

# Zastoupení mastných kyselin v netradičních olejích

Bc. Lucie Slováčková

---

Diplomová práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav analýzy a chemie potravin

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Slováčková**  
Osobní číslo: **T11068**  
Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**  
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Zastoupení mastných kyselin v netradičních olejích**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakterizujte lipidy, mastné kyseliny a zastoupení mastných kyselin v rostlinných olejích.
2. Popište technologie získávání rostlinných olejů a tuků.
3. Charakterizujte žluknutí olejů a tuků.
4. Popište metody stanovení mastných kyselin v olejích.

### II. Praktická část

1. Metodika stanovení mastných kyselin v rostlinných olejích.
2. Stanovte obsah mastných kyselin ve vybraných vzorcích rostlinných olejů.
3. Stanovte peroxidová čísla a čísla kyselosti olejů.
4. Zjistěte vliv skladování na jakost vybraných olejů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 1*, OSSIS, Tábor 1999.

[2] ZAJÍC, J., BAREŠ, M. *Chemie a technologie tuků*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 1988.

[3] O'BRIEN, RICHARD D. *Fats and oils: formulating and processing for applications*, 3. vyd., CRC PressINC, 2009.

[4] MISRA, R.D., MURTHY, M.S. *Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine – A review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2010, 14, 3005–3013.

[5] JUYOUNG, K., DEOK, N. K., SUNG, H. L., SANG-HO, Y., SUYONG, L. *Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake*, *Food Chemistry*, 2010, 118, 398–402.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Ladislava Mišurcová, Ph.D.**

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**11. února 2013**

Termín odevzdání diplomové práce:

**17. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013



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



doc. Ing. Miroslav Fišera, CSc.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Slováčková Lucie


Obor: Technologie, hygiena  
a ekonomika výroby potravin

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou 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);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské 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.

Ve Zlíně 10.5.2013

  
.....

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> 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, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> 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, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Rostlinné oleje jsou významným zdrojem mastných kyselin nasycených a zejména nenasyčených. Cílem diplomové práce bylo zjistit kvalitativní a kvantitativní zastoupení mastných kyselin v méně tradičních i běžně používaných olejích dostupných v komerční síti a zjistit kvalitativní změny těchto olejů během skladování při jejich běžném používání. Identifikace a kvantifikace mastných kyselin ve třinácti vzorcích olejů byla provedena pomocí plynové chromatografie a to ihned po otevření olejů a po zvolené době skladování. Kvalitativní změny ve složení olejů byly sledovány během 63 dnů skladování pomocí čísla kyselosti a peroxidového čísla.

Klíčová slova: rostlinné oleje, mastné kyseliny, plynová chromatografie, titrace, peroxidové číslo, číslo kyselosti.

## **ABSTRACT**

Vegetable oils are a major source of saturated and especially unsaturated fatty acids. The aim of this diploma thesis was to determine the qualitative and quantitative content of fatty acids in non-traditional and commonly used vegetable oils sold in the stores and detect qualitative changes of these oils during storage at their normal use. Identification and quantification of fatty acids in thirteen samples of oils were performed by gas chromatography immediately after their opening and after a period of storage. Qualitative changes in the composition of the oils were observed during 63 day storage period using the acid value and peroxide value.

Keywords: vegetace oils, fatty acids, gas chromatogaphy, titration, peroxide value, acid value.

Chtěla bych poděkovat Ing. Ladislavě Mišurcové, Ph.D., která mou práci vedla, za její odborné vedení, trpělivost, cenné rady a čas, který mi při sepisování této práce věnovala.

### **Prohlášení**

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

Ve Zlíně dne

.....

Podpis diplomanta

# OBSAH

ÚVOD.....	12
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>14</b>
<b>1 LIPIDY .....</b>	<b>15</b>
1.1 HOMOLIPIDY .....	15
1.2 HETEROLIPIDY.....	15
1.2.1 Fosfolipidy .....	15
1.3 KOMPLEXNÍ LIPIDY .....	16
1.4 NEUTRÁLNÍ A POLÁRNÍ LIPIDY .....	16
<b>2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ TUKŮ A OLEJŮ .....</b>	<b>17</b>
2.1 GLYCEROLY .....	17
2.1.1 Triacylglyceroly v rostlinných olejích.....	17
2.2 MASTNÉ KYSELINY – FAS ( <i>ANGL. FATTY ACIDS</i> ).....	18
2.2.1 Nasycené mastné kyseliny – SFAs ( <i>angl. Saturated fatty acids</i> ) .....	18
2.2.2 Nenasycené mastné kyseliny .....	19
2.2.2.1 Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou – MUFAs ( <i>angl. Monounsaturated fatty acids</i> ).....	19
2.2.2.2 Nenasycené mastné kyseliny se dvěma a více dvojnými vazbami – PUFAs ( <i>angl. Polyunsaturated fatty acids</i> ) .....	21
2.2.2.3 Alkinové, rozvětvené a cyklické kyseliny.....	23
2.2.3 Kyseliny s další kyslíkatou funkční skupinou .....	23
2.3 FOSFOLIPIDY .....	23
2.4 TOKOFEROLY A TOKOTRIENOLY .....	24
2.5 STEROLY .....	24
2.6 BARVIVA .....	24
2.7 PESTICIDY A STOPY KOVŮ.....	24
<b>3 ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN V ROSTLINNÝCH OLEJÍCH .....</b>	<b>25</b>
3.1 SFAS V ROSTLINNÝCH OLEJÍCH.....	25
3.2 MUFAS A PUFAS ZASTOUPENÉ V ROSTLINNÝCH OLEJÍCH .....	26
3.2.1 Kyselina linolová a olejová (C18:2 a C18:1) .....	26
3.2.2 Kyselina linolenová a linolová (C18:3 a C18:2).....	26
<b>4 TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ ROSTLINNÝCH OLEJŮ A TUKŮ .....</b>	<b>27</b>
4.1 SUROVÁRNA.....	27
4.1.1 Příprava olejnatých semen.....	28
4.1.1.1 Úprava obsahu vody a čištění .....	28
4.1.1.2 Dezintegrace .....	28
4.1.1.3 Klimatizace .....	28
4.1.2 Lisování.....	29
4.1.3 Extrakce.....	29



