

# SZAKDOLGOZAT

Tóth Júlia SZAKDOLGOZAT

**Tóth Júlia**

**2024**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Budai Campus**

**Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

**Élelmiszermérnöki alapképzési szak**

**Különböző módokon kinyert alacsony és magas olajsavtartalmú napraforgóolajok összehasonlítása gázkromatográfiás módszerrel**

**Belső konzulens:** Badakné Dr. Kerti Katalin  
tanszékvezető, egyetemi  
docens

**Belső konzulens intézete/tanszéke:** Gabona és  
Iparinövény Technológiai Tanszék

**Külső konzulens:** Illés Vince Levente  
Mertcontrol Hungary Kft,  
laboratóriumvezető

**Készítette:** Tóth Júlia

**Budapest**

**2024**

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés, célkitűzés</b> .....	3
<b>2. Szakirodalmi áttekintés</b> .....	5
2.1. A napraforgó .....	5
2.2. Napraforgó Magyarországon.....	6
2.3. Magas olajsavtartalmú napraforgó .....	8
2.4. Alacsony olajsavtartalmú napraforgó.....	8
2.5. Napraforgóolaj .....	9
2.5.1 Hidegen sajtolt napraforgóolaj .....	10
2.6. Kémiai áttekintés.....	10
2.6.1 Zsírsavak .....	11
2.6.2 Oxidatív stabilitás.....	12
2.6.3 Avasodás .....	13
2.7. Extrakciós eljárások .....	14
2.7.1 Soxhlet extrakció.....	14
2.7.2 Soxtec eljárás.....	15
2.8. Gázkromatográf.....	15
2.8.1 Gázkromatográfia az élelmiszeriparban.....	16
2.9. Témában végzett hasonló kísérletek .....	17
<b>3. Alkalmazott módszerek</b> .....	19
3.1. Kísérletek, mérések helye .....	19
3.2. Felhasznált növényanyag .....	19
3.3. Felhasznált vegyszerek, reagensek.....	19
3.4. Mérések során használt készülékek.....	20
3.5. Mintaelőkészítés és vizsgálati módszerek.....	20
3.5.1 Soxtec extrakció .....	20
3.5.2 Kézi préselés .....	22

3.5.3	Yoda préségép.....	23
3.5.4	Gázkromatográf előkészítés .....	24
3.5.5	Értékelés módja .....	25
<b>4.</b>	<b>Kísérleti eredmények és értékelésük .....</b>	<b>26</b>
4.1.	Soxtec extrakció olajkihozatal .....	26
4.2.	Gázkromatográf eredmények .....	28
4.3.	ANOVA vizsgálat eredményei.....	31
4.4.	Eredmények összevetése az eredeti értékekkel .....	32
<b>5.</b>	<b>Következtetések, javaslatok .....</b>	<b>35</b>
<b>6.</b>	<b>Összefoglalás .....</b>	<b>36</b>
<b>7.</b>	<b>Irodalmi hivatkozás .....</b>	<b>38</b>
<b>8.</b>	<b>Ábrák és táblázatok jegyzéke.....</b>	<b>41</b>
8.1.	Ábrajegyzék .....	41
8.2.	Táblázat jegyzék.....	41
<b>9.</b>	<b>Köszönetnyilvánítás .....</b>	<b>42</b>
<b>10.</b>	<b>Nyilatkozatok.....</b>	<b>43</b>

## 1. Bevezetés, célkitűzés

Magyarországon a napraforgó termesztésének nagy szerepe van, késő nyáron, augusztus környékén az országban autózva rengeteg szebbnél szebb napraforgómezőt láthatunk. Betakarítása után a napraforgómag felhasználása az iparban nagyon sokrétű, akár csak az élelmiszeripart nézzük, az áruházak polcain elkerülhetetlenek a különböző napraforgómagot tartalmazó pékáruk és lisztek, de egész formájában is fogyaszthatjuk sós és pirított termékként. A napraforgóolaj pedig szinte minden háztartásban megtalálható, hiszen semleges íze miatt a főzés során sokrétűen felhasználható. Az élelmiszeriparon túl felhasználják még a gyapjűfeldolgozásban, valamint takarmányozási célokra is napraforgópellet formájában, napjainkban már a gyógyászatban is egyre gyakrabban fordul elő, melynek oka nem véletlen, hiszen a napraforgó nagyon gazdag antioxidánsokban.

A szakmai gyakorlatom során lehetőségem nyílt jobban megismerni a gabonák és olajos magvak értékmérő tulajdonságait, és az erre a célra alkalmazott vizsgálati módszereket is. A gyakorlat alatt bővült a tudásom és megtanultam azt is, hogy a napraforgómagokból megkülönböztethetünk magas és alacsony olajsavtartalmú típusokat, melyeknek külön célú a felhasználásuk. A magból való olaj kinyerésére többfajta módszert is alkalmazhatunk, melyek megvalósíthatóak laboratóriumi körülmények között is, majd ezeknek a mintáknak a vizsgálata gázkromatográfiás módszerrel zajlik. A szakdolgozatom témájaként pontosan ezért szerettem volna ezzel a területtel foglalkozni, hiszen a különböző módszerek összehasonlítása önmagában is érdekes, de gazdaságilag is jelentős kérdéseket vet fel. Különböző hőmérsékleten, vegyszer felhasználásával és felhasználása nélkül elgondolkodtató, hogy az eredményekben tapasztalunk-e változást. Emellett pedig a különböző nagyműszerek, mint például a gázkromatográf használata és működése, az eredmények értékelése is egy különösen érdekes folyamat.

A mérésem célja a napraforgómagból extrahálás, meleg és hideg préselés során kinyert olajok összehasonlítása gázkromatográfal. A három különböző mérés mind megvalósítható laboratóriumi környezetben, ám mindegyiknek más az idő- és a vegyszerfelhasználás igénye, amely hatással lehet a munkafolyamat hosszára, valamint költségeire. Ezenkívül azt is fontos megvizsgálni, hogy a vizsgált paraméter, esetemben az olajsavtartalom értéke eltérő lesz-e a különböző módszerekkel kinyert olaj esetében. A cél az, hogy a különböző módszereket összehasonlítsuk és átfogó képet kapjunk a vizsgálatokról és az eredményeikről. Laboratóriumi

környezetben fontos az időhatékonyság, különösen nagyobb mintaszám mellett, ezért felmerült az új módszerek kipróbálása. Ilyen új módszer, a szakdolgozatomban is megjelenő gyors préselési módszer, amellyel a melegen préselt olajmintákat kaptam. A dolgozat írásával én ebben a megfigyelésben és kísérletben vehettem részt.

Mivel esetemben laboratóriumi környezetben gondolkodtam, ezért az érték változásán kívül a másik jelentős kérdés, amelyet a dolgozatommal szerettem volna megválaszolni, az az, hogy költséghatékonyság és időfelhasználás tekintetében melyik módszer lenne a legkedvezőbb.

Tóth Júlia SZAKDOLGOZAT

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1. A napraforgó

A közönséges napraforgó (*Helianthus annuus* L.) rendszertanilag az Asteraceae családjába tartozó növényfaj, amelyet világszerte kereskedelmi forgalomban termesztnek, hiszen számos táplálkozási és gyógyászati előnnyel rendelkezik. Felhasználási módját tekintve felhasználják rágcsálnivalóként, salátaköretként, pékáruk dúsítására is, de elsősorban olajtermelés céljából takarítják be (Guo, Ge, és Na Jom 2017).

A növény rövid tenyészidejű, virágzatának napra emlékeztető alakja van, nevét is erről kapta. Jellemzői a nagy, tojásdad, durva levelek és sárga, kör alakú virágzata. A különböző fajok virágai, bibéi alakjukban, méretükben és színükben is eltérnek egymástól. A változatos környezeti feltételekhez jól alkalmazkodott, így évszázadok óta világszerte termesztik. Termesztése sokoldalú és versenyképes, így több országban is felülmúlja más olajos magvak, például a repce vagy a cirok termesztését. A belőle készült világos sárgás színű napraforgóolajnak egyedülálló kémiai, fizikai tulajdonságai vannak, szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú, megfelelő tárolás mellett egy évig is megőrizheti eltarthatóságát (Talebi és mtsai. 2024).

A napraforgó termései, a napraforgómagok akkor váltak fontossá a kutatók számára, amikor új, természetes bioaktív anyagok után kutattak. A magok tápláló bioaktív vegyületeket tartalmaznak és magas az antioxidáns aktivitásuk is, de ezenfelül magas tápértékkel rendelkeznek, jó források a tápláló telítetlen zsíroknak, fehérjéknek, szerves vegyületeknek és fitokémiai anyagoknak. Pozitív tulajdonságai közé tartozik, hogy jelentős gyulladáscsökkentő, antioxidáns, vérnyomáscsökkentő, fájdalomcsillapító, bőrvédő, és antibakteriális hatással rendelkeznek, valamint nyugtató hatással vannak az idegekre, izmokra és az erekre. (Zoumpoulakis és mtsai. 2017). Az előbbi tanulmányból egyértelművé válik számunkra, hogy a napraforgómag olyan bioaktív anyagokat tartalmaz, amit nem is gondolnánk a hétköznapi felhasználás során. Guo és munkatársai (Guo, Ge, és Na Jom 2017) is leírják, hogy a napraforgómag és a csíra előnyei főként a fenolos vegyületekben, a flavonoidjaiban, a többszörösen telített zsírsavakban és a vitaminokban találhatóak.

A tanulmányban a napraforgómag tápanyag tartalmán kívül kitérnek még annak E-vitamin, szelén-, réz-, cink-, folsav- és vas-tartalmára is. A napraforgómag körülbelül 20%-ban fehérjéből áll, a magvak raktározási fehérjei biztosítják a csírázás után a csíranövények

fejlődéséhez elengedhetetlen ként és nitrogént. Ezek a kénben gazdag fehérjék számos emberi anyagcsere-szükséglethez elengedhetetlenek, valamint ezek szolgálnak antioxidánsként is. A napraforgómag ezeken felül értékes forrása a glutaminnak, glutaminsavnak, aszparaginnak, aszparaginsavnak, argininnek és ciszteinnek, fehérjében gazdag, magas aminosavtartalommal és alacsony antinutritív-tartalommal rendelkezik (Guo, Ge, és Na Jom 2017). Azonban két másik tanulmányban olvashatunk a kiemelkedően magas B-vitamin tartalmáról is (Abdalla és mtsai. 2021), (Petraru, Ursachi, és Amariei 2021).

A napraforgómag alapanyaga az étolajgyártásnak. Olajtartalmát tekintve, a mag 35-42% olajat tartalmaz és természeténél fogva gazdag linolsavban (55-70%), következésképpen olajsavban szegény (20-25%). Az olajsav egy egyszeresen telítetlen omega-9 zsírsav, amely képes csökkenteni a trigliceridek és az alacsony sűrűségű lipoprotein (LDL) koleszterinszintjét, viszont növeli a magas sűrűségű lipoprotein (HDL) koleszterinszintet, és ezáltal csökkenti a szívroham kockázatát. A magas olajsavtartalom növeli az olaj oxidatív bomlással szembeni stabilitását magas hőmérsékleten. A napraforgómag kiemelkedően gazdag forrása a többszörösen telítetlen zsírsavaknak (kb. 31%) más olajos magvakhoz képest. A napraforgómag ismert magas olaj- és linolsavtartalmáról, de ezen felül magasabb mennyiségű E-vitamint tartalmaz, mint például a lenmag, a szezámag vagy a szója (Guo, Ge, és Na Jom 2017). A növénynevelők világszerte számos olyan fajtát fejlesztettek ki, amelyeket úgy alakítottak, hogy magas olajtartalmú, különböző környezeti körülmények között is jól fejlődő, és különböző iparágak számára is alkalmas, változatos kémiai összetételű egyedeket találhassunk a piacon (Talebi és mtsai. 2024).

