



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA CHEMICKÁ**

FACULTY OF CHEMISTRY

**ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ**

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

**STUDIUM MACERÁTŮ VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH  
MATERIÁLŮ V OLEJOVÝCH ZÁKLADECH**

STUDY OF MACERATES OF SELECTED PLANT MATERIALS IN OILY BASES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Martin Masár**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Jana Zemanová, Ph.D.**

**BRNO 2019**

## Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1429/2018 Akademický rok: 2018/19  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Student: **Martin Masár**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin  
Studijní obor: Potravinářská chemie  
Vedoucí práce: **Ing. Jana Zemanová, Ph.D.**

### Název bakalářské práce:

Studium macerátů vybraných rostlinných materiálů v olejových základech

### Zadání bakalářské práce:

- Literární rešerši na dané téma:
  - rostlinné oleje jako základní surovina v potravinářství a kosmetice; u vybraných bližší informace ohledně jejich složení a fyzikálně chemických vlastnostech
  - potenciál jejich využití jako extrakčního činidla
  - přehled metod pro jejich charakterizaci
- Příprava různých kombinací rostlinný olej / bylina, návrh metodiky a sledování vybraných parametrů v čase.
- Vyhodnocení a statistické zpracování naměřených dat, diskuse.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 24.5.2019:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

-----  
Martin Masár  
student(ka)

-----  
Ing. Jana Zemanová, Ph.D.  
vedoucí práce

-----  
prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.  
vedoucí ústavu

V Brně dne 31.1.2019

-----  
prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.  
děkan

## **ABSTRAKT**

Cieľom tejto práce bolo z hľadiska literárnej rešerše popísať zloženie, výrobu, vplyv na ľudské zdravie a rozmanité použitie rastlinných olejov a ich bylenných macerátov v živote človeka.

Bylenné maceráty olejov sú vlastne zmesou olejov a bylín, ktorá vzniká za účelom vytvorenia produktu, spájajúceho blahodarné účinky olejov s terapeutickými účinkami bylín. V práci boli použité avokádový a mandľový olej v kombinácii s bylinami ako baza čierna, čajovník čínsky a d'umbier lekársky. Každá bylina do určitej miery ovplyvňuje aj kvalitu oleja, čo bolo pozorované na časovej závislosti čísla kyslosti v bylenných macerátoch v porovnaní s čistými olejmi. Na kvalitu oleja z hľadiska jeho kyslosti má významný vplyv aj teplota a preto bola jedna sada vzoriek macerovaná pri laboratórnej teplote a druhá v termostate pri 35°C. Časové závislosti čísla kyslosti jednotlivých olejov a macerátov boli vynesené do grafov a porovnané. Vo väčšine prípadov nadobúdali oleje a maceráty skladované v termostate vyššie hodnoty čísla kyslosti ako tie, skladované pri laboratórnej teplote. Vplyv bylín na kyslosť oleja sa v jednotlivých typoch macerátov líšil, pričom najvyššie hodnoty čísla kyslosti nadobúdali maceráty s kvetmi bazy čiernej a najnižšie, najviac podobné čistým olejom, zasa maceráty s plodmi bazy čiernej.

Na konci experimentu boli ešte plynovou chromatografiou premerané celkové a voľné masťné kyseliny z posledného odberu (po 77 dňoch extrahovania) vzoriek, macerovaných pri laboratórnej teplote. Aj tu boli zistené určité rozdiely zloženia celkových aj voľných MK bylenných macerátov v porovnaní s čistými olejmi. Niektoré byliny vplývajú na zloženie jednotlivých viazaných a voľných MK viac, iné takmer vôbec.

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was in terms of literary research describe the composition, production, impact on human health and diverse uses of vegetable oils and their herbal macerates in human life.

Herbal oil macerates are actually a blend of oils and herbs, created to produce a product that combines the beneficial effects of oils with therapeutic effects of herbs. Avocado and almond oil were used in combination with herbs such as black elder, chinese tea tree and ginger. Each herb also affects to some extent the quality of oil, which was observed in the time dependence of acid number in herbal macerates compared to pure oils. The acidity of the oil is also significantly influenced by temperature and therefore one set of samples was macerated at room temperature and the other in a thermostate at 35°C. The time dependencies of the acidity number of the individual oils and macerates were plotted into graphs and compared. In most cases, the thermostate-stored oils and macerates obtained higher acidity than those stored at room temperature. The effect of the herbs on the acidity of the oil varied in the different types of macerates, with the highest acidity values being taken by macerates with black elder flowers and the lowest, most similar to pure oils, by macerates with black elder fruits.

At the end of the experiment, total and free fatty acids from the last sampling (after 77 days of extraction) of macerates and oils at room temperature were analysed by gas chromatography. Again, there were some differences in the composition of total and free fatty acids in herbal macerates compared to pure oils. Some herbs affect the composition of individual fatty acids more, others do not affect it almost at all.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Rastlinné oleje, tukové charakteristiky, profil mastných kyselín, bylinné maceráty olejov, degradácia olejov

## **KEYWORDS**

Vegetable oils, fatty characteristics, fatty acid profile, herbal oil macerates, oil degradation

MASÁR, Martin. *Studium macerátů vybraných rostlinných materiálů v olejových základech*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/113974>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Jana Zemanová.

## PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracoval samostatne a že všetky použité literárne zdroje som správne a úplne citoval. Bakalárska práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty chemickej VUT v Brne a môže byť využitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúceho bakalárskej práce a dekana FCH VUT.

.....

podpis študenta

*Pod'akovanie:*

*Týmto ďakujem pani Ing. Jane Zemanovej, Ph.D. a doc. Ing. Eve Vítovej, Ph.D. za cenné rady a venovaný čas pri spracovaní bakalárskej práce.*

## OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2. TEORETICKÁ ČASŤ</b> .....	<b>10</b>
2.1 Zloženie rastlinných olejov .....	10
2.1.1 Mastné kyseliny.....	10
2.1.2 Triacylglyceroly (TAG) .....	18
2.1.3 Fosfolipidy .....	18
2.1.4 Antioxidanty.....	19
2.2 Vlastnosti rastlinných olejov .....	24
2.2.1 Fyzikálne vlastnosti.....	24
2.2.2 Chemické vlastnosti .....	25
2.2.3 Skladovanie olejov .....	28
2.2.4 Bod prepálenia olejov.....	29
2.3 Výroba rastlinných olejov .....	29
2.3.1 Získavanie rastlinných olejov a tukov.....	30
2.3.2 Rafinácia olejov.....	31
2.4 Rastlinné oleje v potravinárstve .....	35
2.4.1 Tuky vo výžive človeka .....	35
2.4.2 Použitie tukov pri príprave pokrmov .....	39
2.5 Rastlinné oleje v kozmetike.....	40
2.5.1 Prírodné a syntetické oleje v kozmetike.....	41
2.6 Vybrané rastlinné oleje.....	43
2.6.1 Avokádo .....	43
2.6.2 Avokádový olej .....	43
2.6.3 Mandle.....	45
2.6.4 Mandľový olej.....	46
2.7 Macerované rastlinné oleje.....	48
2.7.1 Macerovanie .....	49
2.7.2 Použitie macerovaných olejov .....	49
2.8 Vybrané byliny .....	50
2.8.1 Baza čierna .....	50

2.8.2	Zelený čaj .....	51
2.8.3	Ďumbier lekársky .....	52
2.9	Analýza rastlinných olejov .....	53
2.9.1	Tukové charakteristiky .....	53
2.9.2	Chromatografické metódy .....	55
<b>3.</b>	<b>EXPERIMENTÁLNA ČASŤ .....</b>	<b>57</b>
3.1	Chemikálie .....	57
3.2	Plyny .....	58
3.3	Prístroje a pomôcky .....	58
3.4	Vzorky .....	58
3.5	Stanovenie vybraných tukových charakteristík .....	60
3.5.1	Stanovenie čísla zmydelnenia .....	60
3.5.2	Stanovenie čísla kyslosti .....	60
3.5.3	Stanovenie jódového čísla (podľa Hanuša) .....	61
3.5.4	Stanovenie peroxidového čísla .....	61
3.6	Analýza mastných kyselín pomocou plynovej chromatografie .....	62
3.6.1	Príprava metylesterov mastných kyselín .....	62
3.6.2	Podmienky stanovenia metylesterov mastných kyselín .....	63
3.6.3	Výpočty .....	64
3.7	Štatistické spracovanie dát .....	65
<b>4.</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUSIA .....</b>	<b>66</b>
4.1	Porovnanie tukových charakteristík čistých olejov .....	66
4.2	Časová závislosť čísla kyslosti v olejoch a olejových macerátoch .....	67
4.2.1	Avokádový olej s macerátmi pri laboratórnej teplote .....	67
4.2.2	Mandľový olej s macerátmi pri laboratórnej teplote .....	68
4.2.3	Avokádový olej s macerátmi pri 35°C (termostat) .....	68
4.2.4	Mandľový olej s macerátmi pri 35°C .....	69
4.2.5	Porovnanie čistých olejov .....	70
4.2.6	Porovnanie macerátov kvetov bazy čiernej .....	70
4.2.7	Porovnanie macerátov plodov bazy čiernej .....	71
4.2.8	Porovnanie macerátov zeleného čaju .....	71

4.2.9	Porovnanie macerátov d'umbieru lekárskeho.....	72
4.3	Výsledky stanovenia mastných kyselín plynovou chromatografiou .....	73
4.3.1	Porovnanie percentuálneho zloženia celkových MK udávaných výrobcom v certifikáte so stanovenými hodnotami.....	73
4.3.2	Percentuálne zastúpenie mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch .....	76
4.3.3	Percentuálne zastúpenie voľných mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch .....	79
4.3.4	Percentuálne zastúpenie mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch .....	81
4.3.5	Percentuálne zastúpenie voľných mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch .....	83
<b>5.</b>	<b>ZÁVER.....</b>	<b>85</b>
<b>6.</b>	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV .....</b>	<b>89</b>
<b>7.</b>	<b>ZOZNAM SKRATIEK.....</b>	<b>102</b>



# 1. ÚVOD

Oleje a tuky sa zaraďujú do skupiny lipidov. Ide o organické zlúčeniny, obsahujúce uhlík, kyslík a vodík a hlavným kritériom zaradenia zlúčenín do tejto skupiny je ich hydrofóbnosť. Lipidy sú zložkou bunkových membrán a zároveň slúžia aj ako zásoba energie. Zvyčajne sa definujú ako prírodné zlúčeniny obsahujúce viazané mastné kyseliny o viac než troch atómov uhlíka v molekule. Medzi lipidy sa zaraďujú voľné mastné kyseliny, ich mydlá, homolipidy (estery mastných kyselín a alkoholov), heterolipidy (ešte ďalšie skupiny, napr. kyselina fosforečná vo fosfolipidoch) a komplexné lipidy (aj nelipidová zložka, napr. lipoproteíny). V potravinárskej praxi sa rozoznávajú pojmy ako tvrdé tuky (loje), mazľavé tuhé látky (saddlá) a viskózne kvapaliny (oleje) [1]. Rastlinné oleje sú oleje získavané z rastlinných zdrojov. Najčastejšie zo semien, orechov, ale aj plodov rastlín [2]. Tuk je prítomný taktiež v klíčkoch tých semien, kde je hlavnou rezervnou látkou škrob (napr. klíčky obilnín) [1]. Všetky semená rastlín obsahujú olej, nakoľko ide o najkoncentrovanejšiu formu energie nevyhnutnú pre klíčenie semien [3]. Podľa typu rastliny, z ktorej sa olej získava, majú rastlinné oleje rôzne vlastnosti. Líšia sa najmä zložením mastných kyselín, ale aj obsahom iných látok ako napríklad fenolov či sterolov [2].

Z chemického hľadiska teda ide najmä o homolipidy a voľné mastné kyseliny s neutrálnym charakterom a z hľadiska potravinárskeho ide o viskózne kvapaliny (väčšina rastlinných olejov), ale aj tuhé látky (napr. kokosový tuk). Nejde však iba o zmesi triacylglycerolov s malým množstvom monoacylglycerolov a diacylglycerolov. Obsahujú taktiež okolo 1 % sprievodných látok, čo sú najmä steroly a iné terpenoidy, malé množstvo lipofilných vitamínov, uhľovodíkov, stopy fosfolipidov a iných zlúčenín [1]. O fyzikálnych vlastnostiach triacylglycerolov rozhoduje dĺžka reťazca a zastúpenie nenasýtených väzieb v jednotlivých mastných kyselinách. Rastlinné oleje, zložené z triacylglycerolov obsahujúcich najmä nenasýtené mastné kyseliny, budú preto tekuté, a tie s prevahou nasýtených mastných kyselín zasa tuhé [1, 4].

Pri rastlinných olejoch je veľmi dôležité zloženie ich mastných kyselín, obsah vedľajších zložiek, spôsob ich výroby a teda aj ich celková kvalita a stabilita [3, 5]. Rastlinné oleje tvoria podstatnú časť výživy človeka a značné využitie majú aj v kozmetickom odvetví [6]. Populárnymi produktmi z rastlinných olejov sú ich kombinácie s bylinami – tzv. maceráty. Nejedná sa o žiadnu novinku. Maceráty majú históriu v tradičnej ľudovej medicíne. Ide o rastlinné oleje, do ktorých boli vylúhované látky z bylín, pričom oleje tu slúžia ako nosič a zároveň rozpúšťadlo na extrahovanie bylinných látok s terapeutickými účinkami. Najväčšie uplatnenie bylinných macerátov je v kozmetike a starostlivosti o pleť. Dôležitými faktormi sú však doba a podmienky macerácie, ktoré môžu značne ovplyvniť výslednú účinnosť macerovaných produktov [7, 8].

Táto práca má za cieľ z hľadiska literárnej rešerše objasniť zloženie, kvalitu, degradáciu a význam rastlinných olejov v živote človeka a taktiež poukázať na možné benefity produktov, obsahujúcich kombinácie rastlinných olejov s bylinami. V experimentálnej časti je v pripravených olejových macerátoch bylín sledovaný vplyv bylín na kvalitu oleja z hľadiska jeho kyslosti a na zastúpenie jednotlivých mastných kyselín.

## 2. TEORETICKÁ ČASŤ

### 2.1 Zloženie rastlinných olejov

#### 2.1.1 Mastné kyseliny

Jedná sa o najdôležitejšiu a z hľadiska výživy najvýznamnejšiu zložku lipidov. Z chemického pohľadu ide o uhl'ovodíkové reťazce s koncovou metylovou a karboxylovou skupinou. Jednotlivé mastné kyseliny sa navzájom líšia dĺžkou reťazca, počtom a polohou násobných väzieb. Na označenie rôznych typov mastných kyselín sa používa jednoduchý vzorec C N:M. C označuje atóm uhlíka, N počet atómov uhlíka a M počet dvojitých väzieb. Na ďalšiu charakterizáciu slúži označenie cis/trans (Z/E). Vyjadruje polohu substituentov vzhľadom na dvojitú väzbu, zhodné pre celú molekulu. Cis-trans izoméry tej istej mastnej kyseliny môžu mať pre telo úplne rozdielne účinky z fyziologického hľadiska [1, 9].

V prírode sa vyskytujú tieto skupiny mastných kyselín:

- nasýtené mastné kyseliny
- nenasýtené mastné kyseliny s jednou dvojitou väzbou (mononenasýtené)
- nenasýtené mastné kyseliny s viacerými dvojitými väzbami (polyenenasýtené)
- mastné kyseliny s trojitými väzbami a s rôznymi substituentmi [1]

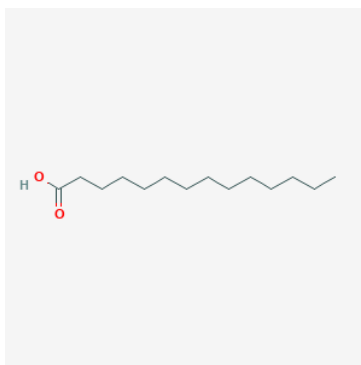
Mastné kyseliny sa ešte delia bez ohľadu na nasýtenosť väzieb podľa dĺžky reťazca. Rozoznávame nižšie mastné kyseliny (C4 – C6), mastné kyseliny so stredne dlhým reťazcom (C8 – C12) a mastné kyseliny s dlhým reťazcom (C14 a viac). Toto delenie má značný význam z hľadiska výživy [10].

Medzi mastné kyseliny, typické vo väčšom množstve pre každý rastlinný olej, patrí kyselina olejová, kyselina linolová, kyselina palmitová a kyselina stearová. V niektorých olejoch sa vo vyšších množstvách vyskytujú aj iné mastné kyseliny [3].

#### 2.1.1.1 Nasýtené mastné kyseliny (SFA)

Sú bežnou zložkou prírodných lipidov. Obsahujú bežne 4 až 38 atómov uhlíka a spravidla lineárny, nerozvetvený reťazec so zvyčajne párnym počtom uhlíkov. Patrí sem napr. kyselina butánová (maslová), kyselina hexánová (kapronová), kyselina dodekanová (laurová), či kyselina oktadekanová (stearová). V bežnej praxi sa stále využívajú ich triviálne názvy. V lipidoch potravín sú hlavnými zástupcami tejto skupiny kyselina myristová (12C, tetradekánová), kyselina palmitová (16C, hexánová) a kyselina stearová (18C, oktadekánová). Mastné kyseliny o párnom počte uhlíkov sú v malom množstve sprevádzané aj kyselinami s nepárnym počtom uhlíkov, napr. kyselinou heptadekánovou (margarovou) [1]. Telo si tieto mastné kyseliny dokáže syntetizovať samo z acetyl-koenzýmu A a nie sú preto vo výžive esenciálne [4].

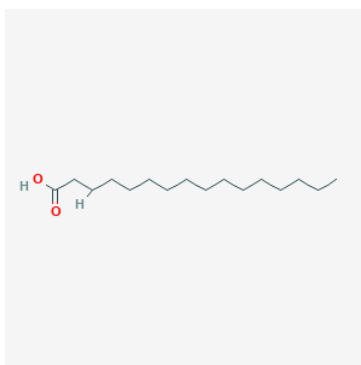
## Kyselina myristová



Obrázok 1: Kyselina myristová [11]

Kyselina myristová, alebo podľa IUPAC nomenklatúry kyselina tetradekánová, je nasýtená mastná kyselina so sumárnym vzorcom  $C_{14}H_{28}O_2$ . Skráteneý zápis je C14:0. Jej soli a estery sa označujú ako myristáty. Názov tejto kyseliny je odvodený od latinského názvu muškátového orechu (*Myristica fragrans*), v ktorom práve táto kyselina dominuje [12]. Nachádza sa aj v palmojadrovom oleji, kokosovom oleji, kravskom a materskom mlieku a v menších množstvách aj v iných živočíšnych tukoch [13].

## Kyselina palmitová

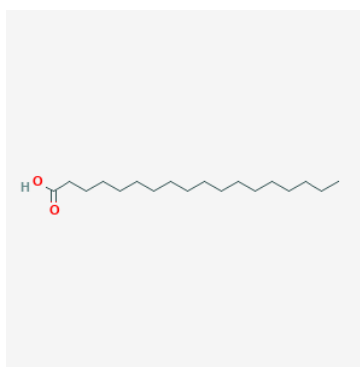


Obrázok 2: Kyselina palmitová [14]

IUPAC názvoslovím kyselina hexadekánová, je najbežnejšie vyskytujúcou sa nasýtenou mastnou kyselinou u živočíchov, rastlín a mikroorganizmov [15]. Sumárny vzorec tejto kyseliny je  $C_{16}H_{32}O_2$  a skráteneým zápisom sa označuje C16:0. Ako jej názov napovedá, je hlavnou zložkou palmového oleja. Možno ju nájsť aj v mäse, syroch, masle a iných mliečnych produktoch. Ako palmitáty sú označované soli a estery tejto kyseliny [16].

Kyselina palmitová je prvou mastnou kyselinou produkovanou pri biosyntéze mastných kyselín a takisto je prekursorom ostatných dlhších mastných kyselín. Vďaka tomu je kyselina palmitová hlavnou zložkou tiel živočíchov [17].

## Kyselina stearová



Obrázok 3: Kyselina stearová [18]

Kyselina stearová je nasýtená mastná kyselina s 18 uhlíkmi a podľa IUPAC nomenklatúry je označovaná ako kyselina oktadekánová. Jedná sa o voskovitú pevnú látku so sumárnym vzorcom  $C_{18}H_{36}O_2$ . Skrátеныm zápisom sa označuje C18:0. Jej názov pochádza z gréckeho „steár“, čo v preklade znamená loj. Soli a estery tejto kyseliny sa nazývajú stearáty. Hneď po kyseline palmitovej ide o jednu z najbežnejších nasýtených mastných kyselín nachádzajúcich sa v prírode [15].

Pri biosyntéze mastných kyselín vzniká z kyseliny palmitovej v procese zvanom elongácia [17].

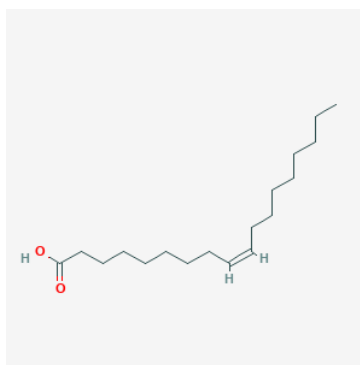
Tabuľka 1: Prehľad hlavných nasýtených mastných kyselín [1]

Mastná kyselina	Počet atómov uhlíka	Triviálny názov
butánová	4	maslová
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	myristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová
dokosanová	22	behenová
tetrakosanová	24	lignocerová
hexakosanová	26	cerotová

### 2.1.1.2 Nasýtené mastné kyseliny s jednou dvojitou väzbou (MUFA)

Inak nazývané aj ako monoénové mastné kyseliny sa medzi sebou líšia počtom atómov uhlíka, polohou dvojitej väzby alebo jej priestorovou konfiguráciou. Hlavným zástupcom tejto skupiny je kyselina olejová (kyselina cis-9-oktadecénová), ktorá predstavuje viac ako 90 % všetkých mononenasýtených mastných kyselín v potrave. Pre popis polohy dvojitej väzby v molekule sa používa rozšírený zápis, napr. pre kyselinu olejovú 18:1  $\Delta$ 9, resp. skráteným zápisom C18:1;9. Vyjadruje, že molekula má 18 uhlíkov a jednu dvojitú väzbu, nachádzajúcu sa na deviatom uhlíku od karboxylovej skupiny. Veľa menej bežných monoénových mastných kyselín sa vo väčšom množstve nachádza iba v nevýznamných zdrojoch lipidov. V potravinách sú spravidla prítomné iba v stopových množstvách. Pre tieto mastné kyseliny sa častejšie používajú ich systematické názvy. Priestorová konfigurácia býva v prirodzených zlúčeninách spravidla cis (Z) a iba ojedinele trans (E) [1]. Podobne ako pri nasýtených MK, aj mononenasýtené MK si telo dokáže vytvárať samo, a preto sa takisto zaraďujú k neesenciálnym [4].

#### Kyselina olejová



Obrázok 4: Kyselina olejová [19]

Kyselina olejová, presnejšie podľa IUPAC názvoslovia kyselina (9Z)-oktadec-9-énová, je vyššia mononenasýtená mastná kyselina. Skráteným zápisom je označovaná C18:1;9 [20].

Jedná sa o najrozšírenejšiu mastnú kyselinu v prírode. Ako jej názov správne napovedá, tvorí podstatnú časť väčšiny olejov. Soli a estery tejto kyseliny sa nazývajú oleáty [21]. Triacylglyceroly tejto kyseliny tvoria majoritnú časť olivového oleja. Vo voľnej forme však robí táto kyselina olivový olej nejedlým [22]. Ďalšími zdrojmi bohatými na kyselinu olejovú je napríklad repkový olej, avokádový olej, mandľový olej a určité formy poľtového (svetlicového) a slnečnicového oleja. Arašidy a pekanové orechy obsahujú takisto vyšší obsah kyseliny olejovej. Živočíšne tuky tiež obsahujú pomerne vysoké percento kyseliny olejovej v pomere k ostatným mastným kyselinám. Pri biosyntéze mastných kyselín je práve kyselina olejová prevládajúcou produkovanou mastnou kyselinou [23, 24, 25].

Tabuľka 2: Prehľad hlavných mononenasýtených mastných kyselín [1]

Mastná kyselina	Počet atómov uhlíka	Poloha dvojitej väzby	Izomér	Triviálny názov
decenová	10	9	cis	kaprolejová
dodecenová	12	9	cis	laurolejová
tetradecenová	14	9	cis	myristolejová
hexadecenová	16	9	cis	palmitolejová
oktadecenová	18	9	cis	olejová
eikosenová	20	9	cis	gadolejová
dokosenová	22	11	cis	cetolejová
dokosenová	22	13	cis	eruková
tetrakosenová	24	15	cis	nervonová

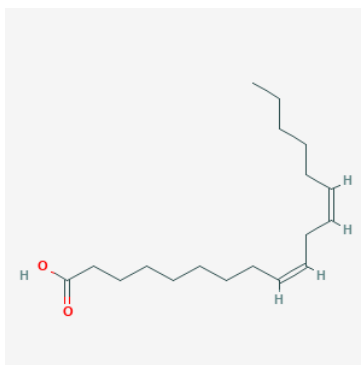
### 2.1.1.3 Nenasýtené mastné kyseliny s viacerými dvojitými väzbami (PUFA)

Polynenasýtené mastné kyseliny s dvomi izolovanými dvojitými väzbami zohrávajú veľkú úlohu najmä vo výžive. Najvýznamnejším zástupcom je kyselina linolová. Polynenasýtené mastné kyseliny tvoria taktiež izoméry. Kyselina linolová je teda presnejšie kyselina (9Z, 12Z)-oktadeka-9,12-diénová kyselina. Skráteným zápisom 18:2 cis-9, cis-12. V biologickej a takisto potravinárskej praxi sa často využíva aj triedenie podľa polohy prvej dvojitej väzby od koncovej metylovej skupiny. Rozoznáva sa tak rada n-6 (omega-6) a n-3 (omega-3). Kyselina linolová je teda podľa tohto radenia zástupcom omega-6. Označiť ju je teda možné aj ako 18:2 ω6 [1].

Medzi zástupcov s tromi dvojitými väzbami patrí najmä kyselina linolénová, často označovaná aj ako kyselina α-linolénová [1].

Polynenasýtené mastné kyseliny sú vo výžive esenciálne. Sú to dôležité prekurzory fosfolipidov v bunkových membránach a eikosanoidov, ktoré sú odvodené od kyseliny arachidonovej [4].

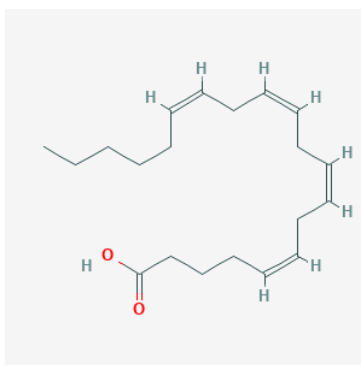
## Kyselina linolová



Obrázok 5: Kyselina linolová [26]

Jedná sa o polynenasýtenú omega-6-mastnú kyselinu s 18 uhlíkmi a dvoma dvojitými väzbami v polohe 9 a 12 vzhľadom na karboxylovú skupinu. V skrátenej forme sa zapisuje ako C18:2;cis-9, 12 [23]. IUPAC názvoslovím sa označuje ako kyselina (9Z, 12Z)-oktadeka-9, 12-dienová a sumárny vzorec je C<sub>18</sub>H<sub>32</sub>O<sub>2</sub> [27].

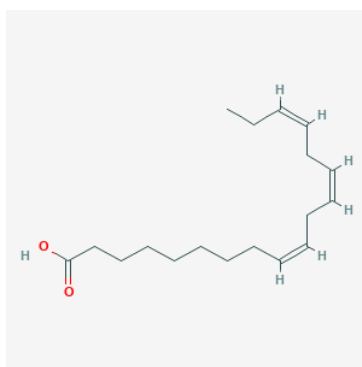
V prírode sa nachádza najmä v rastlinných olejoch, a to vo forme triacylglycerolov, alebo voľne. Predstaviteľom je napríklad kukuričný olej, sójový olej a určité formy svetlicového a slnečnicového oleja s vyšším obsahom tejto kyseliny [23].



Obrázok 6: Kyselina arachidonová [28]

Kyselina linolová patrí medzi esenciálne mastné kyseliny. V tele sa z nej tvorí kyselina arachidonová (C<sub>20</sub>:4; n-6), ktorá je prekurzorom niektorých dôležitých signálnych molekúl, ako napr. eikosanoidov. Kyselina arachidonová sama o sebe nie je plne esenciálnou a stáva sa ňou iba pri obmedzenom príjme jej prekurzoru – kyseliny linolovej. Nedostatok kyseliny linolovej sa u človeka prejavuje suchosťou kože, stratou vlasov, alebo zhoršeným hojením rán [4, 23].

## Kyselina linolénová

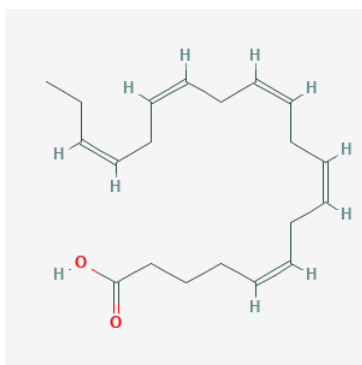


Obrázok 7: Kyselina  $\alpha$ -linolénová [29]

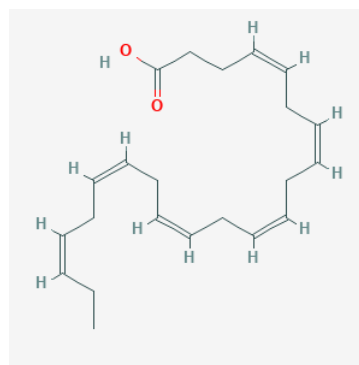
Ide o najvýznamnejšieho zástupcu spomedzi polyneenasýtených mastných kyselín s tromi dvojitými väzbami. IUPAC nomenklatúra ju označuje ako kyselinu (9Z, 12Z, 15Z)-oktadeka-9, 12, 15-triénovú so sumárnym vzorcom  $C_{18}H_{30}O_2$ . V skrátenej forme sa označuje C18:3, cis-9, 12, 15 a patrí do radu omega-3-mastných kyselín (n-3). Označuje sa aj ako  $\alpha$ -linolénová kyselina na zvýraznenie odlišnosti od jej izoméru, kyseliny  $\gamma$ -linolénovej (n-6), ktorá má rozdielnu fyziologickú účinnosť [1, 23, 30].

V prírode sa vyskytuje najmä v oleji z ľanových semienok a v menších množstvách je prítomná aj v iných rastlinných olejoch. Dobrým zdrojom je aj repka olejná a vlašské orechy [23, 31].

Z hľadiska ľudskej výživy ide o esenciálnu mastnú kyselinu. V tele sa z nej syntetizujú kyselina eikosapentaénová EPA ( $C_{20}:5$ ; n-3) a kyselina dokozahexaénová DHA ( $C_{22}:6$ ; n-3). Pri obmedzenom príjme ich prekursoru, teda kyseliny  $\alpha$ -linolénovej, sa obe taktiež stávajú esenciálnymi. Obe kyseliny sú významnou súčasťou membránových fosfolipidov väčšiny tkanív a taktiež sú prekursorom určitých typov eikosanoidov. Ich vhodným zdrojom je rybí olej [4, 23].



Obrázok 8: Kys. eikosapentaénová [32]



Obrázok 9: Kys. dokozahexaénová [33]

Pri nedostatku esenciálnych mastných kyselín všeobecne dochádza k zmenám v zložení lipidov v mnohých tkanivách, najmä v bunkových membránach, a znižuje sa aj účinnosť oxidácie mastných kyselín v mitochondriách. Esenciálne mastné kyseliny sú špeciálne



dôležité vo výžive v rannom detstve, kvôli rýchlo sa vyvíjajúcemu mozgu, nakoľko tvoria až 50 % jeho hmotnosti. Aj to je dôvodom ich bohatého zastúpenia v materskom mlieku [4].

Pri zvýšenom príjme polynenasýtených mastných kyselín je potrebné dbať aj na zvýšený príjem antioxidantov, napríklad vitamínu E [4].

*Tabuľka 3: Prehľad hlavných polynenasýtených mastných kyselín [1]*

<b>Mastná kyselina</b>	<b>Počet atómov uhlíka</b>	<b>Poloha dvojitých väzieb</b>	<b>Izomér</b>	<b>Triviálny názov</b>
oktadekadiénová	18	9, 12	cis, cis	linolová (LA)
oktadekatriénová	18	6, 9, 12	all-cis	γ-linolénová (GLA)
oktadekatriénová	18	9, 12, 15	all-cis	α-linolénová (ALA)
eikosatetraénová	20	5, 8, 11, 14	all-cis	arachidonová (AA)
eikosapentaénová	20	5, 8, 11, 14, 17	all-cis	timnodonová (EPA)
dokosahexaénová	22	4, 7, 10, 13, 16, 19	all-cis	cervonová (DHA)

#### **2.1.1.4 Trans mastné kyseliny (TFA)**

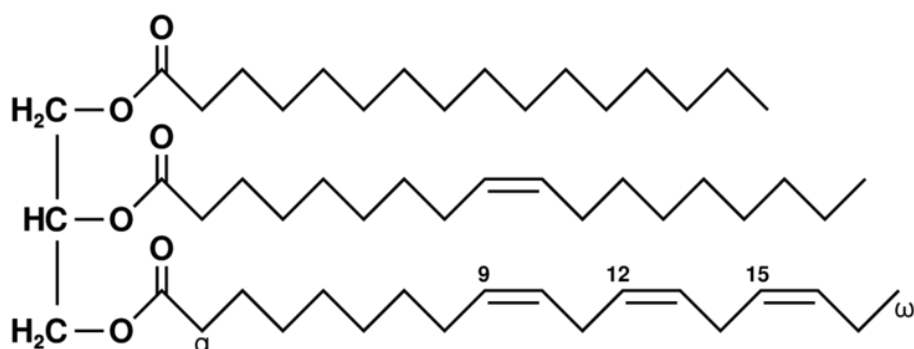
Ide o nenasýtené mastné kyseliny, ktoré vo svojej štruktúre obsahujú aspoň jednu dvojitú väzbu s trans-konfiguráciou. Uhlíkový reťazec takýchto kyselín sa potom viac približuje k štruktúre nasýtených mastných kyselín. V prírode bežne prevažujú cis-izoméry mastných kyselín. Prírodný výskyt trans-mastných kyselín je značne nižší a nachádzajú sa v niektorých mikroorganizmoch, morských živočíchoch, tučných častiach mäsa a v tučných mliečnych výrobkoch, rastlinách či semenách určitých subtropických rastlín. Vyskytujú sa taktiež v tuku vačkovcov a prežúvavcov. V bachore prežúvavcov, najmä kráv a oviec, vznikajú bakteriálnou transformáciou z nenasýtených mastných kyselín a odtiaľ môžu prechádzať do mlieka. Významnejším zdrojom týchto kyselín sú však technologické operácie vo výrobe potravín, najmä priemyselná hydrogenácia (stužovanie) tukov alebo dezodorácia rastlinných olejov. Zahrievanie olejov na príliš vysokú teplotu, najmä pri smažení, spôsobuje taktiež vznik trans mastných kyselín. Kyseliny s trans-nenasýtenou väzbou, špeciálne priemyselne vyrábané, sú považované za nežiadúce a ovplyvňujú niektoré rizikové faktory (zvyšujú LDL a znižujú HDL cholesterol v krvi), čím napomáhajú k vzniku srdcovo-cievnych ochorení [4, 34, 35, 36].

### 2.1.2 Triacylglyceroly (TAG)

Väčšina tuku v rastlinných olejoch však nie je uložená vo forme vyššie spomínaných mastných kyselín voľne, ale vo forme triacylglycerolov. Jedná sa o vysoko koncentrovanú formu energie a tvoria takmer 95 % tuku prijatého v strave. Zvyšok tuku môžu tvoriť parciálne estery glycerolu, menšie množstvo fosfolipidov a sprievodné látky [1].

Štruktúrne sa TAG skladajú z trihydroxyalkoholu glycerolu a 3 mastných kyselín, ktoré sú k nemu pripojené esterovými väzbami. Mastné kyseliny v triacylglycerole môžu byť všetky rovnaké (jednoduché TAG), alebo rozdielne (zmiešané TAG). V telách rastlín a živočíchov sa v malých množstvách vyskytujú aj monoacylglyceroly (glycerol spojený esterovou väzbou iba s 1 MK) a diacylglyceroly (glycerol spojený esterovou väzbou s 2 MK). Sú dôležitými medziproduktmi niektorých metabolických reakcií a môžu byť zložkami iných skupín lipidov. Takisto sa vyskytujú v spracovaných potravinách, kde sa pridávajú ako emulgačné činidlá [4, 37].