4.1.3.1	Šroty.....	30
4.2	RAFINÉRIE .....	30
4.2.1	Hydratace (odslizení) surového oleje .....	31
4.2.2	Alkalická rafinace (odkyselení).....	32
4.2.3	Bělení .....	32
4.2.4	Dezodorace.....	33
4.2.5	Winterizace (vymražování) .....	33
<b>5</b>	<b>KVALITATIVNÍ ZMĚNY OLEJŮ A TUKŮ .....</b>	<b>34</b>
5.1	ŽLUKNUTÍ HYDROLYTICKÉ .....	34
5.2	ŽLUKNUTÍ OXIDAČNÍ .....	34
5.3	CHUŤOVÁ REVERZE .....	35
5.4	KETONICKÉ ŽLUKNUTÍ.....	35
5.5	PEROXIDOVÉ ČÍSLO .....	36
5.6	ČÍSLO KYSELOSTI .....	36
5.7	JODOVÉ ČÍSLO .....	36
<b>6</b>	<b>METODY STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN V OLEJÍCH.....</b>	<b>37</b>
6.1	STANOVENÍ FAS METODOU PLYNOVÉ CHROMATOGRAFIE.....	37
6.2	STANOVENÍ OBSAHU <i>TRANS</i> -NENASYCENÝCH FAS METODOU INFRAČERVENÉ SPEKTROMETRIE .....	39
6.3	STANOVENÍ KONJUGOVANÝCH FAS UV SPEKTROMETRIÍ .....	39
<b>7</b>	<b>CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH OLEJŮ .....</b>	<b>41</b>
7.1	OLEJ Z HROZNOVÝCH JADER .....	41
7.2	OLEJ Z PODZEMNICE OLEJNÉ.....	42
7.3	OLEJ Z ŘEPKY OLEJNÉ LISOVANÝ ZA STUDENA .....	43
7.4	SLUNEČNICOVÝ OLEJ LISOVANÝ ZA STUDENA .....	44
7.5	OLEJ ZE SVĚTLICE BARVÍŘSKÉ .....	45
7.6	MANDLOVÝ OLEJ.....	46
7.7	OLEJ Z PŠENIČNÝCH KLÍČKŮ .....	46
7.8	SEZAMOVÝ OLEJ.....	47
7.9	OLEJ Z DÝŇOVÝCH SEMEN.....	48
7.10	RÝŽOVÝ OLEJ .....	49
7.11	OLEJ Z OSTROPESTRČE MARIÁNSKÉHO .....	49
7.12	KOKOSOVÝ OLEJ .....	50
7.13	KONOPNÝ OLEJ.....	51
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>53</b>

<b>9</b>	<b>MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>54</b>
9.1	CHARAKTERISTIKA ANALYZOVANÝCH OLEJŮ .....	54
9.2	KVANTITATIVNÍ STANOVENÍ FAS .....	54
9.2.1	Chemikálie .....	54
9.2.2	Standardy.....	55
9.2.3	Pomůcky a přístroje.....	55
9.2.4	Úprava vzorků pro plynovou chromatografii.....	55
9.2.4.1	Příprava 15% methanolického roztoku BF <sub>3</sub> .....	55
9.2.4.2	Příprava 0,5 M methanolického roztoku NaOH.....	55
9.2.4.3	Příprava vnitřního standardu.....	56
9.2.4.4	Převedení vzorků olejů na methylestery .....	56
9.2.5	Kvalitativní a kvantitativní analýza FAs .....	57
	Pracovní režim stanovení FAs na plynovém chromatografu .....	58
9.3	STANOVENÍ ČÍSLA KYSELOSTI.....	59
9.3.1	Chemikálie .....	59
9.3.2	Pomůcky a přístroje.....	59
9.3.3	Příprava odměrného roztoku 0,1 M KOH.....	59
9.3.4	Stanovení přesné koncentrace odměrného roztoku KOH .....	60
9.3.4.1	Standardizace odměrného roztoku na zásobní roztok kyseliny šřavelové60	
9.3.5	Pracovní postup stanovení čísla kyselosti .....	60
9.4	STANOVENÍ PEROXIDOVÉHO ČÍSLA .....	61
9.4.1	Chemikálie .....	61
9.4.2	Pomůcky a přístroje.....	62
9.4.3	Standardizace 0,01 M roztoku Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .....	62
9.4.4	Postup stanovení peroxidového čísla .....	62
	Výpočet peroxidového čísla .....	63
<b>10</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>64</b>
10.1	KVANTITATIVNÍ ZASTOUPENÍ FAS V ROSTLINNÝCH OLEJÍCH.....	64
10.1.1	VITA olej z hroznových jader.....	64
10.1.2	VITA olej z podzemnice olejné .....	65
10.1.3	VITA Olej z řepky olejné lisovaný za studena.....	66
10.1.4	VITA slunečnicový olej lisovaný za studena .....	67
10.1.5	Olej ze světlice barvířské BIO.....	68
10.1.6	Olej mandlový BIO .....	69
10.1.7	Olej z pšeničných klíčků .....	70
10.1.8	Olej sezamový BIO .....	71
10.1.9	Olej z dýňových semen BIO.....	72
10.1.10	Rýžový olej.....	73
10.1.11	Olej z ostropestřce mariánského .....	74
10.1.12	Kokosový olej .....	75
10.1.13	BIO Konopný olej .....	76
10.2	KVALITATIVNÍ ZMĚNY OLEJŮ BĚHEM JEJICH SKLADOVÁNÍ.....	77
10.2.1	Změny čísla kyselosti a peroxidového čísla .....	77
10.2.2	Změny v zastoupení FAs během skladování.....	87
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>93</b>