## 2.2. Napraforgó Magyarországon

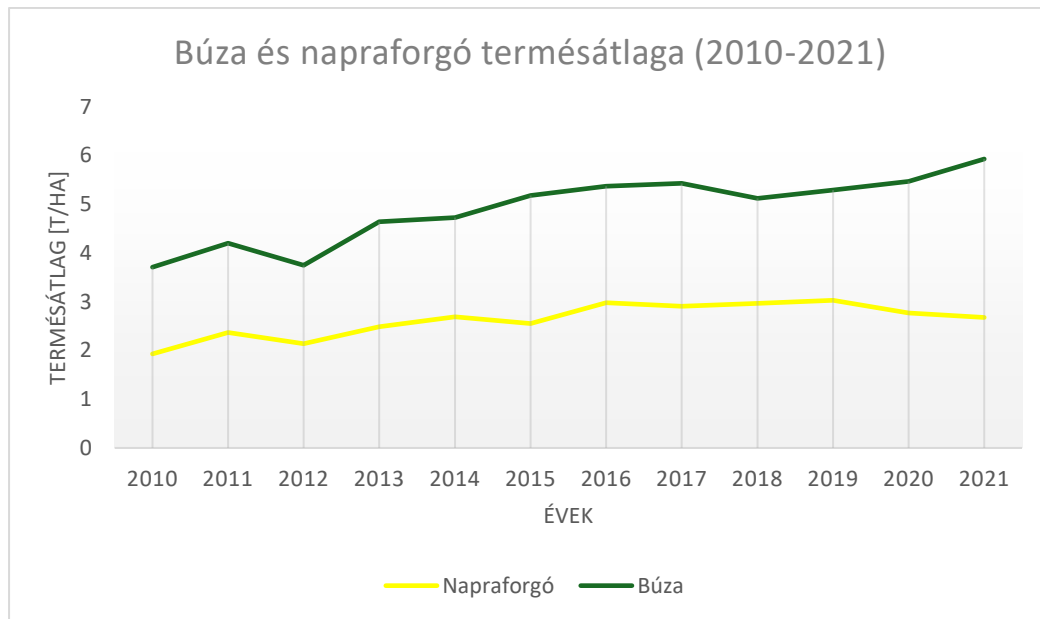
Hazánkban a fontosabb szántóföldi növények termésátlagát vizsgálva látható, hogy a napraforgó általában a hatodik, hetedik helyen áll. A búza, kukorica, árpa, rozs, zab és a repce megelőzik. Míg a legtöbb helyen azt olvashatjuk, hogy a világon a napraforgó a legnagyobb mennyiségben termesztett olajos mag, addig Magyarországon az 1990-es évek közepe óta a repcemagnak nagyobb a termésátlaga, mint a napraforgómagnak, sőt néhány évben még a szójabab is megelőzi. A Központi Statisztikai Hivatal 2021-es összefoglaló eredményeiből látható, hogy napraforgóból valamivel nagyobb területről betakarított termés a 2020-as évi mennyiséggel megegyező hozamot eredményezett (KSH 2021, é. n.). A betakarított terület növekedése az elmúlt tíz év alatt 30%-os volt, 2021-ben közel 1,8 millió tonna napraforgót takarítottak be a magyar szántóföldeken. Elmondható, hogy hazánk napraforgó-termesztésben továbbra is az Európai Unió élvonalában van, Románia, Franciaország és Bulgária után



Magyarország a negyedik helyen szerepel, az unió összes napraforgótermésének 17%-át adta. Kicsit távolabb, világviszonylatban nézve Guo és munkatársai 2017-es tanulmánya szerint (Guo, Ge, és Na Jom 2017) negyedik helyen áll a pálma, a szójabab és a repce után.

Az 1. ábrán látható diagram a búza és a napraforgó termésátlagának alakulását mutatja 2010 és 2021 között tonna/ hektárban megadva (KSH, é. n.).

1. ábra: A búza és a napraforgó termésátlaga (2010-2021) (KSH, é. n.)



Ahogy az 1. ábrán látható, ahhoz képest, hogy Magyarországon a napraforgó a legnagyobb területen termesztett olajnövény, azért a kalászos búza termésátlaga majdnem a duplája a vizsgált időszakban.

A termesztést megnehezítő tényező, hogy az elmúlt években jelentősen drágultak a mezőgazdasági termeléshez szükséges termékek. Az utóbbi években egy világjárvány, valamint a szomszédunkban, Ukrajnában zajló háború jelentősen megnehezítette a gazdasági helyzetet. A szükséges inputok közül a legnagyobb mértékben a műtrágyaárak emelkedtek. Egy év alatt 25%-os emelkedés figyelhető meg ezeknek az árban (KSH 2021, é. n.), azóta pedig az energiaárak és az épületfenntartási költségek is jelentős mértékben meghatározzák a termelést. Ezenfelül nem elhanyagolható a globális felmelegedés, és a kiszámíthatatlan időjárás megemlézése, mely a termesztésre és a betakarítás megkezdésére, valamint időtartamára ugyanúgy hatással van. Az időjárási körülmények nem csak a termés mennyiségét, de minőségét is jelentősen befolyásolják. A növekedési szakaszon kívül az sem mindegy, hogy a

betakarítás milyen ütemben zajlik. Az értékmérő tulajdonságok tekintetében az ilyen apróságnak tűnő dolgok is jelentősek lehetnek.

### 2.3. Magas olajsavtartalmú napraforgó

Napraforgó fajták között is tehetünk különbséget, viszont ezekről a különböző fajtákról kevés irodalmi vonatkozás található. A közelmúltban újabb és újabb fajtákat fejlesztettek ki, ennek egyik példája, a szakdolgozatom során is vizsgált magas olajsavtartalmú napraforgó. Ezeknek a fajtáknak az olaja nagyobb oxidatív stabilitással és jobb étrendi tulajdonságokkal rendelkezik, mint a közönséges genotípusoké. A fejlesztés előnye, hogy sütési célokra, finomításra és tárolásra ebből a fajtából nyert olaj sokkal kívánatosabb. Ezenfelül táplálkozástudományi szempontból is előnyösebb, hiszen az egyszerűen telítetlen zsírsavakban gazdag étrend csökkenti a vér koleszterinszintjét, és így a különböző szív-  
betegségek kockázatát is (Flagella és mtsai. 2002).

A különböző kísérletek útján megállapították, hogy a termesztés során az olaj- és linolsavak arányára legnagyobb hatást a hőmérséklet gyakorolja. A különböző jelentésekben a vízfelhasználás szempontjából nagyon eltérő eredmények figyelhetők meg. Viszont a vetés időpontja befolyásolhatja a zsírsavak olajösszetételét (Flagella és mtsai. 2002).

Egy másik tanulmányban (de Figueiredo, Fernández, és Nolasco 2019) olvasható, hogy az ilyen irányvonalak mentén kifejlesztett magas olajsavtartalmú napraforgófajták olaja különösen érdekes lehet a magas sztearinsavtartalma (az összes zsírsav 17-25 %-a), valamint a hagyományos napraforgóolajhoz képest az akár háromszor magasabb olajsavtartalma miatt is, amely az összes zsírsav 60-70 %-át teszi ki.

### 2.4. Alacsony olajsavtartalmú napraforgó

Szakdolgozatomban az alacsony olajsavtartalmú napraforgókat is vizsgáltam. Az eddigiek alapján látható, hogy a magas olajsavtartalmú napraforgókat külön, az egyes tényezőinek javítása érdekében fejlesztették. Sajnálatos módon, vagy éppen ebből az okból kifolyólag, az alacsony olajsavtartalmú napraforgófajtákról nem áll rendelkezésünkre annyi információ, így a továbbiakban én ezt a közönséges napraforgókkal fogom egyenrangúnak tekinteni.

A mérések során azonban nem csak alacsony és magas olajsavtartalmú napraforgókkal találkozunk. Alacsony olajsavtartalmú napraforgókról akkor beszélhetünk, hogyha olajsavtartalmuk 0 és 40 % között van, míg magas olajsavtartalmúnak akkor sorolhatjuk be,

hogya az olajsavtartalma 80 % fölött van. Tehát látható, hogy van egy köztes intervallum is, azonban az ipari felhasználásnál a természetők ezt a tartományt igyekeznek kerülni.

## 2.5. Napraforgóolaj

A napraforgóolaj szinte minden háztartásban megtalálható, de kevesen ismerik a benne megtalálható polifenolok valamint zsírsavak arányát és minőségét. Az étolajokat sütőközegként és több élelmiszeripari termék előállításához használják. Fő komponenseik főleg trigliceridek, más vegyületek kisebb összetevőknek minősülnek, amelyek közé tartoznak a polifenolok. Az étolajokban található fenolos vegyületek számos egészségügyi előnnyel rendelkeznek, például antioxidáns, antibakteriális, vírusellenes, gyulladáscsökkentő, daganatellenes, szívvédő, diabéteszellenes és elhízás elleni tulajdonságokkal. A napraforgóolaj olajsavban és linolsavban gazdag. Az étkezési olajok antioxidáns aktivitása a fenolos vegyületeknek köszönhető. A napraforgóban a különböző korábban végzett mérések alkalmával kimutattak többfajta különböző hidroxibenzoésavat, galluszsavat, és vanillinsavat (Zeb 2021).

Az olajos magvakban az olaj kis, különálló intracelluláris olajtestekben található, amelyek fala nem áteresztő. Ezeknek az olajtesteknek a mérete 0,1 – 2,5  $\mu\text{m}$  között változik, egy semleges lipidmagból állnak, amelyet egy foszfolipid réteg és egy erősen amfipatikus, vagyis egyszerre hidrofil és hidrofób fehérjékből álló réteg vesz körül. Az olajtestekhez a tokoferolok szervesen kapcsolódnak, amelyek olyan természetes antioxidánsok, amelyek növelik a zsírtartalmú élelmiszerek stabilitását, és fontos biológiai funkciókat is ellátnak. Az olajos magvak esetén alkalmazott előkezelések általában módosítják vagy megbontják a sejtek szerkezetét, ezzel kedveznek az olaj felszabadulásának és az oldószer számára is hozzáférhetővé válik a beltartalom, a bioaktív vegyületek kivonása is egyszerűbbé válik. Összességében elmondható, hogy az előkezelések befolyásolhatják az extrakció során kinyert kisebb vegyületek mennyiségét és típusát (de Figueiredo, Fernández, és Nolasco 2019).

Az olaj kinyerése hagyományosan oldószeres extrakcióval vagy expelleres sajtolással történik. Az oldószeres extrakció során különböző vegyszereket (pl. hexán, izopropanol) használnak a hatékony olajeltávolítás érdekében egészen addig, amíg csak 1 g/100 g maradék olaj marad a pogácsában. Az oldószeres extrakciónak azonban nagy hátránya az, hogy az oldószeres használata negatív hatással lehet a környezetre, az olaj minőségére és az emberi egészségre is. Az expellerpréselés egy hatékony mechanikus, vegyszermentes olajkivonási eljárás, amely olyan extrakciós hozamot ér el, amely 6-7 g/100 g maradék olajat eredményez a pogácsában. A folyamat során nincsen hőhatás, azonban a nyomás súrlódást és hőt okoz, ami 60-100 °C-ra emeli a hőmérsékletet és ennek következtében a táplálkozás szempontjából fontos

vegyületek sérülhetnek. Éppen emiatt egyre nagyobb az igény a hidegen sajtolt olajok iránt, amelyeket sokkal alacsonyabb (50 °C hőmérsékleten) préselnek, ezzel megőrzik a bioaktív hatóanyagaikat és tápértéküket (Vidal és mtsai. 2023). Ezt bizonyítja egy másik tanulmány is (Romanić 2020), miszerint a hidegen sajtolt napraforgóolajok az előállítási eljárásuk mellett sajátos összetétellel, minőséggel, tápértékkel, oxidatív stabilitással és eltarthatósággal rendelkeznek. A napraforgómagból többnyire nyersolajat állítanak elő, amelyet aztán kémiai vagy fizikai eljárásokkal finomítanak.

A napraforgóolaj egyéb kémiai tulajdonságait vizsgálja Guo és munkatársai tanulmánya (Guo, Ge, és Na Jom 2017), amelyből tudhatjuk, hogy az E-vitamin és más tokoferolok fontos napraforgóolaj-összetevők. A tokoferolok természetes zsírban oldódó antioxidáns vitaminok, amelyek in vivo és in vitro is életképesek. Antioxidánsként az E-vitamin különböző funkciókat lát el, esetlegesen csökkenti a szív-és érrendszeri betegségek és a rák bizonyos típusainak kockázatát. A tokoferolt a szervezetünk nem képes előállítani. ezért táplálékkal szükséges bevinnünk a szervezetünkbe.

### 2.5.1 Hidegen sajtolt napraforgóolaj

A hidegen sajtolt olajok olyan kisebb összetevőket tartalmaznak, mint a tokoferolok, fitoszterolok és pigmentek, ezek olyan anyagok, amelyek kívánatosak az olajban, de ezen kívül található bennük olyan nemkívánatos anyagok is, mint például a foszfolipidek és a viaszok. A nemkívánatos anyagok eltávolítása, valamint a fogyasztók számára elfogadhatóbb termék előállítása érdekében az olajat finomítási eljárásnak kell alávetni (Romanić 2020).

A finomítatlan étolajok közé tartoznak a hidegen sajtolt és a szűz olajok is, de a finomítás hiánya miatt az étkezési finomítatlan olajokra jellemző az eredeti nyersanyag szaga és íze. A közönséges napraforgómagból nyert „linolsav típusú” olajhoz képest az „olajsav típusú” olaj körülbelül négyszer-hatszor kevesebb linolsavat és háromszor-négyszer több olajsavat tartalmaz (Romanić 2020).

A hidegen sajtolás módszerét gyakran alkalmazzák kísérletek során, mivel ez az olajkivonási módszer minimális hatással van a zsírsavak összetételére és a bioaktív vegyületek tartalmára (Lužaić és mtsai. 2023).

## 2.6. Kémiai áttekintés

A szakdolgozatom fő célja az, hogy a különböző olajnyerési módokat az olaj olajsavtartalma alapján hasonlítsuk össze. Éppen ezért a következőkben szeretnék kitérni a napraforgóolaj kémiai összetételére.

A napraforgóolaj olajsavban, fehérjében, karotinoidokban, tokoferolokban és szterolokban gazdag. A benne található természetes antioxidánsok, és az uralkodó fenolos vegyületek erős antioxidáns tulajdonságokkal ruházza fel a napraforgóolajat, amelyek így megakadályozzák a zsírsavak oxidációját (Talebi és mtsai. 2024).

Ahogy már korábban is említettem, a napraforgófajtáknak két elsődleges típusa alakult ki, az olajos és a nem olajos fajták. Az olajos magvú fajták fekete magvakat tartalmaznak, a maghoz tapadó termésfallal, amelyek magas arányban tartalmaznak többszörösen telítetlen zsírsavakat, elsősorban linolsavat és alacsonyabb arányban egyszeresen telítetlen zsírsavakat, például palmitinsavat és sztearinsavat (Talebi és mtsai. 2024).