Podľa zloženia mastných kyselín, sú triacylglyceroly pri izbovej teplote vo forme tekutých olejov alebo vo forme tuhých tukov. TAG s vysokým obsahom relatívne krátkych alebo nenasýtených mastných kyselín zvyknú mať tekutú podobu, zatiaľ čo tie, pozostávajúce najmä z nasýtených alebo dlhých mastných kyselín majú vyššiu teplotu topenia a existujú ako pevné látky. Zloženie triacylglycerolov v danom tuku alebo oleji ovplyvňuje aj ich ďalšie vlastnosti ako napríklad plasticitu, viskozitu či antioxidačnú stabilitu [37, 38].



Obrázok 10: Príklad štruktúry molekuly triacylglycerolu [39]

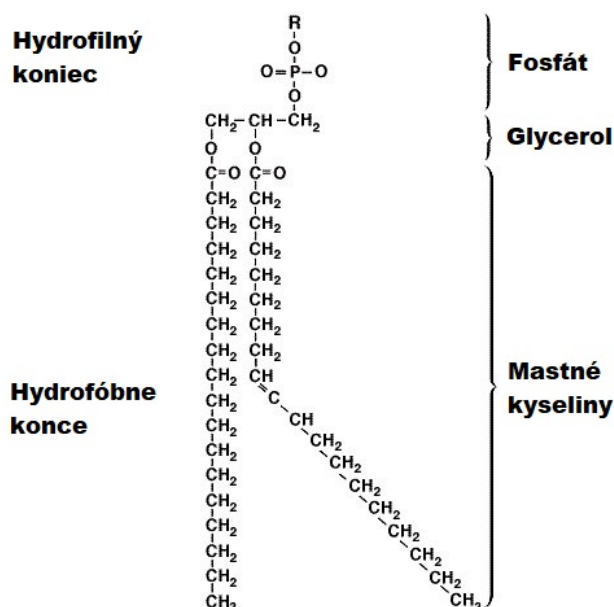
### 2.1.3 Fosfolipidy

Najvýznamnejšou skupinou sú glycerolfosfolipidy. Tie sa delia podľa počtu viazaných MK na fosfatidy, lyzofosfatidy a plasmalogény. Fosfatidy sú zlúčeniny tvorené dvoma mastnými kyselinami esterovo viazanými na glycerol, pričom na jeho treťom uhlíku je esterovo viazaná kyselina fosforečná [1].

Vo fosfatidoch aj lysofosfatidoch býva kyselina fosforečná esterifikovaná ešte ďalšími hydroxyzlúčeninami. Najčastejšie sa vyskytuje ester s aminoalkoholom cholínom. Nazýva sa

fosfatidylcholín, inak známy aj ako lecitín. Tento názov sa však už nepoužíva pre označenie čistej zlúčeniny, ale iba pre označenie priemyselného fosfolipidového koncentrátu [1].

Fosfolipidy sú nevyhnutnou zložkou živočíšnych aj rastlinných organizmov, kde sú prítomné ako súčasť bunkových a vnútrobunkových membrán, ale aj ako súčasť lipoproteínov. Vďaka svojej emulgačnej schopnosti stabilizujú lipoproteíny. Obsah fosfolipidov taktiež ovplyvňuje rozpustnosť lipoproteínov o nízkej hustote (LDL) v krvnej plazme. Syntéza aj štiepenie fosfolipidov sú katalyzované pôsobením tzv. fosfolipáz. Z hľadiska výživy fosfolipidy nie sú nevyhnutnou súčasťou potravy človeka, nakoľko sa môžu v ľudskom tele syntetizovať zo základných stavebných jednotiek viacerými mechanizmami. Je však výhodné, ak ich strava obsahuje dostatok, nakoľko má potom telo dostatok štiepných produktov na ich opätovnú syntézu [1]. Schopnosť emulgácie fosfolipidov má využitie aj pre kozmetické účely. Fosfolipidy majú taktiež ochranné vlastnosti pre pokožku. Oleje bohaté na fosfolipidy priaznivo ovplyvňujú liečbu niektorých kožných ochorení ako napríklad lupienky či ekzému [40].



Obrázok 11: Štruktúra glycerolfosfolipidu (fosfatidu) [41]

#### 2.1.4 Antioxidanty

Antioxidant je látka, ktorej molekuly obmedzujú aktivitu kyslíkatých molekúl. Znižujú tak pravdepodobnosť ich vzniku alebo ich uvádzajú do menej reaktívneho, resp. neaktívneho stavu. Zabraňujú tak procesom oxidácie v organizme alebo v prostredí, kde sa vyskytujú [42, 43].

#### **2.1.4.1 Syntetické antioxidanty**

Vyššie spomenuté vlastnosti sú dôvodom, prečo sa antioxidanty pridávajú do potravín aj v syntetickej forme. Syntetické antioxidanty tu plnia funkciu aditív, ktoré majú za cieľ predĺžiť trvanlivosť potraviny a chrániť ju pred znehodnotením spôsobeným oxidáciou. Oxidácia sa v potravinách prejavuje najmä degradáciou (zatuchnutím) u tukov, alebo iných ľahko sa oxidujúcich zložiek potravín (napr. vonných látok). Oxidácia lipidov navyše vyvoláva ďalšie chemické zmeny v potravinách, ktoré negatívne ovplyvňujú ich výživovú, hygienicko-toxikologickú a senzorickú hodnotu (chuť, vôňu, farbu) [43, 44].

Najdôležitejšiu skupinu syntetických antioxidantov tvoria galláty (E 310 – E 312). Jedná sa o estery kyseliny gallovej a do rastlinných olejov sa pridávajú za účelom zabránenia nežiadúcej oxidácie a zachovania ich chuti. Ďalej sem patria BHA (butylhydroxyanizol; E 320) a BHT (butylhydroxytoluén; E 321) [43, 45]. BHA sa používa ako konzervačný prostriedok, antioxidant a stabilizátor v sladkostiach, zmrzline, pečive či žuvačkách [46]. BHT na rovnaké účely zasa v zemiakových výrobkoch, živočíšnych tukoch, tukoch do pečiva ale aj ako prísada do olejov [47]. Oboje sa ešte často používajú aj v obalových materiáloch, odkiaľ môžu migrovať do potraviny [43].

#### **2.1.4.2 Prírodné antioxidanty**

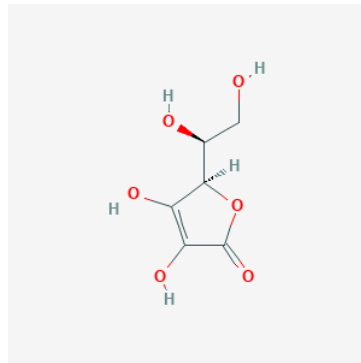
Antioxidanty sa nachádzajú v potravinách aj prirodzene. Tieto látky sú označované ako prírodné antioxidanty a patria sem napríklad vitamíny, či rôzne enzýmy. Človek ich prijíma potravou, ale tiež môžu byť produkované našim organizmom [48]. Používanie rôznych korenín a bylín na predĺžovanie trvanlivosti potravín má dlhú tradíciu. Už pred niekoľkými storočiami sa na tieto účely využívali rastliny ako tymián, rozmarín, šalvia, alebo kurkuma [49]. V dnešnej dobe majú však v potravinárstve tieto prírodné bylinné antioxidanty obmedzené využitie, nakoľko môžu vykazovať vôňu po použitých rastlinách alebo horkú chuť [43].

Z hľadiska rozpustnosti je možno ich rozdeliť na hydrofilné a lipofilné. Hydrofilné antioxidanty sa dostávajú do organizmu pomerne rýchlo a do buniek prenikajú cez bunkovú membránu pomerne ťažko. Delia sa ďalej na intracelulárne a extracelulárne. Medzi intracelulárne patria enzýmové antioxidanty ako superoxidodismutáza, kataláza či peroxidázy a medzi neenzýmové napr. glutatión. K extracelulárnym antioxidantom sú zaraďované vysokomolekulárne látky ako albumín a iné bielkoviny obsahujúce -SH skupiny, transferín, ceruloplazmín, gaptoglobín a hemopexín. K extracelulárnym s nízkou molekulárnou hmotnosťou zasa látky ako kyselina askorbová (vitamín C), kyselina močová, bilirubín a polyfenoly (napr. transresveratrol a polyfenolové bioflavonoidy ako cyanidín, kvercetín, rutín apod.) [48, 49].

Lipofilné antioxidanty sa na miesto účinku dostávajú pomalšie. Pôsobia v lipoproteínoch a membránach. Hlavným zástupcom je vitamín E ( $\alpha$ -tokoferol), ďalej karotenoidy ( $\beta$ -karotén, lycopén), či koenzým Q10 (ubichinón) [48, 49].

Špecifickou skupinou sú ešte amfifilné antioxidanty, ktoré sú akýmsi kompromisom medzi hydrofilnými a lipofilnými antioxidantmi. Patrí sem melatonín, kyselina lipová a tiež niektoré polyfenolové bioflavonoidy [48].

## Vitamín C

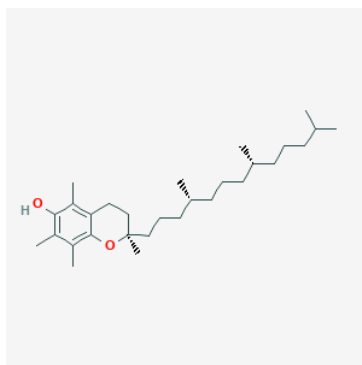


Obrázok 12: Kyselina L-askorbová [50]

Základnou biologicky aktívnou zlúčeninou vitamínu C je kyselina L-askorbová. Názvom vitamín C sa označuje nielen táto kyselina, ale tiež celý jej reverzibilný redoxný systém spolu s kyselinou L-dehydroaskorbovou. Kyselinu askorbovú syntetizujú všetky fotoautotrofné zelené rastliny. Živočíchy ako hmyz, bezstavovce, väčšina rýb a niekoľko druhov vtákov a cicavcov túto schopnosť nemajú. Vitamín C je vitamínom iba pre človeka a niektoré ďalšie cicavce [1]. Dôležitými zdrojmi tohto vitamínu sú niektoré druhy ovocia (citrusy) a zeleniny (zemiaky, kapusta) [1, 10].

Medzi dôležité reakcie, súvisiace s antioxidantnými vlastnosťami vitamínu C, patria reakcie s voľnými radikálmi a reakcie s oxidovanými formami vitamínu E, ktoré zabezpečujú ochranu vitamínu E a lipidov membrán pred oxidáciou. Ochrannú funkciu vykazuje aj pre labilné formy kyseliny listovej. Taktiež inhibuje tvorbu nitrozamínov a pôsobí tak ako modulátor mutagenézie a karcinogenézie [1]. Ako kofaktor hydroxylačných reakcií sa podieľa na syntéze katecholamínov, kolagénu, karnitínu a ďalších biologicky aktívnych látok, ale aj na premene cholesterolu na žľčovú kyselinu. Zvyšuje tiež resorpciu železa z tráviaceho traktu [4].

## Vitamín E

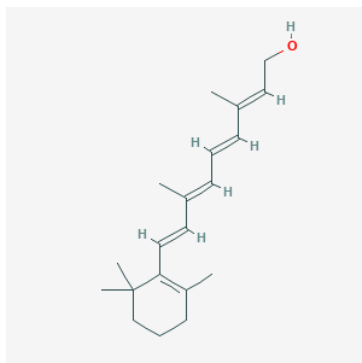


Obrázok 13:  $\alpha$ -tokoferol [51]

Do skupiny vitamínu E patria tokoferoly a tokotrienoly. V tele pôsobia ako antioxidanty. Inaktivujú voľné radikály a zhášajú singletový kyslík. V potravinách redukujú produkty oxidácie (najmä hydroperoxydy) a sami sa oxidujú až na chinóny. Vďaka iným antioxidantom, napríklad kyseline askorbovej, glutatiónu, či glutatiónperoxidáze sa môže v organizme spätne redukovať. Vitamín E, a najmä  $\alpha$ -tokoferol je najvýznamnejším lipofilným antioxidantom uplatňujúcim sa u eukaryotických buniek ako ochrana nenasýtených lipidov pred poškodením voľnými radikálmi. Uplatňuje sa aj pri ochrane lipoproteínov prítomných v plazme. Každá častica LDL lipoproteínov obsahuje až 6 molekúl vitamínu E [1, 10]. Vitamín E má preukázané účinky v prevencii aterosklerózy, rakoviny a porúch centrálného nervového systému [52].

Dobrým zdrojom vitamínu E sú najmä rastlinné oleje, obilné klíčky a niektoré druhy zeleniny (napr. špenát). V menšom množstve sa nachádza aj v potravinách živočíšneho pôvodu. Do rastlinných olejov sa často pridáva ešte syntetická forma vitamínu E, s názvom  $\alpha$ -tokoferylacetát [1, 10]. Hoci  $\alpha$ -tokoferol a  $\gamma$ -tokoferol sú 2 najrozšírenejšie formy vitamínu E v potrave aj v tele, výživové požiadavky vitamínu E sa vzťahujú iba na  $\alpha$ -tokoferol. Je to totiž jediná forma, ktorá je schopná zvrátiť nedostatok vitamínu E v ľudskom tele [53].

## Vitamín A



Obrázok 14: Retinol [54]

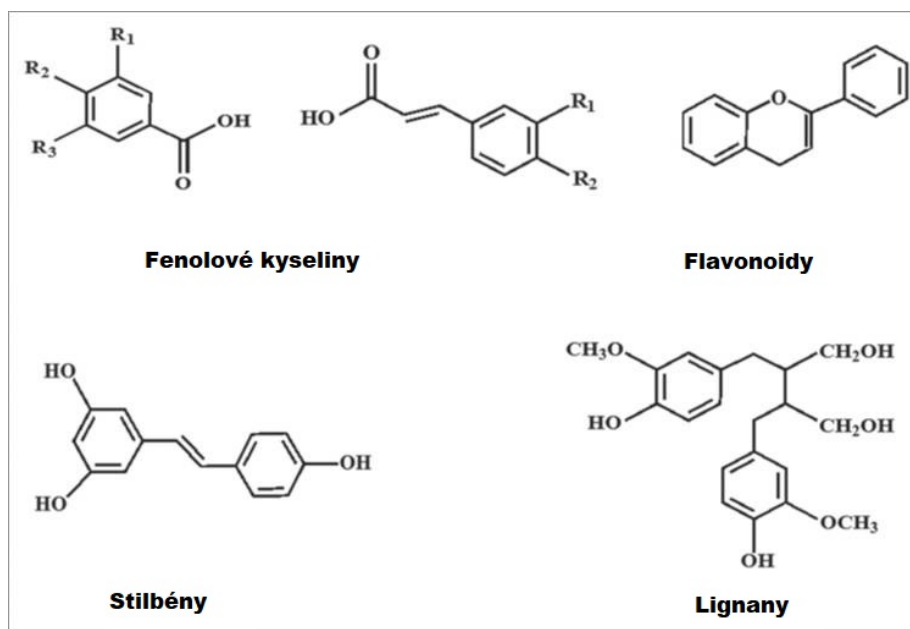
Do tejto skupiny patrí retinol (vitamín A<sub>1</sub>), neoretinol a 3-dehydroretinol (vitamín A<sub>2</sub>). Vo forme provitamínu ešte  $\beta$ -karotén a ďalšie retinoidy, z ktorých v pečeni pôsobením

karotenázy vzniká retinol. Z chemického hľadiska sa tieto zlúčeniny zaraďujú medzi izoprenoidy. Vitamín A je dôležitý najmä pre zrak, zúčastňuje sa syntézy niektorých glykoproteínov a steroidov, viaže voľné radikály a zhasá singletový kyslík takže vykazuje aj antikarcinogénne účinky. Aj karotenoidy bez provitamínového účinku ako lykopen, či luteín, môžu mať pozitívny význam z hľadiska výživy. Pôsobia ako antioxidanty, často silnejšie než samotný retinol, alebo retinoidy. U rastlín fungujú zlúčeniny zo skupiny vitamínu A ako hormóny, pigmenty, vonné látky a plnia radu obranných funkcií [1, 10].

Dobrymi zdrojmi vitamínu A v podobe funkčného retinolu sú potraviny živočíšneho pôvodu ako rybí tuk, pečienka, vaječný žltok, maslo a mlieko. Vo forme provitamínov je to najmä červená a žltá zelenina a ovocie ako napríklad mrkva, rajčiny, marhule či broskyne [4, 10].

## Polyfenoly

Jedná sa o prirodzene sa vyskytujúce zlúčeniny vyskytujúce sa najmä v ovocí, zelenine či obilninách. Sú sekundárnymi metabolitmi rastlín a podieľajú sa na ich ochrane pred UV žiarením alebo pred patogénmi. V potravinách môžu práve polyfenoly prispievať k ich horkej, strnulej či inej chuti, vône a taktiež k oxidačnej stabilite. Z chemického hľadiska vychádzajú všetky rastlinné fenolové zlúčeniny zo spoločného medziproduktu – fenylalanínu, alebo jeho prekursoru – kyseliny šikimovej. Hlavné skupiny tvoria fenolové kyseliny, flavonoidy, stilbény a lignany [55].



Obrázok 15: Hlavné skupiny polyfenolov [55]

V rôznych rastlinách bolo identifikovaných viac ako 8000 polyfenolových zlúčenín. Pre jednotlivé druhy rastlín sú charakteristické určité štruktúry a skupiny týchto látok. Z dôvodu potenciálnych priaznivých účinkov na ľudské zdravie sú polyfenoly predmetom stále

narastajúceho vedeckého záujmu. Niektoré štúdie naznačujú, že dlhodobá konzumácia stravy bohatej na rastlinné polyfenoly poskytuje určitú ochranu pred rozvojom rakoviny, kardiovaskulárnych ochorení, cukrovky, osteoporózy a neurodegeneratívnych ochorení [55]. Zdravotné účinky polyfenolov však značne závisia od skonzumovaného množstva a od ich biologickej dostupnosti [56].

### **2.1.4.3 Fytosteroly**

V rastlinách ale aj iných organizmoch sú často prítomné aj určité množstvá steroidných látok. Hlavnými zástupcami sú steroly nazývané fytosteroly. Jedná sa o lipofilné prirodzene sa vyskytujúce zlúčeniny. U vyšších rastlín prevláda najmä  $\beta$ -sitosterol. Zvyčajne je prítomná zmes fytosterolov a príbuzných zlúčenín, ktoré sú charakteristické pre určitý olej. Patria sem aj tzv. fytostanoly, ktoré sú nasýtenou formou odpovedajúcich fytosterolov a v prírode sú rozšírené menej. Medzi fytosteroly sa zaraďuje aj cholesterol, ktorého prirodzený výskyt bol zaznamenaný vo viacerých olejoch. Býva však prítomný iba v naozaj malých množstvách a z hľadiska výživy tak nemá význam. Pre ilustráciu repkový olej obsahuje fytosteroly ako sitosterol, 5-kampesterol, brassikasterol, 5-avenasterol a cholesterol [1, 57].

Fytosteroly boli desaťročia rozsiahlo skúmané vďaka ich benefítom pre kardiovaskulárne zdravie. Vďaka ich štruktúre vykazujú priaznivé protizápalové, cholesterol znižujúce či antioxidantné vlastnosti, ktoré znižujú riziko ochorení. Zistilo sa však, že konzumácia vysokých dávok rastlinných sterolov významne znižuje hladinu karotenoidov v krvi a v menšej miere aj ostatných esenciálnych nutrientov rozpustných v tuku. Príjem fytosterolov by preto z vyššie spomínaných dôvodov mal byť do 1-3 g na deň [57, 58].

## **2.2 Vlastnosti rastlinných olejov**

Zastúpenie jednotlivých mastných kyselín, podiel nenasýtených mastných kyselín, ale aj obsah iných látok, ako napríklad fenolov či sterolov, sú atribúty, ktoré predurčujú fyzikálne a chemické vlastnosti daného rastlinného oleja [2]. Ako už bolo spomenuté, pri rastlinných olejoch sa jedná najmä o homolipidy, konkrétne estery vyšších mastných kyselín a glycerolu, a voľné mastné kyseliny, majúce neutrálny charakter [1].

### **2.2.1 Fyzikálne vlastnosti**

#### **2.2.1.1 Teplota topenia**

Teplota topenia oleja závisí najmä od dĺžky reťazca mastných kyselín a zastúpenia nenasýtených väzieb v štruktúre jednotlivých mastných kyselín. Rastlinné oleje s vysokým obsahom nenasýtených MK zvyknú byť pri izbovej teplote tekuté a tie, z majoritnej časti tvorené nasýtenými MK zasa tuhé. Značný vplyv na teplotu topenia, resp. konformáciu molekuly, má najmä cis-dvojitá väzba, nakoľko spôsobuje ohyb inak lineárneho reťazca o približne  $42^\circ$ . Cis-deriváty MK majú teplotu topenia o niekoľko desiatok stupňov nižšiu než



odpovedajúce trans-deriváty. Nižšie nasýtené mastné kyseliny sú takisto pri izbovej teplote tekuté a s narastajúcim počtom uhlíkov v uhl'ovodíkovom reťazci teplota topenia stúpa. Podľa skupenstva pri izbovej teplote sa potom rozlišujú viskózne kvapaliny (väčšina rastlinných olejov) a tuhé látky (napríklad kokosový olej) [1, 4].

### **2.2.1.2 Viskozita**

Viskozita je dôležitým parametrom najmä pri použití rastlinných olejov ako paliva. Viskozita jednotlivých mastných kyselín v olejoch stúpa s ich rastúcou molekulovou hmotnosťou. Nenasýtené mastné kyseliny majú všeobecne menšiu viskozitu ako ich nasýtené analógy. Viskozita taktiež závisí na konfigurácii dvojitej väzby u nenasýtených MK. Cis-deriváty majú všeobecne nižšiu viskozitu ako trans-deriváty. Viskozita rastlinných olejov je úzko závislá aj na teplote. S rastúcou teplotou viskozita mastných kyselín klesá podľa exponenciálnej závislosti [59, 60].

### **2.2.1.3 Rozpustnosť**

Tuky, resp. oleje sú všeobecne vo vode nerozpustné látky. V alkohole sú rozpustné len veľmi málo [1]. Spôsobujú to najmä dlhé nepolárne uhl'ovodíkové reťazce v štruktúre jednotlivých mastných kyselín, z ktorých olej pozostáva. Naproti tomu sú oleje dobre rozpustné v chloroforme, dietyléteri, petroléteri, benzéne a toluéne. Rozpustnosť jednotlivých MK v organických rozpúšťadlách sa značne zvyšuje so zvyšujúcou sa teplotou [1, 59].

### **2.2.1.4 Index lomu**

Každý olej, či tuk má charakteristický index lomu. Index lomu oleja závisí od viacerých faktorov. Zvyšovanie stupňa nenasýtenosti zvyšuje aj index lomu. Taktiež, narastanie uhl'ovodíkového reťazca zvyšuje index lomu. Oba tieto atribúty nachádzajú uplatnenie pri kontrole hydrogenačného procesu. Spolu so zvyšujúcou sa teplotou index lomu naopak klesá [60, 61].

## **2.2.2 Chemické vlastnosti**

### **2.2.2.1 Esterifikácia**

Patrí medzi hlavné reakcie karboxylovej skupiny mastných kyselín v olejoch. Ide o iónovú reakciu, ktorá je zvyčajne katalyzovaná kyselinami a prebieha obdobne ako u bežných karboxylových kyselín. Pri vyšších mastných kyselinách prebieha najmä za vysokých teplôt (autokatalyticky) alebo za katalýzy silnejšími kyselinami. V potravinách je táto reakcia často katalyzovaná lipázami. Karboxylová skupina reaguje s hydroxylovou skupinou hydroxykyselín, vznikajúcich pri oxidácii tukov, alebo prirodzene sa vyskytujúcich v tukoch. Vzniká pri nej ester mastnej kyseliny a voda [1, 37].

#### **2.2.2.2 Interesterifikácia**

Interesterifikačné reakcie sú charakteristickou reakciou esterov mastných kyselín a najmä prírodných tukov. Ide o súbor reakcií, katalyzovaných acidobázickými katalyzátormi alebo enzýmami, kde pôvodný ester reaguje buď s mastnou kyselinou, alkoholom alebo ďalším esterom. Podľa toho sa rozoznávajú acidolýza, alkoholýza a esterová výmena, resp. transesterifikácia. Dochádza tu vždy k migrácii acylov medzi molekulami alkoholov. Táto reakcia má priemyslový význam pri príprave esterov [1, 37].

#### **2.2.2.3 Hydrolýza**

Hydrolýza je opakom esterifikácie. V olejoch prebieha hydrolýza tukov predovšetkým účinkom lipáz, ktoré môžu byť rastlinného pôvodu napríklad zo semien, bôbov, či dužín plodov. Produkty hydrolýzy sú závislé na špecifite danej lipázy. Nutnou podmienkou pre priebeh enzymovej hydrolýzy je prítomnosť aspoň malého množstva vody. Pri reakcii sa na molekuly TAG naviaže molekula vody, dochádza k odštiepeniu mastných kyselín za vzniku monoacylglycerolov, diacylglycerolov a postupne vzniká až samotný glycerol a voľné mastné kyseliny. Pokiaľ sa nejedná o enzymovú hydrolýzu, reakcia vyžaduje vysokú teplotu a tlak. K čiastočnej hydrolýze tukov za vysokých teplôt dochádza aj pri smažení alebo fritovaní potravín, kde uvoľňovaná voda spôsobuje hydrolýzu esterových väzieb. Obzvlášť náchylné na tento proces sú tuky s vysokým obsahom stredne dlhých MK ako napríklad kokosový, palmojadrový či mliečny tuk. Reakcia má význam v priemysle pri výrobe rozličných mastných kyselín [1, 37, 59].

#### **2.2.2.4 Zmydelňovanie**

Jedná sa o hydrolýzu katalyzovanú vodnými roztokmi alkalických hydroxidov, pri ktorej dochádza k vzniku mydiel (solí alkalického kovu a mastných kyselín) a alkoholu (glycerolu). Ako medziprodukty zmydelňovania TAG vznikajú di- a mono-acylglyceroly. Reakcia má význam v priemysle, kedy sa cieľovým zmydelňovaním tukovej násady vyrábajú sodné, toaletné a tzv. jadrové mydlá [1, 59].

#### **2.2.2.5 Hydrogenácia**

Hydrogenácia nenasýtených väzieb mastných kyselín je v technologickej praxi bežne označovaná ako stužovanie olejov a tukov. Reakcia mala veľký technologický význam, pričom dochádzalo k zmene konzistencie kvapalných olejov na tuhé tuky. Nežiadúcou vlastnosťou je však vznik trans-izomérov mastných kyselín, ktoré majú nepriaznivé účinky na ľudské zdravie a preto sa reakcia dnes využíva už iba na výrobu plne stužených tukov. Parciálna katalytická hydrogenácia musela byť nahradená inými metódami, ako napr. interesterifikáciou, frakcionáciou (kryštalizáciou) TAG, alebo biotechnológiami [1, 62].

Reakcia prebieha aj prirodzene enzýmovou katalýzou v bachore prežúvavcov. To je dôvod, prečo depotné a mliečne tuky prežúvavcov obsahujú vyššie množstvo trans-nenasýtených mastných kyselín ako tuky monogastrických zvierat či rastlinné oleje [1].

#### **2.2.2.6 Autooxidácia**

Autooxidácia je najbežnejším typom oxidačnej reakcie prebiehajúcej pri bežnom spracovaní a skladovaní olejov. Ide o samovoľnú oxidáciu tukov a olejov na vzduchu. Pri bežných teplotách sa vzdušným kyslíkom oxidujú iba nenasýtené mastné kyseliny. Čím viac nenasýtených väzieb mastná kyselina obsahuje, tým náchylnejšia je na autooxidáciu. Pri vyšších teplotách, ako je tomu napríklad pri pečení alebo smažení, dochádza aj k autooxidácii nasýtených MK. Autooxidácia je katalyzovaná zlúčeninami ťažkých kovov a naopak brzdená prítomnosťou antioxidantov [1, 59].

Jedná sa o radikálovú reťazovú reakciu prebiehajúcu v troch stupňoch. V prvom kroku, iniciácii, dochádza k odtrhnutiu vodíkového atómu z uhl'ovodíkového reťazca molekuly tuku za vzniku voľného radikálu. Energiu na toto homolytické štiepenie môže poskytnúť zžehv na vyššiu teplotu, UV žiarenie, RTG žiarenie alebo aj viditeľné svetlo. Voľný radikál mastnej kyseliny je veľmi reaktívny a zlúči sa s molekulou kyslíka za vzniku peroxylového (peroxidového) radikálu. Ten je opäť veľmi reaktívny a odštiepi ďalší vodík z molekuly nenasýtenej mastnej kyseliny. V tomto kroku reakcie, nazývanom aj propagácia, tak vzniká hydroperoxid a ďalší voľný radikál mastnej kyseliny. Propagácia zvykne mať viacnásobný charakter. Hydroperoxydy sa zvyknú veľmi často následne štiepiť na aldehydy, ktoré sú hlavnými nositeľmi zatuchnutosti tukov. Aldehydy sa ďalej môžu oxidovať na peroxokyseliny, ktoré s ďalšou molekulou vytvoria prchavé mastné kyseliny [1, 59].

Ak je koncentrácia voľných radikálov dostatočne vysoká, zvyšuje sa pravdepodobnosť stretu dvoch voľných radikálov za vzniku pomerne stabilného neradikálového produktu, čím reakčná reťaz skončí. Tento jav sa označuje ako terminácia [1].

#### **2.2.2.7 Degradácia tukov - zatuchnutosť**

Pod týmto pojmom sa rozumie zhoršenie senzorickej kvality tukov spôsobené oxidačnými reakciami v priebehu ich skladovania. Výrazne ovplyvňuje trvanlivosť jedlých olejov. Zatuchnutie nemusí byť spôsobené iba oxidáciou mastných kyselín, ale aj inými reakciami a rozoznáva sa preto viacero typov tejto degradácie [1].

Hydrolytické stuchnutie je spôsobené uvoľňovanými mastnými kyselinami pri hydrolýze tukov. Tie sú zväčša zmyslovo nepostrehnuteľné. Pokiaľ však ide o MK s krátkym reťazcom (4 až 10 uhlíkov), ako napríklad kyselinu maslovú, spôsobujú nepríjemný, veľmi prenikavý zápach [1, 63].

Oxidačné stuchnutie majú na svedomí rozkladné produkty hydroperoxidov vznikajúcich pri oxidácii tukov. Vyvolávajú charakteristické pachute, ktoré závisia na koncentrácii sekundárnych produktov a tiež na ich zložení. Ovplyvnená je aj textúra potravín. Samotné

hydroperoxydy nemajú vplyv na sensorickú kvalitu. Určitý rozsah oxidačných reakcií je často žiadúci, nakoľko vedie k vzniku charakteristických aromatických látok mnohých potravín (napr. smažené potraviny) [1, 63].

Ketónové (parfémové) stuchnutie je časté najmä pri masle. Ide tu o nežiadúci proces, kedy sú MK so 6 až 12 atómami uhlíka uvoľnené z TAG hydrolýzou mikrobiálnymi lipázami mikroorganizmov (napr. plesní rodu *Penicillium*) enzýmovo odbúravané najmä  $\beta$ -oxidáciou a po dekarboxylácii vznikajú alkan-2-óny, resp. metylketóny. Vzniknuté metylketóny majú špecifickú parfémovú, ovocnú, kvetinovú, bylinnú alebo masnú príchuť. Príchuť sama o sebe nie je nepríjemná, niekedy je dokonca žiadúca (plesňové syry), ale pre jedlé tuky je netypická [1, 64].

Chuťová reverzia je typická pre olivový olej, ale aj pre iné oleje s obsahom kyseliny linolénovej. Prejavuje sa v dobe, kedy olej obsahuje ešte pomerne málo hydroperoxidov mastných kyselín. Chuťová reverzia je charakteristická pachom po tráve a fazuliach, pričom nositeľmi tohto pachu sú rôzne rozkladné zlúčeniny hydroperoxidov, napríklad rôzne deriváty furánu. Olej, postihnutý chuťovou reverziou sa dá tohto pachu zbaviť rafináciou, no po určitej dobe sa znova objaví, ako napovedá jej názov [1].

Oxidované lipidy majú síce nízku akútnu toxicitu, avšak vyšší obsah hydroperoxidov vyvoláva príznaky deficitu vitamínu E a esenciálnych mastných kyselín. Taktiež sa zvyšuje priepustnosť pokožky pre vodu. Oxidované lipidy sa takisto horšie enzýmovo štiepia a zaťažujú trávenie [1]. Oxidované esenciálne mastné kyseliny majú antimetabolický účinok a pôsobia proti účinku pôvodných esenciálnych mastných kyselín [10]. Pri vyššom príjme oxidovaných tukov sa zvyšuje aj ich hladina v krvnom sére a oxidované mastné kyseliny alebo z nich vytvorené voľné radikály môžu reagovať s niektorými bielkovinami krvného séra a cievnych stien za vzniku aterosklerotických usadenín. Mimoriadnu aktivitu v tomto smere vykazujú najmä oxidované steroly. Je známe, že oxidačný stres a zápal sú dvomi hlavnými mechanizmami vedúcimi k ateroskleróze. Pod oxidačným stresom sa fosfolipidy obsahujúce polynenasýtené MK a estery cholesterolu v bunkových membránach a lipoproteínoch ľahko oxidujú prostredníctvom radikálovo vyvolanej peroxidácie lipidov za vzniku komplexnej zmesi oxidačných produktov. Tieto oxidačné produkty sú aktívne zapojené v zápalových reakciách vďaka interakciám s imunitnými a endotelovými bunkami [1, 65]. Oxidačné produkty lipidov tiež reagujú s proteínmi a nukleovými kyselinami, čím dochádza k ich zmenám a môžu tak uľahčiť vznik zhubných nádorových ochorení. Práve to sú dôvody, prečo je pre zvýšenom príjme ľahko oxidovateľných polynenasýtených lipidov odporúčané zvýšiť aj príjem prirodzených antioxidantov, najmä tokoferolov a karoténov [1, 4, 10].

### **2.2.3 Skladovanie olejov**

Stabilita tukov a olejov počas ich trvanlivosti závisí od viacerých faktorov. Závisí od chemického zloženia daného tuku, obalu ale aj od faktorov prostredia. Medzi faktory prostredia patrí teplota, prístup kyslíka a svetla [66]. Tuk by z dôvodu zamedzenia, alebo spomalenia vyššie spomínaných reakcií mali byť skladované v chlade (4-10 °C) a zároveň chránené pred svetlom. Skladovanie za mraziarenských podmienok sa neodporúča, pretože po

rozmrazení tuky rýchlejšie stuchnú (oxidujú). Údržnosť riadne skladovaných tukov sa potom pohybuje približne od 3 týždňov (maslo) až do niekoľkých mesiacov (sadlo, rastlinné oleje, margaríny) [10].

#### **2.2.4 Bod prepálenia olejov**

V súvislosti s používaním rastlinných olejov pri kulinárskych úpravách pokrmov je nutné zmieniť aj pojem bod prepálenia. Jedná sa o teplotu, pri ktorej začne olej za špecificky definovaných podmienok produkovať súvislý modrastý jasne viditeľný dym [67].

Bod prepálenia daného oleja je závislý od viacerých faktorov ako napríklad objemu použitého oleja, veľkosti nádoby ale najmä od kyslosti oleja, inak povedané, obsahu voľných mastných kyselín v oleji. Čím viac voľných mastných kyselín daný olej obsahuje, tým rýchlejšie degraduje a produkuje dym. Naopak, čím kvalitnejší je olej a čím nižšiu kyslosť má, tým bude aj bod prepálenia vyšší [20, 67, 68].

Bod prepálenia značne súvisí aj s úrovňou rafinácie oleja. Čím menšiu rafináciu olej podstúpil, tým nižší bude aj jeho bod prepálenia. Väčšina kuchynských olejov má však hodnoty bodu prepálenia vyššie ako bežné teploty s ktorými je možné stretnúť sa v kuchyni [69]. Na bod prepálenia má vplyv aj starnutie oleja. S časom sa jeho hodnota u každého oleja znižuje rôznou rýchlosťou [70].

Počas varenia dochádza v oleji k dvom hlavným degradačným procesom – k hydrolýze a oxidácii [70]. Oxidačná stabilita je odolnosť oleja voči reakciám s kyslíkom, pri ktorej dochádza k jeho rozpadu a vzniku potenciálne škodlivých zlúčenín pri vystavení nepretržitému pôsobeniu tepla. Oxidačná stabilita je najlepším prediktorom, ako sa bude olej chovať pri varení [71, 72]. Rozdielne stability olejov súvisia najmä s obsahom polyenasýtených mastných kyselín, ktoré sú náchylnejšie na oxidáciu [73].

Pre predstavu, rafinovaný olivový olej má bod prepálenia v rozsahu 199 – 243 °C (v závislosti od miery rafinácie), zatiaľ čo extra panenský olivový olej iba 190 °C [74].