<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>96</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>101</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>102</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>105</b>

## ÚVOD

Tuky jsou významnou složkou potravy a ve větším či menším množství jsou zastoupeny ve všech potravinách jak rostlinného tak živočišného původu. Lipidy tvoří ve výživě jednu z hlavních živin nezbytných pro zdraví a vývoj organismů. Nejbohatšími zdroji lipidů jsou rostlinné a živočišné tuky a oleje.

Lipidy se spolu se sacharidy a bílkovinami řadí mezi základní živiny, které jsou nezbytnou součástí potravy a nedají se zcela nahradit jinými složkami. Lipidy jsou nejvýznamnějším zdrojem energie v potravě. 1 g lipidu dodá tělu asi 37,7 kJ energie, což je zhruba dvojnásobek energie, kterou dodá 1 g bílkovin či sacharidů. Kromě vysoké energetické hodnoty jsou lipidy zdrojem lipofilních vitaminů (A, D, E a K), sterolů, antioxidantů rozpustných v tucích, důležitých mastných kyselin a fosfolipidů nezbytných pro tvorbu buněčných membrán.

Tuky a oleje jsou rovněž významné po gastronomické stránce, zasycují a při tepelné úpravě, kdy dochází ke změně řady složek, zlepšují sensorické vlastnosti pokrmů a zvyšují chutnost tepelně upravovaných pokrmů.

Podle doporučení WHO by neměl denní příjem tuků v potravě přesáhnout 30 % z celkových živin, ideální je 25 %. Nadměrná spotřeba tuků způsobuje ukládání tuků v těle a vede k obezitě a různým nemocem. Důležitý je i příjem jednotlivých mastných kyselin. Doporučuje se, aby poměr mezi nenasycenými mastnými kyselinami, mononenasycenými mastnými kyselinami a polynenasycenými mastnými kyselinami byl 1 : 1,4 : 0,6. Důležitý je příjem polynenasycených mastných kyselin n-6 (např. kyselina linolová,  $\gamma$ -linolenová, arachidonová, dokosapentaenová) a n-3 (např. kyselina  $\alpha$ -linolenová, eikosapentaenová, dokosaheptaenová), jejichž poměr by měl být ve výživě 5 : 1.

V České republice se na důležitost nenasycených mastných kyselin ve stravě stále zapomíná a ve většině případů výše zmíněná výživová doporučení nejsou dodržována. Svědčí o tom i řada onemocnění, jako je obezita, kardiovaskulární choroby či nádorová onemocnění, kterými naše populace trpí a které jsou způsobovány z velké části nesprávným složením stravy a nadměrným příjmem zejména nasycených mastných kyselin. Ve stravě stále převládají živočišné tuky jak ve formě zjevné (máslo, sádlo), tak ve skryté formě (tučné vepřové maso, sýry, jemné pečivo). Potraviny obsahující vyšší podíl nenasycených mastných kyselin, zejména esenciální kyselinu  $\alpha$ -linolenovou, kterou si lidský organismus ne-

dokáže sám syntetizovat, jsou konzumovány v nedostatečném množství. V nízké míře jsou konzumovány ryby, drůbež či rostlinné oleje, které jsou významným zdrojem nenasycených mastných kyselin.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 LIPIDY

Lipidy jsou přírodní sloučeniny obsahující esterově vázané mastné kyseliny (FAs) s třemi a více atomy C v molekule.

Dle chemického složení se lipidy třídí na homolipidy, heterolipidy a komplexní lipidy. [1]

### 1.1 Homolipidy

Jako homolipidy jsou označovány estery FAs a alkoholů. Homolipidy se rozlišují podle struktury vázaného alkoholu a jsou rozdělovány na vosky, tuky a oleje.

Jako vosky jsou označovány estery FAs s jednofunkčními alkoholy. Vosky se dále dělí podle způsobu navázání jednofunkčních alkoholů na ceridy (alkoholy v alifatické řadě) a steridy (alicyklické alkoholy).