### 2.6.1 Zsírsavak

A zsírsavak olyan karbonsavak, amelyek karboxilcsoportot tartalmaznak, és nyíltszénláncú telített vagy telítetlen kémiai kötések tartalmaznak. Általános képletük: R-COOH vagy  $C_nH_{2n+1} - COOH$ . Több szempont szerint is csoportosíthatjuk őket, melyek a következők lehetnek: szénlánc hosszúsága; szénatomok közötti kémiai kötés telítettsége, vagy telítetlensége; kettős kémiai kötés konfigurációja (cis-, transzkonfiguráció); egyéb kapcsolódó funkcionális csoportok szerint (Gubicskóné Kisbenedek Andrea és Szabó Zoltán 2015).

A zsírsavak esetén megkülönböztetünk telített, illetve telítetlen zsírsavakat. A következő, 1. számú táblázatban azokat a telített zsírsavakat emeltem ki a homológ sorból, melyeknek az értékét a mérés során a gázkromatográf is kimutatta. A szénatomszám növekedésével a zsírsavak forráspontja és olvadáspontja növekszik.

1. Táblázat: Mérésben kimutatott telített zsírsavak (saját szerkesztés, Gubicskóné Kisbenedek Andrea és Szabó Zoltán 2015 munkája alapján)

Triviális név	IUPAC (Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Szövetség) név	Szénatomszám szerinti jelölés
Palmitinsav	Hexadekánsav	C16:0
Sztearinsav	Oktadekánsav	C18:0
	Heneikozánsav	C21:0
Behénsav	Dokozánsav	C22:0

A telítetlen zsírsavak abban különböznek, hogy a zsírsavak változó számban kettős kémiai kötést tartalmaznak. Mivel jelen van a telítetlen kötés, ez a zsírsavlánc térbeli szerkezetét megváltoztatja, ebből kifolyólag végtelen számú konfiguráció alakulhatna ki. A telítetlen zsírsavak száma és az alacsonyabb hőmérsékleten való dermedés összefüggésben van

egymással, minél több a zsiradékban a telítetlen zsírsavak száma, annál alacsonyabb hőmérsékleten képes dermedni (Gubicskóné Kisbenedek Andrea és Szabó Zoltán 2015).

A 2. számú táblázatban azokat a telítetlen zsírsavakat emeltem ki, amelyek az értékelés szempontjából fontosak voltak számomra.

2. Táblázat: Mérésben kimutatott telítetlen zsírsavak (saját szerkesztés)

Triviális név	IUPAC (Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Szövetség) név	Szénatomszám szerinti jelölés
Olajsav	Oktadecénsav	C18:1
Linolsav	Oktadecéndiénsav	C18:2
Linolénsav	Oktadekatriénsav	C18:3
Erukasav	Dokozénsav	C22:1

### 2.6.2 Oxidatív stabilitás

Az olaj minőségét befolyásoló egyik legfontosabb paraméter az oxidatív stabilitás, amely szorosan összefügg az olajok zsírsavösszetételével, valamint néhány kisebb antioxidáns komponenssel és számos külső tényezővel is. A napraforgó zsírsavösszetételét nagymértékben befolyásolja a termőhely és az éghajlati viszonyok is. A magfejlődés, valamint az olajsintézis időszakában a magasabb hőmérséklet hozzájárul az olajsavtartalom növekedéséhez és a linolsav-tartalom csökkenéséhez. Emellett a nappali és éjszakai hőmérséklet közötti nagy különbségek a linolsav felhalmozódásának növekedését eredményezik. Az olajban található telítetlen és többszörösen telítetlen zsírsavak (például a linol- és a linolénsav) magasabb aránya elősegíti az oxidációs folyamatot (Lužaić és mtsai. 2023).

A többszörösen telítetlen zsírsavak magas jelenléte miatt a napraforgóolaj érzékenyebb az oxidatív romlásra, ami a fanyar szagon kívül, a bomlástermékek megjelenése miatt csökkentheti a táplálkozási minőséget és biztonságot, ami káros hatással lehet az emberi egészségre. Az oxidatív degradáció megfékezésére mára már egyre több módszert alkalmaznak, ezek közül a legnépszerűbb az antioxidánsok hozzáadása az olajhoz (Wang és mtsai. 2018).

Az olajban lévő kisebb vegyületek, mint például a tokoferolok, fenolok, karotinoidok és klorofillszármazékok is hatással vannak az oxidatív stabilitásra, bioaktív hatást gyakorolnak. A tokoferolok a szabad gyökök fékezőjeként működnek, elsődleges szerepük a többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációjának megakadályozása. A napraforgóolajban a természetes tokoferolok négy izomerje található meg:  $\alpha$  -,  $\beta$  -,  $\gamma$  - és  $\delta$  - tokoferol. Korábbi kutatásokban kimutatták, hogy a különböző olajsavtartalmú napraforgóknak milyen tokoferol tartalma van.

Ezalapján a standard olajokban 176,9 – 1872 mg/kg, a magas olajsavtartalmú napraforgókban 450 – 1120 mg/kg a közepes olajsavtartalmú napraforgó esetében pedig 509 – 741 mg/kg mennyiségről beszélhetünk. A napraforgóolaj fenolokban szegény, ezzel szemben a napraforgómag jelentős mennyiségű fenolos vegyületet tartalmaz (1-3 g fenol/100 g mag). Annak ellenére, hogy a napraforgóolajban nem jelentős a fenolos vegyületek jelenléte, az olaj minőségére és stabilitására pozitív hatásuk van (Lužaić és mtsai. 2023).

### 2.6.3 Avasodás

A lipidek oxidációja az egyik leginkább nemkívánatos reakció az élelmiszerek tárolása és melegítése során. A folyamat egy sor autokatalitikus reakció eredménye, ami befolyásolja az élelmiszerek táplálkozási és érzékszervi tulajdonságait. Az oxidációt egy gyökláncos mechanizmus indítja el általában, amely a következőket tartalmazza: beindulás, terjedés, antioxidánsok általi gátlás és megszűnés. A lipidek változásainak intenzitása függ azok fizikai-kémiai tulajdonságaitól, különösképpen a zsírsavak telítetlenségi fokától és az oxidációt elősegítő tényezők jelenlététől, például oxigénnek és fénynek való kitettség, fémionok jelenléte vagy magas hőmérséklet (Roman és mtsai. 2013).

A napraforgómag nagyon gazdag linol- és olajsavban, tehát telítetlen zsírsavakban, mely a telítetlen zsírsavak a magokat érzékenyvé teszik az oxidatív avasodással szemben. Az avasodás a hosszabb tárolás után következik be és felgyorsul abban az esetben, hogyha a magokat nem megfelelő körülmények között tárolják, és a mag, valamint a magból készült olaj minőségét is befolyásolják (Fu és mtsai. 2020). Az alábbi összefoglalóból én azt feltételezném, hogy a magasabb olajsav tartalmú napraforgók jobban ki vannak téve az avasodás veszélyének, azonban Roman és munkatársai alábbi munkájában (Roman és mtsai. 2013) amellet, hogy ők is megállapították, hogy a telítetlen zsírsavakban gazdag olajok érzékenyebbek az oxidációra, azt az eredményt kapták, hogy függetlenül a hevítés időtartamától és a hevítési hőmérséklettől, a napraforgóolaj mindig jobban oxidálódott, mint a repce olaj, ami viszont jobban oxidálódott, mint a magas olajsavtartalmú napraforgóolaj. Ezt az eredményt az indokolta, hogy annak ellenére, hogy a telítetlen zsírsavak globális aránya hasonló ebben a három olajban. A napraforgóolajban magasabb a többszörösen telítetlen zsírsavak és az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya, mint a másik két olajban. Ahogy azt már korábban több vizsgálatban is kimutatták, a többszörösen telítetlen zsírsavaknak nagyobb a reaktivitása, mint az egyszeresen telítetleneknek ( $\alpha$ -linolénsav > linolsav > olajsav).

## 2.7. Extrakciós eljárások

Az extrakciós eljárások esetében beszélhetünk hagyományos és nem-hagyományos módszerekről is. A hagyományos extrakciós módszerek jellemzője, hogy nagyobb mennyiségű extrakciós oldószer felhasználást igényelnek, többnyire a vizsgálatról függenek és munkaigényesek. Hagyományos extrakciós eljárás a teljesség igénye nélkül például a szilárd-folyadék extrakció, a Soxhlet extrakció, a folyadék-folyadék extrakció és a macerálás. Ezeknek a módszereknek sok hátrányuk van, ezeknek a hátrányoknak a kiküszöbölése érdekében jöttek létre a nem-hagyományos módszerek. Ilyen módszerek többek között a nyomás alatti folyadék extrakció, a mikrohullámú, a szilárd fázisú, az ultrahangos, és a nagy hidrosztatikus nyomású extrakció, valamint az ellenáramú kromatográfia is. Ezeknek az előnyük az automatizáltság, a fokozott szelektivitás, a nagyobb hatékonyság és az, hogy kevesebb mennyiségű oldószerre van szükségünk (Alara, Abdurahman, és Ukaegbu 2021). A továbbiakban az általam alkalmazott módszereket szeretném kifejezni. A Soxhlet extrakció a klasszikus kémiai analíziseknél használt módszer, ennek a továbbfejlesztett változata a Soxtec extrakció, amellyel a kísérletemet is végeztem.

### 2.7.1 Soxhlet extrakció

A Soxhlet extrakciós módszer egy hagyományos folyamatos eljárás, ami azért előnyös, hiszen kevesebb időt és oldószert igényel a többi módszerhez képest. Azonban a hagyományos módszereknél nagyon fontos a megfelelő oldószer kiválasztása. A polifenolok extrakciójára általánosan használt oldószerek közé tartozik a metanol, a víz, a kloroform, az n-hexán, az etanol, a propán, az etil-acetát és az aceton. Ezek az oldószerek polaritásukban különböznek egymástól, ezért különböző hatással vannak a fitokémiai anyagok extrakciójára. A polifenolok kivonására legmegfelelőbb oldószerrel kapcsolatban még mindig vannak kétségek. Több tanulmány foglalkozik a témával és ellenkező eredmények születtek különböző vizsgálatok során (Alara, Abdurahman, és Ukaegbu 2021).

A módszer során a mintát egy gyűszűtartóba helyezik, és azt fokozatosan töltik fel egy desztilláló lombikból származó friss extrakciós anyaggal, az extrakcióhoz használt oldószerrel. Egy szifon kiszívja az oldott anyagot a tartóból, és visszatölti azt a desztilláló lombikba, amikor a folyadék eléri a túlfolyási szintet. Ezt az folyamatot addig ismétlik, amíg az extrakció be nem fejeződik. A módszer egy folyamatos-diszkrét módszer, mivel az extrakciós anyagot a mintán keresztül visszaforgatják. A Soxhlet-extrakciónak mára már számos továbbfejlesztése van. A Soxhlet extrakcióban gyakran használják a hexánt, mint oldószert, nem poláros jellege,



alacsony látens gőzhője (330 KJ/kg), valamint jó oldószer-szelektivitása miatt (Rajesh és mtsai. 2023).

A módszernél, a többi hagyományos módszerhez hasonlóan olyan fő problémákkal találkozhatunk, mint a hosszú extrakciós idő, a drága és nagy tisztaságú oldószer szükségessége, az oldószer elpárologtatásának energiaköltsége, az alacsony extrakciós szelektivitás és az érzékeny vegyületek termikus bomlása. Azonban az új módszerek összehasonlításához ezt a módszert még mindig modellként használják. A hagyományos extrakció során a termolabilis célfajok termikus bomlását akkor érhetjük el, ha a mintát hosszú ideig az oldószer forráspontján extraháljuk. A hagyományos készülékből hiányzik a keverés, ami elősegítené a folyamat felgyorsítását, ez is egy olyan pont, ami az automatizált, továbbfejlesztett készülékekben megoldott (Bontzolis és mtsai. 2024).

### 2.7.2 Soxtec eljárás

A Soxtec eljárás egy olyan extrakciós technika, mely a Soxhlet-rendszer továbbfejlesztéséből alakult ki. Az eljárást az 1970-es évek elején találták fel, majd 1982-ben került forgalomba. Egy olyan kétlépéses eljárásról beszélhetünk, amely egy forralási és egy öblítési lépést foglal magába, ezzel drasztikusan csökkentve az extrakció teljes idejét (Sporring és mtsai. 2005). Az eljárás esetében az extrakció hatékonysága legfőképpen az izoláláshoz felhasznált oldószer típusától és az extrakciós időtől függ (Wilga, Wasik, és Namieśnik 2007).

## 2.8. Gázkromatográf

A szakdolgozat mérésém során a háromfajta olajnyerési módszert gázkromatográffal hasonlítottam össze. A gázkromatográfia széles körben használt analitikai technika, amely a világ számos laboratóriumában megtalálható. Dr. Balla József A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai című könyvében a következő definíciót használja a kromatográfia meghatározására: „*olyan elválasztási módszer, amelynél a vizsgálandó minta alkotóinak elválasztása egy helyhez kötött állófázis és az ezzel érintkező, mozgó fluid fázis közötti anyagátmeneten, valamint az egyes alkotóknak az állófázissal való kölcsönhatásán alapszik.*” (Dr. Balla 2006: 1-3.).

