



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszermérnöki Szak

**Lehetséges pálmazsírhelyettesítők állományának és termikus
viselkedésének vizsgálata**

Belső konzulens: Lambertné Meretei Anikó

Készítette: Nagy Nóra Vivien

O73MNR

nappali

Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék

Budapest

2023

**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: Nagy Nóra Vivien

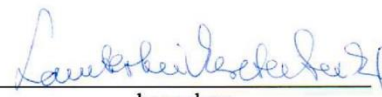
A szakedolgozat címe:

**Lehetséges pálmazsír helyettesítők állományának és termikus
viselkedésének vizsgálata**

Konzulens: Lambertné dr. Meretei Anikó

Beadás dátuma: 2023.május 9


szakedolgozat készítés helyének vezetője
(Badakné dr. Kerti Katalin)


konzulens
(Lambertné dr. Meretei Anikó)


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

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	1
I. Célkitűzések	2
II. Irodalmi áttekintések	3
1. <i>PÁLMAOLAJ</i>	3
1.1. <i>Pálma gyümölcsének feldolgozása</i>	4
1.2. <i>Pálmamagolaj</i>	5
1.3. <i>Fenntartható-e a pálmaolaj?</i>	6
1.4. <i>Pálmaolaj fenntarthatóságának minősítése</i>	7
1.5. <i>Környezetre gyakorolt hatása</i>	8
2. <i>Kókuszolaj</i>	10
2.1. <i>Kókuszolaj kinyerése</i>	10
2.2. <i>Élelmiszerkémiai jellemzői</i>	11
3. <i>Repceolaj</i>	11
5. <i>Pálmaolaj kiváltásának lehetőségei</i>	13
5.1. <i>Hidrogénezett alternatívák</i>	14
III. Kutatás bemutatása	16
1. <i>Anyagok</i>	16
2. <i>Módszerek</i>	17
2.1. <i>Állománymérés</i>	17
2.2. <i>Kalorimetriás vizsgálat differenciális pásztázó módszerrel</i>	19
3. <i>Eredmények és értékelésük</i>	22
3.1 <i>Pálmazsír és a zsírkeverékek állománybeli tulajdonságainak meghatározása</i>	22
3.2. <i>Pálmazsír és zsírkeverékek kristályosodási és olvadási tulajdonságainak meghatározása</i> 29	
IV. Következtetés és javaslatok	36
V. Összefoglalás	37
<i>Felhasznált irodalom</i>	39

BEVEZETÉS

Szakedolgozatom során a pálmazsír kiváltásának lehetőségeit és annak termikusok viselkedését vizsgálom az élelmiszeriparban. Az olajpálmából kinyert olaj népszerűsége és széles körű felhasználása, a növény magas hozama és sokrétű felhasználási formájából ered, ennek a hátulütője, hogy jelentős környezetre káros hatásokkal rendelkezik.

Az élelmiszeriparban közkedvelt termékről van szó, természetesen nem csak az élelmiszerekben találkozhatunk vele, hanem kozmetikai termékekben, szappanokban, olyan hétköznapi termékekben, amelyekről nem is gondolnánk. Főleg alapanyagként, ezen kívül szintetikus összetevő alapanyagaként is felhasználásra kerül.

A mai folyamatosan növekvő társadalmunk és párhuzamosan növekedő fogyasztói igények hatására, az élelmiszeripari szektor az olcsó és egyszerű módon kinyerhető, előállítható alapanyagokat részesíti előnyben, ennek eredménye, hogy a termékek gyártási folyamatát megkönnyítik és kisebb előállítási költséggel kell számolniuk. Ellenben ezen alapanyagok előállítása társadalmi problémákhoz vezethet, nagymértékű természeti károkat okoz, ennek közvetlen elszenvedői a trópusi esőerdő és ezzel együtt az ott élő állatvilág. Ahhoz, hogy újabb olajpálma ültetvényeket telepítsenek, új földterület szükséges, ez az egyenlítői éghajlaton fekvő esőerdők kiirtásával járó művelet, amely az ökoszisztéma felborulását is eredményezheti. A pálma termesztése hatalmas kihívás napjainkban, ezzel a problémával foglalkozik számos szervezet, itt külön megemlíteném a Fenntartható Pálmaolaj Keresztelt (RSPO), mivel olyan követelményrendszert hozott létre és tart fent, ami nagy hatással van az élővilágra és bárki csatlakozhat hozzájuk, lehet természetes személy vagy jogi személy is. A dolgozatom során ismertetem működését, kritériumait és sikerességét. Emellett szó lesz néhány kisebb szervezetről, akik saját kritériumokat állítottak fel, ezek kevésbé szigorúak, mint az RSPO szabványai, viszont arra buzdít, hogy fenntarthatónak minősített pálmaolajat vásároljanak az emberek.

I. Célkitűzések

A munkám során három zsírt, illetve olajat használtam, ezek közül egy teljes mértékben hidrogénezett változatú, amelyek eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek. A fő célom, hogy a vizsgálatok során, olyan lehetséges alternatívát keressek, amely akár ki tudná váltani a pálmazsírt. Elsősorban arra kerestem választ, hogy az olajat és a zsírokat változó arányban összekeverve, milyen állományú és hőmérsékletű zsírkeveréket kapok. A keveréket egyszerű keverés mellett értem el.

A célkitűzéseimet az alábbi pontokba foglaltam össze:

1. Milyen helyettesítő zsírok és keverékek jöhetnek szóba, amelyek hasonló tulajdonsággal bírnak, mint a kontroll pálmazsír.
2. Annak megállapítása, hogy a zsírkeverékek állománya mennyire hasonló a pálmáéhoz.
3. Annak meghatározása, hogy a zsírkeverékek hűtés és fűtés hatására bekövetkező kristályosodási és olvadási tulajdonsága, milyen mértékben változik a pálmazsírhoz képest.

II. Irodalmi áttekintések

1. *PÁLMAOLAJ*

Az olajpálma széles körű felhasználása miatt találkozhatunk vele élelmiszerekben, kozmetikumokban, szappanokban is. Mivel olcsó és a terméshozama más olajos növényfajokhoz viszonyítva a legmagasabb, különösen kedvelt élelmiszeripari alapanyag. (Tutervai, 2016).

Napjainkban a legnagyobb mennyiségben felhasznált növényi olaj a pálmaolaj. Botanikai rendszertani besorolás szerint az *Elaeis guineensis*, a Nyugat-Afrika trópusi esőerdőiből származó, évezredek óta termesztett növény. A pálmát a 14-17. század tájékán sikerült eljuttatni először Amerikába, majd a távol keleti országokba is. A kedvezőbb éghajlati, valamint földrajzi adottságoknak köszönhetően a növény termesztése a távol-keleti régiókba került át. Az olajpálma ültetvények a magas terméshozam mellett, jelentősen kisebb területet igényelnek, mint más olajos terményeknek a termesztése. Az olajpálmát egyenlítői éghajlaton, ültetvényeken termesztik, nagy mennyiségű éves csapadékot (1600 mm/év) igénylő növény. A fák átlagos élettartama 25 év, a terméságazatok kifejlődéséhez legalább 3 év szükséges és ezekben az ágazatokban található maga a termés, amiből később a pálmaolajat állítják elő. A terméságazatok tömege 10 és 40 kg körüli érték között mozog. A világon Malajzia és Indonézia a két legnagyobb pálmaolaj termelő. A világtermelésnek együttesen a 85%-át adják ebből Indonézia 55%-ot míg Malajzia a maradék 30%-át adja az össztermelésnek (Poku, 2002).



1. ábra: Olajpálma termése

(Internet 1)

1.1. *Pálma gyümölcsének feldolgozása*

Az olajpálma termése magából a gyümölcs húsából áll, ami narancssárgás színű, ebből nyerik a pálma olajat, illetve a fehér magjából pedig a pálmamagolaj készül.

Az ültetvényeken betakarított fürtöket, olajpálma feldolgozó üzemben gyűjtik, ahol leválasztják a terméseket. Először sterilizálják, majd a termés gyümölcshúsából kisajtolják az olajat száraz vagy nedves eljárás segítségével. A sterilizálás nagynyomású gőzzel végzik, aminek a hatására a termések nedvességtartalma megnő, nyomás csökkentés után a termés összehúzódik, ennek hatására a maghéjtól teljesen elválik. (O'Brien, 2009).

A gyümölcsből az olaj kinyerése kétféle módon történhet száraz vagy nedves úton. A száraz módszer során, az olaj kinyerése mechanikai nyomás segítségével zajlik. Többféle különböző típusú prés létezik. Olyan üzemekben, ahol csigasajtoló van, ott folyamatos extrakciós rendszert működtetnek, szakaszos és félészakaszos extrakció során a hidraulikus sajtolót alkalmazzák. Nedves úton történő eljárás során, a pálmagyümölcsből az olajat, forró vízzel, esetleg gőzzel oldják ki. (Mba és társai, 2014).

A kinyert pálmaolaj narancssárga, esetenként vöröses színű. Az olajat gliceridek építik fel, aminek fő összetevője a palmitinsav. A palmitinsav telített zsírsav, aminek rendkívül jó tulajdonsága van, mivel szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú, míg magas hőmérsékleten sűrű, folyékony állapot jellemzi.

A következő műveleti lépés a finomítás. A nyers pálmaolaj jellegzetes diós vagy gyümölcsös ízzel rendelkezik, ez a tulajdonság azonban gőzfinomítással könnyen eltávolítható. A fizikai finomítás során az olajban található természetes antioxidánsok a tokotrienolok és a tokoferolok szintje körülbelül a felére csökken le. A feldolgozott pálmaolaj általában enyhe, jellegzetes ibolya illatú lesz. (O'Brien, 2009).

Európában a pálmaolajat finomított formában hozzák forgalomba, a vöröses színét kifehérítik, emellett szagtalanítják is. A fizikai eljárás után a legtöbb karotinoid és az olaj E-vitamin tartalmának bizonyos része eltűnik a termékből, sőt számos értékes tápanyaga is elvész.

Két fő frakciója van a pálmaolajnak:

- Pálmaolein (65-75%) folyékony frakciójú és alacsony olvadáspontú
- Pálmaszterain (30-35%) szilárd frakciójú és magas olvadáspontú

Pálmaolein olajat főként sütő és főzőolajként, valamint margarinokhoz használja az élelmiszeripar. Majonézgyártás esetén duplán frakcionálva alkalmazzák. Míg a pálmaszteraint hidrogénezett formában vajhelyettesítőként, illetve sütőzsiradékként hasznosítják (Bíró és társai, 2015).

1.2. Pálmamagolaj

Maga a mag a pálma termésének kb. 45-48%-át teszi ki. Ahogy a pálmaolaj során ismertetésre került, sterilizálás után a gyümölcsfűtről leválasztják a pálmadiót. Sterilizálási folyamatok felelősek az oxidációért és az elszíneződésért, amelyek nagyban befolyásolják, a termékből kivont olaj fehérlő képességét. A következő folyamat az elválasztás, ahol a pálmamagot elválasztják a héjától.

Az extrakció előtt a pálmamagot megtisztítják és pelyhesítik, így az olajsejtek könnyebben felszakadnak. Kétféleképpen vonhatják ki az olajat, mechanikusan préseléssel, majd utána oldószeres extrakciót alkalmaznak vagy előfeldolgozási folyamaton megy végbe a mag és végül oldószerrel kivonják a pálmamagolajat.

