

# Oxidační změny rostlinných olejů

Bc. Veronika Görögová

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Veronika Görögová  
Osobní číslo: T21696  
Studijní program: N0711A130011 Biomateriály a kosmetika  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Oxidační změny rostlinných olejů

## Zásady pro vypracování

Student v teoretické části rozepíše analytické postupy, kterými se stanovují oxidační produkty rostlinných olejů jako peroxidové, *para*-anisidinové či thiobarbiturové číslo.

V další části popíše metody urychlené oxidace jako například postup s oxidační bombou nebo urychlené oxidační stárnutí. Závěrem zhodnotí stav literatury vzhledem k vybraným olejům pro, které budou použity v praktické části.

V části experimentální bude stanovovat student vybrané rostlinné oleje – meruňkový, třešňový, malinový, šípkový – na hodnoty peroxidového čísla a jeho následné změny během času a rozličných skladovacích podmínek.

Naměřená data pak porovná s výsledky získané urychlenou oxidací.

Toto srovnání následně kriticky vyhodnotí.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] KAMAL-ELDIN, A., POKORNÝ J. *Analysis of lipid oxidation: preparation, properties and uses*. 3rd ed. Champaign, Ill.: AOCS Press, c2005. ISBN 18-939-9786-3.
- [2] GUNSTONE, F. D. *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. Hoboken: Wiley-Blackwell. c2011. ISBN 978-1-4443-3268-1.
- [3] MADAWALA S. R. P., KOCHHAR S. P. a P. C. DUTTA. Lipid components and oxidative status of selected specialty oils. *Grasas y Aceites*. 2012, **63**(2), 143–151. DOI:10.3989/gya.083811.
- [4] CHOE E, MIN D. B. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2006, **5**, 169–186.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ondřej Rudolf, Ph.D.**  
Ústav technologie tuků, tenzidů a kosmetiky

Datum zadání diplomové práce: **1. února 2023**  
Termín odevzdání diplomové práce: **12. května 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.**  
děkan

---

**doc. Ing. Marián Lehocký, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### **Prohlašuji,**

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá sledováním oxidačních změn rostlinných olejů. Oxidace může být urychlena například vysokým obsahem polynenasycených mastných kyselin, zvýšenou teplotou, přísunem světla, nevhodnými skladovacími podmínkami a další. V teoretické části byly popsány druhy rostlinných olejů, a především byly popsány analytické postupy, kterými se stanovují primární oxidační produkty rostlinných olejů jako je peroxidové číslo, anisidinové či thiobarbiturové číslo. Také byly popsány metody urychlené oxidace jako je Schaalův test, postup Rancimat či metoda aktivního kyslíku. V experimentální části byly studovány oxidační změny meruňkového, šípkového, švestkového a malinového oleje. U nichž byla měřena jejich hodnota peroxidového čísla v čase a při různých skladovacích podmínkách. Vzorčky rostlinných olejů byly uloženy v lahvičkách ze skla tmavého, čirého a do lahviček z čirého skla s přísadkou antioxidantu. Plynovou chromatografií bylo zjištěno složení mastných kyselin olejů. Dále byly u vzorků získány indukční časy pro urychlenou oxidaci pomocí přístroje Rancimat 892.

Klíčová slova: rostlinné oleje, oxidace olejů, peroxidové číslo, mastné kyseliny, Rancimat

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with the monitoring of oxidative changes in vegetable oils. Oxidation can be accelerated, for example, by a high content of polyunsaturated fatty acids, increased temperature, light, unsuitable storage conditions and others. In the theoretical part, the types of vegetable oils were described, and above all, the analytical procedures used to determine the primary oxidation products of vegetable oils, such as the peroxide number, anisidine or thiobarbiturate number, were described. Accelerated oxidation methods such as the Schaal test, the Rancimat procedure or the active oxygen method were also described. In the experimental part, the oxidation changes of apricot, rosehip, plum and raspberry oils were studied. For which their peroxide value was measured over time and under different storage conditions. Samples of vegetable oils were stored in bottles made of dark, clear glass and in bottles made of clear glass with the addition of an antioxidant. The fatty acid composition of the oils was determined by gas chromatography. Furthermore, induction times for accelerated oxidation were obtained for the samples using a Rancimat 892 instrument.

Key words: vegetable oils, oil oxidation, peroxide value, fatty acids, Rancimat

Tímto bych především chtěla poděkovat panu vedoucímu mé diplomové práci Ing. Ondřeji Rudolfovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a čas, který mi věnoval při zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat firmě Pharmafit s.r.o., především panu Petrovi Navrátilovi a Kateřině Navrátilové za poskytnutí vzorků všech rostlinných olejů značky Renovality, které byly použity v experimentální části.

V neposlední řadě bych chtěla moc poděkovat své rodině a mému partnerovi za jejich velkou podporu a trpělivost po celou dobu mého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 LIPIDY</b> .....	<b>12</b>
1.1 MASTNÉ KYSELINY .....	12
1.2 ACYLGLYCEROLY .....	14
<b>2 EXTRAKCE ROSTLINNÝCH TUKŮ A OLEJŮ</b> .....	<b>16</b>
<b>3 ROSTLINNÉ OLEJE</b> .....	<b>18</b>
3.1 MERUŇKOVÝ OLEJ .....	18
3.2 ŠÍPKOVÝ OLEJ.....	20
3.3 ŠVESTKOVÝ OLEJ .....	22
3.4 MALINOVÝ OLEJ.....	23
<b>4 OXIDACE OLEJŮ</b> .....	<b>25</b>
4.1 AUTOOXIDACE .....	25
4.2 OXIDACE SINGLETOVÝM KYSLÍKEM .....	26
4.3 ENZYMATICKÁ OXIDACE .....	27
4.4 PROOXIDANTY.....	27
4.5 ANTIOXIDANTY .....	28
<b>5 STANOVENÍ OXIDAČNÍCH PRODUKTŮ ROSTLINNÝCH OLEJŮ</b> .....	<b>29</b>
5.1 TUKOVÁ ČÍSLA .....	29
5.1.1 Číslo kyselosti .....	30
5.1.2 Číslo zmýdelnění.....	30
5.1.3 Jodové číslo.....	31
5.2 PEROXIDOVÉ ČÍSLO .....	31
5.3 ANISIDINOVÉ ČÍSLO.....	32
5.4 THIOBARBITUROVÉ ČÍSLO .....	33
<b>6 STANOVENÍ URYCHLENÉ OXIDACE OLEJE</b> .....	<b>34</b>
6.1 SCHAALŮV TEST .....	34
6.2 RANCIMAT .....	35
6.3 INDEX STABILITY OLEJE .....	36
6.4 METODA AKTIVNÍHO KYSLÍKU .....	36
6.5 METODA ABSORPCE KYSLÍKU.....	36
6.6 DIFERENCIÁLNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE.....	36
<b>7 ZAJIŠTĚNÍ A PRODLOUŽENÍ STABILITY OLEJE</b> .....	<b>37</b>
7.1 PODMÍNKY SKLADOVÁNÍ.....	37

7.2	SKLADOVACÍ NÁDOBY PRO OLEJ .....	37
7.3	TMAVÉ SKLO .....	38
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>MATERIÁL A PŘÍSTROJE.....</b>	<b>41</b>
9.1	MATERIÁL A CHEMIKÁLIE .....	41
9.2	CHEMIKÁLIE.....	42
9.3	ANTIOXIDANT .....	42
9.4	STANDARD .....	42
9.5	LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	43
<b>10</b>	<b>METODIKA .....</b>	<b>45</b>
10.1	PŘÍPRAVA VZORKŮ .....	45
10.2	ANALÝZA VYBRANÝCH OLEJŮ POMOCÍ PLYNOVÉ CHROMATOGRRAFIE.....	46
10.2.1	Methyl-esterifikace olejů pomocí methanolického hydroxidu draselného .....	47
10.2.2	Analýza mastných kyselin plynovou chromatografií.....	47
10.3	STANOVENÍ PEROXIDOVÉHO ČÍSLA JODOMETRICKOU TITRACÍ.....	48
10.3.1	Stanovení přesné koncentrace 0,1 M thiosíranu sodného .....	48
10.3.2	Vlastní stanovení peroxidového čísla.....	49
10.4	STANOVENÍ URYCHLENÉ OXIDACE OLEJŮ METODOU RANCIMAT .....	49
<b>11</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>52</b>
11.1	PLYNOVÁ CHROMATOGRRAFIE - ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN.....	52
11.1.1	Meruňkový olej .....	53
11.1.2	Šípkový olej .....	54
11.1.3	Švestkový olej .....	54
11.1.4	Malinový olej .....	55
11.1.5	Celkový obsah mastných kyselin ve vzorcích .....	56
11.2	VÝSLEDKY A STANOVENÍ PEROXIDOVÉHO ČÍSLA.....	58
11.2.1	Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků meruňkového oleje .....	59
11.2.2	Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků šípkového oleje.....	60
11.2.3	Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků švestkového oleje .....	62
11.2.4	Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků malinového oleje .....	63
11.3	VÝSLEDKY A STANOVENÍ OXIDAČNÍ STABILITY PŘÍSTROJEM RANCIMAT.....	65
11.3.1	Vyhodnocení oxidační stability u meruňkového oleje.....	66
11.3.2	Vyhodnocení oxidační stability u šípkového oleje .....	67
11.3.3	Vyhodnocení oxidační stability u švestkového oleje .....	68
11.3.4	Vyhodnocení oxidační stability u malinového oleje.....	69
11.4	PŘEHLED MĚŘENÍ OXIDAČNÍ STABILITY U ROSTLINNÝCH OLEJŮ .....	71



<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>87</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>88</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>90</b>

## ÚVOD

Již od středověku byly oleje a tuky využívány pro své skvělé účinky. Používaly se jak v potravinářství, lékařství tak v kosmetice. V neposledních letech se rostlinné oleje začaly mnohem více využívat v kosmetice pro své protizánětlivé, hydratační či změkčující účinky a spousty dalších. Většina rostlinných olejů obsahuje vysoké množství nenasycených mastných kyselin, jež velmi ovlivňuje oxidaci, jelikož s vyšším obsahem polyenových mastných kyselin se urychluje oxidace a následný vznik oxidačních produktů.

Oxidací rostlinných olejů dochází ke žluknutí, jež ovlivňuje kvalitu oleje. Vznikem oxidačních produktů dochází ke změně chuti či k tvorbě nepříjemných zápachů, které mohou ovlivnit spotřebitele. Oxidaci ovlivňuje hned několik faktorů, mezi něž patří například stáří oleje, obsah nenasycených mastných kyselin, zvýšená teplota, přístup světla či nevhodné skladování. K vyšší stabilitě oleje jsou přidávány antioxidanty, které zpomalují průběh oxidace, a především jsou využívány vhodné skladovací podmínky.

Vznik oxidačních produktů je sledován několika vhodnými analytickými metodami, mezi něž patří měření peroxidového čísla, anisidinového či thiobarbiturového čísla, také jsou měřeny tuková čísla, kterými lze získat základní charakteristika oleje. Pro určení stability oleje je dále využíváno stanovení urychlené oxidace oleje, jelikož v některých případech je potřebné zjistit stabilitu oleje v co nejrychlejší čas, než poskytují klasické metody. Mezi nejběžnější metody využívané k určení stability oleje patří například Rancimat, metoda aktivního kyslíku či Schaalův test.

K zajištění a prodloužení stability oleje je především důležité se vyvarovat nepříznivým vlivům a využít vhodné podmínky pro zlepšení stability oleje. Je vhodné rostlinné oleje nevystavovat slunečnímu záření či zvýšeným teplotám, také je především nejúčinnější využití vhodných antioxidantů. Pro zvýšení stability je vhodné oleje uchovávat při neoptimalnějších skladovacích podmínkách. Jsou využívány různé materiály pro uložení rostlinného oleje, které nejvhodněji zabrání přístupu kyslíku či světla.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 LIPIDY

Tuky a oleje jsou řazeny do skupiny lipidů. Výrazem lipidy jsou myšleny deriváty vyšších mastných kyselin, živočišného či rostlinného původu. Lipidy byly dříve děleny dle konzistence na oleje, tuky a vosky. Vosky jsou označovány jako látky tvrdé, nemastící se, příkladem je včelí vosk či japonský lůj. Tuky jsou označovány jako látky kašovitě, plastické a mastící se, příkladem je máslo či sádlo. Oleje jsou kapalné látky, příkladem jsou rybí či rostlinné oleje. Oleje byly dříve děleny na vysychavé, polyvysychavé a nevysychavé. Také se dělí na jednoduché, složené a odvozené lipidy.[1]

Dle chemického složení jsou lipidy děleny do následujících skupin. [1]

1. Mastné kyseliny a jejich mýdla
2. Homolipidy
3. Heterolipidy

Homolipidy jsou estery mastných kyselin a alkoholu. Mezi homolipidy řadíme vosky, tuky a oleje, heterolipidy a komplexní lipidy. Vosky jsou estery mastných kyselin a jednofunkčních alkoholů, jež mohou být alifatické (ceridy) či alicyklické (steridy). Jako tuky a oleje jsou označovány estery mastných kyselin a glycerolu, jež dělíme dle počtu vázaných mastných kyselin na monoacylglyceroly, diacylglyceroly a triacylglyceroly. Heterolipidy jsou sloučeniny mastných kyselin, alkoholů a obsahují také další skupiny, mezi něž patří vázaná kyselina sírová, fosforečná či cukry. Komplexní lipidy obsahují navázáním prostřednictvím kovalentní či fyzikálními vazbami nelipidové složky, jež nejdůležitější jsou lipoproteiny. Tyto složené lipidy mohou být fosfoacylglyceroly, glykolipidy či sfingolipidy. [1,2]

Lipidy mají spoustu doprovodných látek, mezi jež patří velké množství sloučenin. Příkladem doprovodných látek lipidů jsou například steroidy, karotenoidy, lipofilní vitaminy, přírodní antioxidanty, terpenoidy a další. [2,3]

### 1.1 Mastné kyseliny

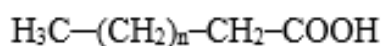
Mastné kyseliny jsou hlavní složkou lipidů, většinou mají rovný řetězec dlouhý se 4 a více atomy uhlíku, převážně v sudém počtu. Mastné kyseliny jsou karboxylové kyseliny lišící se charakterem a délkou uhlovodíkového řetězce. Především se mohou lišit svojí nasyceností.

Nachází se obvykle ve formě esterů obsažených v přírodních tucích a olejích. Mohou se vyskytovat i v neesterifikované formě jako volné mastné kyseliny.

Nejčastěji jsou děleny dle nasycenosti na mastné kyseliny nasycené a nenasycené. Také dle charakteru řetězce na přímé, cyklické a rozvětvené. Mastné kyseliny jsou členěny do čtyř následujících skupin. [1,4]

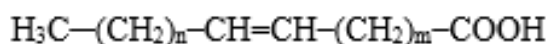
1. Nasycené mastné kyseliny
2. Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (mononenasycené)
3. Nenasycené mastné kyseliny s více dvojnými vazbami (polynenasycené)
4. Mastné kyseliny s trojnými vazbami a s různými substituenty (cyklické, rozvětvené či s dusíkatými, sirnými nebo kyslíkatými funkčními skupinami). [4]

Nasycené mastné kyseliny jsou uváděny jako SFA neboli Saturated Fatty Acids. Nasycené mastné kyseliny neobsahují žádné dvojně vazby a ve své molekule obsahují 4 až 60 atomů uhlíků a většinou lineárním řetězcem. Mezi nejběžnější patří kyselina palmitová, jež je obsažena skoro ve všech tucích, ať již v menším či větším množství, dále je rozšířena i kyselina stearová. V přírodě se obvykle vyskytují mastné kyseliny se sudým počtem uhlíkových atomů, přičemž kyseliny s lichým počtem uhlíkových atomů se nejčastěji vyskytují jen ve stopovém množství. Obecný vzorec je zobrazen na obrázku 1. [1,4]



Obrázek 1 Obecný vzorec nasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny jsou označovány také jako monoenoové či mononenasycené, jejich zkratka je uváděna jako MUFA neboli Mono Unsaturated Fatty Acids. Obsahují jednu dvojnou vazbu a jsou hlavní složkou přírodních lipidů. Mononenasycené mastné kyseliny se od sebe liší nejen počtem uhlíků v molekule, ale také prostorovým uspořádáním dvojně vazby. Převážně mají sudý počet atomů uhlíku s lineárním řetězcem. Nejčastěji má dvojná vazba konfiguraci *cis* (*Z*) a je situována ve střední části řetězce, převážně na 9. atomu uhlíku, méně často se lze setkat s konfigurací *trans* (*E*). Charakteristickým představitelem monoenoových mastných kyselin je kyselina olejová (*cis* C18:1), která má jednu dvojnou vazbu na 9. atomu uhlíku. Mezi dalšími nejčastěji se vyskytujícími mononenasycenými kyselinami jsou například kyselina palmitolejová, kaprolejová, linderová, myristolejová, elaidová či eruková. Obecný vzorec je zobrazen na obrázku 2. [1,4]

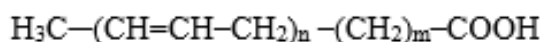


Obrázek 2 Obecný vzorec nenasycených monoenových mastných kyselin

Nenasycené mastné kyseliny se dvěma a více vazbami jsou označovány také jako polyenové či polynenasycené, jejich zkratka je uváděna jako PUFA neboli Poly Unsaturated Fatty Acids. Jedná se o mastné kyseliny, jež obsahují dvě a více dvojných vazeb, které mohou být izolované či konjugované, což ovlivňuje jejich biologický účinek. Obecný vzorec s jednotlivými dvojnými vazbami je zobrazen na obrázku 3. Polynenasycené mastné kyseliny tvoří podstatnou složku skoro všech tuků. Charakteristickou dienovou mastnou kyselinou je kyselina linolová (*cis, cis* C18:2), která má dvojnou vazbu na 9. a 12. atomu uhlíku. Ze skupiny trienových mastných kyselin je kyselina linolová, jež se vyskytuje ve dvou polohových izomerech. V olejích jsou přítomny oba izomery, a to jak kyselina  $\alpha$ -linolová (*all cis* C18:3), jež má dvojnou vazbu na 9., 12. a 15. atomu uhlíku, tak kyselina  $\gamma$ -linolová (*all cis* C18:3), jež má dvojnou vazbu na 6., 9. a 12. atomu uhlíku. Obecný vzorec je zobrazený na obrázku 4. [1,4]



Obrázek 3 Obecný vzorec dvojně vazby izolované (vlevo) a konjugované (vpravo)

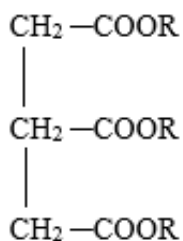


Obrázek 4 Obecný vzorec nenasycených polyenových mastných kyselin

## 1.2 Acylglyceroly

Nejdůležitější lipidy jsou estery mastných kyselin s glycerolem, jelikož tvoří největší část tuků a olejů, kdy je uváděno zhruba 95 %. Dle skupenství se mohou triacylglyceroly dělit na oleje, jež jsou při okolní teplotě kapalné a tuky, jež jsou při pokojové teplotě tuhé. Acylglyceroly jsou estery glycerolu a mastných kyselin. V přírodě se nejčastěji vyskytují jednoduché triacylglyceroly či smíšené. [1,3,4]

Mastné kyseliny jsou většinou v přírodě vázány na glycerol, který se průmyslově hydrolyzou získává z tuků. Vznikají esterifikací alkoholu na karboxylový uhlík mastné kyseliny, přičemž dochází současně k eliminaci vody. Jelikož má glycerol tři hydroxylové skupiny, mohou kromě plně esterifikovaných triacylglycerolů (TAG) vznikat i diacylglyceroly (DAG), či monoacylglyceroly (MAG), lze tedy na jednu molekulu glycerolu navázat jednu až tři mastné kyseliny. V přírodních olejích a tucích jsou nejčastěji vázány tři mastné kyseliny na glycerol, jež vznikají triacylglyceroly. Jestliže jsou všechny navázané mastné kyseliny stejné, jedná se o jednoduché triacylglyceroly a zdali jsou mastné kyseliny různé, jedná se o smíšené triacylglyceroly. Obecný vzorec triacylglycerolu je zobrazen na obrázku 5. [1,4,5]



Obrázek 5 Obecný vzorec triacylglycerolu

## 2 EXTRAKCE ROSTLINNÝCH TUKŮ A OLEJŮ

Oleje a tuky lze extrahovat z rostlinných nebo živočišných zdrojů. Výroba spotřebních olejů je produkována ve velkém množství a je vyráběna především průmyslově, přičemž menší množství rostlinných olejů je získáváno výrobou řemeslnou. [6]

Mezi prvními produkcemi rostlinného oleje v Evropě se týkala především olivového oleje, kdy z klimatických důvodů byla omezena na Středozeří. Výrobu zahájil první krok mletí k otevření buněk v olejnaté surovině a dále krok vytlačování, ve kterém se olej vymačkává z mletého ovoce nebo pasty semen k procesu, který může také zahrnovat krok extrakci rozpouštědlem. Oleje a tuky se od pradávna používají k přípravě potravin a v nepotravinářských aplikacích, například jako maziva, výroba mýdel a k péči o pokožku. [6,7]

Olejnatá semena lze snadno skladovat, přičemž ovoce pro získávání ovocných olejů má krátkou trvanlivost. Po několika dnech se začne zhoršovat, což má za následek špatnou kvalitu oleje, proto se výroba oleje z ovoce doporučuje, co nejdříve. Naproti tomu jádra lze po usušení skladovat mnohem větší dobu a olej z nich se může získávat i po delším skladování. [6,7]

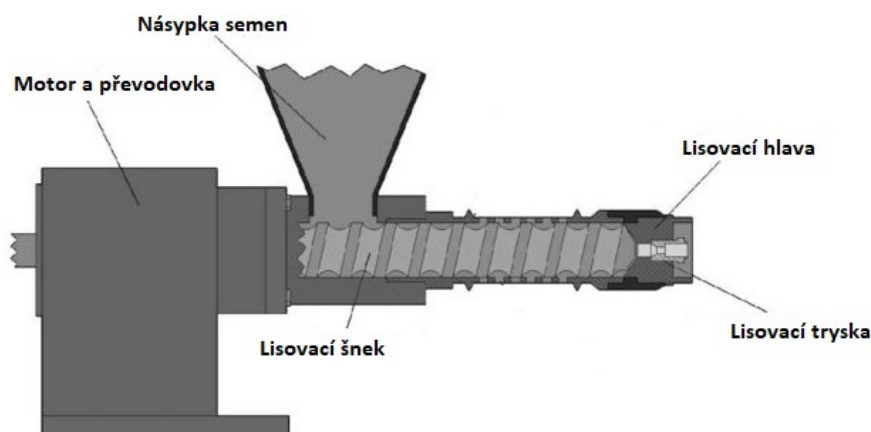
V současnosti se rostlinné tuky a oleje získávají z rostlinných jader či semen dvěma způsoby. Jeden z pochodů je lisování semen, kdy se mechanicky oddělí z rostlinných pletiv olej pomocí tlaku. Další z pochodů je extrakce oleje prostřednictvím organického rozpouštědla. [8]

O výběru procesu získávání oleje, rozhoduje především olejnatost plodiny, či semene. U procesu extrakce oleje dochází po rozdrcení plodiny k extrakci pomocí rozpouštědel. Jako základní rozpouštědla se používají těkavé přečištěné uhlovodíky, jako je hexan, heptan či petrolether. Tento proces získávání oleje je používán u ekonomicky výhodných operací, jelikož oleje po extrakci obsahují nežádoucí látky. Mezi nežádoucí látky, které obsahují rostlinné oleje patří zbytky extrakčních látek, vosky, barviva, zbytky semen a rostlin, slizy, minerální látky a spousta dalších. Nežádoucí látky je nutno z rostlinného oleje odfiltrovat, tento proces je umožněn pomocí rafinace olejů. [6,9]

Oleje lisované za studena se týkají olejů, které jsou extrahovány lisováním semen rostlin za studena pomocí šnekového lisu nebo hydraulického lisu. Lisování za studena se používá k získání oleje z rostlinných semen namísto konvenční metody extrakce rozpouštědlem, protože lisování za studena dokáže v olejích zachovat bioaktivní sloučeniny, jako jsou



esenciální mastné kyseliny, fenoly, flavonoidy a tokoferoly. Vedlejší produkt je olejový koláč, ze zpracování semene lisováním, představuje důležitý výstup z důvodů vysokého procenta zbytkového oleje, bílkovin, vlákniny, minerálů a dalších látek. Dnes je velký zájem o využití vedlejších produktů k různým účelům. Mechanické kontinuální lisy jsou nejběžněji používanými stroji pro lisování olejnatých materiálů. Tyto lisy mají velké výhody, jako jsou nepřetržitý provoz, vysoký pracovní výkon, snadné nastavení pracovních tlaků a mnoho dalších. Konstrukce šnekového lisu je zobrazena na obrázku 6. [6,7,10]



Obrázek 6 Konstrukce šnekového lisu [7]

Extrakce oleje pomocí superkritických tekutin je alternativní metodou, která nahradí nebo doplní konvenční průmyslové procesy, jako je lisování a extrakce rozpouštědlem. Technika superkritické kapalinové extrakce představuje různé výhody oproti tradičním metodám, jako je použití nízkých teplot a vysoká kvalita produktu díky nepřítomnosti rozpouštědla v extraktech. Oxid uhličitý je nejpoužívanější stlačená kapalina, protože je netoxický, nevýbušný, levný, snadno dostupný, snadno odstranitelný z produktu a má středně kritické vlastnosti. Nevýhodou superkritické kapalinové extrakce jsou vysoké investiční náklady na pořízení zařízení a vysoká energetická náročnost jednotky na extrakci CO<sub>2</sub>. [10]