A kromatográfias módszerek között alapvetően megkülönböztethetjük a gáz- a szuperkritikus fluid- és a folyadékkromatográfiát. A következőkben én főleg a gázkromatográfiára térnék ki részletesebben. Az alábbi cikkben (Rajesh és mtsai. 2023) a gázkromatográfias módszert úgy írják le, hogy hő hatására elpárolgó komponensek, például gázok, folyadékok és szilárd anyagok elválasztására szolgál. Elkülöníti a mintakeverék kémiai

komponenseit, majd azonosítja azokat, hogy megállapítsa jelen vannak-e vagy sem, és emellett a mennyiségüket is meg tudja állapítani. A minta különböző vegyi anyagokat és oldószert is tartalmaz, amelyet felmelegítenek és elpárologtatnak a mintainjektáló készülékből. A gázkromatográf esetén a mozgófázis egyenes vonalban fut a mintainjektáló egységtől az oszlopig, majd a detektorig. A kémiai elegyet egyes komponenseire bontjuk és az egyes komponensek mennyiségét egy detektorral mérjük.

A gázkromatográfias analíziseknek számos hátránya is van. A hidroxilból, karbonsavból, aminből és tiolból álló funkciós csoportokkal rendelkező poláros szerves molekulák az elválasztás során aszimmetrikus csúcsokat eredményeznek, mivel hajlamosak kölcsönhatásba lépni az állófázis hozzáférhető csoportjaival. Ez a hátrány korlátozza az analizálható analitok körét, valamint csökkenti az analízis pontosságát, érzékenységét, szelektivitását, reprodukálhatóságát és precizitását is (Atapattu és Temerdashev 2023).

A gázkromatográfias elválasztásnál a mozgófázis gáz halmazállapotú, az állófázis pedig lehet szilárd és helyhez kötött folyékony halmazállapotú. A folyamatot az áramláson kívül a hőmérséklet is befolyásolja. A mérés során az elválasztás célja, hogy minél rövidebb idő alatt megtörténjen lehetőleg a legtöbb alkotó teljes elválasztása, ezzel elérhető a mennyiségi elemzés alapját képező csúcsterületek pontos mérése. Az egymás utáni jelek megkülönböztethetőségének mértéke a felbontóképesség ( $R_s$ ) (Dr. Balla 2006.).

A készülék felépítését tekintve az elválasztáshoz a kolonnán egy állandó vivőgázáramot kell biztosítanunk. A vivőgáz szerepe azért fontos, mert ebbe juttatjuk impulzus-szerűen a vizsgálandó mintát. A minta az állandó hőmérsékleten tartott kolonnán komponenseire válik, majd ezek a szétvált alkotók a detektorba jutva hozzák létre azt az elektromos jelváltozást, amit mérni tudunk (Dr. Balla 2006.).

### 2.8.1 Gázkromatográfia az élelmiszeriparban

Az élelmiszerek és a mezőgazdasági termények vizsgálata során nagyon elterjedt a gázkromatográf használata. A leggyakoribb területek között említhetjük a növényi és állati olajok, valamint zsírok elemzését. De ezen kívül használják még illat, íz, illóolajok és aroma anyagok megvizsgálására, szeszes italok minőségellenőrzésére vagy eltarthatósági vizsgálatok során.

Ahogy Dr. Balla József írja A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai című könyvében (Dr. Balla 2006.) a gázkromatográfias vizsgálatok fejlesztése alatt a zsírok, olajok zsírsavösszetételének analízise folyamatos kihívást jelentettek. Az olajos magvak nemesítésétől kezdődően kromatográfias eljárással vizsgálhatjuk a belőlük készült olajok minőségét, valamint

a szintetikus zsírsavak jelenlétét. Az ilyen vizsgálatok során egy észterezési vagy átészterezési módszert alkalmaznak, amely az én méréseim alapját is képezte.

## 2.9. Témában végzett hasonló kísérletek

Az alábbi cikkben (Lužaić és mtsai. 2023) Szerbiában és Argentínában termesztett 15 napraforgóhibridből nyert hidegen sajtolt olaj kémiai vizsgálatát, valamint oxidatív minőségének meghatározását végezték. A zsírsavösszetételen kívül itt még kitérnek a tokoferol-, fenol-, karotinoid- és klorofill-tartalomra is. A tanulmány eredményeként megállapították, hogy a legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsav a linolsav volt, ezt követte az olajsav majd a palmitinsav. A kísérlet azért is volt hasznos, mert itt már a napraforgóra ható külső környezeti tényezők is jelentősen eltértek, hiszen Szerbia és Argentína más éghajlati övben fekszik. Az eredmények értékelése során arra jutottak, hogy a leginkább differenciáló komponensek a két légkörön termesztett hibridek között, a fenolok, a klorofill, a linolsav és az olajsav.

Egy másik tanulmányban (Özcan és mtsai. 2024) sokkal szélesebb spektrumban vizsgáltak napraforgó mintákat. Az olajtartalom mellett a mintákat vizsgálták még nedvességtartalom, színértékek, fehérjetartalom, összes fenoltartalom, antioxidáns aktivitás, zsírsavösszetétel, valamint ásványianyag tartalom alapján is. A tanulmányban azt nem vizsgálják, hogy ezek a vizsgálati paraméterek hatással vannak-e egymásra, csak a paraméteren belül értékelik külön-külön a mintákat. A konklúziót az egyes paramétereknél a termőhelyre, éghajlatra és a betakarítás idejére vezetik vissza. Az olajsavtartalmat tekintve azonban kiemelhető, hogy domináns zsírsavként linol-, olaj-, palmitin- és sztearinsavat azonosítottak a mintákban. Kétfajta hibridet emelnek ki, az „Aromatic”, valamint az „Arsentic” típust, melyekben a legalacsonyabb linolsav-tartalmat és a legmagasabb olajsaveredményeket mérték. Az egyéb mérések eredményeket elemezve arra a következtetésre jutottam, hogy a jövőben érdemes olyan további paramétereket vizsgálni, amik megmagyarázzák a fent említett jelenséget, a pontosabb összehasonlítás érdekében.

Található olyan tanulmány is, ahol például az extrakció során használt oldószereket hasonlították össze, és azt nézték, hogy a különböző oldószerek milyen kihozatali arányt eredményeznek. Bontzolis és munkatársai az alábbi tanulmányban (Bontzolis és mtsai. 2024) azt is vizsgálták, hogy eltérő oldószerekkel és extrakciós idővel milyen kihozatali eredményeket kaphatunk. Az oldószer típusa azért befolyásolja az extrakciós hozamértékeket, mivel függ a molekuláris szerkezettől és a polaritástól. Az említett tanulmányban például azt figyelték meg, hogy a víz oldószerként való használata szignifikánsan magasabb extrakciós hozamot

eredményezett minden vizsgált extrahálási időben, mint a többi oldószer, melyeknek hasonló volt a kihozataluk.

Tóth Júlia SZAKDOLGOZAT

### 3. Alkalmazott módszerek

#### 3.1. Kísérletek, mérések helye

A méréseket a Mertcontrol Hungary Kft, kerepesi laboratóriumában végeztem. A laboratórium fő profilja a szemes termények és olajos magvak vizsgálata. A labor rendelkezik minden olyan műszerrel és berendezéssel, melyre a kísérlet elvégzéséhez szükségem volt.

#### 3.2. Felhasznált növényanyag

A szakdolgozatom elkészítéséhez 6 db különböző helyről és különböző forrásból érkezett napraforgómagot használtam. A minták beérkezésekor már rendelkezésünkre állnak különböző háttérinformációk a terményről. Mivel a napraforgó esetében a magas olajsavtartalmat egy speciális hibrid termesztése eredményezi, a megrendelőtől már kapunk annyi információt, hogy a hibridet termesztette-e vagy nem. Ezenfelül előfordul, hogy a magas olajsavtartalmú napraforgók mérése során mégsem kapjuk meg a 80 % feletti eredményt, ezért is van szükség az olajsav vizsgálatra. A kiválasztott mintáimról pont ilyen előzetes mérésekből tudtam, hogy melyik alacsony és melyik magas olajsavtartalmú, így csoportosítottam őket, amelyet az 3. táblázatban foglaltam össze. A számok a minták beazonosítását szolgálják, az eredmények a korábbi Yoda műszerrel történő olajkinyerés gázkromatográffal való értékeléséből származnak. Ezek az előzetes mérések abban különböznek az általam végzett mérésektől, hogy ebben az esetben nem történt meg a minták tisztaságolása, vagyis a szennyező anyagok, a por és a különböző szennyeződések eltávolítása. A dolgozat további részében a minták megnevezésében a napraforgó szót „NF”-nek szeretném rövidíteni.

#### 3. Táblázat: Felhasznált növényanyag

<b>Alacsony olajsavtartalmú napraforgó minták</b>	<b>Magas olajsavtartalmú napraforgó minták</b>
Napraforgó1 – 25,4%	Napraforgó2 – 87,7%
Napraforgó5 – 32,7%	Napraforgó3 – 85,5%
Napraforgó6 – 34,0%	Napraforgó4 – 80,8%

#### 3.3. Felhasznált vegyszerek, reagensek

A Soxtec extrakció folyamán a felhasznált oldószer a Thomasker gyártó hexánja volt. A kromatográfiás mérésekhez pedig a mintaelőkészítés során szükségem volt izooktánra, amelyet Honeywell gyártótól szereztünk be, metanolos kálium-hidroxid oldatra, melyhez a VWR

Chemicals metanolját és a Thomasker kálium-hidroxidját használtam, valamint nátrium-klorid oldatra és nátrium-hidrogén-szulfátra, mely szintén Thomasker gyártmány.

### 3.4. Mérések során használt készülékek

A Soxtec extrakció során a Foss vizesdarálót, valamint Tecator Soxtec System HT 1043 Extraction Unit típusú berendezést használtam. A meleg préseléshez Yoda márkájú YDZY02A1 modellű háztartási kisgépet, a gázkromatográfiás vizsgálatnál pedig HP-5890-es műszert használtam.

### 3.5. Mintaelőkészítés és vizsgálati módszerek

A mintaelőkészítés legfontosabb lépése a minták homogenizálása, vagyis keverése volt. Ezt követte a hat minta három fajta méréshez történő kiosztása, az extrakcióhoz nagyjából 200 gramm mintát mértem ki, a préselésekhez ennél kevesebbet 100-150 gramm közötti mennyiséget. A következő lépés a további mérésekhez a minta megtisztítása volt. Ehhez napraforgó és repce rostát használtam. A tisztaságolás során a mintát a rostákban körkörös mozdulatokkal megráztam, ekkor a por és a kisebb szennyeződések átestek. A rostán felül maradt napraforgó mintákból a mérésekhez csak a nagyobb botokat, ágakat és azokat a nem napraforgómag származékokat kellett eltávolítani csipesz segítségével, amik nem tették lehetővé a minta homogén jellegét.

#### 3.5.1 Soxtec extrakció

A Soxtec extrakció előkészületet, valamint vizsgálatot az MSZ-EN-ISO 659:2010 Olajmagvak. Az olajtartalom meghatározása („MSZ EN ISO 659:2010 Olajmagvak. Az olajtartalom meghatározása”, é. n.) szabvány szerint végeztem el.

A Soxtec extrakcióhoz a mintát vizes darálóval daráltam le, hogy a magot feltárhassam. A darálóba beleöntöttem egy adagot a mintából, ez körülbelül három evőkanálnyi mennyiséget jelent, és először kétszer tíz másodpercig daráltam. A második darálás után egy kártyával leszedtem a daráló falára kicsapódott mintát és újra a kés környékére halmoztam a mintát, hogy tovább tudjam aprítani. A harmadik kör után ezt újra megismételtem és még egyszer tíz másodpercig daráltam. Ezután, a tégelyből maradékmentesen kikapartam a kártya segítségével a darát, és egy műanyag lapon homogenizáltam, és óvatos mozdulatokkal szétszedtem a gombóccá összeállt részeket, ezzel a lépéssel óvatossá kell lenni, hogy ne ragadjon le a lapra a minta.

A Soxtec berendezéshez tartozó hüvelyeket előkészítettem, a mintákat két párhuzamosban mértem be, ezért egy mintához két darab hüvely tartozott. A hüvelyek aljára egy-egy vattát helyeztem, majd a hüvely letárázása után három és öt gramm közötti mennyiséget mértem bele. A tetejére ismét vattát helyeztem úgy, hogy tömören zárt legyen. A berendezéshez a hüvelyek mellett tégelyekre is szükségem volt, mely az olaj gyűjtésében fontos. A tégely alján forrkövek találhatóak, melyek biztosítják, hogy az olaj ne égjen le a magas hőmérsékleten a tégely aljára. Az adott számú hüvelyhez tartozó tégely tömegét lemértem és feljegyeztem.

A berendezés elszívófülke alatt található, a berendezés egy zárt rendszer, tehát a vegyszer nem tud elpárologni, de mivel szerves oldószerrel, hexánnal dolgozunk, ezért szükség van a biztonságra. A mérést akkor kezdhethetjük meg, hogyha a berendezés elérte a 130 – 140 °C közötti hőmérsékletet. A mágnesek segítségével felhelyeztem a berendezésre a hüvelyeket. Az extrakció megvalósításához a tégelyekbe 40 ml hexánt mértem be, a hüvelyek alá helyeztem és a karok segítségével a hüvelyeket beengedtem a tégelyekbe, közben pedig elindítottam a vízhűtést. Az első folyamat a minta oldószerben történő áztatása. Ez a lépés 45 percig tart, ehhez stoppert állítottam.

