavat, ferulasavat és protokatechuinsavat azonosítottak. Ramak és munkatársai (2019) illetve Akin és munkatársai (2018) még a kávéssavat és a sziringinsavat jelenlétét is megemlíti az olajban. Özbek és munkatársai (2020) lutein és zeaxantin mellett még g-karotint, valamint kisebb mennyiségben b-karotint, a-karotint, kriptoxantint és 9-cis-g-karotint azonosítottak. Akin és munkatársai (2018) szerint az összes karotinoid 6,9 mg/100 g és 22,8 mg/100g mennyiségben mozgott. Tuberoso és munkatársai (2007) szerint klorofillból nagyjából 30,8 mg/kg – 33,9 mg/kg található benne. Özbek és munkatársai (2020) szerint a tökmagolajban megtalálható szénhidrogén a szkvalén, mely szintje az olajban 952,3-7880 mg/kg, emellett megállapították, hogy a tökmagolaj összes tokoltartalma 265,7mg/kg és 977,9mg/kg között változik, a γ- tokoferol az összes tokoferol közel 90%-át teszi ki, mennyisége 251 mg/kg – 775 mg/kg közötti, míg az α-tokoferol mennyisége

10,1 mg/kg – 353 mg/kg között. A főbb illékony vegyületek Potočnik, T., & Košir (2017) szerint a hexanol, 1-pentanol, hexanal, 3-metilbutanal, 2-metilbutanal, pentanal, és a benzaldehid, melyek közül a hexanol adja az édes, zöld gyümölcsös illatot és aromás ízt, a hexanal zsíros, zöld, füves, gyümölcsös illatot/szagot ad, a benzaldehid pedig édes, olajos, mandulaszerű, diós, fás ízt. Roszko és munkatársai 2012-es tanulmányukban néhány PAH-ot (antracén, fenantrén, flourantrén, naftalin, pirén stb.) mutattak ki a tökmagolajban.

3.3.4. A tökmagolaj élettani hatásai

Bourre és munkatársai (2004) munkájukban kimutatták, hogy az olajsav csökkentheti a lipidperoxidációra való érzékenységet a herében, illetve mellékherében. A tökmagolaj antioxidáns, ezáltal javítja a termékenységet, megelőzheti az érlemeszesedést, a magas vérnyomást és a szívbetegségeket, serkenti a zsírok anyagcseréjét. Bharti és munkatársai (2013) szerint a tökmagban található tokoferol antihiperglikémiás tulajdonságú.

A tökmagolajnak a hajnövekedésre is hatása van Shaban és munkatársai (2017) szerint, ugyanis egy 24 hetes kezelés után azoknak az androgén alopeciában szenvedő férfiaknak, akiket tökmagolajjal kezeltek több hajuk volt, illetve az átlag hajszálak száma 40%-kal magasabb értéket mutatott, mint azoknak, akiket csak placebóval. Hasonló eredményre jutottak Özbek és mtsai. (2020) és Ramak és mtsai. (2019)

A tökmagolaj talán legismertebb egészségügyi hatása a prosztatára kifejtett hatása. Egy klinikai vizsgálat során jóindulatú prosztata hipertrófiában szenvedő férfiakat vizsgáltak, és jelentősen csökkentek a tünetek és a nem kívánatos mellékhatások. Gossell-Williams és munkatársai (2006) tanulmányai kimutatták, hogy az olaj beadása gátolta a tesztoszteronnal kezelt és az által kiváltott prosztata hiperpláziát (túlnövekedést) patkányokban. Nishimura és munkatársai (2014) tanulmányukban kimutatták, hogy az hatékony és preventív tulajdonságokkal rendelkezik húgyúti rendellenességek tekintetében, mint például a túlműködő húgyhólyag (OAB) és a jóindulatú prosztata hipertrófia (BPH), mely tulajdonságokat az olaj szitoszterin-tartalmának tulajdonítottak, feltárva, mint akár alternatív gyógymód.

A tökmagolaj 5α -reduktázra gyakorolt gátló hatása és a fitoszterol-tartalmának köszönhető antiandrogén hatása, a fenoltartalmának és β -karotin komponensének köszönhető gyulladáscsökkentő hatása, a zsírsavprofiljának köszönhető antioxidáns hatása, valamint a tökmagolaj humán hólyagszövetre gyakorolt relaxációs hatása alkalmassá teszi a férfiak egészségi állapotának kezelésére (Ramak és munkatársa, 2019).

Gossell-Williams és munkatársai (2006) tanulmányukban arról számoltak be, hogy a tökmagolaj egyre többszöri fogyasztása mérsékelheti a menopauza tüneteit.

Az olajban található lignánok, különösen a szekoizoláriciresinol bőséges jelenléte szoros összefüggést mutat az emlőrák csökkent kockázatával (Richter és munkatársai 2013).

Morrison és mtsai. (2015) szerint az olaj csökkentette a koleszterinszintet, a gyulladásos markereket és érlemeszedést kialakulását. Egy kissé negatívabb hatása az olajnak Shaban és munkatársai (2017) szerint, melyet egy másik tanulmányban kimutattak, hogy amnéziás hatást fejthet ki az AChE és a gyulladás gátlása, valamint az agy antioxidáns aktivitása révén.

3.3.5. Tökmagolajjal végzett fizikai mérések

Can-Cauisch és mtsai (2021) két tökfaj tulajdonságait vizsgálták, melyeket szerves oldószerrel és mechanikus préseléssel extraháltak. A préseléssel kivont olajok nagyobb sűrűséget, törésmutatót, karotionid-, és klorofilltartalmat mutattak mindkét fajnál. A kolorimetriás eredmények szerint az egyik olaj zöld volt, míg a másik vörössárga. A préseléssel kivont egyik tökfaj olaja magasabb értékeket kapott az L^* , a^* , b^* , C^* és h^* értékek tekintetében, ami zöldebb színt (olajzöld) adott. Mivel a nyírófeszültség egyenesen arányos volt a nyírási sebességgel, megállapították, hogy Newtoni áramlású. E viselkedést a hosszú láncú molekuláknak tulajdonították. A két faj közt különbséget véltek felfedezni a viszkozitás tekintetében, melyet a zsírsavak összetételében való különbségekkel magyaráztak.

Can-Cauisch és mtsai. (2021) a kivont olajok áramlási viselkedését 25 és 70 °C közötti hőmérséklet intervallumban is vizsgálták. Az olajok ugyanazt a viszkozitási mintázatot mutatták, a hőmérséklet növekedésével a viszkozitás csökkenését mutatták.

Amin és mtsai. (2019) egy hibrid és egy őshonos tökfajtát vizsgált, ahol a törésmutató 1,5 és 1,4 között volt, a viszkozitás 4,6 és 4,7.

Az olaj savértéke 4,77 mg NaOH/g, szappanosítási értéke 162,69 mg KOH/g és jódiértéke 123,83 mgI₂/100g. Az olaj viszkozitása 119 cp, fajsúlya 0,9111, törésmutatója 1,476, lobbanáspontja 1680C, dermedéspontja -70C, pH-ja 5,9. Termodinamikai vizsgálat azt mutatta, hogy az entalpiaváltozás (ΔH) pozitív, ami azt jelzi, hogy a kivonási folyamat endoterm (Nwabanne és mtsai, 2012).

3.4. Lenmagolaj

3.4.1. A len, mint növény

A len, melynek latin neve *Linum usitatissimum*, a lenfélék (Lineaceae) családba és a lenfélék (*Linum*) nemzetségbe tartozó egynyári rost-, olajnövény. A növényt alacsony, elágazó hajtásrendszer jellemzi, sekély oldalgyökerei vannak. Levelei rövidek, illetve lándzsa alakúak. Virágzatuk sátras többes bog, kék vagy fehér virágokkal. A toktermésükben 6-10 mag fejlődik, melyek színe sárga és barna lehet, alakjuk pedig lapos vagy ovális.



2. ábra *Linum usitatissimum* (Internet 2)

Tripathi és mtsai (2013) szerint Kanada a legnagyobb lenmagtermelő, melyet Kína követ, majd az Egyesült Államok és India. Goyal és mtsai (2014) szerint is Kanada uralja a lenmagtermesztését 0,42 millió tonnás termeléssel és a kereskedelem 80%-ával. Tang és mtsai. (2021) tanulmánya szerint magát az olajat, különböző élelmiszeripari termékekben lehet felhasználni, mint például sütőipari termékekben, tej és tejtermékekben, húsipari termékekben, fagylaltokban. Annak ellenére, hogy felhasználása rendkívül sokrétű lehet, magas α -linolénsav tartalma miatt magas hőmérsékleten alacsony oxidációs stabilitást mutat, ezért főzésre nem használható, csak salátaolajként.

3.4.2. A lenmagolaj fizikai és kémiai tulajdonságai

Nykter és mtsai (2006) szerint a lenmagolaj jódszáma 175-177, mely más olajokéval összehasonlítva rendkívül magas. Mint majd látni fogjuk a lenmagolaj magas arányban tartalmaz telítetlen zsírsavakat. A több telítetlen zsírsavat tartalmazó zsiradékok hajlamosabbak az avasodásra, melyet antioxidánssal, pl. E- és A-vitamin adagolással lehet

gátolni. Szerintük a lenmagolaj savszám 4-nél kisebb, a peroxidszáma körülbelül 2, az elszappanosítási értéke hasonló más olajokéhoz. A technikai lenmagolajok színe általában sárgás, a zöldes színt élelmiszeripari felhasználásnál nem tartják kívánatosnak. A nyers lenmagolaj színének a Gardner-féle, 1-től (legvilágosabb) 18-ig (legsötétebb) terjedő színskálán legfeljebb 13-as értéket érhet el.

Tang és mtsai (2021) szerint az olajban levő ALA érzékenysége miatt a külső tényezőkre (oxigén, fény, magas hőmérséklet), ha nem megfelelően tároljuk, avasodhat, ami rossz érzékszervi minőséggel jár. Emiatt tárolják sötét palackban.

3.4.3. A lenmagolaj összetétele

A lenmagolaj 73% PUFA (többszörösen telítetlen zsírsavak), 18% MUFA (egyszeresen telített zsírsavak), 9% SFA (telített zsírsavak) az Omega 3 zsírsavak leggazdagabb forrása, az ALA (α -linolénsav) 55%-a az összes zsírsavnak. Jó forrása a lignánoknak nevezett fitoösztrogéneknek, amelyek felhasználhatók a mellrák megelőzésében (Tripathi és mtsai., 2013).

Goyal és mtsai (2018) szerint a lenmagolaj ALA-tartalma 48 és 62% közötti, melyet környezeti tényezők, a fajták és a termesztésük körülményei mind hatással lehetnek. Az ALA számos kórkép megjelenését mérsékelheti.

Tang és mtsai (2021) a lenmagolaj fő zsírsavaiként a linolénsavat, a linolsavat, az olajsavat, a sztearinsavat és a palmitinsavat nevezte meg. Ezek mennyiségei sorrendben: 53,36-65,84%, 10,14%-16,39%, 10,03-12,37%, 3,98-9,85%, 2,41-7,97%. A lenmagolaj mintegy 96%-ban triacilglicerideket (TAG) és 1,4%-ban poláris lipideket, gliko- és foszfolipideket tartalmaz (Dunford, 2015). A lenmagolajban összesen 16 TAG-et azonosítottak. A trilinolenát (LnLnLn), mely mennyisége 35% volt, nevezhető a fő TAG-nek. A lenmagolaj foszfolipidjei (PL) a foszfatidil-etanolamin (PE), mely 27-40% körül mozgott, foszfatidil-inozitol (PI), mely 29-32% mennyiségben volt jelen, foszfatidil-kolin, (PC) mely 7-18% volt, lizofoszfatidil-kolin (LPC), mely 8-21% között, foszfatidil-glicerin (PG) 1-4% és foszfatidsav (PA) 1-9% (McKeon, 2016). A lenmagolajban a zsírsavakon kívül megtalálhatók még többek között illékony vegyületek, fenolos vegyületek, tokoferolok, fitoszterolok.

Az alábbi fenolos vegyületek találhatók meg az olajban: sziringinsav, ferulasav, cinaminsav, galluszsav, melyek összértéke 109,93 és 246,88 mg GAE/100g körüli Deng és mtsai (2017) szerint. Tuncel és mtsai (2017) szerint a tokoferolok közül az γ -tokoferol 146,57-193,14 mg/100g olaj mennyiségben van jelen. Ezzel szemben McKeon (2016)

könyvében a teljes tokoferol tartalom 747 mg/kg volt, illetve az γ -tokoferolt 9,04 mg/100 g mag mennyiségével jelölte a fő tokoferolnak kanadai lenmagfajtákban. E könyvben az α - és δ -tokotrienol jelenlétéről is szó esett 0,16-0,31 mg/100 g olaj mennyiségben.

„A lenmagolaj fitoszterintartalma 4072 mg/kg olaj. A fő fitoszterolok a sztigmaszterol (β -szitoszterol), a kámpesterol és a Δ -5 avenaszterol voltak.” (Daun és mtsai., 2003).