Az folyamat befejeztével az olajban maradt finom részecskéket, szennyeződések és szilárd anyagokat eltávolítják.

Bár a két olaj fajta egy növényből származik, számottevő különbség van tulajdonságaikban. A pálmaolaj gazdag C-16 és C-18 zsírsavakban, addig a pálmamagolaj C-12 zsírsavakban rendelkezik nagyobb százalékban. A kókuszolajhoz abban hasonlít a magolaj, hogy világos színű, gyorsan olvad, kiváló oxidációs stabilitással rendelkezik, illetve a laurin- és mirisztinsav tartalma magas (O'Brien, 2009).

1.3. Fenntartható-e a pálmaolaj?

A Földön a legelterjedtebb növényi olaj a pálmaolaj, rengeteg termékben előfordul, amit napi szinten fogyasztunk. Az egy főre jutó pálmaolaj fogyasztás 16,7 és 20,1 kg között fordul elő, amely azt jelenti, hogy a népesség növekedésével ez a szám is növekedni fog. A jelenlegi helyzetben évente 240 millió tonna a pálmaolaj kitermelése, és a kereslet 2050-re várhatóan megduplázódik (Ong és társai, 2021).

Újabb pálma ültetvények létrehozása végett 1990 és 2015 között 420 millió hektárnyi esőerdőt pusztítottak ki. Ez azt jelenti, hogy évente 16 millió hektár, viszont 2015 és 2020 közötti időszakban 10 millió hektárra szorult vissza (Moudio, 2013).

Az RSPO (Roundtable On Sustainable Palm Oil – Fenntartható Pálmaolaj Kerekasztal) egy nonprofit szervezet, amely a WWF kezdeményezésére alakult meg 2004-ben. A pálmaolaj-ipar minden területéről egyesíti a tagjait ezen gyűlésen belül: pálmaolaj termelők, feldolgozók és értékesítők, fogyasztási termékek gyártói, kiskereskedők, befektetők és bankok, valamint környezetvédelmi és szociális szervezetek. A szervezet által felállított szabványok bevezetése és ezeknek a kritériumoknak való megfelelés célja, hogy a pálmaolaj kitermelése a lehető legkisebb mértékben gyakoroljon negatív hatást, a környezetre és a társadalomra. Az RSPO-nak világszerte, több mint 2500 tagja van, 2017-ben a világkereskedelem 20%-ban tudta meggyőzni a pálmaolaj termelőket, kereskedőket, viszonteladókat és a fogyasztási cikkek gyártóit, arról, hogy csak RSPO kritériumrendszerének megfelelő és címkével ellátott, tanúsított fenntartható forrásból eredő pálmaolajat használjanak fel.

Az erdőirtás a fák kivágása egy olyan területen, ahol egykor erdő volt. Az erdőirtás elsődleges célja, hogy több földterületet hozzanak létre a mezőgazdasági tevékenységek számára. Világszerte komoly veszélyt jelent a fakitermelés környezetünkre, amelynek nagy része illegális. Egy nagyobb ipari méretű pálmaolaj termelése, helyigény és olajpálma telepítése miatt, az őserdők megtisztításával veszi kezdetét, majd a pálma ültetvény gondozásával ér véget.

Az Egyesült Királyságban számos cég, kínál olyan termékeket, amelyek pálmaolaj mentesek, vagy csak fenntartható forrásból származó pálmaolajat tartalmaz. Ezáltal is elősegítve azt, hogy azon vásárlóik igényeit is kielégítsék, akik az erdőirtás ellen vannak.

Az eddigi legszélesebb körben használt tanúsítvány, ami nemzetközileg elismert az RSPO. Ahhoz, hogy RSPO tanúsítvánnyal rendelkezzen egy termék, a pálmát nem termesztetik olyan területen, amelyet tűzzel tisztítottak meg vagy őserdő volt előtte. Ezen felül 2018 novembere óta, nem létesíthető az új pálmafa ültetése tőzeges talaj típusra.

Az RSPO-ról a vélemények megoszlanak, míg a WWF (World Wildlife Fund) szerint a szervezet tagjai az alap követelményt betartják, amely a fenntartható forrásból származó pálmaolajat jelenti. Addig a Greenpeace állítása szerint a szabványok nem elég szigorúak és számos résztvevője a szervezetnek, nem minden esetben teljesíti kötelezettségvállalásait.

A világ pálmaolaj termelésének mindössze 19 %-a minősíthető fenntarthatónak. Délkelet Ázsiában, Kína és India a világ 2 legnagyobb pálmaolaj exportőre esetében, a vásárlók számára kevésbé fontos a fenntarthatósága, mint az Európa országaiban, ahol a pálmaolaj 74%-a rendelkezik RSPO tanúsítvánnyal (Russel, 2020).

1.4. *Pálmaolaj fenntarthatóságának minősítése*

A pálmaolaj termelőknek, termékeknek vagy az ellátási láncoknak bizonyos kritériumoknak kell megfelelniük ahhoz, hogy fenntarthatónak minősüljenek. A tanúsítási rendszer fő vezetője az RSPO, amely a globálisan forgalmazott pálmaolaj körülbelül egyötödére terjed ki. Fentebb részletesen kitértem a RSPO munkásságára, viszont létezik több ehhez hasonló rendszer. A POIG (Palm Oil Innovation Group – Pálmaolaj Innovációs csoport) nem kormányzati szervezetek és progresszív vállalatok hozták létre azzal a céllal, hogy az RSPO szabványait javítsák. Olyan hiányosságokat tártak fel a RSPO szabványaiban, amelyek a peszticidek, munkavállalók körülményeire és az illegálisan termesztett pálmaolaj termésének közvetett beszerzésére vonatkozik. Maga a szervezet saját kritériumokat dolgozott ki a pálmaolaj termelők, feldolgozók a gyártók és a kiskereskedők számára. Rendkívüli ellenőrzés alatt tartják, hogy a pálmaolajat milyen területen termesztik, sérteneke emberi jogokat eközben, valamint figyelnek arra, hogy a munkavállalókat ne zsákmányolják ki.

Rainforest Alliance a fenntartható mezőgazdasági hálózat által kidolgozott szabvány, amely felöleli a biológiai sokféleség és természeti erőforrások megőrzését, ide tartozik az

üvegházhatású gázok kibocsátása is. Ezen kívül figyelmet fordítanak a helyi közösségek jólétére és a termőföldeken dolgozó munkavállalókra.

Az ISCC (International Sustainability & Carbon Certification) két olyan szabványa van, ami a pálmaolajra vonatkozik. Lényegében a szervezet feladat, hogy az európai megújuló energiákról szóló irányelveknek való megfelelést, ellenőrzés alatt tartsák. Kiterjed a fenntartható földhasználatra, természetvédelemre az üvegházhatásúgáz kibocsátás csökkentésére, víz védelme, emellett emberi jogok védelme és munkavállalók egészsége is beletartozik.

Malajziai fenntartható pálmaolaj (MSPO – Malaysian Sustainable Palm Oil) 2013-ban vezette be Malajzia ezt az önkéntes szabványt, segítve azokat a termelőket, akik nem engedhetik meg az RSPO minősítést. A következő kérdésekre terjed ki: jogi megfelelés, társadalmi felelősségvállalás, új pálmafák telepítése, biztonsági és foglalkoztatási feltételek ezen kívül a környezet és biológiai sokféleség fenntartása. A pályázóknak az MSPO tanúsítványban előírt összes kritériumának, teljes mértékben meg kell felelniük.

Ezeknek a tanúsítványoknak kulcsfontosságú feladata, hogy a pálmaolaj ágazat fenntarthatóságát szorgalmazza. Az egyik legnagyobb kihívást a fogyasztói kereslet hiánya jelenti, mivel nincs elég vásárló, aki fenntarthatónak minősített pálmaolajat vásárolna. Jelenleg az európai igény a legnagyobb itt az import pálmaolaj 69%-a rendelkezik tanúsítvánnyal. (Shanahan, 2019).

1.5. Környezetre gyakorolt hatása

2021-2022-es években a pálmaolaj globális termelése 73,8 millió tonna volt, ami a 2020-2021-es évekhez képest kb. 73 millió, tehát majdnem 1 millióval nőtt a termelés. Ebben az időszakban Indonézia, valamint Malajzia volt a világ vezető exportőre. Főbb termelők elsősorban Ázsia, Latin-Amerika és Afrika ezen belül az elsődleges Indonézia és Malajzia őket követi Thaiföld, Kolumbia és végül Nigéria.

2017-ben Indonéziában elérte az 1,7 millió hektárt, míg 2016-ban 1,54 millió hektárnyi pálmafákkal beültetett terület rendelkezett RSPO által minősített tanúsítvánnyal.

A pálmaolaj behozatala szerte a világpiacon folyamatosan nő az elmúlt néhány évben. A Világbank adatai szerint 2021-ben a pálmaolaj névleges átlagos ára tonnánként 1131

amerikai dollár, várhatóan 2024-re csökken a tonnánként névleges ár 1054 dollára (Shahbandeh, 2023).

Egy új tanulmány szerint a termőterületek kialakítása az újabb pálma ültetvényeknek és azok növekedése jelentősen több károsanyag kibocsátását eredményez. Malajziában és Indonéziában 3 millió hektárnyi tőzegláp talajú erdőt, pálmaolaj ültetvények váltották fel. Mivel az olajpalmák számára nem megfelelő a nedves és mocsaras körülmény, ezért az ültetvénytulajdonosok minden ültetés előtt a termőterületeket megtisztítják és lecsapolják. Aminek az egyik komoly problémája, hogy a tőzeg széndioxidot tárol és amint lecsapolják a mocsarat a széndioxid üvegházhatású gázokká alakul.

Más erdők kiirtása azért, hogy azokat pálmaolaj ültetvényekké alakítsák, komoly kockázattal jár. Jelentősen hozzájárulnak a globális felmelegedéshez, talán még rosszabb, mint a légi közlekedésből származó károsanyag kibocsátás. Ha egy mocsarat kiírtanak, akár évezredekbe telhet, mire a szén visszaraktározódik a talajba, még úgy is, ha az erdőt helyreállították (Sjogersten, 2020).

A pálmaolaj iránti kereslet folyamatosan növekszik, így a pálma melléktermékei várhatóan növekedni fognak a növekvő kereslettel párhuzamban. Ahhoz, hogy a pálmaolaj fenntartható legyen, fontos a hulladékgazdálkodással is foglalkozni és hogyan lehetne hasznosítani az erőforrásokat és a keletkező energiát. Erre kiváló lehetőséget jelent a fenntartható biohidrogén termelésre, amely alapanyagként az olajpálma biomasszát és a POME-t (pálmaolaj malom szennyvíz) használja.

Az olajat előállító ipar különböző hulladékokat termel a szilárdtól kezdve a folyékony hulladékokig. A szennyvíz főként olajkitermelési, mosási és tisztítási folyamatokból származik. A keletkező szilárd hulladékok főként a pálma törzséből, leveléből áll, ezen kívül az ültetvényekről is származik hulladék ilyen az üres gyümölcsfűrt, pálmamaghéj és különböző rostok, amelyek a pálmaolaj őrlési folyamat melléktermékeként marad hátra.