### 3 ROSTLINNÉ OLEJE

Rostlinné oleje byly v historii využívány k různým účelům, například do potravin, kosmetiky a farmaceutických produktů. Nyní jsou stále více uznávány pro své účinky jak na kožní onemocnění, tak na obnovu kožní homeostázy. Dlouhodobě jsou využívány jako masážní oleje a v posledních pár letech je o ně velký zájem a staly se populárními v přípravcích o péči o pleť. [11,12]

Produkty péče o pleť s vysokým obsahem lipidů se doporučují pro péči o suchou pokožku a zánětlivé kožní stavy. Čisté oleje, stejně jako integrované v různých formulacích jsou používány pro péči o pleť. Mnoho rostlinných olejů má skvělé protizánětlivé účinky, změkčující, sklerotizující, hydratační a spoustu dalších. Například meruňkový olej, jež je uvedený v experimentální části, se používá k podpoře léčby kožních onemocnění. Bylo zjištěno také, že meruňkový olej může být potenciálním kandidátem na léčbu psoriázy vzhledem k jeho proapoptotickému účinku na lidské keratinocyty. V šípkovém oleji je přítomno značné množství lipofilních antioxidantů, zejména tokoferolů a keratinoidů. Šípkový olej je využíván například na různé zánětlivé dermatitidy, jako je ekzém, neurodermatitida a má slibné výsledky při jeho použití. [11,13]

#### 3.1 Meruňkový olej

Meruňkový olej je získáván extrakcí z jader meruňky (*Prunus armeniaca*). V současné době je hlavním uživatelem meruňkového oleje kosmetický průmysl, ale lze jej využít i pro jedlé účely s ohledem na profil mastných kyselin a vysoké nutriční hodnoty. Ke konzumaci musí ale být olej určený pro potravinářské účely, který neobsahuje amygdalin. Meruňkový olej má potenciál pro lékařské a farmaceutické aplikace díky antimikrobiálním, antifungálním, antioxidačním, antiseptickým, antibakteriálním a změkčujícím vlastnostem. Vynikající oxidační stabilita, lze přičíst jeho vyššímu obsahu kyseliny olejové (C18:1), antioxidačních fenolických látek a tokoferolů, které přispívají k delší skladovatelnosti. Nejčastěji se olej získává metodou lisování za studena, jelikož umožňuje uchování značného obsahu minoritních bioaktivních složek fenolů, fytosterolů, skvalenu a tokoferolů v regenerovaných olejích. Olej získaný z meruňkových jader považován za cenný zdroj sterolů, zejména  $\beta$ -sitosterolu. Výtěžnost oleje z meruňkových jader se pohybuje od 28 % do 56 %. Spotřebitelé uznávají vynikající charakteristickou chuť a vůni olejů lisovaných za studena ve srovnání s oleji extrahovanými rozpouštědlem. Meruňkový olej lze použít jako hlavní složku kosmetických přípravků a je vhodný pro všechny typy pleti včetně pokožky starší,

vysušené a podrážděné. Je stejně užitečný v potravinářství a kosmetologii a stejně cenný pro vysoce kvalitní toaletní mýdla, balzámy na rty a krémy. [14,15,16]

Kosmetické produkty, které obsahují meruňkový olej jsou velmi oblíbené pro své účinky. Je vyráběno mnoho produktů například firma Manufaktura produkuje spoustu kosmetických produktů, jako například hydratační krém na ruce, sprchový gel, koupelový olej, olej k péči o pleť vlasy a pokožku, pečující balzám na rty či vlasovou mlhu pro hydrataci a ochranu s obsahem meruňkového oleje. [17]



Obrázek 7 Pečující sprchový a koupelový olej meruňka od firmy Manufaktura [17]

Ke konzumaci se meruňkový olej využívá méně, a především ve studené kuchyni do záливок či díky své nasládlé chuti a vůni do sladkých pokrmů. Jelikož jeho chuť připomíná chuť marcipánu, využívá se k ochucení a oslazení pokrmů. [18]

V meruňkovém oleji je obsažen velký podíl nenasycených mastných kyselin, které jsou zastoupeny v 62–71 % mononenasyčené a 21–29 % polynenasycené kyseliny. Zatímco nasycené mastné kyseliny se pohybují v rozmezí 6–9 %, tyto hodnoty byly uvedeny ve studii [19]. Obsah tokoferolu v meruňkovém oleji se pohybuje v rozmezí 268,5–436,0  $\mu\text{g/g}$ , přičemž tokoferoly jsou důležité pro udržení stability a integrity buněčné membrány. Olej z jader meruňky vykazuje nízké číslo kyselosti v rozmezí 2,27–2,78  $\text{mg KOH/g}$ , jeho peroxidové číslo u čerstvého oleje je 5,12–5,27  $\text{meq/kg}$ , jodové číslo 100,2–100,4  $\text{g I}_2/100 \text{ g}$  a hodnota zmýdelnění 189,8–191,3  $\text{mg KOH/g}$  oleje, dle studie [19]. Meruňkový olej se používá při přípravě mnoha kosmetických produkt, hydratačních krémů pro suchou

pokožku, dětského oleje, masážního oleje, peelingu na obličej či balzámu na rty. V tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty mastných kyselin obsažených v meruňkovém oleji, jež byly uvedeny ve studii [19]. [16,19,20]

Tabulka 1 Obsah mastných kyselin v meruňkovém oleji uvedených v studii [19]

Mastná kyselina	Množství [%]
Kyselina palmitová (C16:0)	5–7,8
Kyselina palmitolejová (C16:1)	0,5–0,7
Kyselina stearová (C18:0)	0,9–2,0
Kyselina olejová (C18:1)	62,1–70,6
Kyselina linolová (C18:2)	20,5–27,8
Kyselina linolenová (C18:3)	0,4–1,4

### 3.2 Šípkový olej

Šípek (*Rosa rubiginosa*) zvaný také jako „divoká růže“, je rostlina z čeledi *Rosaceae*, roste hlavně v Evropě, Asii a Severní Americe. Semena šípku jsou velmi bohatá na bioaktivní sloučeniny a živiny, a proto mají velký potenciál pro využití ve farmacii, kosmetice či potravinářství. Semena šípku obsahují nejvíce 15 % surového oleje, většinou méně. Olej ze šípku je bohatý na polyfenolické sloučeniny, včetně flavonoidů, prokyanidinů a katechinů. Je také cenným zdrojem vitamínů, zejména vitamínu C, obsahuje vysoké hladiny karotenoidů, tokoferolů, minerálů, organických kyselin, aminokyselin a pektinu. Kromě toho je  $\beta$ -sitosterol převládající fytoosterolovou sloučeninou. Díky tomu šípkový olej vykazuje antioxidační a protizánětlivé působení, antibakteriální, antimutagenní a protirakovinné účinky. Šípkový olej je obecně preferovaný pro použití v kosmetice kvůli jeho terapeutickému účinku na kožní onemocnění. Používá se například při léčbě kožních patologií, jako jsou jizvy, dermatitida, pigmentace, akné, ekzémy a popáleniny. V tomto ohledu je několik druhů bylinných produktů a pleťových vod s šípkovým olejem, které mohou působit hydratačně, hojiče jizev a látky proti stárnutí. [21, 22,23]

Šípkový olej je také součástí několika kosmetických produktů, ale především je využíván jako čistý šípkový olej. Jsou například vyráběny produkty se šípkovým olejem jako pleťové sérum, regenerační pleťový olej, výživný krém se šípkovým olejem, balzám na rty se šípkovým olejem či jako tělový a pleťový šípkový olej.



Obrázek 8 Šípkový olej za studena lisovaný značky Renovality [24]

Šípkový olej je oceňován za své regenerační účinky, podporuje vitalitu a ochraňuje pokožku, jež je zatížena nepříznivými účinky prostředí. Nezanechává mastný film a lehce vstřebává. Lze ho používat v čisté formě a také je ho vhodné přidávat do krémů. [24]

Olej může být získáván několika metodami, mezi které patří extrakce organickými rozpouštědly, lisování za studena a další modernější techniky. Bylo zjištěno, že šípkový olej za studena lisovaný má nižší peroxidové číslo, číslo kyselosti ve srovnání se Soxhletovou extrakční technikou. Konvenční proces extrakce oleje za použití rozpouštědel a zrychlených teplotních podmínek má některé nevýhody, které lze překonat použitím technik lisování za studena jako zelených alternativ, čímž se získávají oleje s delší skladovatelností, lepší kvalitou a zlepšenou stabilitou díky přítomnosti vyššího množství antioxidantů. Lisováním za studena se získávají nutričně bohaté oleje a umožňují, aby bioaktivní látky a PUFA zůstaly nedotčené. Dle studie [22] jsou v šípkovém oleji hodnoty jodového čísla v rozmezí 146,9–160,1 g I<sub>2</sub>/100 g, čísla kyselosti 0,6–6,12 mg KOH/ g a hodnota zmýdelnění je v rozmezí 184,1–194,6 mg KOH/ g. [21,22]

V mnoha studiích se uvádí, že olej ze semen šípku obsahuje vysoké množství PUFA, zejména kyselina linolová, následně kyselina linolenová a olejová. Nejvíce je obsaženo polynenasycených mastných kyselin, kdy je ve studii uvedeno 70–74 %. Dále obsahuje 19–20 % mononenasycených a 6–10 % nasycených mastných kyselin. Dle původu, kde šípkový keř roste se mění i množství obsažených mastných kyselin v oleji. Může záležet na kontinentu, podnebí, ale také zda šípek roste jako pěstovaný či jako divoký šípek. Obsah mastných kyselin získaných ze studie [22] je uveden v tabulce 2. [22, 25,26]

Tabulka 2 Obsah mastných kyselin v šípkovém oleji uvedený ve studii [22]

Mastná kyselina	Množství [%]
Kyselina palmitová (C16:0)	2,64–5,26
Kyselina palmitolejová (C16:1)	0,20–0,31
Kyselina stearová (C18:0)	2,18–3,08
Kyselina olejová (C18:1)	18,41–19,86
Kyselina linolová (C18:2)	51,06–53,43
Kyselina linolenová (C18:3)	18,24–20,83
Kyselina arachová (C20:0)	1,11–1,50

### 3.3 Švestkový olej

Švestka (*Prunus domestica*) je ovoce hojně pěstované po celé Evropě a při jejím zpracování vzniká značné množství odpadu v podobě švestkových jader, ze kterých lze získat vysoce kvalitní olej. Olej z jader švestky lze získat tradičním lisováním za studena, extrakcí organickým rozpouštědlem či superkritickou extrakcí CO<sub>2</sub> jako moderní technologií. [27]

Semena švestek obsahují značné množství oleje, a to i více než 50 %, takto vysoký obsah oleje dělá ze švestkových jader vynikající surovinu pro výrobu za studena lisovaného oleje se zachovanými nutričně hodnotnými olejovými složkami. Švestkový olej má kromě vysokého obsahu tuku, kdy dominují nenasycené mastné kyseliny, poměrně vysoký obsah bioaktivních sloučenin, včetně tokoferolů, fenolických sloučenin, proteinů a lipidů. Nejrozšířenějším tokoferolem je  $\gamma$ -tokoferol a  $\alpha$ -tokoferol, který je hlavní aktivní sloučeninou vitamínu E, což přispívá k vynikající oxidační stabilitě tohoto oleje. Švestkový olej lze použít do potravinářských výrobcích, ale také je výborným základem pro kosmetické přípravky pro suchou a zralou pleť, jelikož má skvělé hydratační účinky. Snadno se roztírá na kůži bez mastných stop a může pomoci pokožce poškozené popáleninami. [27, 28, 29]

Kosmetické produkty s olejem ze švestky jsou oblíbené nejen svými skvělými účinky, ale také krásnou vůní. Jsou obsaženy například ve výživných a hydratačních krémech na ruce i tělo, hydratační sprchový a koupelový gel či surový pleťový a tělový olej.

Oleje ze semen švestek mají vysoké složení mastných kyselin s velkým obsahem kyseliny olejové, proměnlivým obsahem kyseliny linolové a nízkým obsahem nasycených mastných kyselin. Švestkový olej má tedy vysoké množství mononenasycených mastných kyselin, ve studii [27] je uveden obsah v rozmezí 67–70 % a 22–26 % polynenasycených mastných kyselin, kdežto nenasycené mastné kyseliny jsou obsaženy v 7–8 %, všechny tyto hodnoty

jsou uvedeny v tabulce 3. Ve studii [28] byly získány u švestkového oleje hodnoty čísla kyselosti v rozmezí 1,4–2,8 mg KOH/g, číslo zmydelnění 180–198 mg KOH/ g a peroxidové číslo 1,8–4,3 mmol O<sub>2</sub>/ kg. [27,28]

Tabulka 3 Obsah mastných kyselin v švestkovém oleji uvedený ve studii [27]

Mastná kyselina	Množství [%]
Kyselina palmitová (C16:0)	5,79–5,80
Kyselina palmitolejová (C16:1)	0,90–0,93
Kyselina stearová (C18:0)	1,62–1,92
Kyselina olejová (C18:1)	65,86–68,66
Kyselina linolová (C18:2)	22,24–25,44

### 3.4 Malinový olej

Maliník (*Rubus idaeus*) je mimořádně zajímavý pro svůj bohatý a rozmanitý fytochemický obsah, například kyselinu ellagovou, kvercetin a felonové sloučeniny, které všechny mají antioxidační aktivitu a pomáhají při ochraně buněk před oxidačním stresem. Výroba oleje z malinových semen poskytuje využití obnovitelného zdroje a zároveň přidává hodnotu zemědělským produktům a zlepšuje životní prostředí. [30]

Mohou být získávány stejnými extrakčními metodami jako předchozí jmenované oleje. Při lisování za studena jsou získány nejvíce čisté oleje, kdy je uváděna výtěžnost asi 10–23 %. Ve studii [31] bylo zjištěno u malinového oleje číslo kyselosti 17,2–18,7 mg KOH/g a peroxidové číslo 13,8–14,0 mmol/kg. V malinovém oleji je nejvíce obsažená kyselina linolová, dále  $\alpha$ -linolenová a olejová kyselina. Ve [30] je uvedeno, že polynenasycené mastné kyseliny v malinovém oleji tvořily 71–74 %, mononenasycené tvořily 18–20 % a 6–7 % nasycené mastné kyseliny. Ze studie [30] je uveden obsah mastných kyselin v malinovém oleji v tabulce 4. [30,31]



Obrázek 9 Malinový olej za studena lisovaný  
značky Renovality [24]

Oleje ze semen malin jsou široce používány při výrobě kosmetiky, pro aplikaci na pleť, vlasy a nehty. Vysoký obsah vitamínu E v malinovém oleji může být velmi žádoucí ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu, a to kvůli jeho silnému protizánětlivému účinku, který je mnohem silnější než protizánětlivé účinky například avokádového oleje či hroznového oleje. Tyto oleje se často přidávají do krémů, šamponů, koupelových olejů, rtěnek a mnoha dalších kosmetických přípravků, aby dodaly vůni a základní živiny. Olej z malinových semen lze používat do poopalovacích krémů, zubní pasty, krémů pro prevenci podráždění pokožky, koupelového oleje, krému po holení, antiperspirantu, šamponů a rtěnek. [30, 32]

Tabulka 4 Obsah mastných kyselin v malinovém oleji uvedený ve studii [30]

Mastná kyselina	Množství [%]
Kyselina palmitová (C16:0)	3,99–4,79
Kyselina stearová (C18:0)	1,62–1,92
Kyselina olejová (C18:1)	18,50–20,35
Kyselina linolová (C18:2)	52,81–55,75
Kyselina $\alpha$ -linolenová	15,70–20,94



## 4 OXIDACE OLEJŮ

Oxidační poškození tuků a olejů představuje velký problém v kosmetickém a potravinářském průmyslu. V důsledku oxidace olej postupně žlukne, což má za následek nepříjemné chutě a pachy. Dochází k znehodnocení potravin, které obsahují oxidované lipidy, oxidační reakcí mohou vznikat toxické produkty, které mohou podněcovat vznik onemocnění, narušením biologické membrány či poškozením proteinů v organismu. [4, 33]

K oxidaci olejů dochází za různých podmínek a dle těchto podmínek, dochází k oxidaci různými mechanismy. Mezi běžně známé oxidační mechanismy patří, termální oxidace, radikálová autooxidace vzdušným kyslíkem, oxidace katalyzovaná enzymy, oxidace singletovým kyslíkem, oxidace těžkými kovy a další. Oxidace olejů je ovlivněna přísunem energie, jako je světlo nebo teplo, složení masných kyselin, typy kyslíku a minoritních sloučenin, jako jsou kovy pigmenty, fosfolipidy, volné mastné kyseliny, oxidované sloučeniny, antioxidanty. Oxidační reakcí vznikají různé oxidační produkty, s různými vlastnostmi a stabilitou. Nejčastěji jsou rozlišovány tři hlavní typy vzniklých oxidačních produktů, jež jsou: [4, 34]

1. **Primární oxidační produkty**, hydroperoxydy, jež podléhají snadno rozkladu a jsou nestálé.
2. **Sekundární oxidační produkty**, jež jsou primárně odpovědné za sensorické změny a mají rozdílnou stabilitu.
3. **Terciální oxidační produkty**, jež mají vyšší molekulovou hmotnost než triacylglyceroly, z nichž vznikly.

### 4.1 Autooxidace

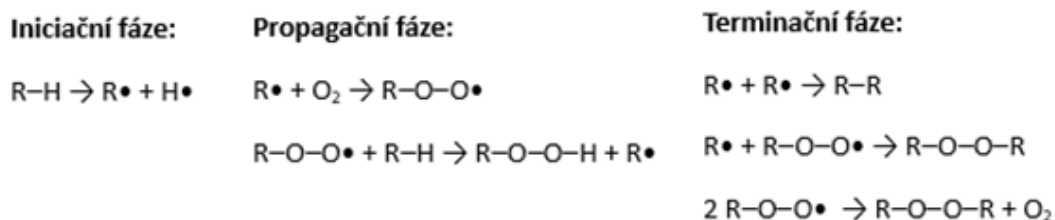
Autooxidace je nejběžnější oxidací olejů, jež jsou vystaveny vzdušnému kyslíku. Je hlavní příčinou znehodnocení oleje a má zásadní význam při zpracování olejů v potravinářském průmyslu. Tento nežádoucí proces závisí na řadě faktorů, jako je výchozí složení oleje, jeho chemická struktura, obsah antioxidantů a podmínky skladování. Některé oleje jsou náchylnější k autooxidaci kvůli vysokému obsahu polynenasycených mastných kyselin, z toho důvodu jsou do těchto olejů přidávány antioxidanty, či tokoferoly, aby regulovaly oxidaci během jejich zpracování. [35]

U autooxidaci dochází k radikálovému mechanismu, ve třech stupních. Oxidace je zahájena iniciací, při nichž dochází k ztrátě na methylenové skupině vodíkového radikálu a dochází

ke vzniku volného radikálu mastné kyseliny. K této reakci dochází iniciováním přítomného stopového množství kovů, teplem či UV zářením. [4]

Druhou fází je propagace, kdy volný radikál vzniklý v první fázi reaguje s kyslíkem za vzniku volných peroxidových radikálů. Poté volný peroxidový radikál zachycuje vodík jiných molekul oleje s výsledkem vytvoření nového volného radikálu. Peroxidy získané v této fázi jsou považovány za primární vedlejší produkty oxidace. Peroxidy nejsou stabilní při tepelném namáhání, a proto by se mohly rozkládat na aldehydy, ketony a kyseliny jako vedlejší produkty sekundární oxidace během kroku  $\beta$ -štěpení. Kromě toho by v tomto kroku mohlo dojít k polymeraci a přeskupení. [36]

Třetí fází je terminace, jež nastává, když je koncentrace volných radikálů ve směsi tak vysoká, že poté spolu dva radikály vytvoří stabilní produkt. Volné radikály nebo peroxidové volné radikály by se mohly spojit a vytvořit stabilní sloučeninu, která by mohla být považována za další novou molekulu. Pokud nestabilní jednotky, jako je vodík sousedící s dvojnou vazbou, stále existují, vytvořená nová molekula by mohla znovu vstoupit do řetězové reakce. Mechanismus autooxidace je zobrazen na obrázku 10. [4, 36]



Obrázek 10 Mechanismus autooxidace

## 4.2 Oxidace singletovým kyslíkem

Singletový kyslík  $^1O_2$  vzniká excitací běžného vzdušného neboli tripletového kyslíku  $^3O_2$ . Singletový kyslík je schopný reagovat přímo s dvojnými vazbami bez toho, aniž by vytvářel volné radikály. [4]

Vzdušný kyslík má 12 valenčních elektronů, kdy dva se stejným spinem a nejvyšší energií se nacházejí v jiných orbitalech, přičemž u singletového kyslíku mají tyto dva elektrony spin opačný. Existuje tedy ve dvou reaktivních formách s rozdílným uspořádáním energetických hladin. První forma singletového kyslíku má energii 157 kJ nad základním stavem tripletového kyslíku, její dva nepárové elektrony jsou opačného spinu a v rozdílných

orbitalech. Druhá forma má dva nepárové valenční elektrony opačného spinu ve stejném orbitalu a jeho forma má energii 94 kJ nad základním stavem tripletového kyslíku. [4,34]

K oxidaci singletovým kyslíkem dochází rychleji než při autooxidaci tripletovým kyslíkem, je totiž elektrofilní a je více reaktivní. Fotosenzibilizované oxidace rostlinných olejů jsou zahájeny singletovým kyslíkem. Singletový kyslík reaguje s nenasycenými mastnými kyselinami většinou za vzniku allyhydroperoxidů. Elektrofilní  $^1\text{O}_2$  může přímo reagovat s dvojnými vazbami s vysokou elektronovou hustotou bez tvorby alkylového radikálu a tvořit hydroperoxy na dvojných vazbách. Při tvorbě hydroperoxidu dochází k migraci dvojných vazeb a trans mastné kyseliny, při produkci konjugovaných i nekonjugovaných hydroperoxidů. [4, 36]

Chemickou, enzymatickou, fotochemickou cestou či rozkladem hydroperoxidů může být tvořen singletový kyslík. Z tripletového kyslíku je tvořen singletový kyslík iniciací přítomnosti fotosenzibilizátorů. Schopnost katalyzovat oxidaci organických látek pomocí vzdušného kyslíku za ozáření viditelným světlem jsou schopné fotosenzibilizátory. Tripletovému kyslíku je předávána absorbovaná energie fotonů fotosenzibilizátorů a tím vzniká singletový kyslík. Fotosenzibilizátor přechází působením fotonu ze singletového stavu do excitovaného stavu. Mezi senzibilizátory patří například hemová barviva, riboflavin, kumariny, myoglobin či aromatické uhlovodíky. [4, 34]

### 4.3 Enzymatická oxidace

Za katalytického působení enzymů, vznikají hydroperoxy reakcí mezi polyenovými mastnými kyselinami a kyslíkem. Tyto enzymy jsou nazývány lipooxygenázy a jsou vysoce specifické. Vzniklé hydroperoxy enzymatickou reakcí jsou opět odlišné než vzniklé hydroperoxy fotooxidací či autooxidací. Lipooxygenázy náleží do skupiny dioxygenáz a obsahuje nehemové železo. Prostřednictvím lipooxygenázy dochází k adici kyslíku na polyenové mastné kyseliny *cis,cis*-1,4-pentadienovým uspořádáním, na devátém nebo třináctém atomu uhlíku. Vznikají tedy dva polohové izomery buďto 9-hydroperoxy či 13-hydroperoxyderiváty PUFA. [4, 33]

### 4.4 Prooxidanty

Tyto látky urychlují proces oxidace, patří mezi ne například peroxid vodíku, metaloproteiny či naoxidované proteiny. Mezi nejběžnější prooxidanty patří kovy a sloučeniny kovů s přechodnou valencí. Při oxidaci lipidů dochází k přenosu elektronu prostřednictvím kovů

s přechodnou valencí. Mezi tyto kovy patří například železo, měď, mangan, chrom, kobalt či nikl. Dochází k tvorbě volných radikálů, protože podléhají transferu elektronu a tím vznikají volné radikály. [4, 36]

#### 4.5 Antioxidanty

Aby se zabránilo oxidaci rostlinných olejů, mohou být do olejů přidány antioxidanty. Antioxidanty jsou inhibitory oxidace, jež snižují rychlost oxidace rostlinných olejů. Antioxidanty mohou být syntetické či přírodní. Antioxidační sloučeniny v olejích mohou prodloužit jejich trvanlivost.