Wei és mtsai (2013) tanulmányukban három lenfajtából készült olajok illóolaj-összetételét vizsgálták. Eredményeikben 60 vegyületet véltek felfedezni, melyekből 20 aldehid, 7 keton, 13 alkohol, 8 karbonsav, 3 észter, 3 alkán, 4 heterociklikus vegyület és 2 egyéb vegyület volt. Az említett 60 vegyületből, 30 olyat találtak, ami eddig még nem került azonosításra, illetve 53 olyan vegyület volt, mely kisebb-nagyobb szerepet játszott az olaj aromájának kialakításában. A legerősebb intenzitása az (E, E)-2,4-pentadiénálnak (zöld, olajos), (E, E)-2,4-heptadiénálnak (édes, mogyorós, fás), 5-etil-dihidro-2(3H)-furanonnak (gabonaszzerű), 1-hexanolnak (gyógynövényes, fás, zöld), ecetsavnak (savanyú, csípős, erős) és butilaktonnak (édes, karamellás) volt.

3.4.4. A lenmagolaj élettani hatásai

Összetevőit tekintve nyilvánvalóvá válhat, hogy a lenmagolaj legfontosabb tulajdonsága a gazdag ALA, tehát α -linolénsav-tartalma. Az ALA az esszenciális omega-3 zsírsavak közé tartozik, mely többszörösen telítetlen zsírsav, de még ide tartozik az eikozapentaénsav (EPA), és dokozahexaénsav (DHA). „A lenmagolaj segít megelőzni az érlemeszesedést. A lenmagolaj alfa-linolénsavának eikozapentaénsavvá (EPA) és 3. sorozatú prosztaglandinokká történő átalakulása miatt a vérlemezkék kevésbé hajlamosak az összetapadásra. A lenmagolaj csökkenti a magas vérnyomásban szenvedők megemelkedett vérnyomását egy, a prosztaglandin E1-hez kémiaiilag nagyon hasonló anyag jelenléte miatt.” (Tripathi és mtsai, 2013) Az érlemeszesedés az artériákban kialakuló plakkok miatt alakul ki, melyek kutatások szerint az LDL által szállított koleszterin lerakódása az artériákon.

A koleszterinszint csökkentésével és a lerakódások megakadályozásával, a szívbetegségek megelőzésében tanulmányok szerint az ALA-ban dús táplálkozás nagyban hozzájárul. Mensink és mtsai. (1990) vizsgálták az omega-3 zsírsavak érlemeszesedés elleni hatását. Megállapították, hogy 2-6 g/nap omega-3 zsírsavak dózisa képesek csökkenteni a plazma trigliceridszintjét és növelni a HDL szintjét, szemben az LDL és a koleszterinszint változatlanul maradásával vagy akár enyhe csökkenésével.

Számos tanulmány arra ad tanúbizonyságot, hogy a lenmagolaj fogyasztásával a rákos megbetegedések kialakulásának kockázatát mérsékelhetjük. Az eredmények a daganat növekedésének lassulásáról, onkogének kialakulásának megváltozásáról adtak számot. A lenmagolaj dózisfüggő módon csökkentheti a különböző rákos sejtvonalak növekedését, és megzavarhatja a B16-BL6 és MCF-7 sejtek mitokondriális funkcióját (Buckner és mtsai., 2019).

Wiggins és mtsai., (2015) szerint a lenmagolaj csökkentheti az emlőrákos sejtvonalak növekedését, és növelheti az apoptózist a jelátviteli útvonalak módosításával. Emellett a lenmagolaj fokozhatja a rákellenes gyógyszerek hatékonyságát egyes tanulmányok szerint. Omar 2018-as tanulmányában vizsgálta, hogy a tioacetamid indukált vesetoxicitásban milyen hatásokat vált ki az olaj fogyasztása patkányokban. Azt találta, hogy az acetamid okozta rendellenességeket, melyek a szövetekben voltak megfigyelhetők, illetve a biokémiai paraméterek változásaiban védelmet nyújthat. Az olaj gyulladáscsökkentő hatása miatt a máj védelmében is részt vesz, ugyanis tanulmányok kimutatták, hogy az interleukin-6, a tumor nekrosis faktor α és a cikloxi-genáz expressziós szintjében csökkenést mutatott, illetve a gyulladáscsökkentő hatása és bélmikrobióta-moduláló képessége miatt az alkohol májbetegségre is jótékony hatást fejthet ki.

Tang és mtsai. (2021) szerint a lenmagolaj táplálékkal való bevitele a diabéteszesek számára egészségjavító hatást mutathat a foszfolipid membránok inzulinérzékenységének modulálásán, a bélmikrobióta modulálásán vagy a szervezetben lévő gyulladás csökkentésén keresztül. Zhu és mtsai. (2020) megállapították, hogy a lenmagolaj fogyasztása jelentősen csökkentheti az éhgyomri vércukor, a vérzsír, a plazma lipopoliszacharid, a glikált hemoglobin, a TNF- α , az IL-6, az IL-17A, az interleukin (IL)-1 β és a malondialdehid (MDA) koncentrációját, szemben a kontrollal. Gyulladáscsökkentő képességét ízületi gyulladások esetén is hasznosítani lehet, ugyanis a térdízületi artritisz kezelésében és tüneteinek javításában kielégítő eredményeket mutatott. Tang és mtsai. (2021) cikkében olvasható, hogy egyes tanulmányok kimutatták, hogy a lenmagolaj fontos szerepet játszik az idegműködés és az agyszövet anyagcsere-aktivitásának fenntartásában. Az elhízás mérséklésében is hatékony, ugyanis tanulmányok szerint testsúly-, és derékkörterfogot csökkentést eredményezett az olaj fogyasztása. Zhou és mtsai. (2020) szerint patkányok esetén a mikrobióta profil helyreállításában és a vastagbélgyulladás csökkentésében jótékony szerepet töltött be, így ez alapján a fekélyes vastagbélgyulladás esetén is hasznosítható.

3.4.5. Lenmagolajjal végzett fizikai mérések

Az olajok 4°C-on és 25°C-on végzett háromszoros nyírófeszültség és nyírási sebesség méréséből kapott eredmények szerint, mindkét hőmérsékleten az összekevert olajok (len-, szezám, olívaolaj) lineáris kapcsolatot mutatott a nyírófeszültség és a nyírási sebesség között, ami azt jelenti, hogy ezek az olajok tipikus newtoni viselkedéssel rendelkeznek. E tulajdonságot hosszú láncú molekuláknak tulajdonították. A viszkozitás 25°C-on alacsonyabb volt. Megállapították, hogy a hőmérséklet növelése növelheti a molekulák átlagos sebességét, és az ütközési gyakoriságuk növekedése miatt; a viszkozitás csökken, amit a kettős kötések magas arányával magyaráztak (Hashempour-Baltork és mtsai, 2018).

Zhang és mtsai. (2011) azt vizsgálták, hogy milyen viselkedése van a rostlenmagból és olajlenmagból készült olajnak. A rostlenmagolaj magasabb abszorbanciát mutatott 290-800 nm-en, több sárga pigmentet tartalmazott. A termogravimetriás görbék azt mutatták, hogy az olajlenmagolaj stabilabb. A termikus adatok azt mutatták, hogy a rostlenmagolaj olvadási csúcshőmérséklete és entalpiája magasabb. Az rost-, és olaj- lenmagolajok entalpiája 62,15 J/g, illetve 57,85 J/g volt. A reológiai vizsgálatok azt mutatták, hogy a rostlenmagolaj látszólagos viszkozitása magasabb. Az E_a (aktiválási energia) 25,72 (rost) és 26,60 (olaj) kJ/mol. Az olajlenmagolaj sűrűsége nagyobb. A görbék modellezésekor a különböző hőmérsékleteken meghatározott folyásindex (n) értékek a viszkozitás értékek felhasználásával 0,9838 és 0,9968 értéket adtak az rost- és olajlenmagból készült olajok esetében. Az viszkozitás értékei az olajok esetében megközelítőleg állandó értéket mutattak, ami azt jelzi, hogy közel newtoni viselkedést mutatnak 15 és 800 s⁻¹ közötti nyírási sebességek mellett.” (Zhang és mtsai, 2011)

3.5. Szezámolaj

3.5.1. A szezám, mint növény

A szezám, latinul *Sesamum Indicum* a Pedaliaceae családba tartozó egyéves, lágyszárú növény. Szárai szőrözöttek, elágazók, négyszögletesek. Alsó levelei szintén szőrözöttek, tojásdad alakúak, tenyeresen karéjosak vagy összetettek, szélük durván fogazott. Felső levelei váltakozó állásúak, lándzsásak. Virágai kétajkúak, színük fehéres. A szezám termése toktermés, amelyben a magok helyezkednek el. A magok kicsik, tojásdadok, színük világos vagy sötét barna.



3. ábra *Sesamum indicum* (Internet 3)

Hwang (2005) illetve Wan és mtsai (2015) szerint a világos színű, vékony héjú magvaknak jobb a minőségük és magasabb az olajtartalmuk, mint a sötét színű magvaknak, tehát a különböző színű magok olajtartalma eltérő. Gharbia és mtsai (2000) illetve Ji és mtsai (2019) szerint a fő termelők Kína, India, Szudán és Burma és a teljes termelés 60%-át adják. Ji és mtsai (2019) illetve Wan és mtsai (2015) szerint főképp fűszerolajként, ízesítőolajként, melyek finomítás nélküliek, illetve salátákhoz, levesekhez adják, étvágyfokozóként.

3.5.2. A szezámmagolaj fizikai és kémiai tulajdonságai

A kivont magolaj jó fizikai-kémiai tulajdonságokat mutat. Savszáma 2,48 mg KOH/g, jódszáma 1,27 gT₂/100 g elszappanosítási értéke 1,87 mg KOH/g. Színe sötétbarna, illata aromás (Mbaebie és munkatársai, 2010). Wan és munkatársai (2015) szerint az olaj színe szélesebb skálára tehető, mert a pörkölésből adódóan, aromás vegyületek és barna pigmentek keletkeznek, így színe sárgától barnáig terjedhet. Ji és mtsai. (2019) illetve Were és mtsai (2006) szerint az oxidatív károsodásokkal szemben viszonylag stabil, mely a benne található tokoferoloknak, fitoszteroloknak, lignánoknak (szebamolin, szezamin, szezamol) köszönhető. Ennek tulajdonítható hosszú eltarthatósági ideje. Hwang (2005) szerint az egyik legstabilabb étolaj annak ellenére, hogy a telítetlenségi foka magas.

3.5.3. A szezámmagolaj összetétele

Hwang (2005) szerint szezámolaj tartalmaz linolsavat, olajsavat, palmitinsavat, sztearinsavat, illetve mirisztinsavat, 41,5-47,9%, 35,9-42,3%, 7,9-12%, 4,8-6,1%, 0,1% arányban. Were és mtsai (2006) szerint a linolsav 42,9-54,0%, az olajsav 31,6-42%, a palmitinsav 7,2-9,7% és a sztearinsav 3,8-5,6% az összes zsírsav 98%-át teszik ki.

A szezámolaj gazdag olyan bioaktív összetevőkben, mint a tokoferolok, fitoszterolok és a lignánok, tehát a szebamolin, szezamin és szezamol. Kutatások alapján a szezámmagolajban a b-szitoszterin a legnagyobb mennyiségben előforduló szterin, amely

körülbelül 60%-ot tesz ki, a következő fő komponens a campesterol, ami az összes szterol mintegy 17,8%-a. A D5-avenaszterol és a stigmaszterol mintegy 10,2%, illetve 6,4%, míg a kisebb szterolok a D7-stigmaszterol és a D7-avenaszterol. A szezámmagolaj teljes szteroltartalma 540 mg/100 g olaj (Zine és munkatársai, 2013; Gharby és munkatársai, 2017).

Hwang (2015) illetve El Khier és mtsai. (2008) az olaj kiváló oxidatív stabilitását a tokoferoloknak és a lignánoknak tulajdonítják. Gharby és munkatársai (2017) szerint a szezámmagolaj teljes tokoferol-tartalma (E-vitamin) 446 mg/kg, ami magasabb, mint az olívaolajé (220 mg/kg). Kísérletükben a szezámmagolajban csak a-, c- és d-tokoferolok voltak jelen. A c-tokoferol volt a fő összetevő, és az összes tokoferol mintegy 90,5%-át képviselte, majd a d-tokoferol (7,3%) és az a-tokoferol (2,2%) következett.

Shimoda és munkatársai az 1996-os tanulmányukban vizsgálták a szezámmagolajban megtalálható illóanyag-aromavegyületeket, összesen 134-et azonosítottak. A különböző frakciók és azok további alfrakciókra való szétválasztása során mogyorószerű, olajos, pirazinszerű, szezámmagolajszerű, aromás és égett szagot érzekeltek. A vizsgálat eredményeként az 1-(5-metil-2-furanil)-1-propanon, 3-formiltiofén, 2-propil-4-metiltiazol, 2-etil-4-metil-1H-pirrol, 2-etil-6-metil-pirazin, 2-etil-5-metil-pirazin, 4,5-dimetilizotiazol, 4, 5-dimetiltiazol, 2,6-dietil-pirazin, 2-etil-2,5-dimetil-pirazin, 1-(2-piridinil)etanol és 1-(1-metil-1H-pirrol-2-il)etanol a szezámmagolaj ízének fő alkotóinak tekintették.