A POME magas hőmérsékletű, savas és magas szintű szervesanyag tartalommal rendelkező szennyvíz, ebből adódóan károsítja a vizek ökoszisztémáját. Legnépszerűbb formája erőforrásként hasznosítva, ha anaerob folyamatok révén biogázt vagy műtrágyát állítanak elő belőle.

Fizikai-kémiai és biológiai folyamatokkal különféle erőforrás nyerhetőek vissza a pálmaolaj hulladékból pl: aktív szén, bioolaj, bioszén, biohidrogén. A hidrogén azért fontos

alapanyag, mivel rendkívül tiszta járművek üzemanyagaként felhasználva és villamosenergia termeléshez is hasznosítható.

Malajziában a hatalmas mennyiségű biomassza maradékot, papír és cellulóz iparban használják, mint papírtermékek vagy bútorok gyártásához, ezek főként a pálmafa törzséből előállított termékek (Ong és társai, 2021).

2. *Kókuszolaj*

A kókuszdió, a kókuszpálma (*Cocos nucifera*) ehető termése, a pálmafélék (*Arecaceae*) családjába tartozó fa. A kókuszdió valószínűleg Indo-Malajziából származik, és a trópusok egyik legfontosabb növénye. A kókuszhus magas zsírtartalmú, szárítható vagy frissen fogyasztható, emellett kókusztejlévé vagy kókuszolajjá dolgozható fel.

Egyetlen kókuszpálma évente 100 kókuszdiót képes adni, és a gyümölcsnek egy évre van szüksége a teljes beéréshez. Az érett, tojásdad vagy ellipszoid alakú, 300–450 mm hosszú és 150–200 mm átmérőjű kókuszdió vastag rostos héj veszi körül, amiben egyetlen dió található. (Internet 2).

2.1. *Kókuszolaj kinyerése*

A kókuszolaj kinyerése történhet száraz úton vagy nedves úton, az előbbi a legelterjedtebb alkalmazási módszer. A napon történő szárítás kb. 6-8 napon keresztül tart, míg a közvetlen tűzzel való szárítás során a kókuszdiót bambuszlevélre helyezik, ahol a hőt a kókusz külső héjának elégetése biztosítja. Ezen kívül forró levegős eljárást is alkalmaznak, amit egy szárítóberendezésben végeznek és aminek az alját acéllemezekkel látják el, hogy a gyümölcs húsa ne érintkezzen a folyamat alatt generált füsttel.

Itt szintén a kókusz héját használják tüzelőanyagként. A folyamat célja, hogy a mag összezsugorodjon, ezáltal elváljon a héjától. Az így kapott koprának a felületét növelik pelyhesítéssel, majd 115°C-on 20 percig főzik, végül az olajleválasztóban kisajtolják a kókuszolajat. (Lima és társai, 2019).

Nedves úton történő feldolgozáskor közvetlenül a kókusztejből vonják ki a tejszínt. Ennek az eljárásnak a során nem használnak kémiai- vagy hőkezelést, hanem a tejszínemulziót bontják meg. Az így kapott olaj minősége kiváló, ezt szűz kókuszolajnak (VCO - Virgin Coconut Oil) nevezik, mivel kémiai finomítás nélkül nyerik ki. A szűz kókuszolajra jellemző a magas szterol, polifenol és E-vitamin tartalom. (Marina és társai, 2009).

Alapjában véve kétféle kókuszolaj létezik a RBDCO (refined, bleached, and deodorized copra oil) amely finomított, fehérített és szagtalanított kopraolaj jelent és a másik fajta a szűz kókuszolaj (VCO). Mindkettő hasonló zsírsav- és triglicerid profillal rendelkezik (Lima és társai, 2019).

2.2. *Élelmiszerkémiai jellemzői*

A mindennapi életben az olaj megnevezést használjuk, de valójában zsírról beszélünk, mivel nagyrészt 92%-ban telített zsírsavakból áll, amelyek 62 %-a 8 és 12 szénatomszámú zsírsavból áll.

A kókuszolaj a laurikus zsírok csoportjába tartozik, mivel az fő zsírsav a laurinsav (12:0). Ebbe a csoportba tartozik a pálmamagolaj és a babasszu is. (Lima és társai, 2019).

A kókuszolajat teljesen hidrogénezett olajokkal kombinálva sokkal meredekebb olvadási profilt és magasabb szilárdzsír tartalmat eredményez 10 és 20 ° C-on. Ezáltal pálmaolajjal keverve jó alapként szolgál édesipari felhasználáshoz (Hinrichsen, 2016).

3. *Repceolaj*

A világon az egyik legfontosabb olajos magvak közé tartozik a repce (Canola). Maga a név a „Kanada” és az „ola” szavakból jött létre, aminek a jelentése olaj. A kanadai tudósok az élelmiszeripari repcenövényt keresztezéssel fejlesztették ki, aminek a segítségével eltávolították a glükoszínolátok és az erukasav nevű mérgező vegyületeket.

A Canola külseje megegyezik a repcével, de más tápanyagokat tartalmaz és az olaja fogyasztása biztonságos.

A repceolaj gyártás hatalmas növekedéshez vezetett, amióta a nemesítők különböző fajtákat fejlesztettek ki, ezáltal növelve a növény magminőségét és jobb terméshozamot értek el. A legtöbb repce genetikailag módosított, ezáltal javítva az olaj minőségén, valamint növeli a növény toleranciáját a gyomirtószerekkel szemben. A genetikailag módított repce az Egyesült Államokban jelenleg az ültetvényeken 95%-ban van jelen. (Geng, 2021)

Fontos különbséget tenni, a repceolaj két fő típusa között: az iparit a vegyipar és az autópár alkalmazza üzemanyagként, míg a hagyományos élelmiszeripari minőségű olajat főzésre, sütésre használják. A kétfajta genetikai felépítésben és erukasavtartalomban különbözik egymástól, amely nagyobb mennyiségben történő fogyasztásnál egészségre káros hatással bír. A repceolaj kizárólag 2%-os erukasavtartalommal rendelkezhet, emellett meg kell felelnie a nemzetközileg kiszabott szabványoknak. (Davidson, 2019).

A repceolaj autooxidációra hajlamos, mivel sok linolénsavat tartalmaz. Hidrogénezés hatására nő a stabilitása és az olvadáspontja, így a kókuszolajhoz hasonló lesz. A 2%-os erukasavtartalmú olaj mellett, kifejlesztették a „dupla nullás” fajtákat, amelynél sikerült még alacsonyabb savtartalom szintet elérni. (Csapó, 2021)

4. Napraforgóolaj

A napraforgóolajat a (*Helianthus annuus* L. Crude) növény magjából nyerik, világos borostyán színű. Az olajat finomítják, amely halványsárga színt kölcsönöz neki, íze jellegzetes, nem kellemetlen ízű és illatú. Ezt a tulajdonságát szagtalanítással távolítják el. Maga a nyersolaj tartalmaz némi foszfatidot és nyálkás anyagokat.

Hagyományosan a napraforgóolajat kémiaiilag finomítják, de újabb információ szerint fizikai finomítás sikeresen elvégezhető. A fizikai finomítás előnyei, hogy alacsonyabb költségekkel is elvégezhető a művelet és kisebb környezetterheléssel jár (O'Brien, 2009).

A napraforgó őshonos észak-amerikai növény, mely magas olajtartalommal rendelkezik, nem génmódosított növény. Viszont léteznek olyan génmódosított hibrid magok, amelyek elültetés után, nagyobb terméshozamot eredményeznek, illetve a növény a környezeti hatásokkal szemben ellenállóbb lesz. Európa hatalmas napraforgó termesztő kontinens,

viszont az EU csak és kizárólag GMO mentes vetőmagok használatát engedélyezi. (Internet 3).

5. *Pálmaolaj kiváltásának lehetőségei*

A pálmaolaj olcsó előállítási költségekkel rendelkezik, emellett a termésből kétféle olaj is kinyerhető a pálmaolaj és a pálmamagolaj, amelyek felhasználhatóak. Rendkívül jó tulajdonságokkal rendelkező olajról van szó, ami nemcsak élelmiszerekben, hanem szappanokban, kozmetikai termékekben például rúzsban vagy samponban is használható, mivel segít növelni a termék viszkozitását. Bár az állati zsiradék is rendelkezik ezzel a minőséggel, de az előállításuk sokkal drágább. (Spinks, 2014).

Az elmúlt néhány évtizedben a pálmaolaj a világ egyik legfontosabb és legkeresettebb étkezési olajává vált. A pálmaolaj fontos szerepet játszott a részben hidrogénezett olajok helyettesítésében, mivel szobahőmérsékleten szilárd, és frakciói funkcionális olvadási profilok széles skáláját biztosítják.

Számos országban törvény korlátozza a transzzsírsavak szintjét az élelmiszerekben, mivel a részben hidrogénezett olajok, nagyobb mennyiségben való fogyasztása esetén, szív- és érrendszeri betegségek kialakulásához vezetnek. Emiatt ezeket a részben vagy teljesen hidrogénezett zsírokat, pálmaolaj vagy pálmamagolaj alapú termékek váltják fel.

A pálmaolaj-mentes élelmiszerek iránt évek óta van kereslet, ez főleg a nyugat-európai piacon érezhető a hatása.

Több olyan alternatívát fejlesztettek ki a speciális olaj-és zsír fejlesztésekkel foglalkozó kutatócsoportok, amelyek különböző olajokon, teljesen hidrogénezett zsírokon és egzotikus zsírokon alapulnak.

A pálmaolaj helyettesítésének egyik legjobb alternatívája a folyékony olajok, ilyen például a repce, napraforgóolaj vagy akár a szójababolaj használata. A teljes állapotukat tekintve nem képesek, minden pálmafrakciót helyettesíteni, különböző termékekben. A legtöbb olaj lényegesen alacsonyabb telített zsírsavakat tartalmaz, a többszörösen telítetlen zsírsav tartalmuk magasabb, mint a pálmaolajé. Ez egyrészt pozitív hatással van az emberi szervezet egészségére nézve, másrészt az oxidatív lebomlása tekintetében alacsonyabb stabilitású.

A hagyományos repce- és napraforgóolajok többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdagok, ezért sütés közben viszonylag gyorsan oxidálódnak. Az oxidáció során bomlástermékek (aldehidek) keletkeznek, amelyek egészségre károsak is lehetnek.

A magas olajsavtartalmú napraforgó vagy repceolaj egyaránt jó megoldás, a pálmaolaj helyettesítésére sütés közben (Hinrichsen, 2016).

5.1. Hidrogénezett alternatívák

A hidrogénezett olaj egyfajta zsír, amelyet az élelmiszergyártók használnak az élelmiszerek hosszabb ideig történő tartósítására. A hidrogénezés az a folyamat, amellyel a gyártók hidrogént adnak folyékony zsírokhoz, például növényi olajokhoz, hogy azokat szobahőmérsékleten szilárd zsírokká alakítsák. Kétféle hidrogénezett olaj létezik:

- részben hidrogénezett (transzzsír)
- teljesen hidrogénezett

A teljesen hidrogénezett olajok előállításakor, olyan eljárást alkalmaznak, amelynek a segítségével a folyékony olajokat szobahőmérsékleten szilárd anyagokká alakítják. Ahogy a neve is sugallja, ez az olaj teljesen vagy majdnem teljesen hidrogénezett, aminek köszönhetően csökkenti a transzzsírok mennyiségét a végtermékekben.