Mezi syntetické antioxidanty patří fenolické antioxidanty, například butylovaný hydroxyanisol, terc-butyl hydrochinon, butylovaný hydroxytoluen či propyl gallat. Umělé antioxidanty fungují jako lapače radikálů, které díky své vyšší stabilitě pomáhají přerušit řetězovou reakci. Chování antioxidantů působícího jako lapač radikálů lze rozdělit do dvou kategorií jako donor a akceptor. Donor poskytuje vodík, jež je obvykle navázán na uhlík volných radikálů olejových kompozic, v důsledku čehož se volný radikál obnoví do původní kompozice oleje. Akceptor pouze přijímá volné radikály za vzniku stabilních chemických sloučenin. [36, 37]

Přírodní antioxidanty extrahované z bylin patří mezi nejdůležitější bioaktivní sloučeniny, které lze použít při výrobě potravin či kosmetiky. Rostlinné extrakty mají antioxidační aktivitu díky přítomnosti sloučenin, jako jsou polyfenoly odvozené od fenylalaninu. Jsou využívány přírodní antioxidanty, jako jsou jednoduché fenoly, fenolové kyseliny, karotenoidy, antokyany, flavonoidy, vitamíny a extrakty koření. Polyfenoly mají ideální strukturní vlastnosti pro svou antioxidační aktivitu, především díky své schopnosti darovat atomy vodíku nebo elektrony. [37]

## 5 STANOVENÍ OXIDAČNÍCH PRODUKTŮ ROSTLINNÝCH OLEJŮ

Oxidační stabilita rostlinných olejů je jedním z nejdůležitějších ukazatelů kvality oleje. Rychlost oxidace ovlivňuje mnoho faktorů jako například obsah mastných kyselin, přístup kyslíku, světelné paprsky, přítomnost prooxidantů či antioxidantů. K rychlejší oxidaci dochází u olejů, které obsahují velké množství polyenových mastných kyselin. Oxidační žluknutí je komplex chemických změn, které zahrnují řadu reakcí mezi nenasycenými mastnými kyselinami nebo acylglyceroly s kyslíkem. Při oxidaci dochází k ovlivnění kvality oleje, kdy se mění jeho chuť či vůně, produkty žluknutí mohou tvořit nepříjemné pachy, což může pro spotřebitele být méně přijatelné či nepřijatelné. Během oxidace vznikají nízkomolekulární aromatické sloučeniny. Oxidační produkty dělíme na primární a sekundární produkty oxidace. [38]

Primárními oxidačními produkty jsou monohydroperoxy, které jsou prekurzory nepříjemných pachů a pachů, které snižují kvalitu olejů. Primární oxidační produkty, lipidové hydroperoxy se v přítomnosti kovů nebo při vyšší teplotě snadno rozkládají na alkoxy radikály a pak tvoří aldehydy, ketony, kyseliny, estery, alkoholy a uhlovodíky s krátkým řetězcem. Nejpravděpodobnější cestou rozkladu hydroperoxidů je hemolytické štěpení mezi kyslíkem a kyslíkovou vazbou, při které vznikají alkoxy a hydroxy radikály. Z alkoxy radikálu vzniká  $\beta$ -hemolytickým štěpením oxo-sloučeniny a nasycené a nenasycené alkylové radikály. Přidáním hydroxylového radikálu nebo přenosem vodíku vznikají konečné produkty oxidace lipidů. [34]

Primární či sekundární oxidační produkty jsou měřeny pomocí několika metod. Mezi nejčastěji používané metody patří měření peroxidového čísla, anisidinového či thiobarbiturátového čísla. U tuků a olejů jsou také měřeny tuková čísla, které slouží ke zjištění vlastností a jakosti oleje.

### 5.1 Tuková čísla

K charakterizaci vlastností a jakosti oleje či tuku zčásti slouží ke stanovení tukových čísel. Metody zjišťování tukových čísel jsou nejrychlejší a nejběžnější metody testování pro získání základních charakteristik oleje. Prostřednictvím těchto metod můžeme zjistit například jak čerstvý je olej, jeho základní složení a mohou nám pomoci pochopit chování a vlastnosti testovaného oleje či také odhadnout co se s olejem dělo.[39]

### 5.1.1 Číslo kyselosti

Číslo kyselosti je využíváno ke stanovení kvality a vlastností oleje. Je definováno jako množství hydroxidu potřebného k neutralizaci volných mastných kyselin ve vzorku oleje či tuku. Hodnota je vyjádřena jako mg hydroxidu draselného na 1 gram vzorku oleje. Obvykle se číslo kyselosti stanoví acidobazickou titrací. Kdy je vzorek rozpuštěn ve vyhovujícím rozpouštědle, například 1:1 diethyletheru s ethanolem a následně je provedena titrace roztokem hydroxidu draselného za použití fenolftaleinu jako indikátoru. [4, 39]

Titrační metody jsou závislé pozorováním vizuálního koncového bodu, což může být náročné zejména v případě barevných vzorků oleje. Jelikož může několik faktorů způsobit chyby v titračním kroku, včetně nesprávného posouzení barvy indikátoru v blízkosti koncového bodu, chybného odečítání objemů nebo chybné techniky. Proto se hledají a používají, nové a přesnější metody, například lze bod ekvivalence identifikovat potenciometricky. [39]

### 5.1.2 Číslo zmýdelnění

Jedním z nejběžnějších metod pro zjištění kvality oleje je číslo zmýdelnění. Je definováno jako množství hydroxidu potřebné k neutralizaci estericky vázaných a volných mastných kyselin ve vzorku oleje či vosku. Hodnota je vyjádřena jako miligram hydroxidu draselného na 1 gram vzorku oleje. Konvenčně se stanoví zmýdelněním a známé množství oleje či tuku s přebytkem roztoku KOH, následuje zpětná titrace přebytku báze roztokem kyseliny v přítomnosti fenolftaleinu jako indikátoru. Množství báze potřebné pro zmýdelnění mastných acylových řetězců se pak nepřímo určí z přebytku báze, která zůstává nezreagovaná. [40, 41]

Protože množství (moly) zreagované báze se stechiometricky rovná množství (molů) mastných acylových řetězců obsažených v 1 g oleje/tuku, číslo zmýdelnění je pak závislé na délce mastných acylových řetězců z triacylglycerolů. Proto malá hodnota zmýdelnění indikuje mastné kyseliny s dlouhým řetězcem na glycerolové kostře ve vzorku; naopak vysoká hodnota zmýdelnění ukazuje na triacylglyceroly s kratšími mastnými acylovými řetězci. V důsledku toho se číslo zmýdelnění stává snadným přístupem k hodnocení délky řetězce mastných kyselin u konkrétních tuků/olejů. Jelikož touto metodou může docházet k některým chybám, jsou proto preferovány nové, rychlejší a spolehlivější metody.

Například číslo zmýdelnění lze stanovit pomocí infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací (FTIR) ve spojení s multivariační analýzou. [41]

### 5.1.3 Jodové číslo

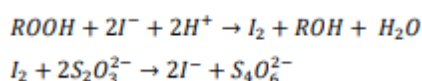
Jodovým číslem získáme hodnotu míry dvojných vazeb ve vzorku oleje či tuku. Vyjadřuje se jako procento halogenu, přepočítaného na jód je vázáno na analyzovanou látku při podmínkách metody. Nejčastěji je využívána ke stanovení jodového čísla Hanušova metoda, jež je jako činidlo využit jodmonobromid. Vzorek oleje je rozpuštěn ve vhodném rozpouštědle, například chloroformu za působení jodmonobromidu v ledové kyselině octové s přesně známou koncentrací halogenu. Dochází k adici halogenu na dvojně vazby MK a nadbytek nezreagovaného halogenu se titračně stanoví thiosíranem sodným za přídavku KI a škrobového mazu jako indikátoru. Jako další je využívána i deWijsova metoda, kdy je vzorek oleje rozpuštěn ve vhodném rozpouštědle, například v tetrachlormethanu a pro úplné rozpuštění je do směsi přidán Wijsovův roztok. Poté je přidán nadbytek jodidu draselného a vody a následně titrován thiosíranem sodným za použití škrobového mazu jako indikátoru. [4, 39]

## 5.2 Peroxidové číslo

Peroxidové číslo (PČ) určuje množství hydroperoxidů, které se tvoří během raných fází vývoje oxidativního žluknutí. Hydroperoxydy jsou primární oxidační produkty a nejběžněji jsou stanovovány pomocí stanovení peroxidového čísla. PČ je důležitou charakteristikou kvality rostlinných olejů a objevuje se jako indikátor oxidace lipidů a zhoršení vlastností oleje. Protože se však hydroperoxydy v následných oxidačních reakcích rozkládají. Používá se ke stanovení raného stádia oxidace lipidů a jeho citlivost je nižší než u měření sekundárních produktů. Potenciál oxidace lipidů v ranném stádiu jsou naznačovány hodnoty primárních produktů, kdy jsou produkty vystaveny katalyzátorům nebo dále zpracovány, a proto nemusí souhlasit se senzoričnou kvalitou produktů. [39, 42]

Peroxidové číslo, oficiální metoda měření koncentrace hydroperoxidu, se běžně používá k posouzení oxidačního potenciálu nebo postupu oxidace v testovaném produktu v průběhu času. Test zahrnuje jodometrickou titraci thiosíranem sodným, v přítomnosti jodidu draselného za použití škrobu jako indikátoru. přičemž výsledky jsou vyjádřeny jako množství peroxidového kyslíku v  $\mu\text{val}$  na 1 gram tuku analyzovaného vzorku. [4, 43]

Peroxidové číslo je mírou množství peroxidů obsažených v oleji. Dochází k redukci hydroperoxidové skupiny na jodidy, kdy obsah peroxidu je přímo úměrný množství uvolněného jódu v oleji. Vzorek oleje je rozpouštěn nepolárním rozpouštědlem, kdy se například používá směs chloroformu s ledovou kyselinou octovou. Dále se přidá nadbytek jodidu draselného a uvolněný jód je stanoven titrací odměrného roztoku thiosíranu sodného s použitím škrobového mazu jako indikátoru. Reakce, dle nichž probíhá stanovení peroxidového čísla je uvedena na obrázku 11. [43, 44]



Obrázek 11 Reakce peroxidového čísla

Pro získání dat PČ byly využívány i modernější techniky identifikace. Peroxidové číslo lze stanovit redox-potenciometrickým stanovením jodu bez titrace nebo se také měří hodnoty peroxidového čísla prostřednictvím potenciometrické titrace. Nízké hodnoty peroxidového čísla nelze dostatečně spolehlivě stanovit pomocí této metody, z tohoto důvodu byly navrženy modernější modifikace, kdy je například nahrazena titrace kalorimetrickým stanovením, založeným na stanovením  $Fe^{3+}$  jako thiokyanátu železitého při oxidaci  $Fe^{2+}$  na  $Fe^{3+}$  či elektrochemickou detekcí, metodou aktivního kyslíku nebo stanovením konjugovaných dienových a trienových MK. [4, 44]

### 5.3 Anisidinové číslo

Hodnota anisidinového čísla je důležitým a běžně používaným ukazatelem pro sledování kvality rostlinných olejů hodnocením množství sekundárních produktů oxidace lipidů. Sekundárními oxidačními produkty jsou aldehydy, jež při metodě dochází k měření jejich obsahu v oleji, zejména 2,4-dienalů a 2-alkenalů. Aldehydy tvoří téměř 50 % těkavých látek produkovaných během oxidace lipidů. Metoda anisidinového čísla byla vyvinuta, aby nahradila podobnou metodu benzidinového testu, protože benzidin je známý karcinogen. [45]

Zatímco peroxidové číslo měří primární oxidační produkty, anisidinové číslo měří aldehydové a ketonické produkty rozkladu peroxidů, tedy sekundární oxidační produkty. Anisidinové číslo je metoda s klasickým přístupem ke stanovení aldehydů v rostlinných olejích. Aldehydy vznikají při degradaci hydroperoxidů a jsou převážně důvodem pachů spojeným se žluknutím olejů a tuků. [46]



Metoda je založena na chemické reakci p-anisidinu v kyselém prostředí, což vede k vytvoření intenzivně zbarvené Schiffovy báze, která se měří UV spektroskopicky při 350 nm. Reakce probíhá v rozpouštědle, například v izooktanu či hexanu, bez obsahu vody. Anisidinové číslo je vyjádřeno jako sto násobek absorbance zjištěné v 1 % (m/v) roztoku rostlinného oleje. [4, 46]

Jako alternativa ke zjištění anisidinového čísla, jsou navrhovány nové a rychlé instrumentální techniky, jako je infračervená spektrometrie nebo Ramanova spektrometrie. Jejich výsledky vykazují dobré korelace s klasickou metodou anisidinového čísla. V posledních letech výrazně vzrostl význam NMR jako analytického nástroje pro stanovení oxidačních produktů. Kopie NMR spekter umožňuje rychlou analýzu, která v zásadě nevyžaduje žádnou přípravu vzorku. [46]

#### 5.4 Thiobarbiturové číslo

Thiobarbiturové číslo je jednou z důležitých analytických metod pro hodnocení stupně oxidace rostlinných olejů, zejména těch, co obsahují polynenasycené mastné kyseliny. Běžně se používá pro sledování kvality rostlinných olejů hodnocením aldehydů, jež jsou sekundárními oxidačními produkty. Hodnota thiobarbiturového čísla je vyjádřena v miligramech malonaldehydu na 1 gram tuku. Kyselina 2-thiobarbiturová tvoří červeně zbarvené produkty s malonaldehydem, některými polynenasycenými aldehydy, dioxolany a deriváty furanu. [47]

Intenzita zbarvení koreluje se stupněm žluknutí tuků a olejů. V popsané modifikaci je použito přímé stanovení celkových reaktivních látek bez předchozí izolace těkavé frakce. Produkty sekundární oxidace reagují s thiobarbiturovou kyselinou za vzniku produktů s absorpčními maximy při 530 nm až 532 nm, jež se určují spektrofotometricky a je zvláště užitečná pro měření oxidačních změn v tucích a olejích. U čerstvého oleje jsou hodnoty thiobarbiturového čísla v rozmezí od 0,005 až 0,02. U žluklého oleje jsou tyto hodnoty větší než 0,1. Alkanaly spolu s 2-thiobarbiturovou kyselinou tvoří žluté produkty, tato metoda je ale především nejvýznamnější a nejprozkoumanější v reakci s malonaldehydem. [47, 48]

## 6 STANOVENÍ URYCHLENÉ OXIDACE OLEJE

Stanovení urychlené oxidace je nejvíce využíváno při zjišťování stability rostlinného oleje. Stabilita může být definována jako odolnost lipidu vůči oxidaci a výslednému poškození v důsledku vytváření chuti a zápachu, které způsobují oxidační žluknutí a snižují kvalitu oleje. Oxidaci ovlivňuje především obsah polyenových mastných kyselin, nevhodné skladování, přístup světla či zvýšená teplota. Aby se určila stabilita oleje či jeho čerstvost a kvalita, jsou využívány metody k jejímu stanovení. Jsou využívány chemické metody, které určují buďto produkty oxidace či množství triglyceridů. K hodnocení kvality oleje jsou využívány metody stanovení tukových čísel, peroxidové číslo, thiobarbiturové číslo, anisidinové číslo. Jelikož v některých případech je potřebné zjistit stabilitu oleje v delším časovém úseku, než je dosaženo u předchozích metod, jsou využívány zrychlené zkušební metody. Výsledků je docíleno mnohem rychleji, díky automatizovaným testům stability. U těchto zrychlených testů jsou podmínky se zvýšenou teplotou a pro lepší průběh oxidační reakce také se zvýšeným přívodem kyslíku.

K určení stability olejů dochází k měření indukčních period oxidace. Indukční perioda je indikátorem trvanlivosti oleje a čím delší je, tím je olej stabilnější. Mezi nejběžněji používané automatizované testy stability řadíme například Akcelerovaný oxidační test, jež je prováděný přístrojem Rancimat, Schaalův test, metodu kyslíkové bomby, metody aktivního kyslíku či index stability oleje. Nejčastěji je v těchto testech získána indukční perioda. Indukční perioda se měří jako doba potřebná k dosažení koncového bodu oxidace odpovídající úrovni detekovatelné žluknutí. Alternativně je doba indukce brána jako doba potřebná pro náhlou změnu rychlosti oxidace. [49]

### 6.1 Schaalův test

Schaalův test je metoda zaměřená na stanovení oxidační stability. Oxidační stabilita nebo také doba skladování je důležitým faktorem při zjišťování stability a čerstvosti oleje či tuku. Testy, jež jsou prováděny pro zjištění skladování za normálních podmínek mohou být nejrealističtějším stanovením stability oleje, ale obvykle jsou časově náročné, a proto se využívají metody zrychlených testů. [50]

Při Schaalova testu dochází k oxidaci za přístupu volného kyslíku. Měření je prováděno ve tmě a většinou se zvýšenou teplotou. Vzorek oleje je po určité době uchováván v otevřené nádobě v sušárně za přístupu volného atmosférického kyslíku. Teplota v sušárně je zvýšená na 60 °C až 70 °C, přičemž dochází ke vzniku oxidačních produktů. Vzorky

se odebírají denně nebo týdně k analýze. Během analýzy se měří senzorické vlastnosti oleje a měří se peroxidové číslo či se sleduje změna hmotnosti. Hodnoty naměřeného peroxidového čísla se vynesou proti času, kdy je získána křivka indukční periody. Mohou být také místo peroxidového čísla měřeny hmotnostní přírůstky vzniklých oxidačních produktů v průběhu oxidace. Schaalův test používá relativně mírné teploty a má nejméně problémů. Indukční perioda se bere jako čas v hodinách k dosažení maximální změny rychlosti příjmu kyslíku. Výsledky tohoto testu nejlépe korelují se skutečnou skladovatelností, protože konečný bod představuje nižší stupeň oxidace. [50, 51]

## 6.2 Rancimat

Při metoda Rancimat dochází k probublávání vzduchu vzorkem oleje při zvýšené teplotě a poskytuje nepřetržité měření. Pro měření metodou Rancimat není nutné pravidelně odebírat vzorky. Tato metoda se stala průmyslovým standardem pro měření indukčních period. V zařízení Rancimat, prodávaném společností Metrohm je vzduch probubláván přes olej a následně prochází do nádoby s destilovanou vodou. Vodivost vody je měřena a následně vynesena do grafu, tím je získána typická křivka indukční periody. Některé neoxidované těkavé látky, jež je například volná mastná kyselina, mohou proudem vzduchu taktéž procházet a způsobit následné zvýšení vodivosti. Zvýšení vodivosti je postupné a mírné ve srovnání s prudkým nárůstem, který je způsobený oxidačními produkty. [50]

Metoda Rancimat je akcelerovaný oxidační test pro zrychlené stanovení oxidace. Měří se doby indukce oxidace, v teplotním rozsahu 50 až 220 °C. Během analýzy jsou nádoby Rancimat obsahující vzorek oleje umístěny do elektrického topného bloku. Filtrovaný a vyčištěný vzduch se nechá probublávat horkým olejem rychlostí 20 l/h. Vzduch obsahující těkavé organické kyseliny ze vzorku oleje je následně shromažďován v odměrné nádobě s destilovanou vodou, kde dochází k automatickému měření vodivosti. Poté je zaznamenána indukční perioda nebo doba indukce oxidace vzorku oleje. Indukční perioda je doba potřebná k prudkému nárůstu vodivosti. Po každém cyklu je sklo pečlivě vyčištěno, aby se zabránilo jakékoli kontaminaci. Indukční perioda se obecně měří při 100 °C, 110 °C nebo 120 °C. Vyšší teploty se používají pro stabilnější oleje, nižší pro méně stabilní oleje, aby bylo možné měření dokončit v přiměřené době. Obecné pravidlo, které říká, že oxidace se zdvojnásobuje s každým zvýšením teploty o 10 °C, také platí s časy Rancimat. [50, 54]

### 6.3 Index stability oleje

Metoda OSI neboli index stability oleje je velmi podobná metodě Rancimat s jedním z hlavních rozdílů v tom, že se používá jednorázové sklo a hadičky. To překonává jednu z nevýhod metody Rancimat v tom, že použité hadičky a sklo je třeba mezi měřeními důkladně vyčistit, protože jakékoli stopy nečistot, starého oleje atd. mohou významně ovlivnit výsledky testu. [50]

### 6.4 Metoda aktivního kyslíku

Metoda aktivního kyslíku také známá jako Swiftův test, funguje na trošku jiném principu než výše uvedené metody, ale souží také ke zjištění stability oleje. Vzorkem oleje ve speciálních zkumavkách zahřátých na 98–100 °C probublává vzduch. V intervalech závislých na stabilitě oleje se odebírají vzorky a měří se hodnoty peroxidového čísla. Do grafu se vynesou naměřené hodnoty peroxidového čísla proti času, kdy se získá křivka indukční periody. [49, 50]

### 6.5 Metoda absorpce kyslíku

Metoda absorpce kyslíku neboli oxidograf je využíván ke zjištění stability oleje. Vzorek oleje se zahřeje na přibližně 100 °C v utěsněné nádobě obsahující známý objem kyslíku a snížení tlaku, které se zaznamená automaticky, se měří jako absorbovaný kyslík. Indukční perioda se bere jako čas v hodinách k dosažení maximální změny rychlosti příjmu kyslíku. [49]

### 6.6 Diferenciální skenovací kalorimetrie

Diferenciální skenovací kalorimetrie je bez rozpouštědlová, jednoduchá a relativně levná metoda používaná ke zkoumání fyzikálního stavu a vlastností složek potravin, která patří k termoanalytickým technikám. Nabývá na významu pro jejich rychlé a spolehlivé sledování kvality oleje s nízkými úrovněmi chemického odpadu. Vyhodnocuje chování olejů při tepelné oxidaci přesným záznamem toku tepla do a ze vzorku oleje. Tepelný tok se uvádí jako funkce času nebo teploty a vynáší se na termogramech, ve kterých je každý vrchol spojen se specifickým fyzikálním nebo chemickým procesem. Pro analýzu diferenciální skenovací kalorimetrií je potřeba pouze malé množství vzorku bez specifické přípravy vzorku a jde o opakovatelnou metodu. [52, 53]

## 7 ZAJIŠTĚNÍ A PRODLOUŽENÍ STABILITY OLEJE

Způsoby, kterými lze zajistit stabilitu a prodloužit trvanlivost olejů, jsou především vyvarovat se všeho, co na to má nepříznivý vliv, a zavést podmínky nebo přísady, které jsou prospěšné nebo které prodlouží jejich oxidační stabilitu. V podstatě jde o optimalizaci podmínek skladování a využití antioxidantů v oleji. Mezi faktory, jež ovlivňují stabilitu oleje patří především chemické složení oleje, dále podmínky, za kterých je olej uchován a jako poslední, zda jsou přítomny nějaké prooxidanty nebo antioxidanty. [50]

### 7.1 Podmínky skladování

Z průmyslového hlediska je skladovatelnost definována také jako doba skladování, než se kvalita produktu stane pro spotřebitele nepřijatelnou. Je zřejmé, že způsob, jakým jsou oleje a tuky skladovány, je důležitým faktorem z hlediska definování jejich oxidační stability. Hlavními faktory účinků skladování jsou především přístup atmosférického kyslíku, teplota, přístup světla a materiál používaných skladovacích nádob. Je vhodné tedy oleje uchovávat v nádobách bez zbytečného přístupu kyslíku a zajistit, aby nebyly vyskytovány zvýšeným teplotám, jež nejsou vhodné. Problém fotooxidace podporované světlem není běžným problémem u olejů skladovaných ve velkých nádržích či sudech, jelikož jsou drženy mimo dosah světla. Tento problém nastává u olejů, které jsou skladovány v lahvích, a především využívány již k osobním účelům spotřebitele. Kromě těchto zmíněných faktorů je třeba se vyvarovat přítomnosti prooxidantů. [49, 50, 52]

### 7.2 Skladovací nádoby pro olej

Materiál skladovacích nádob pro rostlinný olej je důležitým faktorem pro udržení stability a kvality oleje. Jako materiály jsou využívány například nerezová ocel, sklenice, čirý polyethylentereftalát (PET), čiré sklo, barevné sklo či tmavé skleněné láhve. Některé druhy těchto materiálů chrání rostlinný olej před kyslíkem a světlem. Mezi nejlépe vhodné materiály pro skladování rostlinných olejů jsou nerezové nádoby a láhve z tmavého skla, jelikož umožňují nejmenší přístup světla a podporují konzervaci trvalého skladování oleje. [54]

Uvádí se, že do plastových nádob může vniknout kyslík díky propustnosti některých plastových lahví a dochází ke spuštění oxidačního mechanismu. U čirých materiálů dochází přítomností světla navíc k usnadnění oxidace. K rychlejší oxidaci dochází u olejů skladovaných v čirém skle v porovnání skladování oleje ve skle tmavém. Skleněné láhve

poskytují lepší ochranu před oxidací než polyethylenové plastové láhve. Aby olej během skladování minimalizoval poškození oxidací by měl být nejlépe skladován v lahvích, které nejsou průhledné pro světlo nebo nepropustné pro kyslík. [54, 55]

### 7.3 Tmavé sklo

Trvanlivost olejů vystavených intenzivnímu umělému světlu a rozptýlenému dennímu světlu je kratší než u olejů uchovávaných ve tmě. K tomuto účelu se využívá tmavého skla. Využití skla je také vhodné, jelikož nic z oleje neuvolňuje ani neabsorbuje. Přestože sklo představuje dobrou bariéru proti vlhkosti a plynům, průhledné lahve mohou vést k fotooxidaci, aniž by se vyhnuly vystavení světlu. Protože je u olejů vyžadována ochrana před přímým světlem, skla s nízkou propustností světla v oblasti UV byla realizována pomocí přísad. Trvanlivost oleje je delší v tmavě zbarvených skleněných lahvích než v lahvích z čirého skla. Použití barevných skleněných lahví však předchází nebo zpomaluje oxidační proces. Zelené lahve chrání olej před světelnými paprsky o vlnové délce 300 až 500 nm. Tmavé sklo funguje jako filtr, který dokáže eliminovat světelné paprsky. Je využíváno několik barev tmavých lahví, například fialové, modré, zelené, hnědé či černé a každá z nich má své specifické vlastnosti. Mohou odrážet skoro celé spektrum viditelného světla. [53, 54, 56]

Ve studii [57] bylo provedeno sledování oxidační stability olivového oleje ve skle čirém a ve skle jantarovém. Kdy úroveň oxidace ve skle jantarovém byla nižší než ve skle čirém, ale nedokáže plně a dostatečně zabránit před vznikem primární oxidace po vystavení slunečnímu záření. Použití tmavého skla je účinnější pro zpomalení oxidace než skladování oleje ve skle čirém. Přesto je pro větší dosažení zpomalení oxidace je vhodné oleje uschovávat ve tmě bez vystavení slunečnímu záření. [57]



Obrázek 12 Ukázka tmavého skla pro skladování oleje

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo zjištění oxidační stability u vybraných rostlinných olejů, konkrétně u oleje meruňkového, šípkového, švestkového a malinového. V praktické části bylo hlavním cílem stanovit hodnoty peroxidového čísla a jeho následné změny během času u rozlišných skladovacích podmínek. Pro srovnání naměřených dat byla využita zrychlená oxidace pomocí přístroje Rancimat 892. Dalším cílem práce bylo stanovit pomocí plynové chromatografie složení mastných kyselin v rostlinných olejích.