A 45 perc letelte után a hüvelyeket újra felhúztam a tégelyből és elindítottam a 90 percre állított órát. Ezalatt az idő alatt történik meg az oldószer desztillálása. A visszacsöpögő oldószer a hüvelyből kimossa az olajat. A 90 perc letelte után a csapokat elforgattam, ezzel az oldószer útját elzártam, a feldesztillált oldószer ilyenkor már nem tud visszafolyni, így visszanyerhető a hexán jelentős része is. Ez a folyamat újabb 20 percig tart. A 20 perc letelte után a berendezésen be lehet állítani, hogy a tégelyre levegőt engedjünk, ezzel az oldószer egy része elpárologtatható. Ez a folyamat már csak 5 percig tart.

Miután a hexános tégelyeket óvatosan eltávolítottam a forró berendezésről, 30 percre 103°C-os szárítószekrénybe helyeztem. A szárítószekrényből kivett mintákat exszikkátorban hagytam kihűlni, majd a tégely tömegét visszamértem. Kivonva a visszamért tömegből az üres tégely tömegét megkaptam az olajkihozatal mennyiségét.

### 3.5.2 Kézi préselés

A hidegen sajtolt olajhoz kézi préselési technikát alkalmaztam. A prés a 2. számú ábrán látható.

2. ábra: Kézi prés (saját kép)



A tiszta mintát a tégelybe öntöttem, majd ráhelyeztem a súlyként szolgáló tetőt. Kialakításából adódóan, a két oldalán bemarás található, melyen az olaj fel tud préselődni, és befolyani a tégely nyílásába. A folyamat megvalósításához erő kifejtésére van szükség. Ehhez a keret és a tető közé egy hidraulikus emelőt helyeztem, és azt kezdtem el emelőkarral felpumpálni, ami ahogy a keretben megakadt, elkezdte a súlyt lenyomni és megkezdődött a préselés. Az olaj elkezdett felnyomódni a bemarás mentén, majd a kifolyóból a gyűjtőpohárba gyűlt össze. A préselt olaj tiszta, ezért nem szükséges szűrni. A megroppantott magok a tégelyben maradnak és belőlük semmilyen szennyezés, vagy héj rész nem kerül az olajba. A minták között a tégelyből a mintát eltávolítottam és alkohollal tisztítottam.



### 3.5.3 Yoda présgép

A melegen préselést a 3. ábrán látható Yoda márkájú, alapvetően konyhai környezetbe szánt kisgéppel oldottam meg. A laborban korábban az előzőekben említett kézi prést alkalmazták, viszont a megnövekedett mintaszámok és vizsgálatok indokoltá tették a váltást.

3. ábra: Yoda prés (saját kép)



A bekapcsolást követően 7 darab opció közül választhatunk, hiszen a különböző terményekhez, mint például a repce, dió, mogyoró és a napraforgó préseléséhez a gép különböző hőmérsékletet alkalmaz. Kiválasztva a napraforgó programot a gép elkezd fűteni. Elsőkörben a mintámnak a felét öntöttem a tartályba, és ezt egy gyűjtőpohárba hagytam kicsöpögni. Erre azért van szükség, hogy a minták között „átöblítsük” a gépet, megakadályozva az esetleges keresztszennyeződést. Miután az első fele lepréselődött kicseréltem a poharat a kifolyó nyílás alatt, amibe előzetesen egy szűrőpapírt hajtottam, hiszen a kézi préssel ellentétben itt egy kissé zagyos olaj csöpög ki, mert a présben található csigák kihordhatják a héj- valamint a mag darabokat. Ezután beleöntöttem a maradék mintát és újra elindítottam a gépet. Már a szűrés pillanatában is képet kaphattam arról, hogy az adott napraforgó melyik csoportba tartozik, hiszen a magas olajsavtartalmú olajok rendszerint hamarabb átszűrődtek.

### 3.5.4 Gázkromatográf előkészítés

A GC-s vizsgálathoz való mintaelőkészítés mindegyik préselési módszernél ugyanaz volt, melyet az MSZ EN ISO 12966-2 Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek gázkromatográfiás meghatározása című szabvány („MSZ EN ISO 12966-2 Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek gázkromatográfiás meghatározása”, é. n.) alapján végeztem, azon belül is az 5.2. Gyors módszerrel. A módszer elve, hogy a zsírsav-metil-észterek metanolos kálium-hidroxiddal folytatott átészterezés során képződnek, azonban ezzel a módszerrel a szabad zsírsavak nem észtereződnek.

Az olajból először pipetta segítségével egy öt ml-es centrifuga csőbe 100 mg mennyiséget bémértem analitikai mérlegen két párhuzamosban 0,1 mg pontossággal. Ezután ebbe a centrifugacsőbe még 2 ml izooktánt és 100 µl metanolozott 2 mol/L kálium-hidroxid-oldatot pipettáztam bele, majd vortex segítségével homogenizáltam. Az oldat először kitisztult és átlátszóvá vált, majd rövid idő eltelte után ismét zavarossá alakult, mivel a metanolozott oldat hatására a glicerin levált a láncról, megtörtént az átészterezés. Így hagyjuk állni 2 percet. Ehhez 2 ml nátrium-klorid oldatot pipettáztam és összeráztam. Ebből a keverékből az izooktános fázist leszívtam, mintatartó üvegbe helyeztem és körülbelül 1 gramm mennyiségű nátrium-hidrogénszulfátot adtam hozzá. Ennek a sónak a víz megkötésben van szerepe. A GC-hez használatos viálba 995 µl i-oktánt és 5 µl mintát pipettáztam. A minta végül 1000-es hígításban kerül a kromatográfba.

A gázkromatográfiás berendezésben az injektor hőmérséklete 250 °C, a kemencében a kezdeti hőmérsékletet 2 percig 100 °C-on tartottuk, majd percenként 10 °C-os emelkedéssel addig fűtöttük, amíg elérte a 240 °C-ot és 5 percig ezen a hőmérsékleten üzemeltük. Az FID, vagyis lángionizációs detektor hőmérséklete 280 °C. Az oszlop a Phenomenex cég által gyártott Zebtron Zb-Fame típusú oszlop volt, amely 30 m hosszú, 0,25 mm átmérőjű és a filmvastagsága 0,2 µm. A műszerben a vivőgáz 5.0-ás, azaz 99,999 térfogatszázalékos hélium. A méréshez injektált minta mennyisége 1 µl. Az elválasztott komponensek azonosítását a detektor által képzett és továbbított jel teszi lehetővé. Ez képezi a kromatogramot, ami az elválasztott komponensek detektorjel-idő függvénye. Az azonosításhoz a zsírsavak retenciós idejét vizsgáljuk a standardek retenciós idejével való összehasonlításával. Az azonosításkor területnormálást végzünk, az egyes savak területét viszonyítjuk a zsírsavak teljes területéhez, így egy százalékos eredményt kapunk.

### 3.5.5 Értékelés módja

Az eredmények kiértékeléséhez Microsoft 365 Excel táblázatkezelőt használtam. A programot a számolások elvégzésére, valamint táblázatkészítésre is használtam. A mérésem során nem dolgoztam nagy mennyiségű mintával, így az eredmények szemléltetésére táblázatokat és diagramokat használtam.

Az eredmények pontosabb összehasonlítása érdekében, a Microsoft 365 Excel táblázatkezelőjében egytényezős varianciaanalízist, azaz ANOVA analízist is végeztem.

Tóth Júlia SZAKDOLGOZATI

## 4. Kísérleti eredmények és értékelésük

### 4.1. Soxtec extrakció olajkihozatal

A Soxtec extrakció során a napraforgódarából oldószerrel nyerjük ki az olajat. Az előkészítés során azért szükséges lemérni az üres tégely tömegét, hogy az extrakciós folyamatot és a szárítást követő visszaméréssel megkapjuk az olajkihozatalt. Az olajkihozatal eredményeit a 4. számú táblázatban foglaltam össze. A táblázat tartalmazza az adott mintából a hüvelybe bemért mennyiséget, az üres, valamint a visszamért tégely tömegét és az olajkihozatalt. Az olajkihozatal számolásához az alábbi [1]-es számozású képletet használtam:

$$\text{visszamért tégely tömege (g)} - \text{üres tégely tömege (g)} = \text{kihozatal (g)} \quad [1]$$

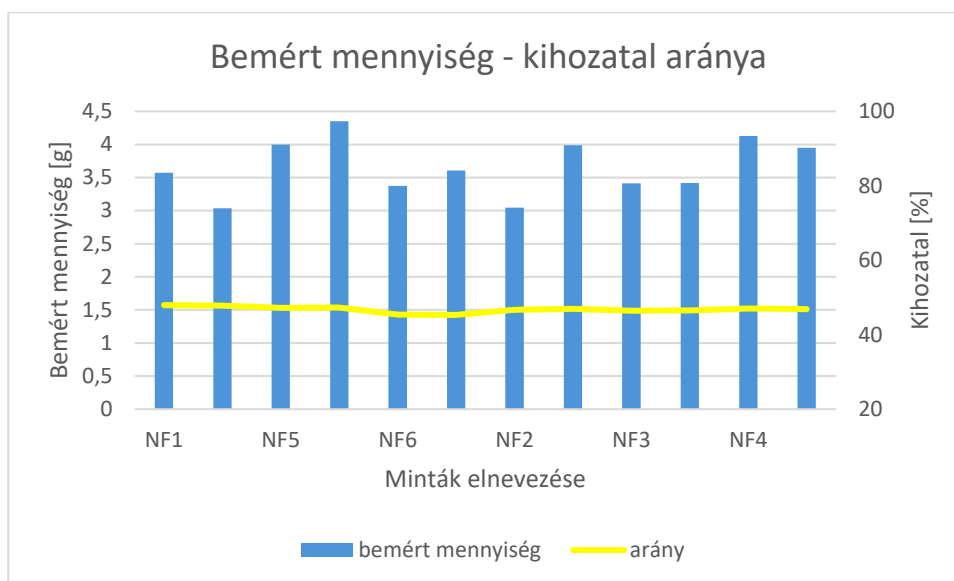
4. Táblázat: Olajkihozatal eredményei

Minta száma	Bemért mennyiség [g]	Üres tégely tömege [g]	Visszamért tégely tömege [g]	Kihozatal [g]
NF1	3,5722	20,6693	22,3818	1,7125
	3,0333	20,6353	22,0863	1,4510
NF5	3,9994	25,7490	27,6373	1,8883
	4,3527	26,1730	28,2322	2,0592
NF6	3,3743	27,0169	28,5505	1,5336
	3,6047	26,3035	27,9372	1,6337
NF2	3,0448	22,7112	24,1323	1,4211
	3,9883	22,4691	24,3418	1,8727
NF3	3,4129	22,5840	24,1694	1,5854
	3,4154	10,9333	12,5228	1,5895
NF5	4,1272	20,7623	22,7022	1,9399
	3,9481	20,7044	22,5559	1,8515

A 4. számú ábrán látható az adott minták esetében a bemért mennyiség, valamint a kihozatal aránya. A kihozatal arányát az alábbi, [2]-es számozású képlettel számoltam ki:

$$\frac{\text{visszamért tégely tömege (g)}}{\text{üres tégely tömege (g)}} \cdot 100 [\%] \quad [2]$$