A FDA (U.S. Food & Drug Administration) 2020-ban kiadott egy tanúsítványt, amely kijelenti, hogy biztonságosan használható a teljesen hidrogénezett repceolaj az élelmiszerekben. (Fletcher, 2021).

A hidrogénezés során változik a transzzsírsavak szintje, teljes hidrogénezéskor a zsír nem tartalmaz számottevő transzzsírsavakat, valamint telítetlen zsírsavakat sem. A teljesen hidrogénezett zsírokat nézve, (ez alól kivételt képez a laurikus zsírok) a magas olvadáspont jellemzi, ami jellemzően 50°C feletti. Ebből kifolyólag kellemetlen érzékszervi benyomást okoz, mert a szilárd halmazállapotát testhőmérsékleten is megtartja.

A legjobb eredményt úgy tudjuk elérni, ha a teljesen hidrogénezett olajat, összekeverjük és átészterezzük különféle nem hidrogénezett olajokkal. Ebben a formában már a legtöbb élelmiszeripari termékhez hozzáadható, hogy érzékszervi szempontból elfogadható végterméket kapjunk.

Ha a teljesen hidrogénezett olajokhoz, folyékony olajokat például repce, napraforgó vagy szójaolajat kevernek, egy jó sütőzsír keveréket lehet előállítani. A pálmaolajnál alacsonyabb olvadási profillal rendelkezik, kis hőmérsékleten. Azonban 20 és 40° C közötti hőmérséklet tartományban az olvadási profilja nagyban hasonlít a pálmaolajéhoz.

Egy másik lehetőség, ha a hidrogénezett folyékony olajat, összekevernek laurinsav tartalmú zsírral, erre megfelelő a kókuszolaj. Ezeknek a kombinációjával, 10 és 20°C-on sokkal meredekebb olvadási profilt és magasabb szilárd zsírtartalmat lehet elérni. Negatívumként felmerül, hogy a kókuszolaj és a teljesen hidrogénezett folyékony olajok keveréke, lényegesen magasabb telített zsírsavakat tartalmaz, mint a pálmaolaj, ami egyes fogyasztók számára kivetnivalót jelent.

A teljesen hidrogénezett olajok és folyékony olajok keverékei, a sütőiparban vagy margaringyártás során, sikeresen megállja a helyét, hiszen még a pálmaolajnál is alacsonyabb telített zsírsavtartalommal rendelkezik. Ugyanakkor fontos szempont a megfelelő olaj keverékek kiválasztása, a pálmaolaj helyettesítése esetén. (Hinrichsen, 2016).

A pálmazsír kiváltása során, a megfelelő alternatívák kiválasztásakor figyelembe kell venni a zsírsav- összetételt. A pálmazsír 44-45% palmitinsavból, 39-40% olajsavból és 10-11% linolsavból áll. Fontos tulajdonság, hogy az alternatíváknak az olvadáspontja közel álljon a pálmáéhoz, ami 33,8-39,1°C között van, ez egy viszonylag elég magas olvadáspont.

Ezenkívül a szilárd zsírtartalomra (SFC) is figyelni kell a pálmazsír kiváltása során. Az SFC befolyásolja, hogy adott olaj vagy zsír mennyire alkalmas, használható egy adott termék alapanyagának. Néhány példa a pálma szilárd zsírtartalmára:

- 15 °C-on 21 % SFC
- 20 °C-on 11 % SFC
- 25 °C-on 8,6 % SFC

(Internet 4)

III. Kutatás bemutatása

1. Anyagok

A munkám során felhasznált alapanyagok, nagy része kereskedelmi forgalomban kaphatóak, ideértve a kókuszszírt, napraforgóolajat és a pálmazsírt. Kivételt képez a teljes mértékben hidrogénezett repcezsír, amelyet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem biztosított számomra.

A minta előkészítése a zsírok kikeverésével, majd azok megfelelő hőmérsékletre történő beállításával kezdődött. A zsírokat 3 hőmérsékleti tartományban vizsgáltam:

- laboratóriumi hőmérsékleten: 21°C
- 25-26 °C
- 15-16 °C

Az első zsírkeverékem hidrogénezett repceből és kereskedelmi forgalomban kapható napraforgóolajból áll 35% és 65%-os keverési arányában. Mivel a hidrogénezett repce állaga masszív, szinte vágni lehetett, így annak felolvasztásával kezdtem, amit főzőlapon kiviteleztem, főzőpohárban melegítettem.

A második zsírkeverékem 95% hidrogénezett repceből és 5% kókuszszírból áll. Mivel a kókuszszír olvadáspontja 24°C felett van, így itt is szükség volt melegítésre, ahhoz, hogy a zsírkeveréket homogén állagúra tudjuk elkeverni.

Végül az utolsó vizsgált anyag a 100% pálmaolaj (pálmaolein, finomított, nem hidrogénezett) volt, ami referencia anyagot szolgált és ehhez viszonyítva, végeztem el a méréseket. A hűtő-fűtő termosztát segítségével állítottam be a kívánt hőmérsékletre a zsírkeverékeket, illetve rövid időre hűtőszekrénybe helyezve értem el a gyorsabb dermedést a zsíroknál.

Homolya (2021) munkájában hidrogénezett repce-és napraforgóolaj különböző arányú keverékeit vizsgálta, mint lehetséges pálmazsír helyettesítő. Vizsgálataiban oszcillációs reométer segítségével tesztelte a mintákat különböző mérési módokban. Megállapította, hogy a 35-65% arányú keverék folyásgörbéje hasonlóságot mutat a pálmazsírrel, ezért munkámban ezt a keveréket vizsgáltam tovább annak megállapítására, hogy az állományjellemzőkben és a termikus viselkedésben is fellelhető-e valamiféle hasonlóság.

2. Módszerek

2.1. Állománymérés

A méréseim során a Stable Micro System TA-XT2i (SMS) szerkezetvizsgáló készüléket használtam, amely az 1 ábrán látható, ez állománymérésre szolgáló készülék.



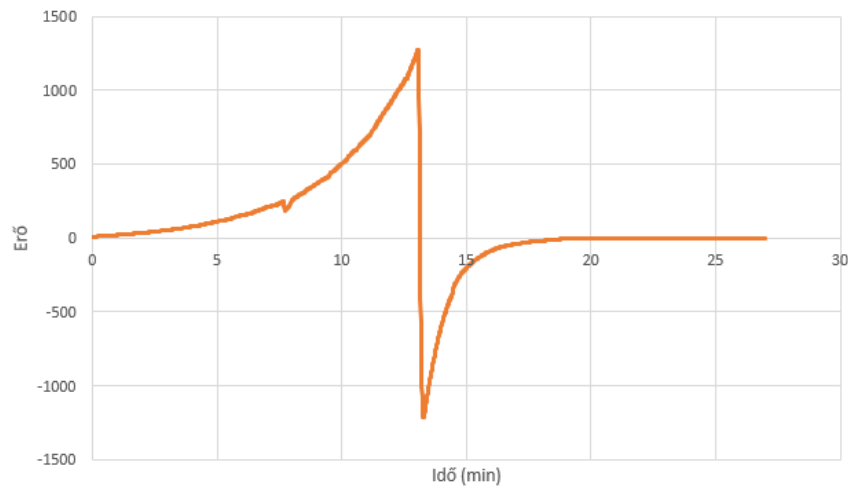
1. ábra: SMS TA-XT2i szerkezetvizsgáló

A készülék terhelőoszlopán található egy mérőfej, amely fel és lefelé mozog, illetve cserélhető, ez függ a vizsgált anyagtól és a mérés céljától. A mérőcella a mérőfejben található, ami megszabja a maximális erőt. Penetráció mérése során, a kúpos fejjel végeztem a méréseket, ami 1 mm/s sebességgel mozgott lefelé. A vizsgálandó anyagomat a fej alá elhelyezhető, alaplapon lévő tégelybe töltöttem, a mintaelőkészítés után. A mintaelőkészítést a fentebb leírtak alapján végeztem el és mintánként 5 párhuzamos mérést végeztem. A mérőfej lefelé mozduláskor, amint eléri a mintát elkezd deformálni. Az anyagba való behatolásnál 80%-ot állítottunk be, mivel teljes behatolásnál, a különböző vizsgált zsírok, a mérőfej kiszorított a tégelyből, ez mérési hibához vezetett. A szerkezetvizsgáló számítógéphez van csatlakoztatva, és a méréshez tartozik egy szoftver, ahol beállítható a mérőfej elmozdulása, deformálási erő és sebessége.

A mérési paramétereket a szoftveren a konzulensem adta meg:

- A mérőfej sebessége mielőtt a mintához ért volna (pre test speed): 3 mm/s
- A mérőfej sebessége a mintában (test speed): 1 mm/s
- A mérőfej sebessége (post test speed): 3 mm/s
- Anyagba behatolás távolsága (distance): 80 %
- Triggererő (trigger force): 0,098 N

A mérés végeztével a szoftver egy görbét rajzol fel a vizsgált minta alapján. A 2. ábra az általam mért pálmaolaj görbáját mutatja az idő és az erő függvényében.



2. ábra: A pálmazsír SMS készülék által felvett görbéje

2.2. Kalorimetriás vizsgálat differenciális pásztázó módszerrel

A kalorimetriás vizsgálatokat a 2. ábrán látható DSC 3500 Sirius készülékkel végeztem. A DSC (Differential Scanning Calorimeter) készülék használata közben nem történik oxidáció, roncsolás emiatt alkalmas a zsírok gyors, precíz méréséhez.



3. ábra: DSC 3500 Sirius típusú kaloriméter

A kaloriméterben a mintánk és a referenciaanyag egyszerre kerül felfűtésre, valamint lehűtésre, melyek egy térben helyezkednek el és az előre beállított hőmérsékleti program alapján végzi a mérést.

A méréshez szükséges eszközök:

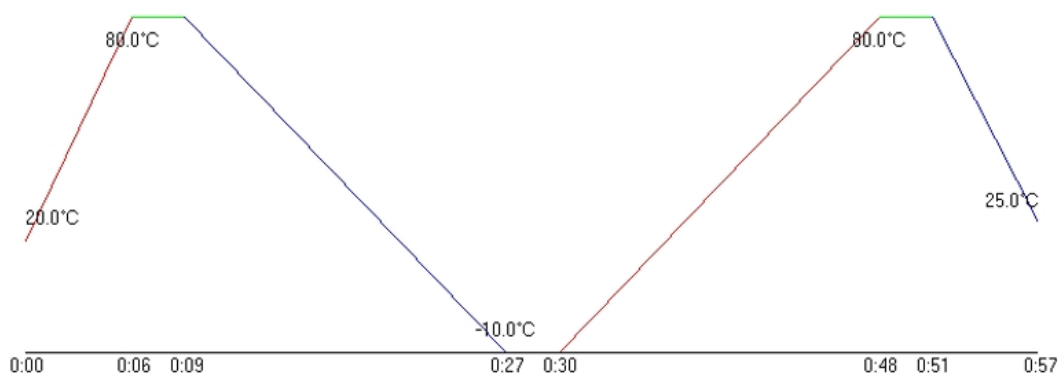
- DSC készülék
- analitikai mérleg
- számítógép
- alumínium mintatartó
- mintát préselő szerkezet
- csipesz

A mérés megkezdése előtt megnyitjuk a nitrogén palack zár részét, ennek segítségével történik a kaloriméter felfűtése. Az első mérés előtt referenciaként, megmértem az üres alumínium tartót. A mintatartóba 10-15 mg zsírkeveréket mértem bele, a mintát préselő szerkezettel, rápréseltem a tetejét, ez körülbelül 15 másodpercet vett igénybe, majd

elindítottam a mérést. Minden minta esetében 3x végeztem el ezt a folyamatot. A különböző minták mérése egészen 1 órán keresztül tartott.