3.5.4. A szezámmagolaj élettani hatásai

Umeda-Sawada és mtsai (1998) szerint a szezám lignánok képesek az n-6/n-3 arányt ezek megfelelő arányához közelíteni, azáltal, hogy megakadályozzák szélsőséges változásait. Ezáltal a szezám lignánok a trombózis prevenciójában hatásosak lennének, mert klinikai vizsgálatok kimutatták, hogy a trombózis előfordulásának gyakoriságával összefügg a plazma n-6/n-3 aránya.

A szezamin olyan egyedi tulajdonsággal rendelkezik, hogy egyszerre képes gátolni a koleszterinszintézist és a koleszterin felszívódását Hwang (2015) szerint. Ebből adódóan tökéletes hipokoleszterinémias szer. További kutatások rámutattak arra, hogy mind embereken, mind patkányokon végzett vizsgálatok során, a szezámolaj adagolását követően, csökkent az összkoleszterin-, LDL-koleszterinszint és az LDL-HDL koleszterin arányt. Hsu és mtsai. (2015) hasonló eredményekről számolt be.

A kutatók azt javasolták, hogy a szezámolaj hasznos profilaktikus kezelés a magas vérnyomás és a kardiovaszkuláris hipertónia esetén (Gauthaman és mtsai., 2009). Egy vizsgálat során enyhítette a kardiotoxicitást a szezámolaj adagolása. Egy másik vizsgálat arra adott tanúbizonyságot, hogy a szezámolajat kapó csoport vérnyomása jobban csökkent, azokhoz a betegekhez képest, akik vérnyomáscsökkentőt kaptak. Sankar és mtsai (2006) hasonlóan vérnyomáscsökkentő hatásáról számolt be és e hatást a szesaminnak tulajdonította. Garg (1998) szerint a plazma glükózkonzentrációját a magas telítetlen zsírsavtartalmú étrend csökkenti, és mivel a szezámolajban található számos telítetlen zsírsav, ez magyarázatot adhat a glükózszint csökkentésére.

Sankar és mtsai. (2006) szerint a TC, LDL-C és TG csökkenése a lignánok és PUFA-k jelenlétének tulajdonítható, ugyanis korábbi jelentések szerint a szezám lignánjai gátolják a koleszterin szintézisét és felszívódását. Kang és mtsai (1998) megállapították, hogy a szesamin a lipidperoxidációt csökkenti patkányokban. Emellett, a lipidperoxidáció szabályozásában, antioxidáns hatásuknak köszönhetően, az E-vitamin, szesamin, episzesamin és szesaminol is részt vesz. Sankar és mtsai (2006), Gauthaman és mtsai. (2009), Hwang (2015), Narasimhulu és mtsai. (2015) is a lipidperoxidáció csökkentéséről és antioxidáns hatásukról számoltak be.

Narasimhulu és mtsai. (2015) szerint számos antioxidáns képes gátolni az érrelmeszesedést. A plazma gyulladásos citokinjei, mint az MCP-1, RANTES, IL-1a, IL-6 és CXCL-16 jelentősen csökkentek, ami a szezámolaj gyulladáscsökkentő tulajdonságát bizonyítja.

Hirose és mtsai. (1991) is gyulladáscsökkentő hatásról számoltak be. Cooney és mtsai. (2001) szerint a szezámmagolajban található lignánok közül a szesamin az E-vitamin biológiai hozzáférhetőségét javítja, mert gátolja az alfa-tokoferolt bontó enzimeket. Hwang (2015) és Gauthaman és mtsai (2009) szerint jótékony hatással van a májfunkcióira. Narasimhulu és mtsai. (2015) szerint a gyulladás és lipidanyagcsere szabályozásával az atheroszklerózis kezelésére jótékonyan hathat.

3.5.5. Szezámmagolajjal végzett fizikai mérések

Diamante és mtsai. (2014) megvizsgálták a nagyobb nyírási sebesség (64,5 és 4835 s⁻¹ között) hatásait különböző növényi olajok abszolút viszkozitására különböző hőmérsékleteken (26 és 90°C között). Mindegyik olaj Newtoni folyadéknak bizonyult. Megállapították, hogy magasabb nyírási tartomány nem volt hatással a növényi olajok abszolút viszkozitására a különböző hőmérsékleteken. A növényi olajok abszolút

viszkozitása a hőmérséklet növekedésével csökkent, a nyírófeszültség minden növényi olaj esetében és minden hőmérsékleten nő a nyírási sebességgel, ezenkívül a nyírófeszültség állandó nyírási sebesség mellett a hőmérséklet növekedésével csökkent. A szezámolaj abszolút viszkozitása 26, 38 és 50 °C-on 0.0525, 0.0351, 0.0251 Pa·s, aktiválási energiája 24,73 kJ/mol volt.

Elleuch és mtsai. (2007) 3 szezámagolajat vizsgáltak, melyek nyers szezámagból (RS) és két eltérően kezelt szezámagból (SC1, SC2) készültek. Az SC2 olaj intenzívebb színt (több sárga színezőanyagot), nagyobb abszorbanáciát mutatott az UV-A, UV-B és UV-C tartományban, valamint szignifikánsan magasabb viszkozitást. A törésmutató, a jódérték és a zsírsavösszetétel tekintetében nem volt különbség. Az olajok alacsonyabb viszkozitást mutattak (12 és 15 mPa s között), mint a legtöbb növényi olaj (átlagérték 50-100 mPa s) A viszkozitás eredményét a telítetlen zsírsavak magas arányával magyarázza. A nyers szezámából kinyert olajhoz képest az SC1 és SC2 alacsonyabb L^* és magasabb a^* és b^* értékeket mutatott. Ez azt jelenti, hogy a hántolási és pörkölési folyamatok a sötét, vörös és sárga színegységek növekedését okozták, amit a nem-enzimatis barnulásnak és foszfolipidek bomlásának tulajdonítottak.

Fassina és mtsai. (2006) kutatásukban a hőmérséklet befolyásoló hatását vizsgálták a folyékony termékek viszkozitására, eredményeik megmutatták, hogy a várakozásoknak megfelelően az olaj viszkozitása a hőmérséklet növekedésével exponenciális módon csökkent. A viszkozítások 5°C-on körülbelül 20-szor nagyobbak voltak, mint 95°C-on. Eredményeik szerint a szezámolaj viszkozitása 5°C, 20°C, 35°C, 50°C, 56°C, 80°C, és 95°C hőmérsékleteken mérve az 5°C-on mért 155.15 mPa s értékről végül 8,91 mPa s értékre csökkent 95°C-on. Az olajokat Newtoni viselkedésűnek írták le. „A PUFA vagy az egyszerűen telítetlen FA tömegfrakciója az olajban befolyásolja a növényi olajok viszkozitását.” (Fassina és mtsai., 2006)

4. Anyagok és módszerek

Anyagok

A kísérlet során 3 különböző, kereskedelmi forgalomban kapható, hidegen sajtolt étkezési olajat vizsgáltam, melyek összetételét és átlagos tápértékét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A vizsgált magolajok összetétele és átlagos tápértéke

Minták	Összetevők	Átlagos tápérték 100 g termékben
Tökmagolaj 	100% tökmagból hideg sajtolásos eljárással készült. Nyomokban mandulát, szesámmagot, diót tartalmazhat	energia: 3600 kJ/860 kcal zsír: 80,0 g; <i>amelyből telített zsírsavak: 15,0 g;</i> szénhidrát: 0,0 g; <i>amelyből cukrok 0,0 g;</i> fehérje: 0,0 g; só: 0,0 g.
Lenmagolaj 	100% lenmagból hideg sajtolásos eljárással készült. Nyomokban mandulát, szesámmagot, diót tartalmazhat!	energia: 3570 kJ/850 kcal zsír: 95,0 g; <i>amelyből telített zsírsavak: 8,0 g;</i> szénhidrát: 0,0 g; <i>amelyből cukrok 0,0 g;</i> fehérje: 0,0 g; só: 0,0 g.
Szesámmagolaj 	100% szesámmagból hideg sajtolásos eljárással készült. Nyomokban mandulát, szesámmagot, diót tartalmazhat	energia: 3600 kJ/860 kcal zsír: 99,6 g; <i>amelyből telített zsírsavak: 14,0 g;</i> szénhidrát: 0,0 g; <i>amelyből cukrok 0,0 g;</i> fehérje: 0,0 g; só: 0,0 g.

Mintaelőkészítés

A vizsgált mintákat 100 ml-es átlátszó üvegből készült, kupakkal zárható hengerbe töltöttem, a tárolási kísérlet során $24,5 \pm 1,0^\circ\text{C}$ hőmérsékletű szobában tároltam nappali fénynek kitéve, valamint alufóliába csomagolva, hasonló üvegben, szekrénybe bezárva. A mérések egy részét a tárolási kísérlet során két különböző hőmérsékleten végeztem, ezért minden mintát 2-2 üvegben tároltam. A tárolási kísérlet 6 hétig tartott, és a kísérlet megkezdésekor (0. hét), majd a 2., 4. és 6. héten vizsgáltam az olajokat.

Kísérleteim első felében az olajok folyási tulajdonságait kívántam megvizsgálni szoba- és hűtőhőmérsékleten. Az ezt leíró paraméter a viszkozitás, ami a reológiai tulajdonságcsoportba tartozik. A viszkozitás meghatározására több mérőeszköz is rendelkezésre áll az egészen egyszerűektől a számítógéppel vezéreltekig. Legegyszerűbbek az üvegből készült kapilláris viszkoziméterek (pl. Ostwald-féle viszkoziméter.), ezek nem temperálhatóak, a mérés manuálisan történik, használatuk gyakorlatot és nagy figyelmet igényel. A Höppler-féle (esőgolyós) viszkoziméter már összetettebb, a temperálás itt megoldható, de a viszkozitás időfüggése használatukkal nem mérhető. Választásom ezért az MCR302 típusú reométerre esett, ahol a hőmérséklet hatásán kívül a viszkozitás idő- és nyírási sebesség függését is tanulmányozhattam.

Mérési módszerek

A tárolási kísérlet során az olajok viszkozitását, színét, szárazanyagtartalmát és törésmutatóját mértem.

Reológiai mérések

Az olajokat MCR302 típusú reométerrel (Anton Paar, Graz, Ausztria) vizsgáltam, melynek során két hőmérsékleten ($25 \pm 0,2^\circ\text{C}$ és $5 \pm 0,2^\circ\text{C}$) megmértem a világosban és sötétben tárolt olajok viszkozitását. A viszkozitás mérési paramétereit Hashempour-Baltork és mtsai. (2018) cikke alapján választottam. Az 5°C -on történő mérés esetében próbaméréssel ellenőriztem, hogy a reométer Peltier hőeleme mennyi idő alatt képes lehűteni a mintát a mérési hőmérsékletre. Mivel a szobahőmérsékletű olaj lehűtése 25 percet is igénybe vett, ezért a mérés meggyorsítása érdekében a mintákat az adott mérési napokon reggel 5°C -os hűtőszekrénybe helyeztem. Ezzel a módszerrel a minták lehűltek, amíg a 25°C -on mértem a mintákat. A három olaj két féle tárolással így 6 különböző csoportot adott, melyeknél 3-3 ismétléssel folyásgörbékét és viszkozitásgörbékét vettem fel az alábbi lépésekkel és beállításokkal:

- *mérőfej típusa*: CC27 koncentrikus henger
- *minta mennyisége*: 19,4 ml ismétlésenként
- *hőmérséklet tartási idő 180 s*: az adott mérést csak abban az esetben kezdi el a program, ha $\pm 0,2^\circ\text{C}$ tűréshatáron belüli a beállított mérési hőmérséklet
- *folyásgörbe felvétele*: növekvő nyírási sebesség szakasza, ahol:
 - a nyírási sebesség $\dot{\gamma} = 0 \dots 100 \text{ 1/s}$, a lépték konstansan változik,
 - az adatpontok rögzítése állandó 1 s időközönként
 - 60 adatpont

- *viszkozitásgörbe felvétele*: állandó nyírási sebesség szakasza, ahol:
 - a nyírási sebesség $\dot{\gamma} = 100 \text{ 1/s}$,
 - konstans adatrögzítés, 1 s / adat
 - 60 adatpont

A reométeres mérés görbéiből meghatároztam:

- a folyásgörbén 50 1/s nyírási sebességnél a látszólagos viszkozitást ($\eta_{\text{látsz}}$, Pas)
- állandó nyírási sebesség mellett a viszkozitásgörbén az átlagos viszkozitást (η , Pas), a viszkozitás változását a szakaszon ($\Delta\eta$, Pas)

A tárolási kísérlet során a viszkozitásmérésnél felhasznált minták színét, szárazanyag-tartalmát és törésmutatóját is mértem.