## 9 MATERIÁL A PŘÍSTROJE

### 9.1 Materiál a chemikálie

Vzorky olejů byly poskytnuty od společnosti Pharmafit Czech s.r.o. Jedná se o oleje za studena lisované značky Renovality. Oleje byly lisované pomocí šnekového lisu ve výrobním závodě v Přerově. Teplota lisovaného oleje nepřesahovala více jak 45 °C, průměrně mají během lisování oleje teplotu 42 °C. Následně po lisování byly všechny oleje několikrát přefiltrovány. A poté byly uskladněny v hermeticky uzavřených nádobách.

Tabulka 5 Vybrané komerční výrobky použité v DP

Typ oleje INCI	Datum lisování	Ilustrační fotografie balení
Meruňkový olej Prunus Armeniaca Kernel Oil	26. 5. 2022	
Šípkový olej Rosa Rubiginosa Seed Oil	13. 6. 2022	
Švestkový olej Prunus domestica Seed Oil	18. 4. 2022	
Malinový olej Rubus Idaeus Seed Oil	3. 5. 2021	

#### Seznam vzorků a jejich užitých zkratek:

Meruňkový olej ve fialovém skle (Me)

Meruňkový olej v čířém skle (MeČ)

Meruňkový olej v čířém skle s antioxidantem (MeA)

Šípkový olej ve fialovém skle (Ší)

Šípkový olej v čířém skle (ŠíČ)

Šípkový olej v čířém skle s antioxidantem (ŠíA)

Švestkový olej ve fialovém skle (Šv)

Švestkový olej v čirém skle (ŠvČ)

Švestkový olej v čirém skle s antioxidantem (ŠvA)

Malinový olej ve fialovém skle (Ma)

Malinový olej v čirém skle (MaČ)

Malinový olej v čirém skle s antioxidantem (MaA)

## 9.2 Chemikálie

Jodid draselný p.a. – Ing. Petr Švec – Penta, Praha

Thiosíran sodný p.a. – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Dichroman draselný čistý – Lach Ner, Neratovice

Kyselina octová ledová p.a. – Ing. Petr Švec – Penta, Praha

Chloroform p.a. – VWR International s.a.s., Francie

Kyselina chlorovodíková p.a. – Mikrochem spol. s.r.o., Pezinok

Škrobový maz p.a. – Lach Ner, Neratovice

Methanol p.a. – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Hydroxid draselný methanolický p.a. - Ing. Petr Švec – Penta, Praha

Hexan p.a. – Ing. Petr Švec – Penta, Praha

Chlorid sodný čistý – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Síran sodný bezvodý Ph. Eur – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Toulen p.a. – VWR International s.a.s., Francie

## 9.3 Antioxidant

Rozmarýnový extrakt CO<sub>2</sub> – Mýdlový svět, Brumov-Bylnice

## 9.4 Standard

Standard SUPELCO<sup>TM</sup>37 Component FAME Mix Sigma Aldrich

## 9.5 Laboratorní přístroje a pomůcky

- RANCIMAT 892, Metrohm, Švýcarsko  
StabNet 1.1 software k hodnocení dat z Rancimatu
- Plynový chromatograf Shimadzu GC 14A s plamenoionizační detekcí (FID) – Shimadzu GmbH, Praha, s polární kolonou Agilent DB-WAX (25 m × 0,2 mm × 0,2 μm)  
CSW32 software k vyhodnocování dat z plynové chromatografie
- Běžné laboratorní sklo, analytické váhy a předvážky



Obrázek 13 Plynový chromatograf Shimadzu GC 14A s FID detekcí



Obrázek 14 Přístroj Rancimat Profesional 892

## 10 METODIKA

### 10.1 Příprava vzorků

Předmětem této analýzy byly vzorky meruňkového, šípkového, švestkového a malinového oleje značky Renovality. Vzorky každého oleje byly odlity do nádoby z fialového skla, další podíl do nádoby z čirého skla a třetí do nádoby ze skla čirého s přidávkem antioxidantu.

Použitý antioxidant byl rozmarýnový extrakt CO<sub>2</sub> ze společnosti [www.mydlovysvet.cz](http://www.mydlovysvet.cz), kdy navážka činila 0,3 %. Rozmarýnový extrakt je 100 % přírodní produkt získaný ze sušených listů rostliny *Rosmarinus officinalis*. Extrakt byl získán extrakcí superkritickým oxidem uhličitým a je smíchán se slunečnicovým olejem. Je silným přírodním antioxidantem a používá se na prodloužení životnosti kosmetických produktů. Doporučené dávkování v případě polynenasycených olejů je 0,2–0,4 %. Název dle INCI: Rosmarinus Officinalis Leaf Extract, Helianthus annuus Seed Oil. Množství rozmarýnového extraktu CO<sub>2</sub> přidaného rostlinnému oleji je uvedeno v tabulce 6. [58]

Takto nachystané oleje s různými způsoby skladování byly uloženy na polici v laboratoři za přístupu denního světla při laboratorní teplotě. Zbylé oleje, jež byly využity na měření plynovou chromatografií a na přístroji Rancimat, byly skladovány v lednici v původní nádobce z fialového skla při teplotě 5 °C.

Tabulka 6 Množství rozmarýnového extraktu CO<sub>2</sub> přidaného rostlinnému oleji.

Rostlinný olej	Navážka oleje [g]	Navážka AO [g]	Podíl AO [%]
Meruňkový olej	91,4417	0,2731	0,299
Šípkový olej	92,5416	0,2862	0,309
Švestkový olej	88,7355	0,2648	0,298
Malinový olej	85,8777	0,2640	0,307



Obrázek 15 Vzorky rostlinných olejů skladovaných v zábrusových Erlenmeyerových baňkách z čírého skla



Obrázek 16 Vzorky rostlinných olejů skladovaných v zábrusových Erlenmeyerových baňkách z čírého skla s přidaným antioxidantem

## 10.2 Analýza vybraných olejů pomocí plynové chromatografie

Prostřednictvím plynové chromatografie lze stanovit jednotlivé zastoupení mastných kyselin ve vzorcích olejů. Vzorky jednotlivých rostlinných olejů byly z důvodů špatné těkavosti převedeny na těkavější estery alkoholů s krátkým řetězcem, konkrétně na methyl-estery. Na plynové chromatografii byly prvotně analyzovány standardy mastných kyselin. Následně

byly analyzovány připravené vzorky methylesterů. Získané data retenčních časů z proměřených vzorků byly následně porovnány s retenčními časy standardů.

### 10.2.1 Methyl-esterifikace olejů pomocí methanolického hydroxidu draselného

Bylo naváženo přibližně 2 g vzorku rostlinného oleje s přesností 0,001 g do 100 ml varné baňky. Následně bylo přidáno do varné baňky ke vzorku 20 ml methanolu a 0,5 ml 1M KOH, do varné baňky byly v neposlední řadě přidány 2 až 3 varné kamínky. Směs byla vařena v předem nachystané aparatuře pod zpětným chladičem a na topném hnízdě alespoň 30 minut.

Po uplynutí reakční doby byla baňka ochlazená a reakční roztok byl převeden do dělicí nálevky. Varná baňka byla promyta 10 ml hexanu, který byl následně přidán k reakčnímu roztoku do dělicí nálevky spolu s 15 ml 20 % chloridu sodného. Tento celý obsah dělicí nálevky byl několikrát řádně protřepán. Vodná fáze byla oddělena do druhé dělicí nálevky a bylo k ní přidáno 5 ml hexanu, kdy byl opět obsah dělicí nálevky řádně protřepán a vodná a hexanová fáze se oddělila.

Oba hexanové podíly z první a druhé dělicí nálevky byly spojeny a bylo k nim přidáno 15 ml 20 % chloridu sodného s následným protřepáním. Po oddělení veškeré vodné fáze byla hexanová fáze vysušena v Erlenmeyerové baňce bezvodým síranem sodným. Získaný vysušený roztok byl přefiltrován přes papírový filtr a převeden do 5 ml odměrné baňky. Takto připravený roztok methyl-esterů byl na analýzu prostřednictvím plynové chromatografie naředěn v poměru 1 díl vzorku a 4 díly hexanu. Vycházelo se z postupu z laboratoří Chemie a technologie lipidů II., jež jsou dostupné z [www.kosmetika.ft.utb.cz](http://www.kosmetika.ft.utb.cz)

### 10.2.2 Analýza mastných kyselin plynovou chromatografií

Pro stanovení mastných kyselin byly analyzovány připravené vzorky methyl-esterů na plynovém chromatografu Shimadzu GC 14A s plamenově ionizační detekcí (FID) za využití polární kolony Agilent DB-WAX.

Na přístroji byly nastaveny parametry, kdy teplota nástřiku činila 225 °C a teplota detektoru 230 °C. Byl naprogramován gradient teploty kolony na ochlazení na teplotu 110 °C a finální teplotu 220 °C a čas měření 10 minut. Následně byly vpuštěny plyny v následujících pořadí a jejich tlaky činily u dusíku, což je nosný plyn a určuje průtok kolonou byl tlak 2,5 kg·cm<sup>-2</sup>, dále dusíku pro oplachování 0,5 kg·cm<sup>-2</sup>, vzduchu 0,3-0,5 kg·cm<sup>-2</sup> a vodíku 0,5 kg·cm<sup>-2</sup>. Poté byl zapálen plamen FID detektoru. Mikrostríkačkou byly nadávkovány

do injektoru 2  $\mu$ l analyzovaného vzorku a zvolených standardů. Před zahájením každého dalšího nástřiku bylo potřeba počkat na ochlazení přístroje na 110 °C. Prvotně byly nadávkovány a proměřeny standardy. V následném měření byly nadávkovány jednotlivé vzorky.

Spuštění měření na plynovém chromatografu bylo ihned spuštěno při nástřiku 2  $\mu$ l analyzovaného vzorku a zvolených standardů a současně i na počítači. Doba měření jednotlivých vzorků a standardů byla přibližně stejná a nepřesahovala 15 minut.

Prostřednictvím softwaru CSW32 byly vyhodnoceny retenční časy a plochy píků, prostřednictvím nichž byly klasifikovány a identifikovány všechny mastné kyseliny obsažené v jednotlivých vzorcích.

### 10.3 Stanovení peroxidového čísla jodometrickou titrací

Zprvu byl připraven roztok thiosíranu sodného ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), dichromanu draselného ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) a nasycený roztok jodidu draselného (KI). U thiosíranu sodného byla stanovena přesná koncentrace roztoku. Dále bylo u všech vzorků rostlinných olejů stanoveno peroxidové číslo.

#### 10.3.1 Stanovení přesné koncentrace 0,1 M thiosíranu sodného

Bylo odpipetováno 10 ml 0,01 N dichromanu draselného do Erlenmeyerovy baňky o objemu 100 ml, pomocí nedělené pipety. Do Erlenmeyerovy baňky byly dále přidány 2 ml koncentrované HCl a 1 ml nasyceného roztoku jodidu draselného. Erlenmeyerova baňka byla uzavřena zátkou, řádně promíchána a uložena do temna stát po dobu 5 minut. Po uplynutí doby bylo přidáno 20 ml destilované vody, pár kapek škrobového mazu (6 až 10 kapek) a roztok byl titrován odměrným roztokem 0,01 M thiosíranu sodného do odbarvení. Byly provedeny tři stanovení vedle sebe a přesná koncentrace 0,01 M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  byla vypočítána dle rovnice 1.

Rovnice 1 Výpočet přesné koncentrace

$$M = \frac{0,01 \cdot b}{a}$$

kde:

a – spotřeba 0,01 M roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  [ml]

b – objem 0,01 N  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  použitý ke stanovení [ml]



M – přesná koncentrace 0,01 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [M]

### 10.3.2 Vlastní stanovení peroxidového čísla

Na odměrných vahách bylo naváženo 1 až 1,5 g rostlinného oleje s přesností 0,0001 g do 250 ml Erlenmeyerovy baňky. Takto navážený vzorek byl rozpuštěn ve 25 ml směsi 1:1 chloroform:kyselina octová. Vzorek byl odebírán plastovou pipetou. Do Erlenmayerovy baňky k roztoku byl přidán 1 ml nasyceného roztoku KI. Baňka byla uzavřena skleněnou zátkou, řádně promíchána a uložena do temna stát po dobu 5 minut. Po uplynutí doby bylo k roztoku přidáno 75 ml destilované vody, 2 ml škrobového mazu a poté se roztok titroval odměrným roztokem 0,01 M thiosíranu sodného do odbarvení. Pro každý zvolený vzorek rostlinného oleje byly provedeny tři titrace. Titraci slepého pokusu byla provedena stejným postupem. Peroxidové číslo bylo vypočítáno dle rovnice 2.

Rovnice 2 Výpočet peroxidového čísla

$$P. \text{ č.} = \frac{1000 \cdot M \cdot (a - b)}{n}$$

kde:

M – přesná koncentrace 0,01 M Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [M]

a – spotřeba 0,01 M roztoku Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [ml]

b – spotřeba 0,01 M roztoku Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při slepém pokusu [ml]

n – navážka rostlinného oleje [g]

P.č. – hodnota peroxidového čísla [ $\mu\text{val} \cdot \text{g}^{-1}$  tuku]

## 10.4 Stanovení urychlené oxidace olejů metodou RANCIMAT

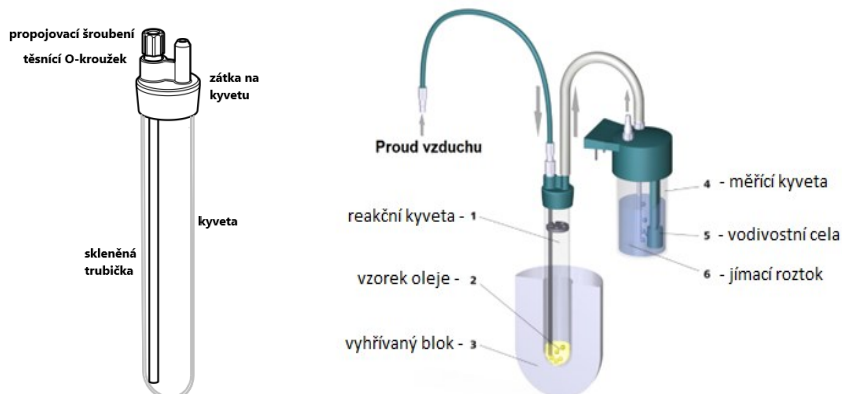
Stanovení urychlené oxidace vzorků rostlinných olejů bylo provedeno prostřednictvím přístroje Professional Rancimat 892 (Metrohm AG, Švýcarsko), který byl díky softwaru StabNet 1.1 řízen přes počítač.

Rancimat 892 je zařízení s osmi měřícími pozicemi, jež jsou uspořádány do dvou řad samostatně nastavitelných, tedy měření je možné provádět současně pro dva různé vzorky. U každého bloku se čtyřmi topnými pozicemi, lze nastavit jiná teplota měření. Výsledkem byly získány 4 indukční periody pro konkrétní vzorek při stejné teplotě. Na obrázku 17 lze vidět zařízení Rancimat 892 (Metrohm) při měření vzorků.



Obrázek 17 Zařízení Rancimat 892 (Metrohm) při měření vzorků

Do jednotlivých reakčních kyvet byly naváženy 3 gramy rostlinného oleje s přesností  $\pm 0,05$  g. Do každé měřicí kyvety bylo odměrným válcem nadávkováno 50 ml destilované vody. Následně byla celá aparatura s reakčními a měřicími kyvetami sestrojena společně se zařízením Rancimat 892 a propojena prostřednictvím trubiček a silikonových hadiček dle schématu. Schéma je přiloženo na obrázku 18 a obrázku 19. Celý přístroj byl ovládán prostřednictvím počítače s hardwarovým klíčem a programem StabNet 1.1.



Obrázek 18 Sestava reakční kyvety [59]    Obrázek 19 Úplná sestava pro měření [59]

Měření vzorků olejů bylo provedeno při 100–130 °C, kdy kontinuální průtok vzduchu byl nastaven na 20 l/h v reakčních nádobách. Do měřících nádob s 50 ml destilované vody byly jímány těkavé produkty oxidace a byla současně automaticky měřena vodivost. Koncentrace vznikajících produktů oxidace postupně navyšovala vodivost. Vodivost vody je měřena a následně vynesena do grafu, tím je získána typická křivka indukční doby, která je výsledkem urychlené oxidace.

## 11 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 11.1 Plynová chromatografie - zastoupení mastných kyselin

Zastoupení jednotlivých mastných kyselin bylo analyzováno u vzorků meruňkového, šípkového, švestkového a malinového oleje Renovality. Všechny oleje byly v originálních fialových lahvíčkách skladovány v lednici při teplotě 5 °C.

Nejprve byl změřen standard, jež byl použit SUPELCO™37 Component FAME Mix Sigma Aldrich a poté všechny čtyři vzorky po esterifikaci byly analyzovány pomocí plynové chromatografie.

V tabulce 7 je přehled retenčních časů standardu, zjištěných pomocí plynové chromatografie, které odpovídají jednotlivým mastným kyselinám. V tabulce jsou vypsány pouze ty retenční časy odpovídající mastným kyselinám, které se vyskytují u uvedených vzorcích rostlinného oleje. Prostřednictvím zjištěných retenčních časů standardu, byly porovnávány a vyhodnoceny konkrétní mastné kyseliny obsažené v analyzovaných vzorcích rostlinných olejů. Identifikované mastné kyseliny v konkrétních olejích jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 7 Retenční časy standardů a odpovídající MK

Mastná kyselina	Retenční čas [min]
Kyselina palmitová (C16:0)	9,40
Kyselina stearová (C18:0)	10,75
Kyselina olejová (C18:1), $\omega$ 9	10,91
Kyselina linolová (C18:2), $\omega$ 6	11,30
Kyselina $\alpha$ -linolenová (C18:3), $\omega$ 9	11,90
Kyselina arachová (C20:0)	12,55

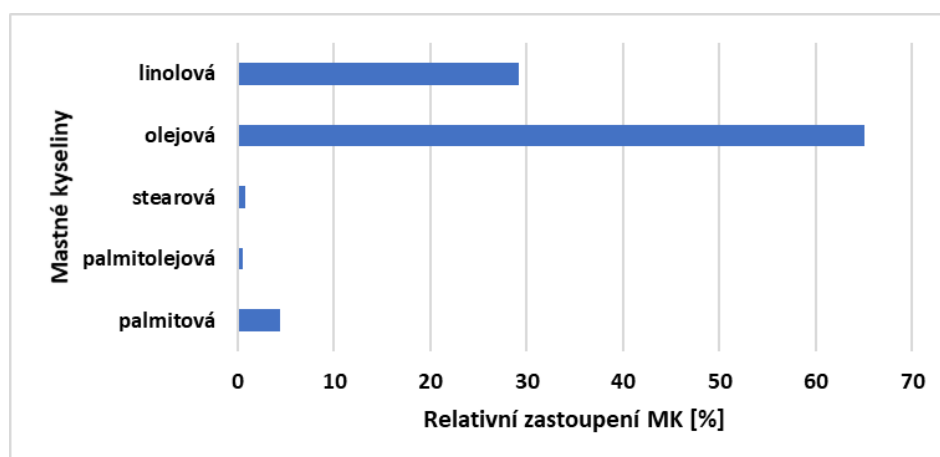
Tabulka 8 Relativní zastoupení mastných kyselin v olejích

Naměřené MK	Meruňkový olej [%]	Šípkový olej [%]	Švestkový olej [%]	Malinový olej [%]
Palmitová	4,4	6,9	5,4	2,8
Palmitolejová	0,6	–	0,7	–
Stearová	0,8	2,3	1,1	0,7
Olejová	65,0	42,2	71,1	19,8
Linolová	29,2	43,4	21,7	51,0
$\alpha$ -linolenová	–	2,2	–	25,6
Arachová	–	3,0	–	–

### 11.1.1 Meruňkový olej

Prostřednictvím získaných retenčních časů standardu byly porovnány signály v analyzovaném vzorku meruňkového oleje, přičemž bylo vyhodnoceno zastoupení jednotlivých mastných kyselin ve vzorku, které jsou uvedeny v tabulce 8 a přehledná graf je uveden na obrázku 20.

Ze získaných dat je patrné kyselina, že největší zastoupení z jednotlivých mastných kyselin má kyselina olejová v 65,0 %, další vyšší zastoupení má kyselina linolová v 29,2 % a jako třetí kyselina palmitová v 4,4 %. V minoritním množství je ve vzorku meruňkového oleje zastoupena kyselina stearová v 0,8 % a kyselina palmitolejová v 0,6 %.

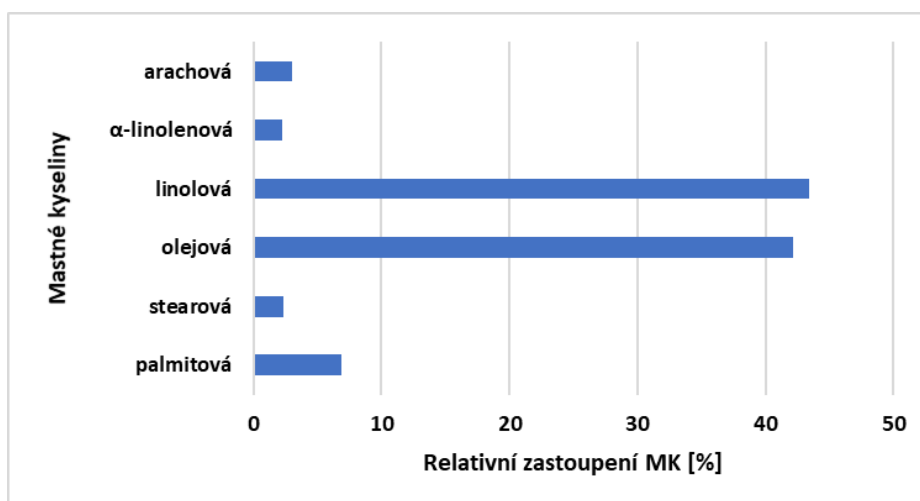


Obrázek 20 Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku meruňkového oleje

### 11.1.2 Šípkový olej

Prostřednictvím získaných retenčních časů standardu byly srovnány signály v analyzovaném vzorku šípkového oleje, jež bylo vyhodnoceno zastoupení jednotlivých mastných kyselin ve vzorku, které jsou uvedeny v tabulce 8 a přehledný graf je zobrazen na obrázku 21.

Ze získaných hodnot bylo zjištěno, že nejvyšší zastoupení ze zjištěných mastných kyselin má kyselina linolová v 43,4 % a druhá v nejvyšším zastoupení je kyselina olejová v 42,2 %, jako další je kyselina palmitová v 6,9 %. V minimálním zastoupením ve vzorku šípkového oleje je kyselina arachová v 3,0 %, dále kyselina stearová v 2,3 % a kyselina  $\alpha$ -linolenová v 2,2 %.

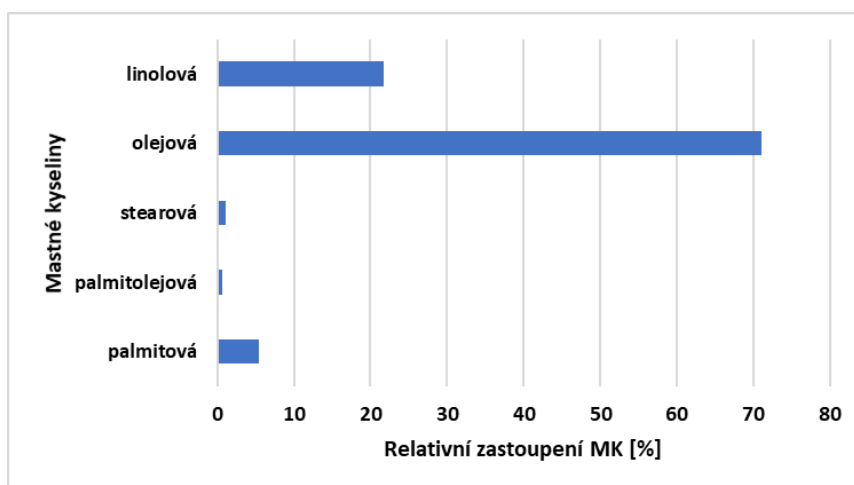


Obrázek 21 Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku šípkového oleje

### 11.1.3 Švestkový olej

Pomocí získaných retenčních časů standardu naměřených plynovou chromatografií bylo v porovnání s naměřenými signály analyzovaného vzorku švestkového oleje, vyhodnoceno celkové zastoupení jednotlivých mastných kyselin. Obsažené mastné kyseliny ve vzorku švestkového oleje a jejich retenční časy, výška a plocha píku jsou uvedené v tabulce 8. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin ve vzorku švestkového oleje je zobrazeno v grafu na obrázku 22.

Na základě zjištěných dat, je jisté, že nejvyšší zastoupení ze všech obsažených mastných kyselin je kyselina olejová v 71,1 %, další více zastoupenou MK je kyselina linolová v 21,7 % a dále pak kyselina palmitová v 5,4 %. V minoritním zastoupení ve vzorku švestkového oleje je kyselina stearová v 1,1 % a v nejnižším množství je kyselina palmitolejová v 0,7 %.