A műszer által mért adatokat számítógépen rögzíti, először szobahőmérsékletre indulva 5 °C / perc alatt fűti fel 80°C-ra a mintát, majd 10 percig megtartja ezen a hőmérsékleten. A lehűtési szakaszban a vizsgált anyagot -20°C-ra hűti le 20 perc alatt, a mérés végeztével szobahőmérsékletre áll be.

A DSC készülék egy differenciális pásztázó kaloriméter, amely a mérések során, a segítségemre szolgált. Egy olyan termoanalitikai technika, amely során egy referencia és a vizsgálandó minta hőmérsékletét hasonlítjuk össze egy felülvizsgált hőmérséklet-tartományban. Ezt a meghatározott hőmérséklet-tartományt állandó sebességű fűtéssel és hűtéssel lehet elérni. A DSC mérés elve azon alapul, hogy azonos szinten tartjuk a vizsgálandó minta és a referencia anyag hőmérsékletét. Emellett a készülék a mérőcellák azonos hőmérsékleten tartásához szükséges hőáramot regisztrálja.

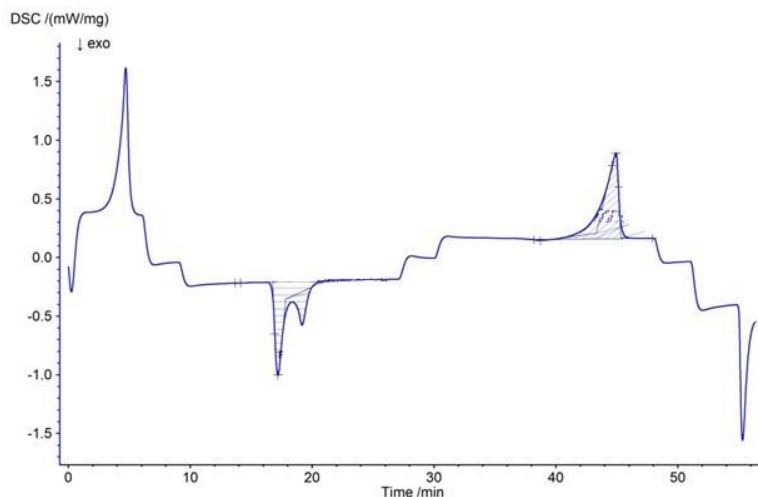


4. ábra: DSC felfűtési és lehűtési program

A 4. ábrán látható, ahogy a műszer szobahőmérsékletre 6-6,5 perc alatt +80°C-ra melegítette a mintákat, ez a felfűtési szakasz. Ezen a hőmérsékleten tartotta 4 percig, majd a lehűtési szakaszban, a mintát egészen -10°C alá hűtötte le 20 perc alatt. A 30. percben újra felfűtési szakasz következett, szintén 80°C-ra melegítette a mintákat a műszer, 20 perc alatt. Majd ezen a hőmérsékleten tartotta 3-4 percen keresztül. A mérés végeztével a labor

hőmérsékletre történő visszamelegedés következett, ahogy az ábrán látható a labor hőmérsékletre 25°C-ra melegedett. 1-1 vizsgált minták mérése kb.1 órát vett igénybe.

Jól alkalmazható a keverékek vizsgálatára a DSC módszer, mert a görbéken megkülönböztethetően jelennek meg a komponensekre vonatkozó olvadási csúcsok.



5. ábra: A teljes mértékben hidrogénezett repce és napraforgó olaj keverékének a DSC által felvett görbéje

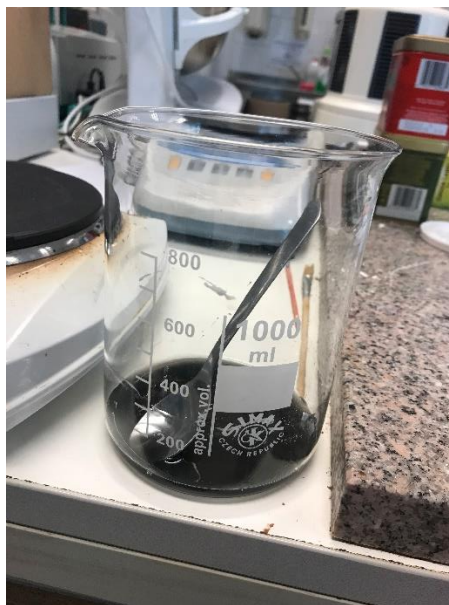
Az 5 ábra szemlélteti a zsírok kristályosodását és olvadását az idő és hőmérséklet függvényében. Az első csúcs a kristályosodás, amely vonallal van besatírozva, a második olvadási csúcsot jelenti. Az ábrán látható, hogy a repcének kristályosodás során 2 csúcsa van, amiatt tartottam fontosnak, hogy kiemeljem, mert ez a görbe hasonlít leginkább a pálmáéhoz, mivel a görbéjén szintén 2 csúcs helyezkedik el kristályosodáskor.

3. Eredmények és értékelésük

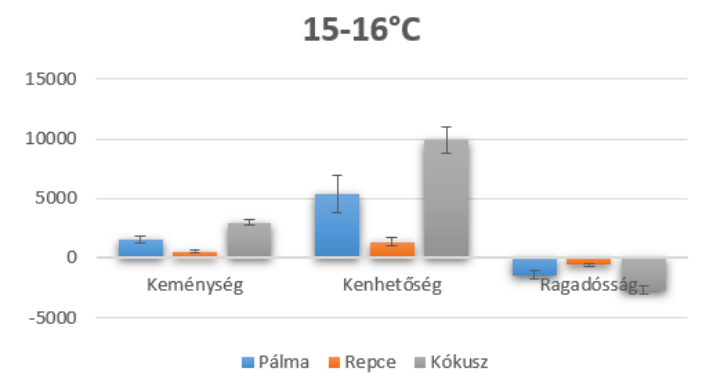
3.1 Pálmazsír és a zsírkeverékek állománybeli tulajdonságainak meghatározása

A mérésemet a Stable Micro System TA-XT2i (SMS) szerkezetvizsgáló készülékkel végeztem, amelynek a segítségével a zsírkeverékek és a referencia zsír, állományát vizsgáltam meg ezen belül a keménységét, kenhetőségét és a ragadósságát. A vizsgálat során kúp mérőfejet használtam, ami a penetrációs méréshez alkalmaznak, a lényege, hogy a mérőfej meghatározott sebességgel és idővel behatol a mintába.

A minták előkészítése alatt, ahhoz, hogy megfelelő hőmérsékletre állítsuk be a szobahőmérsékletű zsírokat, melegítésre volt szükség. Számomra a hidrogénezett repce tulajdonsága meglepő volt, mert szobahőmérsékleten szilárd állapotú és szürkés színe volt, majd melegítés után a színe feketévé változott.



6. ábra: Hidrogénezett repce melegítés után

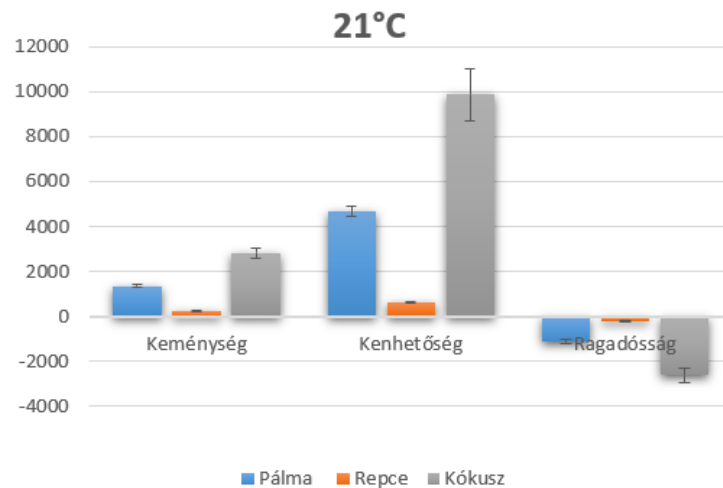


7.ábra: A pálmazsír, hidrogénezett repce és kókusz állományjellemzőinek 15-16°C hőmérsékleten

A 7. ábrán hidrogénezett repce keveréke napraforgóolajjal 35% és 65%-os keverési arányban és a pálmazsír látható 15-16 ° C-ban.

Amit érdemes kiemelni, hogy a hidrogénezett repce szórása ragadósság szempontjából, kisebb, mint a pálmazsír. Viszont mind kenhetősége és keménysége jóval alul marad a pálmazsírhoz képest. Amely azért rossz tulajdonság, mivel a legtöbb terméket szobahőmérsékletnél alacsonyabb hőfokon tárolják, így a termék állaga nem tartaná meg az eredeti alakját. Emiatt a hidrogénezett repce keverék ezen a hőmérsékleten, nem tudja kiváltani a pálmazsírt.

A kókusz tulajdonságára az jellemző ezen az ábrán, hogy kenhetősége szempontjából a legmagasabb értékkel rendelkezik, tehát ezt a legnehezebb elkenni.

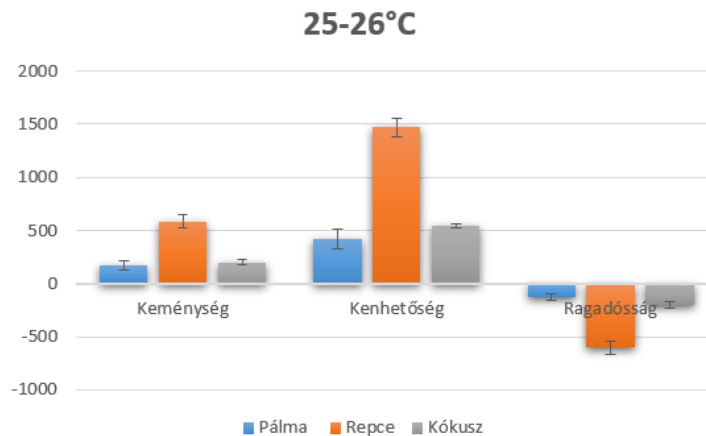


8.ábra: A pálmazsír, hidrogénezett repce és a kókuszszsír állományjellemzőinek 21°C hőmérsékleten

A pálmazsír, hidrogénezett repce napraforgóolajjal és a kókuszszsír (5%) hidrogénezett repceolajjal (95%) szórás ábrája látható 21° C-on a 8. ábrán. A repce keverék a 15-16°C-os méréshez képest, mind keménység és kenhetőség szempontjából, gyenge állománnyal rendelkezik, ahogy 21°C-on is. Ezáltal ez a keverék legkevésbé hasonlít a pálmazsír állományához

A kókuszszsír és hidrogénezett repce keverék, keménysége, nagyobb eltérést mutat a referencia anyaghoz képest. Kenhetősége alapján egy sokkal lágyabb zsírkeveréket láthatunk, mint a repce.