### **2.3 Výroba rastlinných olejov**

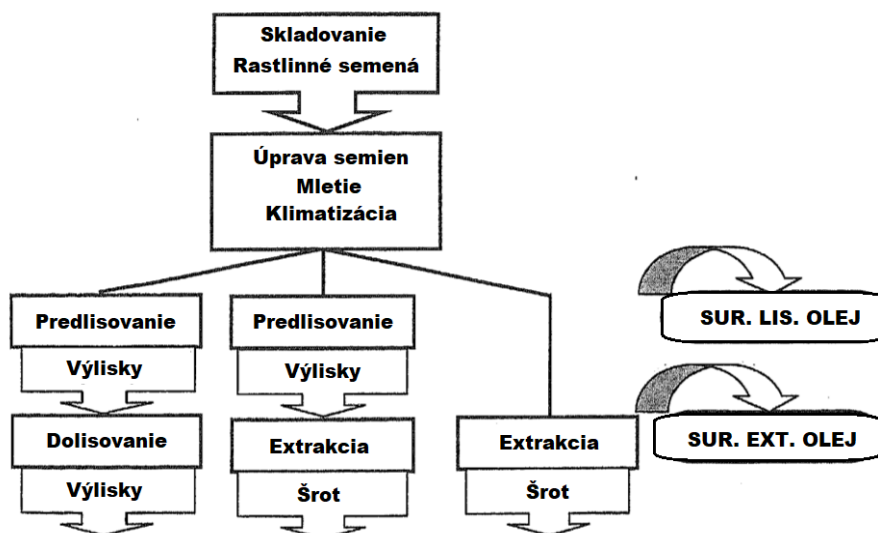
Tuky a oleje patria medzi základné potraviny a vedľa svojho nutričného významu majú uplatnenie aj ako chemická surovina, prípadne ako palivo. Spôsoby získavania tukov a olejov sa líšia podľa pôvodu suroviny. Rastlinné oleje a tuky sa získavajú buď z dužín plodov (avokádový, palmový a olivový olej), kedy je nutné plody ihneď po zbere spracovávať a nie je vhodné ich prepravovať, alebo zo semien, či bôbov (sem patrí väčšina olejov). Semená, na rozdiel od plodov, je možno dlhodobo skladovať a prepravovať. V priemyslovom meradle sa najviac spracovávajú práve semená olejní [6]. Z hľadiska celosvetovej produkcie olejov patria k najvýznamnejším sójový, palmový, bezerukový repkový, slnečnicový, bavlníkový, podzemnicový, kokosový, palmojadrový, sezamový a olivový olej. Veľa ďalších má iba lokálny význam a rada olejov slúži výhradne na farmaceutické, kozmetické, či oleochemické účely [1].

### 2.3.1 Získavanie rastlinných olejov a tukov

V nasledujúcej časti je podrobne popísaný postup získavania olejov z olejnatých semien, nakoľko sa jedná o najrozšírenejší spôsob. Procesy získavania olejov z dužín plodov majú svoje špecifické postupy a sú popísané v nasledujúcich kapitolách pre konkrétne oleje použité v tejto práci.

Semená prichádzajúce do tukových závodov musia mať zodpovedajúcu kvalitu. Semená sú po zbere čistené, sušené a skladované za predpísaných podmienok. Sleduje sa napríklad obsah nečistôt, podiel zrelých, nezrelých a poškodených semien, či obsah vlhkosti [6].

Olej je možno získavať z rastlinného materiálu dvomi základnými spôsobmi. Lisovaním, alebo extrakciou, prípadne kombináciou oboch. Extrahovaný a lisovaný surový olej sa po oddelení mechanických nečistôt zvyčajne ďalej spracovávajú spoločne. Jedno z kritérií, ktoré určuje základný proces surovárne je olejnatosť danej olejiny. 25 – 30 % oleja v semenách je hraničné rozmedzie. Pod touto hranicou sa lisovanie už nevyužíva a nachádza uplatnenie priama extrakcia [6]. Zo semien s vyšším obsahom oleja v semene sa najprv väčšia časť oleja získa tzv. predlisovaním, pričom sa zníži obsah tuku vo výliskoch na 17 – 20 %. Olej z výliskov sa potom obvykle získava extrakciou na kontinuálne pracujúcich extraktoroch. Zvyškový obsah tuku v šrotoch potom činí asi 1,5 – 2 %. Zvyšný podiel oleja je možné získať aj ďalším lisovaním na tzv. dolisoch, pričom tu zvyšný obsah tuku vo výliskoch činí 8 – 10 % [1, 6].



Obrázok 16: Schéma technológie procesov výroby rastlinných olejov [6]

Nutnou podmienkou pre ľahšie získavanie oleja zo semien je ich predbežná úprava. Spočíva v lúpaní (ak je potrebné), mletí a kondicionácií semien. Kondicionácia, resp. klimatizácia, zahŕňa súbor fyzikálno-chemických procesov s pôsobením tepla a pary. Dochádza pritom k narušeniu pletív, následne bunkových stien aj membrán a zároveň sa zväčší plocha [1, 6].

### **2.3.1.1 Lisovanie**

Lisovanie je klasický a najjednoduchší spôsob s veľmi dlhou tradíciou. Tento spôsob je veľmi nenáročný na vybavenie. Ide o mechanické oddelenie oleja z rastlinných pletív pod vysokým tlakom. Lisuje sa za tepla, alebo za studena, pričom teplé lisovanie poskytuje vyššie výťažky, ale je nutné rátať s vplyvom teploty na vlastnosti oleja. Teplota hrá pri výrobe olejov veľkú úlohu počas celého spracovania. Pri každom lisovaní dochádza k vzniku tepla vďaka mechanickej energii, no pri lisovaní za tepla sa ešte dodáva externý zdroj tepla. Lisovaním za studena sa teda rozumie proces, kedy nebol použitý vonkajší zdroj tepla [9, 40].

### **2.3.1.2 Extrakcia**

Druhým spôsobom je extrakcia. Extrakcia funguje na princípe rozpustnosti lipofilných látok vo vhodnom rozpúšťadle (zvyčajne v hexáne) a dá sa ňou získať maximum oleja z rastlinných pletív. Extrakciou sa najprv získa tzv. miscela, čo je roztok obsahujúci 30 až 40 % oleja v hexáne. Olej je potom nutné od rozpúšťadla oddeliť. Rozpúšťadlo sa odparí na odparkách za zníženého tlaku a zvyšky hexánu sa odstránia najčastejšie destiláciou s vodnou parou za zníženého tlaku, čo vyžaduje určité technologické vybavenie. Zvyškový obsah rozpúšťadla v oleji totižto determinuje použitie oleja napr. na kozmetické účely [1, 9, 40].

### **2.3.1.3 Surový olej**

Surový olej obsahuje okrem homolipidov aj heterolipidy a ďalšie zložky rastlinného materiálu. Obsah heterolipidov, najmä tých, ktoré sú súčasťou bunkových membrán ako glycerolfosfoipidy a glykolipidy, je značne závislý od použitej technológie [1, 6]. Pri lisovaných olejoch je to asi 0,1 %, pri extrahovaných olejoch 1 – 2 % a pri sójovom oleji až 3 – 4 %. Špeciálnym prípadom sú tzv. panenské oleje, ktoré sa získavajú výhradne lisovaním bez predchádzajúceho záhrevu. Medzi najznámejšie patrí napr. panenský olivový olej. Obsah heterolipidov v panenských olejoch býva značne nižší a činí zhruba 0,01 % [1].

## **2.3.2 Rafinácia olejov**

Surový rastlinný olej získaný extrakciou alebo lisovaním má zvyčajne nepríjemné organoleptické vlastnosti. Aby bol pre spotrebiteľa prijateľnejší, je nutné aby podstúpil procesy rafinácie. Rafinácia zahŕňa odslizenie (hydratáciu), odkyselenie (neutralizáciu), bielenie a deodoráciu resp. fyzikálnu rafináciu [1, 6].

Surový olej sa najprv filtruje alebo odstreďuje, aby sa zbavil mechanických nečistôt, častí semien a bunkových pletív. Tieto pevné častice sú hlavným nositeľom nežiadúcich enzýmových aktivít [1, 15].

### **2.3.2.1 Odslizenie (Hydratácia)**

Odslizenie (hydratácia) spočíva v zohrevení surového oleja s vodou, alebo pri moderných procesoch hlbokého odslizenia, s koncentrovanými roztokmi kyseliny fosforečnej alebo

citrónovej. Následne sa oddelí hydratačný kal. Do hydratačného kalu sa pri odslízení odseparuje značná časť heterolipidov, rastlinných slizov, sacharidov, prípadne aj bielkovín. Z hydratačného kalu sa odparením vody vyrába lecitín. Sójový lecitín je významným potravinárskym emulgátorom [1, 6, 59].

#### **2.3.2.2 Alkalická rafinácia (Neutralizácia)**

Neutralizácia, alebo odkyselenie predstavuje separáciu voľných mastných kyselín z oleja pomocou vodného roztoku hydroxidu sodného. Nazýva sa aj tzv. alkalická rafinácia. Voľné mastné kyseliny konvertujú na mydlá, tie prechádzajú do vodnej fázy a následne sa oddelia ako mydlový kal. Po odkyselení sa získa tzv. odkyselený olej [1, 6].

#### **2.3.2.3 Bielenie**

Pri bielení sa adsorpciou pomocou aktivovaného sorbentu bieliacej hlinky alebo ešte kombináciou s iným adsorbentom (napr. aktívne uhlie) odstránia farbivá, reziduálne fosfolipidy, prípadne aj zvyšky mydiel z odkyselenia. Vzniká tak polorafinovaný olej, tzv. polorafináda. Použitý adsorbent so zvyškovým olejom a kontaminantami predstavuje absolútny odpad [1, 6, 59].

#### **2.3.2.4 Dezodorácia**

Dezodoráciou sa odstraňujú prchavé látky ako napríklad aldehydy, ketóny, alkoholy a iné. Jedná sa o destiláciu s vodnou parou za zníženého tlaku. Prchavé látky sú hlavným nositeľom nepríjemného pachu a pachuti surových rastlinných olejov. Týmto procesom sa tak získajú sensoricky neutrálne oleje. Pri dezodorácii (fyzikálnej rafinácii) dochádza aj k čiastočnej strate tokoferolov a sterolov do destilátu, tzv. dezodoračného kondenzátu. Z neho je možné ich následne získavať. Nežiadúcim javom je aj čiastočná geometrická izomerácia dvojitých väzieb polynenasýtených mastných kyselín. Snaha vo výrobe je tieto nežiadúce javy minimalizovať [1, 6, 23].

#### **2.3.2.5 Fyzikálna rafinácia**

Fyzikálna rafinácia slúži najmä na odstránenie voľných mastných kyselín, ale dochádza pri nej aj k dezodorácii oleja. Ide o destilačný postup s podmienkami podobnými ako má dezodorácia. Vzniká tak destilát, kde dominujú mastné kyseliny. V súčasnosti technológia fyzikálnej rafinácie v spojení s technológiou úplného odslízenia vytláča technológiu alkalickéj rafinácie [1, 6].

Na výber sú teda 2 možnosti postupu pri rafinácii. Prvým z nich je klasický postup s uplatnením alkalickéj rafinácie. Najprv prebehne hydratácia (odslízenie), resp. proces hlbokého odslízenia, po ňom nasleduje alkalická rafinácia, bielenie a dezodorácia. Pri tomto postupe je typická produkcia roztokov solí v odpadných vodách po neutralizácii a ďalším



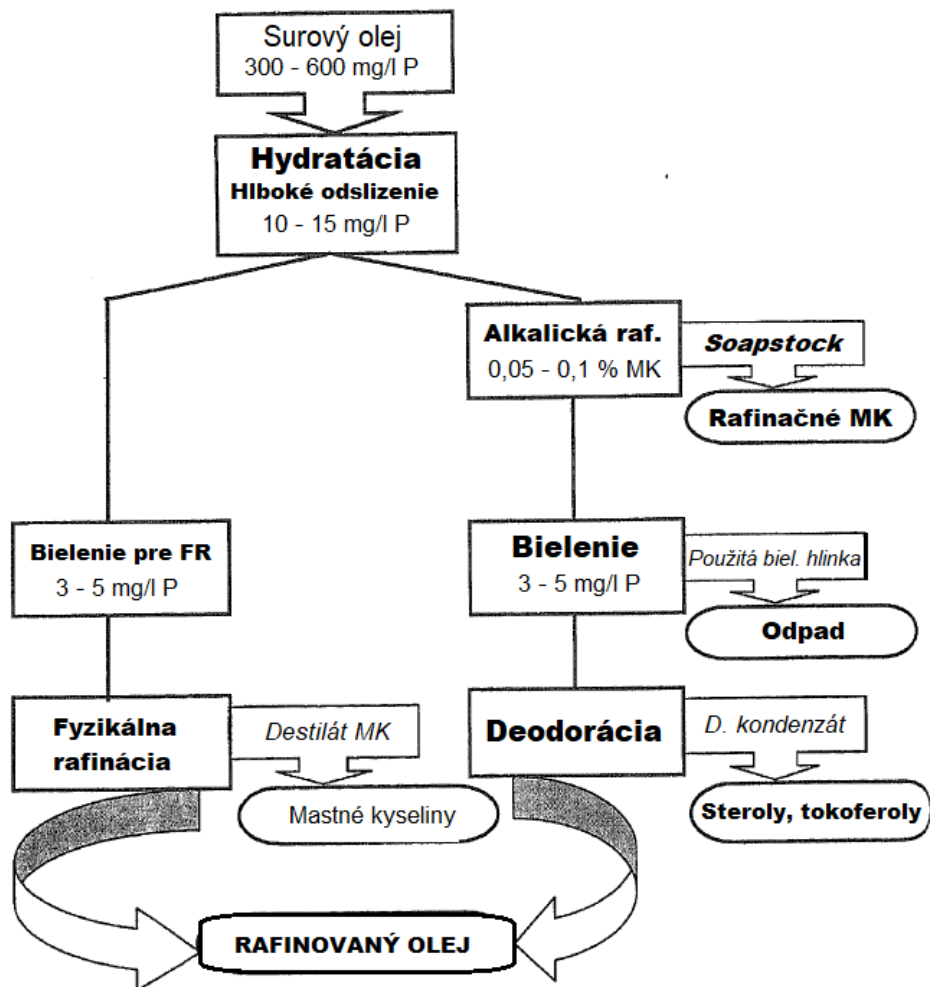
odpadom je použitá bieliaca hlinka. Dochádza aj k väčším stratám triacylglycerolov z oleja. Dezodoračný kondenzát je však vhodným zdrojom pre získavanie prírodných fytoosterolov a tokoferolov. Druhou možnosťou je postup s uplatnením technológie fyzikálnej rafinácie. Ten zahŕňa hlboké odslizenie, bielenie a fyzikálnu rafináciu. Odpadom je použitá bieliaca hlinka a s výnimkou bielenia tu nedochádza k stratám triacylglycerolov. Vzniká kvalitný destilát mastných kyselín, ktorý môže byť použitý na potravinárske účely [6, 15].

#### **2.3.2.6 Rafinovaný olej**

Rafináciou sa teda oddelia od oleja sprievodné látky a výsledný rafinovaný olej je takmer čistá zmes triacylglycerolov s malým množstvom parciálnych esterov glycerolu, zvyškových voľných mastných kyselín a niektorých žiadúcich sprievodných látok (najmä fytoosterolov a tokoferolov). Pri rafinácii dochádza aj k rozkladu hydroperoxidov a časti iných oxidačných produktov MK. Prchavé sekundárne oxidačné produkty sa oddelia destiláciou. Pri rafinácii sa teda zníži obsah lipofilných vitamínov, karotenoidných farbív, fosfolipidov a voľných mastných kyselín, zatiaľ čo výživová hodnota oleja sa podstatne nezmení [1, 6]. Sensoricky je z hľadiska chuti a vône rafinovaný olej plne neutrálny [6, 15].

Výsledný rafinovaný olej sa plní do spotrebiteľských obalov a predstavuje tak konečný výstup. Oleje sa vyrábajú jednodruhové ale aj zmesné. Pre zvýšenie nutričnej hodnoty sa oleje obohacujú o vitamíny prídavkom tokoferylacetátu a retinolacetátu [6].

Každý druh oleja sa spracováva špecifickým spôsobom, ktorý závisí od východiskovej suroviny ale aj od nárokov na hotový olej. Pri olejoch na kozmetické využitie sa napríklad niektoré časti rafinácie neuplatňujú, pretože by vďaka nim stratil významné látky, ako napríklad vitamíny [1].



Obrázok 17: Schéma procesov výroby rafinovaných rastlinných olejov [6]

## 2.4 Rastlinné oleje v potravinárstve

Rafinované rastlinné oleje majú základné využitie v studenej kuchyni ako šalátové oleje. Použitie v teplej kuchyni, ako napríklad smaženie, by vzhľadom na nižšiu oxidačnú stabilitu malo byť obmedzené. Prax je však v našich regiónoch bohužiaľ iná. Pre smaženie a fritovanie sú vyrábané špeciálne oleje so zvýšenou oxidačnou stabilitou. Najstarší jedlý olej, používaný v ľudskej výžive, je olivový olej [2, 6].

Ďalším možným využitím rastlinných olejov je ich spracovanie na emulgované a pokrmové tuky. Ich základ tvorí tzv. tuková násada, predstavujúca disperziu pevných podielov triacylglycerolov v kvapalnom podiele. Emulgované tuky (margaríny) predstavujú skupinu výrobkov, ktorá sa dá ľahko charakterizovať ako emulzia vody v oleji. Pre ich legislatívnu klasifikáciu je rozhodujúcim kritériom obsah tuku vo výrobku. Podľa toho sa delia na margaríny (> 80 < 90 %), trojštvrťové margaríny (> 60 < 62 %), polovičné margaríny (> 39 < 41 %) a roztierateľné tuky (< 39%; > 41 ale < 60 %; > 62 ale < 80 %). Pri všetkých skupinách je podmienkou, aby obsah mliečneho tuku nebol vyšší ako 3 % [2, 6].

Zmesné tuky sa vyrábajú a klasifikujú obdobne ako emulgované tuky, s tým rozdielom, že obsah mliečneho tuku tu tvorí 15 – 80 % celkového tuku. Z hľadiska konzistencie a spôsobu použitia sa zmesné tuky delia na pomazánkové tuky, stolné margaríny a špeciálne druhy [6].

Pokrmové tuky sú zmesou rafinovaných rastlinných olejov a tukov, prípadne aj zmesou so živočíšnymi tukmi. Neobsahujú však vodu. Ide o širokú paletu tukov líšiacich sa zložením a vlastnosťami. Patria sem pekárenské tuky so zvýšenou oxidačnou stabilitou (stužené tuky), tuky na fritovanie a tuky na smaženie pokrmov [6, 15].

Rastlinné oleje sú takisto základnou zložkou pri výrobe majonéz [6].

V posledných rokoch rastie záujem o využitie rastlinných olejov aj v oblasti genetického inžinierstva. Vďaka príchodu genetického inžinierstva je dnes možné vyrábať oleje s požadovaným zložením mastných kyselín. Jednou z najväčších výhod je produkcia nutrične prospešných polynenasýtených mastných kyselín s dlhým reťazcom, pomocou poľnohospodársky prístupných plodín. Normálne sú tieto prospešné mastné kyseliny produkované v nekultivovaných rastlinách alebo pochádzajú z morských zdrojov (živočíchov). Ide o jednu z alternatív, ako v budúcnosti nahradiť tieto obmedzené a nadmerne využívané zdroje [75].

V posledných 100 až 150 rokoch došlo k výraznému nárastu produkcie a konzumácie rastlinných olejov, čo viedlo k diskusii ohľadne možných zdravotných účinkov tejto zvýšenej spotreby [2]. Vplyv rastlinných olejov a celkovo tukov prijímaných v potrave na zdravie človeka je preto rozobratý v nasledujúcej podkapitole.

### 2.4.1 Tuký vo výžive človeka

Tuky sú vo výžive esenciálnou zložkou. Poskytujú energiu, slúžia ako zásobáreň nadbytočnej energie pre neskoršie použitie, sú nutné pre vstrebávanie lipofilných vitamínov, no taktiež sú súčasťou bunkových membrán. Ich príjem je nevyhnutný aj pre syntézu hormónov

kontrolujúcich napríklad rast, imunitný systém, či zrážanie krvi. Tuky sú zapojené v tvorbe a oprave nervových tkanív. Mozog je zo 60% tvorený tukmi, a preto potrebuje ich neustály príjem. Tuky taktiež zvyšujú chuťnosť potravy udržovaním vône a ovplyvňovaním jej konzistencie [4, 76].

Tuky sú makronutrientom s najvyšším kalorickým obsahom vzťahnutým na jeden gram. Približne sa jedná o  $38 \text{ kJ.g}^{-1}$  ( $9 \text{ kcal.g}^{-1}$ ), čo je v pomere k sacharidom alebo bielkovinám viac ako dvojnásobok. Vďaka tomu môžu prispievať k nárastu telesnej hmotnosti, no oproti sacharidom resp. cukrom majú naopak vyšší index sýtosti, čo nám zasa bráni v konzumácii ďalšieho jedla [10, 17, 76].

Nadbytočná energia prijatá v strave sa ukladá najmä do podkožného tuku, ale taktiež do hlbších depozít v okolí orgánov [76]. Tuky sú v tele uskladňované v špecifických bunkách, tzv. adipocytoch, kde triacylglycerolové kvapôčky vyplňajú takmer celý objem bunky. Keďže na seba neviažu vodu, predstavujú ideálne zásobné metabolické palivo s malým objemom pre väčšinu eukaryotických buniek. Takáto zásoba energie je pre telo výhodná, nakoľko nie je ťažká. Telo taktiež poskytuje tepelnú izoláciu [1, 4].

Pokiaľ je nadbytočného tuku v tele príliš veľa, vzniká obezita. Najmä akumulácia viscerálneho tuku je spájaná so zvýšeným rizikom metabolického syndrómu a zdravotnými dôsledkami ako diabetes, vysoký krvný tlak, ateroskleróza či dyslipidémia [77].

#### **2.4.1.1 Trávenie a vstrebávanie tukov**

Už v ústach sa pri miešaní potravy dostávajú slinami do sústa obsahujúceho tuk lipázy, ktoré začínajú katalyzovať hydrolýzu tukov. Dochádza aj k čiastočnej emulgácii, nakoľko lipázy sú účinné iba na rozhraní vodnej a tukovej fázy. V žalúdku sa tuky príliš nemenia, vytvára sa jemná emulzia a lipolýza je iba čiastočná. Vytvorenie emulzie je nutné pre tvorbu dostatočnej plochy pre pôsobenie lipáz. V dvanástniku je emulzia stabilizovaná soľami žľových kyselín a tuky sú štiepené pankreatickou lipázou. Jej pôsobením sa najprv odštiepujú MK na kraji glycerolového zvyšku a vzniká tak zmes 1,2- a 2,3-diacylglycerolov. Tie sú ďalej štiepené oddelením druhej krajnej MK za vzniku 2-monoacylglycerolov. Pri oboch reakciách sa uvoľňujú voľné mastné kyseliny. V tenkom čreve dochádza k ďalšiemu štiepeniu intestinálnymi lipázami, pričom sa odštiepuje posledná viazaná MK a vzniká molekula glycerolu [10, 23].

Ďalšie významné enzýmy, ktoré sa podieľajú na štiepení lipofilných zložiek sú fosfolipázy a cholesterolesteráza. Mastné kyseliny a nehydrolyzované monoacylglyceroly sú emulgované soľami žľových kyselín za vytvorenia jemných tukových micel o veľkosti 3 – 6 nm. Vďaka ich malému rozmeru sú micely následne vstrebávané sliznicou tenkého čreva (v lačníku). Pri vstrebávaní sú z nich uvoľňované žľové kyseliny, ktoré sa následne tiež vstrebajú. Spolu s MK sa vstrebávajú aj steroly, vitamíny a malá časť nerozštiepených triacylglycerolov. Veľmi obmedzene prebieha vstrebávanie aj pinocytózou [10, 23].

Po priechode sliznicou sa už v bunkách stien tenkého čreva opäť syntetizujú z mastných kyselín a monoacylglycerolov späť triacylglyceroly. Tieto triacylglyceroly spolu so sterolmi,

lipofilnými vitamínmi, endogénnym cholesterolom, fosfolipidmi a apoproteínom vytvárajú veľké lipoproteínové častice nazývané chylomikróny. Hydrofilný obal chylomikrónov je tvorený proteínmi, fosfolipidmi a cholesterolom a hydrofóbne látky sú vo vnútri. Tieto lipoproteínové častice sa dostávajú najprv do lymfatického obehu, odkiaľ prechádzajú do krvného obehu až k tkanivám. V tukových tkanivách a iných orgánoch sa následne triacylglyceroly ukladajú ako zásoba energie. Časť triacylglycerolov sa využije aj na výstavbu tkanív, najmä na tvorbu membrán a na syntézu heterolipidov [1, 10, 23].

Ak organizmus potrebuje energiu, ktorú nie je schopný získať iba zo zásob sacharidov, prevádza triacylglyceroly vo forme hydrofilných lipoproteínov k príslušným bunkám. V nich sa metabolizujú najmä mechanizmom  $\beta$ -oxidácie [1, 37].

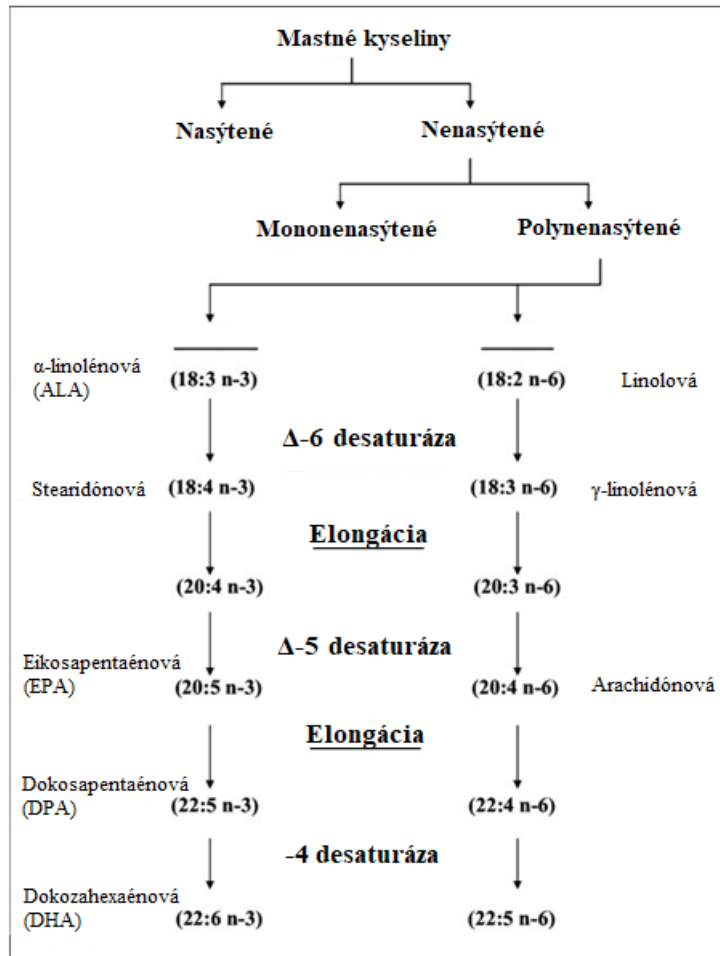
Špecifickou skupinou sú relatívne polárne MK s krátkym reťazcom (10 uhlíkov a menej), ktoré nie sú prevádzané na triacylglyceroly, ale vstrebávajú sa priamo. Krvným obehom sú transportované do pečene, kde sa metabolizujú [1, 10].

#### **2.4.1.2 Esenciálne mastné kyseliny**

Väčšinu potrebných tukov si vie ľudský organizmus vytvoriť sám z iných tukov prípadne z iných základných živín. Niektoré mastné kyseliny sú však esenciálne a na ich príjem je telo odkázané externe, čo bolo dokázané už v roku 1929 [76, 78].

Jedná sa o tzv. esenciálne mastné kyseliny a konkrétne o omega-3-mastnú kyselinu, kyselinu  $\alpha$ -linolénovú a omega-6-mastnú kyselinu, kyselinu linolovú. Tieto MK sú dôležitými prekurzormi fosfolipidov v bunkových membránach a eikosanoidov. V tele sa z nich vytvárajú kyselina arachidónová, eikosapentaénová (EPA) a dokozahexaénová (DHA), ktoré sa pri obmedzenom príjme ich prekurzorov stávajú samé esenciálnymi. Pri nedostatočnom príjme EMK v potrave dochádza k zmenám v zložení lipidov v mnohých tkanivách, najmä v bunkových membránach, a znižuje sa aj účinnosť oxidácie MK v mitochondriách [4, 76]. Taktiež dochádza k vzniku dermatitíd, vypadávaniu vlasov, zníženiu trombocytov a tým k zvýšenému riziku krvácania, či k mentálnemu postihnutiu u detí [79].

Dôležitý je aj pomer príjmu jednotlivých skupín esenciálnych mastných kyselín. Odporúča sa, aby bol maximálne 5:1 (kyseliny radu n-6 / kyseliny radu n-3) a aby minimálne 0,5% celkového príjmu energie pochádzalo z EPA, DHA a iných vyšších polynenaýstených kyselín rady n-3 [1]. V posledných desaťročiach bol zaznamenaný zvýšený príjem celkového tuku ako aj nasýtených tukov v západnej strave, zatiaľ čo príjem omega-6 mastných kyselín narástol a príjem omega-3 mastných kyselín sa znížil. To malo za následok zvýšenie pomeru n-6/n-3 až na 20:1 a viac. Táto zmena bola spojená s výrazným zvýšením výskytu nadváhy a obezity. Vyvážený pomer omega-6 a omega-3 mastných kyselín je veľmi dôležitý pre zdravie a taktiež v prevencii vzniku obezity [80].



Obrázok 18: Rozdelenie a metabolizmus esenciálnych mastných kyselín [81]

### 2.4.1.3 Výživové odporúčania o príjme tukov

Podľa najnovších poznatkov svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) by mal príjem tukov v strave predstavovať približne 20 až 35 % z celkového energetického príjmu. Príjem tukov menší ako 15 % z celkového energetického príjmu nemusí stačiť na zabezpečenie potrebného príjmu esenciálnych mastných kyselín a taktiež zhoršuje vstrebávanie vitamínov rozpustných v tukoch. Pre aktívnych jedincov je skôr odporúčaná horná hranica rozmedzia. Vyššie hodnoty ako 35 %E (% z celkovej prijatej energie) už sú zvyčajne sprevádzané so zvýšeným príjmom nasýtených tukov, cholesterolu a celkovej energie [17, 23].

Dôležité je aj zastúpenie jednotlivých tukov podľa nasýtenosti. Celkový príjem nasýtených tukov (SFA) by nemal predstavovať viac ako 10 % z celkového energetického príjmu, pričom je odporúčané nahrádzať ich polynenasýtenými (n-3 a n-6) [17, 23].

Príjem mononeasýtených mastných kyselín (MUFA) nie je daný priamo, ale je počítaný z rozdielu: MUFA = celkový príjem tuku – SFA – PUFA – TFA. Vo výsledku sa preto odporúčaný príjem mononenasýtených mastných kyselín môže líšiť pre každého jedinca, v závislosti od celkového príjmu tuku a pomeru zastúpenia zvyšných typov MK v strave [17].

Minimálne hodnoty príjmu polynenasýtených mastných kyselín (PUFA) pre zabránenie vzniku symptómov ich nedostatku sú stanovené na 2,5 %E kyseliny linolovej a 0,5 %E kyseliny  $\alpha$ -linolénovej. Minimálna odporúčaná dávka PUFA pre zníženie LDL a celkového cholesterolu a súčasné zvýšenie HDL cholesterolu spolu so znížením rizika srdcovo-cievnych ochorení činí 6 % z celkového energetického príjmu. Pri príjme vyššom ako 11 %E, je zasa zvýšené riziko lipidovej peroxidácie a to najmä pri nedostatočnom príjme tokoferolu. Vo výsledku je teda odporúčané, aby príjem PUFA bol medzi 6 až 11 %E. Príjem omega-6 mastných kyselín by mal činiť asi 2,5 až 9 %E a príjem omega-3 mastných kyselín zasa 0,5 až 2 %E [17].

Posledná skupina, tzv. trans mastné kyseliny (TFA), by nemala tvoriť viac ako 1 % z celkovej prijatej energie. Pri zvýšenom príjme hrozí riziko vzniku kardiovaskulárnych ochorení a príhod [17, 23].

#### **2.4.2 Použitie tukov pri príprave pokrmov**

Pre rôzne účely kuchynskej prípravy pokrmov je vhodné používať rôzne druhy tukov o rôznom zložení mastných kyselín a sprievodných látok. Medzi všeobecné požiadavky patrí nízky obsah trans-nenasýtených mastných kyselín a nízky obsah cholesterolu [10, 76].

##### **2.4.2.1 Studená kuchyňa**

Tuky a oleje pre studenú kuchyňu sú charakteristické tým, že sú vyrábané skladované pri nízkej teplote. Majú taktiež obmedzenú skladovateľnosť. Úroveň oxidácie je preto nízka, čo umožňuje použitie tukov a olejov s vysokým obsahom polynenasýtených mastných kyselín a nízkym obsahom cholesterolu a trans-nenasýtených MK. Zaradujú sa sem najmä pomazánkové tuky a šalátové oleje. Šalátové oleje by mali mať nízky obsah nasýtených MK (pod 20 %) a vysoký obsah polynenasýtených MK (20 až 70 %). Nesmú byť zakalené a mali by mať výbornú chuť – neutrálnu, alebo typickú pre daný olej. Podľa preferencií konzumenta sa používajú buď rafinované, alebo nerafinované (panenské) oleje. Patrí sem napríklad slnečnicový, repkový, alebo sójový olej. Z menej typických je veľmi vhodný olivový, podzemnicový ale aj avokádový, sezamový, svetlicový či bavlníkový olej [10, 76].

##### **2.4.2.2 Teplá kuchyňa**

Tuky a oleje pre teplú kuchyňu sa rozlišujú podľa typu tepelnej úpravy. Pri varení sa napríklad predpokladá nízka úroveň oxidácie a obsah nasýtených MK by mal byť nízky, zatiaľ čo obsah polynenasýtených MK môže byť pomerne vysoký. Vhodnými zástupcami na varenie sú najmä margaríny a pokrmové tuky. Menej vhodnými, ale stále použiteľnými sú rastlinné oleje. Pečenie pokrmov vykazuje o niečo vyššiu úroveň oxidácie. Tuky na pečenie by preto mali obsahovať prevažne mononenасыtené MK, mali by mať dobré povrchové vlastnosti a ľahkú manipulovateľnosť. Patria sem pokrmové tuky, šľahané tuky a fritovacie oleje. Pri smažení v tenkej vrstve sa predpokladá vysoká úroveň oxidácie použitého tuku

a zároveň aj jeho prepaľovanie. Olej by sa preto nemal používať na opakované smaženie. V oleji by mali prevažovať kyselina olejová a nasýtené mastné kyseliny, pričom obsah polynenasýtených MK by mal byť nízky. Vhodné sú špeciálne fritovacie oleje, šľahané a pokrmové tuky, ale aj olivový olej. Pre jednorazové smaženie malého množstva suroviny sa dajú použiť aj iné rastlinné oleje. Pri fritovaní je rozsah teplôt asi 130 – 190 °C a oxidácia je znateľná. Časť oxidačných produktov však pri fritovaní vyprchá. Dôležité je dokonalé predohriatie tuku a použitie vhodnej teploty. Tuk by mal byť vysoko stabilný s nízkym obsahom polyenových kyselín. Vhodné sú menej nenasýtené rastlinné oleje ako olivový, alebo palmový, čiastočne stužené kvapalné oleje a čiastočne stužené tuky, vrátane šľahaných [10, 23].

## 2.5 Rastlinné oleje v kozmetike

Rastlinné oleje majú svoje významné uplatnenie aj v oblasti kozmetiky. Pod termínom kozmetika sa rozumejú kozmetické prípravky a z hľadiska legislatívy sa za kozmetický prostriedok považuje látka, alebo prostriedok určený pre styk s vonkajšími časťami ľudského tela, zubami a sliznicou ústnej dutiny s cieľom výlučne alebo prevažne ich čistiť, meniť ich vzhľad, chrániť ich, udržiavať ich v dobrom stave alebo korigovať ľudské pachy. Príkladom kozmetických prípravkov môžu byť rôzne mydlá, prostriedky do kúpeľa, šampóny, zubné pasty, dezodoranty, emulzie, krémy, gély a roztoky na pokožku, parfumsy, opaľovacie krémy, skrášľovacie rúže a iné. Z technologického hľadiska ide pri výrobe kozmetiky v podstate o miešanie viacerých zložiek dokopy, pričom hygienické nároky sú tu pochopiteľne vyššie ako pri bežnej chemickej výrobe [6].