Jako oleje a tuky jsou označovány estery FAs s glycerolem, tzv. triacylglyceroly (TAGs). [1, 2]

### 1.2 Heterolipidy

Heterolipidy obsahují kromě alkoholů a FAs další kovalentně vázané sloučeniny. Jsou součástí téměř všech olejů, tuků, ale i živých buněk. Nejdůležitější skupinou jsou fosfolipidy. [2]

#### 1.2.1 Fosfolipidy

Fosfolipidy jsou sloučeniny acylglycerolu a kyseliny fosforečné. Vyskytují se ve všech živočišných i rostlinných tkáních a v buňkách, kde mají nezastupitelnou biologickou funkci. Rostlinné oleje obsahují 0,2 – 4 % fosfolipidů. Nejvíce fosfolipidů je obsaženo v sójovém oleji, řepkovém oleji, oleji z klíčků a dalších. [1, 2]

### 1.3 Komplexní lipidy

V komplexních lipidech jsou kromě homolipidů, heterolipidů a dalších kovalentně vázaných sloučenin navázány i složky, které nejsou vázány kovalentně. Tyto složky jsou vázány různými fyzikálními vazbami, např. vodíkovými nebo hydrofobními interakcemi. Lipidová složka je vázána např. na polysacharidy nebo proteiny. Nejvýznamnějšími komplexními lipidy jsou lipoproteiny. [1, 2]

### 1.4 Neutrální a polární lipidy

V praxi jsou často lipidy děleny na neutrální lipidy a polární lipidy. Tohoto systému třídění se využívá zejména při chromatografickém dělení. Jako neutrální lipidy pak bývají označovány glyceroly, steroly a jejich estery a volné FAs. Mezi polární lipidy se řadí heterolipidy (např. fosfolipidy). [1]



## 2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ TUKŮ A OLEJŮ

Tuky a oleje jsou chemické sloučeniny složené z alkoholu glycerolu a z FAs esterově vázaných na glycerol. Surové rostlinné oleje kromě TAGs obsahují 2 i více % dalších látek jako jsou volné FAs, fosfolipidy, tokoferoly, steroly, pryskyřice, uhlovodíky, pesticidy, bílkoviny, stopy kovů, barviva a další. [3]

### 2.1 Glyceroly

Estery glycerolu představují potravinářsky nejvýznamnější lipidy. Podle skupenství bývají označovány jako oleje a tuky.

Podle počtu navázaných FAs se glyceroly dělí na:

- Monoacylglyceroly (MAGs) – mají esterově vázanou jednu mastnou kyselinu (FA)
- Diacylglyceroly (DAGs) – esterově jsou vázány dvě FAs
- Triacylglyceroly (TAGs) – kdy jsou na glycerol navázány tři FAs.

TAGs se podle druhu navázaných FAs dělí na jednoduché a smíšené TAGs. V jednoduchých TAGs jsou vázány stejné FAs. Ve smíšených TAGs mohou být dvě stejné nebo tři různé FAs. [1]

#### 2.1.1 Triacylglyceroly v rostlinných olejích

V rostlinných olejích jsou tuky přítomny zejména v podobě TAGs, ale mohou obsahovat 1 – 10 % parciálních esterů glycerolu, fosfolipidy a doprovodné látky. Nejčastější je zastoupení smíšených TAGs. Zastoupení TAGs se liší u olejů získávaných ze semen a olejů z oplodí. V praxi se jedná zejména o oleje olivové a palmojadrové.

Zastoupení FAs a strukturu TAGs v rostlinných olejích a tucích ovlivňují např. klimatické podmínky, druh půdy, vegetační období, doba sklizně, zdraví rostlin, mikrobiologická čistota a umístění olejnatých semen. [1, 3]

Obsah tuku v některých surovinách tukového průmyslu je uveden v příloze PI.

## 2.2 Mastné kyseliny – FAs (*angl. Fatty acids*)

FAs jsou nejdůležitější a z hlediska výživy nejvýznamnější složkou lipidů. Jako FAs jsou obvykle označovány karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. [1]

Fyzikálně-chemické vlastnosti olejů i tuků jsou dány zastoupením jednotlivých FAs v TAGs, délkou řetězce FAs, počtem a pozicí dvojných vazeb. [1, 6]

Podle charakteru vazeb mezi uhlíky se FAs dělí na nasycené, nenasycené, alkinové, rozvětvené a cyklické kyseliny a kyseliny s další kyslíkatou funkční skupinou.

V potravinách i olejích se vyskytují FAs nasycené, nenasycené s jednou dvojnou vazbou, nenasycené kyseliny s více dvojnými vazbami a FAs s trojnými vazbami a různými substituenty. Nejčastější jsou FAs tvořeny uhlovodíkovými řetězci se 4 – 24 atomy uhlíku. V přírodních materiálech jsou lipidy tvořeny FAs se sudým počtem atomů uhlíku v řetězci. V živočišných tucích jsou v malém množství zastoupeny FAs s lichým počtem atomů uhlíku.

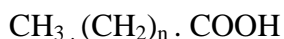
FAs v olejích jsou zejména nenasycené. Nenasycené FAs obsahují dvojně vazby, díky nimž jsou méně stabilní a oleje se tak rychleji přepálí. Nenasycené FAs jsou náchylnější i na oxidaci. [1, 2, 3]

### 2.2.1 Nasycené mastné kyseliny – SFAs (*angl. Saturated fatty acids*)

Nasycené FAs obsahují zpravidla 4 – 60 atomů uhlíku (většinou v sudém počtu atomů uhlíku) vázaných v lineárním, nerozvětveném řetězci.