Színmérés

Az olajok színét a 0., 2., 4. és 6. héten ColorLite sph850 típusú spektrofotométerrel mértem, (ColorLite, Germany), mintánként 3 ismétléssel, melynek során meghatároztam az L^* világossági tényezőt, az a^* vörös-zöld színezetre jellemző paramétert és b^* kék-sárga színezetre jellemző paramétert.

Szárazanyag-tartalom és törésmutató

Abbé-féle manuális refraktométer segítségével meghatároztam a minták szárazanyag-tartalmát és törésmutatóját, mintánként 3-3 mérést végeztem $25 \pm 1,0^\circ\text{C}$ szobahőmérsékleten.

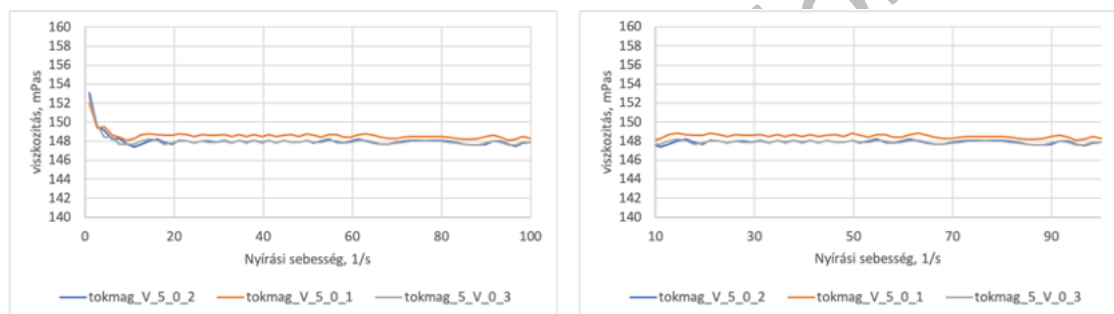
A műszer 20°C -on hitelesített, ezért a mérési hőmérsékleten leolvasott értékeket korrekciós táblázat segítségével módosítani kellett. A műszert desztillált vízzel mérés megkezdése előtt mindig kalibrálni kell. Emiatt a leolvasott szárazanyag tartalom értéket befolyásolhatja a műszer állandó hibája, valamint a leolvasási és korrekciós értékek. A törésmutató értékek esetében a műszer 3 tizedesjegy pontossággal felosztott skálát tartalmaz, a leolvasás azonban az előírásoknak megfelelően 4 tizedesjegyre történt, így az utolsó tizedesjegy valójában becsült érték, ami leolvasási hibához vezethet.

5. Kísérleti eredmények és értékelésük

Az eredmények bemutatását a látszólagos viszkozitásokkal és az állandó nyírási sebességen mért dinamikai viszkozitásokkal szeretném kezdeni, bemutatva, hogy a hőmérsékletnek milyen hatása van ezen reológiai tulajdonságokra.

5.1. A hőmérséklet hatása - viszkozitás

A 4. ábrán látható, hogy az adatpontok az alacsony nyírási sebesség mellett az 1 másodpercenkénti adatfelvételnek köszönhetően magasabb értékeket mutattak. Alacsony fordulatszámnál az 1 másodperces megfigyelési idő rövid a leolvasott viszkozitás értékek nem mindig megbízhatóak, hiszen alacsony fordulatszámnál a mérőfej nem képes 1 másodperc alatt a teljes betöltött olajmennyiséget átmozgatni. Ez a jelenség megfigyelhető volt a másik két olaj esetében is.

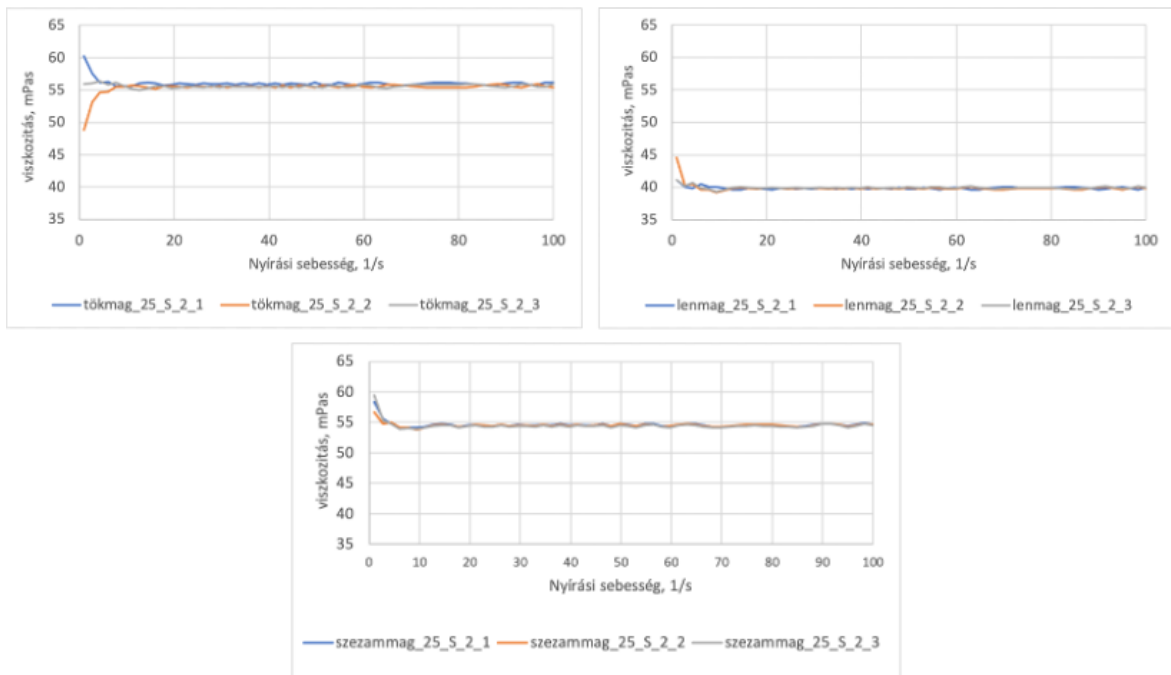


4. ábra Tökmagolaj viszkozitásgörbéje 5°C-on, világosban tárolva 0. héten

Az 5. ábrán a 2 héten, 25°C-on mért minták eredményei láthatóak. Megállapítható, hogy a nyírási sebességtől függetlenek a viszkozitás értékek, leszámítva a bizonytalan tartományt. A bizonytalan kezdetet követően némi szórás mutatkozik a látszólagos viszkozitás értékekben, de összességében megerősíti a korábbi kutatásokban leírt newtoni viselkedést.

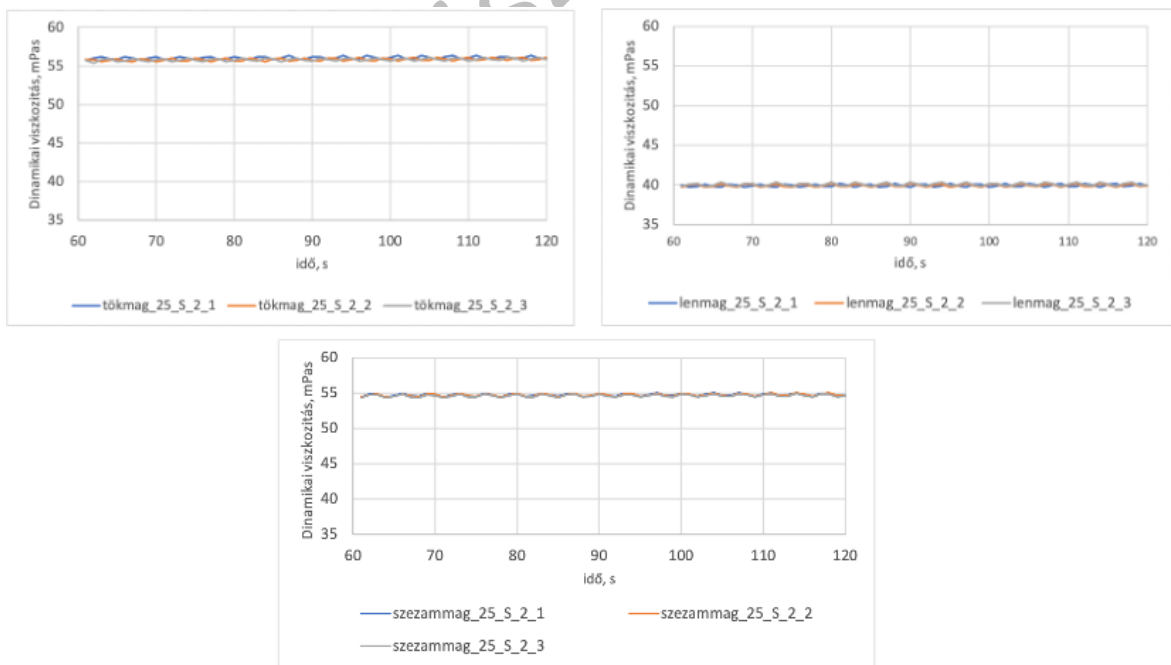
Elmondható továbbá, hogy a három olajat összevetve a legnagyobb viszkozitása a tökmagolajnak volt, néhány mPas értékkel alacsonyabb volt a szezámolajé, a legalacsonyabb pedig a lenmagolajé volt.

Megfigyeltem továbbá, hogy a mérések során a 3-3 ismétlést összevetve a szezámolaj esetében látható a legkisebb eltérés az ismétlések között.



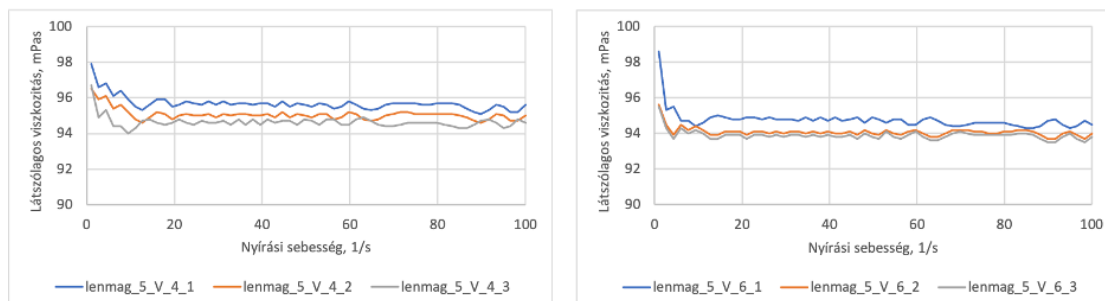
5. ábra Tökmag-, lenmag-, szezámag viszkozitásgörbéi 25 fokon, sötétben tárolva 2. héten

A 6. ábrán az előbb említett görbékét láthatjuk az állandó sebesség szakaszában, ami alapján megállapítható, hogy a dinamikai viszkozitás értékek nem mutattak növekedést vagy csökkenést, ezáltal a viszkozitásuk az időtől független.



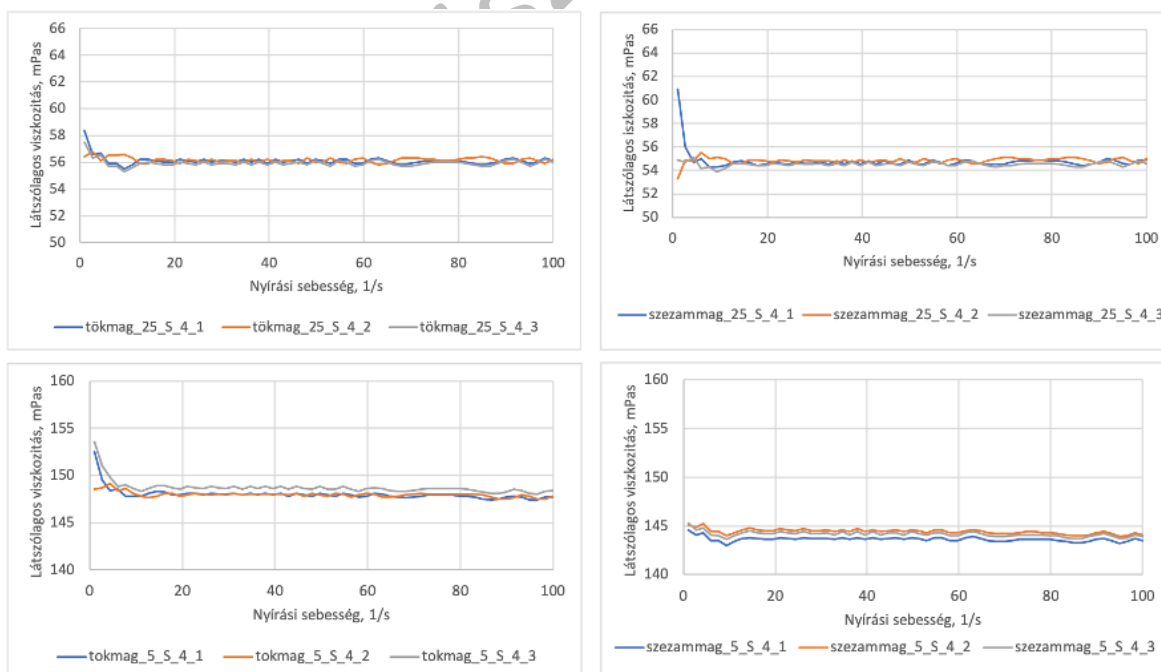
6. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámagolaj dinamikai viszkozitása 25°C-on, sötétben tárolva 2.héten

A 7. ábra megmutatja, hogy hidegben (5°C) a lenmagolaj mérésének reprodukálhatósága csökken, a párhuzamos mérések szórása nagyobb, szélesebb tartományban mozog a három ismétlésnél. Látszik továbbá, hogy a szórás ellenére hasonlóak a görbék lefutásai.