V kozmetických výrobkoch a výrobkoch pre osobnú starostlivosť sa rastlinné oleje a hydrogenované rastlinné oleje požívajú pri príprave výrobkov do kúpeľa, čistiacich produktov, make-upov, vôní, ale aj výrobkov na opaľovanie a iných výrobkov určených na pokožku. Vďaka ich hydrofóbnemu charakteru vytvárajú na povrchu kože bariéru a spomaľujú tak stratu vody z pokožky, čím ostáva hydratovaná. Rastlinné oleje majú uplatnenie aj vo vlasovej kozmetike. Hydrogenované rastlinné oleje sa často používajú aj na zahustenie lipidovej frakcie rôznych kozmetických výrobkov [82].

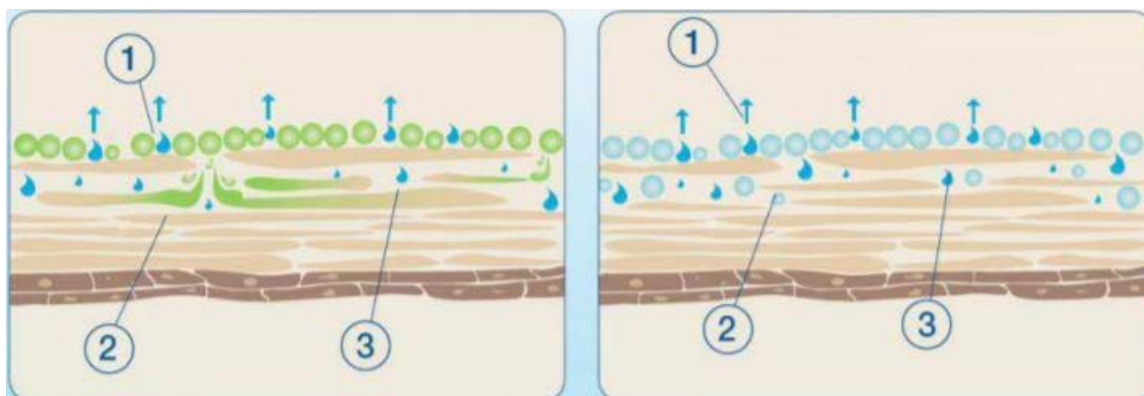
Už od dávnych čias boli rastlinné oleje a tuky využívané na starostlivosť o kožu, pre udržanie jej prirodzenej krásy ale aj na liečbu kožných ochorení. V závislosti od lokálne dostupných rastlinných zdrojov a skúseností získaných v priebehu rokov, si každý kmeň alebo oblasť zvykli na určité preferované oleje a tuky. Rastlinné oleje sú v kozmetike obľúbené a využívané nielen z technologického hľadiska ako dôležitá lipofilná zložka kozmetických produktov, ale prispievajú taktiež k atraktivite produktu. Najmä v posledných rokoch boli vedou preskúmané rôzne blahodarné účinky rastlinných olejov pre človeka a tiež bolo zopár netypických rastlinných olejov objavených [83]. Dopyt po používaní prírodných surovín v kozmetickom priemysle stále rastie. Na jednej strane sa vyžaduje, aby boli kozmetické produkty čo najkompatibilnejšie s fyziológiou človeka a aby nemali žiadne toxické, či alergické účinky. Na strane druhej pútajú veľkú pozornosť blahodarné účinky na pokožku,



ktoré tieto komplexné zmesi prírodných látok poskytujú. Záujem teda stúpa nielen zo strany zákazníkov, ale aj z pohľadu vedeckého výskumu [84].

### 2.5.1 Prírodné a syntetické oleje v kozmetike

Rastlinné oleje majú v kozmetike oproti parafrínovým olejom, získavaným z ropy, výhodu. Mali by prenikat' hlbšie do pokožky, pričom parafrínové oleje môžu upchávať póry a tak zabraňovať dýchaniu pokožky. Rastlinné oleje majú totižto zloženie podobné lipidom pokožky. Vďaka tomu sú z časti metabolizované a prijímané kožou pomocou enzymatického rozkladu, a tak dokážu priamo pomôcť napríklad suchej a popraskanej pokožke. Naproti tomu parafrínové oleje sa javia ako chemicky inertné. Pri styku s hornými vrstvami pokožky sa ďalej nemetabolizujú. Parafrínové oleje sú oproti rastlinným ochudobnené o isté aktívne zložky, nemajú pre pokožku nutričnú hodnotu, a tým pádom neposkytujú tak dobrú starostlivosť ako rastlinné oleje. Rastlinné oleje vykazujú taktiež nesporné benefity v oblasti podpory syntézy prostaglandínov a podpory ochrannej funkcie pokožky vďaka obsahu esenciálnych mastných kyselín. Oba typy olejov však majú aj spoločnú vlastnosť. Na pokožke vytvárajú tenkú ochrannú vrstvu, ktorá zadržiava vlhkosť, a tak poskytuje nepriamy pozitívny efekt. Tu sa dokonca javia účinnejšie práve parafrínové oleje. Odporúčania, ktorý olej je lepšie použiť sa líšia v závislosti od typu pokožky, účelu použitia, časti tela či tendencie pre alergiu. Rastlinné oleje sú totižto v kozmetike často používané vo forme panenských, čo najviac prírodných olejov, čo môže kvôli prítomným proteínom spôsobiť alergickú reakciu. Pre alergickú a atopickú pokožku sú dermatológmi odporúčané práve inertné parafrínové oleje [85].



Obrázok 19: Prenikanie do kože - vľavo rastlinné oleje, vpravo parafrínové oleje [85]

Rastlinné oleje dokážu viac než len hydratovať. Ich biologická účinnosť je založená nielen na nezmydeliteľnej frakcii, alebo stopových zložkách, ale aj na frakcii triacylglycerolov. Tu ide najmä o obsah nenasýtených mastných kyselín, najmä rady omega-3 a omega-6. Ich účinky na človeka boli bližšie popísané v predchádzajúcich kapitolách [83].

Medzi oleje s vysokým obsahom omega-9-mononenasýtenej kyseliny, kyseliny olejovej, patrí najmä olivový olej a olej z lieskových orechov. Olivový olej sa v kozmetike vyznačuje

dobrou polaritou, stabilitou ale aj miešateľnosťou s inými olejmi. Nezmydeliteľná frakcia tu tvorí asi 0,6 – 1,5 % a prevláda v nej skvalén. Predpokladá sa, že práve táto nezmydeliteľná frakcia má dôležité zvláčňujúce vlastnosti a vykazuje afinitu k fyziologickému zloženiu kožného mazu a povrchu pokožky [83, 84].

Niektoré oleje majú vysoký obsah kyseliny linolovej aj olejovej zároveň ako napríklad svetlicový a slnečnicový olej. Líšia sa napríklad oxidačnou stabilitou ale aj pocitom aký zanechávajú na pokožke. Veľmi obľúbeným je v kozmetike a prípravkoch pre osobnú starostlivosť makadámiový olej. Obsahuje významné množstvo omega-7-mononenásytenej kyseliny, kyseliny palmitoolejovej. Dokáže vynikajúco prenikať do pokožky, pričom ju zanecháva príjemne zamatovú. Navyše má aj výbornú antioxidačnú stabilitu. Omega-6-nenasýtené kyseliny majú takisto dôležitú rolu pre pokožku a sú súčasťou kožnej bariéry. Nedostatok esenciálnych mastných kyselín má veľký vplyv na funkciu pokožky a vedie k jej šupinatému. Dobrým zdrojom omega-6-mastných kyselín (kyseliny linolovej) sú najmä slnečnicový a svetlicový olej, ale aj olej z hroznových jadier. Kyselina linolová je v tele metabolizovaná na kyselinu  $\gamma$ -linolénovú (GLA). Táto konverzia je však malá a rýchlostne obmedzená. Takisto je znižovaná chorobou a vekom, preto je vhodné prijímať ju priamo. Vhodným zdrojom GLA je olej zo semien pupalky dvojročnej, ríbezle čiernej a boráku. Konzumácia GLA má pozitívny vplyv na suchú pokožku. Pupalkový olej zlepšuje hydratáciu, elasticitu či pevnosť pokožky a zlepšuje aj jej odolnosť voči únave. Lokálne aplikovaná GLA zasa zmierňuje svrbenie pokožky. Zdrojom omega-3-nenasýtených kyselín, najmä kyseliny  $\alpha$ -linolénovej, je hlavne olej z ľanových semienok. Na pokožku majú vplyv najmä omega-3-mastné kyseliny prijaté v potrave. Zlepšujú viaceré parametre pleti a vďaka protizápalovému pôsobeniu pravdepodobne zabraňujú aj starnutiu pokožky. Vďaka vysokému obsahu nenasýtených kyselín sú všetky tieto oleje veľmi náchylné na oxidáciu. Pre optimálnu stabilitu vo finálnom produkte sú preto silne závislé na použití antioxidantov [83, 85].

Príkladom pre olej, kde sú jeho biologické účinky pripisované najmä nezmydeliteľnej frakcii, je bambucké maslo. Nezmydeliteľná časť tu bežne tvorí 4 až 8 %, pozostávajúc najmä z protizápalových triterpénov, ktoré sú veľmi užitočné v produktoch proti starnutiu pokožky. Bambucké maslo je známe aj svojimi upokojujúcimi účinkami, veľmi prospešnými najmä po opaľovaní [83].

## 2.6 Vybrané rastlinné oleje

### 2.6.1 Avokádo

Avokádo je plodom stálezeleného stromu hruškovca amerického (*Persea americana*). Tento strom pochádza z tropických a subtropických oblastí Ameriky, odkiaľ sa časom rozšíril do vlhkých a teplých oblastí celého sveta [86]. Avokádo je elipsoidná vajcovitá 7 až 20 cm dlhá a 100 až 2000 g ťažká jedlá bobuľa [87]. Navonok je obalená zeleným až čiernym kožovitým oplodím a vnútri sa nachádza maslovitý mezokarp s veľkým semenom uprostred [88]. Avokádo má pomerne vysoký obsah kalórii, a to až 220 kcal / 100 g. Dužina totižto obsahuje minimum sacharidov a naopak značné množstvo tuku, z ktorého väčšinu tvorí mononenasýtený tuk, konkrétne kyselina olejová. Spolu s ňou tu je vo významnej miere ešte kyselina palmitová a kyselina linolová [88, 89]. Nasýtené mastné kyseliny tvoria asi 14 % z celkového tuku. Typické avokádo teda obsahuje zhruba 1 % omega-3, 14 % omega-6, 71 % omega-9-nenasýtených MK (65 % kyselina olejová a 6 % palmitolejová) a 14 % nasýtených MK (kyselina palmitová). Takisto je bohatým zdrojom minerálnych látok ako draslík, meď, horčík, fosfor a vitamínov C, E, K, H, B<sub>3</sub> a B<sub>5</sub>. Avokádo tiež obsahuje fytosteroly a karotenoidy, ako napríklad luteín a zeaxantín [90]. Bolo dokázané, že konzumácia avokáda dokáže zvýšiť absorpciu vitamínu A z potravy [91]. Existuje 12 hlavných kultivarov avokáda, pričom najviac pestované kultivary sú „Hass“ a „Fuerte“. Viaceré štúdie dokazujú, že konzumácia avokáda telu prospieva a podporuje kardiovaskulárne zdravie [90, 92].



Obrázok 20: Plod hruškovca amerického [93]

### 2.6.2 Avokádový olej

Jedná sa o jedlý olej, ktorý sa získava lisovaním plodov, konkrétne mäsitej dužiny hruškovca amerického (*Persea Americana*). Dužina avokáda môže bežne obsahovať až 30 % oleja [92].

#### 2.6.2.1 Výroba avokádového oleja

Plody avokáda začínajú dozrievať ihneď po zbere. Vplyvom endogénnej aktivity pektolytických enzýmov dochádza k zmäknutiu dužiny a pri niektorých odrodách sa mení aj

farba povrchu avokáda zo zelenej na purpurovočiernu. Pre zabezpečenie optimálnej kvality oleja, by avokádo nemalo byť prezreté a nemalo by mať ani žiadne výrazné poškodenia [92].

Olej sa zo zrelého avokáda získava mechanickou extrakciou - lisovaním, podobne ako je tomu pri olivovom oleji. Rozdiel je v tom, že sa navyše odstraňuje ešte koža a semeno plodu. Následne sa dužina rozomelie na pastu a mieša 40 až 60 minút pri 45 – 50 °C. Hoci sa jedná o teplotu trochu vyššiu ako pri olivovom oleji, pre avokádový olej je to stále brané ako lisovanie (extrakcia) za studena. Táto o niečo vyššia teplota napomáha extrakcií oleja z buniek a nemá vplyv na kvalitu oleja. Olejová a vodná fáza sa od dužiny oddelia pomocou vysokorýchlostnej odstredivky, pričom zvyšky semien, kože a dužiny sa následne využívajú ako hnojivo či krmivo pre zvieratá. Voda od oleja sa oddelí až v konečných centrifugách. Výsledný avokádový olej zo zdravého ovocia potom obsahuje veľmi málo voľných mastných kyselín a taktiež má nízke hodnoty peroxidového čísla. Ak sú hodnoty čísla kyslosti zvýšené, môže sa jednať o olej z avokád nízkej kvality, z avokád ktoré boli oneskorene spracované alebo mohli byť použité nevhodné výrobné postupy [90, 92].

Avokádový olej určený pre kozmetické účely sa získava spôsobom, kedy sa najprv vysuší dužina avokáda a následne prebieha extrakcia rozpúšťadlami pri zvýšených teplotách. Po extrakcii sa olej ďalej rafinuje, bieli a deodorizuje za vzniku žltého oleja bez zápachu. Pre potravinárske účely sa často vyrába aj extra panenský avokádový olej, ktorý nie je rafinovaný a tak si zachováva charakteristickú príchuť a farbu [86, 92].

### **2.6.2.2 Zloženie a vlastnosti avokádového oleja**

Vďaka podobnému profilu mononenasýtených mastných kyselín pripomína olivový olej. Avokádo má vysoký obsah mononenasýtených mastných kyselín a vitamínu E (70-190 mg  $\alpha$ -tokoferolu / 100 g oleja). Medzi ďalšie nelipidické zložky patria chlorofyly a karotenoidy, z ktorých najviac zastúpený je luteín. Za studena lisovaný olej obsahuje taktiež značné množstvo fytosterolov, najmä  $\beta$ -sitosterolu. Na 100 g oleja pripadá približne 11,56 g nasýtených, 70,55 g mononenasýtených a 13,49 g polynenasýtených mastných kyselín [24, 92]. Taktiež bolo dokázané, že konzumácia avokáda, alebo avokádového oleja, môže zvyšovať absorpciu karotenoidov a iných živín v tele [94].

Avokádový olej má prirodzene nízku kyslosť, čo dopomáha k jeho vysokému bodu prepálenia. Avokádový olej má mimoriadne vysoký bod prepálenia, či už sa jedná o nerafinovanú (249 °C), alebo rafinovanú (271 °C) variantu. Presná hodnota bodu prepálenia závisí na kvalite rafinácie a spôsobe manipulácie s olejom od výroby až k spotrebiteľom [92].

Za studena lisovaný Hass avokádový olej má charakteristickú smaragdovo zelenú farbu a typickú avokádovú chuť s príchutami pripomínajúcimi trávu či huby. Za zelenú farbu sú zodpovedné najmä prítomné chlorofyly. Iné kultivary produkujú oleje s jemne rozdielnymi chuťovými vlastnosťami. Chuť oleja z odrody Fuerte má napríklad viac hríbovú a menej avokádovú chuť [92].



Obrázok 21: Avokádový olej [95]

### 2.6.2.3 Použitie avokádového oleja

V potravinárstve sa tento olej používa ako súčasť rôznych jedál, ale aj ako olej na varenie. Vďaka jeho vysokému bodu prepálenia je v kuchyni vhodnou alternatívou na takmer akékoľvek tepelné úpravy pokrmov zahŕňajúc pečenie, grilovanie, ale aj na vyprážanie. Takisto slúži ako dobrý nosič pre iné príchuť v pokrmoch. Vďaka vysokému obsahu mononenasýtených mastných kyselín a vitamínu E pozitívne vplyva na ľudské zdravie [96].

V kozmetike sa využíva ako mazivo a je vysoko cenený pre jeho regeneračné a zvlhčujúce schopnosti. Vďaka prítomnosti vitamínu E, efektívneho antioxidantu v spomaľovaní procesu starnutia, chráni pokožku pred vznikom vrások a pokožka pôsobí mlado a sviežo. Avokádový olej je vynikajúcou voľbou pre poškodenú, alebo popraskanú pokožku a takisto bolo dokázané, že zvyšuje syntézu kolagénu a znižuje počet zápalových buniek [92, 97, 98]. Medzi ostatnými kozmetickými olejmi vyniká veľmi dobrou vstrebateľnosťou do pokožky, čo je pripisované obsahu palmitoolejovej kyseliny, ktorá nie je v iných rastlinných olejoch až tak bežná. Avokádový olej je považovaný za jeden najvhodnejších a najefektívnejších olejov v kozmetickom priemysle [83].

### 2.6.3 Mandle

Pojem mandľa označuje semeno mandle obyčajnej (*Prunus dulcis*), stromu z čeľade ružovité, pochádzajúceho zo stredomorských oblastí stredného východu a južnej Ázie. Semeno sa získava odstránením oplodia asi 3,5 až 6 centimetrovej kôstkovice, t.j. plodu mandle obyčajnej. Mandľa obyčajná má drsné, šedé, podlhovasté plody s kožovitým obalom [99, 100]. Existujú dva druhy mandlí. Sladké a horké. Horké majú o niečo vyšší obsah jedovatého kyanogénneho glykozidu amygdalínu [101].

Priemerná výživová hodnota mandlí je 579 kcal / 100 g, z čoho asi 50 % tvoria tuky, 21 % bielkoviny, 22 % sacharidy, 4% voda a zvyšok minerálne látky, gummy, kyanogénne glykozidy amygdalín a prunasín. Mandle sú takisto bohatým zdrojom vlákniny a mononenasýtených

(kyselina olejová) a polynenasýtených (kyselina linolová) mastných kyselín. Vo vzťahu k celkovej suchej hmotnosti, jadrá mandlí obsahujú 32 % mononenasýtenej kyseliny olejovej, 13 % polynenasýtenej omega-6-mastnej kyseliny linolovej a 10 % nasýtených mastných kyselín, prevažne kyseliny palmitovej. Kyselina  $\alpha$ -linolénová (omega-3) nie je prítomná. Okrem značného množstva tuku mandle ďalej obsahujú vitamíny skupiny B, vitamín E a vitamín A. Sú taktiež zdrojom esenciálnych minerálnych látok ako meď, železo, mangán, fosfor, či zinok a oproti ostatným orechom obsahujú vo významnej miere vápnik (269 mg / 100 g), horčík (270 mg / 100 g) a draslík (733 mg / 100 g). Tak, ako aj iné orechy, mandle tiež obsahujú fytoosteroly ako napríklad  $\beta$ -sitosterol, stigmasterol či campestanol [101, 102].



*Obrázok 22: Semeno mandle obvyčajnej spolu so škrupinou [103]*

#### **2.6.4 Mandľový olej**

Jedná sa o olej, ktorý sa získava zo sušených jadier mandlí, najčastejšie lisovaním za studena, za vzniku panenského mandľového oleja. Ak je to nutné, použije sa vyššia teplota a extrakcia chemikáliami pre získanie rafinovanej verzie, ktorá je o niečo chudobnejšia, čo sa týka nutričnej hodnoty, ale zasa tepelne stabilnejšia. Mandle sú bohatým zdrojom oleja, nakoľko až 50% ich sušiny tvorí tuk [102, 104].

##### **2.6.4.1 Výroba mandľového oleja**

Mandľový olej sa získava obdobne ako je tomu pri iných olejoch získavaných z orechov. Mandle sa zberajú v období od augusta do septembra. Po zbere sa odstráni oplodie a prebieha sušenie buď na slnku, alebo v sušiarňi. Po vysušení sa oddelia jadrá od škrupín a je na rade lisovanie, alebo extrakcia. Niekedy je nutné pred extrakciou ešte semená podrtiť [104].

Najvyššie výťažky poskytuje extrakcia rozpúšťadlami. Tradične sa tu využívajú vysoké teploty a chemikálie, čo znižuje kvalitu oleja kvôli vzniku nežiadúcich príchutí a inaktivácií vitamínov a aktívnych látok prítomných v surových mandliach. Olej je potom nutné rafinovať a nie je ho tak možno považovať za panenský. Dôležitými parametrami sú tu teplota extrakcie, veľkosť čiastočiek mandlí a pomer mandlí k rozpúšťadlu. Ako optimálne sa javia teplota 90 °C, veľkosť čiastočiek 0,5 mm a pomer 1:3 [102, 104].

V posledných rokoch sa javí ako životaschopná alternatíva ku klasickej extrakcii aj extrakcia superkritickým oxidom uhličitým. Použitie nižších teplôt a tlaku má za následok vyššiu kvalitu produktu [104].

Klasická alternatíva k extrakcii rozpúšťadlami je mechanická extrakcia, resp. lisovanie, využívajúca hydraulické alebo šnekové lisy. Extrakcia šnekovým lisom vyžaduje predošlú tepelnú úpravu materiálu aby boli dosiahnuté čo najlepšie výsledky. Zvýšená teplota zabezpečí lepšiu separáciu oleja, čo zvyšuje výťažok procesu [99, 104].

Extrakcia mandľového oleja za použitia superkritického CO<sub>2</sub> a lisovania poskytuje produkt s príjemnými senzorickými vlastnosťami, podobnými pôvodnej surovine, pričom nie je potrebná rafinácia a tak môže byť takýto výrobok označovaný ako panenský olej [104].

#### **2.6.4.2 Zloženie a vlastnosti mandľového oleja**

Na 100 g oleja pripadá asi 8 g nasýtených tukov, kde väčšinu zastupuje kyselina palmitová, 70 g kyseliny olejovej a 17 g kyseliny linolovej. Tento olej je takisto bohatým zdrojom vitamínu E, horčíka, fosforu a medi. Mandľový olej sa vyznačuje charakteristickou jemnou arómou, orieškovou chuťou a zlatistou farbou. Nakoľko existujú dva druhy mandlí – sladké a horké, aj oleje z nich môžu mať tieto dve podoby. Horký mandľový olej sa často rafinuje, aby došlo k odstráneniu nežiadúcich toxínov z pokožky mandlí [25, 101].

Bod prepálenia rafinovaného mandľového oleja je približne 221 °C a môže byť teda použitý na pečenie, alebo ľahké smaženie. Panenský mandľový olej by však ako každý nerafinovaný olej nemal byť vystavovaný príliš vysokým teplotám, aby nestratil svoju nutričnú hodnotu. Takýto olej je vďaka svojej jemnej chuti vhodný skôr do studenej kuchyne, napríklad ako dressing [105].



*Obrázok 23: Mandľový olej [106]*

### 2.6.4.3 Použitie mandľového oleja

Použitie mandľového oleja má dlhú tradíciu. Mandle aj mandľový olej vykazujú mnohé blahodárne vlastnosti, vrátane protizápalových a imunitu posilňujúcich účinkov. Mandľový olej je takisto spájaný so zlepšením tranzitu v črevách a niektoré štúdie poukazujú aj na jeho antikarcinogénne vlastnosti týkajúce sa prevencie rakoviny hrubého čreva. Okrem toho sa mu pripisujú aj výhody v oblasti kardiovaskulárneho zdravia, nakoľko zvyšuje hodnoty tzv. „dobrého“ HDL cholesterolu a naopak znižuje „zlý“ LDL cholesterol [107].

Uplatnenie nachádza aj v kozmetickom priemysle, vďaka jeho výbornej schopnosti prenikať do pokožky a zvlhčujúcim a reštrukturalizačným vlastnostiam. Používa sa v rôznych zjemňujúcich krémoch na pleť, parfumoch, masážnych olejoch, olejoch do kúpeľa či mydlách [83, 108]. Už v starovekej čínskej či ajurvédскеj medicíne sa vedelo, že mandľový olej podporuje zdravie pokožky a používal sa na liečbu kožných ochorení spojených so suchou pokožkou, ako sú psoriáza a ekzém. Takisto bolo pozorované, že v pooperačných stavoch znižuje zjazvenie, vyhladzuje a omladzuje pokožku. Má teda zvláčňujúce a sklerotizujúce vlastnosti. Vďaka vysokému obsahu vitamínu A sa používa sa aj na liečbu akné. Vďaka vitamínu E môže tiež pomôcť spálenej pokožke zo slnka, znížiť príznaky starnutia a zjemniť jazvy. Taktiež bolo zistené, že môže napomáhať so znížením viditeľnosti strií a brániť vzniku nových. Používa sa aj ako masážny olej, alebo ako nosný olej v aromaterapii. Mandľový olej je vhodnou voľbou aj pre vlasy a napomáha ich udržať jemné a pevné [97, 108].

## 2.7 Macerované rastlinné oleje

Macerované oleje sú rastlinné oleje, do ktorých boli vylúhované iné látky, najmä z bylín. Oleje tu fungujú ako nosič a zároveň rozpúšťadlo na extrahovanie látok s terapeutickými účinkami z danej rastliny. Pojem macerované oleje sa často zamieňa s pojmom éterické (esenciálne) oleje. Medzi nimi je však podstatný rozdiel. Éterické oleje sú prchavé kvapaliny s charakteristickou vôňou a z rastlín sa získavajú najčastejšie destiláciou. Na rozdiel od bežných rastlinných olejov sú prchavé a na vzduchu sa bezo zvyšku odparia. Z chemického hľadiska sa teda nejedná o pravé oleje, ale o zmesi rôznych lipofilných sekundárnych metabolitov rastlín (najmä terpénov). Pri destilácii je však možno oddeliť iba pomerne malé molekuly. Väčšie lipofilné neprchavé molekuly je potom možno získať práve macerovaním [7, 109]. Medzi základné oleje v macerovaní patrí hlavne slnečnicový olej, mandľový olej a olivový olej. V menšej miere sa používajú aj rôzne iné oleje potravinárskej kvality. Zaujímavou možnosťou môže byť jojobový olej alebo aj tuhý kokosový tuk [7].

Medzi najpoužívanejšie byliny vo forme macerátov sa zaraďujú rastliny ako arnika horská, nechtík lekársky, mrkva, hviezdica prostredná, kostihoj, alpínia galangová, pagaštan konský, lipa, túžobník brestový, divozel, či ľubovník bodkovaný. Kvôli riziku mikrobiálnej infekcie spôsobenej vlhkosťou, je odporúčané aby sa používali výhradne dôkladne vysušené byliny. Dá sa použiť aj čerstvý rastlinný materiál, ale vtedy je nutné pravidelne ho nahrádzať novým, aby nedošlo k degradácii oleja a k rozvoju mikrobiálnej aktivity. Byliny by mali byť pred macerovaním posekané na malé kúsky, aby došlo k porušeniu rastlinných pletív a bola tak zabezpečená maximálna miera prechodu v oleji rozpustných látok do oleja [7].



### 2.7.1 Macerovanie

Proces macerovania je veľmi jednoduchý. Do uzatvárateľného, najlepšie skleneného obalu, sa nasype určité množstvo bylín, ktoré sa následne zaleje vybraným olejom tak, aby bol všetok rastlinný materiál pod hladinou oleja. Pomer bylín ku oleju zohráva takisto svoju úlohu. Odporúčania sa líšia a bežne sa udávajú pomery ako 1:10, či 1:5 (bylina : olej). Dôležité je najmä to, aby boli byliny pod hladinou oleja [7, 110, 111].

Macerovanie prebieha najlepšie za pôsobenia jemného tepla. Tradičná metóda spočíva v umiestnení uzavretej nádoby s olejom a bylinami na teplé slnečné miesto na dobu približne 3 týždne. Približne každý týždeň by macerované byliny mali byť nahradené novými, aby sa do oleja vyextrahovalo čo najviac účinných látok. Pre skrátenie doby macerovania sa často využíva aj macerovanie vo vodnom kúpeli na približne hodinu, alebo v elektrickom hrnci na noc. Teplota by však mala byť nastavená na minime, aby nedochádzalo k prehriatiu oleja a nespálil sa rastlinný materiál. Niektoré oleje sú náchylnejšie na degradáciu ako ostatné a preto je vhodné pridať 0,5 až 1 % vitamínu E ešte pred začiatkom macerovania. Vitamín E posluží ako silný antioxidant a degradáciu oleja minimálne spomalí. Pri macerovaní by sa mal obsah nádoby v pravidelných intervaloch premiešavať, aby došlo k prestupu maximálneho množstva bylinných látok. Po určitej dobe macerovania získa olej často novú farbu alebo odtieň. Po ukončení macerovania by sa mal obsah nádoby sfiltrovať a preliať do novej vzduchotesnej sterilizovanej nádoby. Väčšina macerovaných olejov takto vydrží 6 až 12 mesiacov, ak sú skladované mimo priameho slnečného žiarenia a tepla. Ideálne na skladovanie sú menšie nádoby, kde nie je príliš veľa vzduchu nad olejom [7, 110].



Obrázok 24: Proces macerovania byliny (nechtíku lekárskeho) v oleji [112]

### 2.7.2 Použitie macerovaných olejov

Maceráty nachádzajú hlavné uplatnenie v kozmetike, najmä týkajúcej sa starostlivosti o pleť. Taktiež majú významné uplatnenie ako masážne oleje a oleje v aromaterapii. Aromaterapeuti a bylinkári používajú buď konkrétne macerované oleje, alebo ich zmesi. Macerovať sa dá prakticky každá známa bylina. Macerát s rozmarínom lekárskeho sa používa v rôznych prípravkoch na telovú starostlivosť, nakoľko je známe, že priaznivo pôsobí na pokožku hlavy

a zabraňuje tak svrbeniu a lupinám. Taktiež sa používa na podporu rastu vlasov a pôsobí stimulujuco. Oleje s nechtíkom lekársnym, skorocelom, hviezdicou prostrednou, harmančekom, kostihojom či ľevandulou majú využitie v rôznych krémoch, pleťových vodách, repelentoch a olejoch do kúpeľa. Nechtík sa často používa na spálenie zo slnka, svrbenie, vyrážky či hojenie rán. Skorocel má hojivé účinky. Hviezdica prostredná sa môže použiť na drobné popáleniny a kožné ochorenia ako psoriáza či ekzém. Harmanček a levanduľa zasa pôsobia upokojujuco a fungicídne. Kostihoj poslúži pri drobných popáleninách, vyrážkach a bodnutí hmyzom. Príkladom použitia, kedy macerované oleje tvoria podstatnú aromatickú časť kozmetického produktu, môžu byť macerované vanilkové struky v jojobovom oleji [7, 110]. Macerát momordiky horkej, ktorá je často používaná v tureckej ľudovej medicíne, v kombinácii s olivovým olejom, vykazuje silné protizápalové účinky a zlepšuje hojenie rán [113]. V ľudovej medicíne na Balkáne sa často využíva aj macerát ľubovníka bodkovaného (*Oleum hyperici*). Používa sa na infekcie kože a mäkkých tkanív, zahŕňajúc najmä vredy a rany, pričom jeho účinky boli potvrdené riadnymi vedeckými štúdiami [114].

Macerované oleje nájdu svoje využitie aj v kuchyni. Často sa využívajú kombinácie olejov s cesnakom, zázvorom, papričkami či bylinkami. Macerát s rozmarínom vďaka svojej výraznej chuti poslúži na dochutenie pečených zemiakov alebo ako súčasť omáčok do cestovín [110].

## 2.8 Vybrané byliny

### 2.8.1 Baza čierna

Baza čierna (*Sambucus nigra*) je rýchle rastúci ker rozšírený v celej Európe, Malej Ázii, na západe Sibíru, či taktiež v USA. Rastie na okrajoch lesov a na stráňach. Ker sa vyznačuje typickými smotanovo bielymi kvetmi s intenzívnou vôňou a lesklými čiernofialovými kôstkovičkami s tmavočervenou šľavou, tzv. bezinkami [115].



Obrázok 25: Baza čierna - plody a kvety [116]

Čierna baza je od dávna veľmi cenená pre svoje liečivé účinky. Kvety obsahujú éterické oleje, alkaloidy, sambunigrín, eldrín, cholín, tanín, cukry, slizové látky, testosterón a ďalšie zložky. Sušené kvety majú využitie vo farmaceutickom priemysle vďaka ich močopudným a potopudným účinkom a bývajú takisto súčasťou čaju proti zápche. V ľudovom lekárstve sa baza čierna bežne používa pri prechladnutí, najčastejšie vo forme čaju, pričom podporuje potenie a znižuje telesnú teplotu. Kvety sa zbierajú začiatkom leta [115, 117, 118].

Plody obsahujú alkaloidy sambucín a cholín, pričom zelené plody ich obsahujú najviac a pri dozrievaní sa ich obsah znižuje. Tieto alkaloidy majú na svedomí aj špecifickú chuť bazy čiernej. Ďalej plody obsahujú cukry, škrob, organické kyseliny, pektín, karotény, minerálne látky a vitamíny C a B<sub>1</sub>. Ich využitie je pri horúčke, ale aj ako prehľadadlo pri zápche. V ľudovom lekárstve sa plody často používali pri bolestivých ochoreniach nervového pôvodu (migrény, zápal trojklaného nervu) a tiež ako protikŕčový prostriedok. Bezinky sa typicky zbierajú na jeseň. V ľudovom lekárstve majú isté využitie aj listy a kôra bazy čiernej [115, 117, 118].

### 2.8.2 Zelený čaj

Zelený čaj je typ čaju, ktorý je vyrobený z lístkov a púčikov rastliny čajovník čínsky (*Camellia sinensis*), pochádzajúcej z juhovýchodnej Ázie. Z tejto rastliny sa vyrábajú viaceré typy čajov ako biely, žltý, oolong, či čierny čaj, líši sa rôznymi druhmi spracovania danej rastliny za účelom dosiahnutia rôznej úrovne oxidácie. Zelený čaj nie je podrobovaný fermentácii (oxidácii). Jeho listy sa opražia na panvici a následne sa stáčajú, alebo sušia. Pri oolong čaji sa lístky nechajú zavädnúť na slnku, a následne sú čiastočne fermentované. Čierny čaj je plne fermentovaná verzia [117, 119].



Obrázok 26: Čajovník čínsky [120]

Medzi hlavné účinné látky obsiahnuté v zelenom čaji patria polyfenolové zlúčeniny epigalokatechín-3-galát (EGCG), epigalokatechín (EGC), epikatechín-3-galát (ECG), epikatechín (EC) a flavanoly. Medzi ďalšie zložky patria flavonoidy ako kaempferol,

kvercetín a myricetín. Šálka zeleného čaju taktiež obsahuje približne 2,5 % kofeínu, čo podporuje jeho stimulujúce účinky. Zelený čaj je známy aj svojimi antikarcinogénnymi účinkami, za ktoré vďačí najmä EGCG. Taktiež sa ukázalo, že konzumácia čaju je prínosná v udržaní si kardiovaskulárneho a metabolického zdravia vďaka prítomnosti spomínaných polyfenolových zlúčenín. Okrem vyššie spomenutých, boli konzumácii čaju pripísané aj protistarnúce, antidiabetické a mnohé ďalšie zdravie prospešné účinky [119].

### 2.8.3 Ďumbier lekársky

Zastaraným názvom zázvor lekársky (*Zingiber officinale*), je rastlina pochádzajúca z juhovýchodnej Ázie. Najčastejšie využívanou časťou tejto rastliny je jej aromatický, laločnatý, svetložltý podzemok, ktorý sa využíva ako korenina a ľudové liečivo [117, 121].



Obrázok 27: Koreň ďumbieru lekárskeho [122]

Zázvor je zdrojom minerálnych látok ako draslík, horčík, fosfor a vápnik a taktiež vitamínu C, niacínu, vitamínu E a kyseliny pantoténovej. Zázvor obsahuje aj farmakologicky významné obsahové látky. Patria sem skupiny esenciálnych olejov, fenolových zlúčenín, flavonoidov, alkaloidov, saponínov, steroidov, terpenoidov a tanínov. Medzi hlavných zástupcov patria seskviterpény,  $\beta$ -bisabolen, zingiberen, kurkumen a zingiberol. Za typickú ostrú a prenikavú chuť zázvoru môžu najmä gingeroly, z ktorých najviac zastúpený je 6-gingerol [123, 124].

Zázvor má stimulujúce účinky na krvný obeh, podporuje potenie, uľahčuje vykašliavanie a tiež pôsobí antisepticky. V súčasnosti sa zázvor používa v potravinových doplnkoch proti pooperačnej nevoľnosti, nevoľnosti z pohybu, chemoterapie či tehotenstva a takisto pri reumatoidnej artritíde a osteoartritíde. Zázvor sa používa priamo ako čerstvý, v sušenej forme, vo forme tabletiiek, kapsúl, tekutých extraktov či vo forme čaju [117, 121].