Nižší SFAs jsou kapalné, od C10:0 výše jsou při pokojové teplotě tuhé. Bod tání závisí na počtu atomů uhlíku, přičemž kyseliny s lichým počtem atomů uhlíku mají o něco nižší bod tání než kyseliny se sudým počtem.

**Obecný vzorec SFAs:**



SFAs jsou běžnou složkou přírodních lipidů a jsou více známy pod svými triviálními názvy. Nejdůležitější SFAs jsou uvedeny v tabulce 1. [1]

Tab. 1. Nasycené mastné kyseliny [1]

SFAs	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	máselná
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	myristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová
dokosanová	22	behenová
tetrakosanová	24	lignocerová
hexakosanová	26	cerotová
oktakosanová	28	montanová
triakonanová	30	melissová
dotriakontanová	32	lakcerová

SFAs jsou více chemicky stálé a mají vyšší bod tání než nenasycené FAs se stejnou délkou řetězce. [3]

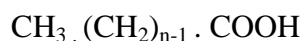
### 2.2.2 Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny mají jednu nebo více dvojných vazeb či trojnou vazbu. Tyto viskózní kapaliny mají nižší bod tání než SFAs. Vlastnosti olejů ovlivňuje rovněž konfigurace. V přírodních surovinách se nachází *cis*-konfigurace. *Trans*-konfigurace vzniká při zpracování surovin, výrobou, zahříváním, ale nejčastěji hydrogenací. *Trans*-deriváty mají vyšší bod tání než *cis*-deriváty. [1, 3]

#### 2.2.2.1 Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou – MUFAs (angl. *Monounsaturated fatty acids*)

Jako monoenoové jsou označovány FAs s jednou dvojnou vazbou. Navzájem se liší počtem atomů uhlíku, polohou dvojně vazby a její prostorovou konfigurací, která bývá u přirozených sloučenin zpravidla *cis* (*Z*), méně častěji *trans* (*E*).

**Obecný vzorec MUFAs:**



V přírodních materiálech se prakticky nevyskytují MUFAs s lichým počtem atomů uhlíku a v konfiguraci *cis*. Nejvýznamnější a nejrozšířenější MUFA je kyselina olejová (C18:1), v menší míře kyselina palmitolejová (C16:1) a kyselina eruková (C22:1). *Trans* MUFAs jsou obsaženy zejména ve ztužených olejích a tucích.

Některé MUFAs se vyskytují v druhových olejích jako např. kyselina petroselová v petržellovém a anýzovém oleji. [2]

V tabulce 2 jsou uvedeny nejvýznamnější MUFAs. Ostatní FAs se vyskytují většinou ve stopách nebo ve větším množství v málo významných lipidech. [1, 2]

Tab. 2. Hlavní monoenové mastné kyseliny [1]

MUFAs	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojně vazby	Izomer	Triviální název
decenová	10	4	<i>cis</i>	obtusilová
decenová	10	9	<i>cis</i>	kaprolejová
dodecenová	12	3	<i>cis</i>	linderová
dodecenová	12	9	<i>cis</i>	laurolejová
tetradecenová	14	4	<i>cis</i>	tsuzuová
tetradecenová	14	9	<i>cis</i>	myristolejová
hexadecenová	16	9	<i>cis</i>	palmitolejová
hexadecenová	16	9	<i>trans</i>	palmitelaidová
oktadecenová	18	6	<i>cis</i>	petroselová
oktadecenová	18	6	<i>trans</i>	petroselaidová
oktadecenová	18	9	<i>cis</i>	olejová
oktadecenová	18	9	<i>trans</i>	elaidová
oktadecenová	18	11	<i>trans</i>	vakcenová
eikosenová	20	9	<i>cis</i>	gadolejová
eikosenová	20	11	<i>cis</i>	gondová
dokosenová	22	11	<i>cis</i>	cetolejová
dokosenová	22	13	<i>cis</i>	eruková
dokosenová	22	13	<i>trans</i>	brassidová
tetrakosenová	24	15	<i>cis</i>	selacholejová
hexakosenová	26	17	<i>cis</i>	ximenová
triakontenová	30	21	<i>cis</i>	limekvová

### 2.2.2.2 *Nenasycené mastné kyseliny se dvěma a více dvojnými vazbami – PUFAs (angl. Polyunsaturated fatty acids)*

PUFAs se vyskytují v přírodních materiálech zejména v konfiguraci *cis* a dvojně vazby jsou v izolované pozici. [2]

#### **PUFAs dvěma dvojnými vazbami**

FAs s dvěma dvojnými vazbami jsou označovány jako dienové. Ve výživě jsou velmi důležité. V přírodních lipidech se jich ale vyskytuje mnohem méně než MUFAs.