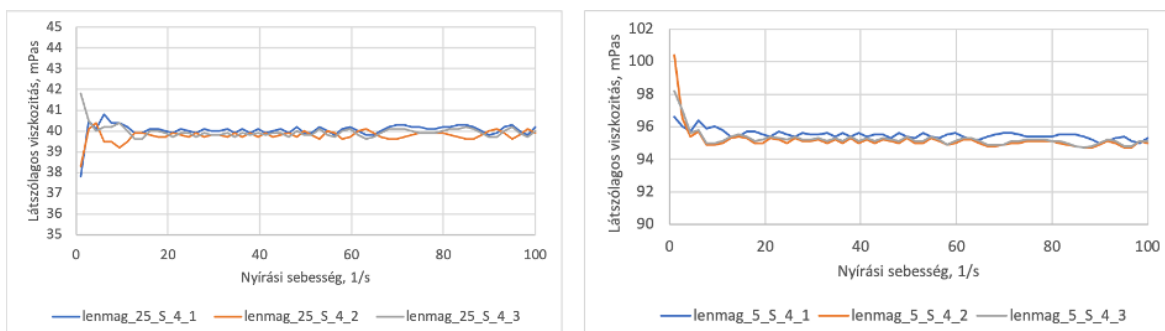
7. ábra A lenmagolaj viszkozitásgörbéje 5°C -on, világosban tárolva 4. és 6. héten

A 8. ábra szemlélteti, hogy a tökmagolaj és a szezámolaj viszkozitása közel hasonló értékeket mutat. A 25°C -on tárolt tökmagolaj viszkozitása 56 mPa·s, míg a 25°C -on tárolt szezámolajé 55 mPa·s. Az 5°C -on tárolt tökmagolaj viszkozitása 148 mPa·s, míg az 5°C -on tárolt szezámolajé 144 mPa·s. Özбек és mtsai (2020) a tökmagolaj viszkozitását 25°C -on 78,1 és 78,6 mPa·s közöttinek mérték. Diamante és mtsai. (2014) eredményei szerint a szezámolaj viszkozitása 52,5 mPa·s 26°C -on, míg Fassina és mtsai (2006) 155,15 mPa·s-t mérték 5°C -on.



8. ábra A tökmag és a szezámolaj viszkozitásgörbéje 25 és 5°C -on, sötétben tárolva a 4. héten

Ezzel szemben a 9. ábrán látható, hogy a lenmagolaj viszkozitása teljesen eltérő, alacsonyabb értékeket mutat 25 és 5 °C-os tárolás során egyaránt. Ezek a viszkozitás értékek 25 °C-on 40 mPas, 5 °C-on 95 mPas.



9. ábra A lenmagolaj viszkozitásgörbéje 25 és 5°C-on, sötétben tárolva a 4.hétén

Ahogyan az iménti ábrák is szemléltetik 5 °C-os tárolás során nő az olajok viszkozitása, mely azt fogja eredményezni, hogy hűtve ezek az olajok nehezebben fognak folyni, tehát hűtött fogyasztás esetén az olajok jobban fognak tapadni a saláta felületéhez.

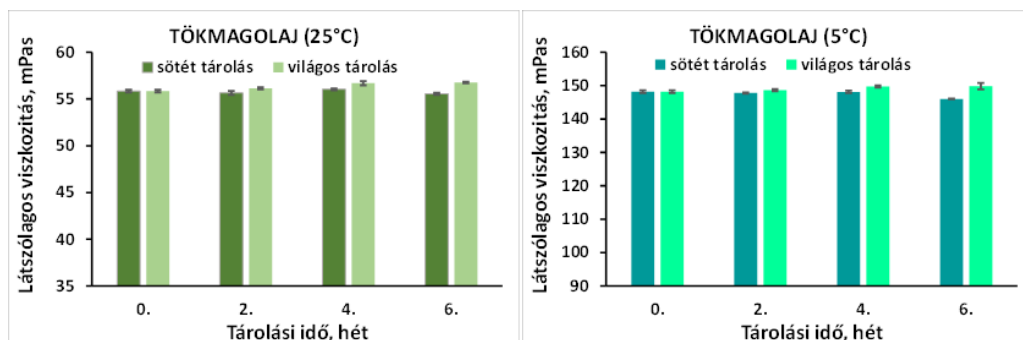
5.2. A tárolás hatása

Ebben az fejezetben szeretném ismertetni a fizikai tulajdonságok, mint a viszkozitás, szín és törésmutató értékek változását a tárolás során.

5.2.1. Viszkozitás

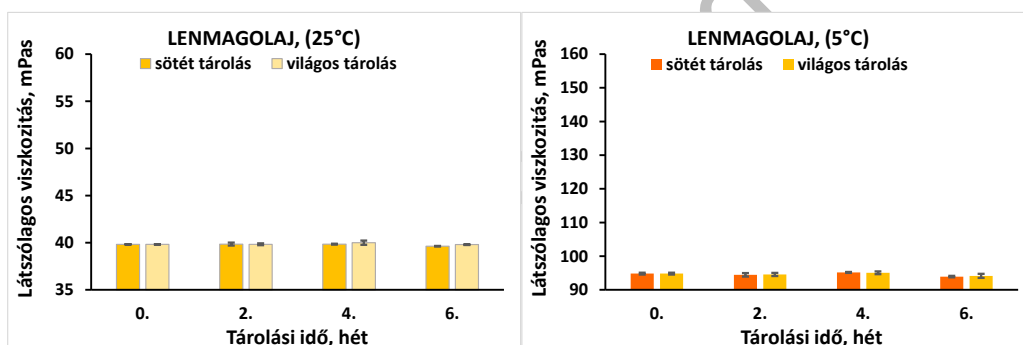
A 10. ábra szemlélteti, hogy a tökmagolaj látszólagos viszkozitásában nem láthatunk változást a sötétben tárolt minták esetében egyik mérési hőmérsékleten sem, ám a világosban tárolt minták esetében, mindkét hőmérsékleten a látszólagos viszkozitás értéke némileg

nagyobbnak bizonyult. Emellett elmondható, hogy a tárolás soroán ezen értékek enyhe emelkedést mutattak.



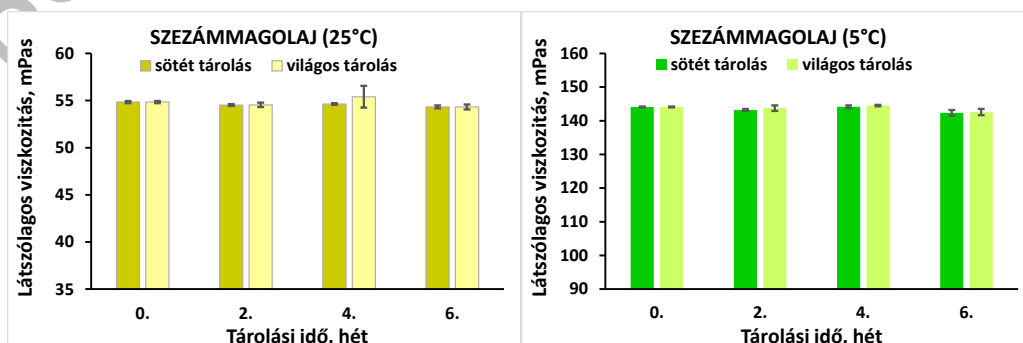
10. ábra A tökmagolaj látszólagos viszkozitása 5°C-on, világosban tárolva a 0., 2., 4, 6. héten

A 11. ábrán a lenmagolaj látszólagos viszkozitása szintén nem mutat változást a tárolás során, csupán a világosban tárolt minták esetében nagyobb szórás mutatkozik az 50 1/s nyírási sebességnél meghatározott értékben.



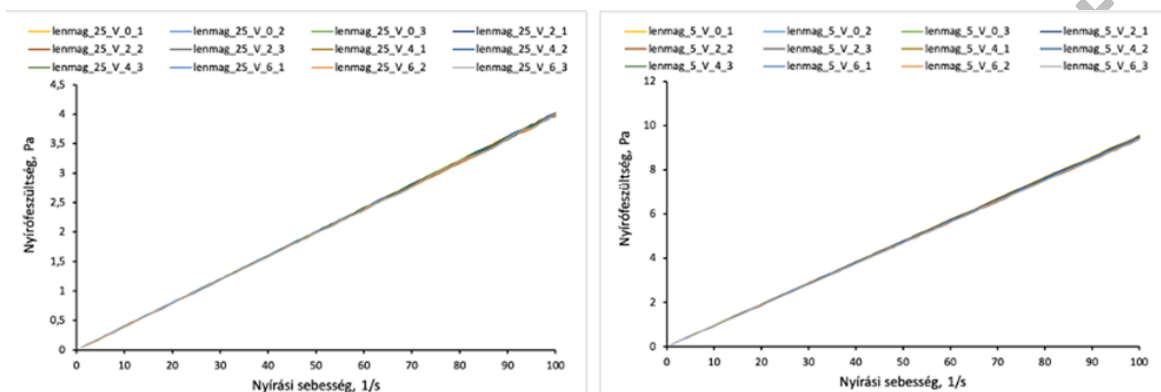
11. ábra A lenmagolaj látszólagos viszkozitása 25 és 5°C-on, sötétben és világosban tárolva

A 12. ábrán azt az azonos viselkedést figyelhetjük meg a szezámmagolaj esetében, amit a tökmag- és lenmagolaj esetében is láttunk. előző tendenciát figyelhetjük meg a lenmagolaj és a szezámmagolaj esetén is, ami alapján egyértelműen látszik, hogy a tárolási módtól és hőmérséklettől függetlenül nem láthatunk változást a látszólagos viszkozitás tekintetében.



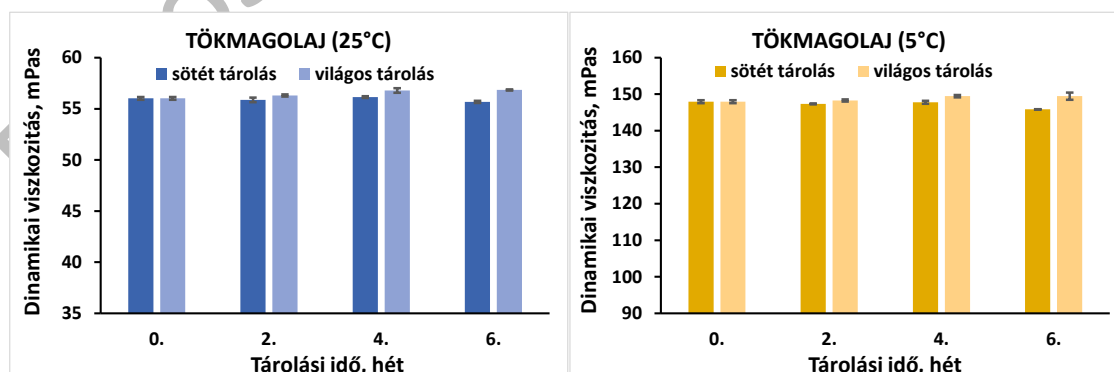
12. ábra A szezámmagolaj látszólagos viszkozitása 25 és 5°C-on, sötétben és világosban tárolva

Összehasonlítva a két hőmérsékleten mért olajok folyásgörbéit, megállapítható, hogy mindhárom olaj esetében a mérési hőmérséklettől függetlenül newtoni viselkedésűnek bizonyultak a vizsgált olajok. Ez a világosban és sötétben tárolt olajoknál is megfigyelhető volt. A 13. ábrán példaként a lenmagolaj világosban tárolt mintáinak a görbéi láthatóak a 4. heti mérésnél. A kapott eredmények megerősítik azokat az eredményeket, melyeket Cancausch és mtsai (2021), Hashempour-Baltork és mtsai (2018), Diamante és mtsai (2014) tanulmányaikban igazoltak.