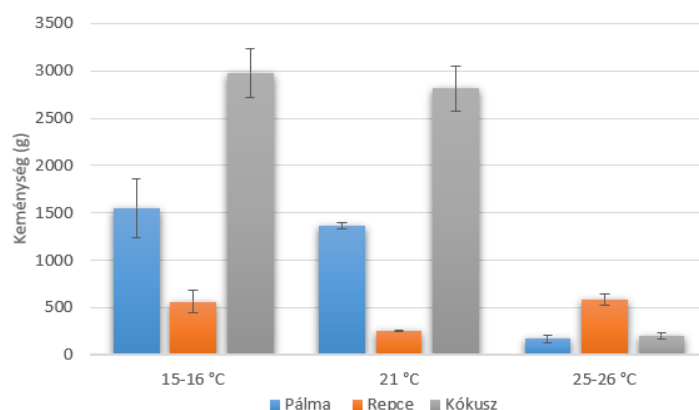
Számottevően nagy különbség van a kétféle zsírkeverék állománybeli tulajdonsága között, míg a repce egy masszívabb állományú, addig a kókusz sokkal lágyabb tulajdonsággal rendelkezik.



9. ábra: A pálmazsír és hidrogénezett repce és kókuszzsír állományjellemzőinek 25-26°C hőmérsékleten

A 9. ábrán 25-26°C-ban látható a zsírkeverékek és a pálmazsír állományjellemzői. Ha a keménységet nézzük, akkor a pálmához a legközelebb a kókusz áll. Ennél a hőmérsékletnél el lehet mondani, hogy a pálmazsírt a kókusz és a hidrogénezett repce keveréke ki tudja váltani.

Ami viszont meglepő, hogy a repce és napraforgó olaj keveréke, egy masszívabb állományt képvisel.



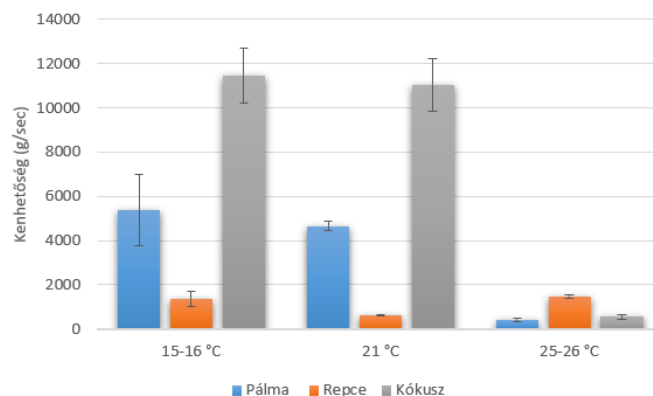
10. ábra: 3 féle zsír keménysége a 3 hőmérsékleti tartományban

Ahhoz, hogy jobban össze lehessen hasonlítani a pálmazsírt és a zsírkeverékek keménységét az adott hőmérsékleti tartományokban, egy diagrammon ábrázoltam őket, ez a 10. ábra mutatja.

Maga a pálmazsír rendkívül jó állománybeli tulajdonsággal rendelkezik, ezért nehéz olyan zsírkeveréket találni, ami ki tudná váltani. A diagrammon jól látható, a zsírok közötti eltérő állománybeli különbség. Ami viszont pozitívum, hogy a 25-26°C-on mért kókusz és hidrogénezett repce, keménysége szinte azonos. Emiatt ezen a hőmérsékleten jó alternatívának bizonyul ez a keverék.

A 15-16°C és 21°C-on a kiugróan magas kókusz-repce keverék keménységét, valószínűleg a rossz keverési arány okozhatja. Mivel tisztán a teljesen hidrogénezett repce szobahőmérsékleten, rettentően kemény, szinte vágható állaga van.

A repce esetén a puhulás nem lehetséges, azt a DSC görbék eredményei is megerősítik, itt valószínűleg mintaelőkészítési hiba történt, így a napraforgóolajban dúsabb frakció kerülhetett a mérőedénybe.

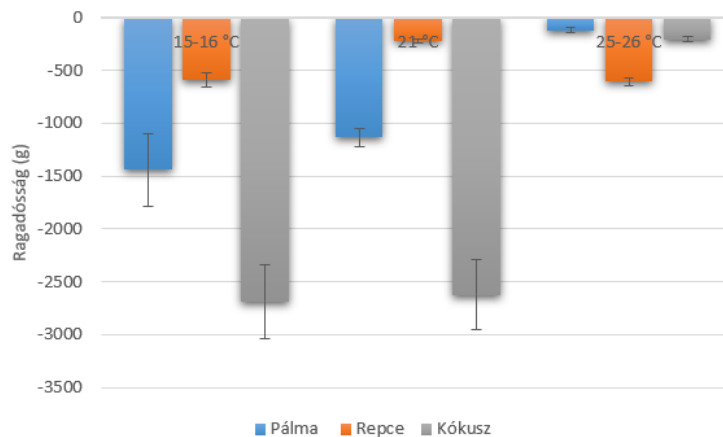


11.ábra: 3 féle zsír kenhetősége a 3 hőmérsékleti tartományban

A következő ábrán külön kiemeltem a zsírok kenhetőségét, amiről azt a következtetést vontam le, hogy minél keményebb egy zsír jelen esetben 21°C-on a kókusz zsírkeverék, annál nagyobb értéket mutat a kenhetősége szempontjából.

A repce 15-16°C és 21°C-on a leglágyabb, míg 25-26°C-on a másik 2 zsírhoz képest, szilárdabb állománnyal bír, tehát ezen a hőmérsékleten nehezebben kenhető.

Kenhetőség szempontjából, a kókusz zsírkeverék tudja hozni azt a viselkedést, amellyel a pálma rendelkezik, de ezt csak 25-26°C-os hőmérsékleti tartományban.



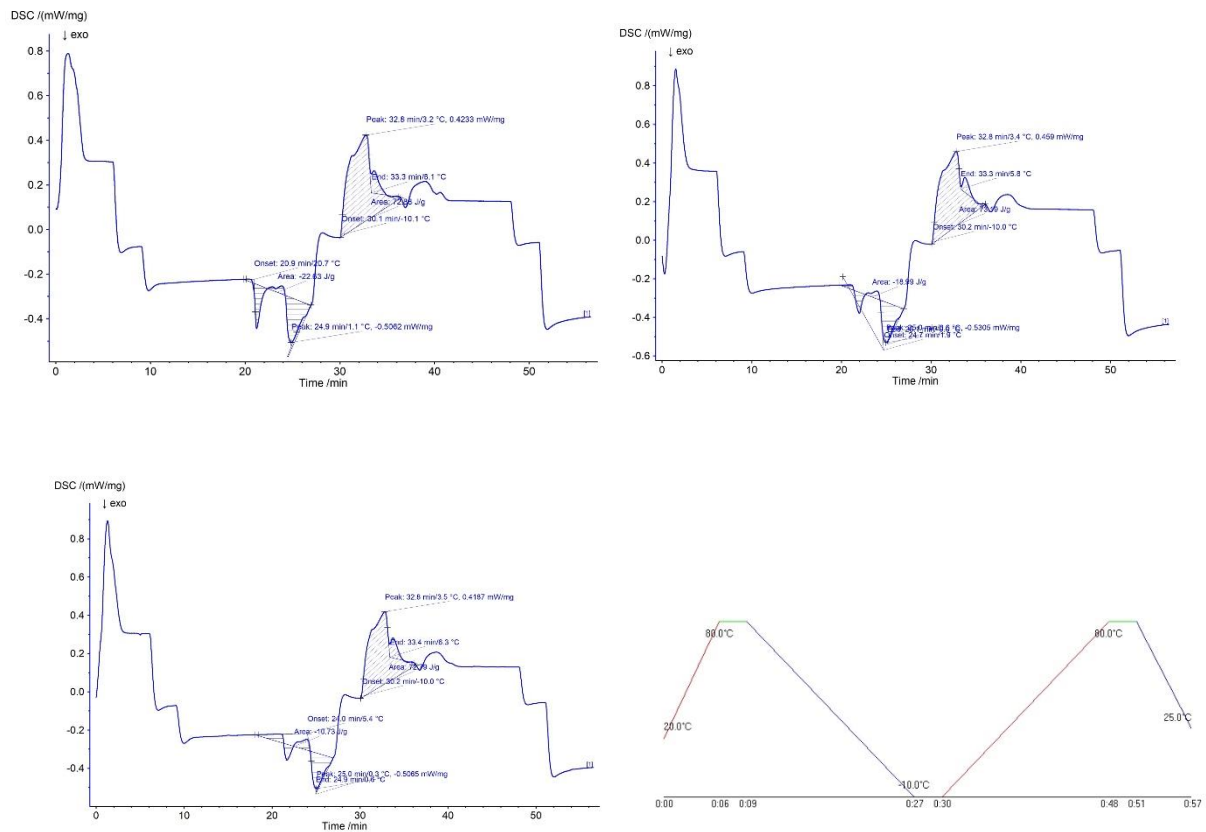
12. ábra: 3féle zsír ragadósága a 3 hőmérsékleti tartományban

A 12. ábra a zsírok ragadóságát mutatja be, 21 °C-on kókusz és hidrogénezett repce keverék, amely nagy kiugrással rendelkezik, minél lágyabb a minta annál jobban tapad a tengely felületéhez mérés során.