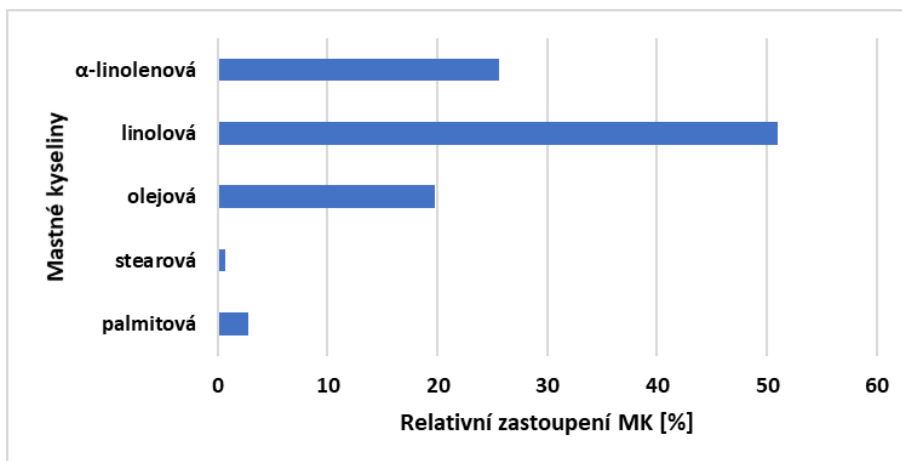


Obrázek 22 Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku švestkového oleje

#### 11.1.4 Malinový olej

Prostřednictvím získaných retenčních časů standardu naměřených plynovou chromatografií bylo v porovnání s naměřenými signály analyzovaného vzorku malinového oleje, vyhodnoceno celkové zastoupení jednotlivých mastných kyselin, jež jsou uvedeny v tabulce 8. Zastoupení jednotlivých mastných kyselin ve vzorku malinového oleje je zobrazeno v grafu na obrázku 23.

Na základě zjištěných dat, je patrné, že nejvyšší zastoupení z mastných kyselin má ve vzorku malinového oleje v 51,0 % kyselina linolová, další s vyšším obsahem ve vzorku má kyselina  $\alpha$ -linolenová a kyselina olejová v 19,8 %. V menším množství se ve vzorku vyskytuje kyselina palmitová v 2,8 % a v minoritním množství 0,7 % kyselina stearová.



Obrázek 23 Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku malinového oleje

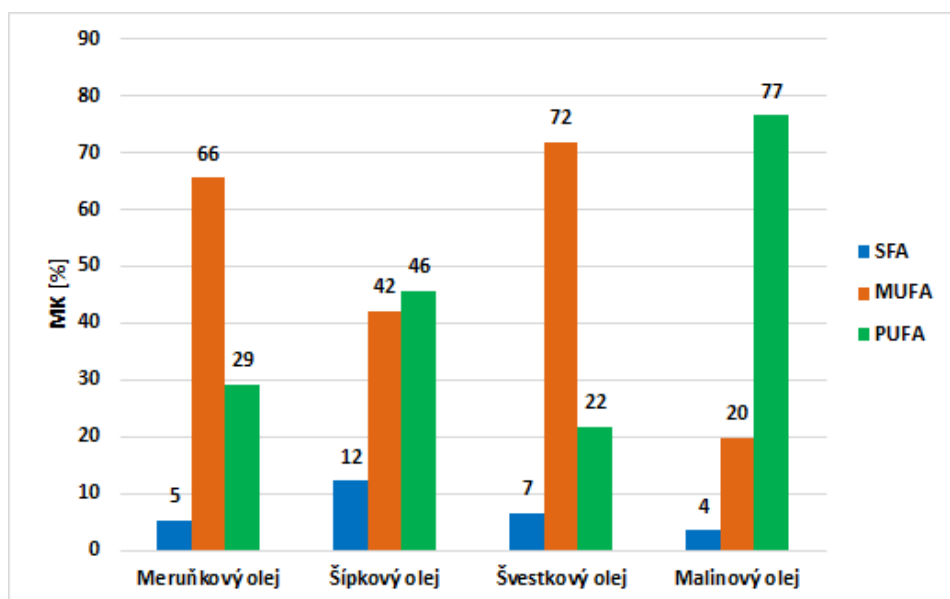
### 11.1.5 Celkový obsah mastných kyselin ve vzorcích

Po vyhodnocení nasycených a nenasycených MK, je v následující tabulce 9 provedeno srovnání všech vyskytujících MK jako sumy ve všech vzorcích olejů. V tabulce jsou uvedeny sumy mastných kyselin nasycených (SFA), mononenasycených (MUFA) a polynenasycených (PUFA). Takto přehledné procentuální zastoupení mastných kyselin lze poukázat k předběžným výsledkům o chování a vlastnostech rostlinného oleje ve vztahu k oxidační stabilitě, také k rychlejší představě o složení určitého oleje.

Tabulka 9 Výsledky procentuálního zastoupení MK ve vzorcích rostlinných olejů

	Meruňkový olej	Šípkový olej	Švestkový olej	Malinový olej
	Obsah [%]			
<b>SFA</b>	5,2	12,2	6,5	3,5
<b>MUFA</b>	65,6	42,2	71,8	19,8
<b>PUFA</b>	29,2	45,6	21,7	76,6





Obrázek 24 Porovnání obsahu zastoupení MK dle jejich nasycenosti ve vzorcích olejů

Na obrázku 24 je zobrazen graf porovnání obsahu zastoupení mastných kyselin dle jejich nasycenosti u vzorků rostlinných olejů. Jak je z grafu patrné všechny druhy olejů mají nízké hodnoty nasycených mastných kyselin (SFA). Dle porovnání olejů mají podobné zastoupení MK meruňkový a švestkový olej, kdy jsou si hodnoty MUFA a PUFA podobné. Šípkový olej má velmi blízké zastoupení MUFA 42 % a PUFA 46 %, je jediný ze vzorků, který má takto blízké zastoupení. Nejvíce nenasycený olej je se 77 % PUFA malinový olej. Předběžně by se dalo předpovídat, že nejpomaleji by mohl oxidovat olej švestkový a meruňkový, dále pak šípkový olej a k nejrychlejší oxidaci by mohlo docházet u vzorku malinového oleje. Tato předběžná předpověď je bez přihlédnutí k obsahu obsažených antioxidantů a k tomu, jak starý olej je.

V meruňkovém oleji je nejvyšší procentuální zastoupení monoenoových mastných kyselin MUFA v 65,6 % a odpovídá zastoupení, které je uvedeno v teoretické části práce v rozmezí 62–71 %. Dále vzorek obsahuje 29,2 % polyenoových mastných kyselin, které odpovídá s rozmezím 21–29 % PUFA, jež je uvedeno v teoretické části práce. Nejnižší procentuální zastoupení mají nasycené mastné kyseliny v 5,2 %, jež je velmi blízké rozmezí 6–9 % SFA uvedeném v teoretické části práce.

V šípkovém oleji je velmi blízké zastoupení monoenoových a polyenoových mastných kyselin, kdy hodnota PUFA je 45,6 % a hodnota MUFA 42,2 %, toto zastoupení je odlišné, než jak je uvedeno v teoretické práci. Procentuální zastoupení v teoretické části je uvedeno

v rozmezí 70–74 % a naše naměřené hodnoty jsou tedy nižší a zastoupení monoenoových mastných kyselin je v rozmezí 19–20 % a zde je procentuální zastoupení MUFA v oleji vyšší. Procentuální zastoupení SFA je v šípkovém oleji 12,2 % což je v porovnání s teoretickou částí vyšší zastoupení mastných kyselin, kdy je rozmezí uvedeno 6–10 %. Menší rozdíly v obsahu nasycených mastných kyselin u námi analyzovaného vzorku a se vzorky ze studie by mohly souviset například s podmínkami prostředí, kde původní surovina vyrostla.

Ve švestkovém oleji byl zjištěn vysoký obsah zastoupení mononenasycených mastných kyselin (MUFA) v 71,8 %, což skoro odpovídá rozmezí ve studii, které je uvedené v teoretické části práce, toto rozmezí činí 67–70 %. Další vyšší zastoupení ve vzorku švestkového oleje mají polynenasycené mastné kyseliny (PUFA), jejichž obsah ve vzorku je 21,7 %, který je opět skoro přibližný v porovnání se vzorky ve studii, jež rozmezí PUFA je 22–26 %. Nejnižší zastoupení ve vzorku mají nenasycené mastné kyseliny (SFA), u vzorku bylo zjištěno procentuální zastoupení v 6,5 %, jež je velmi podobné se vzorky uvedenými ve studii, které mají rozmezí SFA v 7–8 %.

V malinovém oleji byl zjištěn nejvyšší obsah zastoupení polynenasycených mastných kyselin (PUFA) v 76,6 %, v porovnání se studií je nepatrně vyšší v rozmezí 71–74 %. Dále mají vyšší zastoupení mononenasycené mastné kyseliny (MUFA) v 19,8 %, což odpovídá v porovnání se studií, jež má rozmezí 18–20 %. Nejnižší zastoupení ve vzorku malinového oleje mají nasycené mastné kyseliny, pouze v 3,5 %, ve studii uvedené v teoretické části je obsah nižší a rozmezí ze studie je 6–7 %.

## 11.2 Výsledky a stanovení peroxidového čísla

Stanovení peroxidového čísla bylo provedeno u všech vzorků meruňkového, šípkového, švestkového a malinového oleje Renovality. Peroxidové číslo bylo měřeno v čase, a to každý přibližně měsíc po dobu půl roku. Vzorky byly uchovávány na světle při laboratorní teplotě. Každý druh rostlinného oleje byl uchováván v originální lahvičce z fialového skla, další v Erlenmeyerově baňce z čírého skla a poslední v Erlenmeyerově baňce z čírého skla s přidávkem antioxidantu. Všechny tyto vzorky byly pravidelně jodometricky titrovány, a to třikrát vedle sebe pro stanovení peroxidového čísla s uvedenou směrodatnou odchylkou.

První měření bylo provedeno 14. 7. 2022 z nově otevřené originální lahvičky z fialového skla. Poslední měření bylo provedeno 6. 2. 2023. Dále byly vzorky nadávkovány z originálních balení do Erlenmeyerových baněk z čírého skla a do další lahvičky z čírého

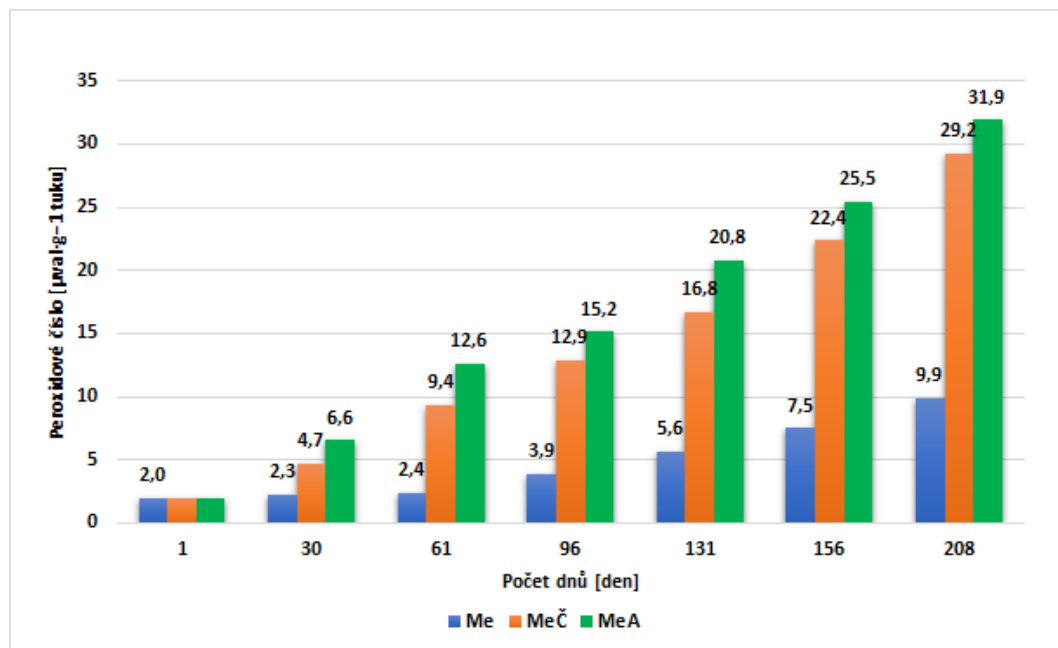
skla, kde byl navážen a přidán antioxidant. Použitý antioxidant byl rozmarýnový extrakt CO<sub>2</sub> ze společnosti [www.mydlovysvet.cz](http://www.mydlovysvet.cz), kdy navážka činila 0,3 %. Při následných měřeních byly již podrobeny všechny vzorky olejů stanovení peroxidového čísla.

### 11.2.1 Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků meruňkového oleje

Stanovení peroxidového čísla bylo provedeno u vzorků meruňkového oleje, jež byly uloženy dle výše uvedených skladovacích podmínek. Při prvním měření byl vzorek byl starý necelé dva měsíce a jeho hodnota peroxidového čísla činila 1,96  $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Vzorek meruňkového oleje, lze ze všech vybraných rostlinných olejů označit jako nejstabilnější. Již od prvního měření měl nejnižší hodnoty peroxidového čísla. U vzorku meruňkového oleje je patrné, že skladování ve fialovém skle je velmi účinné a oproti skladování ve skle čirém je poslední hodnota peroxidového čísla třikrát menší a činí 9,88  $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. V čirém skle hodnota peroxidového čísla stoupla na hodnotu 29,25  $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Vzorek meruňkového oleje s přidáním antioxidantem měl hodnotu peroxidového čísla nejvyšší a to 31,94  $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku, lze tedy posoudit, že antioxidant v tomto případě nebyl účinný, jak bylo předpokládáno. Hodnoty ze všech měření jsou uvedeny v tabulce 10 a přehledném grafu zobrazeném na obrázku. Dle získaných dat lze posoudit, že fialové sklo je účinné k zpomalení oxidace v meruňkovém oleji. Na obrázku 25 je zobrazen přehledný graf hodnot peroxidového čísla u vzorku meruňkového oleje při různých skladovacích podmínkách v čase.

Tabulka 10 Stanovení peroxidového u vzorku meruňkového oleje

Meruňkový olej		MeČ	Me	MeA
Pořadí měření	Počet dnů	[ $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku]		
1	1. den	1,96 ± 0,17	1,96 ± 0,17	1,96 ± 0,17
2	30. den	4,69 ± 0,42	2,28 ± 0,22	6,57 ± 0,10
3	61. den	9,38 ± 0,43	2,42 ± 0,25	12,60 ± 0,24
4	96. den	12,92 ± 0,77	3,90 ± 0,67	15,17 ± 0,62
5	131. den	16,75 ± 0,84	5,63 ± 0,16	20,81 ± 0,79
6	156. den	22,35 ± 0,48	7,49 ± 0,40	25,46 ± 0,42
7	208. den	29,25 ± 0,49	9,88 ± 0,50	31,94 ± 0,88



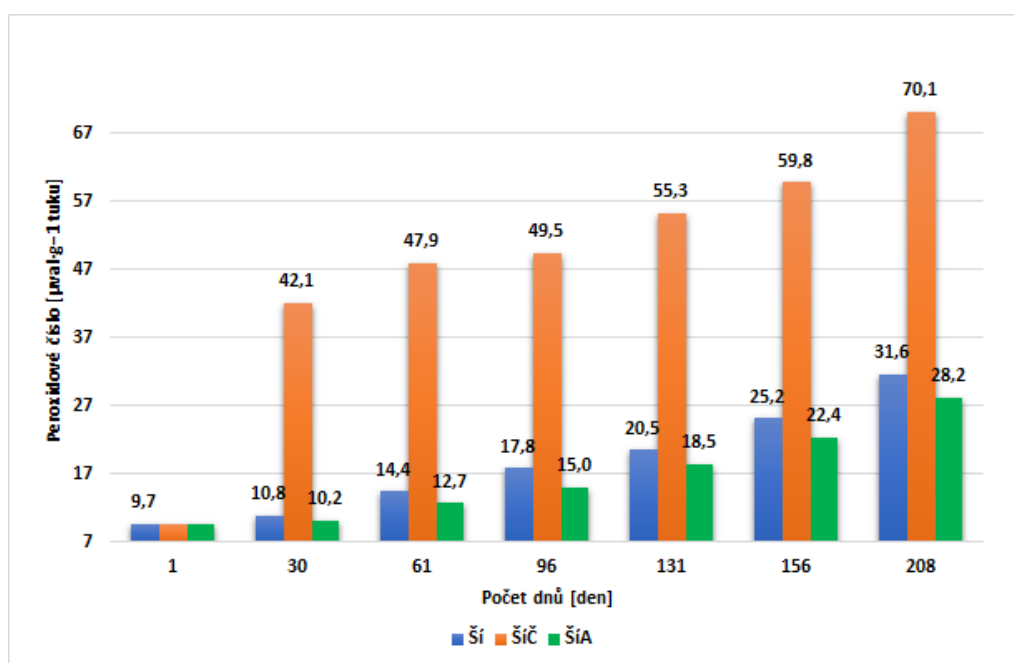
Obrázek 25 Přehled výsledků měření peroxidového čísla u meruňkového oleje

### 11.2.2 Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků šípkového oleje

Vzorek šípkového oleje byl stejně jako ostatní vzorky skladován ve třech podmínkách, jež jsou uvedeny výše. Přehled všech naměřených výsledků je uvedený v tabulce 11. Vzorek šípkového oleje byl starý zhruba měsíc při prvním měření a hodnota peroxidového čísla činila  $9,71 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Dle tabulky je patrné, že nejvíce stabilní olej byl v lahvičce s přidaným antioxidantem a jeho hodnota peroxidového čísla činila  $28,24 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Podobně na tom byl i vzorek šípkového oleje uskladněný v originální lahvičce z fialového skla a jeho hodnota peroxidového čísla při posledním měření činila  $31,64 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku, což není v porovnání tak velký rozdíl. Nejnižší stabilitu vykazoval vzorek oleje skladován ve skle čirém, kdy se jeho hodnota peroxidového čísla nejvíce zvýšila, a to ze všech analyzovaných vzorků rostlinných olejů a jeho peroxidové číslo činilo při posledním měření  $70,13 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Lze tedy konstatovat, že vzorek šípkového je v čirém skle ze všech olejů nejméně stabilní a dochází rychleji k oxidaci. Dle získaných dat lze posoudit, že přidavek antioxidantu do šípkového oleje zpomalil oxidaci a vznik oxidačních produktů, ale i skladování vzorku ve fialovém skle, lze hodnotit jako účinné. Na obrázku 26 je zobrazen přehledný graf hodnot peroxidového čísla pro vzorky šípkového oleje.

Tabulka 11 Stanovení peroxidového u vzorku šípkového oleje

Šípkový olej		Šíč	Ší	ŠíA
Pořadí měření	Počet dnů	[ $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku]		
1	1. den	9,71 ± 0,61	9,71 ± 0,61	6,71 ± 0,61
2	30. den	42,05 ± 0,91	10,84 ± 0,35	10,23 ± 0,10
3	61. den	47,94 ± 0,25	14,39 ± 0,07	12,68 ± 0,06
4	96. den	49,46 ± 0,38	17,84 ± 0,16	15,03 ± 0,43
5	131. den	55,29 ± 0,39	20,50 ± 0,34	18,51 ± 0,63
6	156. den	59,80 ± 0,79	25,15 ± 0,39	22,41 ± 0,15
7	208. den	70,13 ± 0,30	31,64 ± 0,40	28,24 ± 0,64



Obrázek 26 Přehled výsledků měření peroxidového čísla u šípkového oleje

Na obrázku 27 lze vidět změnu v barvě oleje, který byl uskladněn déle jak 6 měsíců ve skle čirém a druhý ve skle čirém s přidáním antioxidantem. Vzorek šípkového oleje pomalu ztrácí svou sytou oranžovou barvu. Lze pozorovat, že vzorek šípkového oleje uskladněný v čirém skle bez přidání antioxidantu je světlejší než po přidání antioxidantu.



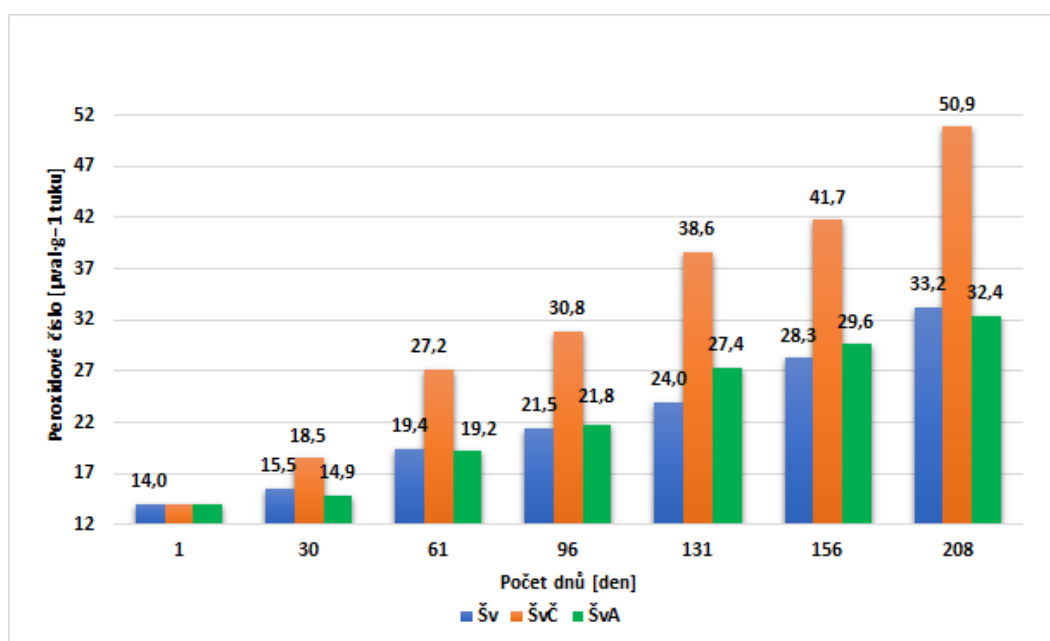
Obrázek 27 Rozdíl v barvě u vzorku šípkového oleje skladovaného ve skle čirém (vlevo) a ve skle čirém s přidaným antioxidantem (vpravo)

### 11.2.3 Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků švestkového oleje

Stanovení peroxidového čísla švestkového oleje bylo provedeno stejně jako u ostatních vzorků rostlinných olejů, vzorky švestkového oleje byly uskladněny v originální lahvičce z fialového skla, dále v lahvičce ze skla čirého a poslední vzorek byl uskladněn v čiré lahvičce s přidaným antioxidantem. Při prvním měření činilo peroxidové číslo  $13,99 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Nejvíce stabilní a nejčerstvější byl vzorek švestkového oleje uskladněný v lahvičce s přidaným antioxidantem, přičemž peroxidové číslo činilo  $32,42 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Nepatrně zvýšené bylo peroxidové číslo u vzorku švestkového oleje uskladněného v lahvičce z fialového skla a jeho hodnota činila  $33,23 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Nejméně čerství a stabilní byl vzorek švestkového oleje uskladněný pouze ve skle čirém a jeho peroxidové číslo činilo  $50,87 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Všechny získané výsledky jsou přehledně uvedeny v tabulce 12. Dle získaných dat je možné vyhodnotit, že vzorek švestkového oleje byl nejvíce stabilní při skladování v lahvičce s přidaným antioxidantem, jelikož jsou si hodnoty peroxidového čísla podobné spolu s výsledky oleje uskladněného v originální lahvičce z fialového skla, lze posoudit, že i tento způsob skladování je účinný a dochází ke zpomalení oxidace. Na obrázku 28 je zobrazen přehledný graf hodnot peroxidového čísla u vzorku švestkového oleje při různých skladovacích podmínkách v čase.