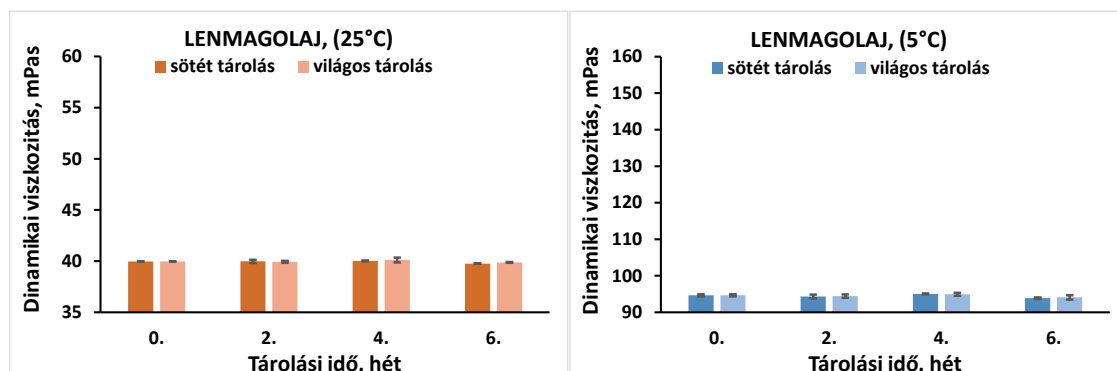
13. ábra A lenmagolaj folyásgörbéje 25 és 5°C-on, világosban tárolva a 0., 2., 4., 6. héten

A látszólagos viszkozitás értékek mellett az állandó sebesség szakaszában meghatározott anyagra jellemző átlagos dinamikai viszkozitás értékeket is megvizsgáltam a tárolás során. A 14-16. ábrákon ezek eredményei láthatóak. a 14. ábrán látható, hogy a tökmagolaj esetében némileg magasabb értékeket mértünk a világosban tárolt minták esetében. Míg a sötétben tárolt minták nem mutattak számottevő változást, addig a világosban tárolt minták esetében a tárolás folyamán enyhe növekedés mutatkozott a viszkozításban.



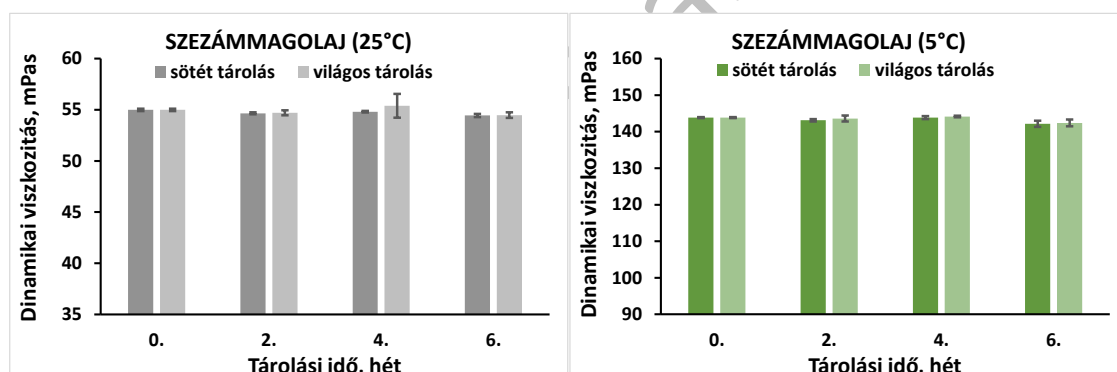
14. ábra A tökmagolaj átlagos dinamikai viszkozitása 25°C és 5°C hőmérsékleteken a 6 hetes tárolás során

A 15. ábrán látható lenmagolaj esetében a sötétben és világosban tárolt minták átlagos dinamikai viszkozitása a nem változott a tárolás során, csupán a világosban tárolt minták esetében kissé nagyobb a szórás.



15. ábra A tökmagolaj átlagos dinamikai viszkozitása 25°C és 5°C hőmérsékleteken a 6 hetes tárolás során

A tárolás során számottevő változás a szezámolaj esetében sem volt tapasztalható, a másik két olajnál is említett nagyobb szórás értékek itt is láthatóak a világosban tárolt minták esetében (16. ábra).



16. ábra A szezámolaj átlagos dinamikai viszkozitása 25°C és 5°C hőmérsékleteken a 6 hetes tárolás során

Összességében elmondható, hogy a reológiai paraméterek esetében a világosban tárolt magolajok értékei nagyobb szórást mutattak, emellett a tökmagolaj esetében tapasztalható volt némi növekedés a viszkozitás értékekben a tárolási idő múlásával.

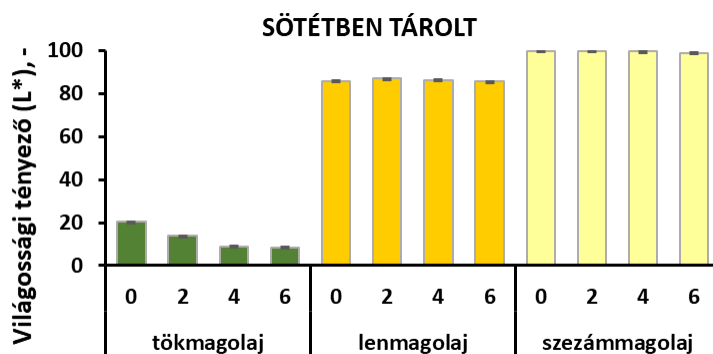
5.2.2. Színmérés

A színmérés során az L^* világossági tényezőt, az a^* vörös-zöld- és b^* kék-sárga színezeti jellemzőket mértem meg a tárolás során.

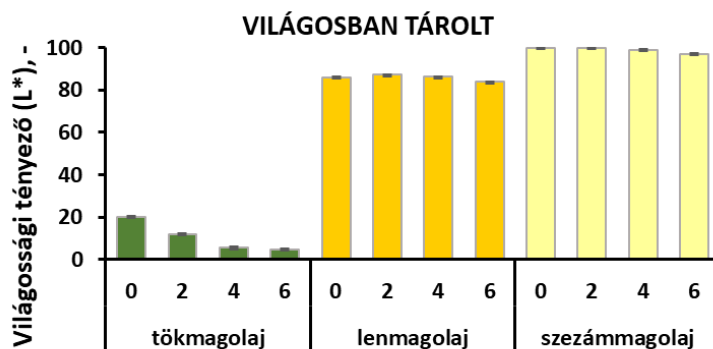
L^* érték (világossági tényező)

A 17. és 18. ábrákon a sötétben és világosban tárolt magolajok világossági tényezőinek értékei láthatóak a tárolás során. Az eredmények alapján a tökmagolaj bizonyult

a legsötétebbnek, és a tárolás során a L^* értéke csökkent. Ez az eredmény a világosban tárolt minták esetén is megfigyelhető volt. Érdekes módon a len- és szezámogolaj esetében is enyhe csökkenés látható és ez a csökkenés jobban megfigyelhető a világosban tárolt minták esetében.



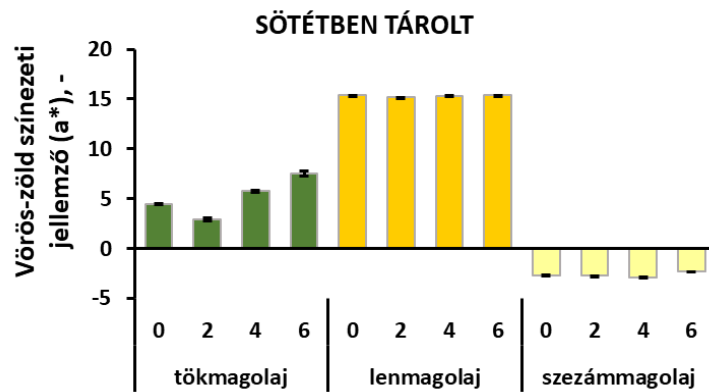
17. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámogolaj világossági tényezői a hetek múlásával, sötétben való tárolás esetén



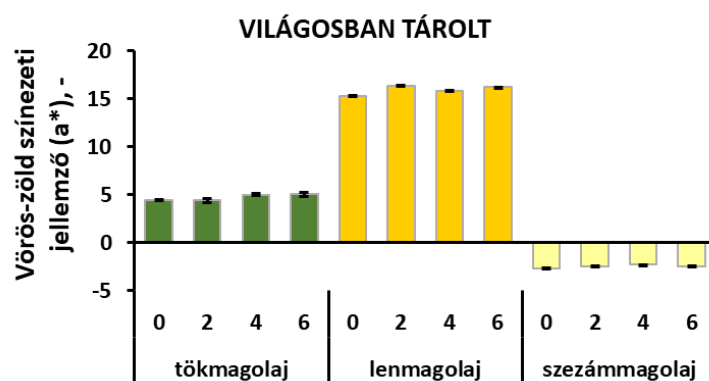
18. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámogolaj világossági tényezői a hetek múlásával, világosban való tárolás esetén

a^* érték (vörös-zöld színezet)

A vörös-zöld színezeti jellemző értéke a sötétben és világosban tárolt minták esetében azonos eredményeket láthatunk. A 19. ábrán a tökmagolaj esetében látszik a legnagyobb ingadozás az értékekben, míg a másik két olajnál nem beszélhetünk szignifikáns különbségről, bár ott is látható minimális emelkedés az értékekben. A világosban tárolt minták esetében (20. ábra) a változás mértéke kisebb volt. Összességében elmondható, hogy az a^* értéke növekedett, míg a szezámogolajnál tapasztalt negatív a^* érték közelebb került a nullához.



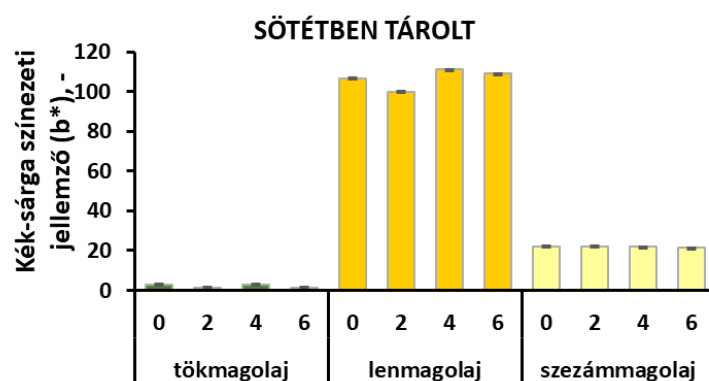
19. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámmagolaj vörös-zöld színezeti jellemzői a hetek múlásával, sötétben való tárolás esetén



20. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámmagolaj vörös-zöld színezeti jellemzői a hetek múlásával, világosban való tárolás esetén

b^* érték (sárga-kék színezet)

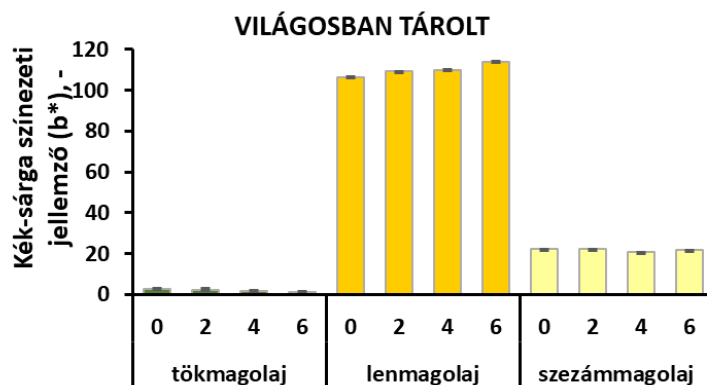
A kék-sárga színezeti jellemző értékeit a 21. és 22. ábrák szemléltetik.



21. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámmagolaj kék-sárga színezeti jellemzői a hetek múlásával, sötétben való tárolás esetén

A 21. ábrán a sötétben tárolt minták esetében a tök- és szezámmagolaj esetében nem látható szignifikáns különbség, némi ingadozás a lenmagolajnál látszik a tárolás alatt. A szezámmagolajnál szinte változás sem látható. A világosban tárolt mintáknál (22. ábra) a

tökmagolaj esetében némi csökkenés látható, a lenmagolajnál növekedés látható, a 0. és 6. hét között szignifikáns különbséggel.

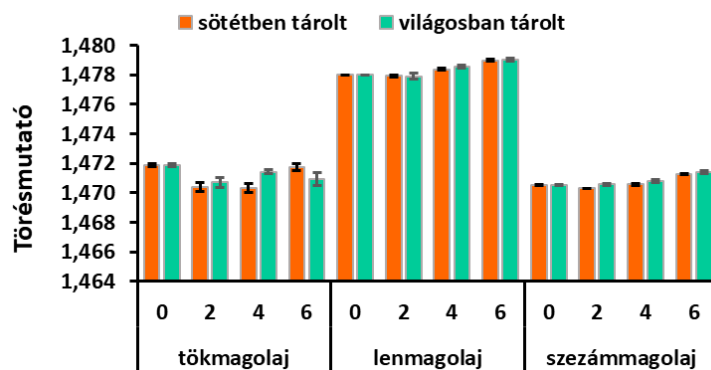


22. ábra A tökmag-, lenmag-, szezám-magolaj kék-sárga színezeti jellemzői a hetek múlásával, világosban való tárolás esetén

Megjegyzendő, hogy az a^* és b^* értékek esetében általában nagyobb ingadozás volt tapasztalható színmérésnél, ezzel szemben az L^* érték változásai látványosabb eredményeket mutattak.

5.2.3. Törésmutató mérése

A törésmutató mérésénél megvizsgáltam a sötétben és világosban tárolt mintákat egyaránt. Az eredményeket a 23. ábra szemlélteti.