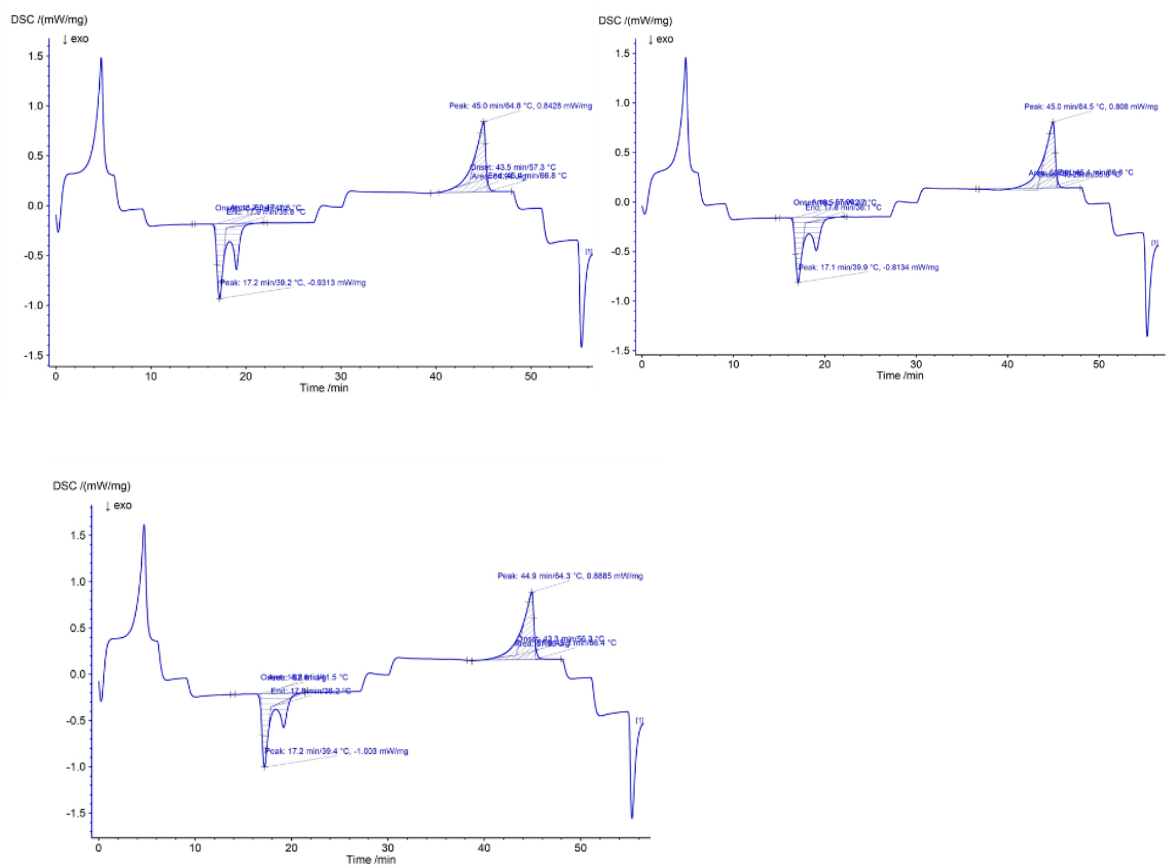
A pálma 15-16°C-on a legragadósabb, majd a hőmérséklet növelésével ez a tulajdonsága csökken. Ezen tulajdonsága alapján, a kókusz akár ki is válthatnát a pálmát, de ezt tulajdonságát csakis a 25-26°C-os hőmérsékleten lehet elérni.

3.2. Pálmazsír és zsírkeverékek kristályosodási és olvadási tulajdonságainak meghatározása

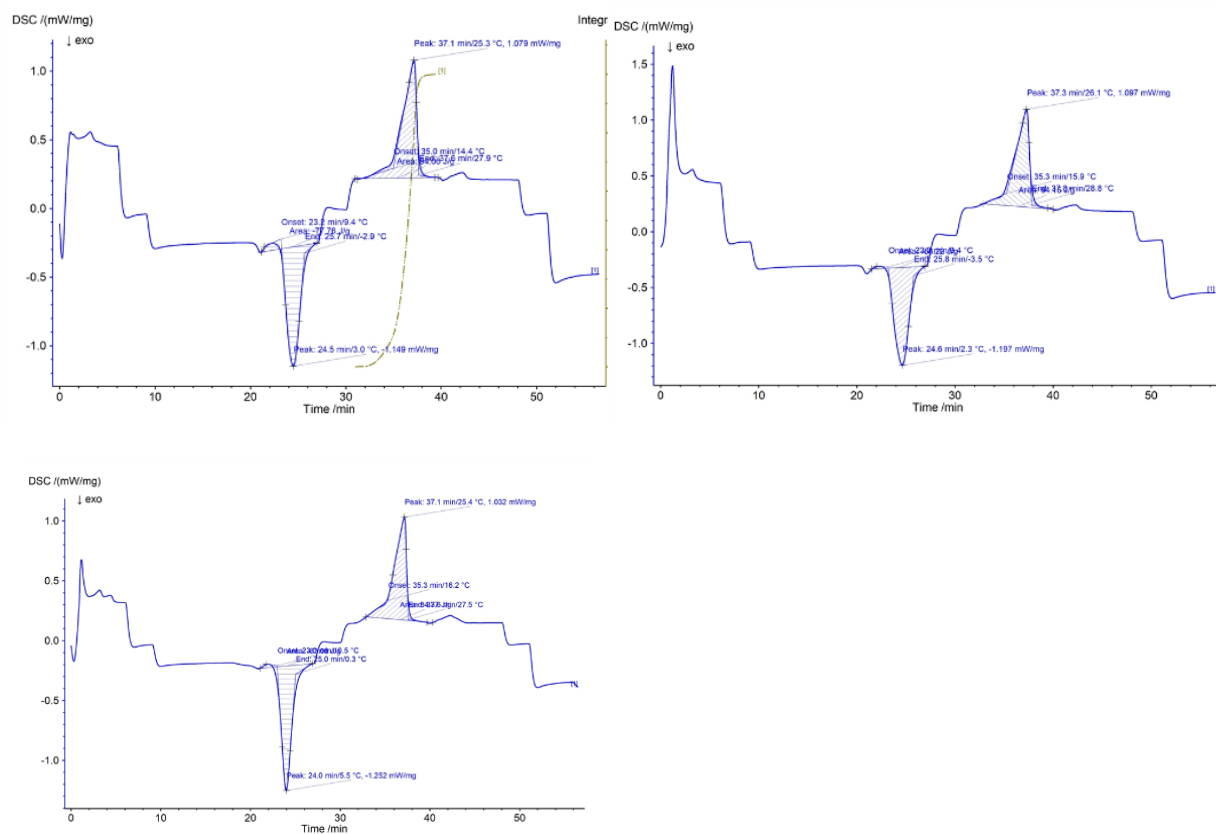
A DSC görbék lefutásának elemzéséhez a pálma görbéjéhez hasonlítottam a zsírkeverékeket. A hőmérsékletprofil időbeli lefutásának tanulmányozása lehetővé teszi az összefüggések megértését.



13. ábra: Pálma minták DSC görbéje és a DSC felfűtési és lehűtési program



14. ábra: Repce minták DSC görbéje



15. ábra: A kókusz minták DSC görbéje

A zsírok eredeti kristályszerkezetének törléséhez a mintákat gyorsan 80°C-ra melegítettük és ezen a hőmérsékleten is tartottuk a kristályok teljes felolvadásának biztosítása érdekében. A 9 perctől indul a hűtés, ahol 5°C/percsebességgel -10°C-ra hűtöttük a mintát. A hőmérsékletprofil azt mutatja, hogy a hűtési szakasz a 27 percnél véget ér, ezt követi egy 3 perces izoterm szakasz. A hűntartás után. A 30. percben kezdődik a minták visszamelegítése 80°C-ra. A felmelegítés a 48. Percben ér véget, ezután újabb izoterm szakasz következik, mielőtt a kemencét a kiindulási hőmérsékletre hűtjük vissza.

Ezek alapján elmondható, hogy a pálma kristályosodása nem fejeződött be a -10°C eléréséig, így nincs végső alapvonal, ezért a kristályosodási adatok bizonytalanok. Ugyanez a helyzet a kókusznál is a kristályosodás éppen csak befejeződik, amikor a kezdődik a visszamelegítés.

A pálma esetében, kristályosodáskor két kissé összeolvadó csúcs látható, ami abból adódhat, hogy a vizsgált pálmaolajban kétféle frakció lehetett, nem tisztán olein. Hasonló jelenséget okozhat a polimorfizmus is, de pálmaolajra ez kevésbé jellemző. Az olvadási csúcsonál is két komponens összeolvadása figyelhető meg a görbén, ez is az előbbieket támasztja alá.

A kókusz minták kristályosodási csúcsa 24 perc körül jelentkezik, ami hasonlít a pálma kristályosodásánál látott második csúcs helyzetéhez. Olvadási csúcsa azonban közelebb esik a 40 perchez, tehát kissé jobbra tolódik a pálmaolajhoz képest.

A repce kristályosodási csúcsai közül a második komponens lecsengése némi átfedést mutat a pálma kristályosodásának kezdetével. Olvadási csúcsa azonban lényegesen jobbra tolódik, olvadási tulajdonságokban tehát nem várunk hasonlóságot.

Ha az egyes jelenségek kezdeti és véghőmérsékletét és a csúcserőkhöz kapcsolódó hőmérsékletet táblázatba foglaljuk, számszerűen is áttekinthetjük az egyes tartományokat, az összehasonlítás könnyebbé válik.

A következő táblázatokban bemutatom az általam mért pálma minták adatait kristályosodás és olvadásra.

Kristályosodás	1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	Szórás
Onset (kezdet) °C	10,7	1,9	5,4	6	4,430576
Peak (csúcs) °C	1,1	0,6	0,3	0,666667	0,404145
Offset (vég) °C	5,5	0	0,6	2,033333	3,017173
Area (entalpia) J/g	-22,63	-18,99	-10,73	-17,45	6,097639

16. ábra: Pálma kristályosodás

Olvadás	1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	Szórás
Onset (kezdet) °C	-10,19	-10	-10	-10,0333	0,057735
Peak (csúcs) °C	3,2	3,4	3,5	3,366667	0,152753
Offset (vég) °C	6,1	5,8	6,3	6,066667	0,251661
Area (entalpia) J/g	72,88	73,19	72,79	72,95333	0,209841

17. ábra: Pálma olvadása

A pálma kristályosodási tartományát nézve, a három mérést összehasonlítva szintén kitűnik a bizonytalanság. Az első görbe eredménye nem is hasonlít a másik kettőére, mind az onset (20,7!!!) mind az offset hőmérséklet lényegesen magasabb. Az értékelés során az alapvonalakat tehát nem sikerült egyértelműen meghatároznunk.

Az olvadás eredményei is bizonyítják, hogy a kristályosodás -10°C-on, ahogyan azt a DSC görbék elemzésénél megállapíthattuk még nem fejeződött be, hiszen az olvadás kezdő hőmérséklete a táblázatban is láthatóan szintén -10°C.

A következő táblázatokban bemutatom az általam mért kókusz minták adatait kristályosodás és olvadásra.

Kristályosodás	1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	Szórás
Onset (kezdet) °C	9,4	9,4	10,5	9,766667	0,635085
Peak (csúcs) °C	3	2,3	5,5	3,6	1,68226
Offset (vég) °C	-2,9	-3,5	0,3	-2,03333	2,042874
Area (entalpia) J/g	-77,76	-88,22	-83,08	-83,02	5,230258

18. ábra: Kókusz kristályosodása

Olvasás	1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	Szórás
Onset (kezdet) °C	14,4	15,9	16,2	15,5	0,964365
Peak (csúcs) °C	25,3	26,1	25,4	25,6	0,43589
Offset (vég) °C	27,9	28,8	27,5	28,06667	0,665833
Area (entalpia) J/g	94,06	94,15	84,37	90,86	5,620685

19. ábra: Kókusz olvadása

Kókusz zsír esetén a kristályosodási tartomány szintén alacsony hőmérsékleten figyelhető meg, a véghőmérsékletek bizonytalansága szintén arra utal, hogy a kristályosodás után az alapvonalat már nem sikerült egyértelműen meghatározni.

Az olvasási tartomány 15,5-28 °C között van, a zsír nagy része 25,3°C már felolvad (peak átlag). Ez magyarázza az állományméréseknél látott változásokat: 16 és 21 fokon az állomány alig változott, 25 fokon viszont a keménység drasztikus csökkenését figyelhetjük meg.