4. ábra: A bemért mennyiség és kihozatal aránya



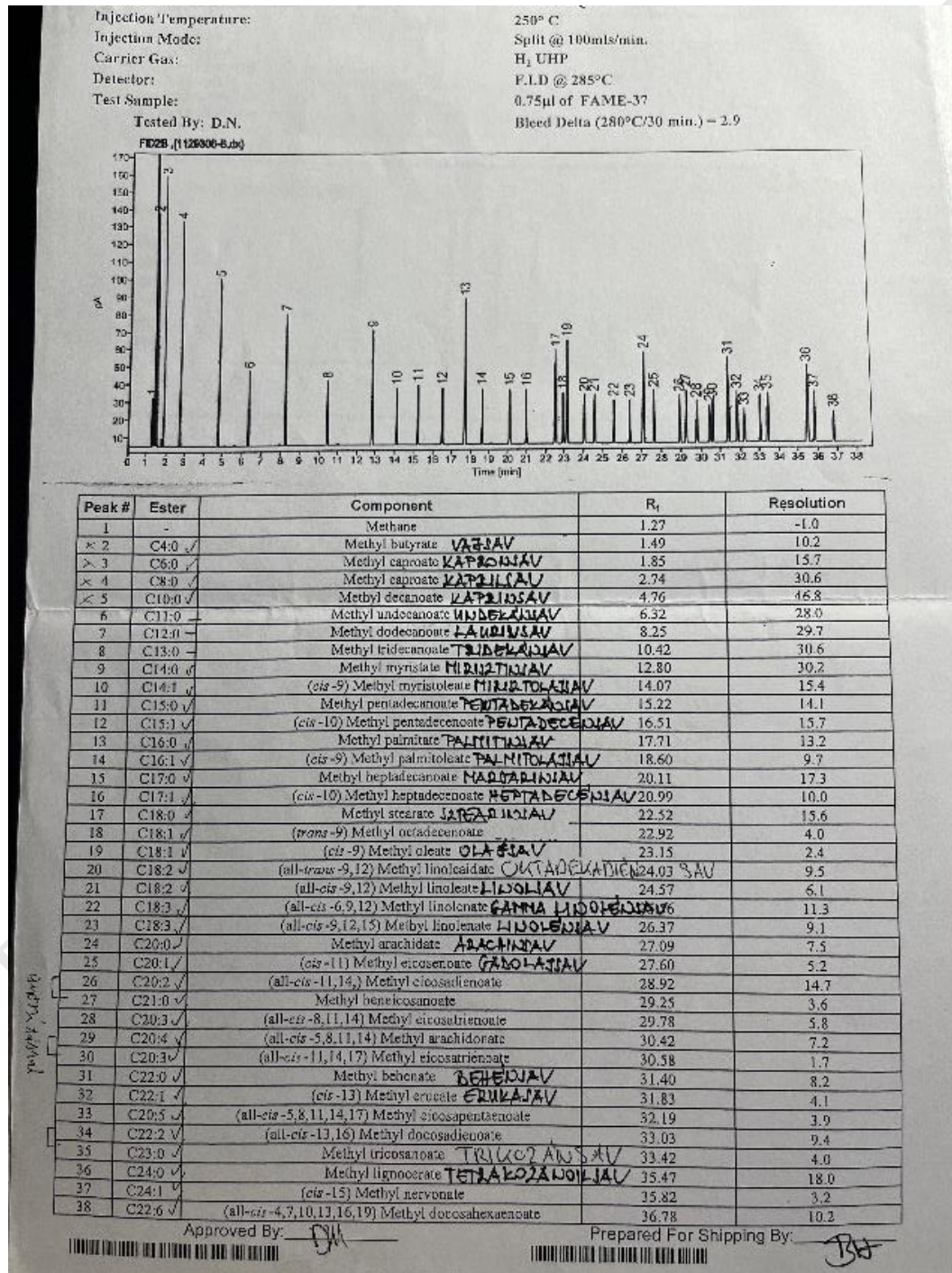
A diagramon, ha jobban megfigyeljük a kihozatali görbét, melyen jól látható, hogy egyik minta esetében sem érte el a kihozatal az 50%-ot. A jobb oldali y-tengelyen a kihozatal százalékos értékeinél azért választottam a húsz és száz közötti skálát, hogy az eredmények jól láthatóak legyenek. A legmagasabb kihozatali értéket az NF1-es minta első bemérésénél tapasztaltam. Megállapítható, hogy a bemért mennyiség és a kihozatal nem áll összefüggésben egymással, hiszen például a NF5-ös vagy a NF2-es mintából nagyobb mennyiséget mértem be a mintatartó hüvelyekbe, ehhez képest látható, hogy a kihozatali eredmények szinte azonosak.

Az eredményeim alapján azt sem mondhatjuk ki egyértelműen, hogy a kihozatal összefüggésben lenne a minta olajsavtartalmával, hiszen a NF5-ös minta az alacsony olajsav tartalmú minták közé tartozik. Munkám során nem volt lehetőségem a kézi, valamint a meleg préselés olajkihozataláról eredményeket gyűjteni, így csak az ott szemmel tapasztaltakkal tudom összehasonlítani a kihozatalt. Mindenképpen kiemelném, hogy a másik két préselés közben én azt tapasztaltam, hogy a magasabb olajsavtartalmú mintákat könnyebb préselni. A Yoda meleg prés esetében hamarabb szűrődött át az olaj a szűrőn, a kézi prés esetében pedig gyorsabban áramlott fel a kapillárisokon az olaj. Nyilván ebből nem vonhatunk le messzemenő következtetéseket, hiszen a mag pontos fajtája és morfológiája, héja is befolyásolja azt, hogy ilyen esetben milyen a kihozatala. Egy vékonyabb héjú magot könnyebb feltárni, majd kiextrahálni a benne található olajat.

## 4.2. Gázkromatográf eredmények

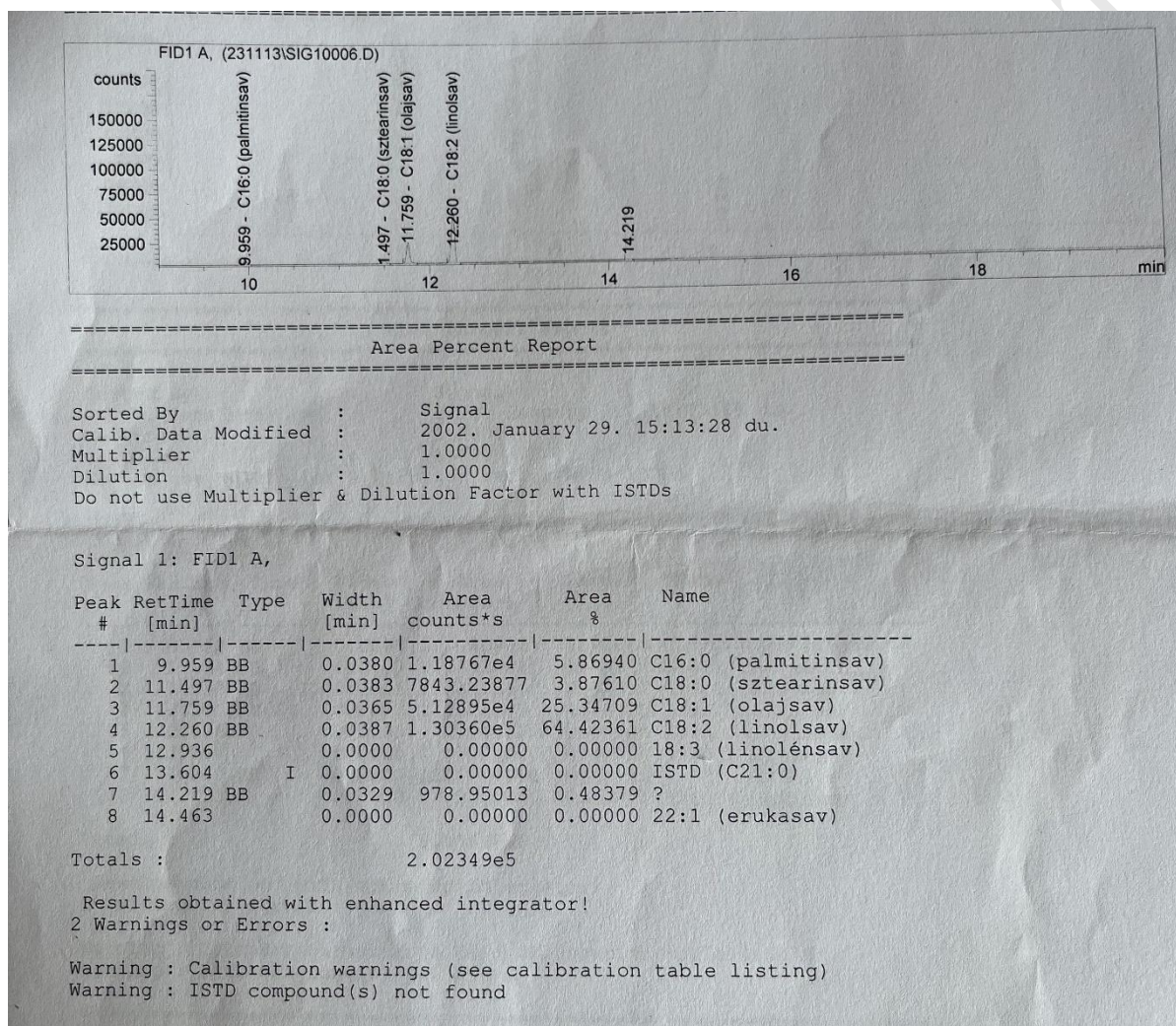
A laborban használt HP 5890 gázkromatográf által kirajzolt kromatogramon 38 különböző csúcst tudunk megkülönböztetni. Egy-egy csúcshoz különböző telített, valamint telítetlen zsírsav tartozik. Az 5. számú ábrán a kromatográf által kimutatott zsírsavak és a kromatogramon foglalt helyük látható.

5. ábra: Kromatogram (forrás: Phenomenex – Zebron Zb-Fame kolonna teszt)



A mérés során hat darab különböző mintát vizsgáltam háromfajta különböző módszerrel, minden esetben két párhuzamossal melyek eredményét a kromatográfal és a mérés eredményeként kapott kromatogramokkal tudtam összehasonlítani. Az összes kromatogram és eredmény bemutatására a terjedelem miatt nincsen lehetőségem, viszont a 6. ábrán szeretném bemutatni, hogy a kiválasztott NF1-es mintám esetében milyen eredményeket kaptam a Soxtec extrakció vizsgálatokor.

6. ábra: NF1 Soxtec extrakció eredménye



Mivel a vizsgálatom célja az olajsav mennyiségének összehasonlítása volt, ezért számunkra most a harmadik csúcs a fontos. Mint ahogy már korábban a gázkromatográfáról szóló részben említettem a kapott érték számunkra egy adott területből adódik. Az 5. és 6. számú táblázatokban szeretném összefoglalni az egyes mintákhoz tartozó, különböző módszerekkel kapott olajsav eredményeket. Az egyszerűbb áttekintés érdekében külön vettem az alacsony és a magas olajsavtartalmú mintákat.

5. Táblázat: Alacsony olajsavtartalmú minták eredményei

Minta száma	Soxtec extrakció eredmény [%]	Yoda présgép eredmény [%]	Kézi préselés eredmény [%]
NF1	25,33638	25,62872	25,43317
	25,34709	25,33959	25,33505
NF5	29,92308	30,96035	31,21395
	29,92939	31,50985	31,41343
NF6	32,06764	32,12604	32,44828
	31,97646	32,14768	32,49469

6. Táblázat: Magas olajsavtartalmú minták eredményei

Minta száma	Soxtec extrakció eredmény [%]	Yoda présgép eredmény [%]	Kézi préselés eredmény [%]
NF2	87,75661	89,52245	89,35616
	89,13175	89,64520	89,34097
NF3	84,06257	86,36694	85,32243
	84,04885	86,42957	85,35775
NF4	80,76352	81,49768	80,06773
	80,72099	81,50370	80,00844

A fenti két táblázat adataiból látszódik, hogy az alacsony olajsavtartalmú mintáknál a háromfajta módszer közel azonos eredményeket hozott, nagyon kevés eltéréssel. Ezalól kivételt jelenthet a NF5-ös számú minta, melynek esetében a Soxtec extrakció eredménye alacsonyabb lett, de az MSZ EN ISO 12966-4:2015 Állati és növényi zsírok és olajok, élelmiszerekből kivont zsírok és olajok („MSZ EN ISO 12966-4:2015 Állati és növényi zsírok és olajok, élelmiszerekből kivont zsírok és olajok”, é. n.) szabványban feltüntetett reprodukálhatóságot figyelembe véve, elfogadható az eredmény. A reprodukálhatóság azért fontos az esetben, hiszen különböző mintaelőkészítési módszereket hasonlítok össze.

Ezzel ellentétben a magas olajsavtartalmú mintáknál azt vehetjük észre, hogy az eredmények már különböznek. Míg a NF2-es számú minta esetében a három eredmény közel azonos, ott azt láthatjuk, hogy a Soxtec extrakció két párhuzamosa között van nagyobb eltérés. Ez adódhat a minta jellegéből, de az is elképzelhető, hogy a mintaelőkészítés vagy a mérés során történt valamilyen pontatlanság vagy hiba. A NF4-es mintánál érdemes megnéznünk a kerekített értékeket. Ha kerekítünk, akkor azt láthatjuk, hogy a Soxtec extrakcióval és a Yoda présgép első mérésénél is 81%-ot, azonban a második présgépes mintánál már 82%-ot, míg a kézi préselés esetében 80%-os olajsavtartalommal számolhatunk. A reprodukálhatóságnak ez a minta is megfelel, azonban már elgondolkoztat, hogy a présgép eredményei között miből adódhat az eltérés.



A NF3-as számú minta esetében érdekes módon a háromfajta módszer mellé háromfajta eredmény társul. A párhuzamok nagyon szépen együtt vannak, mégis kerekítve kaptunk egy 84%, egy 85% és egy 86% -os eredményt, viszont a szabványban feltüntetett reprodukálhatóságnak ezek az értékek is megfelelnek. Mivel a különböző módszerek összehasonlítása a munkám célja ezt a mintát ennek ellenére is szeretném kiemelni, hiszen ebben az esetben indulhatunk el azon a vonalon, hogy lehet, hogy a különböző módszerekkel mégis másfajta eredményeket kaphatunk. Viszont ez a hat példából csak egy eset, ezért természetesen azt sem zárhatjuk ki, hogy csak mérési pontatlanságról beszélünk.

#### 4.3. ANOVA vizsgálat eredményei

A Microsoft 365 Excel táblázatkezelő segítségével ANOVA analízist végeztem, a varianciaanalízis során a nullhipotézisem a szakdolgozat alapvető témája volt, vagyis azt szerettem volna vizsgálni, hogy a különböző olajkinyerési módszerekkel a várható érték, tehát az olajsavtartalom azonos lesz-e vagy nem. Az analízis során az értékek jobb átláthatósága érdekében maradtam a korábban megszokott módszernél, miszerint az alacsony és a magas olajsavtartalmú mintákat külön-külön vizsgáltam.