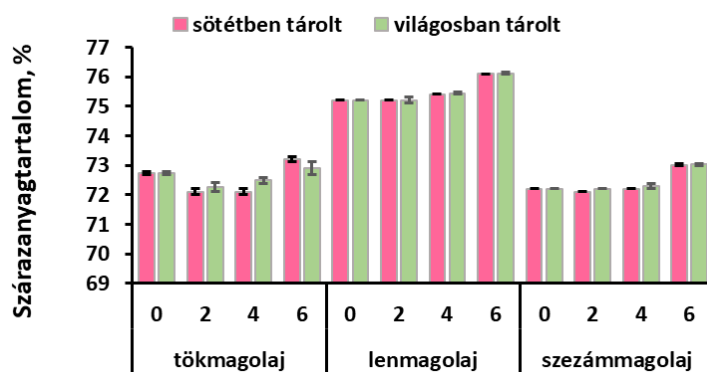
23. ábra A tökmag-, lenmag-, szezám-magolaj törésmutatói a hetek múlásával, sötétben, illetve világosban való tárolás esetén

A lenmagolaj esetében állandó értéket láthatunk a 0. és 2. héten, majd növekedés figyelhető meg mind sötétben, mind világosban való tároláskor. A tökmagolaj esetén sötétben való tároláskor csökkenés, majd növekedés. Világosban való tároláskor csökkenés, növekedés, majd újabb csökkenés látható. A törésmutató mindkét esetben a 0. héten a legmagasabb. A szezám-magolaj esetében szintén állandó a 0. és 2. héten, majd a 4. héttől növekedés látható a diagrammokon mindkét esetben.

Habár a diagramon változásokat láthatunk a világosban és sötétben tárolt minták esetében egyaránt, meg kell jegyezni, hogy az Abbé-féle refraktométer törésmutató skálája 3 tizedesjegy pontosságú, azonban a gyakorlatban a 3 tizedesjegyet adó legkisebb leolvasható skálaegység helyett a két egység közötti tartományt szemre felosztjuk 10 részre, így egy 4. tizedesjegyet is meg szoktuk határozni. Amit a fenti 23. ábrán látható eredményeket illeti, a látható változások valójában minden esetben a 4. tizedesjegy leolvasásából adódnak, így lényegében a leolvasási hibán belül esnek. Emellett a világosban és a sötétben tárolt minták törésmutatói között annyi különbség látható, hogy a világosban tárolt mintáknál némileg nagyobb az ismétlések szórása.

5.2.4. Szárazanyagtartalom mérése

Az Abbé-féle refraktométerrel a szárazanyag-tartalmat is meghatároztuk, ennek az eredményét a 24. ábrán láthatjuk.



24. ábra A tökmag-, lenmag-, szezámmagolaj szárazanyagtartalma a hetek múlásával, sötétbe, illetve világosban való tárolás esetén

A világosban és sötétben tárolt tökmagolaj ingadozást mutat a szárazanyag-tartalomban.

A lenmagolaj esetében mindkét esetben a 4. héttől látható növekedés, az azt megelőző hetekben a szárazanyagtartalom állandó. Szárazanyagtartalma a 6. héten a legmagasabb mindkét esetben.

A szezámmagolaj esetén a 4. hétig szinte állandó a szárazanyagtartalom. Világosban való tárolásnál észrevehetünk egy kisebb növekedést. Majd a 6. héten mindkét esetben egy hirtelen növekedés következik be. A szárazanyagtartalom a 6. héten a legmagasabb, gyakorlatilag ugyanolyan értékkel sötétben és világosban való tárolás esetén.

Mindhárom olaj esetében a világosban tárolt minták mutattak nagyobb szórást. Ha figyelembe vesszük, hogy a törésmutató méréshez használt műszerrel határoztuk meg a szárazanyag-tartalmat is, akkor itt is figyelembe kell venni a lehetséges hibákat. Ez a

szárazanyag-tartalom esetében több hibát is jelenthet, mivel a műszert a mérés megkezdése előtt kalibrálni kell, így, ha 0%-os szárazanyag-tartalom értéket nem sikerül beállítani, akkor az eltérés a műszer állandó hibája lesz. Ezzel viszont ellentétes előjellel korrigálnunk kell a leolvasott értéket. Emellett a műszer 20°C-on hitelesített, ám a méréseket $25 \pm 1,0^\circ\text{C}$ -on mértük, ezért egy korrekciós táblázatból egy korrekciós értéket kell hozzáadnunk a leolvasott értékhez. Ha ehhez a műszer leolvasási hibáját is hozzávesszük, belátható, hogy több hiba is befolyásolhatta és torzíthatja a szárazanyag-tartalom értékeinket. A 24. ábrán látható eredmények esetében pedig elmondható, hogy ugyan látszik valamilyen változás az eredményekben, ez csalóka, mert a lehetséges hibahatáron belül maradunk még.

Boros Dorisz Szakdolgozat

6. Összefoglalás

Elsődleges célom volt, hogy megvizsgáljam a három olaj viszkozitását szobahőmérsékleten (25°C) és hűtőhőmérsékleten (5°C), arra a kérdésemre választ kapva, hogy vajon a hideg tárolás hatására kevésbé folynak-e le a salátáról a vizsgált olajok. Mint az a diagrammokból kiderült, a hűtött tárolás során az olajok viszkozitása nőtt, tehát így nehezebben folynak, vagyis jobban fognak tapadni a salátához. Megfigyelhetjük, hogy a tökmag-, és szezámogolaj viszkozitása hasonló értékeket mutatnak, míg a lenmagolaj esetén ezek az értékek jóval alacsonyabbak, illetve az alacsony hőmérsékleten történő vizsgálat során a párhuzamos mérések szórása nagyobb. A látszólagos viszkozitás értékek nyírási sebességtől, míg az átlagos dinamikai viszkozitás az időtől függetlenek. A nyírófeszültség és a nyírási sebesség lineáris kapcsolata alapján az általam vizsgált olajok Newtoni folyadékok, melyet Diamante és mtsai. (2014), Hashempour-Baltork és mtsai. (2018), Can-causch és mtsai. (2021), is tanulmányukban igazoltak. A sötétben, illetve világosban való tárolás hatásának vizsgálatakor nem figyelhetünk meg szignifikáns különbséget egyik olajnál sem a viszkozitás tekintetében.

A színmérésnél a világossági tényezőt tekintve a lenmagolaj esetén a hetek múlásával sötétben való tárolás esetén szignifikáns különbség nem látható, a mintánk a 2. héten volt a legvilágosabb és a 6. héten pedig a legsötétebb. Világosban való tárolásnál ez az elenyésző különbség szembe tűnőbb. A tökmagolaj esetén a hetek múlásával csökkenés figyelhető meg, így a vizsgált minta a 6. hétre lett a legsötétebb. Világosban való tárolás esetén a 4., 6. héten a csökkenés erőteljesebb. A szezámogolaj esetén nincs látható különbség sötétben való tárolásnál. Világosban való tárolásnál enyhe csökkenés figyelhető meg, a mintánk a 0. héten a legvilágosabb, és a 6. héten a legsötétebb

Az a * érték esetén a lenmagolajnál a sötétben tárolt minták esetén szignifikáns különbség nem látható, a 2. héten volt a legkevesebb vörös szín a mintánkban. A világosban tárolt minták esetén a 0. és 4. héten volt a legkevesebb a vörös szín a mintánkban. A 2. és a 6. hét között elenyésző a különbség. A tökmagolaj esetén a sötétben való tároláskor csökkenés, majd növekedés figyelhető meg, vagyis a 2. héten tartalmazta a legkevesebb vörös színezetet és a 6. on a legtöbbet. A világosban való tároláskor szintén a legkevesebb vörös színezetet a 2. héten tartalmazta a mintánk, a legtöbbet viszont a 4. en. A szezámogolaj esetén, a mintánk a zöld tartományban lesz. A sötétben való tárolás esetén erőteljesebb csökkenés látható a 6. héten, tehát a mintánk ekkor volt a legkevésbé zöld. A világosban való tárolás esetén a 0. héten volt a mintánk a leginkább zöld színezetű.

A b^* értéknél a lenmagolaj esetében szignifikáns különbségeket figyelhetünk meg sötétben tárolás esetén, legkevesebb sárga színt a 2. héten, a legtöbbet a 4. en tartalmazta a minta. Világosban való tárolás során növekedés figyelhető meg, tehát a 6. héten tartalmazza a legtöbb sárga színezetet. A tökmagolaj esetén sötétben való tároláskor a mintánk a legkevesebb sárga színezetet a 6. héten tartalmazta, az ezt megelőző hetekben számottevő különbség nem látható. Világosban való tárolásnál folyamatos, elenyésző mértékű csökkenés figyelhető meg. A szezámolaj esetén sötétben való tárolásnál nem látható különbség. Világosban való tárolásnál a 4. héten a legkevesebb a sárga színezet a mintában.

A törésmutató mérésénél megvizsgáltam a sötétben és világosban tárolt mintákat egyaránt. A lenmagolaj esetében állandó értéket láthatunk a 0. és 2. héten, majd növekedés figyelhető meg mind sötétben, mind világosban való tároláskor. A tökmagolaj esetén sötétben való tároláskor csökkenés, majd növekedés. Világosban való tároláskor csökkenés, növekedés, majd újabb csökkenés látható. A törésmutató mindkét esetben a 0. héten a legmagasabb. A szezámolaj esetében szintén állandó a 0. és 2. héten, majd a 4. héttől növekedés látható a diagrammokon mindkét esetben.

A világosban és sötétben tárolt minták esetében a látható változások valójában minden esetben a műszer skáláján a 4. tizedesjegy leolvasásából adódnak, a változások a leolvasási hibán belül esnek. Emellett a világosban tárolt mintáknál némileg nagyobb az ismétlések szórása.

A világosban és sötétben tárolt tökmagolaj szárazanyag-tartalma ingadozást mutatott. A lenmagolaj esetében mindkét esetben a 4. héttől látható növekedés, az azt megelőző hetekben a szárazanyagtartalom állandó. Szárazanyag-tartalma a 6. héten a legmagasabb mindkét esetben. A szezámolaj esetén a 4. hétig szinte állandó a szárazanyag-tartalom, a világosban való tárolásnál egy kisebb növekedést láttunk. Mindhárom olaj esetében a világosban tárolt minták mutattak nagyobb szórást. Az eredményeket a műszer kalibrálási-, korrekciós- és esetleges leolvasási hiba miatt a látható változás valójában a lehetséges hibahatáron belüliek.

Összességében tehát elmondható, hogy a sötétben, illetve világosban tárolt olajok fizikai tulajdonságaiban az általam vizsgált tárolási körülmények mellett, 6 hetes időtartam alatt nem történt lényeges változás. A továbbiakban javasolnám az olajok fizikai tulajdonságainak vizsgálatát extrém hőmérsékleteken, karakterisztikájuk felvételét termoanalitikai módszerek segítségével, valamint az oxidatív stabilitásuk vizsgálatát további összehasonlítás céljából.

7. Irodalomjegyzék

1. Abou-Gharbia, H. A., Shehata, A. A. Y., & Shahidi, F. (2000). Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food research international*, 33(5), 331-340.
2. Akin, G., Arslan, F. N., Elmasa, S. K., & Yilmaz, I. (2018). Cold-pressed pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.) oils from the central Anatolia region of Turkey: Characterization of phytosterols, squalene, tocopherols, phenolic acids, carotenoids and fatty acid bioactive compounds. *Grasas y Aceites*, 69(1), e232-e232.
3. Amin, M. Z., Islam, T., Mostofa, F., Uddin, M. J., Rahman, M. M., & Satter, M. A. (2019). Comparative assessment of the physicochemical and biochemical properties of native and hybrid varieties of pumpkin seed and seed oil (*Cucurbita maxima* Linn.). *Heliyon*, 5(12), e02994.
4. Bharti, S. K., Kumar, A., Sharma, N. K., Prakash, O., Jaiswal, S. K., Krishnan, S., ... & Kumar, A. (2013). Tocopherol from seeds of *Cucurbita pepo* against diabetes: Validation by in vivo experiments supported by computational docking. *Journal of the Formosan Medical Association*, 112(11), 676-690.
5. Bourre, J. M., Dumont, O., & Durand, G. (2004). Dose-effect of dietary oleic acid: oleic acid is conditionally essential for some organs. *Reproduction Nutrition Development*, 44(4), 371-380.
6. Buckner, A. L., Buckner, C. A., Montaut, S., & Lafrenie, R. M. (2019). Treatment with flaxseed oil induces apoptosis in cultured malignant cells. *Heliyon*, 5(8), e02251.
7. Can-Cauich, C. A., Sauri-Duch, E., Cuevas-Glory, L. F., Betancur-Ancona, D., Ortiz-Vázquez, E., Ríos-Soberanis, C. R., ... & Moo-Huchin, V. M. (2021). Physicochemical properties and stability of pumpkin seed oil as affected by different extraction methods and species. *International Food Research Journal*, 28(1).
8. Cooney, R. V., Custer, L. J., Okinaka, L., & Franke, A. A. (2001). Effects of dietary sesame seeds on plasma tocopherol levels. *Nutrition and cancer*, 39(1), 66-71.
9. Csapó, J., & Csapóné Kiss, Z. (2004). *Élelmiszerkémia*. Scientia Kiadó.
10. Daun, J. K., Barthet, V. J., Chornick, T. L., & Duguid, S. (2003). Structure, composition, and variety development of flaxseed. *Flaxseed in human nutrition*, (Ed. 2), 1-40.
11. DeMan, J. M., Finley, J. W., Hurst, W. J., & Lee, C. Y. (1999). *Principles of food chemistry* (Vol. 1, pp. 23-30). Gaithersburg: Aspen Publishers.