Tabulka 12 Stanovení peroxidového u vzorku švestkového oleje

Švestkový olej		ŠvČ	Šv	ŠvA
Pořadí měření	Počet dnů	[ $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku]		
1	1. den	$13,99 \pm 0,16$	$13,99 \pm 0,16$	$13,99 \pm 0,16$
2	30. den	$18,46 \pm 0,35$	$15,49 \pm 0,53$	$14,88 \pm 0,14$
3	61. den	$27,17 \pm 0,79$	$19,45 \pm 0,65$	$19,19 \pm 0,07$
4	96. den	$30,84 \pm 0,76$	$21,48 \pm 0,38$	$21,79 \pm 0,38$
5	131. den	$38,64 \pm 0,49$	$23,95 \pm 0,19$	$27,36 \pm 0,25$
6	156. den	$41,74 \pm 0,24$	$28,27 \pm 0,41$	$29,61 \pm 0,26$
7	208. den	$50,87 \pm 0,13$	$33,23 \pm 0,65$	$32,42 \pm 0,84$



Obrázek 28 Přehled výsledků měření peroxidového čísla u švestkového oleje

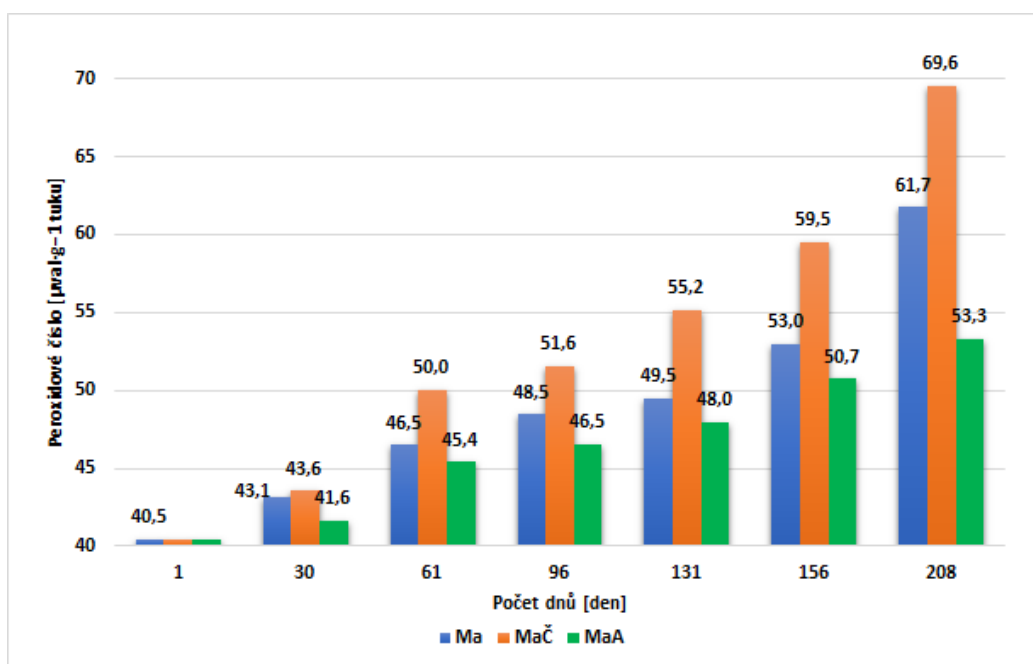
#### 11.2.4 Vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků malinového oleje

U vzorku malinového oleje byla provedeno peroxidové číslo stejným způsobem jako u předchozích olejů. Vzorky malinového oleje byly skladovány v originální lahvičce z fialového skla, další v lahvičce z čírého skla a do lahvičky z čírého skla s přidaným antioxidantem. Při prvním měření jodometrickou titrací peroxidového čísla hodnota činila již  $40,47 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Jelikož olej nebyl čerstvý, ale jeho stáří bylo na počátku pokusu 14 měsíců, což jsme nevěděli a dodavatel nám tuto informaci sdělil později, předpovídali jsme vyšší hodnotu peroxidového čísla. Nejvíce stabilní byl vzorek oleje v číré nádobce s přidaným antioxidantem a jeho peroxidové číslo činilo  $53,31 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Účinek

antioxidantu je zřetelný a zpomaluje oxidaci. Vzorek malinového oleje, jež byl uskladněný v originální nádobce ze skla fialového měl peroxidové číslo  $61,75 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku, při posledním měření a v nádobce z čirého skla měl peroxidové číslo  $59,52 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Z naměřených dat je patrné, že přídavek antioxidantu je účinný a dochází ke zpomalení oxidace a vzniku oxidačních produktů. Účinnost nádobky z fialového skla je také odpovídající na dobu stáří vzorku oleje. U vzorku malinového oleje v čiré nádobce nedochází k výraznější oxidaci oproti dalších uskladněných vzorků. Přehled všech měření je uvedený v tabulce 13. Na obrázku 29 je zobrazen přehledný graf hodnot peroxidového čísla u vzorku malinového oleje při různých skladovacích podmínkách v čase.

Tabulka 13 Stanovení peroxidového u vzorku malinového oleje

Malinový olej		MaČ	Ma	MaA
Pořadí měření	Počet dnů	[ $\mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$ tuku]		
1	1. den	$40,47 \pm 0,27$	$40,47 \pm 0,27$	$40,47 \pm 0,27$
2	30. den	$43,56 \pm 0,93$	$43,11 \pm 0,14$	$41,63 \pm 0,46$
3	61. den	$50,01 \pm 0,49$	$46,50 \pm 0,27$	$45,42 \pm 0,46$
4	96. den	$51,60 \pm 0,19$	$48,45 \pm 0,11$	$46,53 \pm 0,59$
5	131. den	$55,18 \pm 1,10$	$49,52 \pm 0,18$	$47,98 \pm 0,41$
6	156. den	$59,52 \pm 0,54$	$52,98 \pm 0,75$	$50,74 \pm 0,28$
7	208. den	$69,57 \pm 0,27$	$61,75 \pm 1,14$	$53,31 \pm 0,12$



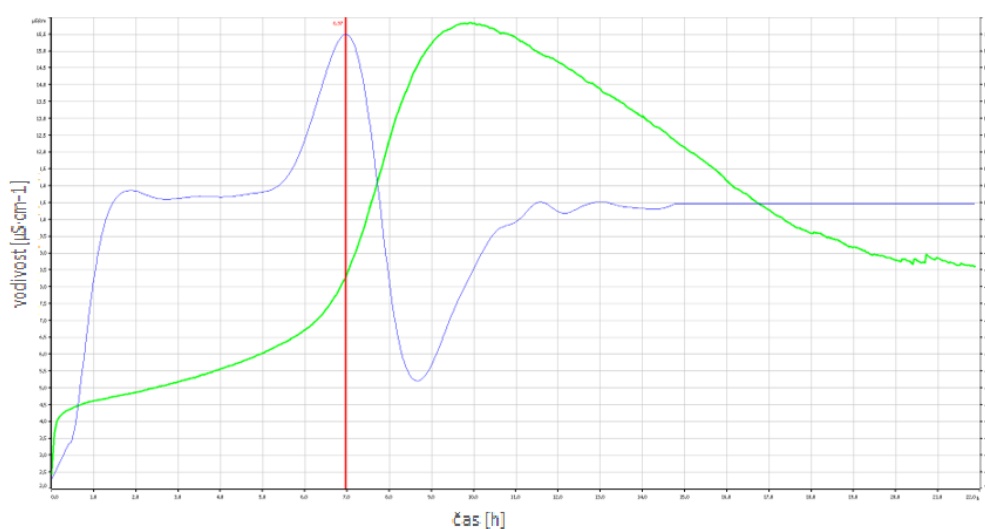
Obrázek 29 Přehled výsledků měření peroxidového čísla u malinového oleje



### 11.3 Výsledky a stanovení oxidační stability přístrojem Rancimat

Urychlená oxidace byla provedena u všech olejů Renovality prostřednictvím přístroje Rancimat 892 (Metrohm). Navážky všech analyzovaných vzorků olejů byly 3 gramy rostlinného oleje s přesností  $\pm 0,05$  gramu. Vzorky byly měřeny při různých teplotách. Rozmezí teplot, při kterém probíhalo měření bylo od 100 °C do 130 °C, dle stability oleje. Nejvíce měření bylo provedeno u vzorku meruňkového oleje, jelikož byl za testovaných podmínek nejstabilnější. Nejvyšší teplota, které byl podroben, byla 130 °C.

K urychlené oxidaci dochází prostřednictvím kontinuálním průchodem vzduchu přes analyzovaný vzorek a současným zahříváním reakční nádoby. V nádobě s destilovanou vodou byly jímány vzniklé oxidační produkty, jež postupným nárůstem koncentrace ve vodě zvyšovaly vodivost. Indukční perioda či čas je doba, která uplynula do vzniku oxidačních produktů, tato indukční perioda byla automaticky zaznamenána do tabulky softwarem StabNet přístroje. Analýza byla automaticky přístrojem či manuálně ukončena. Konečné hodnoty indukční periody byla uvedeny v tabulce v hodinách, přičemž grafy indukční časy vyhodnocovaly v sekundách. Naměřené hodnoty vodivosti byly v grafu zaznamenány v jednotkách  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Výstupem analýzy byl graf, který je ukázán na obrázku 30. V grafu je znázorněna křivka s narůstající vodivostí zelenou barvou, dále je znázorněna její druhá derivace křivkou modré barvy a jako poslední je znázorněna indukční perioda červenou svislou linkou.



Obrázek 30 Ukázka grafu z měření švestkového oleje při 100 °C na přístroji Rancimat 892

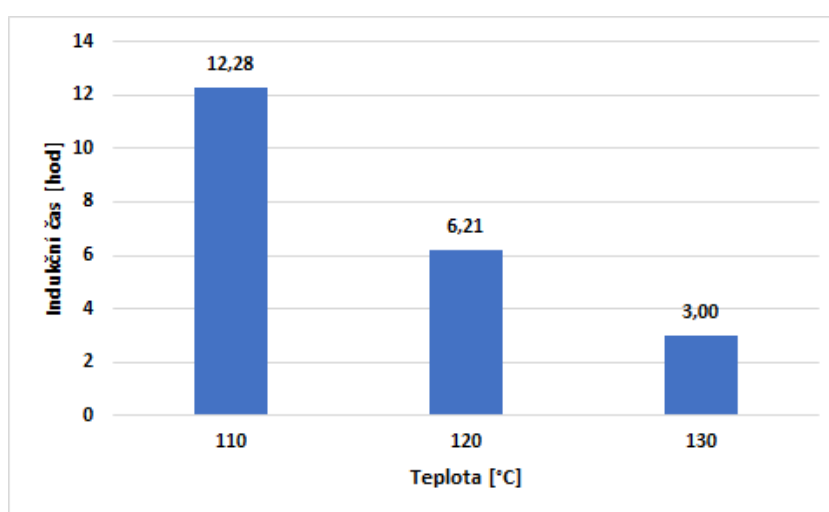
Chtěla bych moc poděkovat kolegyni Bc. Janě Hudečkové, která mi pomohla s měřením některých vzorků olejů, které naměřila na přístroji Rancimat 892 a tyto data mi poskytla pro uvedení v této diplomové práci.

### 11.3.1 Vyhodnocení oxidační stability u meruňkového oleje

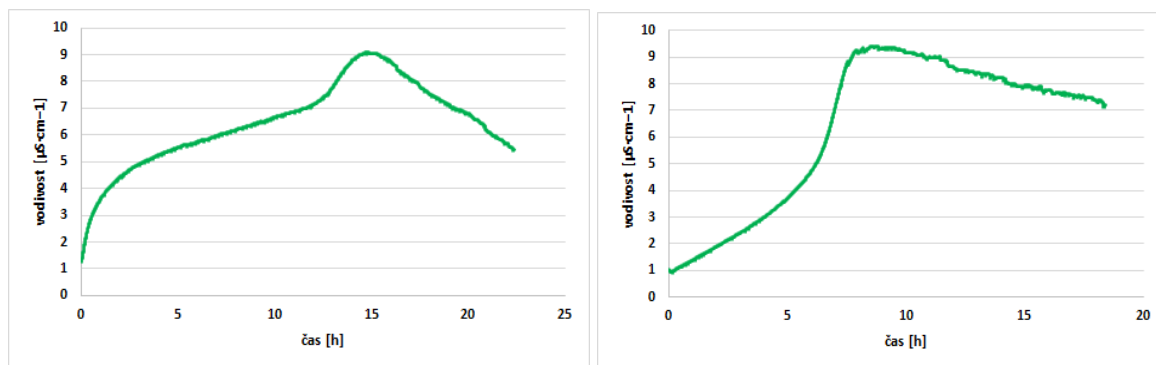
Všechny výsledky indukčních časů analyzovaného vzorku meruňkového oleje, jsou zaznamenané v tabulce 14 jako průměry čtyř měření za stejné teploty. Některé indukční periody nebylo možné vyhodnotit softwarem či manuálně operátorem, z tohoto důvodu jsou v tabulce zaznamenány jako N (nevyhodnoceno). Meruňkový olej, byl ze všech vzorků nejvíce stabilní proto jeho měření probíhalo při vyšších teplotách a to při 110 °C až 130 °C. Při 110 °C byla indukční perioda velmi dlouhá o to přes 12 hodin. Nejrychleji došlo k tvorbě oxidačních produktů při teplotě 130 °C a to v průměru za 3 hodiny. V tabulce 14 jsou zapsány všechny výsledné indukční periody vzorku meruňkového oleje a jsou graficky znázorněny na obrázku 31. Na obrázku 32 jsou uvedeny grafické znázornění vodivosti na čase při měření oxidační stability přístrojem Rancimat 892 při teplotě 110 °C a 120 °C.

Tabulka 14 Výsledné indukční časy vzorku meruňkového oleje při teplotách 110 až 130 °C

T [°C]		1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	PR±SMVO
110	IT [hod]	11,39	12,55	12,41	12,78	<b>12,28±0,61</b>
120	IT [hod]	6,39	N	5,91	6,34	<b>6,21±0,26</b>
130	IT [hod]	3,13	2,69	3,00	3,17	<b>3,00±0,22</b>



Obrázek 31 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku meruňkového oleje



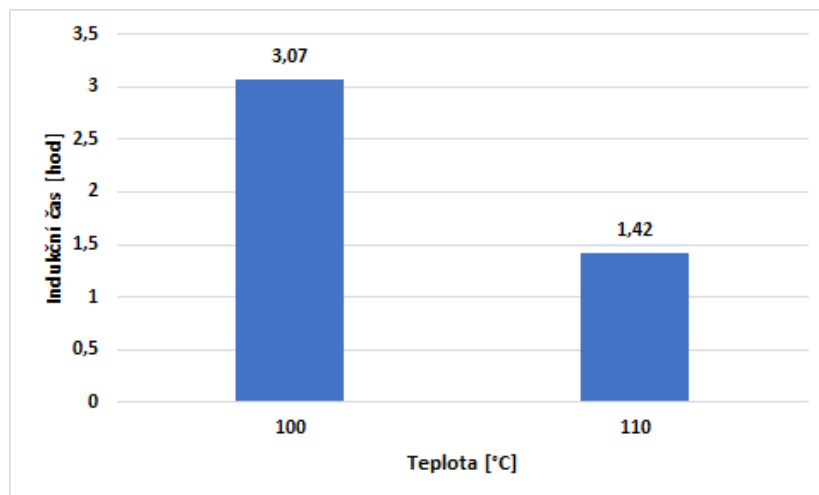
Obrázek 32 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku meruňkového oleje Renovality při teplotě 110 °C (vlevo) a při teplotě 120 °C (vpravo)

### 11.3.2 Vyhodnocení oxidační stability u šípkového oleje

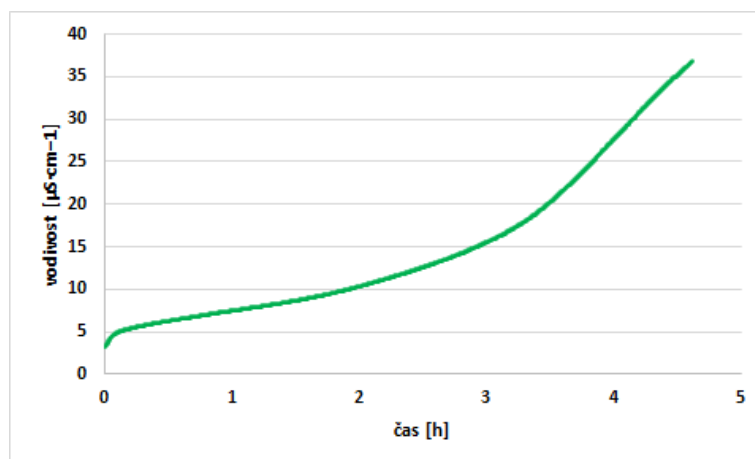
Všechny výsledky indukčních časů naměřených přístrojem Rancimat 892 analyzovaného vzorku šípkového oleje, jsou zaznamenány v tabulce 15 jako průměry čtyř měření za stejné teploty. U analyzovaného vzorku šípkového oleje došlo nejrychleji k urychlené oxidaci a tvorbě oxidačních produktů, ze všech vzorků rostlinných olejů. Při teplotě 110 °C činila indukční perioda pouze zhruba 1 hodinu a půl, jež tedy docházelo k rychle tvorbě oxidačních produktů. Při dalším měření a teplotě 100 °C byla tvorba oxidačních produktů pomalejší a indukční perioda byla okolo 3 hodin. V tabulce 15 jsou zapsány všechny výsledky měření vzorku šípkového oleje a jsou graficky znázorněny na obrázku 33. Na obrázku 34 je uvedeno grafické znázornění vodivosti na čase při měření oxidační stability přístrojem Rancimat 892 při teplotě 100 °C.

Tabulka 15 Výsledné indukční časy vzorku šípkového oleje při teplotách 100 a 110 °C

T [°C]		1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	PR±SMVO
100	IT [hod]	3,35	2,97	2,58	3,36	3,07±0,37
110	IT [hod]	1,37	1,05	1,61	1,66	1,42±0,28



Obrázek 33 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku šípkového oleje



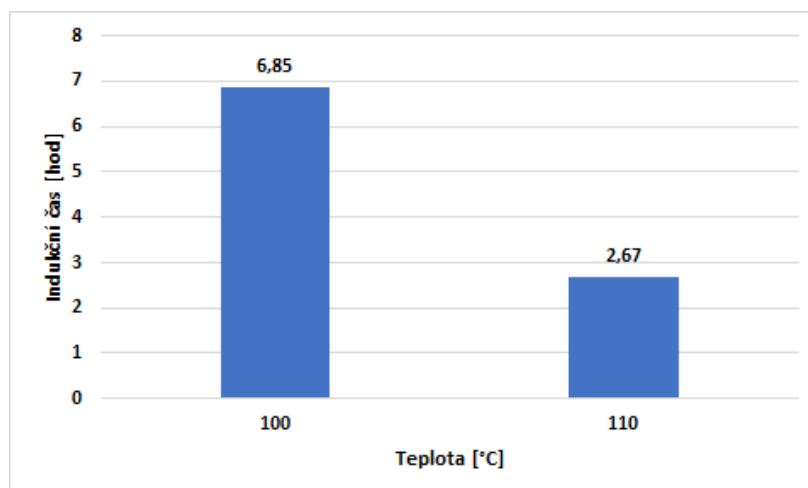
Obrázek 34 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku šípkového oleje Renovality při teplotě 100 °C

### 11.3.3 Vyhodnocení oxidační stability u švestkového oleje

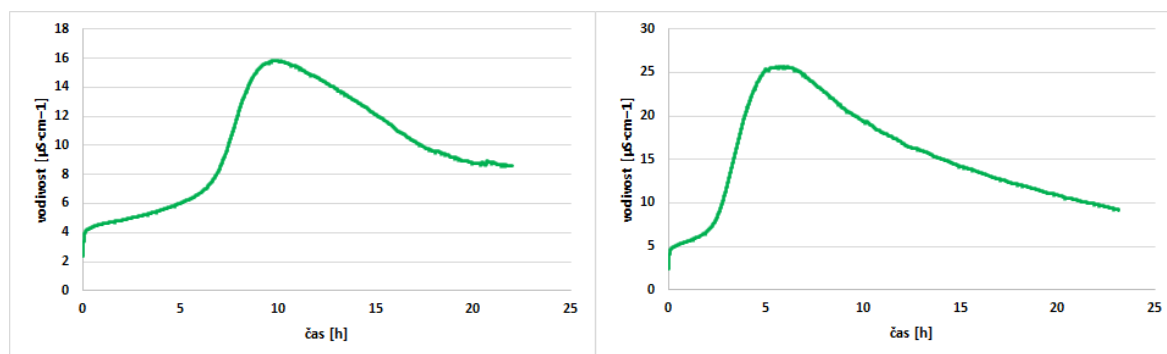
Všechny výsledky indukčních časů naměřených přístrojem Rancimat 892 analyzovaného vzorku švestkového oleje, jsou zaznamenány v tabulce 16 jako průměry čtyř měření za stejné teploty. K tvorbě oxidačních produktů došlo rychleji při vyšší teplotě 110 °C a indukční perioda trvala přes 2 hodiny. U teploty 100 °C došlo k tvorbě oxidačních produktů později, vlivem nižší teploty a zde byla indukční perioda přes 6 hodin. V tabulce 16 jsou zapsány všechny výsledky měření vzorku švestkového oleje a jsou graficky znázorněny na obrázku 35. Na obrázku 36 jsou uvedeny grafické znázornění vodivosti na čase při měření oxidační stability přístrojem Rancimat 892 při teplotě 100 °C a 110 °C.

Tabulka 16 Výsledné indukční časy vzorku švestkového oleje při teplotách 100 a 110 °C

T [°C]		1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	PR±SMVO
100	IT [hod]	7,44	7,02	6,97	5,98	6,85±0,62
110	IT [hod]	2,9	2,56	3,15	2,05	2,67±0,48



Obrázek 35 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku švestkového oleje



Obrázek 36 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku švestkového oleje Renovality při teplotě 100 °C (vlevo) a při teplotě 110 °C (vpravo)

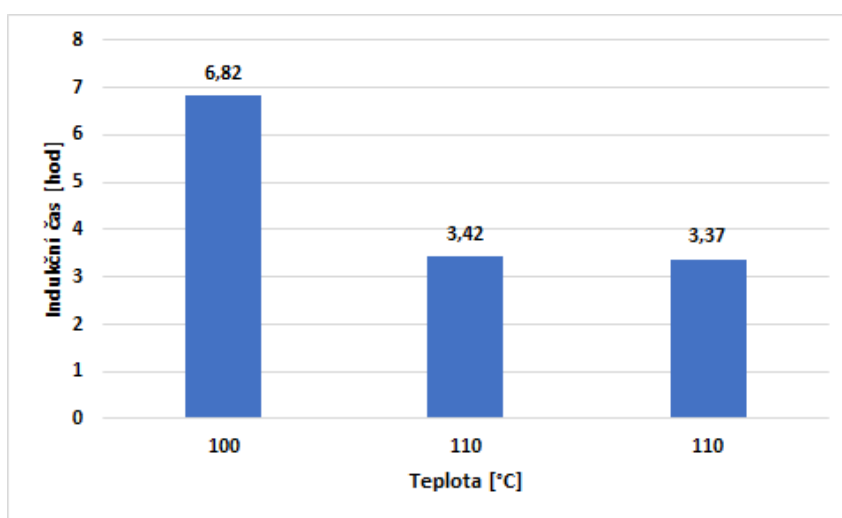
#### 11.3.4 Vyhodnocení oxidační stability u malinového oleje

Všechny výsledky indukčních časů analyzovaného vzorku malinového oleje, jsou zaznamenané v tabulce 17 jako průměry čtyř měření za stejné teploty. Některé ze vzorků byly proměřeny pouze ve dvou měřeních z důvodu analyzování dvou vzorků při jedné teplotě. U vzorku malinového oleje byla proměřena oxidační stabilita oleje při teplotě 110 °C v 6 měřeních a při teplotě 100 °C pouze ve 2 měřeních. Při teplotě 110 °C vznikaly oxidační

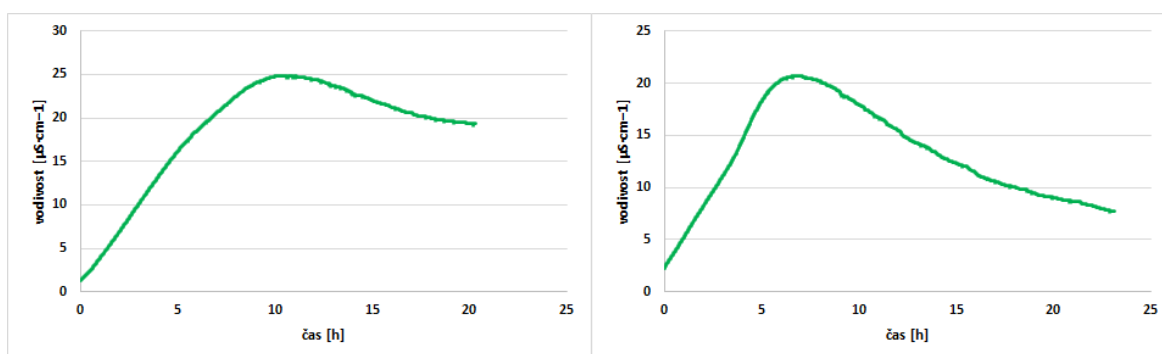
produkty pomalu, kdy indukční perioda byla přes 6 hodin. Oxidační produkty vznikaly rychleji při vyšší teplotě 110 °C, kdy indukční perioda činila přes 3 hodiny. V tabulce 17 jsou zapsány všechny výsledky měření vzorku malinového oleje a jsou graficky znázorněny na obrázku 37. Na obrázku 38 jsou uvedeny grafické znázornění vodivosti na čase při měření oxidační stability přístrojem Rancimat 892 při teplotě 100 °C a 110 °C.