Első körben az alacsony olajsavtartalmú napaforgókat vizsgáltam, melynek eredménye a 7. számú táblázatban látható.

7. Táblázat: ANOVA vizsgálat eredményei – Alacsony olajsavtartalmú minták

<b>Egytényezős varianciaanalízis</b>	<b>Soxtec extrakció</b>	<b>Yoda présgép</b>	<b>Kézi préselés</b>
<b>Összeg</b>	87,2	88,8	89,2
<b>Átlag</b>	29,07	29,6	29,73
<b>Variancia</b>	11,74	12,81	14,44
<b>Variáncianalízis</b>	<b>Csoportok között</b>	<b>Csoporton belül</b>	<b>Összesen</b>
<b>SS</b>	0,7467	77,9933	78,74
<b>df</b>	2	6	8
<b>MS</b>	0,3733	12,9989	
<b>F</b>	0,0287		
<b>p-érték</b>	0,9718		
<b>F kritikus</b>	5,1433		

A vizsgálat során a szignifikanciaszintünk 0,05 volt. Az F-próbastatisztika értéke 0,0287, ami jóval kisebb, mint a szignifikanciaszintünkhöz meghatározott 5,1433-as kritikus érték. Azt, hogy az eredmény nem szignifikáns, azt a magas, 0,9718-as p-érték is igazolja. Ebben az

esetben tehát a nullhipotézisünket, miszerint a különböző módszerekkel azonos olajsav értékeket kapunk nem kell elutasítanunk. További páros összehasonlításra nincsen szükség.

A következő, 8. táblázatban az alacsony olajsavtartalmú mintákhoz hasonlóan összefoglaltam a magas olajsavtartalmú minták ANOVA vizsgálatának eredményeit is.

8. Táblázat: ANOVA vizsgálat eredményei – Magas olajsavtartalmú minták

<b>Egytényezős varianciaanalízis</b>	<b>Soxtec extrakció</b>	<b>Yoda présgép</b>	<b>Kézi préselés</b>
<b>Összeg</b>	253,2	257,5	254,7
<b>Átlag</b>	84,4	85,83	84,9
<b>Variancia</b>	14,89	16,64	22,21
<b>Varianciaanalízis</b>	<b>Csoportok között</b>	<b>Csoporton belül</b>	<b>Összeg</b>
<b>SS</b>	3,1756	107,4867	110,6622
<b>df</b>	2	6	8
<b>MS</b>	1,5878	17,9144	
<b>F</b>	0,0886		
<b>p-érték</b>	0,9164		
<b>F kritikus</b>	5,1433		

A szignifikanciaszint itt is 0,05 volt. Az F-próbastatisztika értéke ebben az esetben 0,0886, ami jóval kisebb, mint a szignifikanciaszintünkhöz meghatározott 5,1433-as kritikus érték. Azt, hogy az eredmény nem szignifikáns, azt a magas, 0,9164-as p-érték is igazolja. Ebben az esetben tehát a nullhipotézisünket, miszerint a különböző módszerekkel azonos olajsav értékeket kapunk nem kell elutasítanunk. További páros összehasonlításra ebben az esetben sincsen szükség.

#### 4.4. Eredmények összevetése az eredeti értékekkel

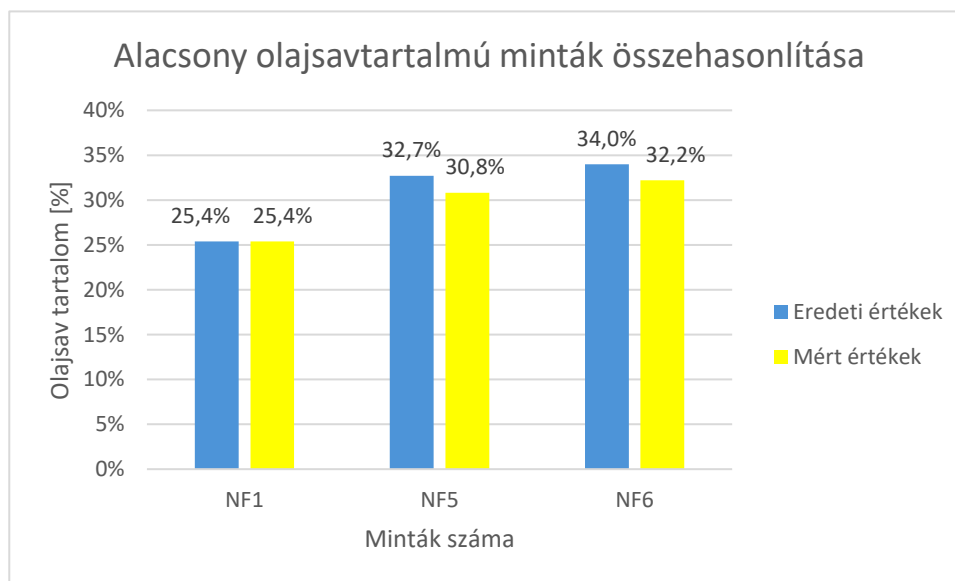
A 3. táblázatban korábban feltüntettem az előzetes mérésekből származó eredményeket, mely alapján kiválasztottam és csoportosítottam a mintákat. A következőkben az általam kapott eredményeket ezekkel szeretném összehasonlítani.

Az eredmények egyszerűbb feltüntetése érdekében a továbbiakban a párhuzamosok átlag értékeivel szeretnék számolni. A 9. számú táblázatban és 7. számú ábrán az alacsony olajsavtartalmú napraforgók eredményeit foglaltam össze.

9. Táblázat: Alacsony olajsavtartalmú minták eredményeinek összefoglalása

	<b>Soxtec extrakció [%]</b>	<b>Yoda présgép [%]</b>	<b>Kézi préselés [%]</b>	<b>Átlagok [%]</b>
<b>NF1</b>	25,3	25,5	25,4	25,4
<b>NF5</b>	29,9	31,2	31,3	30,8
<b>NF6</b>	32,0	32,1	32,5	32,2

7. ábra: Alacsony olajsavtartamú minták összehasonlítása

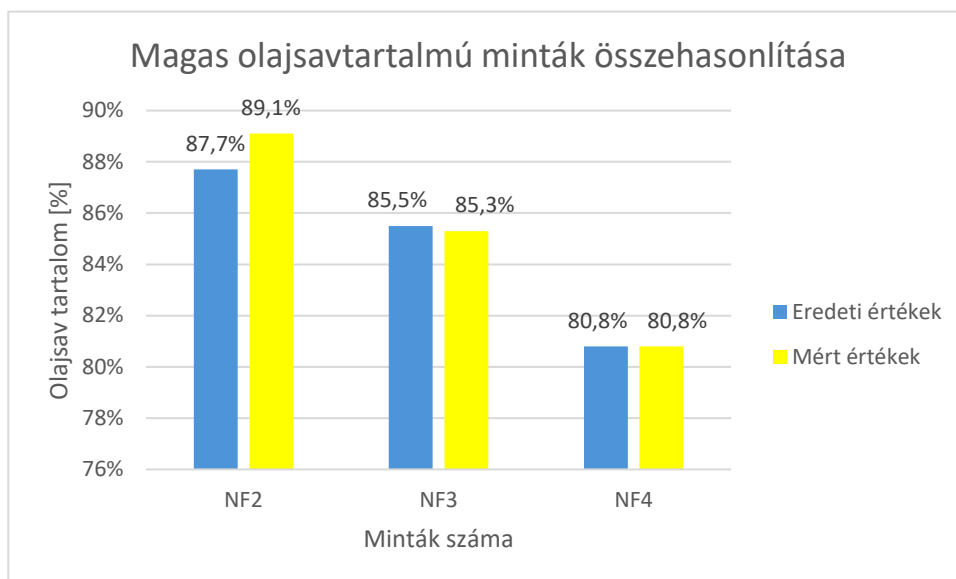


A következőkben, a 10. táblázatban és a 8. ábrán pedig a magas olajsavtartalmú napraforgók eredményeit tüntetem fel.

10. Táblázat: Magas olajsavtartalmú minták eredményeinek összefoglalása

	<b>Soxtec extrakció [%]</b>	<b>Yoda présgép [%]</b>	<b>Kézi préselés [%]</b>	<b>Átlagok [%]</b>
<b>NF2</b>	88,4	89,6	89,4	89,1
<b>NF3</b>	84,1	86,4	85,3	85,3
<b>NF4</b>	80,7	81,5	80,0	80,8

8. ábra: Magas olajsavtartalmú minták összehasonlítása



Összességében az általam kapott értékeket összehasonlítva az eredeti kiindulási értékekkel megfigyelhető, hogy az alacsony olajsav tartalmú minták esetében a NF1-es minta ugyanazt az eredményt hozta vissza, a NF5-ös mintánál jóval, 1,9%-kal alacsonyabb eredményt kaptam, amit jelentős mértékben a Soxtec extrakció eredménye húz le. A NF6-os mintánál is alacsonyabb eredményt kaptam, viszont amíg ott mindhárom mérés esetében, itt az összes eltérés 1,8%.

A magas olajsavtartalmú mintáknál az látható, hogy a NF2-es mintánál 1,4%-kal magasabb eredményt mértem. Ezzel ellentétben a NF3-as mintánál 0,2%-os eltérés figyelhető meg, míg a NF4-es minta esetében sikerült visszamérem az eredeti értéket.

## 5. Következtetések, javaslatok

A mérés eredményeimből megállapítható, hogy a különböző módszerekkel közel azonos olajsavtartalom eredményeket kapunk. A háromfajta módszernek mindnek megvan az előnye és a hátránya is. Korábbi kutatásokban az extrahálási módszerek esetében azzal is kísérleteztek, hogy a különböző oldószerekkel milyen eredmény érhető el. A dolgozatom elkészítésekor nekem erre nem volt lehetőségem, de különböző oldószerek más-más arányú felhasználása is érdekes kísérlet lehet, hogy akkor például az extrakció folyamán az olajkihozatalban találhatunk-e változást. Azt is megállapíthatjuk, hogy a meleg és a hideg préselés közt sem figyelhetünk meg az eredményekben különbséget, tehát a hőmérséklet emelése nem hat az olajsavtartalomra, nem befolyásolja azt, nem roncsolja a minta zsírsavösszetételét. Annak vizsgálata, hogy a minta további kémiai összetételére, mint például az antioxidáns-, vagy polifenol-tartalomra, így az oxidatív stabilitásra milyen hatással vannak a különböző hőmérsékleten végzett olajkinyerési módok, alapját képeznék egy további kísérletnek.

A gázkromatográffal végzett értékelés mutatta ki a módszerek közti hasonlóságot. A minimális eltérésekből adódóan felmerült a kérdés, hogy milyen további méréssel lehetne pontosabban összehasonlítani a módszereket. Megfelelő módszer lenne a továbbiakban a szabad zsírsavtartalom meghatározása titrálással, vagyis az FFA vizsgálat. A dolgozatom elkészítése alatt erre már nem volt alkalmam, de a későbbiekben ezt is egy olyan paraméternek tartanám, aminek mérésével pontosabb képet kaphatunk a minta jellegéről.

Mivel a dolgozatom elkészítésével a laboratórium munkáját is szerettem volna segíteni, hosszútávban gondolkozva megállapíthatjuk, hogy a Yoda présgép használatával is megfelelő eredményeket kaphatunk, és energia- és idő felhasználásban ez a módszer a legkedvezőbb.

## 6. Összefoglalás

A munkám célja az volt, hogy a különböző olajkinyerési módszerekkel képet kapjunk arról, hogy a módszerek és eltérő hőmérsékletek az olajsavtartalom értékében mutatnak-e bármilyen eltérést.

A szakdolgozatom alapját hat darab különböző természetű napraforgóhibrid adta. A természetéből kifolyólag megkülönböztethetünk magas és alacsony olajsavtartalmú fajtákat. A két típusnak már a kémiai összetételében is találhatunk különbséget.

Az adott napraforgó mintámon három különböző olajkinyerési módszert alkalmaztam. A minták megfelelő homogenizálása és leosztása után következett a Soxtec extrakció, egy Yoda márkájú, eredetileg konyhai kisgéppel történő melegen préselés és egy régi eszközt használva a kézi préselés módszere. A leginkább időigényes, valamint a legtöbb mennyiségű oldószert igénylő módszer a Soxtec extrakció volt. Ebben az esetben már a méréshez történő mintaelőkészítés is több lépésből áll. A magok feltárása, valamint a bemérés is időigényes. Ezután kezdődik maga az extrahálási majd szárítási folyamat, amely összesen 190 percig tart. A másik két préselési módszer az extraháláshoz képest egyszerűbb, gyorsabb és nem igényel vegyszerfelhasználást.

A kinyert olajokat gázkromatográfiás módszerrel hasonlítottam össze. A módszer egy olyan elválasztást tesz lehetővé, amelynek köszönhetően a vizsgálandó anyagunkat komponenseire tudjuk bontani. A gázkromatográf alkalmazása elterjedt az élelmiszeriparban, zsírok, olajok összetételének vizsgálatakor is rendszeresen alkalmazzák. A méréshez MSZ EN ISO szabvány alapján történik a kinyert olajok nagyműszerre való előkészítése, a vizsgálat után pedig kiértékelhetővé válik a kromatogram.