Nejvýznamnější dienovou FA je kyselina linolová (C18:2), která bývá obsažena hlavně v rostlinných olejích. Významné dienové kyseliny jsou uvedeny v tabulce 3. [1, 2]

Tab. 3. Dienové mastné kyseliny [1]

PUFAs	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojných vazeb	Konfigurace dvojně vazby	Triviální název
hexadekadienová	16	9,12	<i>cis, cis</i>	-
oktadekadienová	18	9,12	<i>cis, cis</i>	linolová
oktadekadienová	18	12,15	<i>cis, cis</i>	-
oktadekadienová	18	9,12	<i>trans, trans</i>	linolelaidová
eikosadienová	20	11,14	<i>cis, cis</i>	-
dokosadienová	22	13,16	<i>cis, cis</i>	-

#### **PUFAs třemi dvojnými vazbami**

FAs s třemi dvojnými vazbami (trienové) jsou v přírodě zastoupeny v menším množství než MUFAs. Nejvýznamnějším zástupcem trienových FAs je kyselina  $\alpha$ -linolenová (C18:3). [1]

Tab. 4. Trienové mastné kyseliny [1]

PUFAs	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojných vazeb	Konfigurace dvojně vazby	Triviální název
hexadekatrienová	16	6,10,14	<i>all-cis</i>	hiragonová
oktadekatrienová	18	9,12,15	<i>all-cis</i>	$\alpha$ -linolenová
oktadekatrienová	18	6,9,12	<i>all-cis</i>	$\gamma$ -linolenová
oktadekatrienová	18	9,11,13	<i>cis, trans, trans</i>	$\alpha$ -eleostearová
oktadekatrienová	18	9,11,13	<i>trans, trans, trans</i>	$\beta$ -eleostearová
oktadekatrienová	18	9,11,13	<i>cis, cis, trans</i>	puniková
eikosatrienová	20	8,11,14	<i>all-cis</i>	dihomo- $\gamma$ -linolenová

**PUFAs se čtyřmi a více dvojnými vazbami**

V přírodě se vzácně vyskytují FAs se čtyřmi až šesti dvojnými vazbami v molekule. Tyto kyseliny náležejí k řadám n-3 a n-6.

Nejvýznamnější kyselinou se 4 dvojnými vazbami řady n-6 je kyselina arachidonová, kyselinou s 5 dvojnými vazbami je kyselina řady n-3 kyselina klupanodonová. [1]

Tab. 5. Mastné kyseliny se čtyřmi a více dvojnými vazbami [1]

PUFAs	Počet atomů uhlíku	Poloha dvojných vazeb	Konfigurace dvojných vazby	Triviální název
<b>tetraenové</b>				
oktadekatetraenová	18	4,8,12,15	all- <i>cis</i>	moroktová
oktadekatetraenová	18	9,11,13,15	all- <i>trans</i>	β-parinarová
eikosatetraenová	20	5,8,11,14	all- <i>cis</i>	arachidonová
eikosatetraenová	20	8,11,14,17	all- <i>cis</i>	-
dokosatetraenová	22	7,10,13,16	all- <i>cis</i>	adrenová
<b>pentaenové</b>				
eikosapentaenová	20	5,8,11,14,17	all- <i>cis</i>	EPA
eikosapentaenová	20	4,8,12,15,18	all- <i>cis</i>	timnodonová
dokosapentaenová	22	4,7,10,13,16	all- <i>cis</i>	
dokosapentaenová	22	7,10,13,16,19	all- <i>cis</i>	klupanodonová
<b>hexaenové</b>				
dokosahexaenová	22	4,7,10,13,16,19	all- <i>cis</i>	DHA
tetrakosahexaenová	24	4,8,12,15,18,21	all- <i>cis</i>	nisinová

**Esenciální FAs**

Z hlediska výživy je velmi důležitý příjem esenciálních FAs, které si člověk nedokáže sám syntetizovat a musí být proto dodávány potravou. Zdrojem těchto FAs jsou ryby, drůbež a některé rostlinné oleje.

Mezi esenciální FAs jsou řazeny FAs s dvěma a více dvojnými vazbami, kdy je první dvojná vazba umístěna na třetím nebo šestém uhlíku od koncové methylové skupiny.

U FAs řady **n-6** se nachází první dvojná vazba na šestém uhlíku od koncové methylové skupiny. Do této řady se řadí např. kyselina linolová, γ-linolenová a arachidonová. Nejrozšířenější FAs řady n-6 v rostlinných olejích je kyselina linolová (C18:2 (cis-9,12)), která je zastoupena např. v slunečnicovém, sójovém, olivovém a řepkovém oleji.

U FAs řady **n-3** se nachází první dvojná vazba na třetím uhlíku od koncové methylové skupiny. Do této řady se řadí např. kyselina  $\alpha$ -linolenová, eikosapentaenová (EPA) a dokosahexaenová (DHA). Nejrozšířenější FA řady n-3 v rostlinných olejích je kyselina  $\alpha$ -linolenová (C18:3 (cis-9,12,15)), která je zastoupena např. ve lněném a sójovém oleji a v oleji z obilných klíčků. [1]

### 2.2.2.3 *Alkinové, rozvětvené a cyklické kyseliny*

Tyto kyseliny jsou v potravinářství a ve výživě méně důležité.

Jako **alkinové kyseliny** bývají označovány kyseliny obsahující jednu nebo více trojných vazeb nebo kombinaci dvojných a trojných vazeb.

Jako **rozvětvené mastné kyseliny** jsou nejčastěji označovány FAs s bočním řetězcem, který je většinou tvořen jedním uhlíkem vázaným zejména na předposlední atom uhlíku. Tyto kyseliny se obecně označují jako **isokyseliny**. Pokud je methylová skupina vázaná na třetím atomu uhlíku od konce, jedná se o tzv. **anteisokyseliny**. Ve vzácných případech bývá methylová skupina navázána na atom uhlíku uprostřed řetězce.