## 2.9 Analýza rastlinných olejov

Tuky a oleje je možno identifikovať rôznymi metódami, ale taktiež je možné hodnotiť ich kvalitu. Pomocou rôznych metód sa dá vykonať viacero druhov chemických, fyzikálnych či senzorických analýz. Analýzy určené na identifikáciu sa bežne nevyužívajú na hodnotenie kvality a naopak. Podľa toho je možno rozdeliť chemické metódy na kvalitatívne a identifikačné [125, 126].

### 2.9.1 Tukové charakteristiky

Tukové čísla patria do klasickej analýzy tukov a olejov a slúžia na charakterizáciu vlastností a kvality daného tuku alebo oleja. Tieto tzv. tukové charakteristiky sú meradlom obsahu rôznych funkčných skupín. Kombináciou týchto charakteristík je možno získať približnú predstavu a identifikovať tak vzorku. V súčasnosti už tukové čísla nemajú príliš veľký význam, nakoľko stanovenie zloženia lipidov modernými chromatografickými metódami poskytuje oveľa presnejšie informácie o vlastnostiach daného materiálu. Aspoň malé využitie má stále číslo kyslosti, ktoré je kritériom kvality surovín na výrobu jedlých tukov a prípadných zmien pri rôznych technologických procesoch. Taktiež jódové číslo sa niekedy pri zložitých zmesiach využíva na kontrolu výsledkov plynovej chromatografie [73, 126].

#### 2.9.1.1 Číslo zmydelnenia

Vyjadruje sa ako hmotnosť KOH v mg, potrebná na neutralizáciu mastných kyselín a hydrolýzu (zmydelnenie) ich esterov v 1 g tuku. Stanoví sa tak obsah všetkých, voľných aj viazaných mastných kyselín v tuku. Číslo zmydelnenia je teda mierou obsahu všetkých mastných kyselín. Čím viac voľných a viazaných MK daný tuk obsahuje, tým bude číslo zmydelnenia väčšie. Pri starnutí oleja dochádza k viacerým zmenám a časom môže číslo zmydelnenia klesať. Znižuje sa tak výživová hodnota oleja, alebo tuku [127, 128].

Vzorka tuku sa zmydelní varom s nadbytkom alkoholického roztoku hydroxidu draselného a nadbytočný nezreagovaný hydroxid sa stanoví spätnou titráciou kyselinou chlorovodíkovou na fenolftaleín [127].

#### 2.9.1.2 Číslo kyslosti

Udáva sa v mg KOH spotrebovaného na neutralizáciu kyselín obsiahnutých v 1 g tuku. Je teda mierou obsahu voľných mastných kyselín v tuku. V laboratóriu slúži ako objektívna skúška na degradáciu (zatuchnutosť) tukov a olejov. Hodnotí stupeň hydrolytického štiepenia tuku. V certifikátoch od výrobcu sa preto vždy udáva jeho maximálna hodnota. Čím vyššie toto číslo je, tým je kvalita tuku resp. oleja horšia [73, 127, 128].

Vzorka tuku, resp. oleja sa za tepla rozpustí v etanole a titruje sa odmerným roztokom KOH na fenolftaleín [127].

### 2.9.1.3 Esterové číslo

Vyjadruje obsah esterovo viazaných mastných kyselín a je udávané ako hmotnosť KOH v mg, potrebná na neutralizáciu esterovo viazaných mastných kyselín obsiahnutých v 1 g tuku. Čím je teda toto číslo vyššie, tým viac nutrične významných mastných kyselín daný tuk, alebo olej, obsahuje [127, 128].

Počíta sa z rozdielu čísla zmydelnenia a čísla kyslosti, vid' rovnica (2.1). Z esterového čísla je možné podľa rovnice (2.2) vypočítať aj približný percentuálny obsah glycerolu v tuku [127].

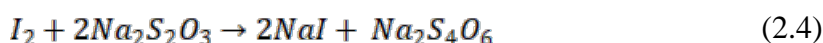
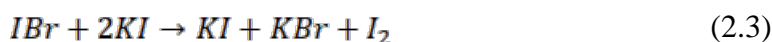
$$\check{C}_e = \check{C}_z - \check{C}_k \quad (2.1)$$

$$\% \text{ glycerolu} = 0,0547 \cdot \check{C}_e \quad (2.2)$$

### 2.9.1.4 Jódové číslo

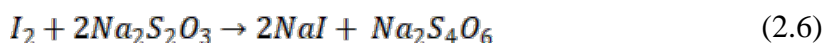
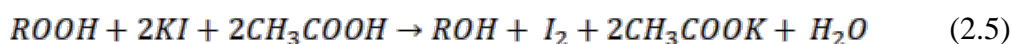
Udáva množstvo jódu v g, ktoré sa naviaže na 100 g tuku za podmienok metódy. Určuje teda mieru nenasýtenosti, resp. obsahu dvojitých väzieb tuku/oleja a slúži na posúdenie jeho čistoty. Používa sa aj na identifikáciu neznámych tukov a na posúdenie použiteľnosti tuku na rôzne účely. Čím je teda hodnota tohto čísla vyššia, tým viac nutrične významných nenasýtených kyselín daný tuk obsahuje [127, 128].

Hanušova metóda stanovenia jódového čísla využíva jódmonobromid. Nezreagovaný jódmonobromid sa pridaním jodidu draselného prevedie na jód a ten sa stanoví titráciou tiosíranom na škrobový maz. Princíp stanovenia popisujú rovnice (2.3) a (2.4) [127, 129].



### 2.9.1.5 Peroxidové číslo

Toto číslo udáva množstvo peroxidov v tuku, ktoré sú schopné oxidovať jód na jodid za podmienok metódy. Vylúčený jód sa stanovuje titráciou roztokom tiosíranu. Princíp metódy popisujú rovnice (2.5) a (2.6). Peroxidové číslo sa vyjadruje v  $\mu\text{g}$  kyslíka na 1 g tuku [127].



Ide o najpoužívanejší test pre stanovenie oxidačnej degradácie (zatuchnutosti) tuku. Je ukazateľom obsahu primárnych produktov oxidácie. Čím je toto číslo väčšie, tým býva kvalita

tuku horšia. Vysoké hodnoty PČ sú jasnou známkou zatuchnutosti tuku a nízke môžu byť naopak výsledkom úbytku peroxidov po dosiahnutí ich vysokých koncentrácií [73, 127].

#### **2.9.1.6 *p*-Anisidínové číslo**

Je mierou obsahu sekundárnych produktov oxidácie tuku – aldehydov (najmä 2-alkenalov). Oleje vystavené prístupu kyslíka majú toto číslo zvyčajne vyššie. Stanovuje sa spektrofotometricky, pričom sa meria absorbancia produktov pri 350 nm. Vyjadruje sa ako 100-násobok absorbancie roztoku obsahujúceho 1 g tuku spolu s činidlom v 100 ml roztoku zmerané v 1 cm kvivete [73, 129].

Kombináciou peroxidového a *p*-Anisidínového čísla je možné získať celkovú hodnotu oxidácie (TOTOX) podľa rovnice (2.7). Hodnota TOTOX tak kombinuje informácie o skorých a pokročilých štádiách degradácie tuku a je preto vhodným parametrom na posúdenie zatuchnutosti rastlinných olejov [73].

$$TOTOX = 2PČ + AV \quad (2.7)$$

#### **2.9.1.7 *Tiobarbiturové číslo***

Takisto slúži na vyjadrenie obsahu sekundárnych produktov oxidácie tuku. Ide o reakciu kyseliny 2-tiobarbiturovej s malondialdehydom za vzniku červeno sfarbených produktov. Malondialdehyd je produktom oxidácie polynenasýtených mastných kyselín. Červeno sfarbené produkty sú následne stanovené spektrofotometricky pri 532 nm [73, 129].

#### **2.9.1.8 *Hydroxylové číslo***

Je používané na vyjadrenie obsahu parciálnych esterov glycerolu v tuku. Stanoví sa tak obsah voľných hydroxylových skupín vo vzorke, ktoré podávajú nepriame informácie o acylglycerolovom zložení vrátane mono-, di- a triacylglycerolov. Vyjadruje sa ako hmotnosť KOH (v mg) potrebná na neutralizáciu kyseliny viazanej pri acetylácii 1g tuku/oleja, čo je ekvivalentné obsahu hydroxylových skupín [126, 128].

### **2.9.2 Chromatografické metódy**

Pri analýze tukov a olejov pomocou chromatografických metód sa používajú dva rôzne postupy. Jeden z nich sa používa na identifikáciu ich acylglycerolového zloženia a druhý slúži na identifikáciu špecifického zloženia vedľajších lipidov. Jednou z najbežnejšie používaných metód, ktorá sa používa na stanovenie zloženia mastných kyselín daného oleja alebo tuku, je plynová chromatografia. Mastné kyseliny musia byť najprv prevedené na prchavé zlúčeniny, najčastejšie metylestery a potom sú oddelené na základe ich stupňa nenasýtenosti a dĺžky uhlíkového reťazca. Metóda sa využíva ako na kvalitatívne, tak aj na kvantitatívne analýzy vzoriek. Pomocou GC sa dajú analyzovať všetky látky, ktoré sa za daných podmienok

analýzy vyskytujú v plynnom skupenstve. Zloženie mastných kyselín je dôležité pre zistenie nutričnej a biologickej hodnoty tuku (obsah esenciálnych MK). Zároveň slúži aj na identifikáciu druhu oleja alebo tuku, či na posúdenie oxidačnej stability (nasýtené a polynenasýtené MK). Stanovenie zloženia MK je taktiež dôležité pri sledovaní technologických procesov. Plynovou chromatografiou je možno stanoviť aj množstvo cis a trans izomérov rôznych nenasýtených mastných kyselín. Obdobne sa na stanovenie zloženia triacylglycerolov využíva aj kvapalinová chromatografia. Medzi ďalšie dôležité analýzy tukov a olejov, patriace do chromatografie, sa zaraďuje aj stanovenie tokoferolov, sterolov či tokotrienolov. Analýzy niektorých triacylglycerolov poskytujú dôležité informácie o kvalite a spracovaní tuku [1, 125, 129].



### 3. EXPERIMENTÁLNÁ ČASŤ

#### 3.1 Chemikálie

- Bórtrifluorid (10% methanolícký roztok), pre GC, Sigma-Aldrich, Nemecko
- Dietyléter p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Etanol 96% p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Fenolftaleín p.a., Lach-Ner, Česká republika
- Hexán p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Hydroxid draselný p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Hydroxid sodný p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Chlorid sodný p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Chloroform p.a., Lach-Ner, Česká republika
- Izooktán Penta, Česká republika
- Jódid draselný p.a., Lach-Ner, Česká republika
- Jódmonobromid p.a., Merck, Nemecko
- Kyselina chlorovodíková 35% p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Kyselina laurová p. s., Merck, Nemecko
- Kyselina linolová pre GC, Sigma-Aldrich, Nemecko
- Kyselina myristová p., Fluka, Nemecko
- Kyselina octová 98% p.a., Lach-Ner, Česká republika
- Kyselina olejová p.s., Merck, Nemecko
- Kyselina palmitová p. s., Merck, Nemecko
- Kyselina stearová p. s., Merck, Nemecko
- Metanol p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Metylénová červeň, HACH, Česká republika
- Petroléter p. a., Penta, Česká republika
- Síran sodný bezvodý p. a., Lach-Ner, Česká republika
- Škrob rozpustný p.a., Lach-Ner, Česká republika
- Tiosíran sodný pentahydrát p.a., Lach-Ner, Česká republika

### 3.2 Plyny

- Vodík 5.5, SAID, tlaková nádoba s redukčným ventilom
- Vzduch 5.0, SAID, tlaková nádoba s redukčným ventilom
- Dusík 5.0, SAID, tlaková nádoba s redukčným ventilom a kovovou membránou

### 3.3 Prístroje a pomôcky

- Plynový chromatograf TRACE GC, ThermoQuest Italia S. p. A., Taliansko, plameňo-ionizačný detektor, split/splitless injektor, kapilárna kolona DB WAX (30 m × 0,32 mm × 0,5 μm)
- Počítač so softvérom TRACE na spracovanie dát
- Predvážky, EK-1200i, AND A&D INSTRUMENT LTD, Spojené kráľovstvo
- Analytické digitálne váhy, GR-202, AND A&D INSTRUMENT LTD, Spojené kráľovstvo
- Vykurovacie hniezdo, Brněnská drutěva, Česká republika
- Bežné laboratórne sklo
- Vialky
- Nôž, nožnice
- Strúhadlo, špachtľa
- Parafilm, Pechiney Plastic Packaging, Chicago, USA
- Mikropipeta, Sartorius Biohit Proline mechanická 100 – 1000 μl, Fisher Scientific, USA
- Mikropipeta, Biohit Proline mechanická 10 – 100 μl, Fisher Scientific, USA
- Spätný chladič
- Varné kamienky

### 3.4 Vzorky

V tejto bakalárskej práci boli použité dva oleje – avokádový olej a mandľový olej, v kombinácii so 4 druhmi bylín. Konkrétne sa jednalo o kvety čiernej bazy, plody čiernej bazy, zelený čaj a čerstvý koreň d'umbiera lekárskeho. Mandľový olej bol od výrobcu A.C.E.F. z Talianska a avokádový olej od výrobcu G. Balestrini, taktiež z Talianska. Oleje boli dodané v plastových nádobách. Plody a kvety čiernej bazy boli dodané od firmy Helena Vlčková – Vlčí mák, Braníškovo. Pri zelenom čaji sa jednalo o komerčne bežne dostupný produkt, konkrétne o zelený čaj značky Hyson. Koreň d'umbiera lekárskeho bol zakúpený v lokálnych potravinách. Boli vytvorené kombinácie macerátov, pričom do každého oleja bolo ponorené určité množstvo každej z bylín a navyše ostal vždy ešte čistý olej. Vzorky boli duplikované, nakoľko jedna várka bola následne uchovávaná v tme pri laboratórnej teplote

a druhá v termostate pri 35°C. Celkovo tak bolo vytvorených 20 vzoriek macerátov. 10 bolo uchovávaných pri laboratórnej teplote a 10 pri 35°C v termostate. Počas skladovania macerátov prebehlo 5 analýz. Najprv boli stanovené vybrané tukové charakteristiky (číslo kyslosti, číslo zmydelnenia, peroxidové číslo a jódové číslo) u oboch vzoriek čistých olejov. V ďalších analýzach bolo titračne stanovené už len číslo kyslosti, pričom prvá z nich prebehla približne 2 týždne od naloženia, druhá približne po piatich týždňoch, tretia po približne desiatich týždňoch a posledná ešte o týždeň neskôr. Presné dni od naloženia bylín do olejov, po ktorých bola vykonaná analýza sú uvedené v tabuľke 4. Na každú z analýz bolo odobratých približne 20 ml daného oleja, bez zvyškov bylín. Z posledného odberu boli následne všetky vzorky, uchovávané pri laboratórnej teplote, ešte analyzované na plynovej chromatografii. Prehľad analyzovaných vzoriek je uvedený v tabuľke 5.

Tabuľka 4: Skladovací experiment - Počet dní, po ktorých boli analyzované vzorky macerátov

Číslo analýzy	I.	II.	III.	IV.	V.
Počet dní od naloženia	0	13	34	70	77



Obrázok 28: Vzorky jednotlivých kombinácií macerátov - zľava č.b. kvet, č.b. plod, zelený čaj, d'umbier lekársky a čisté oleje

Tabuľka 5: Prehľad jednotlivých kombinácií macerátov

Olej	Avokádový olej				
Bylina	Čierna baza - kvet	Čierna baza - plod	Zelený čaj	Zázvor	-
Teplota uchovávania	Lab. teplota	Lab. teplota	Lab. teplota	Lab. teplota	Lab. teplota
	Termostat 35°C	Termostat 35°C	Termostat 35°C	Termostat 35°C	Termostat 35°C
Olej	Mandľový olej				
Bylina	Čierna baza - kvet	Čierna baza - plod	Zelený čaj	Zázvor	-
Teplota uchovávania	Lab. teplota	Lab. teplota	Lab. teplota	Lab. teplota	Lab. teplota
	Termostat 35°C	Termostat 35°C	Termostat 35°C	Termostat 35°C	Termostat 35°C

### 3.5 Stanovenie vybraných tukových charakteristík

#### 3.5.1 Stanovenie čísla zmydelnenia

##### Použité roztoky:

0,5 mol.dm<sup>-3</sup> roztok hydroxidu draselného v etanole, 0,5 mol.dm<sup>-3</sup> roztok kyseliny chlorovodíkovej, 1% roztok fenolftaleínu [127].

##### Postup:

Do malej kadičky sa odvážia asi 2 g vzorky s presnosťou na 1 mg. Navážka sa kvantitatívne prevedie 25 ml roztoku hydroxidu draselného o koncentrácii 0,5 mol.dm<sup>-3</sup> do destilačnej banky, pridajú sa kúsky pemzy a zmydelňuje sa 30 minút pod spätným chladičom na vykurovacom hniezde. Súčasne sa vykonáva slepý pokus rovnakým postupom, ale bez vzorky. Po zmydelnení sa do horúceho roztoku pridajú 3 kvapky fenolftaleínu a ihneď sa titruje odmerným roztokom 0,5 mol.dm<sup>-3</sup> kyseliny chlorovodíkovej, dokým sa indikátor neodfarbí. Rovnako sa titruje aj slepý pokus [127].

#### 3.5.2 Stanovenie čísla kyslosti

##### Použité roztoky:

0,1 mol.dm<sup>-3</sup> roztok hydroxidu draselného v etanole, 1% roztok fenolftaleínu [127].

##### Postup:

Do malej kadičky sa odváži asi 5 g vzorky s presnosťou na 1 mg. Navážka sa kvantitatívne prevedie asi 100 ml etanolu do titračnej banky. Pridajú sa kúsky pemzy. Zmes sa v titračnej banke zahreje k varu, premieša sa, pridajú sa 3 kvapky fenolftaleínu a za horúca sa titruje

odmerným roztokom  $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$  hydroxidu draselného do ružovofialového sfarbenia, ktoré je stále 30 sekúnd. Súčasne sa vykoná slepý pokus iba so 100 ml etanolu [127].

### 3.5.3 Stanovenie jódového čísla (podľa Hanuša)

#### Použité roztoky:

Jódmonobromidový roztok (12,7 g jódu sa rozpustí v 100 ml ľadovej kyseliny octovej, pridá sa 2,6 ml brómu, trepaním sa všetko rozpustí a roztok sa doplní na 1000 ml ľadovou kyselinou octovou),  $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$  roztok tiosíranu sodného [127].

#### Postup:

Do malej kadičky sa odváži asi 0,4 g vzorky s presnosťou na 1 mg. Navážka sa kvantitatívne prevedie 10 ml chloroformu do zábrusovej Erlenmeyerovej banky. K roztoku sa napipetuje 25 ml jódmonobromidového roztoku a banka sa uzavrie zabrusenou zátkou ovlhčenou v roztoku KI, aby sa zadržal unikajúci jód. Obsah banky sa premieša miernym krúživým pohybom a ponechá stáť 1 hodinu bez prístupu svetla za občasného miešania. Paralelne sa pripraví slepý pokus bez navážky tuku. Po hodine sa zátku opláchne destilovanou vodou do banky a pridá sa 25 ml roztoku jodidu draselného. Po 1 až 2 minútach sa pridá 100 ml vody a titruje sa odmerným roztokom  $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$  tiosíranu sodného do žltého sfarbenia. Potom sa pridá 3 – 5 ml škrobového roztoku a titruje sa do odfarbenia vodnej fázy. Ak je spodná chloroformová vrstva sfarbená fialovo, pretrepe sa a dotitruje. Chloroformová vrstva by mala byť sfarbená iba rozpusteným tukom (nažltlo alebo hnedo) [127].

### 3.5.4 Stanovenie peroxidového čísla

#### Použité roztoky:

Zmes koncentrovanej kyseliny octovej a chloroformu 3:2, čerstvo pripravený nasýtený roztok jodidu draselného,  $0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$  roztok tiosíranu sodného [127]

#### Postup:

Do malej kadičky sa odvážia asi 3 g vzorky s presnosťou na 1 mg. Navážka sa kvantitatívne prevedie 50 ml zmesi kyseliny octovej a chloroformu do zábrusovej Erlenmeyerovej banky. Pridá sa 1 ml roztoku jodidu draselného a premieša sa pomalým krúžením. Banka sa uzavrie a nechá stáť v temne pri teplote miestnosti. Po 20 minútach sa do banky pridá 100 ml vody, banka sa pretrepe a titruje sa odmerným roztokom  $0,01 \text{ mol.dm}^{-3}$  tiosíranu sodného do žltého sfarbenia. Potom sa pridá 1 ml škrobového mazu a titruje sa, dokým je horná vrstva bezfarebná a spodná iba nažltlá alebo hnedá. Ak je spodná vrstva fialová alebo ružovkastá obsah banky sa dôkladne pretrepe a po rozdelení vrstiev sa pokračuje v titrácii. Ak je po pridaní vody horná vrstva intenzívne hnedá, je vhodnejšie titrovať roztokom tiosíranu o koncentrácii  $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ , aby spotreba nebola príliš vysoká. Rovnakým spôsobom sa pripraví slepý pokus bez tuku [127].

### 3.6 Analýza mastných kyselín pomocou plynovej chromatografie

Viazané mastné kyseliny triacylglycerolov (TAGs) a, v závislosti na metóde esterifikácie, voľné mastné kyseliny (FFA) a ostatné tuky, sa prevedú na metylestery mastných kyselín (FAMES), ktoré sa stanovujú pomocou plynovej chromatografie. Táto metóda sa používa pre charakterizáciu tukov a olejov, alebo tučných potravín po extrakcii oleja z matrice [130].

Pri plynovej chromatografii FAMES s FID sa ako nosný plyn (mobilná fáza) používa vodík. Pri použití vodíku môže byť oddelenie uskutočnené v kratšom čase s ostrejšími píkmami. Stacionárna fáza je mikroskopická vrstva tenkého kvapalného filmu na vnútornom pevnom povrchu, vyrobenom z ocele, skla alebo taveného oxidu kremičitého. Analyzované prchavé zložky reagujú počas svojho prechodu kapilárnymi trubičkami so stacionárnou fázou, pokrývajúcou vnútorný povrch kolóny. V dôsledku rôznej interakcie rôznych zložiek (v závislosti na dĺžke reťazca, stupni (ne)nasýtenosti a geometrii a pozícii dvojitych väzieb), opúšťajú kolónu v rôznych časoch, čo sa nazýva retenčným časom zložky, pri danom nastavení parametrov analýzy [130].

Každá vzorka bola analyzovaná 3 krát a výsledky boli následne spracované na počítači pomocou softvéru TRACE.

#### 3.6.1 Príprava metylestero mastných kyselín

V tejto bakalárskej práci bola na prevedenie mastných kyselín na metylestery použitá metóda transmetylácie s použitím katalyzátoru bórtrifluoridu ( $\text{BF}_3$ ). Vzhľadom k toxickému charakteru bórtrifluoridu sa metylácia vykonáva v odťahovom digestore. Taktiež je nevyhnutné, aby všetko sklo bolo bezprostredne po použití bolo omyté vodou. Estery by mali byť analyzované čo najskôr. Ak je to nutné, môžu byť uchovávané pod inertným plynom v chladničke, maximálne 24 hodín [131].

#### Kyslá esterifikácia s bórtrifluoridom ako katalyzátorom (TAG)

V prvom kroku báze katalýzy sú TAG transmetylované pomocou metanolického roztoku hydroxidu sodného za vzniku FAME. Akékoľvek prítomné voľné mastné kyseliny (FFA) sú prevedené na soli mastných kyselín. V druhom kroku kyslej katalýzy sú soli mastných kyselín prevedené na metylestery reakciou s komplexom bórtrifluorid-metanol [131].

#### Chemikálie:

$0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$  metanolický roztok hydroxidu sodného (navážka 2 g NaOH sa za mierneho ohrievania vo vodnom kúpeli rozpustí v 100 metanole), bórtrifluorid metanolický roztok 10%, izooktán p.a., chlorid sodný p.a. (nasýtený vodný roztok), síran sodný bezvodý p.a. [131].

#### Postup:

Do destilačnej banky s guľatým dnom (50ml) sa pridá 100  $\mu\text{l}$  oleja. Pridajú sa 4 ml  $0,5 \text{ mol.dm}^{-3}$  metanolického roztoku hydroxidu sodného a varný kamienok. K banke sa pripojí

spätný chladič, vloží sa do vykurovacieho hniezda a obsah banky sa varí pod spätným chladičom, dokým nevymiznú kvapôčky tuku. Každých približne 30 sekúnd je potrebné banku jemnými krúživými pohybmi premiešať, aby sa na stene banky netvoril pevný krúžok hydroxidu sodného. Tento krok trvá približne 5 až 10 minút. Potom sa do vriacej zmesi cez spätný chladič pridá 5 ml metanolického roztoku bótrifluoridu a pokračuje sa vo vare. Celková doba od začiatku varu je 30 minút. Potom sa do vriacej zmesi cez horný koniec chladiča pridajú 3 ml izooktánu, destilačná banka sa vyberie z vykurovacieho hniezda a var sa zastaví. Ihneď, bez akéhokoľvek chladenia sa pridá do zmesi 20 ml nasýteného vodného roztoku NaCl, banka sa uzavrie a pretrepe 15 sekúnd. Potom sa pridá väčšie množstvo nasýteného vodného roztoku NaCl tak, aby hladina kvapaliny dosiahla hrdla banky a šlo rozoznať rozhranie dvoch fáz. Banka sa pre oddelenie fáz nechá 5 minút odstáť. Z hornej izooktánovej vrstvy sa odoberú 2 ml do 4 ml vialky. Pridá sa malé množstvo bezvodého síranu sodného, aby sa odstránili stopy vlhkosti. Z takto pripraveného roztoku sa odoberie 1 ml do vialky na analýzu na plynovom chromatografe [131].

### **Kyslá esterifikácia s bótrifluoridom ako katalyzátorom (VMK)**

Voľné masné kyseliny sú esterifikované zahrievaním v prebytku bezvodého metanolu v prítomnosti BF<sub>3</sub> ako katalyzátora [131].

#### **Chemikálie:**

bótrifluorid metanolický roztok 10%, izooktán p.a., chlorid sodný p.a. (nasýtený vodný roztok), síran sodný bezvodý p.a. [131].

#### **Postup:**

Do destilačnej banky s guľatým dnom (50ml) sa pridá 100 µl oleja. K banke sa pripojí spätný chladič, pridá sa varný kamienok, 5 ml metanolického roztoku bótrifluoridu a zmes sa privedie k varu. Po presne 3 minútach sa do vriacej zmesi cez horný koniec chladiča pridajú 3 ml izooktánu, destilačná banka sa vyberie z vykurovacieho hniezda a var sa zastaví. Ihneď, bez akéhokoľvek chladenia sa pridá do zmesi 20 ml nasýteného vodného roztoku NaCl, banka sa uzavrie a pretrepe 15 sekúnd. Potom sa pridá väčšie množstvo nasýteného vodného roztoku NaCl tak, aby hladina kvapaliny dosiahla hrdla banky a šlo rozoznať rozhranie dvoch fáz. Banka sa pre oddelenie fáz nechá 5 minút odstáť. Z hornej izooktánovej vrstvy sa odoberú 2 ml do 4 ml vialky. Pridá sa malé množstvo bezvodého síranu sodného, aby sa odstránili stopy vlhkosti. Z takto pripraveného roztoku sa odoberie 1 ml do vialky na analýzu na plynovom chromatografe [131].

### **3.6.2 Podmienky stanovenia metylesterov masných kyselín**

- Plynový chromatograf, TRACE GC, ThermoQuest Italia S. p. A., Taliansko
- Autosampler AI/AS 3000
- Kapilárna kolóna DB WAX (30 m × 0,32 mm × 0,5 µm)

- Oven – teplotný program
  - 50 °C 1 min
  - Vzostupný gradient 25 °C·min<sup>-1</sup> do 200 °C so zdržaním 0 min
  - Vzostupný gradient 3 °C·min<sup>-1</sup> do 230 °C so zdržaním 30 min
  - Celková doba analýzy: 47 min
- Inlet
  - Teplota injektora: 250 °C
  - Splitless time: 1 min
  - Dávkovanie: 1 µl, splitless autosampler
- Nosný plyn
  - Prietok dusíku: 1 ml·min<sup>-1</sup>
- Plameňo ionizačný detektor (FID)
  - Teplota detektora: 250 °C
  - Prietok vzduchu: 350 ml·min<sup>-1</sup>
  - Prietok vodíka: 35 ml·min<sup>-1</sup>
  - Make-up dusíka: 30 ml·min<sup>-1</sup>

### 3.6.3 Výpočty

Koncentrácia metylesteru mastnej kyseliny v extrakte (vo vialke) sa vypočíta podľa vzťahu:

$$c_{MeMK} = \frac{c_S \cdot P_{MeMK}}{P_S} \quad (3.1)$$

Koncentrácia MK prepočtom z koncentrácie metylesteru MK sa vypočíta podľa:

$$c_{MK} = \frac{c_{MeMK} \cdot M_{rMK}}{M_{rMeMK}} \quad (3.2)$$

Množstvo v pôvodnom objeme v banke sa vypočíta podľa:

$$m_{MK} = c_{MK} \cdot V \quad (3.3)$$



$c_{MeMK}$  – koncentrácia MEMK v extrakte [ $mg \cdot ml^{-1}$ ]

$P_{MeMK}$  – plocha píku MEMK v extrakte [ $mV \cdot s$ ]

$c_S$  – koncentrácia štandardu [ $mg \cdot ml^{-1}$ ]

$P_S$  – plocha píku štandardu [ $mV \cdot s$ ]

$c_{MK}$  – koncentrácia MK v extrakte [ $mg \cdot ml^{-1}$ ]

$M_{r_{MK}}$  – molárna hmotnosť MK [ $g \cdot mol^{-1}$ ]

$M_{r_{MeMK}}$  – molárna hmotnosť MEMK [ $g \cdot mol^{-1}$ ]

$m_{MK}$  – celková hmotnosť MK v banke [ $mg$ ]

$V$  – objem izooktánu (3 ml)

[132]

### 3.7 Štatistické spracovanie dát

Analytická chyba udáva rozdiel medzi zisteným obsahom analytu ( $x$ ) a jeho skutočným obsahom ( $\mu$ ) vo vzorke, kde  $\bar{x}$  je aritmetický priemer získaných výsledkov. Počíta sa podľa rovníc (3.4) a (3.5) [133].

$$\Delta = \mu - \bar{x} \quad (3.4)$$

$$\% \Delta = \frac{\mu - \bar{x}}{\mu} \cdot 100 \quad (3.5)$$

Aritmetický priemer všetkých výsledkov je veľmi výdatný odhad skutočnej hodnoty, pokiaľ výsledok nie je zaťažený sústavnou chybou. Počíta sa podľa rovnice (3.6) [133].

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.6)$$

Smerodatná odchýlka sa počíta podľa nasledujúceho vzorca v rovnici (3.7) [133].

$$s = \pm \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.7)$$

## 4. VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri všetkých uvedených výsledkoch sú pre ľahšiu orientáciu použité skratky označujúce jednotlivé oleje a ich maceráty. Veľké písmeno na začiatku vždy označuje typ oleja (A – avokádový, M – mandľový) a malé písmená za ním typ macerátu. Macerát s kvetmi čiernej bazy je označený malými písmenami - čbk, macerát s plodmi čiernej bazy - čbp a macerát so zeleným čajom - zč. Pri d'umbiere lekárskom je výnimočne použité malé písmeno - z, označujúce jeho staršie pomenovanie (zázvor). Analogicky sú označené aj ostatné maceráty. Na konci označenia je ešte veľké písmeno N, alebo T. N znamená, že olej, alebo macerát bol extrahovaný pri normálnej, teda laboratórnej teplote, a T zasa v termostate pri 35°C.

### 4.1 Porovnanie tukových charakteristík čistých olejov

V prvej časti boli porovnané základné tukové charakteristiky, ktoré udával v certifikáte k danému oleju výrobca s tými, ktoré boli získané vlastným stanovením. Výsledky sú prehľadne uvedené v tabuľke 6.

Tabuľka 6: Prehľad tukových charakteristík olejov

Tukové charakteristiky	Avokádový olej		Mandľový olej	
	Udávané výrobcom	Stanovené	Udávané výrobcom	Stanovené
Číslo zmydelnenia [mg KOH.g <sup>-1</sup> ]	193,6	164±5,38	198,0	176,9±0,91
Číslo kyslosti [mg KOH.g <sup>-1</sup> ]	0,24	0,58±0,03	0,13	0,30±0,06
Číslo jódové [g I <sub>2</sub> .(100g) <sup>-1</sup> ]	93,8	75,15±0,90	103,8	77,88±2,21
Číslo peroxidové [μg O <sub>2</sub> .g <sup>-1</sup> ]	0,30	0,44±0,01	0,70	0,39±0,01

Číslo zmydelnenia je u oboch olejov pri vlastnom stanovení nižšie, ako to, udávané výrobcom. Svedčí to o tom, že oleju sa jemne znížila výživová hodnota a časť mastných kyselín viazaných v triacylglyceroloch sa uvoľnila. Potvrďuje to aj jemne zvýšené číslo kyslosti pri oboch olejoch. Jódové číslo sa pri oboch olejoch znížilo, čo naznačuje pokles nenasýtených väzieb v mastných kyselinách. Ako je známe, polynenasýtené mastné kyseliny sú menej stabilné a podliehajú ľahko oxidácii. Oleje tak tiež strácajú svoju výživovú hodnotu a priaznivé účinky na ľudský organizmus. Peroxidové číslo sa pri oboch olejoch jemne zvýšilo, čo potvrdzuje, že do určitej miery došlo k oxidácii každého oleja.

## Zhrnutie

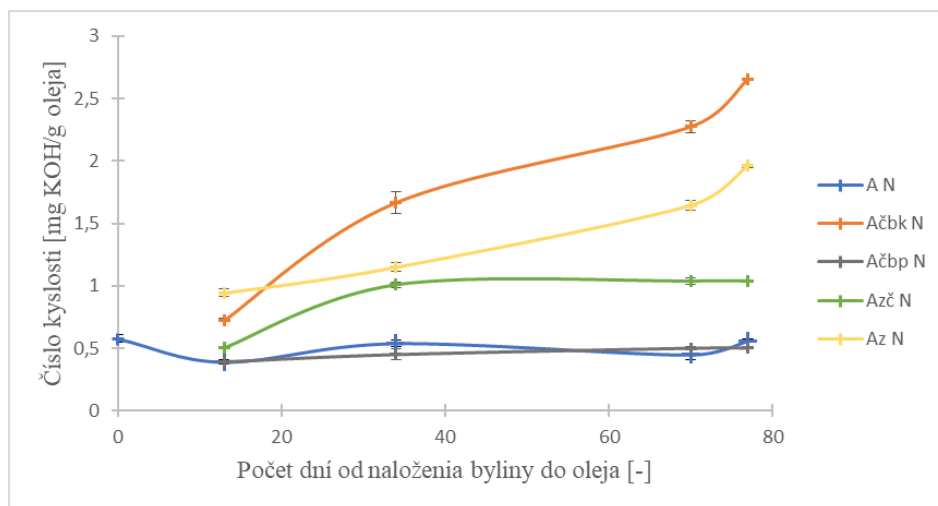
Z výsledkov je zrejmé, že v olejoch došlo od ich k výroby až k rukám zákazníka k určitému stupňu degradácie.

Certifikát avokádového oleja bol vytvorený 6. septembra 2018 a certifikát mandľového oleja 27. augusta 2018. Oba oleje boli analyzované začiatkom decembra 2018, približne dva týždne po ich dodaní výrobcom. Je zjavné, že aj za tak krátku dobu ako sú približne 3 mesiace, môže v olejoch dôjsť k určitému stupňu degradácie. Svoju úlohu tu určite zohráva typ balenia, podmienky prepravy a skladovania, ale aj počiatočný stav olejov. K degradácii mohlo dôjsť aj vplyvom kontaktu olejov so vzdušným kyslíkom a svetlom, pri ich rozlievaní z veľkých skladových nádob do menších spotrebiteľských obalov.

## 4.2 Časová závislosť čísla kyslosti v olejoch a olejových macerátoch

Číslo kyslosti udáva mieru obsahu voľných mastných kyselín v danom oleji. Čím je toto číslo väčšie, tým viac voľných mastných kyselín olej obsahuje a je teda menej kvalitný. Čistý rafinovaný tuk by mal mať číslo kyslosti v rozmedzí 0 – 1. Surové oleje by mali vykazovať hodnoty 1 – 10 a tuky zlej kvality môžu nadobúdať hodnoty 10 – 50 [127].