Tabulka 17 Výsledné indukční časy vzorku malinového oleje při teplotách 100 a 110 °C

T [°C]		1.měření	2.měření	3.měření	4.měření	PR±SMVO
100	IT [hod]	7,1	6,53			6,82±0,40
110	IT [hod]	N	3,22	3,44	3,6	3,42±0,19
110	IT [hod]	3,49	3,24			3,37±0,18



Obrázek 37 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku malinového oleje

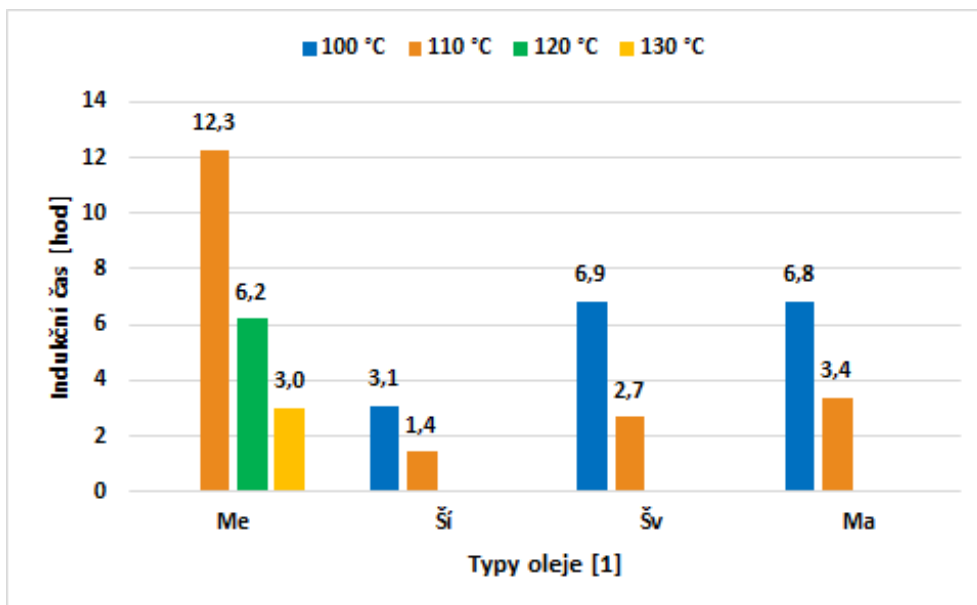


Obrázek 38 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku malinového oleje Renovality při teplotě 100 °C (vlevo) a při teplotě 110 °C (vpravo)

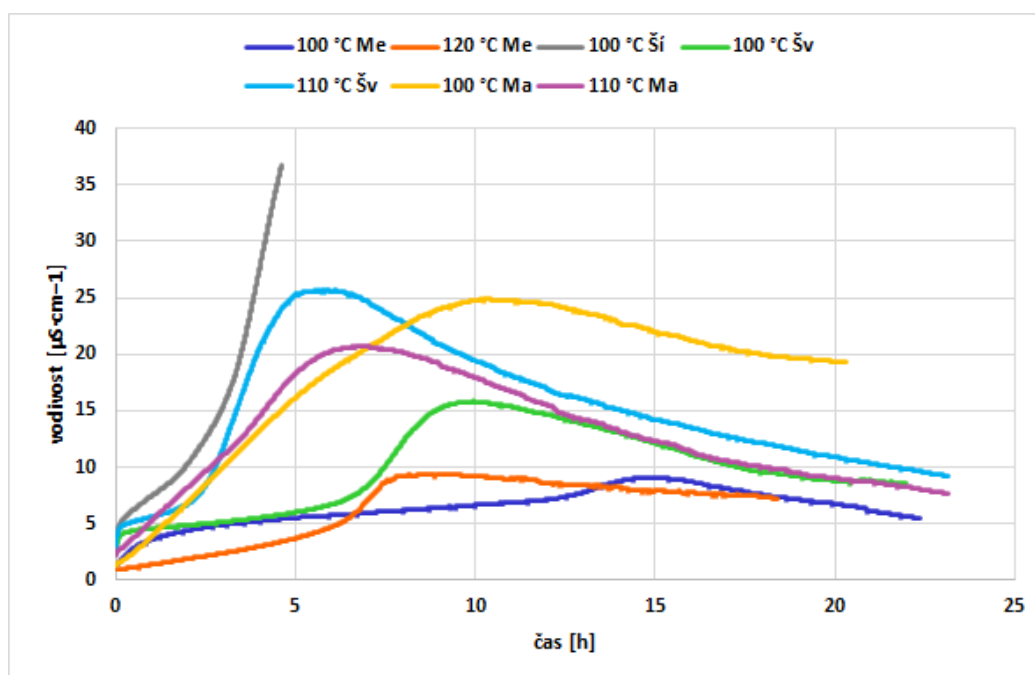
## 11.4 Přehled měření oxidační stability u rostlinných olejů

Důležitým ukazatelem kvality rostlinných olejů je oxidační stabilita olejů. Oleje s vysokým obsahem polyenových mastných kyselin vykazují nižší stabilitu oleje, naopak oleje s vysokým obsahem nasycených mastných kyselin vykazují vyšší stabilitu olejů. Přehled celkového zastoupení MK ve všech vzorcích rostlinných olejů je uveden v tabulce 9 a na obrázku 24. Všechny analyzované oleje měly nízký obsah nasycených mastných kyselin (SFA), přesto nejvyšší zastoupení SFA ze vzorků měl v 12,2 % šípkový olej. Všechny naše oleje mají vyšší podíl nenasycených mastných kyselin než nasycených. Nejvyšší obsah mononenasycených mastných kyselin (MUFA) měl švestkový olej se 71,8 %, z toho nejvíce obsahoval kyselinu olejovou se 71,1 %. Meruňkový olej měl vysoký obsah MUFA se 65,6 % z toho převážně obsahoval kyselinu olejovou v 64,8 %. Nejvíce polyenových mastných kyselin (PUFA) obsahoval vzorek malinového oleje se 76,6 %, z toho převážně obsahoval kyselinu linolovou v 51,0 %

Velmi dobrou stabilitu při urychlené oxidaci měl meruňkový olej, a to i přes to, že měl vysoký obsah MUFA. Jak již bylo zmíněno při teplotě 110 °C vznikaly oxidační produkty ve větším množství až po 12 hodinách. Při urychlené oxidaci vznikaly oxidační produkty velmi rychle při 110 °C po 1 hodině u vzorku šípkového oleje. Šípkový olej má vysoké množství nenasycených mastných kyselin, a to jak MUFA, tak i PUFA. Všechny oleje byly proměřeny při více teplotách, jelikož byl meruňkový olej nejvíce oxidačně stabilní, byl podroben urychlené oxidaci i při 120 °C a 130 °C. Z obrázku 39, jež obsahuje přehledný graf všech rostlinných olejů při urychlené oxidační stabilitě a je patrné, že se vzrůstající teplotou dochází k rychlejší oxidaci a vzniku oxidačních produktů. Na obrázku je uvedeno grafické znázornění vodivosti na čase u vzorků rostlinných olejů.



Obrázek 39 Přehledný graf urychlené oxidace závislosti indukční periody na teplotě pro vzorky rostlinných olejů



Obrázek 40 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorků rostlinných olejů Renovality

Po vyhodnocení peroxidového čísla je patrné, že nejvíce stabilní je meruňkový olej. Po porovnání oxidační stability při různých skladovacích podmínkách je jisté, že nejrychleji dochází k oxidaci při skladování v čirém skle za přístupu světla. Za nejméně stabilní, lze považovat olej šípkový skladovaný ve skle čirém, jeho hodnota peroxidového čísla

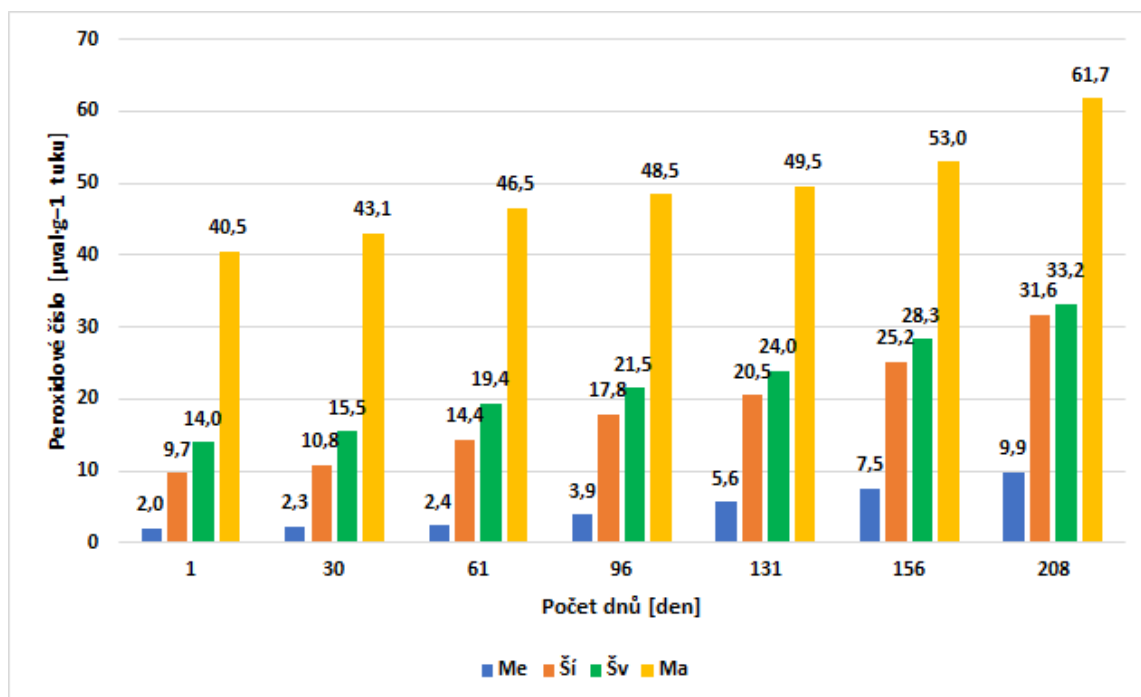


se od prvního měření nejvíce zvýšila. Ale také u vzorku šípkového oleje je prokázáno, že jak přidáním antioxidantu, tak i skladováním vzorku ve fialovém skle, se významně zpomalí průběh oxidace.

U stanovení peroxidového čísla, byla potvrzeno, že fialové sklo je účinné a opravdu zpomaluje oxidaci a vznik oxidačních produktů. Na obrázku 42 je zobrazen přehledný graf, všech analyzovaných rostlinných olejů při skladování ve fialovém skle a jejich hodnota peroxidového čísla v průběhu času. Tyto skladovací podmínky ve skle fialovém jsou nejvhodnější pro vzorek meruňkového oleje, z analyzovaných rostlinných olejů. V porovnání s ostatními oleji je zvýšení hodnoty peroxidového čísla od prvotního měření dvakrát menší, tedy k oxidaci dochází nejpomaleji. Využití fialového skla je také vhodné pro ostatní oleje, které byly analyzovány, a to jak pro šípkový, malinový tak i švestkový olej. U těchto tří vzorků olejů jsou sice hodnoty peroxidového čísla vyšší než u vzorků, ke kterým byl přidán antioxidant, ale tyto hodnoty nejsou o tolik vyšší, aby tyto skladovací podmínky byly považovány za nevhodné. Dalo by se konstatovat, že průběh oxidace je podobně zpomalen, stejně jako po přidání antioxidantu. Účinky fialového skla jsou v porovnání se sklem čirým patrné a lze tedy potvrdit, že fialové sklo chrání vzorek oleje před nežádoucí oxidací a udržuje kvalitu rostlinného oleje. Na obrázku 41 jsou zobrazeny originální lahvičky z fialového skla, ve kterých byly uloženy po celou dobu měření vzorky rostlinných olejů.



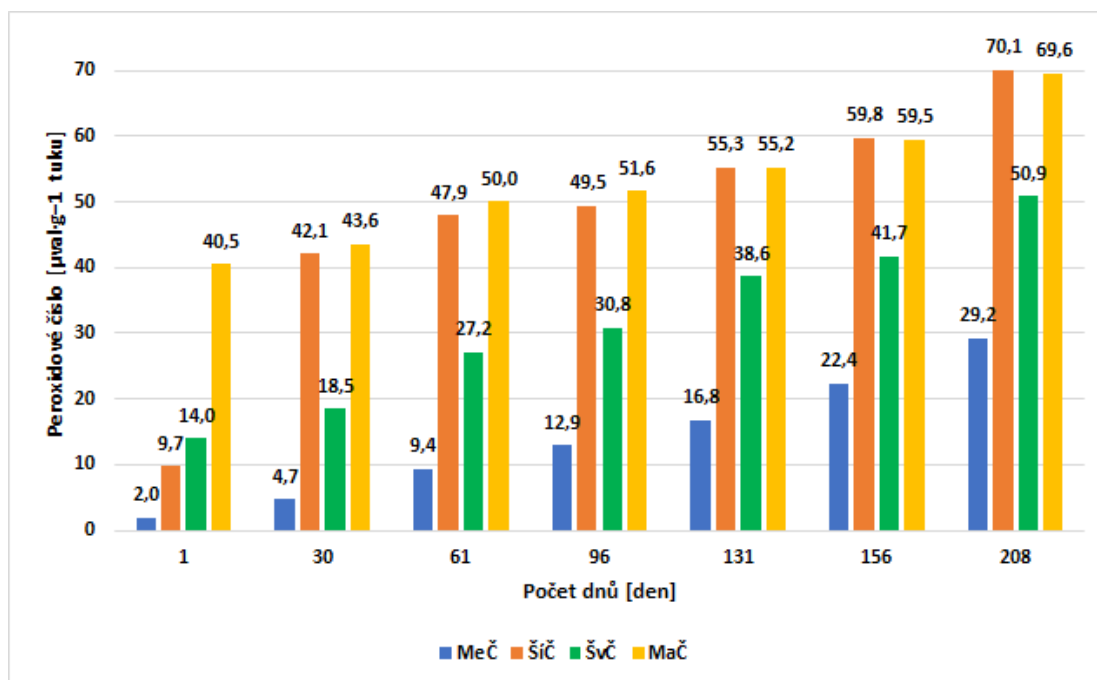
Obrázek 41 Uložené vzorky rostlinných olejů  
v originální lahvičce z fialového skla



Obrázek 42 Přehledný graf vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků rostlinných olejů v originální lahvičce z fialového skla

Hodnoty peroxidového čísla nejvíce stouply u vzorků skladovaných v čirém skle. Ve skle čirém, nedochází k dostatečné ochraně před oxidací, jak je tomu u dalších dvou skladovacích podmínek. Nejrychleji dochází k oxidaci ve skle čirém u vzorků šípkového oleje. Hodnoty peroxidového čísla rostly dvakrát rychleji od prvotního měření u vzorku šípkového oleje, oproti vzorků meruňkového a malinového oleje.

Ze všech těchto skladovacích podmínek bylo prokázáno, že skladování ve skle čirém, není vhodné u žádného ze vzorků rostlinných olejů a průběh oxidace byl nejrychlejší. Na obrázku 43 je zobrazen přehledný graf, všech analyzovaných rostlinných olejů při skladování ve skle čirém a jejich hodnota peroxidového čísla v průběhu času. Skladování vzorků v nádobkách ve skle čirém je nejméně účinné a po čase dochází nejrychleji k jejich oxidaci.



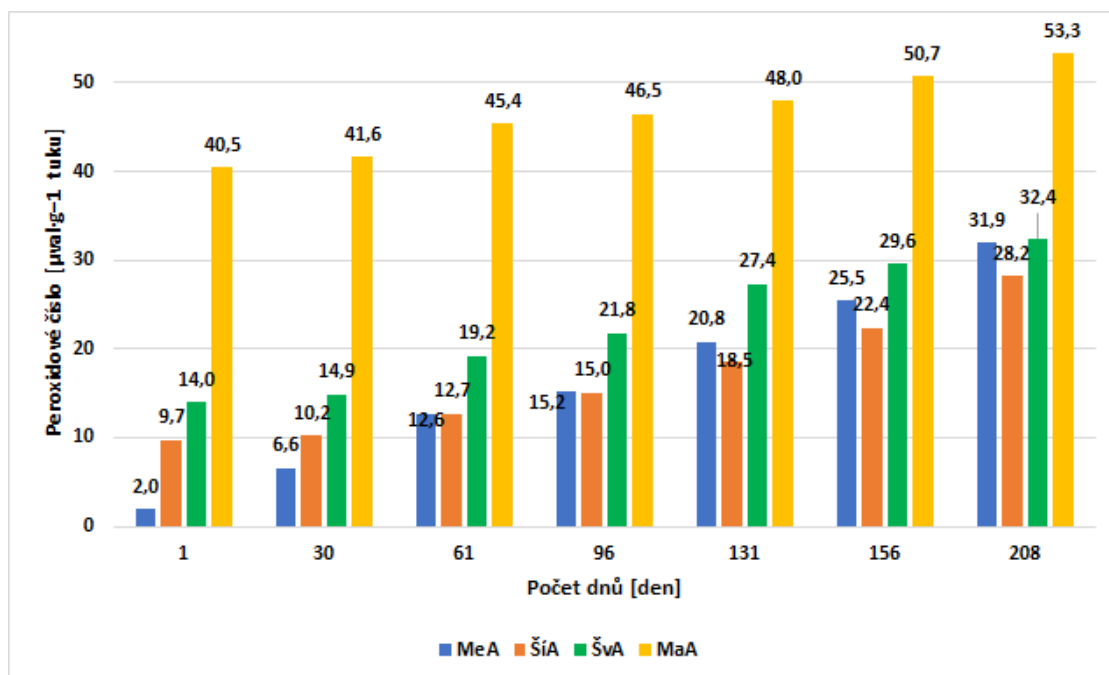
Obrázek 43 Přehledný graf vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků rostlinných olejů v lahvičce z čírého skla

U všech skladovaných a analyzovaných olejů došlo ke zpomalení oxidace po přidavku antioxidantu, pouze s výjimkou meruňkového oleje. V porovnání s hodnotami peroxidového čísla u vzorků skladovaných pouze ve skle číré, je patrné, že antioxidant je neúčinnější u vzorku šípkového oleje, kde došlo v porovnání k výraznému zpomalení oxidace.

Na obrázku 44 je zobrazen přehledný graf, všech analyzovaných rostlinných olejů při skladování ve skle číré s přidáním antioxidantu a jejich hodnota peroxidového čísla v průběhu času. Přidáním antioxidantu do lahvičky se vzorkem oleje v číré skle, je patrná jeho účinnost, oxidace byla jasně zpomalená u vzorků malinového, šípkového a švestkového oleje.

U vzorku meruňkového oleje ale k požadovanému zpomalení oxidace nedošlo. Vliv antioxidantu nebyl natolik stanovitelný jako u ostatních vzorků rostlinných olejů. Není jasné, z jakého důvodu je účinnost AO nižší ve vzorku meruňkového oleje, než u ostatních analyzovaných olejů. Hodnota peroxidového čísla u vzorku meruňkového oleje byla nejvyšší při skladování ve skle fialovém, ale poté taky u vzorku skladovaného pouze v číré skle než po přidání antioxidantu, jak tomu bylo u ostatních vzorků olejů. Ale jelikož hodnoty v číré skle a po přidání antioxidantu nebyly tak výrazné, lze předpokládat že oxidační

produkty vznikaly podobně, a tudíž antioxidant byl neúčinný, bylo například použito nízké množství AO, než bylo požadováno k jeho účinnosti.



Obrázek 44 Přehledný graf vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků rostlinných olejů v lahvičce z čírého skla s přidáním antioxidantem

## ZÁVĚR

Rostlinné oleje jsou unikátní pro své složení, vlastnosti a účinky, v posledních letech se více uplatňují i v kosmetice. V experimentální části byly analyzovány vzorky meruňkového, šípkového, švestkového a malinového oleje, které byly za studena lisované. Obsah a zastoupení mastných kyselin byly měřeny plynovou chromatografií. Oxidační změny u zvolených rostlinných olejů byly měřeny akcelerovaným oxidačním testem přístrojem Professional Rancimat 892 a především bylo stanovováno peroxidové číslo při různých skladovacích podmínkách v delším časovém intervalu.

Obsah mastných kyselin v rostlinných olejích byl analyzován prostřednictvím plynové chromatografie, kdy všechny vzorky rostlinných olejů měly vysoký obsah nenasycených MK a pouze minimální obsah nasycených MK. Meruňkový olej měl nejvyšší obsah kyseliny olejové a zároveň nejvyšší zastoupení MUFA, jež procentuálně bylo 65,6 %. Šípkový olej měl podobný obsah kyseliny olejové a kyseliny linolové. Procentuální obsah MUFA činil 42,2 % a PUFA činil 45,6 %. Švestkový olej obsahoval vysoké množství kyseliny olejové, a i nejvyšší zastoupení MUFA ze všech analyzovaných rostlinných olejů a jeho procentuální zastoupení činilo 71,8 %. Malinový olej měl nejvyšší procentuální zastoupení kyseliny linolové a nejvyšší zastoupení PUFA, jež procentuálně odpovídalo 76,6 %.

Peroxidové číslo bylo měřeno po dobu šesti měsíců u vzorků uchovávaných v originální lahvičce z fialového skla, další v Erlenmeyerově baňce z čirého skla a poslední v Erlenmeyerově baňce z čirého skla s přísadkou antioxidantu. Při prvním měření bylo nejnižší peroxidové číslo stanoveno u vzorku meruňkového oleje a činilo  $1,96 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku a nejvyšší peroxidové číslo měl nejméně čerstvý malinový olej, jež jeho hodnota prvního měření činila  $40,47 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. A po šesti měsících docházelo nejrychleji k oxidaci vzorků skladovaných ve skle čirém, kdy nejvyšší peroxidové číslo bylo stanoveno u šípkového oleje a činilo  $70,13 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku. Nejpomaleji docházelo k oxidaci u meruňkového oleje při skladování ve fialovém skle a hodnota peroxidového čísla činila pouhých  $9,88 \mu\text{val}\cdot\text{g}^{-1}$  tuku.

U meruňkového oleje po šesti měsících byla nejnižší hodnota peroxidového čísla u oleje skladovaným ve skle fialovém, jež byla třikrát nižší než skladování ve skle čirém či po přísadce antioxidantu. Využitím fialového skla dochází k výraznému zpomalení oxidace a je tedy nejvhodnější u vzorku meruňkového oleje. Ve švestkovém a malinovém oleji byla po šesti měsících hodnota peroxidového čísla nejnižší po přísadce antioxidantu

a bylo prokázáno že ke zpomalení oxidace dochází při skladování s přidavkem antioxidantu a podobně vhodné je i skladování ve skle fialovém. K nejrychlejšímu průběhu oxidace došlo u vzorku šípkového oleje, již po prvním měsíci bylo pozorováno vysoké zvýšení peroxidového čísla u vzorku skladovaném v čirém skle a po šesti měsících byla hodnota peroxidového čísla nejvyšší ze všech vzorků.

Skladování ve skle čirém rychle podporuje průběh oxidace a u vzorků s přidáním antioxidantem je zase oxidace výrazně zpomalena, stejně tak i při skladování oleje ve skle fialovém. Přidavkem antioxidantu docházelo ke zpomalení oxidace a měřením peroxidového čísla bylo prokázáno, že skladováním olejů v lahvích z fialového skla je účinné, a především oxidaci zpomaluje podobně jako přidavek antioxidantu a u některých olejů je i účinnější. Jelikož se skladování ve skle fialovém ukázalo jako účinné a průběh oxidace zpomalilo, bylo by jistě vhodné porovnat stabilitu i v jiných typech skla a zjistit účinnost i u jiných barevných skel.

Při měření urychlené oxidace pomocí přístroje Professional Rancimat 892, byla nejvyšší indukční perioda naměřena u meruňkového oleje a při 110 °C činila více jak 12 hodin, díky jeho vysoké stabilitě a nejpomalejšímu vzniku oxidačních produktů byl meruňkový olej vystaven urychlené oxidaci až při 130 °C, kde byla hodnota indukčního času tři hodiny. U malinového a švestkového oleje docházelo ke vzniku oxidačních produktů podobně a při 110 °C vznikaly oxidační produkty u švestkového oleje po více jak dvou hodinách a u malinového oleje po třech hodinách. Nejnížší stabilitu vykazoval olej šípkový, u kterého při 110 °C vznikaly oxidační produkty již po jedné hodině.

Z naměřených dat bylo zjištěno, že jako nejstabilnější se jeví meruňkový olej, bylo tomu tak potvrzeno jak u urychlené oxidace tak měřením peroxidového čísla. Přestože olej malinový byl nejméně čerstvý a jeho první hodnota peroxidového čísla byla poměrně vysoká, tak společně se švestkovým olejem docházelo ke vzniku oxidačních produktů podobně při urychlené oxidaci. Jako nejméně stabilní se projevil olej šípkový, a to i z hodnot peroxidového čísla a při urychlené oxidaci. Vznik oxidačních produktů byl u šípkového oleje nejrychlejší z testovaných olejů a stejně tak při měření hodnot peroxidového čísla u oleje skladovaného v čirém skle byly hodnoty nejvyšší.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] POKORNÝ, Jan a Ludmila DUBSKÁ. *Technologie tuků*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986.
- [2] HOZA, Ignác. *Potravinářská biochemie I*. Vyd. 2. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2011. ISBN 978-80-7318-936-5.
- [3] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7.
- [4] KAŠPÁRKOVÁ, Věra. *Chemie a technologie tuků II*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. Projekt operačního programu vzdělávání pro konkurenceschopnost. Dostupné z: <http://kosmetika.ft.utb.cz/Services/Downloader.ashx?id=484&disposition=inline>.
- [5] MANCINI, Annamaria, Esther IMPERLINI, Ersilia NIGRO, Concetta MONTAGNESE, Aurora DANIELE, Stefania ORRÙ a Pasqualina BUONO. Biological and Nutritional Properties of Palm Oil and Palmitic Acid: Effects on Health. *Molecules* [online]. 2015, 20(9), 17339-17361 [cit. 2023-01-16]. ISSN 1420-3049. Dostupné z: [doi:10.3390/molecules200917339](https://doi.org/10.3390/molecules200917339).
- [6] DIJKSTRA, A.J. a G. VAN DUIJN. Vegetable Oils: Oil Production and Processing. In: *Encyclopedia of Food and Health* [online]. Elsevier, 2016, s. 373-380 [cit. 2023-01-17]. ISBN 9780123849533. Dostupné z: [doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00707-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00707-8).
- [7] IONESCU, Mariana, Gheorghe VOICU, Sorin-Stefan BIRIS, Cristina COVALIU, Mirela DINCĂ a Nicoleta UNGUREANU. Parameters influencing the screw pressing process of oilseed materials. [online]. 2014, s. 243-248 [cit. 2023-01-17]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/281447660\\_PARAMETERS\\_INFLUENCING\\_THE\\_SCREW\\_PRESSING\\_PROCESS\\_OF\\_OILSEED\\_MATERIALS](https://www.researchgate.net/publication/281447660_PARAMETERS_INFLUENCING_THE_SCREW_PRESSING_PROCESS_OF_OILSEED_MATERIALS).
- [8] SAVOIRE, Raphaëlle. Screw Pressing Application to Oilseeds. In: *Reference Module in Food Science* [online]. Elsevier, 2017, 2017 [cit. 2023-01-19]. ISBN 9780081005965. Dostupné z: [doi:10.1016/B978-0-08-100596-5.21191-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21191-8).
- [9] FARR, Walter E. Physical Refining of Vegetable Oils. In: *Green Vegetable Oil Processing* [online]. Elsevier, 2014, 2014, s. 159-169 [cit. 2023-01-19]. ISBN 9780988856530. Dostupné z: [doi:10.1016/B978-0-9888565-3-0.50011-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-9888565-3-0.50011-X).
- [10] MOSLAVAC, Tihomir, Stela JOKIĆ, Drago ŠUBARIĆ, Krunoslav ALADIĆ, Josipa VUKOJA a Nikolina PRCE. Pressing and supercritical CO<sub>2</sub> extraction of Camelina sativa oil. *Industrial Crops and Products* [online]. 2014, 54, 122-129 [cit. 2023-02-07]. ISSN 09266690. Dostupné z: [doi:10.1016/j.indcrop.2014.01.019](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.019).