**Cyklické mastné kyseliny** jsou zejména alicyklické sloučeniny, kdy je uprostřed uhlovdíkového řetězce navázán cyklopropanový nebo cyklopropenový kruh; nebo je na konci uhlovdíkového řetězce navázán cyklopentenový kruh. Tyto kyseliny vznikají např. při autooxidaci polynenasycených lipidů. [1, 2]

### 2.2.3 **Kyseliny s další kyslíkatou funkční skupinou**

Kyseliny s kyslíkatou funkční skupinou jsou nazývány hydroxykyseliny. V přírodě se vyskytují ve velkém množství, ale nejsou příliš významné. Technicky významná je kyselina ricinolejová, která je obsažena v ricinovém oleji nebo kyselina likanová obsažená v oiticikovém oleji. [1, 2]

## 2.3 **Fosfolipidy**

V rostlinných olejích se nejvíce vyskytují fosfolipidy lecitin a kefalin, které bývají považovány za triglyceridy, jelikož mají jednu FA nahrazenou kyselinou fosforečnou. [3]

## 2.4 Tokoferoly a tokotrienoly

Tokoly jsou přírodní antioxidanty, které zpomalují oxidaci lipidů stabilizací hydroperoxidů a dalších volných radikálů. Tyto látky rozpustné v tucích, bezbarvé až světle žluté barvy, při oxidaci mění barvu na tmavě červenou. Tokoferoly mají nasycený postranní řetězec, zatímco tokotrienoly mají nenasycený postranní řetězec. Tokoferoly se vyskytují hlavně v olejích ze semen a tokotrienoly jsou obsaženy v palmovém oleji, oleji z obilných klíčků a z rýžových otrub.

Přítomnost tokolů ovlivňuje kvalitu oleje. 30 – 60 % tokoferolů a tokotrienolů může být ztraceno při dezodoraci, proto se rafinované oleje fortifikují. [3]

## 2.5 Steroly

V olejích jsou v malém množství obsaženy steroly. Steroly jsou látky s vysokým bodem tání, bezbarvé, tepelně stálé a relativně inertní. [3]

## 2.6 Barviva

Barva olejů je ovlivněna přítomností karotenů (žlutá až červená barva), chlorofylů (zelená barva), rozkládajících se bílkovin a uhlovodíků (hnědá barva) a dalších látek.

Karoteny jsou nestabilní za zvýšené teploty. Jejich obsah v olejích je nízký. Ve větší míře se nachází v palmovém oleji (0,05 – 0,2 %). Zelená barviva, chlorofyly, jsou obsaženy hlavně v sójovém, řepkovém a olivovém oleji. [3]

## 2.7 Pesticidy a stopy kovů

Oleje kromě žádoucích látek mohou obsahovat i nežádoucí látky, které se do olejnatých semen dostávají během pěstování a zpracování. Pesticidy se používají po celém světě ke zvýšení zemědělské produkce. Kovy jsou rostlinami absorbovány během období růstu a dozrávání. Některé kovy nepříznivě ovlivňují kvalitu olejů a zdraví konzumentů. Stopové množství Cu, Fe, Mn a Ni snižují oxidační stabilitu olejů a tuků, zatímco Ca, Na a Mg snižují účinnost rafinace. [3]



### 3 ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN V ROSTLINNÝCH OLEJÍCH

Rostlinné oleje obsahují hlavně MUFAs a PUFAs. V malém množství jsou zastoupeny i SFAs. [1]

V rostlinných olejích jsou nejčastěji zastoupené FA se 4 – 24 atomy uhlíku, zejména C12:0, C14:0, C16:0, C18:0, C20:0, C22:0 a C24:0. Nejvíce zastoupenými MUFAs v rostlinných olejích jsou C18:1 a C22:1. Kyselina eruková (C22:1) bývá z jedlých rostlinných olejů odstraňována. Nejčastěji zastoupenými PUFAs jsou C18:2 a C18:3. [3, 4]

Procentuelní zastoupení nasycených a nenasycených kyselin ve vybraných rostlinných olejích je uvedeno v tabulce 6. [1]

Procentuelní zastoupení jednotlivých FAs ve vybraných rostlinných olejích je uvedeno v příloze PII.

*Tab. 6. Zastoupení nenasycených a nasycených mastných kyselin v rostlinných olejích [v %] [1]*

Druhy olejů	Obsah kyselin [%]		
	SFAs	MUFAs	PUFAs
bavlníkový olej	24 – 33	15 – 23	46 – 59
klíčkový olej	12 – 24	24 – 42	40 – 62
lněný olej	10 – 12	18 – 22	66 – 72
olivový olej	8 – 26	54 – 87	4 – 22
podzemnicový olej	14 – 18	40 – 68	15 – 45
rýžový olej	19 – 35	42 – 50	16 – 37
řepkový olej	5 – 10	52 – 76	22 – 40
sezamový olej	13 – 18	36 – 44	42 – 48
slunečnicový olej	9 – 17	13 – 41	42 – 74
sójový olej	14 – 20	18 – 26	55 – 68
světlíkový olej	7 – 13	8 – 23	64 – 84