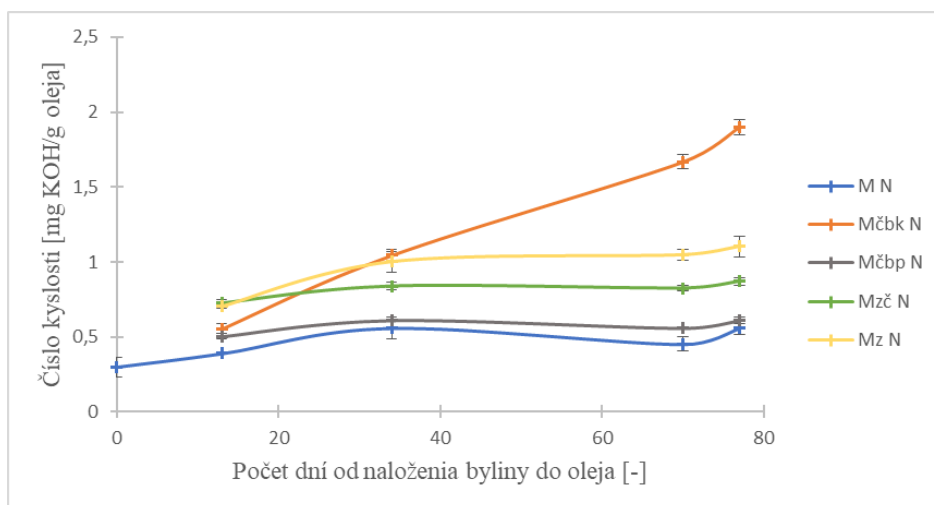
### 4.2.1 Avokádový olej s macerátmi pri laboratórnej teplote



Graf 1: Zmena čísla kyslosti v čase - Avokádový olej s macerátmi pri lab. teplote

Pri avokádovom oleji a jeho macerátoch sa najviac zvyšovalo číslo kyslosti pre macerát s kvetmi čiernej bazy. Znamená to, že došlo k uvoľneniu najviac mastných kyselín. Druhý najväčší nárast bol zaznamenaný pri maceráte oleja s d'umbierom lekárskeho (zázvorom). Pri maceráte so zeleným čajom, sa číslo kyslosti zvýšilo najviac po približne mesiaci a ďalej bolo približne konštantné. Čistý avokádový olej a macerát s plodmi bazy čiernej vykazovali iba veľmi pomalý a mierny nárast čísla kyslosti.

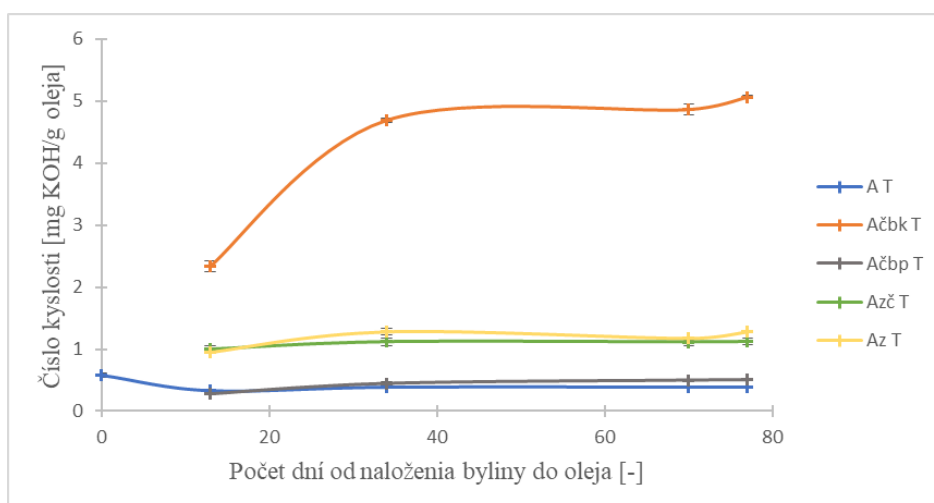
#### 4.2.2 Mandľový olej s macerátmi pri laboratórnej teplote



Graf 2: Zmena čísla kyslosti v čase - Mandľový olej s macerátmi pri lab. teplote

Maceráty mandľového oleja vykazovali pri laboratórnej teplote podobné vlastnosti, ako maceráty avokádového oleja. K najväčšiemu nárastu čísla kyslosti došlo v maceráte s kvetmi čiernej bazy. Macerát s d'umbierom lekárskeým a so zeleným čajom zaznamenal najväčší nárast po mesiaci a potom sa hodnota čísla kyslosti zvyšovala už iba málo. Čistý mandľový olej a macerát s plodmi bazy čiernej vykazovali opäť iba veľmi pomalý a mierny nárast čísla kyslosti.

#### 4.2.3 Avokádový olej s macerátmi pri 35°C (termostat)

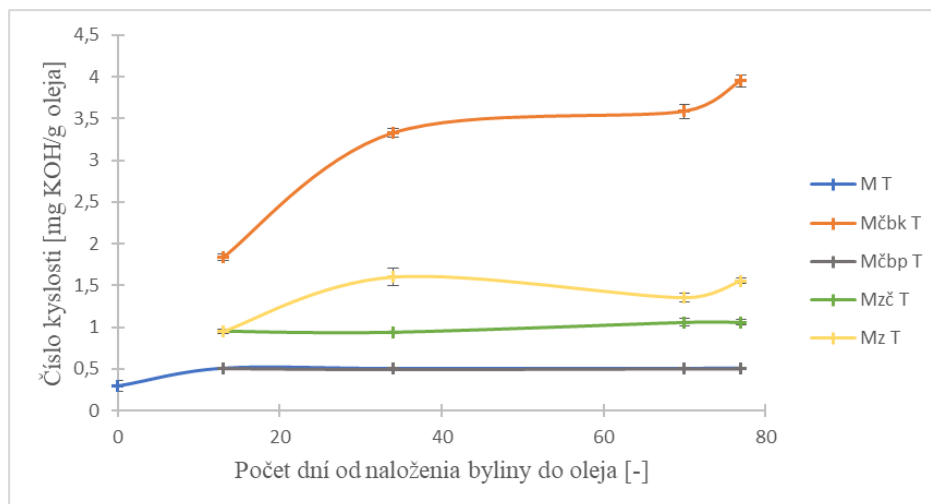


Graf 3: Zmena čísla kyslosti v čase - Avokádový olej s macerátmi pri 35°C

V termostate sa pri macerátoch avokádového oleja najviac zvýšilo číslo kyslosti pri maceráte s kvetmi čiernej bazy. Hodnota čísla kyslosti dosahovala po 77 dňoch hodnotu vyššiu ako 5. Macerát so zeleným čajom a d'umbierom lekárskeým zaznamenali opäť významný nárast po

mesiaci a potom hodnota čísla kyslosti rástla už iba veľmi pomaly a mierne. Macerát s plodmi bazy čiernej sa opäť najviac podobal čistému avokádovému oleju a číslo kyslosti rástlo iba minimálne.

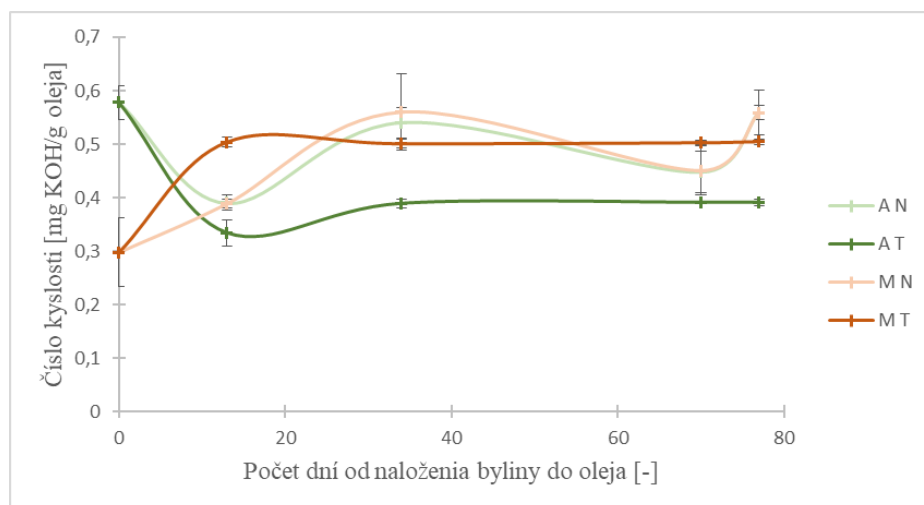
#### 4.2.4 Mandľový olej s macerátmi pri 35°C



Graf 4: Zmena čísla kyslosti v čase - Mandľový olej s macerátmi pri 35°C

Maceráty mandľového oleja v termostate vykazovali obdobné trendy ako v predošlých prípadoch. Najväčší nárast čísla kyslosti bol pri maceráte s kvetmi čiernej bazy, pričom po 77 dňoch dosahovalo toto číslo hodnotu 3,95. Macerát s d'umbierom lekárskeým zaznamenal najväčší nárast po približne mesiaci a potom sa hodnota menila už iba veľmi málo. Olej so zeleným čajom, plodmi čiernej bazy a čistý olej, vykazovali iba veľmi pomalý a mierny nárast čísla kyslosti. Macerát so zeleným čajom však vykazoval tento pomalý nárast na hodnote okolo 1, pričom čistý olej a macerát s plodmi bazy čiernej sa pohybovali okolo hodnoty 0,5.

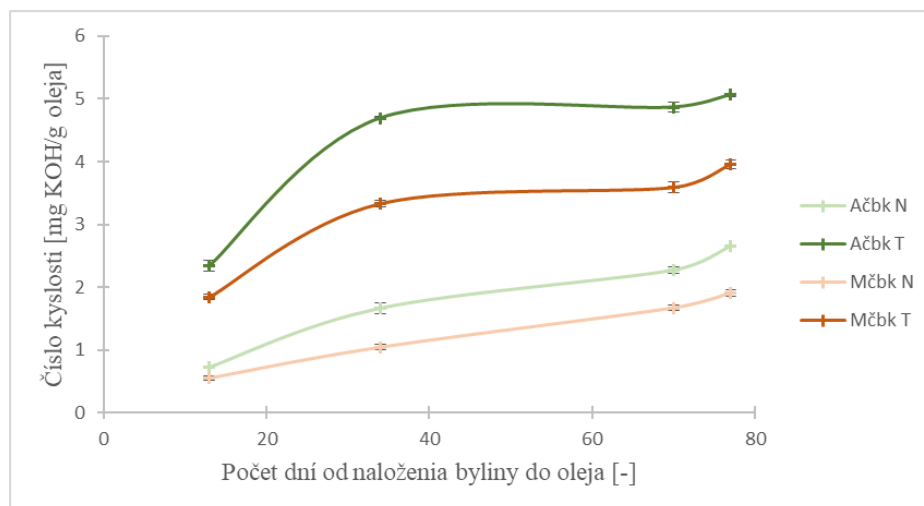
#### 4.2.5 Porovnanie čistých olejov



Graf 5: Zmena čísla kyslosti v čase - Porovnanie čistých olejov

Z grafu je zrejmé, že pri čistých olejoch sa hodnota čísla kyslosti príliš nemenila. Pri oboch olejoch bola v rozsahu približne 0,3 – 0,6 a to po celú dobu experimentu. Mandľový olej uložený v termostate vykazoval o niečo väčšiu kyslosť ako ten, uložený pri laboratórnej teplote po 14 dňoch. Potom sa čísla kyslosti približne rovnali.

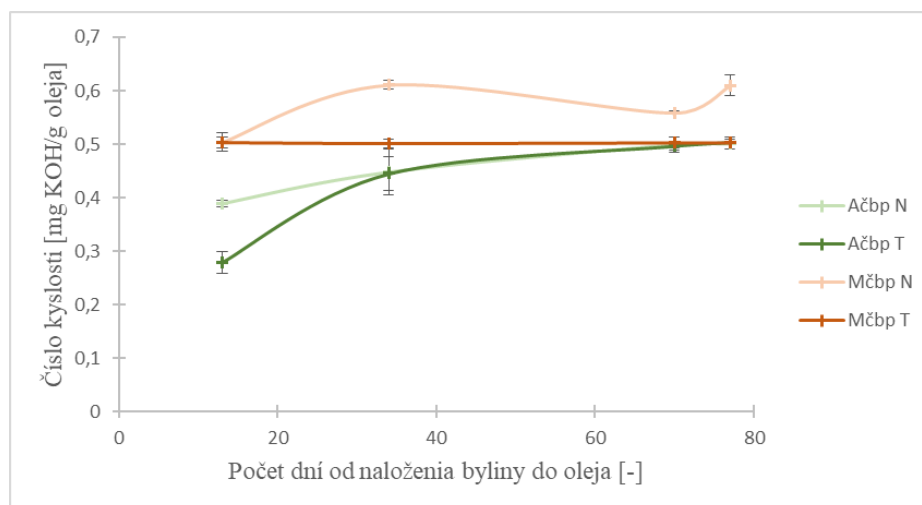
#### 4.2.6 Porovnanie macerátov kvetov bazy čiernej



Graf 6: Zmena čísla kyslosti v čase - Maceráty kvetov bazy čiernej

Pri macerátoch oboch olejov je jasne vidieť, že vyššia teplota extrahovania mala za následok celkovo vyššie čísla kyslosti. Maceráty, extrahované v termostate pri 35°C, mali rádovo väčšie hodnoty čísla kyslosti a zároveň bol nárast kyslosti rýchlejší. Je teda očividné, že teplota tu má priamy vplyv na zvýšenie kyslosti olejov daných macerátov.

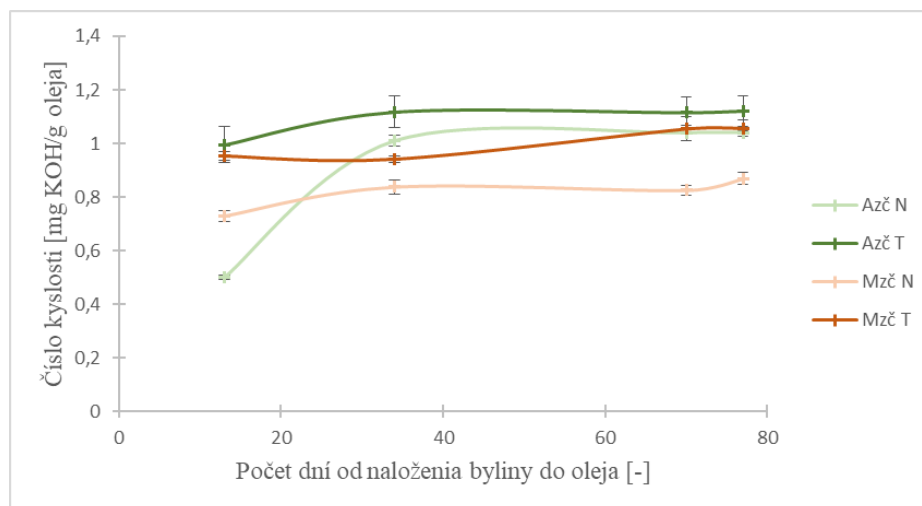
#### 4.2.7 Porovnanie macerátov plodov bazy čiernej



Graf 7: Zmena čísla kyslosti v čase - Maceráty plodov bazy čiernej

Maceráty s plodmi bazy čiernej nereagovali príliš na teplotu macerácie. Čísla kyslosti macerátov, extrahovaných za laboratórnej teploty, boli približne rovnaké ako tých, extrahovaných v termostate pri 35°C. Maceráty plodov bazy čiernej vykzaovali počas celého experimentu pomerne nízke čísla kyslosti (do 0,7).

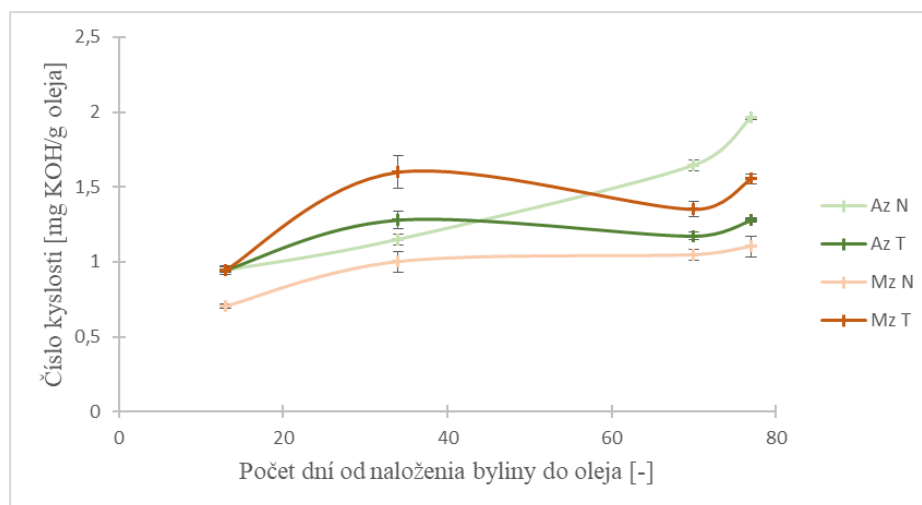
#### 4.2.8 Porovnanie macerátov zeleného čaju



Graf 8: Zmena čísla kyslosti v čase - Maceráty zeleného čaju

Z grafu je vidieť, že pri macerátoch avokádového aj mandľového oleja, je číslo kyslosti o niečo vyššie pri tých, ktoré boli extrahované za vyššej teploty. Nárast kyslosti v čase, je síce podobne veľký, ale čísla kyslosti nadobúdajú pri macerátoch z termostatu celkovo o niečo vyššie hodnoty. Teplota tu má teda určitý vplyv na zvyšovanie kyslosti oleja.

#### 4.2.9 Porovnanie macerátov d'umbieru lekárskeho



Graf 9: Zmena čísla kyslosti v čase - Maceráty d'umbieru lekárskeho

Macerát d'umbieru lekárskeho a mandľového oleja, extrahovaný v termostate pri 35°C, vykazoval rádovo vyššie hodnoty čísla kyslosti ako ten istý macerát, extrahovaný pri laboratórnej teplote. Intenzita nárastu čísla kyslosti v čase bola však podobná. Pri maceráte d'umbieru s avokádovým olejom, sa najprv číslo kyslosti menilo rovnako, no po približne dvoch mesiacoch dosahovalo vyššie hodnoty práve pri maceráte, extrahovanom za laboratórnej teploty.

#### Zhrnutie

Hodnoty čísla kyslosti pri macerátoch, ktoré sa extrahovali v termostate pri 35°C, boli celkovo vyššie ako pri tých, ktoré sa extrahovali pri laboratórnej teplote. Pravdepodobne za to môže urýchlenie degradácie oleja a teda aj zvýšenie kyslosti oleja vplyvom pôsobenia zvýšenej teploty. Trendy v časovej závislosti čísla kyslosti boli však pri oboch teplotách v jednotlivých macerátoch podobné. Najvýraznejší nárast čísla kyslosti vplyvom teploty zaznamenal vždy macerát s kvetmi čiernej bazy. Hodnota čísla kyslosti bola v tomto maceráte, extrahovanom pri 35°C, po 77 dňoch takmer 2-krát vyššia, ako v tom istom maceráte, ktorý sa extrahoval pri laboratórnej teplote, nezávisiac na druhu oleja. Druhý najväčší nárast bol zaznamenaný pri macerátoch s d'umbierom lekárskeho a ďalej potom v maceráte so zeleným čajom. Čisté oleje vykazovali najmenší nárast čísla kyslosti a najviac sa im podobal macerát s plodmi bazy čiernej. Plody bazy čiernej mali teda najmenší vplyv na kvalitu oleja čo sa týka kyslosti, a kvety bazy čiernej presne naopak.

Taktiež je na macerátoch, kde bol nárast čísla kyslosti najväčší, vidieť aj trend, že vzorkám z termostatu sa číslo kyslosti najviac zvýšilo asi po mesiaci a potom sa zvyšovalo už iba pomalým tempom. Vo vzorkách týchto macerátov, uchovávaných pri laboratórnej teplote, je nárast čísla kyslosti po celú dobu experimentu pomerne rovnaký. Vyššia teplota teda urýchlila oksydenie olejov.



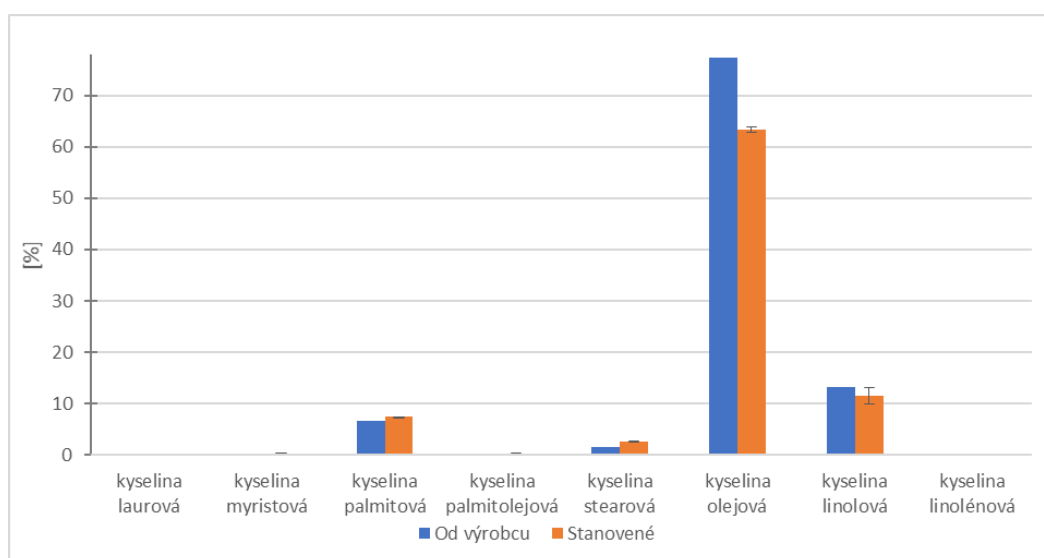
### 4.3 Výsledky stanovenia mastných kyselín plynovou chromatografiou

V oboch olejoch aj ich macerátoch boli na konci experimentu, z posledného odberu (po 77 dňoch), stanovené ešte celkové a voľné mastné kyseliny. Plynovou chromatografiou boli analyzované iba vzorky skladované (macerované) pri laboratórnej teplote.

#### 4.3.1 Porovnanie percentuálneho zloženia celkových MK udávaných výrobcom v certifikáte so stanovenými hodnotami

Tabuľka 7: Zastúpenie MK v avokádovom oleji

Avokádový olej	Percentuálne zastúpenie [%]	
	V certifikáte od výrobcu	Stanovené hodnoty
kyselina laurová	0,17	0,09±0,00
kyselina myristová	0,19	0,37±0,00
kyselina palmitová	6,58	7,45±0,04
kyselina palmitolejová	0,15	0,34±0,00
kyselina stearová	1,67	2,60±0,06
kyselina olejová	77,42	63,35±0,53
kyselina linolová	13,17	11,54±1,62
kyselina linolénová	0,08	0,12±0,03

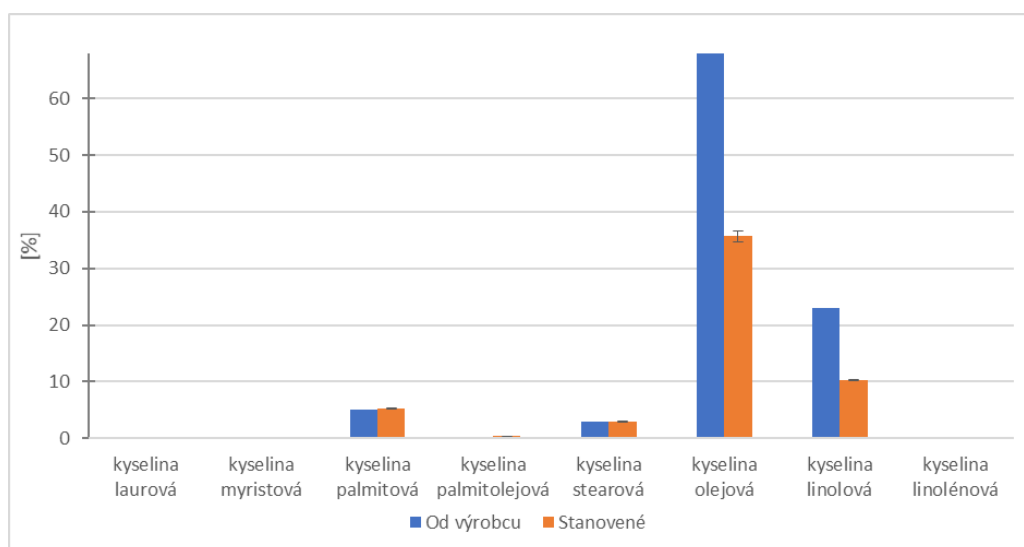


Graf 10: Porovnanie percentuálneho zastúpenia MK udávaných výrobcom a získaných vlastným stanovením - avokádový olej

Z uvedených dát je zrejmé, že percentuálne zloženie jednotlivých mastných kyselín sa v avokádovom oleji po približne 6 mesiacoch skladovania za laboratórnej teploty zmenilo. Hodnoty udávané výrobcom sa vzťahujú k 6. septembru 2018. Vlastné stanovenie mastných kyselín bolo vykonané na vzorke odobratej 13. februára 2019. K najvýraznejším zmenám došlo pri najviac zastúpenej kyseline olejovej. Jej percentuálne zastúpenie v oleji kleslo z približne 77 % na približne 63 %. K zmene došlo aj pri kyseline linolovej, kde bol zaznamenaný pokles približne o 1,5% bodov. Zastúpenie ostatných, minoritných mastných kyselín, sa príliš nezmenilo a hodnoty boli približne ako v certifikáte od výrobcu, prípadne boli o niečo málo vyššie.

Tabuľka 8: Zastúpenie MK v mandľovom oleji

Mandľový olej	Percentuálne zastúpenie [%]	
Mastná kyselina	V certifikáte od výrobcu	Stanovené hodnoty
kyselina laurová	-	0,01±0,00
kyselina myristová	0,06	0,07±0,01
kyselina palmitová	5,12	5,19±0,11
kyselina palmitolejová	0,13	0,34±0,04
kyselina stearová	2,98	2,93±0,02
kyselina olejová	67,97	35,65±1,02
kyselina linolová	23,04	10,18±0,10
kyselina linolénová	0,13	0,10±0,00



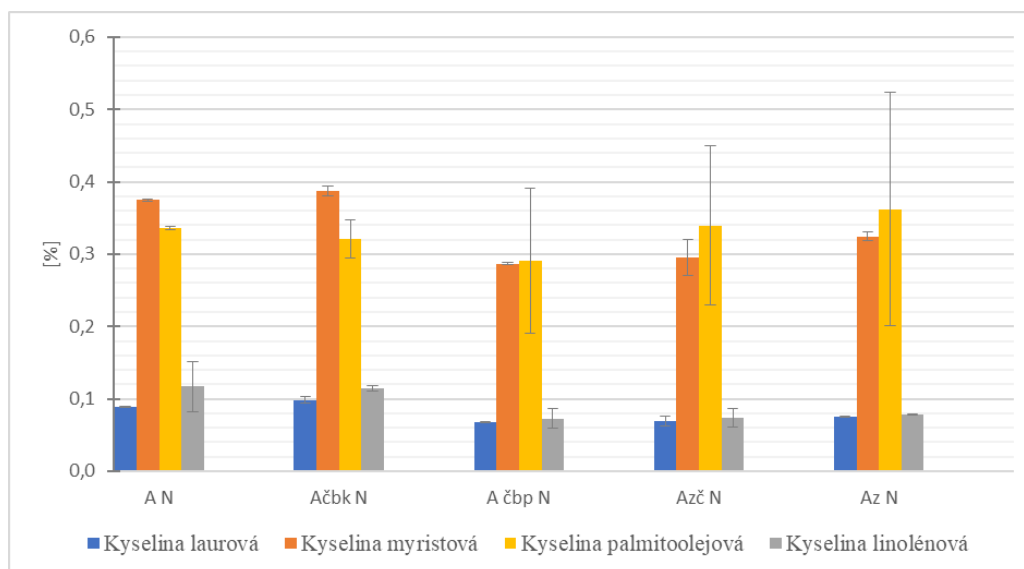
Graf 11: Porovnanie percentuálneho zastúpenia MK udávaných výrobcom a získaných vlastným stanovením - mandľový olej

V mandľovom oleji taktiež došlo k zmenám percentuálneho zastúpenia jednotlivých mastných kyselín. Certifikát od výrobcu sa vzťahuje k dátumu 27. augusta 2018 a analyzovaná vzorka, skladovaná za laboratórnej teploty bola odobraná 13. februára 2019. Doba, za ktorú došlo k vyššie uvedeným zmenám teda predstavuje približne 6 mesiacov. K najvýraznejším zmenám došlo opäť pri kyseline olejovej a taktiež pri kyseline linolovej. Pokles kyseliny olejovej predstavoval asi 32% bodov a kyseliny linolovej necelých 13% bodov. Zastúpenie ostatných MK sa výrazne nezmenilo, i keď k drobným zmenám došlo aj tu.

## **Zhrnutie**

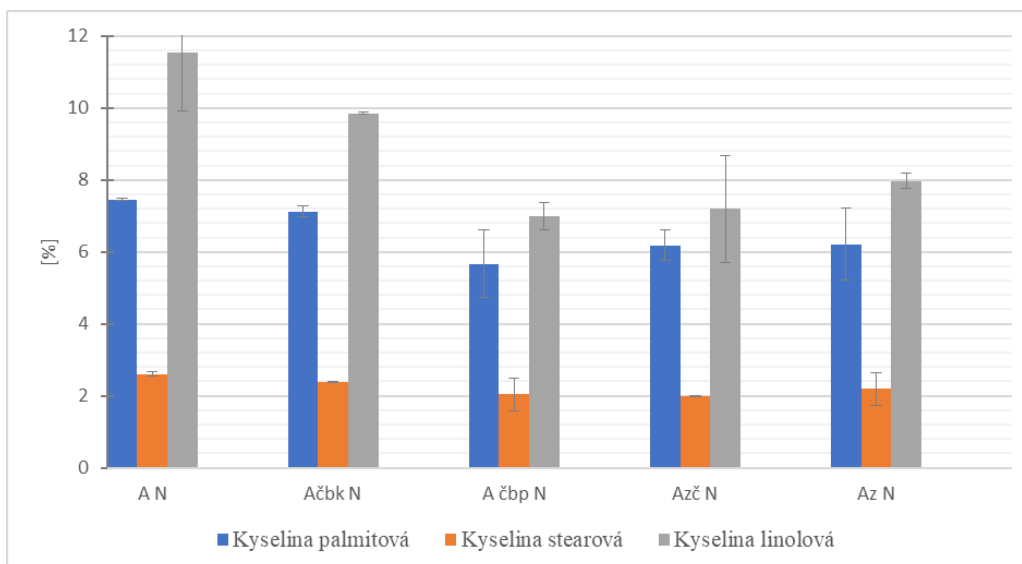
V oboch olejoch boli stanovené hodnoty percentuálneho zastúpenia mastných kyselín rozdielne od tých, udávaných výrobcom v certifikátoch. Medzi hodnotami stanovenými výrobcom a tými stanovenými v experimente bol celkový časový rozdiel približne 6 mesiacov. Pri najvýznamnejších mastných kyselinách ako je kyselina olejová a linolová, boli stanovené hodnoty zreteľne nižšie ako tie, udávané výrobcom. Ostatné, menej zastúpené mastné kyseliny, nadobúdali obdobné, alebo len málo rozdielne hodnoty v porovnaní s tými, čo udával výrobca. Za pokles obsahu mastných kyselín môže pravdepodobne ich degradácia, nakoľko rozdiel medzi stanovenými hodnotami a hodnotami z certifikátu je pri oboch olejoch približne 6 mesiacov. Oleje tak stratili časť svojej výživovej hodnoty. Potvrdzujú to aj porovnania stanovených čísel zmydelnenia a jódových čísel s hodnotami udávanými výrobcom, hoci medzi nimi ubehla doba iba približne 3 mesiace. Degradáciu tuku ovplyvňujú viaceré faktory, pričom najväčšiu úlohu zohrávajú teplota, prístup svetla či prístup vzduchu. K určitému stupňu degradácie mohlo dôjsť napríklad pri balení olejov do spotrebiteľských obalov. Oleje vtedy mohli byť vystavené vzdušnému kyslíku a prístupu svetla. Dôležité je spomenúť aj fakt, že metodika a presnosť stanovenia daných hodnôt výrobcom v certifikátoch nie je známa a rozdiely medzi stanovenými hodnotami a hodnotami v certifikátoch môžu byť spôsobené aj týmto faktorom.

### 4.3.2 Percentuálne zastúpenie mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch



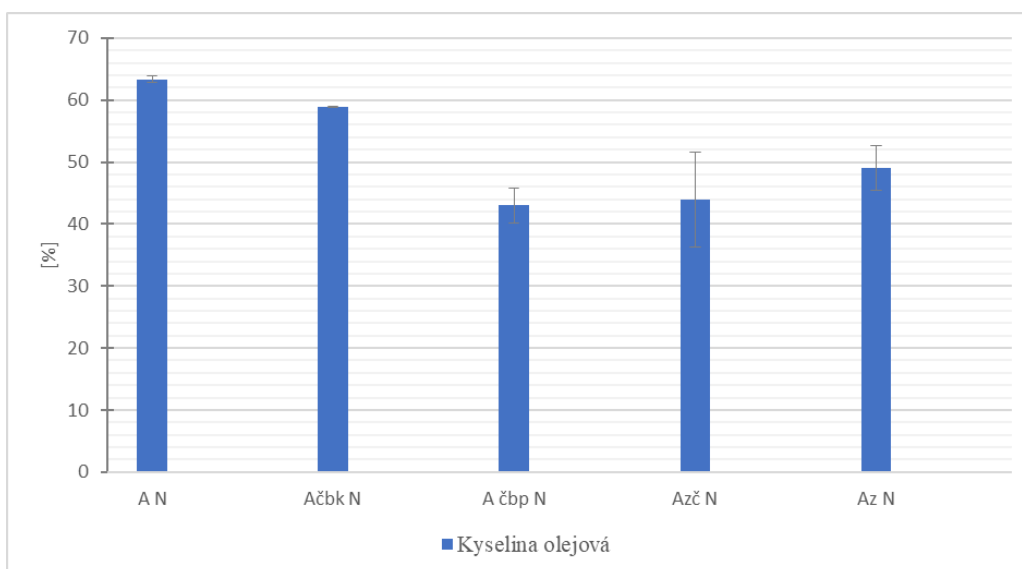
Graf 12: Percentuálne zastúpenie minoritných mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch

Kyselina laurová bola vo všetkých macerátoch aj v oleji zastúpená približne v rovnako malom množstve. Kyselina myristová bola v maceráte s kvetmi čiernej bazy zastúpená podobne ako v čistom avokádovom oleji a v ostatných macerátoch nadobúdala jasne nižšie hodnoty. Pri kyseline palmitoolejovej boli percentá jej zastúpenia vo všetkých macerátoch podobné ako v čistom oleji, pričom najnižšie hodnoty boli zaznamenané pri maceráte s plodmi čiernej bazy. Pri kyseline linolénovej sa zopakovala situácia podobne ako s kyselinou myristovou. Čistý olej a macerát s kvetmi bazy čiernej vykazovali podobné hodnoty a ostatné maceráty mali hodnoty jasne nižšie. Všeobecne sa dá usúdiť, že najmenej ovplyvnené zastúpenie minoritných MK bolo pri maceráte s kvetmi bazy čiernej.



*Graf 13: Percentuálne zastúpenie majoritných mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch*

Pri početnejšie zastúpených MK boli rozdiely zjavnejšie. Kyselina palmitová bola najviac zastúpená v čistom oleji spolu s macerátom kvetov bazy čiernej a v ostatných macerátoch bola zastúpená o niečo menej. Pri kyseline stearovej boli výsledky rovnaké ako v predošlom prípade, hoci sa prejavili v menšej miere. S kyselinou linolovou bola situácia taktiež podobná. Macerát s kvetmi bazy čiernej mal najpodobnejšie zastúpenie danej kyseliny k čistému oleju, aj keď bolo toto zastúpenie od čistého oleja o niečo nižšie. Z výsledkov je vidieť, že zloženiu čistého oleja sa najviac podobal macerát s kvetmi bazy čiernej.