- [11] 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* [online]. 2018, 19(1) [cit. 2023-02-09]. ISSN 1422-0067. Dostupné z: doi:10.3390/ijms19010070.
- [12] MACK CORREA, Mary Catherine, Guangru MAO, Peter SAAD, Carol R. FLACH, Richard MENDELSON a Russel M. WALTERS. Molecular interactions of plant oil components with stratum corneum lipids correlate with clinical measures of skin barrier function. *Experimental Dermatology* [online]. 2014, 23(1), 39-44 [cit. 2023-02-13]. ISSN 0906-6705. Dostupné z: doi:10.1111/exd.12296.
- [13] PATZELT, A., J. LADEMANN, H. RICHTER, et al. In vivo investigations on the penetration of various oils and their influence on the skin barrier. *Skin Research and Technology* [online]. 2012, 18(3), 364-369 [cit. 2023-02-14]. ISSN 0909752X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1600-0846.2011.00578.x.
- [14] BHANGER, Muhammad Iqbal, Farooq ANWAR, Najma MEMON a Rahman QADIR. Cold pressed apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel oil. In: *Cold Pressed Oils* [online]. Elsevier, 2020, 2020, s. 725-730 [cit. 2023-02-15]. ISBN 9780128181881. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-818188-1.00065-7.
- [15] ÖZKAL, S.G., M.E. YENER a L. BAYINDIRLI. Response surfaces of apricot kernel oil yield in supercritical carbon dioxide. *LWT - Food Science and Technology* [online]. 2005, 38(6), 611-616 [cit. 2023-02-15]. ISSN 00236438. Dostupné z: doi:10.1016/j.lwt.2004.08.003.
- [16] RUDZIŃSKA, Magdalena, Paweł GÓRNAŚ, Marianna RACZYK a Arianne SOLIVEN. Sterols and squalene in apricot (*Prunus armeniaca* L.) kernel oils: the variety as a key factor. *Natural Product Research* [online]. 2017, 31(1), 84-88 [cit. 2023-02-22]. ISSN 1478-6419. Dostupné z: doi:10.1080/14786419.2015.1135146.
- [17] Česká kosmetika Manufaktura: Oficiální značkový eshop. *Česká kosmetika Manufaktura: Oficiální značkový eshop* [online]. Copyright © 2023 Pompo.cz. Proudly created by Air [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://manufaktura.cz/>.
- [18] Meruňkový olej dokáže bojovat proti rakovině | Prima Fresh. Nejlepší recepty na Prima FRESH | Prima Fresh [online]. Copyright © FTV Prima spol. s.r.o. [cit. 2023-02-22]. Dostupné z: <https://fresh.iprima.cz/jak-na-to/merunkovy-olej-dokaze-bojovat-proti-rakovine>.



- [19] GUPTA, Anil, P.C SHARMA , B.M.K.s TILAKRATNE a Anil K. VERMA. Studies on physico-chemical characteristics and fatty acid composition of wild apricot (*Prunus armeniaca* Linn.) kernel oil. *Indian Journal of Natural Products and Resources* [online]. 2012, (3)3, s. 366-370 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/289239944\\_Studies\\_on\\_physico-chemical\\_characteristics\\_and\\_fatty\\_acid\\_composition\\_of\\_wild\\_apricot\\_Prunus\\_armeniaca\\_Linn\\_kernel\\_oil/citations](https://www.researchgate.net/publication/289239944_Studies_on_physico-chemical_characteristics_and_fatty_acid_composition_of_wild_apricot_Prunus_armeniaca_Linn_kernel_oil/citations).
- [20] ABD EL-AAL, M.H., M.K.M. KHALIL a E.H. RAHMA. Apricot kernel oil: Characterization, chemical composition and utilization in some baked products. *Food Chemistry* [online]. 1986, 19(4), 287-298 [cit. 2023-02-27]. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/0308-8146(86)90052-X.
- [21] POPOVIĆ-DJORDJEVIĆ, Jelena, Bojana ŠPIROVIĆ-TRIFUNOVIĆ, Ilinka PEĆINAR, Luiz FERNANDO CAPP A DE OLIVEIRA, Đurđa KRSTIĆ, Dragana MIHAJLOVIĆ, Milica Fotirić AKŠIĆ a Jesus SIMAL-GANDARA. Fatty acids in seed oil of wild and cultivated rosehip (*Rosa canina* L.) from different locations in Serbia. *Industrial Crops and Products* [online]. 2023, 191 [cit. 2023-02-28]. ISSN 09266690. Dostupné z: doi:10.1016/j.indcrop.2022.115797.
- [22] MILIĆ, Slavica M., Milan D. KOSTIĆ, Petar S. MILIĆ, Vesna M. VUČIĆ, Aleksandra Č. ARSIĆ, Vlada B. VELJKOVIĆ a Olivera S. STAMENKOVIĆ. Extraction of Oil from Rosehip Seed: Kinetics, Thermodynamics, and Optimization. *Chemical Engineering & Technology* [online]. 2020, 43(12), 2373-2381 [cit. 2023-03-01]. ISSN 0930-7516. Dostupné z: doi:10.1002/ceat.201900689.
- [23] KIRALAN, Mustafa a Gurcan YILDIRIM. Rosehip (*Rosa canina* L.) Oil. In: RAMADAN, Mohamed Fawzy, ed. *Fruit Oils: Chemistry and Functionality* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2019, 2019-05-09, s. 803-814 [cit. 2023-03-01]. ISBN 978-3-030-12472-4. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-12473-1\_43.
- [24] Renovality – Kosmetické oleje. *Renovality – Kosmetické oleje* [online]. Copyright © Pobo Page Builder [cit. 2023-03-01]. Dostupné z: <https://www.renovality.cz/>.
- [25] QADIR, Rahman a Farooq ANWAR. Cold pressed rosehip seed oil. In: *Cold Pressed Oils* [online]. Elsevier, 2020, 2020, s. 315-322 [cit. 2023-03-01]. ISBN 9780128181881. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-818188-1.00028-1.

- [26] ILYASOĞLU, Huri. Characterization of Rosehip ( *Rosa canina* L . ) Seed and Seed Oil. *International Journal of Food Properties* [online]. 2014, 17(7), 1591-1598 [cit. 2023-03-02]. ISSN 1094-2912. Dostupné z: doi:10.1080/10942912.2013.777075.
- [27] VLADIĆ, Jelena, Aleksandra GAVARIĆ, Stela JOKIĆ, et al. Alternative to Conventional Edible Oil Sources: Cold Pressing and Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of Plum (*Prunus domestica* L.) Kernel Seed. *Acta Chimica Slovenica* [online]. 2020, 67(3), 778-784 [cit. 2023-03-10]. ISSN 15803155. Dostupné z: doi:10.17344/acsi.2019.5690.
- [28] SAVIC, Ivan, Ivana SAVIC GAJIC a Dragoljub GAJIC. Physico-Chemical Properties and Oxidative Stability of Fixed Oil from Plum Seeds (*Prunus domestica* Linn.). *Biomolecules* [online]. 2020, 10(2) [cit. 2023-03-11]. ISSN 2218-273X. Dostupné z: doi:10.3390/biom10020294.
- [29] RABRENOVIĆ, B.B., M.A. DEMIN, M.G. BASIĆ, L.L. PEZO, D.M. PAUNOVIĆ a F.S. SOVTIĆ. Impact of plum processing on the quality and oxidative stability of cold-pressed kernel oil. *Grasas y Aceites* [online]. 2021, 72(1) [cit. 2023-03-15]. ISSN 1988-4214. Dostupné z: doi:10.3989/gya.0100201.
- [30] ŠUĆUROVIĆ, Aleksandra, Nikola VUKELIĆ, Ljubiša IGNJATOVIĆ, Ilija BRČESKI a Dušan JOVANOVIĆ. Physical-chemical characteristics and oxidative stability of oil obtained from lyophilized raspberry seed. *European Journal of Lipid Science and Technology* [online]. 2009, 111(11), 1133-1141 [cit. 2023-03-16]. ISSN 1438-7697. Dostupné z: doi:10.1002/ejlt.200900022.
- [31] DIMIC, Etelka, Vesna VUJASINOVIC, Olga RADOCAJ a Orsolja PASTOR. Characteristics of blackberry and raspberry seeds and oils. *Acta Periodica Technologica* [online]. 2012, (43), 1-9 [cit. 2023-03-16]. ISSN 1450-7188. Dostupné z: doi:10.2298/APT1243001D.
- [32] ISPIRYAN, Audronė, Jonas VIŠKELIS a Pranas VIŠKELIS. Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Seed Oil: A Review. *Plants* [online]. 2021, 10(5) [cit. 2023-03-19]. ISSN 2223-7747. Dostupné z: doi:10.3390/plants10050944.
- [33] SHARMA, Satish Kumar, Riya BARTHWAL, Deepa SAINI a Neha RAWAT. Chemistry of Food Fats, Oils, and Other Lipids. In: CHAUHAN, O. P., ed. *Advances in Food Chemistry* [online]. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022, 2022-10-06, s. 209-254 [cit. 2023-03-19]. ISBN 978-981-19-4795-7. Dostupné z: doi:10.1007/978-981-19-4796-4\_6.

- [34] CHOE, Eunok a David B. MIN. Mechanisms and Factors for Edible Oil Oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2006, 5(4), 169-186 [cit. 2023-03-19]. ISSN 1541-4337. Dostupné z: doi:10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x.
- [35] LAPČÍKOVÁ, Barbora, Tomáš VALENTA, Lubomir LAPČÍK a Martina FUKSOVÁ. Thermal aging of edible oils: spectrophotometric study. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences* [online]. 2018, 12(1), 372-378 [cit. 2023-03-22]. ISSN 1337-0960. Dostupné z: doi:10.5219/871.
- [36] XU, Yang, Sen QIAN, Q. LIU a Z. WANG. Oxidation stability assessment of a vegetable transformer oil under thermal aging. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation* [online]. 2014, 21(2), 683-692 [cit. 2023-03-23]. ISSN 1070-9878. Dostupné z: doi:10.1109/TDEI.2013.004073.
- [37] FATOUREHCHI, Fereshteh. A Review on the Effect of Natural Antioxidants (Extracts and Nano Extracts) on the Oxidative Stability of Vegetable Oils. *ALKHAS; The Journal of Environment, Agriculture and Biological Sciences* [online]. 2020 [cit. 2023-03-25]. ISSN 27172155. Dostupné z: doi:10.47176/alkhass.2.4.1.
- [38] PIERGIOVANNI, Luciano a Sara LIMBO. Packaging and the Shelf Life of Vegetable Oils. In: ROBERTSON, Gordon, ed. *Food Packaging and Shelf Life* [online]. CRC Press, 2009, 2009-12-21, s. 317-338 [cit. 2023-03-28]. ISBN 978-1-4200-7844-2. Dostupné z: doi:10.1201/9781420078459-c17.
- [39] AGUEBOR-OGIE, Bobby, Peter EDOKHUME a Favor NWOSU. Evaluation of saponification value, iodine value, peroxide value and free fatty acid level of essential oil of cayenne pepper (*Capsicum annuum*). *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences* [online]. 2020, 5(2), 14-16. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/343631533\\_EVALUATION\\_OF\\_SAPONIFICATION\\_VALUE\\_IODINE\\_VALUE\\_PEROXIDE\\_VALUE\\_AND\\_FREE\\_FATTY\\_ACID\\_LEVEL\\_OF\\_ESSENTIAL\\_OIL\\_OF\\_CAYENNE\\_PEPPER\\_Capsicum\\_annuum](https://www.researchgate.net/publication/343631533_EVALUATION_OF_SAPONIFICATION_VALUE_IODINE_VALUE_PEROXIDE_VALUE_AND_FREE_FATTY_ACID_LEVEL_OF_ESSENTIAL_OIL_OF_CAYENNE_PEPPER_Capsicum_annuum).
- [40] TRIYASMONO, Liling, Curd SCHOLLMAYER, Jens SCHMITZ, Emilie HOVAH, Cristian LOMBO, Sebastian SCHMIDT a Ulrike HOLZGRABE. Simultaneous Determination of the Saponification Value, Acid Value, Ester Value, and Iodine Value in Commercially Available Red Fruit Oil (*Pandanus conoideus*, Lam.) Using <sup>1</sup>H qNMR Spectroscopy. *Food Analytical Methods* [online]. 2023, 16(1), 155-167 [cit. 2023-03-30]. ISSN 1936-9751. Dostupné z: doi:10.1007/s12161-022-02401-4.

- [41] IVANOVA, Mihaela, Anamaria HANGANU, Raluca DUMITRIU, et al. Saponification Value of Fats and Oils as Determined from 1H-NMR Data: The Case of Dairy Fats. *Foods* [online]. 2022, 11(10) [cit. 2023-03-31]. ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.3390/foods11101466.
- [42] MUSAKHANIAN, Jasmine, Jean-David RODIER a Masumi DAVE. Oxidative Stability in Lipid Formulations: a Review of the Mechanisms, Drivers, and Inhibitors of Oxidation. *AAPS PharmSciTech* [online]. 2022, 23(5) [cit. 2023-03-31]. ISSN 1530-9932. Dostupné z: doi:10.1208/s12249-022-02282-0.
- [43] ABEYRATHNE, Edirisingha Dewage Nalaka Sandun, Kichang NAM a Dong Uk AHN. Analytical Methods for Lipid Oxidation and Antioxidant Capacity in Food Systems. *Antioxidants* [online]. 2021, 10(10) [cit. 2023-04-01]. ISSN 2076-3921. Dostupné z: doi:10.3390/antiox10101587.
- [44] KARDASH-STROCHKOVA, E, Ya.I TUR'YAN a I. KUSELMAN. Redox-potentiometric determination of peroxide value in edible oils without titration. *Talanta* [online]. 2001, 54(2), 411-416 [cit. 2023-04-01]. ISSN 00399140. Dostupné z: doi:10.1016/S0039-9140(00)00649-4.
- [45] TOMPKINS, Carol a Edward G. PERKINS. The evaluation of frying oils with the p - Anisidine value. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. 1999, 76(8), 945-947 [cit. 2023-04-03]. ISSN 0003021X. Dostupné z: doi:10.1007/s11746-999-0111-6.
- [46] SKIERA, Christina, Panagiotis STELIOPOULOS, Thomas KUBALLA, Ulrike HOLZGRABE a Bernd DIEHL. 1H NMR approach as an alternative to the classical p-anisidine value method. *European Food Research and Technology* [online]. 2012, 235(6), 1101-1105 [cit. 2023-04-03]. ISSN 1438-2377. Dostupné z: doi:10.1007/s00217-012-1841-5.
- [47] POKORNÝ, Jan, H. VALENTOVÁ a J. DAVIDEK. Modified determination of 2-thiobarbituric acid value in fats and oils. *Food / Nahrung* [online]. 1985, 29(1), 31-38 [cit. 2023-04-03]. ISSN 0027769X. Dostupné z: doi:10.1002/food.19850290105.
- [48] POKORNY, Jan a A. DIEFFENBACHER. Determination of 2-thiobarbituric acid value: direct method - results of a collaborative study and the standardised method. *Pure and Applied Chemistry* [online]. 1989, 61(6), 1165-1170 [cit. 2023-04-04]. ISSN 1365-3075. Dostupné z: doi:10.1351/pac198961061165.

- [49] FRANKEL, Edwin N. Stability methods. In: *Lipid Oxidation* [online]. Elsevier, 2012, 2012, s. 165-186 [cit. 2023-04-04]. ISBN 9780953194988. Dostupné z: doi:10.1533/9780857097927.165.
- [50] TALBOT, G. The Stability and Shelf Life of Fats and Oils. In: *The Stability and Shelf Life of Food* [online]. Elsevier, 2016, 2016, s. 461-503 [cit. 2023-04-04]. ISBN 9780081004357. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-08-100435-7.00016-2.
- [51] PRZYBYLSKI, R., J. WU a N. A. M. ESKIN. A Rapid Method for Determining the Oxidative Stability of Oils Suitable for Breeder Size Samples. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [online]. 2013, 90(7), 933-939 [cit. 2023-04-05]. ISSN 0003-021X. Dostupné z: doi:10.1007/s11746-013-2240-1.
- [52] ALMOSELHY, Rania. Comparative Study of Vegetable Oils Oxidative Stability using DSC and Rancimat Methods. *Egyptian Journal of Chemistry* [online]. 2021, 0-0 [cit. 2023-04-05]. ISSN 2357-0245. Dostupné z: doi:10.21608/ejchem.2021.51238.3051.
- [53] KIRITSAKIS, Apostolos, Antonis KANAVOURAS a Konstantinos KIRITSAKIS. Chemical Analysis, Quality Control and Packaging Issues of Olive Oil. *ChemInform* [online]. 2003, 34(7) [cit. 2023-04-05]. ISSN 0931-7597. Dostupné z: doi:10.1002/chin.200307280.
- [54] DABBOU, Samia, Ines GHARBI, Sihem DABBOU, Faten BRAHMI, Amel NAKBI a Mohamed HAMMAMI. Impact of packaging material and storage time on olive oil quality. *AFRICAN JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY* [online]. 2011, 10(74) [cit. 2023-04-06]. ISSN 16845315. Dostupné z: doi:10.5897/AJB11.880.
- [55] GRUJIĆ, Slavica, Vojislav ALEKSIĆ, Milan VUKIĆ a Zoran PETROVIĆ. The Effect of Packing Material on Storage Stability of Sunflower Oil. *Quality of Life (Banja Luka) - APEIRON* [online]. 2013, 4(3-4) [cit. 2023-04-10]. ISSN 1986-6038. Dostupné z: doi:10.7251/QOL1102075G.
- [56] GARGOURI, Boutheina, Akram ZRIBI a Mohamed BOUAZIZ. Effect of containers on the quality of Chemlali olive oil during storage. *Journal of Food Science and Technology* [online]. 2015, 52(4), 1948-1959 [cit. 2023-04-12]. ISSN 0022-1155. Dostupné z: doi:10.1007/s13197-014-1273-2.
- [57] KISHIMOTO, Norihito. Influence of Exposure to Sunlight on the Oxidative Deterioration of Extra Virgin Olive Oil during Storage in Glass Bottles. *Food Science and Technology Research* [online]. 2019, 25(4), 539-544 [cit. 2023-04-12]. ISSN 1344-6606. Dostupné z: doi:10.3136/fstr.25.539.

[58] Mydlovysvet.cz. [online]. Copyright © 2013 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: [https://www.mydlovysvet.cz/cs/?gclid=EAIaIQobChMIvr2rmti6\\_gIVhv5RCh3XRQJ6EAYASAAEgJUc\\_D\\_BwE](https://www.mydlovysvet.cz/cs/?gclid=EAIaIQobChMIvr2rmti6_gIVhv5RCh3XRQJ6EAYASAAEgJUc_D_BwE).

[59] Metrohm AG Herisau, 892 Professional Rancimat Manual, [online]. 8.892.8001EN/2017-04-07, fpe. [cit. 2023-04-19]. Dostupné z: [https://www.metrohm.com/cs\\_cz/products/8/8928/88928001.html](https://www.metrohm.com/cs_cz/products/8/8928/88928001.html).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AO	Antioxidant
DAG	Diacylglyceroly
FID	Plamenově ionizační detekce
GC	Plynová chromatografie
MAG	Monoacylglyceroly
MK	Mastné kyseliny
MUFA	Monoenové mastné kyseliny
NMR	Spektroskopie nukleární magnetické rezonance
PČ	Peroxidové číslo
PUFA	Polyenové mastné kyseliny
SFA	Nasycené mastné kyseliny
TAG	Triacylglyceroly

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1	Obecný vzorec nasycené mastné kyseliny .....	13
Obrázek 2	Obecný vzorec nenasyčených monoenových mastných kyselin.....	14
Obrázek 3	Obecný vzorec dvojně vazby izolované (vlevo) a konjugované (vpravo) .....	14
Obrázek 4	Obecný vzorec nenasyčených polyenových mastných kyselin.....	14
Obrázek 5	Obecný vzorec triacylglycerolu .....	15
Obrázek 6	Konstrukce šnekového lisu [7].....	17
Obrázek 7	Pečující sprchový a koupelový olej meruňka od firmy Manufaktura [17].....	19
Obrázek 8	Šípkový olej za studena lisovaný značky Renovality [24].....	21
Obrázek 9	Malinový olej za studena lisovaný značky Renovality [24] .....	24
Obrázek 10	Mechanismus autooxidace .....	26
Obrázek 11	Reakce peroxidového čísla.....	32
Obrázek 12	Ukázka tmavého skla pro skladování oleje .....	38
Obrázek 13	Plynový chromatograf Shimadzu GC 14A s FID detekcí.....	43
Obrázek 14	Přístroj Rancimat Profesional 892.....	44
Obrázek 15	Vzorky rostlinných olejů skladovaných v zábrusových Erlenmeyerových baňkách z čírého skla.....	46
Obrázek 16	Vzorky rostlinných olejů skladovaných v zábrusových Erlenmeyerových baňkách z čírého skla s přidaným antioxidantem .....	46
Obrázek 17	Zařízení Rancimat 892 (Metrohm) při měření vzorků .....	50
Obrázek 18	Sestava reakční kvyety [59]	
Obrázek 19	Úplná sestava pro měření [59] ....	50
Obrázek 20	Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku meruňkového oleje...	53
Obrázek 21	Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku šípkového oleje .....	54
Obrázek 22	Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku švestkového oleje.....	55
Obrázek 23	Přehledný graf zastoupení mastných kyselin ve vzorku malinového oleje.....	56
Obrázek 24	Porovnání obsahu zastoupení MK dle jejich nasycenosti ve vzorcích olejů.....	57
Obrázek 25	Přehled výsledků měření peroxidového čísla u meruňkového oleje .....	60
Obrázek 26	Přehled výsledků měření peroxidového čísla u šípkového oleje.....	61
Obrázek 27	Rozdíl v barvě u vzorku šípkového oleje skladovaného ve skle čířém (vlevo) a ve skle čířém s přidaným antioxidantem (vpravo).....	62
Obrázek 28	Přehled výsledků měření peroxidového čísla u švestkového oleje .....	63
Obrázek 29	Přehled výsledků měření peroxidového čísla u malinového oleje .....	64
Obrázek 30	Ukázka grafu z měření švestkového oleje při 100 °C na přístroji Rancimat 892 .....	65
Obrázek 31	Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku meruňkového oleje .....	66



Obrázek 32 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku meruňkového oleje Renovality při teplotě 110 °C (vlevo) a při teplotě 120 °C (vpravo) .....	67
Obrázek 33 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku šípkového oleje.....	68
Obrázek 34 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku šípkového oleje Renovality při teplotě 100 °C .....	68
Obrázek 35 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku švestkového oleje .....	69
Obrázek 36 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku švestkového oleje Renovality při teplotě 100 °C (vlevo) a při teplotě 110 °C (vpravo) .....	69
Obrázek 37 Indukční perioda v závislosti na teplotě u vzorku malinového oleje .....	70
Obrázek 38 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorku malinového oleje Renovality při teplotě 100 °C (vlevo) a při teplotě 110 °C (vpravo) .....	70
Obrázek 39 Přehledný graf urychlené oxidace závislosti indukční periody na teplotě pro vzorky rostlinných olejů .....	72
Obrázek 40 Grafické znázornění vodivosti na čase u vzorků rostlinných olejů Renovality	72
Obrázek 41 Uložené vzorky rostlinných olejů v originální lahvičce z fialového skla .....	73
Obrázek 42 Přehledný graf vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků rostlinných olejů v originální lahvičce z fialového skla .....	74
Obrázek 43 Přehledný graf vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků rostlinných olejů v lahvičce z čírého skla .....	75
Obrázek 44 Přehledný graf vyhodnocení peroxidového čísla u vzorků rostlinných olejů v lahvičce z čírého skla s přidaným antioxidantem .....	76

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Obsah mastných kyselin v meruňkovém oleji uvedených v studii [19] .....	20
Tabulka 2 Obsah mastných kyselin v šípkovém oleji uvedený ve studii [22].....	22
Tabulka 3 Obsah mastných kyselin v švestkovém oleji uvedený ve studii [27] .....	23
Tabulka 4 Obsah mastných kyselin v malinovém oleji uvedený ve studii [30] .....	24
Tabulka 5 Vybrané komerční výrobky použité v DP .....	41
Tabulka 6 Množství rozmarýnového extraktu CO <sub>2</sub> přidaného rostlinnému oleji.....	45
Tabulka 7 Retenční časy standardů a odpovídající MK .....	52
Tabulka 8 Relativní zastoupení mastných kyselin v olejích.....	53
Tabulka 9 Výsledky procentuálního zastoupení MK ve vzorcích rostlinných olejů.....	56
Tabulka 10 Stanovení peroxidového u vzorku meruňkového oleje .....	59
Tabulka 11 Stanovení peroxidového u vzorku šípkového oleje.....	61
Tabulka 12 Stanovení peroxidového u vzorku švestkového oleje.....	63
Tabulka 13 Stanovení peroxidového u vzorku malinového oleje.....	64
Tabulka 14 Výsledné indukční časy vzorku meruňkového oleje při teplotách 110 až 130 °C .....	66
Tabulka 15 Výsledné indukční časy vzorku šípkového oleje při teplotách 100 a 110 °C...	67
Tabulka 16 Výsledné indukční časy vzorku švestkového oleje při teplotách 100 a 110 °C	69
Tabulka 17 Výsledné indukční časy vzorku malinového oleje při teplotách 100 a 110 °C	70