A következő táblázatokban bemutatom az általam mért repce minták adatait kristályosodás és olvadásra.

Kristályosodás	1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	Szórás
Onset (kezdet) °C	41,6	42,7	41,5	41,93333	0,665833
Peak (csúcs) °C	39,2	39,9	39,4	39,5	0,360555
Offset (vég) °C	35,8	36,1	36,2	36,03333	0,208167
Area (entalpia) J/g	-60,47	-57,96	-62,61	-60,3467	2,327452

20. ábra: Repce kristályosodása

Olvadás	1. mérés	2. mérés	3. mérés	Átlag	Szórás
Onset (kezdet) °C	57,3	55,8	56,3	56,46667	0,763763
Peak (csúcs) °C	64,8	64,5	64,3	64,53333	0,251661
Offset (vég) °C	66,8	66,8	66,4	66,66667	0,23094
Area (entalpia) J/g	64,94	58,69	67,96	63,86333	4,727857

21. ábra: Repce olvadása

A repce kristályosodási és olvadási tartománya lényegesen magasabb a pálmáénál. A DSC görbéknél felfedezni vélt átfedést a kristályosodási tartományban a számszerű adatok nem támasztják alá. Az állományjellemzőknél megfigyelt csekély változást a repce keverék esetében, azonban a termikus viselkedése jól alátámasztja. A vizsgált hőmérsékleten ez a zsír kristályos állapotban volt, ami stabil szerkezetet biztosít.

Összességében elmondható tehát, hogy termikus viselkedését tekintve a kókusz-repce keverék közelebb áll az általunk vizsgált pálmaolajhoz, mint a repce-napraforgó keverék.

IV. Következtetés és javaslatok

A szakdolgozatom témája a lehetséges pálmazsír helyettesítők állományának és termikus viselkedésének a vizsgálata volt. A vizsgált zsírkeverékek kiválasztása, amelyek akár kiválthatnák a pálmazsírt, nem egy egyszerű feladat.

A SMS állománymérővel vizsgált referencia zsír a pálmazsír, és alternatív zsírkeverékek, jelen esetben hidrogénezett repce (35%) napraforgóolajjal (65%) valamint a kókuszzsír (5%) hidrogénezett repce (95%). A 8. ábra jól szemlélteti, hogy nehéz olyan alternatívákat találni, amely a pálmazsír fizikai tulajdonságát el tudná érni.

Mindenképpen szükség lenne külön-külön DSC vizsgálatot futtatni tisztán kókuszolajra, teljesen hidrogénezett repcére és a napraforgóolajra is. Erre azért lenne szükség, hogy megállapíthassuk a keverék tulajdonságait, melyik saját komponensre hasonlít, így nagy valószínűséggel közelebb kerülhetnénk a célnak megfelelő zsírkeverék kialakításához.

Úgy gondolom, hogy más keverési arányban a hidrogénezett repce és a napraforgóolaj keverékének az állománya javítható, ezeket újabb mérésekkel finomítani lehetne. Negatívumként megemlíteném, hogy hidrogénezett repce szürkés színe miatt, nem a legjobb élelmiszeripari alapanyag, így a cukrászat valószínűleg nem alkalmazná.

Lehetségesnek tartom, hogy a napraforgóolajat szilárdítani, a hidrogénezett repcét ez esetben lágyítani kell, hogy a pálma tulajdonságaihoz közelebb kerüljünk.

V. Összefoglalás

A szakdolgozatom elsődleges célja a pálmaolaj lehetséges helyettesítése különböző olajok és zsírok formájában és azok eredményeinek feltárása és elemzése volt. Fontosnak tartottam beszámolni a pálmaolaj élelmiszeriparban betöltött szerepéről mind a fizikai és kémiai tulajdonságáról, ami miatt előszeretettel alkalmazzák a termékek előállítói alapanyagként. Bemutattam a lehetséges helyettesítő olajokat és zsírokat, amelyeket a méréseim során használtam, amelyek akár ki is válthatnák a pálmazsírt.

A mérésem során a pálmazsír a referencia anyag és ehhez viszonyítva, vizsgáltam meg a különböző zsírok keverékeit. A kókuszzsír mellett a hidrogénezett repceolaj és a kereskedelmi forgalomban kapható napraforgóolajat használtam fel. Az SMS állománymérővel a zsírkeverékek keménységét, kenhetőségét és a ragadósságát figyeltem meg elsősorban. Mindenképpen olyan alternatívát kerestem, amellyel esetleg kiváltható a pálmazsír.

A SMS által végzett állománymérés során, különböző hőmérsékleten végeztem el a méréseket. A kapott adatok alapján, mind a keménység, kenhetőség és ragadósság alapján, megoszló eredmények születtek. A zsírkeverékek a pálmazsírhoz képest, nagymértékű szórást mutatnak, amely azt jelenti, hogy a lehetséges zsírkeverékek, amikkel én dolgoztam még nem a megfelelő arányban vannak, ezeken még finomítani kellene és további vizsgálatokat elvégezni. Arra következtetésre jutottam, hogy a 35-65%-os teljes mértékben hidrogénezett repceolaj és napraforgóolaj, ami a leginkább hasonlít a pálmazsír tulajdonságához. Ennek a keveréknek az arányával, lehetne még dolgozni és beállítani a megfelelő keverési arányt.

A differenciális pásztázó kaloriméter (DSC) segítségével a zsírok kristályosodási és olvadási tulajdonságát hasonlítottam össze. A kókusz-repce zsírkeverék termikus viselkedése, nagyon eltérő volt a pálmazsíréhoz képest, így azzal a keverékkel dolgozni, nem bizonyult eredményesnek. A repce-napraforgóolaj keverék, amely leginkább hozta a pálmazsír tulajdonságát, de ahogy említettem a SMS mérésnél, szükséges további finomítás a megfelelő pálmazsír helyettesítők eléréséhez.

A kísérleti eredmények összegzésével, megállapítottam, hogy jelenleg a pálmazsír helyettesítésére nincs lehetőség, azokkal a lehetséges pálmazsír helyettesítőkkel, amikkel dolgoztam, a kívánt eredményt nem tudtam elérni. A zsírkeverékek termikus viselkedése

nem, viszont a textúrája, ami hasonlított leginkább a pálmazsíréhoz. További lehetőségként a repce-napraforgóolaj keverék százalékos összetevőjén, lehetne változtatni és azokkal újabb vizsgálatokat elvégezni.

Felhasznált irodalom

1. Tutervai K. (2016): Láthatatlan társunk – a pálmaolaj, Széchenyi István Egyetem, 4-13 o.
<https://docplayer.hu/23214183-Szakdolgozat-lathatatlan-tarsunk-a-palmaolaj.html>
2. Poku K. (2002): Small Scale Palm Oil Processing in Africa FAO Agricultural Services Bulletin, 148. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
<https://www.fao.org/3/Y4355E/y4355e03.htm>
3. O' Brien (2009) Fats and Oils Formulating and Processing for Applications, CRC Press,
4. Mba, O. I, Dumontn, M-J., Ngadinn M., (2014): Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry – A review DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.01.003>
pp. 26-41
5. Biró Gy., Kubányi J., Schmidt J. (2015): Táplálkozási Akadémia Hírlevél 8. Évfolyam 10. szám–2015.Október Kókusz-és pálmazsír https://mdosz.hu/hun/wp-content/uploads/2016/03/taplalkozasi_akademia_hirlevel_2015_10_kokuszsir_palmazsir.pdf
6. Ong, E.S., Rabbani, A.H., Habashy, M.M., Abdeldayem O.M., Al-Sakkari, E.G., Rene, E.R. (2021): Palm oil industrial wastes as a promising feedstock for biohydrogen production: A comprehensive review, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118160>, Environmental Pollution (291) pp. 1-19
7. Moudio, R. (2013): Shea butter nourishes opportunities for African women. United Nations. African. African Renewal <https://www.un.org/africarenewal/magazine/august-2013/shea-butter-nourishes-opportunities-african-women>
8. Russel, M. (2020): Forests in south-east Asia Can they be saved? EPRS | European Parliamentary Research Service
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/652068/EPRS_BRI\(2020\)652068_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/652068/EPRS_BRI(2020)652068_EN.pdf)
9. Shanahan, M. (2019): How palm oil is certified 'sustainable' China Dialogue.net
<https://chinadialogue.net/en/business/11629-how-palm-oil-is-certified-sustainable/>
10. Shahbandeh, M. (2023): Palm oil: global production volume 2012/13-2022/23
<https://www.statista.com/statistics/613471/palm-oil-production-volume-worldwide/>

11. Sjogersten, S. (2020): The climate cost of palm oil plantation expansion China Dialogue.net <https://chinadialogue.net/zh/3/44365/>
12. Lima, R.S., Block, J.M. (2019): Coconut oil: what do we really know about it so far? DOI: <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz004>, Food Quality and Safety (3), pp. 61-72
13. Hinrichsen, N. (2016): Commercially available alternatives to palm oil, DOI: 10.1002/lite.201600018, Lipid Technology (28), pp. 65-67
14. Geng, C. (2021) All about canola oil MedicalNewsToday <https://www.medicalnewstoday.com/articles/canola#manufacturing>
15. Davidson, K. (2019): Should you use rapeseed oil? Healthline.com <https://www.healthline.com/nutrition/rapeseed-oil>
16. Csapó J. (2021): Funkcionális élelmiszerek - Gyakorlati tudástár (Budapest, 2021) 9. Növényi és állati eredetű zsiradékok mint funkcionális élelmiszerek, 41 o. <https://www.szaktars.hu/szaktudas/view/csapo-janos-funkcionalis-elelmiszerek-2021/?query=repceolaj&pg=40&layout=s>
17. Spinks, R. (2014): Why does palm oil still dominate the supermarket shelves? The Guardian <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2014/dec/17/palm-oil-sustainability-developing-countries>
18. Fletcher, J. (2021): What is hydrogenated oil and is it safe? MedicalNewsToday <https://www.medicalnewstoday.com/articles/hydrogentated-oil>
19. Marina, A.M., Mana, Y.B.C., Amin, I. (2009): Virgin coconut oil: emerging functional food oil, DOI:10.1016/j.tifs.2009.06.003, Trends in Food Science & Technology (20) pp. 481-487
20. Pálmazsír és pálmazsír helyettesítők karakterisztikájának meghatározása oszcillációs reométerrel, Homolya Szabolcs (2021) Budapest, diplomamunka

Internetes források

Internet 1. Olajpálma termése

https://www.cosmeticsbusiness.com/news/article_page/BASF_adopts_RSPO_sustainable_palm_oil_model/150120

2. Internet 2. Kókuszdió <https://www.britannica.com/topic/Brazil-nut>

3. Internet 3. Napraforgó

https://www.sunflowernsa.com/uploads/2/SunflowerSustainability_2020.pdf

4. Internet 4. Pálmaolaj alternatívák <https://www.cbi.eu/market-information/natural-ingredients-cosmetics/palm-oil-alternatives>

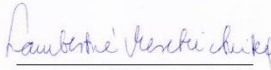
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Nagy Nóra Vivien (hallgató Neptun azonosítója: O73MNR) 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 védeésre **javaslom** / nem javaslom².

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

Kelt: Budapest, 2023. május 8.



Lambertné Meretei Anikó

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.