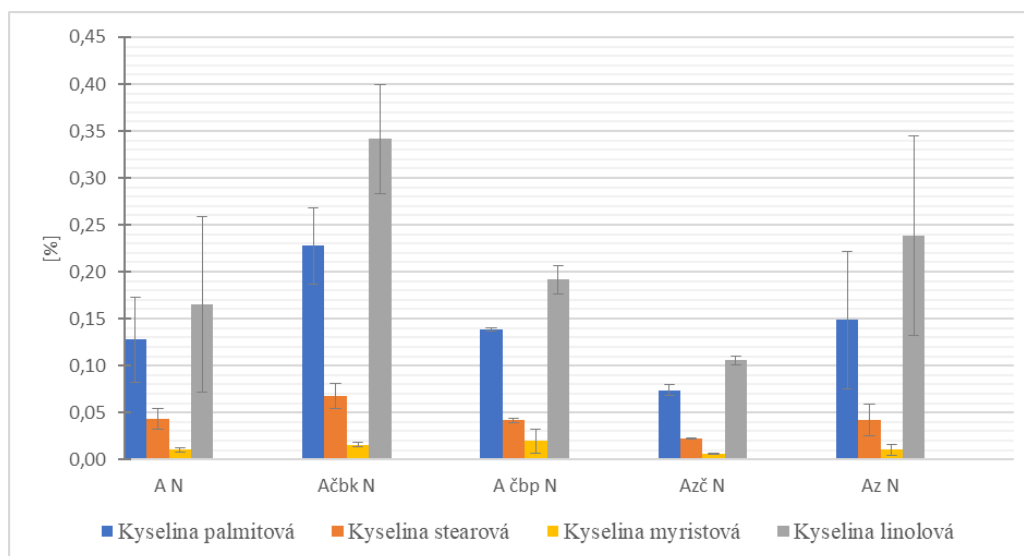
*Graf 14: Percentuálne zastúpenie kyseliny olejovej v avokádovom oleji a jeho macerátoch*

Pri najviac zastúpenej kyseline olejovej došlo k analogickým zmenám ako v predošlých dvoch prípadoch. K poklesu zastúpenia kyseliny olejovej oproti čistému oleju došlo v každom jednom maceráte. Najmenej však tento pokles zasiahol macerát s kvetmi bazy čiernej a tento macerát je preto najviac podobný zložením MK čistému avokádovému oleju. Najväčší pokles kyseliny olejovej bol zaznamenaný pri maceráte oleja s plodmi bazy čiernej.

## **Zhrnutie**

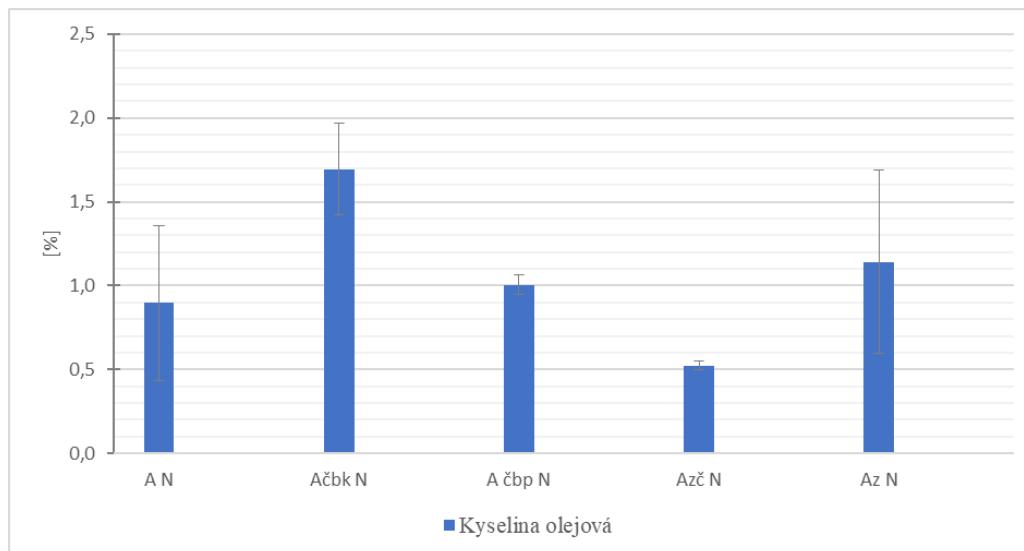
Pri všetkých macerátoch avokádového oleja došlo k celkovému poklesu obsahu jednotlivých mastných kyselín. Najmenej zasiahnutý bol však macerát avokádového oleja s kvetmi bazy čiernej. Zloženie jeho mastných kyselín sa najviac podobalo zloženiu mastných kyselín čistého avokádového oleja. Z výsledkov je zjavné aj to, že k najväčšiemu poklesu obsahu jednotlivých mastných kyselín došlo zväčša v maceráte s plodmi bazy čiernej.

### 4.3.3 Percentuálne zastúpenie voľných mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch



Graf 15: Percentuálne zastúpenie minoritných voľných mastných kyselín v avokádovom oleji a jeho macerátoch

Všetky v grafe spomenuté voľné mastné kyseliny vykazujú v daných macerátoch spoločný trend. To znamená, že buď sú v danom maceráte všetky 4 nižšie ako v čistom oleji, alebo všetky 4 vyššie. K najväčšiemu nárastu oproti obsahu týchto 4 mastných kyselín vo voľnej forme v čistom oleji, došlo v maceráte s kvetmi bazy čiernej. Voľná kyselina linolová, palmitová, myristová aj stearová tu boli zvýšené oproti čistému oleju takmer dvojnásobne. Zložením minoritných voľných MK bol najpodobnejší čistému oleju macerát s plodmi bazy čiernej, hoci aj pri ňom došlo k jemnému zvýšeniu obsahu daných voľných MK. Druhý najpodobnejší bol macerát s ďumbierom lekársnym, kde bolo zastúpenie voľných MK o niečo vyššie ako v predošlom prípade. Najzaujímavejšie hodnoty však boli namerané pri maceráte so zeleným čajom. Všetky 4 spomínané voľné mastné kyseliny tu vykazovali nižšie hodnoty ako v čistom avokádovom oleji. Voľná kyselina stearová a palmitová tu boli takmer 2-krát nižšie ako v čistom oleji.



*Graf 16: Percentuálne zastúpenie voľnej kyseliny olejovej v avokádovom oleji a jeho macerátoch*

S kyselinou olejovou nastala situácia podobná ako v predošlom prípade. Najviac voľnej kyseliny olejovej obsahoval macerát s kvetmi bazy čiernej. Rozdiel bol taktiež takmer dvojnásobný oproti čistému oleju. Najpodobnejšie k čistému oleju mal voľnú kyselinu olejovú zastúpenú macerát s plodmi bazy čiernej, hoci bola presná hodnota o niečo vyššie. Druhým najpodobnejším čo sa týka zastúpenia voľnej kyseliny olejovej bol macerát s d'umbierom lekárske. Tu bola hodnota opäť ešte o niečo vyššia ako v predošlom prípade. Najzaujímavejšie výsledky priniesol opäť macerát so zeleným čajom. Zastúpenie voľnej kyseliny olejovej v ňom bolo takmer polovičné oproti tomu, v čistom oleji.

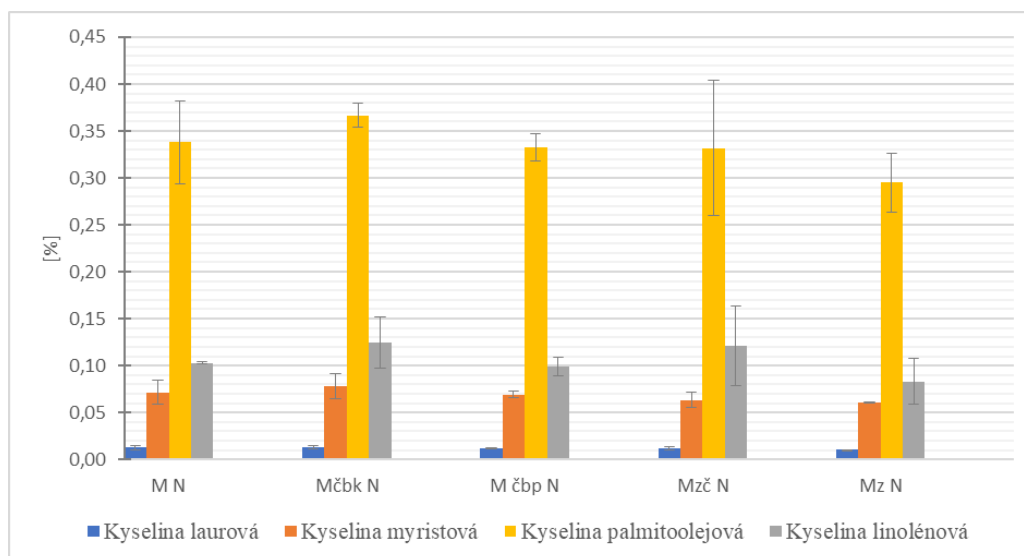
## Zhrnutie

Obsah jednotlivých voľných mastných kyselín v avokádových macerátoch sa v porovnaní s obsahom v čistom avokádovom oleji taktiež líšil. Najvyššie hodnoty jednotlivých voľných MK vykazoval macerát s kvetmi bazy čiernej. Percentuálne zastúpenie jednotlivých voľných MK v ňom bolo niekedy až dvojnásobné oproti ich obsahu v čistom oleji. Druhé najvyššie hodnoty boli namerané v maceráte s d'umbierom lekárske a potom v maceráte s plodmi bazy čiernej. Tento macerát sa týkajúci obsahu jednotlivých voľných MK najviac pripodobňoval čistému avokádovému oleju. Macerát so zeleným čajom vykazoval ako jediný menšie hodnoty jednotlivých voľných MK oproti čistému oleju.

Trend, že macerát s kvetmi bazy čiernej vykazuje po 77 dňoch macerovania najväčší obsah voľných MK, a že macerát s plodmi bazy čiernej je najviac podobný čistému oleju, bol pozorovaný aj v predošlej kapitole, pri pozorovaní čísla kyslosti.

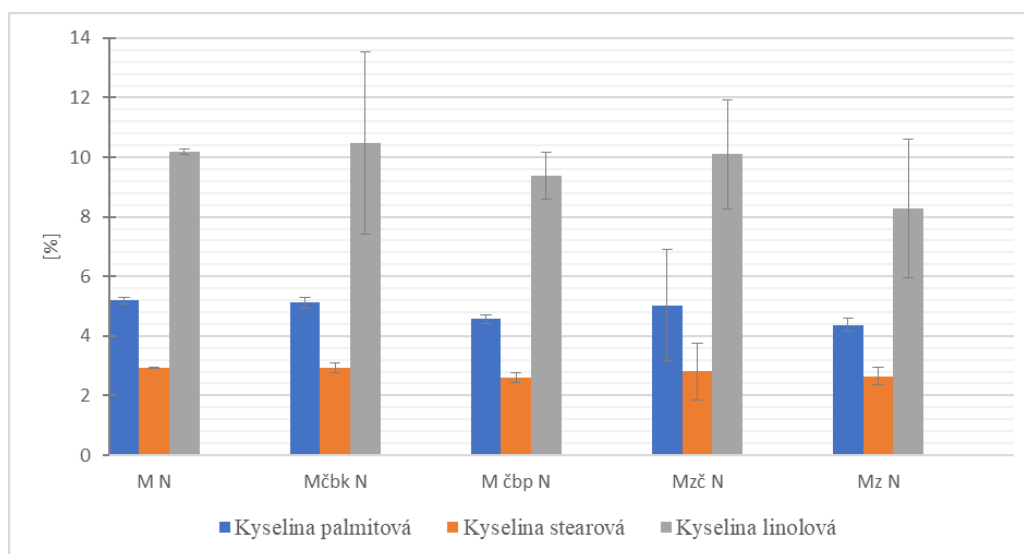


#### 4.3.4 Percentuálne zastúpenie mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch



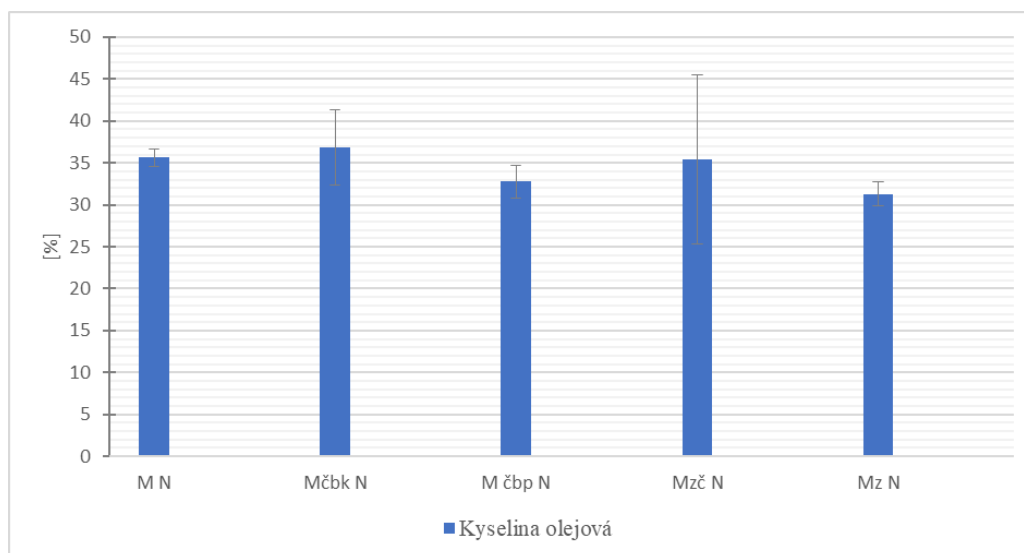
Graf 17: Percentuálne zastúpenie minoritných mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch

Kyselina linolénová bola zastúpená vo všetkých 4 mandľových macerátoch podobne ako v čistom mandľovom oleji, hoci najmenšie hodnoty mala v maceráte s d'umbierom lekárskeym. Analogické bolo aj zastúpenie kyseliny palmitoolejovej. Kyselina myristová a laurová boli vo veľmi malých množstvách zastúpené vo všetkých macerátoch približne rovnako ako aj v čistom mandľovom oleji. Všetky maceráty mali teda podobné zloženie ako čistý olej a najpodobnejší mu bol macerát s plodmi bazy čiernej.



Graf 18: Percentuálne zastúpenie majoritných mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch

Zastúpenie kyseliny palmitovej, stearovej a linolovej bolo vo všetkých macerátoch veľmi podobné čistému oleju. Najviac podobné čistému oleju boli macerát so zeleným čajom a macerát s kvetmi bazy čiernej. Po nich nasledoval macerát s plodmi bazy čiernej a najviac sa od čistého oleja líšil macerát s d'umbierom lekársnym, kde boli zaznamenané najnižšie hodnoty spomenutých mastných kyselín v porovnaní s čistým mandľovým olejom.



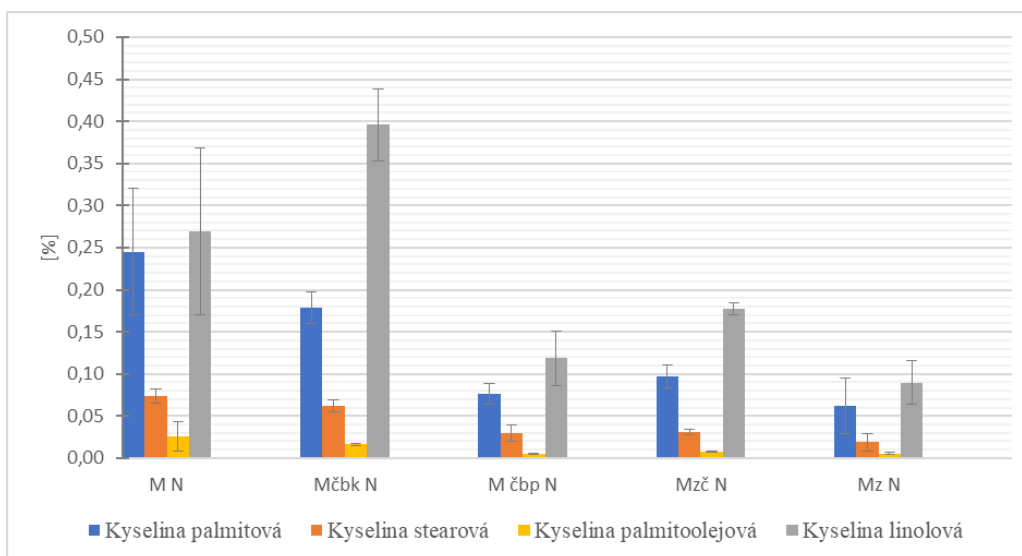
Graf 19: Percentuálne zastúpenie kyseliny olejovej v mandľovom oleji a jeho macerátoch

Čo sa týka zastúpenia kyseliny olejovej, macerát so zeleným čajom vykazoval hodnoty najviac podobné čistému oleju. Pokles obsahu kyseliny olejovej tu bol minimálny. Macerát s kvetmi bazy čiernej dokonca mal o niečo vyššie zastúpenie kyseliny olejovej ako čistý olej. Zvyšné dva maceráty, macerát s plodmi bazy čiernej a macerát s d'umbierom lekársnym, mali percentuálne zastúpenie kyseliny olejovej zreteľne nižšie v porovnaní s čistým olejom.

## Zhrnutie

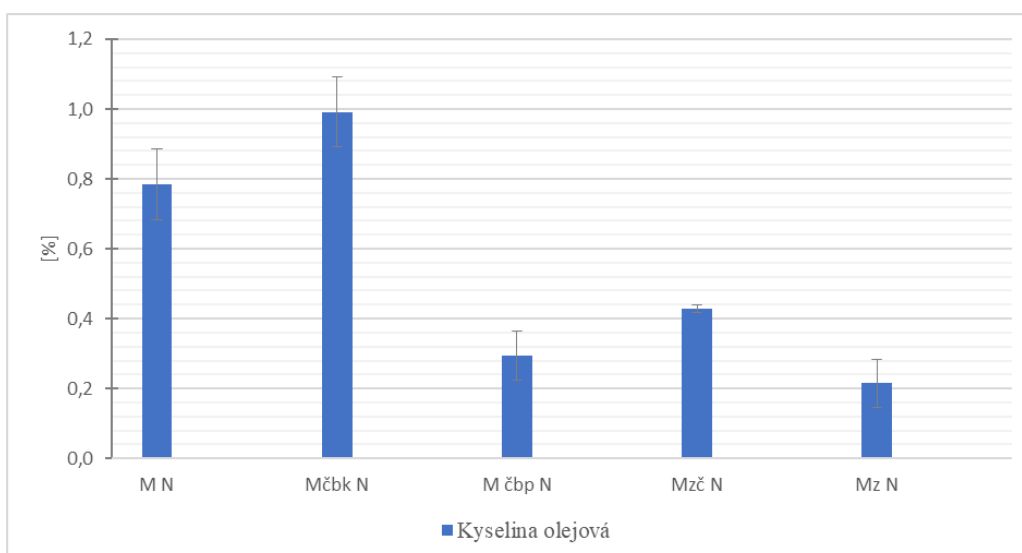
Jednotlivé maceráty mandľového oleja sa čistému oleju podobali zložením mastných kyselín viacej ako tomu bolo v prípade macerátov avokádového oleja. Ani pokles jednotlivých MK v macerátoch oproti čistému oleju nebol až tak výrazný ako pri avokádovom oleji. Najväčšia podobnosť so zložením čistého oleja bola zistená pri maceráte s plodmi bazy čiernej, s kvetmi bazy čiernej a so zeleným čajom. Každý z nich sa niektorou z kyselín podobal čistému oleju najviac, a zvyšnými pomenej. Najväčší pokles zastúpenia jednotlivých mastných kyselín bol však zreteľne nameraný v maceráte s d'umbierom lekársnym. V ňom boli hodnoty takmer všetkých MK nižšie ako v čistom mandľovom oleji.

### 4.3.5 Percentuálne zastúpenie voľných mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch



Graf 20: Percentuálne zastúpenie minoritných voľných mastných kyselín v mandľovom oleji a jeho macerátoch

V maceráte mandľového oleja s kvetmi čiernej bazy bolo zastúpenie voľnej kyseliny palmitovej, stearovej aj palmitoolejovej nižšie v porovnaní s čistým olejom. Kyselina linolová tu však dosahovala značne vyššie hodnoty. V ostatných macerátoch došlo k poklesu obsahu všetkých 4 spomenutých voľných mastných kyselín. Najmenej týchto 4 voľných mastných kyselín v porovnaní s čistým olejom obsahoval macerát s d'umbierom lekárskeym.



Graf 21: Percentálne zastúpenie voľnej kyseliny olejovej v mandľovom oleji a jeho macerátoch

Obsah voľnej kyseliny olejovej vykazoval v macerátoch mandľového oleja podobné správanie ako pri iných voľných mastných kyselinách v tomto oleji. V maceráte s kvetmi čiernej bazy bol obsah voľnej kyseliny olejovej vyšší ako v čistom oleji. V ostatných macerátoch bol obsah tejto voľnej mastnej kyseliny nižší, pričom najnižšie hodnoty nadobúdal v maceráte s d'umbierom lekársnym.

## Zhrnutie

Percentuálne zastúpenie voľných mastných kyselín v macerátoch mandľového oleja sa v porovnaní s čistým olejom taktiež líšilo. Oproti analogickým macerátom avokádového oleja, tu došlo až pri troch macerátoch k poklesu všetkých voľných mastných kyselín v porovnaní s čistým mandľovým olejom. Konkrétne šlo o maceráty s plodmi čiernej bazy, so zeleným čajom a s d'umbierom lekársnym, pričom najnižšie obsahy jednotlivých voľných kyselín mal macerát s d'umbierom lekársnym. Čistému mandľovému oleju sa zložením voľných mastných kyselín najviac podobal macerát s kvetmi bazy čiernej. V ňom ako jedinom došlo aj k nárastu niektorých voľných MK. Konkrétne mal vyššie hodnoty pri voľnej kyseline olejovej a linolovej, no nárast nebol až tak výrazný ako v macerátoch s avokádovým olejom. Ostatné voľné mastné kyseliny mal zastúpené v menšej miere ako čistý olej.

To, že najvyššie zastúpenie hlavných voľných mastných kyselín obsahoval macerát oleja s kvetmi čiernej bazy, súhlasí aj s výsledkami čísla kyslosti. Aj tam bola najvyššia hodnota čísla kyslosti nameraná pri tomto maceráte.

Pri ostatných macerátoch však výsledky z analýzy čísla kyslosti nesúhlasia s výsledkami analýzy voľných MK plynovou chromatografiou. Pri všetkých macerátoch mandľového oleja došlo k zvýšeniu čísla kyslosti, pričom v plynovej chromatografii mali všetky maceráty, okrem toho s kvetmi čiernej bazy, nižšie hodnoty zastúpenia voľných MK ako čistý olej.

## 5. ZÁVER

Táto bakalárska práca sa z hľadiska literárnej rešerše zaoberala popisom zloženia, výroby, či vplyvu rastlinných olejov na človeka a ľudské zdravie. V práci sa spomína aj problematika degradácie olejov, ktorá patrí k nežiadúcim procesom prebiehajúcim pri spracovaní, skladovaní či manipulácii s rastlinnými olejmi. Týmto nežiadúcim procesom sa síce nedá úplne vyhnúť, no dajú sa aspoň do určitej miery obmedziť, alebo spomaliť. V práci boli taktiež zhrnuté široké možnosti uplatnenia rastlinných olejov v kozmetickom a potravinárskom priemysle. V závere teoretickej časti sa práca zaoberala aj problematikou macerátov rastlinných olejov, ktoré majú tradíciu v ľudovom liečiteľstve a taktiež predstavujú významný moderný trend, najmä v oblasti prírodnej kozmetiky a starostlivosti o telo.

V rámci literárnej rešerše bola pripomenutá dôležitosť rastlinných olejov vo výžive a živote človeka. Rastlinné oleje sú totižto výborným zdrojom esenciálnych polynenasýtených mastných kyselín, prírodných antioxidantov, či fytosterolov. Všetky tieto látky vo významnej miere pozitívne ovplyvňujú zdravie človeka a rastlinné oleje predstavujú pohodlný spôsob, ako ich prijímať v primeranej miere a v biologicky dostupnej forme. Taktiež boli objasnené riziká, spojené s degradáciou tukov, ku ktorej vo väčšej miere dochádza pri nevhodnej manipulácii alebo skladovaní olejov. Degradácia tukov je významným javom pri rastlinných olejoch, nakoľko práve rastlinné oleje obsahujú v značnej miere ľahko oxidovateľné polynenasýtené mastné kyseliny. Oxidované lipidy predstavujú pre ľudský organizmus záťaž a pôsobia proti účinku pôvodných polynenasýtených kyselín. Ich konzumácia je tiež spojená so zvýšeným rizikom kardiovaskulárnych ochorení. V práci boli zhrnuté aj základné postupy pri výrobe rastlinných olejov a popísaná široká škála použitia rastlinných olejov v potravinárskom a kozmetickom priemysle. V kulinárstve je dôležité vedieť, kedy ktorý olej použiť, aby nedochádzalo k nežiadúcim oxidačným procesom. Všeobecne platí pravidlo, že čím vyššie teploty sú pri danej úprave pokrmu použité, tým menej nenasýtených väzieb by mal použitý tuk obsahovať. Rastlinné oleje v kozmetike dokážu výborne prenikať do pokožky a zároveň jej poskytujú prirodzenú ochranu. Rastlinné oleje na pokožku pôsobia prirodzenejšou cestou ako parafínové oleje. Vďaka obsahu nelipidových zložiek, ako sú rôzne vitamíny a stopové zložky, kožu nielen hydratujú, ale aj vyživujú. V poslednej časti literárnej rešerše boli podrobne rozobraté avokádový a mandľový olej spolu s vybranými bylinami. Oba tieto oleje sú výborným zdrojom polynenasýtených mastných kyselín, vitamínov, minerálov a ďalších priaznivo pôsobiacich dôležitých látok a majú preto výborný potenciál využitia či už v potravinárskych, alebo kozmetických produktoch. Medzi použité byliny patrila baza čierna, zelený čaj a ďumbier lekársky, pričom každá z nich obsahuje unikátnu zmes látok, ktoré majú priaznivé účinky na ľudský organizmus.

Kombináciou rastlinných olejov s bylinami vzniká tzv. macerát. V maceráte sú prepojené priaznivé účinky oleja s účinkami bylín a vo výsledku je tak možno získať jedinečnú zmes s blahodarnými účinkami, určenú či už na konzumáciu, alebo na využitie v kozmetických produktoch v starostlivosti o telo. Rastlinné oleje tu fungujú ako nosič a zároveň rozpúšťadlo na extrahovanie látok s terapeutickými účinkami z danej rastliny. Bylinné maceráty olejov majú svoje využitie aj v aromaterapii, ďalej ako masážne oleje a v ľudovom liečiteľstve sa im pripisujú viaceré liečivé účinky pri kožných ochoreniach. Dôležitým faktorom pri macerátoch

je však dĺžka a podmienky extrakcie, resp. macerovania. Zvýšená teplota síce môže napomôcť väčšiemu prestupu bylinných látok do oleja, no netreba zabúdať, že pri vyššej teplote dochádza aj k väčšej degradácii použitého oleja. Ďalším dôležitým parametrom je aj pomer oleja k byline, pričom nie je nikde udávané, aký je najoptimálnejší. Bežne sa však používajú pomery 1:5, 1:10 alebo sa iba dodržiava odporúčanie, aby boli všetky byliny pod hladinou oleja. Bylinné maceráty sú pomerne lákavým produktom v modernej, stále viac prírodne sa orientujúcej kozmetike, starostlivosti o človeka, ale aj potravinárstve a preto by mali byť podrobnejšie preskúmané ich potenciálne zdravotné účinky či riziká spojené s ich používaním. Taktiež by mohlo byť legislatívne udávané množstvo priaznivo pôsobiacich látok v danom maceráte, nakoľko pri hotových produktoch niekedy nie je jasné, aké východiskové suroviny výrobca použil, v akých množstvách, ale aj to, ako dlho prebiehal samotný proces macerovania. Ľahko sa tak môže stať, že spotrebiteľ používa iba čistý olej, s minimom účinných bylinných látok a pritom platí za nadštandardný produkt.

V experimentálnej časti boli najprv stanovené tukové charakteristiky čistého mandľového a avokádového oleja. Medzi stanovované charakteristiky patrilo číslo zmydelnenia, číslo kyslosti, peroxidové číslo a jódové číslo. Namerané hodnoty boli potom porovnané s údajmi uvádzanými výrobcom v certifikátoch olejov. Z výsledkov je zrejmé, že za dobu približne 3 mesiacov došlo v olejoch k určitým degradačným zmenám. Číslo zmydelnenia sa v oboch olejoch zmenšilo, čo značí že oleju poklesla jeho výživová hodnota. Číslo kyslosti bolo v olejoch vyššie ako to, udávané v certifikáte a v olejoch sa teda nachádza viac masných kyselín vo voľnej forme. Jódové číslo sa v olejoch znížilo, čo značí, že v olejoch ubudlo nenasýtených väzieb a olej teda taktiež stratil na výživovej hodnote. Posledné, peroxidové číslo, sa pri oboch olejoch zvýšilo, čo značí vyššiu úroveň oxidácie v olejoch. Všetky tieto tukové charakteristiky ukazujú, že za 3 mesiace (od výroby oleja po vlastné stanovenie) sa kvalita oleja do určitej miery zhoršila. Zmeny síce neboli prevratné, no neboli ani zanedbateľné. Medzi faktory ktoré mohli dopomôcť k degradácii olejov, môže patriť vystavovanie olejov zdroju svetla, prístupu vzduchu, či nevhodná teplota skladovania, napríklad pri preprave olejov. K určitému stupňu degradácie mohlo dôjsť napríklad pri prelievaní olejov do spotrebiteľských obalov, kedy mohli byť oleje vystavené vzdušnému kyslíku a svetlu. Nutné je spomenúť aj fakt, že metodika a podmienky stanovenia hodnôt v certifikátoch od výrobcov olejov nie je známa, čo má taktiež určitý vplyv na rozdiely v hodnotách.

Do každého z olejov boli potom naložené byliny a tieto zmesi, spolu s čistými olejmi pre referenciu, boli uložené v tme pri dvoch rôznych teplotách. Pri teplote laboratórnej a pri teplote 35°C v termostate. Celkovo tak bolo pripravených 20 vzoriek (16 macerátov a 4 čisté oleje). Následne prebehli analýzy čísla kyslosti v 4 intervaloch. Po 13, 34, 70 a 77 dňoch. Z výsledkov je zrejmé, že všeobecne vo vzorkách, ktoré boli uložené pri vyššej teplote, došlo k väčšiemu nárastu čísla kyslosti a výsledná kvalita oleja, resp. macerátov sa teda zhoršila viac. Výsledky sa zhodovali v oboch olejoch. Ďalej bolo zistené, že každá bylina pôsobí na olej, čo sa týka miery kyslosti, rozdielne. V oboch olejoch dosahovali maceráty s kvetmi bazy čiernej najväčšie hodnoty čísla kyslosti. Druhé najväčšie čísla kyslosti mali maceráty s d'umbierom lekársnym a potom maceráty so zeleným čajom. Maceráty s plodmi bazy

čiernej sa z hľadiska čísla kyslosti najviac pripodobňovali čistému oleju, tým že mali rovnako nízke hodnoty. Výsledky boli rovnaké pri laboratórnej teplote aj pri teplote v termostate, iba s tým rozdielom, že vo vzorkách z termostatu sa tieto trendy prejavili vo väčšej miere. V macerátoch z termostatu je pri vzorkách, kde je nárast čísla kyslosti najznateľnejší (maceráty kvetov čiernej bazy a maceráty d'umbiera lekárskeho), vidieť aj trend, že najväčší nárast bol zaznamenaný približne po mesiaci a potom sa hodnota zvyšovala už iba pomalým tempom. Naproti tomu v tých istých macerátoch skladovaných pri laboratórnej teplote je nárast čísla kyslosti počas celej dĺžky experimentu približne rovnaký. Dá sa z toho usúdiť, že pri macerovaní za zvýšenej teploty by mala byť z hľadiska ochrany oleja doba macerovania kratšia. Naopak, pri macerovaní za bežnej laboratórnej teploty, môže macerovanie prebiehať o niečo dlhšiu dobu, bez výrazného vplyvu na kvalitu oleja. Bežné metódy macerovania predstavujú macerovanie bez zvýšenej teploty po dobu približne 3 týždne. Za tento čas by nemalo dochádzať k príliš veľkým zmenám z hľadiska degradácie oleja. Takisto, metódy, ktoré využívajú zvýšenú teplotu, väčšinou trvajú iba niekoľko hodín, či dní a kvalita oleja by sa teda nemala radikálne zhoršiť.

Z posledného odberu, teda po 77 dňoch, boli ešte vo všetkých macerátoch a olejoch, skladovaných pri laboratórnej teplote, pomocou plynovej chromatografie stanovené percentuálne zastúpenia jednotlivých mastných kyselín a ich voľných foriem. Najprv boli porovnané percentuálne zastúpenia vybraných 8 najviac zastúpených mastných kyselín v avokádovom aj mandľovom oleji a hodnoty boli porovnané s údajmi v certifikátoch od výrobcu. Medzi týmito hodnotami bol časový rozdiel približne 6 mesiacov. Z výsledkov je zrejmé, že v oboch olejoch za túto dobu došlo k zmenám v zastúpení jednotlivých mastných kyselín. Všeobecne ich percentuálne zastúpenie v oboch olejoch oproti hodnotám v certifikátoch kleslo. S výsledkami korelujú aj obdobné výsledky z porovnania tukových charakteristík, hoci tam bola doba medzi stanoveniami iba približne 3 mesiace. V oboch olejoch teda došlo k poklesu ich nutričnej hodnoty, pričom najviac boli tieto zmeny viditeľné na kyseline olejovej a linolovej, nakoľko sú v olejoch v najväčšej miere zastúpené. Degradácia olejov a rozdielne hodnoty mohli byť spôsobená faktormi, ktoré už boli spomenuté pri čísle kyslosti.

V analýzach macerátov bolo zistené, že niektoré z nich ovplyvňujú percentuálne zastúpenie jednotlivých mastných kyselín viac, iné menej. Pri všetkých macerátoch avokádového oleja došlo k poklesu obsahu jednotlivých mastných kyselín. Najmenej zasiahnutý bol macerát avokádového oleja s kvetmi bazy čiernej, ktorý sa aj najviac podobal zložením MK čistému oleju. K najväčšiemu poklesu obsahu jednotlivých mastných kyselín došlo v maceráte s plodmi bazy čiernej. Maceráty mandľového oleja sa čistému oleju podobali zložením mastných kyselín viac ako tomu bolo v prípade macerátov avokádového oleja. Ani pokles zastúpenia jednotlivých MK tu nebol tak výrazný ako v predošlom prípade. Najmenej ovplyvnené maceráty, čo sa týka zloženia MK, boli maceráty s plodmi bazy čiernej, s kvetmi bazy čiernej a so zeleným čajom. Najväčší pokles zastúpenia jednotlivých mastných kyselín bol pri mandľovom oleji nameraný v maceráte s d'umbierom lekárskeho.

Čo sa týka percentuálneho zastúpenia voľných MK, v avokádovom oleji vykazoval najvyššie hodnoty percentuálneho zastúpenia voľných mastných kyselín macerát s kvetmi bazy čiernej.

Hodnoty boli pri niektorých kyselinách až dvojnásobné v porovnaní s hodnotami v čistom oleji. Po ňom nasledoval macerát s d'umbierom lekárskeho. Tieto výsledky korelujú s výsledkami z čísla kyslosti, nakoľko aj tam bola najvyššia kyslosť nameraná pri maceráte s kvetmi bazy čiernej a druhá najvyššie v maceráte s d'umbierom lekárskeho. Macerát s plodmi bazy čiernej sa týkajú obsahom voľných MK najviac podobal čistému oleju. Aj tento výsledok koreluje s výsledkami z čísla kyslosti. Avokádový macerát so zeleným čajom však ako jediný vykazoval nižšie percentuálne zastúpenia jednotlivých voľných MK. Z hľadiska čísla kyslosti bol však tento macerát na treťom mieste. V mandľovom oleji sa zastúpenie jednotlivých voľných MK najviac podobalo čistému oleju v maceráte s kvetmi bazy čiernej. V tomto maceráte ako v jedinom došlo k nárastu obsahu niektorých voľných MK v porovnaní s čistým olejom. Nárast ale nebol až tak výrazný ako pri avokádových macerátoch. Výsledky z čísla kyslosti s týmto výsledkom súhlasia. Najvyššie číslo kyslosti bolo namerané práve v maceráte mandľového oleja s kvetmi bazy čiernej. Čo sa týka zastúpenia voľných MK vo zvyšných macerátoch, všetky mali hodnoty nižšie ako čistý olej. Najmenšie hodnoty percentuálneho zastúpenia voľných MK mal macerát s d'umbierom lekárskeho. Pri týchto macerátoch však výsledky hodnôt zastúpenia ich voľných MK nekorelujú s výsledkami čísla kyslosti. Všetky tri maceráty mali totižto číslo kyslosti vyššie ako čistý olej.

Z výsledkov sa teda dá usúdiť, že každá z bylín, môže do určitej miery zasahovať aj do zloženia jednotlivých MK a ich voľných foriem. Niektoré použité byliny nevykazujú takmer žiadne zmeny oproti čistému oleju a dá sa tak predpokladať, že k degradácii oleja neprispievajú, iné presne naopak. Vo viacerých prípadoch výsledky zastúpenia voľných MK v macerátoch korelovali aj s výsledkami čísla kyslosti v daných macerátoch. Pri číslach kyslosti mal takmer každý macerát oproti čistému oleju vyššie hodnoty. Logicky by sa teda dalo predpokladať, že aj z analýzy na plynovom chromatografe budú mať všetky maceráty vyššie zastúpenia voľných mastných kyselín ako čisté oleje. V skutočnosti to tak nebolo a avokádový macerát zeleného čaju a mandľové maceráty s plodmi bazy čiernej, so zeleným čajom a s d'umbierom lekárskeho mali zastúpenia voľných MK nižšie v porovnaní s čistým olejom.