Az eredmények értékelésénél figyelembe vettem azt, hogy a Soxtec extrakció során milyen olajkinyerési eredményeket kaptam. Ezt a lépést és vizsgálatot azért tettem bele a dolgozatba, mert próbáltam összefüggést találni, hogy esetleg az alacsony vagy a magas olajsavtartalmú típusoknak jobb-e az olajkihozatala. Mivel alapvetően kis mintaszámmal dolgoztam, ebből a hat darab mintából nem tudtam ilyesfajta következtetést leszűrni. Az eredmények összehasonlításnál figyelembe vettem a párhuzamos méréseket és úgy hasonlítottam össze a különböző kinyerési módszerek eredményeit. A pontosabb eredmények érdekében ANOVA analízist is végeztem.

Összességében azt az eredményt kaptam a mérések elvégzésével, hogy a különböző olajkinyerési módszerekkel azonos olajsavtartalom eredményt kaphatunk. Mivel laboratóriumi környezetben végeztem a kísérletet, ezért olyan plusz tényezőket is érdemes szem előtt tartani, mint az idő- és költséghatékonyság. A Soxtec extrakció hosszadalmas, és vegyszerfelhasználást igényel, ezzel ellentétben a másik két préselési módszernél nincs szükségünk oldószerre. A préselési módszerek összehasonlítását tekintve a Yoda prés használatakor a hálózati áramfelhasználáson kívül a szűrőpapírról kell gondoskodnunk. A kézi préselés esetében az emberi erő a legjelentősebb tényező. A préseléshez erőre van szükség, majd utána a tégely eltakarítása is időigényes folyamat. Ezeknek a tényezőknek a figyelembevételével elmondható az, hogy a három módszer közül a leggyorsabb és legkönnyebben kivitelezhető módszer a Yoda meleg préselés, mellyel ugyanazt az eredményt kapjuk, mint a másik két módszerrel.

A mérést azonban én alacsony mintaszámmal végeztem, így az eredmények értékelésekor ezt mindenképpen érdemes mérlegelni. Pontosabb képet kaphatunk, hogyha nagyobb mintaszámmal végezzük az összehasonlítást, valamint hogyha további méréseket végzünk, mint például a szabad zsírsavtartalom meghatározás.

## 7. Irodalmi hivatkozás

- Abdalla, Ahmed A. A., Sakina Yagi, Abdelwahab H. Abdallah, Mohnad Abdalla, Kouadio Ibrahime Sinan, és Gokhan Zengin. 2021. „Phenolic Profile, Antioxidant and Enzyme Inhibition Properties of Seed Methanolic Extract of Seven New Sunflower Lines: From Fields to Industrial Applications”. *Process Biochemistry* 111 (december): 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.10.014>.
- Alara, Oluwaseun Ruth, Nour Hamid Abdurahman, és Chinonso Ishamel Ukaegbu. 2021. „Extraction of Phenolic Compounds: A Review”. *Current Research in Food Science* 4 (január): 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>.
- Atapattu, Sanka N., és Azamat Temerdashev. 2023. „Recent advances in gas chromatography injection port derivatization in analytical method development”. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 168 (november): 117334. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117334>.
- Bontzolis, Christos D., Dimitra Dimitrellou, Iris Plioni, Panagiotis Kandyli, Magdalini Soupioni, Athanasios A. Koutinas, és Maria Kanellaki. 2024. „Effect of solvents on aniseed aerial plant extraction using soxhlet and ultrasound methods, regarding antimicrobial activity and total phenolic content”. *Food Chemistry Advances* 4 (június): 100609. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100609>.
- Dr. Balla, József. é. n. *A gázkromatográfia analitikai alkalmazásai*. 2006. kiad. Köt. 2. bővített/javított kiadás. Budapest: Edison House Kft.
- Figueiredo, A. K. de, M. B. Fernández, és S. M. Nolasco. 2019. „Extraction of High Stearic High Oleic Sunflower Oil (HSHO): Effect of Dehulling and Hydrothermal Pretreatment”. *Journal of Food Engineering* 240 (január): 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.07.015>.
- Flagella, Z., T. Rotunno, E. Tarantino, R. Di Caterina, és A. De Caro. 2002. „Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids in relation to the sowing date and the water regime”. *European Journal of Agronomy* 17 (3): 221–30. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00012-6).
- Fu, Meng, Xu Shen, Hui Peng, Qiang Zhou, Jing Yun, Yue Sun, Chi-Tang Ho, Huimei Cai, és Ruyan Hou. 2020. „Identification of rancidity markers in roasted sunflower seeds produced from raw materials stored for different periods of time”. *LWT* 118 (január): 108721. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108721>.
- Gubicskóné Kisbenedek Andrea, és Szabó Zoltán. 2015. „Medicina Könyvkiadó Zrt - Élelmiszer-tudományi ismeretek • Budapest, 2015”.
- Guo, Shuangshuang, Yan Ge, és Kriskamol Na Jom. 2017. „A Review of Phytochemistry, Metabolite Changes, and Medicinal Uses of the Common Sunflower Seed and Sprouts (*Helianthus Annuus* L.)”. *Chemistry Central Journal* 11 (1): 95. <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0328-7>.
- KSH. é. n. „KSH - Fontosabb szántóföldi növények termésátlaga”. Elérés 2022. október 16. [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/mez/hu/mez0018.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0018.html).
- KSH 2021, 2021. é. n. „KSH - Főbb növénykultúrák terméseredményei, 2021”. Elérés 2022. november 20. [https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2021/index.html#lmeznybena\\_hazaikukoricasnaforgtermesztsazeurpaiuniban](https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/fobbnoveny/2021/index.html#lmeznybena_hazaikukoricasnaforgtermesztsazeurpaiuniban).
- Lužaić, Tanja, Snežana Kravić, Zorica Stojanović, Nada Grahovac, Siniša Jocić, Sandra Cvejić, Lato Pezo, és Ranko Romanić. 2023. „Investigation of oxidative characteristics, fatty acid composition and bioactive compounds content in cold pressed oils of sunflower



- grown in Serbia and Argentina”. *Heliyon* 9 (7): e18201. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18201>.
- „MSZ EN ISO 659:2010 Olajmagvak. Az olajtartalom meghatározása”. é. n.
- „MSZ EN ISO 12966-2 Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek gázkromatográfiás meghatározása”. é. n.
- „MSZ EN ISO 12966-4:2015 Állati és növényi zsírok és olajok, élelmiszerekből kivont zsírok és olajok”. é. n.
- Özcan, Mehmet Musa, Fatma Gökmen Yılmaz, Nurhan Uslu, Duygu Akçay Kulluk, Nesim Dursun, és Havvanur Yılmaz. 2024. „Determination of bioactive compounds, phenolic contents, fatty acid and biogenic element profiles of the seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes”. *Food and Humanity* 2 (május): 100222. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.100222>.
- Petrraru, Anuța, Florin Ursachi, és Sonia Amariei. 2021. „Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient”. *Plants* 10 (11): 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>.
- Rajesh, Yennam, Nabeel M. Khan, Abdul Raziq Shaikh, Venkat S. Mane, Gaurav Daware, és Ganesh Dabhade. 2023. „Investigation of geranium oil extraction performance by using soxhlet extraction”. *Materials Today: Proceedings, Advances in Chemical Engineering and Science (ACES 2022)*, 72 (január): 2610–17. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.276>.
- Roman, Olesea, Bertrand Heyd, Bertrand Broyart, Roberto Castillo, és Marie-Noëlle Maillard. 2013. „Oxidative reactivity of unsaturated fatty acids from sunflower, high oleic sunflower and rapeseed oils subjected to heat treatment, under controlled conditions”. *LWT - Food Science and Technology* 52 (1): 49–59. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.12.011>.
- Romanić, Ranko. 2020. „Chapter 17 - Cold Pressed Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) Oil”. In *Cold Pressed Oils*, szerkesztette Mohamed Fawzy Ramadan, 197–218. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00017-7>.
- Sporring, Sune, Søren Bøwadt, Bo Svensmark, és Erland Björklund. 2005. „Comprehensive comparison of classic Soxhlet extraction with Soxtec extraction, ultrasonication extraction, supercritical fluid extraction, microwave assisted extraction and accelerated solvent extraction for the determination of polychlorinated biphenyls in soil”. *Journal of Chromatography A* 1090 (1): 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.07.008>.
- Talebi, Seyed Mehdi, Niloufar Darbandi, Fatemeh Naziri, és Alex Matsyura. 2024. „Seed morphometry and fatty acid profile in oilseed and non-oilseed sunflower cultivars”. *Biochemical Systematics and Ecology* 113 (április): 104805. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2024.104805>.
- Vidal, Natalia P., Jamshid Rahimi, Benjamin Kroetsch, és Mario M. Martinez. 2023. „Quality and Chemical Stability of Long-Term Stored Soy, Canola, and Sunflower Cold-Pressed Cake Lipids before and after Thermomechanical Processing: A 1H NMR Study”. *LWT* 173 (január): 114409. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114409>.
- Wang, Dongying, Wenchang Fan, Yifu Guan, Huina Huang, Tao Yi, és Junmin Ji. 2018. „Oxidative Stability of Sunflower Oil Flavored by Essential Oil from *Coriandrum Sativum* L. during Accelerated Storage”. *LWT* 98 (december): 268–75. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.055>.
- Wilga, Joanna, Agata Kot-Wasik, és Jacek Namieśnik. 2007. „Comparison of extraction techniques of robenidine from poultry feed samples”. *Talanta* 73 (5): 812–19. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2007.04.046>.

- Zeb, Alam. 2021. „A Comprehensive Review on Different Classes of Polyphenolic Compounds Present in Edible Oils”. *Food Research International* 143 (május): 110312. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110312>.
- Zoumpoulakis, Panagiotis, Vassilia J. Sinanoglou, Eleni Siapi, George Heropoulos, és Charalampos Proestos. 2017. „Evaluating Modern Techniques for the Extraction and Characterisation of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds Phenolics”. *Antioxidants* 6 (3): 46. <https://doi.org/10.3390/antiox6030046>.

Tóth Júlia SZAKDOLGOZAT

## 8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

### 8.1. Ábrajegyzék

1. ábra: A búza és a napraforgó termésátlaga (2010-2021) (KSH, é. n.).....	7
2. ábra: Kézi prés (saját kép).....	22
3. ábra: Yoda prés (saját kép).....	23
4. ábra: A bemért mennyiség és kihozatal aránya.....	27
5. ábra: Kromatogram (forrás: Phenomenex – Zebron Zb-Fame kolonna teszt).....	28
6. ábra: NF1 Soxtec extrakció eredménye.....	29
7. ábra: Alacsony olajsavtartamú minták összehasonlítása.....	33
8. ábra: Magas olajsavtartalmú minták összehasonlítása.....	34

### 8.2. Táblázat jegyzék

1. Táblázat: Mérésben kimutatott telített zsírsavak (saját szerkesztés, Gubiczkóné Kisbenedek Andrea és Szabó Zoltán 2015 munkája alapján).....	11
2. Táblázat: Mérésben kimutatott telítetlen zsírsavak (saját szerkesztés).....	12
3. Táblázat: Felhasznált növényanyag.....	19
4. Táblázat: Olajkihozatal eredményei.....	26
5. Táblázat: Alacsony olajsavtartalmú minták eredményei.....	30
6. Táblázat: Magas olajsavtartalmú minták eredményei.....	30
7. Táblázat: ANOVA vizsgálat eredményei – Alacsony olajsavtartalmú minták.....	31
8. Táblázat: ANOVA vizsgálat eredményei – Magas olajsavtartalmú minták.....	32
9. Táblázat: Alacsony olajsavtartalmú minták eredményeinek összefoglalása.....	33
10. Táblázat: Magas olajsavtartalmú minták eredményeinek összefoglalása.....	33

## 9. Köszönetnyilvánítás

Szeretném az alábbiakban megköszönni a kerepesi Mertcontrol Hungary Kft-nek, hogy a szakmai gyakorlatom után tovább dolgozhattam náluk és hogy biztosították a helyszínt és a szükséges eszközöket és vegyszereket számomra, hogy a szakdolgozatom elkészüljön.

Külön szeretném megköszönni Illés Vince Leventének, aki segítette a témában való elindulásomat, Kovács Andreának, aki a Soxtec módszert tanította meg nekem, Kroh-Varró Adriennek, valamint Cseh Attilának, akik a gázkromatográfus előkészítésekben és a műszer megértésében és eredmények kinyerésében segítettek.

Végül, de nem utolsó sorban pedig Badakné Dr. Kerti Katalin tanárnőnek, aki összefogta az egész dolgozatomat és a tudományos és szakmai kérdésekben is mindig segítségemre volt.

Tóth Júlia SZAKDOLGOZAT

## 10. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

#### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Tóth Júlia  
A Hallgató Neptun kódja: VTIHO9  
A dolgozat címe: Különböző módokon kinyert alacsony és magas olajsavtartalmú napraforgóolajok összehasonlítása gázkromatográfiás módszerrel  
A megjelenés éve: 2024  
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Iparinövény Technológiai Tanszék

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

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

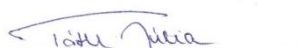
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

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

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2024 év április hó 17 nap

  
Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

Tóth Júlia : \_\_\_\_\_ VTIHO9 \_\_\_\_\_ konzulenseként  
nyilatkozom arról, hogy a  
szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének  
követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történővédelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Bp 2024 év április hó 17 nap



Badakné dr. Kerti Katalin  
belső konzulens