12. Deng, Q., Yu, X., Ma, F., Xu, J., Huang, F., Huang, Q., & Sheng, F. (2017). Comparative analysis of the in-vitro antioxidant activity and bioactive compounds of flaxseed in China according to variety and geographical origin. *International journal of Food properties*, 20(sup3), S2708-S2722.
13. Diamante, L. M., & Lan, T. (2014). Absolute viscosities of vegetable oils at different temperatures and shear rate range of 64.5 to 4835 s⁻¹. *Journal of food processing*, 2014.
14. Dunford, N. T. (2015). Hemp and flaxseed oil: properties and applications for use in food. In *Specialty oils and fats in food and nutrition* (pp. 39-63). Woodhead Publishing.
15. El Khier, M. K. S., Ishag, K. E. A., & Yagoub, A. A. (2008). Chemical composition and oil characteristics of sesame seed cultivars grown in Sudan. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(6), 761-766.
16. Elleuch, M., Besbes, S., Roiseux, O., Blecker, C., & Attia, H. (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. *Food chemistry*, 103(2), 641-650.
17. Fasina, O. O., Hallman, H., Craig-Schmidt, M., & Clements, C. (2006). Predicting temperature-dependence viscosity of vegetable oils from fatty acid composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(10), 899-903.
18. Fruhwirth, G. O., & Hermetter, A. (2008). Production technology and characteristics of Styrian pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(7), 637-644.
19. Garg, A. (1998). High-monounsaturated-fat diets for patients with diabetes mellitus: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 67(3), 577S-582S.
20. Gauthaman, K., & Saleem, T. M. (2009). Nutraceutical value of sesame oil. *Pharmacognosy Reviews*, 3(6), 264.
21. Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., El Yadini, A., & Charrouf, Z. (2017). Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(2), 105-111.
22. Gossell-Williams, M., Davis, A., & O'connor, N. (2006). Inhibition of testosterone-induced hyperplasia of the prostate of sprague-dawley rats by pumpkin seed oil. *Journal of Medicinal Food*, 9(2), 284-286.
23. Goyal, A., Patel, A., Sihag, M. K., Shah, N., & Tanwar, B. (2018). Therapeutic potential of flaxseed. In *Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods* (pp. 255-274). Academic Press.

24. Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of food science and technology*, 51(9), 1633-1653.
25. Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S., & Savage, G. P. (2018). Chemical, rheological and nutritional characteristics of sesame and olive oils blended with linseed oil. *Advanced pharmaceutical bulletin*, 8(1), 107.
26. Hirose, N., Inoue, T., Nishihara, K., Sugano, M., Akimoto, K., Shimizu, S., & Yamada, H. (1991). Inhibition of cholesterol absorption and synthesis in rats by sesamin. *Journal of Lipid Research*, 32(4), 629-638.
27. Hsu, E., & Parthasarathy, S. (2017). Anti-inflammatory and antioxidant effects of sesame oil on atherosclerosis: a descriptive literature review. *Cureus*, 9(7).
28. Hwang, L. S. (2005). Sesame oil. *Bailey's industrial oil and fat products*, 2, 547-552.
29. Internet 1 Cucurbita pepo [https://www.lakeforest.edu/academics/majors-and-minors/environmental-studies/cucurbita-pepo-\(gourd-pumpkin-squash\)-cucurbitaceae](https://www.lakeforest.edu/academics/majors-and-minors/environmental-studies/cucurbita-pepo-(gourd-pumpkin-squash)-cucurbitaceae)
Megtekintés dátuma: 2022. szeptember 6.
30. Internet2: Linum usitatissimum https://species.wikimedia.org/wiki/Linum_usitatissimum Megtekintés dátuma: 2022. szeptember 6.
31. Internet 3 Sesamum indicum <https://www.botanichealthcare.net/sesamum-indicum/>
Megtekintés dátuma: 2022. szeptember 6.
32. Ji, J., Liu, Y., Shi, L., Wang, N., & Wang, X. (2019). Effect of roasting treatment on the chemical composition of sesame oil. *Lwt*, 101, 191-200.
33. Kang, M. H., Naito, M., Tsujihara, N., & Osawa, T. (1998). Sesamolin inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. *The journal of nutrition*, 128(6), 1018-1022.
34. Khan, L. M., & Hanna, M. A. (1983). Expression of oil from oilseeds—a review. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 28(6), 495-503.
35. Mbaebie, B., Omosun, G., Uti, A., & Oyedemi, S. (2010). Chemical composition of Sesamum indicum L.(Sesame) grown in southeastern Nigeria and the physicochemical properties of the seed oil. *Seed science and biotechnology*, 4(1), 69-72.
36. McKeon, T., Hayes, D. G., Hildebrand, D., & Weselake, R. (Eds.). (2016). *Industrial oil crops*. Elsevier.
37. Mensink, R. P., & Katan, M. B. (1990). Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *New England Journal of Medicine*, 323(7), 439-445.

38. Morrison, M. C., Mulder, P., Stavro, P. M., Suárez, M., Arola-Arnal, A., Van Duyvenvoorde, W., ... & Kleemann, R. (2015). Replacement of dietary saturated fat by PUFA-rich pumpkin seed oil attenuates non-alcoholic fatty liver disease and atherosclerosis development, with additional health effects of virgin over refined oil. *PLoS One*, 10(9), e0139196.
39. Narasimhulu, C. A., Selvarajan, K., Litvinov, D., & Parthasarathy, S. (2015). Anti-atherosclerotic and anti-inflammatory actions of sesame oil. *Journal of medicinal food*, 18(1), 11-20.
40. Neđeral, S., Škevin, D., Kraljić, K., Obranović, M., Papeša, S., & Bataljaku, A. (2012). Chemical composition and oxidative stability of roasted and cold pressed pumpkin seed oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(9), 1763-1770.
41. Nishimura, M., Ohkawara, T., Sato, H., Takeda, H., & Nishihira, J. (2014). Pumpkin seed oil extracted from *Cucurbita maxima* improves urinary disorder in human overactive bladder. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 4(1), 72-74.
42. Nwabanne, J. T. (2012). Kinetics and thermodynamics study of oil extraction from fluted pumpkin seed. *International journal of multidisciplinary sciences and engineering*, 3(6), 11-15.
43. Nykter, M., Kymäläinen, H. R., & Gates, F. (2006). Quality characteristics of edible linseed oil. *Agricultural and food science*, 15(4), 402-413.
44. Omar, A. M. S. (2018). The potential protective influence of flaxseed oil against renal toxicity induced by thioacetamide in rats. *Saudi journal of biological sciences*, 25(8), 1696-1702.
45. Özbek, Z. A., & Ergönül, P. G. (2020). Cold pressed pumpkin seed oil. In *Cold pressed oils* (pp. 219-229). Academic Press.
46. Potočnik, T., & Košir, I. J. (2017). Influence of roasting temperature of pumpkin seed on PAH and aroma formation. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(3), 1500593.
47. Procida, G., Stancher, B., Cateni, F., & Zacchigna, M. (2013). Chemical composition and functional characterisation of commercial pumpkin seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(5), 1035-1041.
48. Ramadan, M. F. (Ed.). (2020). *Cold pressed oils: Green technology, bioactive compounds, functionality, and applications*. Academic Press.
49. Ramak, P., & Mahboubi, M. (2019). The beneficial effects of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed oil for health condition of men. *Food Reviews International*, 35(2), 166-176.

50. Richter, D., Abarzua, S., Chrobak, M., Vrekoussis, T., Weissenbacher, T., Kuhn, C., ... & Dian, D. (2013). Effects of phytoestrogen extracts isolated from pumpkin seeds on estradiol production and ER/PR expression in breast cancer and trophoblast tumor cells. *Nutrition and cancer*, 65(5), 739-745.
51. Roszko, M., Szterk, A., Szymczyk, K., & Waszkiewicz-Robak, B. (2012). PAHs, PCBs, PBDEs and pesticides in cold-pressed vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(3), 389-400.
52. Sankar, D., Rao, M. R., Sambandam, G., & Pugalendi, K. V. (2006). A pilot study of open label sesame oil in hypertensive diabetics. *Journal of medicinal food*, 9(3), 408-412
53. Shaban, A., & Sahu, R. P. (2017). Pumpkin seed oil: an alternative medicine. *International journal of pharmacognosy and phytochemical research*, 9(2).
54. Shimoda, M., Shiratsuchi, H., Nakada, Y., Wu, Y., & Osajima, Y. (1996). Identification and sensory characterization of volatile flavor compounds in sesame seed oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(12), 3909-3912.
55. Siger, A., Nogala-kalucka, M., & Lampart-Szczapa, E. (2008). The content and antioxidant activity of phenolic compounds in cold-pressed plant oils. *Journal of food lipids*, 15(2), 137-149.
56. Tang, Z. X., Ying, R. F., Lv, B. F., Yang, L. H., Xu, Z., Yan, L. Q., ... & Wei, Y. S. (2021). Flaxseed oil: Extraction, Health benefits and products. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(1), 1-19.
57. Tripathi, V., Abidi, A. B., Marker, S., & Bilal, S. (2013). Linseed and linseed oil: health benefits-a review. *Int J Pharm Biol Sci*, 3(3), 434-442.
58. Tuberoso, C. I., Kowalczyk, A., Sarritzu, E., & Cabras, P. (2007). Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chemistry*, 103(4), 1494-1501.
59. Tuncel, N. B., Uygur, A., & Karagül Yüceer, Y. (2017). The effects of infrared roasting on HCN content, chemical composition and storage stability of flaxseed and flaxseed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94(6), 877-884.
60. Umeda-Sawada, R., Ogawa, M., & Igarashi, O. (1998). The metabolism and n-6/n-3 ratio of essential fatty acids in rats: Effect of dietary arachidonic acid and a mixture of sesame lignans (sesamin and episesamin). *Lipids*, 33(6), 567.

61. Wan, Y., Li, H., Fu, G., Chen, X., Chen, F., & Xie, M. (2015). The relationship of antioxidant components and antioxidant activity of sesame seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2571-2578.
62. Wei, C., Xi, W., Nie, X., Liu, W., Wang, Q., Yang, B., & Cao, D. (2013). Aroma characterization of flaxseed oils using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-olfactometry. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(9), 1032-1042.
63. Were, B. A., Onkware, A. O., Gudu, S., Welander, M., & Carlsson, A. S. (2006). Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. *Field Crops Research*, 97(2-3), 254-260.
64. Wiggins, A. K., Mason, J. K., & Thompson, L. U. (2015). Growth and gene expression differ over time in alpha-linolenic acid treated breast cancer cells. *Experimental cell research*, 333(1), 147-154.
65. Zhang, Z. S., Wang, L. J., Li, D., Li, S. J., & Özkan, N. (2011). Characteristics of flaxseed oil from two different flax plants. *International Journal of Food Properties*, 14(6), 1286-1296.
66. Zhou, Q., Ma, L., Zhao, W., Zhao, W., Han, X., Niu, J., ... & Zhao, C. (2020). Flaxseed oil alleviates dextran sulphate sodium-induced ulcerative colitis in rats. *Journal of Functional Foods*, 64, 103602.
67. Zhu, L., Sha, L., Li, K., Wang, Z., Wang, T., Li, Y., ... & Wang, H. (2020). Dietary flaxseed oil rich in omega-3 suppresses severity of type 2 diabetes mellitus via anti-inflammation and modulating gut microbiota in rats. *Lipids in health and disease*, 19(1), 1-16.
68. Zine, S., Gharby, S., & El Hadek, M. (2013). Physicochemical characterization of *Opuntia ficus-indica* seed oil from Morocco. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 10(1).

Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni konzulenseim, Lambertné dr. Meretei Anikó és Dr. Kaszab Tímea munkáját és türelmét, akik nélkül a szakdolgozatom nem jöhetett volna létre.

Boros Dorisz Szakdolgozat

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Boros Dorisz (hallgató Neptun azonosítója: SV2OU9) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre **javaslom** / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen **nem***³

Kelt: Budapest, 2022. október 24.


Dr. Kaszab Tímea


Lambertné dr. Meretei Anikó

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: **Boros Dorisz**
A Hallgató Neptun kódja: **SV2OU9**
A dolgozat címe: **Lenmag-, tökmag- és szezámagolaj fizikai vizsgálata**
A megjelenés éve: **2022**
A konzulens tanszék neve: **Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék**

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: Budapest, 2022. november 6.



Hallgató aláírása