Dôležité je spomenúť aj fakt, že nakoľko bol použitý čerstvý koreň d'umbiera lekárskeho a nie jeho sušená forma, už po pár dňoch došlo k jeho zhnitiu. Výsledky macerátov s d'umbierom lekárskeho teda mohli byť skreslené. Zhnutie samotného d'umbiera mohlo určitým spôsobom ovplyvniť aj degradáciu oleja, či výsledky zastúpenia mastných kyselín v maceráte.

Do budúcnosti by práce nadväzujúce na túto bakalársku prácu mohli byť zamerané napríklad na meranie miery prestupu bylinných látok do oleja, a to meraním antioxidačnej aktivity olejov pred, v priebehu a po macerovaní. Taktiež by merania mohli byť uskutočnené pri dvoch teplotách, ako tomu bolo v tejto bakalárskej práci. Získala by sa tak optimálna dĺžka macerovania z hľadiska prestupu bylinných látok do oleja. Porovnaním optimálnej dĺžky macerovania z hľadiska prestupu bylinných látok do oleja a z hľadiska degradácie oleja by bol nájdený akýsi kompromis, kedy do oleja prejde dostatočné množstvo bylinných látok, no ešte nedochádza k významnej degradácii oleja.



## 6. ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [2] SAVVA, S.C. a A. KAFATOS. Vegetable Oils: Dietary Importance. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, 2016, 2016, 365-372. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00709-1. ISBN 9780123849533. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472007091>
- [3] DIJKSTRA, A.J. Vegetable Oils: Types and Properties. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, 2016, 2016, 381-386. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00706-6. ISBN 9780123849533. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472007066>
- [4] SVAČINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.
- [5] TAN, C.P., Y.B. CHE MAN, J. SELAMAT a M.S.A. YUSOFF. Comparative studies of oxidative stability of edible oils by differential scanning calorimetry and oxidative stability index methods. *Food Chemistry*. 2002, **76**(3), 385-389. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00272-2. ISSN 03088146. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814601002722>
- [6] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Dotisk 2008. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 978-80-7080-510-7.
- [7] How to Make Macerated Oils. *Formula Botanica* [online]. Wadebridge House, 16 Wadebridge Square, Poundbury, Dorchester, Dorset DT1 3AQ, UK.: Herb & Hedgerow, ©2012-2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://formulabotanica.com/how-to-make-macerated-oils/>
- [8] LYLES, James T., Austin KIM, Kate NELSON, Angelle L. BULLARD-ROBERTS, Avni HAJDARI, Behxhet MUSTAFA a Cassandra L. QUAVE. The Chemical and Antibacterial Evaluation of St. John's Wort Oil Macerates Used in Kosovar Traditional Medicine. *Frontiers in Microbiology*. 2017, **8**. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01639. ISSN 1664-302X. Dostupné také z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2017.01639/full>
- [9] DRDÁK, Milan. *Základy potravinářských technologií spracovania rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín: spracovanie rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie, uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé Centrum, 1996. ISBN 80-967-0641-1.
- [10] PÁNEK, Jan, Jan POKORNÝ a Jana DOSTÁLOVÁ. *Základy výživy a výživová politika*. Dotisk 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2012. ISBN 978-80-7080-468-1.
- [11] Chemical Structure Depiction of Myristic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=11005&t=1>

- [12] O'NEIL, Maryadele J., Patricia E. HECKELMAN, Peter H. DOBBELAAR, Kristin J. ROMAN, Catherine M. KENNY a Linda S. KARAFFA. *The Merck index: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. 15th ed. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2013. ISBN 978-1-84973670-1.
- [13] BEARE-ROGERS, J. L., A. DIEFFENBACHER a J. V. HOLM. Lexicon of lipid nutrition (IUPAC Technical Report): edice faksimilií. *Pure and Applied Chemistry*. 2001, 1981, **73**(4), 685-744. DOI: 10.1351/pac200173040685. ISSN 1365-3075. Dostupné také z: <http://www.degruyter.com/view/j/pac.2001.73.issue-4/pac200173040685/pac200173040685.xml>
- [14] Chemical Structure Depiction of Palmitic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=985&t=1>
- [15] GUNSTONE, F. D., John L. HARWOOD a Albert J. DIJKSTRA. *The lipid handbook with CD-ROM*. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, c2007. ISBN 978-0849396885.
- [16] Palmitic Acid. *NCI Thesaurus* [online]. BG 9609 MSC 9760 9609 Medical Center Drive Bethesda, MD 20892-9760: National Cancer Institute at the National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: [https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/pages/concept\\_details.jsf?dictionary=NCI\\_Thesaurus&version=19.02d&code=C61873&ns=NCI\\_Thesaurus&type=properties&key=null&b=1&n=0&vs e=null](https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/pages/concept_details.jsf?dictionary=NCI_Thesaurus&version=19.02d&code=C61873&ns=NCI_Thesaurus&type=properties&key=null&b=1&n=0&vs e=null)
- [17] *Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation : 10-14 November 2008, Geneva*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. FAO food and nutrition paper, 91. ISBN 978-92-5-106733-8.
- [18] Chemical Structure Depiction of Stearic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5281&t=1>
- [19] Chemical Structure Depiction of Oleic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=445639&t=1>
- [20] THOMAS, Alfred, Bertrand MATTHÄUS a Hans-Jochen FIEBIG. Fats and Fatty Oils. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim, Germany: Wiley, 2000, 2000-06-15, **2000**(1), 1-84. DOI: 10.1002/14356007. ISBN 9783527303854. Dostupné také z: [http://doi.wiley.com/10.1002/14356007.a10\\_173](http://doi.wiley.com/10.1002/14356007.a10_173)
- [21] Oleic Acid. *PubChem* [online]. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894, USA: U.S. National Library of Medicine, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/oleic\\_acid#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/oleic_acid#section=Top)

- [22] Olive Oil and Olive-Pomace Oil Grades and Standards. *United States Department of Agriculture: Agricultural Marketing Service* [online]. Washington D.C., USA: United States Department of Agriculture [cit. 2019-03-22]. Dostupné z: <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/olive-oil-and-olive-pomace-oil-grades-and-standards>
- [23] CABALLERO, Benjamin, Lindsay ALLEN a Andrew PRENTICE. *Encyclopedia of human nutrition*. Third edition. Amsterdam [Netherlands]: Elsevier/Academic Press, [2013]. ISBN 978-012-4159-266.
- [24] Oil, avocado. *National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release* [online]. U.S. Department of Agriculture 1400 Independence Ave., S.W. Washington, DC 20250: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/04581?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=avocado+oil&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- [25] Oil, almond. *National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release* [online]. U.S. Department of Agriculture 1400 Independence Ave., S.W. Washington, DC 20250: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/04529?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=almond&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- [26] Chemical Structure Depiction of Linoleic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5280450&t=1>
- [27] Linoleic Acid. *PubChem* [online]. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894, USA: U.S. National Library of Medicine, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/linoleic\\_acid#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/linoleic_acid#section=Top)
- [28] Chemical Structure Depiction of Arachidonic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=444899&t=1>
- [29] Chemical Structure Depiction of Alpha-linolenic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=5280934&t=1>
- [30] Linolenic Acid. *PubChem* [online]. 8600 Rockville Pike, Bethesda, MD 20894, USA: U.S. National Library of Medicine, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280934>
- [31] BLONDEAU, Nicolas, Robert H. LIPSKY, Miled BOUROUROU, Mark W. DUNCAN, Philip B. GORELICK a Ann M. MARINI. Alpha-Linolenic Acid: An Omega-3 Fatty Acid with Neuroprotective Properties—Ready for Use in the Stroke Clinic?. *BioMed Research International*. 2015 (1), 1-8. DOI: 10.1155/2015/519830. ISSN 2314-6133. Dostupné také z: <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/519830/>

- [32] Chemical Structure Depiction of Eicosapentaenoic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=446284&t=1>
- [33] Chemical Structure Depiction of Docosahexaenoic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=445580&t=1>
- [34] SLIMÁKOVÁ, Margit. Trans mastné kyseliny. *PharmDr. MARGIT Slimáková* [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.margit.cz/encyklopedie/trans-mastne-kyseliny/>
- [35] Trans-mastné kyseliny. *Bezpečnost potravin* [online]. Těšnov 65/17, Praha 1, 11705: Ministerstvo zemědělství, 2018 [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76812.aspx>
- [36] DELGADO, Graciela E. a Marcus E. KLEBER. Trans Fatty Acids and Mortality. *The Molecular Nutrition of Fats*. Elsevier, 2019, 2019, **2019**(1), 335-345. DOI: 10.1016/B978-0-12-811297-7.00026-3. ISBN 9780128112977. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128112977000263>
- [37] GROPPER, Sareen S. a Jack L. SMITH. *Advanced nutrition and human metabolism*. 6th Ed. Belmont, OH: Cengage Learning, 2012. ISBN 978-1-133-10405-6.
- [38] HIDALGO, F.J. a R. ZAMORA. Triacylglycerols: Structures and Properties. *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier, 2016, 2016, **2016**(1), 351-356. DOI: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00702-9. ISBN 9780123849533. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472007029>
- [39] Example of an unsaturated fat triglyceride (C55H98O6). In: *Wikipedia: The Free Encyclopedia* [online]. 2005 [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: [https://en.wikipedia.org/wiki/Triglyceride#/media/File:Fat\\_triglyceride\\_shorthand\\_formula.PNG](https://en.wikipedia.org/wiki/Triglyceride#/media/File:Fat_triglyceride_shorthand_formula.PNG)
- [40] KUSMIREK, Jan. *Tekuté slunce: rostlinné oleje pro masáže, aromaterapii, kosmetiku a výživu*. Praha: One Woman Press, 2005. ISBN 80-863-5641-8.
- [41] ZAHRABI, Ebrahim, Hadi VELADI, Iman Mokari BOLHASAN a Rashid HOSSEINZADEH. Nano Liposomes in Novel Drug Delivery Systems: a review. *The 4th National Conference on Nanotechnology: from Theory to Application*. Iran: Faculty of electrical and computer science, Micro system fabrication lab, University of Tabriz, 2016, (1), 2.
- [42] BETA, T. a K.G. DUODU. Bioactives: Antioxidants. *Encyclopedia of Food Grains*. Elsevier, 2016, 2016, **2016**(1), 277-282. DOI: 10.1016/B978-0-12-394437-5.00110-8. ISBN 9780123947864. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123944375001108>
- [43] VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin*. Rozš. a přeprac. 3. vyd. Tábor: OSSIS, 2009. ISBN 978-80-86659-16-9.

- [44] LAU, Janet T.F. a Yiu-chung WONG. Antioxidants and Preservatives. *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*. Elsevier, 2019, 2018, **2019**(3rd), 374-380. DOI: 10.1016/B978-0-12-409547-2.14471-3. ISBN 9780124095472. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780124095472144713>
- [45] BARREIRA, João C.M. a Isabel C.F.R. FERREIRA. Artificial Antioxidants. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier, 2019, 2019, **2019**(1), 283-290. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21600-4. ISBN 9780128140451. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965216004>
- [46] E320 - Butylhydroxyanisol (BHA). *FÉR potravina* [online]. Americká 579/17, PSC: 120 00, Praha 2 - Vinohrady: FÉR potravina [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E320>
- [47] E321 - Butylhydroxytoluen (BHT). *FÉR potravina* [online]. Americká 579/17, PSC: 120 00, Praha 2 - Vinohrady: FÉR potravina [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.ferpotravina.cz/seznam-ecek/E321>
- [48] RACEK, Jaroslav. *Oxidační stres a jeho ovlivnění*. Praha: Galén, c2003. Repetitorium. ISBN 80-726-2231-5.
- [49] Přírodní antioxidanty a rakovina. *Medicc: Spolu proti rakovine* [online]. Bajkalská 3, 949 01, Nitra: Občianske združenie: Medicc - Spolu proti rakovine, ©2012-2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.medicc.eu/sk/odborne-clanky/item/357-prirodne-antioxidanty>
- [50] Chemical Structure Depiction of L-ascorbic Acid. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=54670067&t=1>
- [51] Chemical Structure Depiction of Alpha-Tocopherol. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=14985&t=1>
- [52] ATKINSON, J., D. MANOR a R. PARKER. Vitamin E. *Encyclopedia of Biological Chemistry*. Elsevier, 2013, 2013, **2013**(1), 545-550. DOI: 10.1016/B978-0-12-378630-2.00223-1. ISBN 9780123786319. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123786302002231>
- [53] BRUNO, R.S. a E. MAH. Vitamin E. *Reference Module in Biomedical Sciences*. Elsevier, 2014, 2014(1). DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.00231-2. ISBN 9780128012383. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128012383002312>
- [54] Chemical Structure Depiction of Retinol. In: *PubChem* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-03-21]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/image/imgsrv.fcgi?cid=445354&t=1>

- [55] PANDEY, Kanti Bhooshan a Syed Ibrahim RIZVI. Plant Polyphenols as Dietary Antioxidants in Human Health and Disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2009, **2**(5), 270-278. DOI: 10.4161/oxim.2.5.9498. ISSN 1942-0900. Dostupné také z: <http://www.hindawi.com/journals/omcl/2009/897484/>
- [56] MANACH, Claudine, Augustin SCALBERT, Christine MORAND, Christian RÉMÉSY a Liliana JIMÉNEZ. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004, **79**(5), 727-747. DOI: 10.1093/ajcn/79.5.727. ISSN 0002-9165. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/79/5/727/4690182>
- [57] Fytosteroly. *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. Těšnov 65/17, Praha 1, 11705: Informační centrum bezpečnosti potravin, Ministerstvo zemědělství [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76775.aspx>
- [58] KALLINY, Silvana a Jerzy ZAWISTOWSKI. Phytosterols and Phytostanols. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier, 2019, 2019, **2019**, 289-299. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21760-5. ISBN 9780128140451. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965217605>
- [59] PELIKÁN, Miloš. *Zpracování obilovin a olejnin*. 2. nezměn. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-715-7525-9.
- [60] TOSCANO, Giuseppe a Eleonora MALDINI. ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF VEGETABLE OILS AS FUEL. *Journal of Agricultural Engineering*. 2007, **38**(3), 39-47. DOI: 10.4081/jae.2007.3.39. ISSN 2239-6268. Dostupné také z: <http://agroengineering.org/index.php/jae/article/view/jae.2007.3.39>
- [61] Physical properties of oils and fats. *BTSA - Natural Antioxidants, Natural Vitamin E & Omega-3* [online]. Tecnoalcalá. Calle Arroba 4. 28805 Alcalá de Henares, Madrid – Spain.: BTSA. Biotecnologías Aplicadas S.l. [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.btsa.com/en/physical-properties-of-oils-and-fats/>
- [62] ARAÚJO, Íris B.S., Fábio A.P. SILVA, Valquíria C.S. FERREIRA, Taliana K.A. ALENCAR BEZERRA a Marta S. MADRUGA. Replacement Solutions for Trans Fats. *Reference Module in Food Science*. Elsevier, 2017, 2017. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21454-6. ISBN 9780081005965. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965214546>
- [63] JACOBSEN, Charlotte. Oxidative Rancidity. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Elsevier, 2019, 2019, , 261-269. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.21672-7. ISBN 9780128140451. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965216727>
- [64] KINDERLERER, Judith L. a Brian KELLARD. Ketonic rancidity in coconut due to xerophilic fungi. *Phytochemistry*. 1984, **23**(12), 2847-2849. DOI: 10.1016/0031-9422(84)83027-7. ISSN 00319422. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0031942284830277>

- [65] ZHONG, Shanshan, Luxiao LI, Xia SHEN, Qiujing LI, Wenxin XU, Xiaoping WANG, Yongzhen TAO a Huiyong YIN. An update on lipid oxidation and inflammation in cardiovascular diseases. *Free Radical Biology and Medicine*. 2019, (134). DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2019.03.036. ISSN 08915849. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0891584919302710>
- [66] TENA, Noelia, Ana LOBO-PRIETO, Ramón APARICIO a Diego L. GARCÍA-GONZÁLEZ. Storage and Preservation of Fats and Oils. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*. Elsevier, 2019, 2019, , 605-618. DOI: 10.1016/B978-0-08-100596-5.22268-3. ISBN 9780128126882. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965222683>
- [67] BASTIDA, S. a F. J. SÁNCHEZ-MUNIZ. Thermal Oxidation of Olive Oil, Sunflower Oil and a Mix of Both Oils during Forty Discontinuous Domestic Fryings of Different Foods. *Food Science and Technology International*. 2016, **7**(1), 15-21. DOI: 10.1106/1898-PLW3-6Y6H-8K22. ISSN 1082-0132. Dostupné také z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1106/1898-PLW3-6Y6H-8K22>
- [68] GENNARO, L., A. Piccioli BOCCA, D. MODESTI, R. MASELLA a E. CONI. Effect of Biophenols on Olive Oil Stability Evaluated by Thermogravimetric Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1998, **46**(11), 4465-4469. DOI: 10.1021/jf980562q. ISSN 0021-8561. Dostupné také z: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf980562q>
- [69] BOCKISCH, Michael. *Fats and oils handbook*. Champaign, Ill.: AOCS Press, 1998. ISBN 978-0-935315-82-0.
- [70] GUPTA, Monoj K., Kathleen WARNER a Pamela J. WHITE. *Frying technology and practices*. Champaign, Ill.: AOCS Press, c2004. ISBN 18-939-9731-6.
- [71] Fats and oils in human nutrition: report of a joint expert consultation, Rome, 19-26 October 1993. Rome: FAO, c1994. ISBN 978-92-5-103621-1.
- [72] Methrom. "Oxidative stability of oils and fats - Rancimat method". *Application Bulletin*. 204/2 e.
- [73] PIGNITTER, Marc a Veronika SOMOZA. Critical Evaluation of Methods for the Measurement of Oxidative Rancidity in Vegetable Oils. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2012, **20**(4), 772-777. DOI: 10.6227/jfda.2012200305.
- [74] Olive Oil Smoke Point. *About Olive Oil: North American Olive Oil Association* [online]. 3301 Route 66 Suite 205, Bldg C Neptune, NJ 07753: North American Olive Oil Association [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://www.aboutliveoil.org/olive-oil-smoke-point>
- [75] KUMAR, Aruna, Aarti SHARMA a Kailash C. UPADHYAYA. Vegetable Oil: Nutritional and Industrial Perspective. *Current Genomics*. 2016, **17**(3), 230-240. DOI: 10.2174/1389202917666160202220107. ISSN 13892029.
- [76] BREWER, Sarah, Joel LEVY a Ginny SMITH. *How food works*. New York, New York: DK Publishing, 2017. ISBN 978-1-4654-6119-3.

- [77] Sheng Li Xue Bao. Different adipose tissue depots and metabolic syndrome in human. *NCBI: National Center for Biotechnology Information* [online]. 8600 Rockville Pike, Bethesda MD, 20894 USA: U.S. National Library of Medicine, 2018, 25.06.2017 [cit. 2019-04-13]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28638930>
- [78] SPECTOR, Arthur A. a Hee-Yong KIM. Discovery of essential fatty acids. *Journal of Lipid Research* [online]. 2014, **56**(1), 11-21 [cit. 2018-11-27]. DOI: 10.1194/jlr.R055095. ISSN 0022-2275. Dostupné z: <http://www.jlr.org/lookup/doi/10.1194/jlr.R055095>
- [79] MORLEY, John E. Essential Fatty Acid Deficiency. *MSD MANUAL: Professional Version* [online]. Kenilworth, NJ, USA: Merck Sharp & Dohme Corp., a subsidiary of Merck & Co., 2018, 07.2018 [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.msdmanuals.com/professional/nutritional-disorders/undernutrition/essential-fatty-acid-deficiency>
- [80] SIMOPOULOS, Artemis. An Increase in the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio Increases the Risk for Obesity. *Nutrients* [online]. 2016, **8**(3) [cit. 2018-11-27]. DOI: 10.3390/nu8030128. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2072-6643/8/3/128>
- [81] SIDDIQUI, Rafat, Kevin HARVEY, Steven MILLER a Gary ZALOGA. Impact of Omega-3 and Trans Fatty Acids on Vascular Remodeling: Opposing Roles in Cardiovascular Health. *Current Enzyme Inhibition*. 2008, **4**(2), 60-72. DOI: 10.2174/157340808785107547. ISSN 15734080.
- [82] Vegetable Oil. *Cosmetics info: The science & safety behind your favorite products* [online]. 2016 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://cosmeticsinfo.org/ingredient/vegetable-oil>
- [83] *Vegetable oils and Fats: IMCD Business Group Personal Care*. Wilhelminaplein 32, 3072 DE Rotterdam, Holandsko. Dostupné také z: [https://www.in-cosmetics.com/\\_novadocuments/54706?v](https://www.in-cosmetics.com/_novadocuments/54706?v)
- [84] RIGANO, I., G. GIAMMARRUSTI a F. RASTRELLI. *Vegetable Oils – The Base of New Active Principles*. Luigi Rigano Via Bruschetti 1 20125 Milano Italy, 2006. Dostupné také z: [http://kalichem.it/allegati/Print\\_Rigano%20SOFW.pdf](http://kalichem.it/allegati/Print_Rigano%20SOFW.pdf)
- [85] HAUSER, Matthias. *Cosmetic Oils in comparison: penetration and occlusion of paraffin oil and vegetable oils*. J&J Consumer Healthcare Germany, 41470 Neuss, 2012. Dostupné také z: [https://www.probotanic.com/pdf\\_istrazivanja/ulje\\_jojobe/Primena%20biljnih%20ulja%20u%20kozmetici.pdf](https://www.probotanic.com/pdf_istrazivanja/ulje_jojobe/Primena%20biljnih%20ulja%20u%20kozmetici.pdf)
- [86] PERSEA AMERICANA Mill. – avokádo, hruškovec. *BOTANY.CZ* [online]. Praha, Česká republika: Přírodovědná společnost, ©2007-2019, 18. 9. 2011 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://botany.cz/cs/persea-americana/>
- [87] MORTON, Julia Frances a Curtis F. DOWLING. *Fruits of warm climates*. Winterville, N.C.: Distributed by Creative Resources Systems, c1987. ISBN 978-0-9610184-1-2.



- [88] Avocado: Persea Americana. *Horticulture & Landscape Architecture: College of Agriculture* [online]. 625 Agriculture Mall Drive, West Lafayette, IN 47907-2010 USA: Horticulture & Landscape Architecture, ©2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/avocado\\_ars.html](https://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/avocado_ars.html)
- [89] *Persea americana*. Agroforestry Database 4.0, 2009. Dostupné také z: [http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Persea\\_americana.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Persea_americana.PDF)
- [90] DREHER, Mark L. a Adrienne J. DAVENPORT. Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013, **53**(7), 738-750. DOI: 10.1080/10408398.2011.556759. ISSN 1040-8398. Dostupné také z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2011.556759>
- [91] KOPEC, Rachel E., Jessica L. COOPERSTONE, Ralf M. SCHWEIGGERT, Gregory S. YOUNG, Earl H. HARRISON, David M. FRANCIS, Steven K. CLINTON a Steven J. SCHWARTZ. Avocado Consumption Enhances Human Postprandial Provitamin A Absorption and Conversion from a Novel High- $\beta$ -Carotene Tomato Sauce and from Carrots. *The Journal of Nutrition*. 2014, **144**(8), 1158-1166. DOI: 10.3945/jn.113.187674. ISSN 0022-3166. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/jn/article/144/8/1158/4571763>
- [92] WONG, Marie, Cecilia REQUEJO-JACKMAN a Allan WOOLF. What is unrefined, extra virgin cold-pressed avocado oil?. *AOCS (American Oil Chemist's Society: Your Global Fats and Oils Connection* [online]. 2710 S. Boulder, Urbana, IL 61802-6996: The American Oil Chemists' Society, ©2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.aocs.org/stay-informed/inform-magazine/featured-articles/what-is-unrefined-extra-virgin-cold-pressed-avocado-oil-april-2010>
- [93] Avocado. In: *Gannett - CDN* [online]. Gannett Company [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://www.gannett-cdn.com/presto/2018/09/04/PDFTF/ebf92059-8608-4a9d-96e8-86a6413029a9-IMG\\_avocado\\_1\\_1\\_MSL2A15S\\_L1.JPG?crop=6321,3564,x0,y0&width=3200&height=1680&fit=bounds](https://www.gannett-cdn.com/presto/2018/09/04/PDFTF/ebf92059-8608-4a9d-96e8-86a6413029a9-IMG_avocado_1_1_MSL2A15S_L1.JPG?crop=6321,3564,x0,y0&width=3200&height=1680&fit=bounds)
- [94] UNLU, Nuray Z., Torsten BOHN, Steven K. CLINTON a Steven J. SCHWARTZ. Carotenoid Absorption from Salad and Salsa by Humans Is Enhanced by the Addition of Avocado or Avocado Oil. *The Journal of Nutrition*. 2005, **135**(3), 431-436. DOI: 10.1093/jn/135.3.431. ISSN 0022-3166. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/jn/article/135/3/431/4663712>
- [95] Avocado oil. In: *Know Your Body Best: Massage Supplies Canada* [online]. 25 Connell Court, Unit 4 Toronto, Ontario M8Z 1E8: Know Your Body Best, ©2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://knowyourbodybest.com/wp-content/uploads/2017/04/Avacado-oil-416x416.jpg>

- [96] UNLU, Nuray Z., Torsten BOHN, Steven K. CLINTON a Steven J. SCHWARTZ. Carotenoid Absorption from Salad and Salsa by Humans Is Enhanced by the Addition of Avocado or Avocado Oil. *The Journal of Nutrition*. 2005, **135**(3), 431-436. DOI: 10.1093/jn/135.3.431. ISSN 0022-3166. Dostupné také z: <https://academic.oup.com/jn/article/135/3/431/4663712>
- [97] LIN, Tzu-Kai, Lily ZHONG a Juan SANTIAGO. Anti-Inflammatory and Skin Barrier Repair Effects of Topical Application of Some Plant Oils. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018, **19**(1). DOI: 10.3390/ijms19010070. ISSN 1422-0067. Dostupné také z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/19/1/70>
- [98] GREEN, Nastassia. Easy Avocado Oil Uses for Natural Skincare and Healthy Cooking. *Oilypedia: Benefits And Uses of Supplemental, Essential and Cooking Oils* [online]. ©2013 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://oilypedia.com/easy-avocado-oil-uses-for-natural-skincare-and-healthy-cooking>
- [99] The Seasonal Patterns of Almond Production. *The Almond Doctor: Addressing issues within nut orchards* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://thealmonddoctor.com/2009/06/22/the-seasonal-patterns-of-almond-production/>
- [100] Almond - *Prunus dulcis*. *University of Georgia: Birthplace of public higher education in America* [online]. Athens, GA 30602: © University of Georgia [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://archive.is/20141030160630/http://www.uga.edu/fruit/almond-prunus-dulcis/>
- [101] BUREŠOVÁ, Pavla. Mandle, jak je neznáme. *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. Květná 15, 603 00 Brno: Státní zemědělská a potravinářská inspekce, ©2019, 28. 07. 2009 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/mandle-jak-je-nezname.aspx>
- [102] Nuts, almonds. *National Nutrient Database for Standard Reference Legacy Release* [online]. U.S. Department of Agriculture 1400 Independence Ave., S.W. Washington, DC 20250: U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019 [cit. 2019-04-29]. Dostupné z: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/12061?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=almond&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing=>
- [103] Tree nut peanut. In: *LMC: Separation Machinery* [online]. Donalsonville, GA 39845, USA: Lewis M. Carter Manufacturing, ©2015 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.lmcarter.com/wp-content/uploads/2016/02/tree-nut-peanut.png>
- [104] RONCERO, J. M., M. ÁLVAREZ-ORTÍ, A. PARDO-GIMÉNEZ, R. GÓMEZ, A. RABADÁN a J. E. PARDO. Virgin almond oil: Extraction methods and composition. *Grasas y Aceites*. 2016, **67**(3). DOI: 10.3989/gya.0993152. ISSN 1988-4214. Dostupné také z: <http://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/1609/1946>
- [105] MARCUS, Jacqueline B. *Culinary nutrition: the science and practice of healthy cooking*. Boston: Elsevier/Academic Press, c2013. ISBN 978-012-391882-6.

- [106] Almond oil and almonds. In: *IStock: by Getty images* [online]. Suite 313 - 1240 20th Ave SE Calgary, Alberta T2G 1M8 Canada: iStockphoto LP, ©2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://media.istockphoto.com/photos/almond-oil-and-almonds-picture-id544805862?k=6&m=544805862&s=612x612&w=0&h=-c5A2fv9AO5dMsQNCq3LFgQoCaQvlr8r3K-EobilUw=>
- [107] AHMAD, Zeeshan. The uses and properties of almond oil. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. 2010, **16**(1), 10-12. DOI: 10.1016/j.ctcp.2009.06.015. ISSN 17443881. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1744388109000772>
- [108] FERREIRA, Mandy. The Benefits of Almond Oil for Skin, Hair, and Cooking. *Healthline: Medical information and health advice you can trust* [online]. 40 West 25th Street, 5th Floor New York, NY 10010: Healthline Media, ©2005-2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/food-nutrition/almond-oil#2>
- [109] TISSERAND, Robert a Rodney YOUNG. Essential oil composition. *Essential Oil Safety*. Elsevier, 2014, 2014, , 5-22. DOI: 10.1016/B978-0-443-06241-4.00002-3. ISBN 9780443062414. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780443062414000023>
- [110] ADELMANN, Marlene. Herb Infused Oils. *Herbal Academy - Best Online Herbalism Education* [online]. The Herbal Academy [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://theherbalacademy.com/herb-infused-oils/>
- [111] Macerated Oils: What, Why, Which and How. *Worldnaturelle* [online]. ©2015-2017 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://worldnaturelle.wordpress.com/2016/01/13/macerated-oils-what-why-which-and-how/>
- [112] Calendula Oil. In: *Whispering Earth* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://whisperingearth.files.wordpress.com/2010/04/calendula-oil.jpg>
- [113] İLHAN, Mert, Ismail Eser BOLAT, İpek SÜNTAR, Harika KUTLUAY KÖKLÜ, Dilek A. UĞAR ÇANKAL, Hikmet KELEŞ a Esra. Topical application of olive oil macerate of *Momordica charantia* L. promotes healing of excisional and incisional wounds in rat buccal mucosa. *Archives of Oral Biology*. 2015, **60**, 1708-1713. DOI: 10.1016/j.archoralbio.2015.09.006. ISSN 00039969. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0003996915300388>
- [114] LYLES, James T., Austin KIM, Kate NELSON, Angelle L. BULLARD-ROBERTS, Avni HAJDARI, Behxhet MUSTAFA a Cassandra L. QUAVE. The Chemical and Antibacterial Evaluation of St. John's Wort Oil Macerates Used in Kosovar Traditional Medicine. *Frontiers in Microbiology*. 2017, **8**. DOI: 10.3389/fmicb.2017.01639. ISSN 1664-302X. Dostupné také z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fmicb.2017.01639/full>
- [115] DOLEJŠÍ, Antonín, Vladimír KOTT a Lubomír ŠENK. *Méně známé ovoce*. Praha: Brázda, 1991. Zahrádka (Brázda). ISBN 80-209-0188-4.

- [116] Černý bez. In: *Farma zdraví: Jde to i jinak* [online]. Česká Lípa: Makawiel Publishing, ©2017 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://farmazdravi.cz/wp-content/uploads/2017/09/cerny-bez.jpg>
- [117] ODY, Penelope. *Velký atlas léčivých rostlin*. Vyd. 2., (v Euromedia Group 1.). V Praze: Balios, 2004. ISBN 80-242-1259-5
- [118] European Elder. National Center for Complementary and Integrative Health: NIH...Turning Discovery Into Health [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892, USA: National Center for Complementary and Integrative Health, 2016, September 2016 [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: <https://nccih.nih.gov/health/euroelder#hed3>
- [119] KHAN, Naghma a Hasan MUKHTAR. Tea and Health: Studies in Humans. *Current Pharmaceutical Design*. 2013, **19**(34), 6141-6147. DOI: 10.2174/1381612811319340008. ISSN 13816128.
- [120] Camellia sinensis. In: *The Original Garden* [online]. Ctra. Vieja de Santander, 18, 47155 Santovenia de Pisuerga (Valladolid) - España: TheOriginalGarden, 2016 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: [https://theoriginalgarden.com/Argazkiak/Fotos/CAMELLIASINENSISArboldelte\\_1.jpg](https://theoriginalgarden.com/Argazkiak/Fotos/CAMELLIASINENSISArboldelte_1.jpg)
- [121] Ginger. *National Center for Complementary and Integrative Health* [online]. 9000 Rockville Pike, Bethesda, Maryland 20892: U.S. Department of Health & Human Services, National Institutes of Health, 2019 [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://nccih.nih.gov/health/ginger>
- [122] Zázvor. *Zdravou lyžicou* [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <http://www.zdravoulyzicou.sk/assets/img/blog/zazvor.jpg>
- [123] DHANIK, Jyotsna, Neelam ARYA a Viveka NAND. A Review on Zingiber officinale. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* [online]. 2017, **6**(3), 174-184 [cit. 2018-03-18]. ISSN 2278-4136. Dostupné z: <http://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue3/PartC/6-2-17-350.pdf>
- [124] ALI, Badreldin H., Gerald BLUNDEN, Musbah O. TANIRA a Abderrahim NEMMAR. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. *Food and Chemical Toxicology*. 2008, **46**(2), 409-420. DOI: 10.1016/j.fct.2007.09.085. ISSN 02786915. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278691507004243>
- [125] ALANDER, J. and col. *Vegetable oils and fats*. 2nd edition. Sweden: Jan-Olof Liddefelt, 2007. ISBN 978-91-633-1420-9.
- [126] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-863-6907-2.
- [127] HRSTKA, Miroslav a Lenka SOMROVÁ. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Vysoké učení technické v Brně Fakulta chemická. Brno, 2013, 54 s.

- [128] HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. *Analýza potravin*. 2. vyd. Újezd u Brna: I. Straka, 2001. ISBN 80-864-9402-0.
- [129] KOPLÍK, Richard. *Lipidy*. Praha. Vysoká škola chemicko-technologická. Dostupné také z: <https://web.vscht.cz/~koplkr/Lipidy2.pdf>
- [130] ČSN EN ISO 12966-1. Živočišne a rostlinné tuky a oleje - Plynová chromatografie methylesterů mastných kyselin - Část 1: Směrnice pro moderní plynovou chromatografii methylesterů mastných kyselin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [131] ČSN EN ISO 12966-2. Živočišne a rostlinné tuky a oleje - Plynová chromatografie methylesterů mastných kyselin - Část 2: Příprava methylesterů mastných kyselin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [132] ČSN EN ISO 12966-4. Živočišne a rostlinné tuky a oleje - Plynová chromatografie methylesterů mastných kyselin - Část 4: Metoda kapilární plynové chromatografie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [133] SOMMER, Lumír. *Základy analytické chemie II*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2000. ISBN 80-214-1742-0.

## 7. ZOZNAM SKRATIEK

AV – *p-Anisidine Value*, p-Anisidínové číslo

Če – Číslo esterové

Čk – Číslo kyslosti

Čz – Číslo zmydelnenia

DHA – *Docosahexaenoic Acid*, Kyselina dokozahexaénová

EC – *Epicatechin*, Epikatechín

ECG – *Epicatechin-3gallate*, Epikatechín-3-galát

EGC – *Epigallocatechin*, Epigalokatechín

EGCG – *Epigallocatechin-3-gallate*, Epigalokatechín-3-galát

EPA – *Eicosapentaenoic Acid*, Kyselina eikosapentaénová

FAMES – *Fatty Acid Methyl Esters*, Metylestery mastných kyselín

FFA – *Free Fatty Acids*, Voľné mastné kyseliny

FID – *Flame Ionization Detector*, Plameňovo ionizačný detektor

IUPAC – *International Union of Pure and Applied Chemistry*, Medzinárodná únia pre čistú a aplikovanú chémiu

MK – Mastná kyselina

MUFA – *Mono Unsaturated Fatty Acids*, Mononenasýtené mastné kyseliny

PČ – Peroxidové číslo

PUFA – *Poly Unsaturated Fatty Acids*, Polynenasýtené mastné kyseliny

RTG – Röntgenové

SFA – *Saturated Fatty Acids*, Nasýtené mastné kyseliny

TAG – Triacylglycerol

TAGs – *Triacylglycerols*, Triacylglyceroly

TFA – *Trans Fatty Acids*, Trans mastné kyseliny

TOTOX – *Total Oxidation*, Celková oxidácia

UV – *Ultraviolet*, Ultrafialové

WHO – *World Health Organization*, Svetová zdravotnícka organizácia

%E – percent z celkovej prijatej energie