#### 3.1 SFAs v rostlinných olejích

SFAs se v olejích vyskytují v malém množství. Větší zastoupení SFAs je v rostlinných voscích. Ve stopách jsou v některých olejích přítomny C20:0, C22:0, C24:0 a jiné. Vyšší zastoupení C20:0 je v podzemnicovém oleji, který obsahuje 5 – 7 % kyselin C<sub>20</sub> – C<sub>24</sub>, z čehož arachová kyselina (C20:0) představuje asi jednu třetinu. V řepkovém oleji se vyskytují zhruba 2 % behenové kyseliny (C22:0). [1, 4]

## **3.2 MUFAs a PUFAs zastoupené v rostlinných olejích**

Rostlinné oleje obsahují velké množství nenasycených mastných kyselin různých druhů. V rostlinných olejích i živočišných tucích jsou nejběžněji zastoupeny (někdy ve stopovém množství) MUFA kyselina olejová (C18:1) a z PUFAs kyselina linolová (C18:2). [1, 3]

### **3.2.1 Kyselina linolová a olejová (C18:2 a C18:1)**

Oleje s touto kombinací nenasycených mastných kyselin je možné tepelně zpracovávat, ale snižují se jejich nutriční vlastnosti. Vysoký obsah těchto kyselin je v řepkovém, slunečnicovém, bavlníkovém, sójovém a olivovém oleji. [1]

### **3.2.2 Kyselina linolenová a linolová (C18:3 a C18:2)**

Oleje s touto kombinací FAs jsou výborné pro výživu ve studeném stavu. Jsou nevhodné pro teplou kuchyni a zahřívání. Tyto dvě kyseliny ve velkém množství obsahují např. olej lněný, konopný či makový. [1]

## 4 TECHNOLOGIE ZÍSKÁVÁNÍ ROSTLINNÝCH OLEJŮ A TUKŮ

Výroba olejů a tuků tvoří významné odvětví světového hospodářství. Asi 75 % vyrobených tuků a olejů je určeno k výživě lidí a zvířat. Zbytek je využíván při výrobě mýdel, kosmetiky, krmiv anebo jako surovina pro chemický a farmaceutický průmysl.

Rostlinné oleje se získávají lisováním nebo extrakcí z olejnatých semen, dužiny, oplodí (perikarpu), ale i z klíčků semen, kde hlavní rezervní látkou je škrob.

Nejčastěji se kombinují obě metody.

Oleje se dělí na nerafinované oleje, které dále nepodstupují proces rafinace, jako např. panenský olivový olej a plně rafinované oleje, které prochází procesem rafinace.

V České republice se hlavně vyrábí plně rafinované oleje. Takto vyrobené oleje se používají pro všechny druhy kuchyňské přípravy pokrmů. V jiných státech, zejména státech jižní Evropy, se používají ke kuchyňské úpravě nerafinované oleje (např. olivový). [1, 5, 6]

### 4.1 Surovárna

Olejninu se většinou zpracovávají v místě své produkce. Získaná olejnatá semena se nejdříve upravují pro lepší vylisnost nebo extrakci ve středisku surovárna. Olejnatá semena se nejdříve rozemelou (dezintegrují) a poté se rozemletá semena nahřívají (klimatizují). Takto upravená semena se dále lisují a vzniká *surový lisovaný olej*. Výlisky se dále extrahují a produktem je *surový extrahovaný olej*. Zbytky ze semen se po extrakci a lisování dále zpracovávají na šrot.

Při získávání olejů z olejnatých semen se používá metoda lisování nebo extrakce, ale nejběžnější je kombinace obou metod. Z olejnatých semen s nízkým obsahem oleje se olej získává přímou extrakcí rozpouštědlem, ze semen a plodů s vysokým obsahem oleje dvojnásobným lisováním nebo častěji předlisováním a následnou extrakcí. [5, 6]

V suroárně se získá *surový lisovaný olej* a *surový extrahovaný olej*. Tyto oleje se dále čistí od mechanických a dalších příměsí na odstředivkách. [6]

Další úprava získaných olejů se provádí ve středisku rafinerie.

#### 4.1.1 Příprava olejnatých semen

##### 4.1.1.1 Úprava obsahu vody a čištění

Semena a plody olejnatých rostlin obsahují různé množství vody v závislosti na druhu rostliny a vlhkosti prostředí. Nejvyšší přípustný obsah vody je při uskladnění sójových bobů 12 %, slunečnicových semen 9 %, řepkových semen 8 %, u kokosových ořechů, palmových jader a podzemnice 5 %. Semena s vyšším obsahem vody se musí sušit. Ve věžových sušárnách se semena a plody suší při teplotě 80 °C. Semena citlivá na teplo se suší v podtlakových sušárnách při teplotě 40 °C. Semena se dále zbavují nečistot a příměsí proséváním a pomocí magnetů. [5]

##### 4.1.1.2 Dezintegrace

Získávání olejů ze semen usnadní dezintegrace (rozemletí) semen, která způsobí rozrušení struktury semen, částečné narušení pletiv a buněk a zvětšení plochy.

K mletí semen se používají mlecí stolice, které působením střížných sil dezintegrují semeno na částice o velikosti 1 – 2 mm. Stolice jsou sestaveny z válců uspořádaných horizontálně nebo diagonálně otáčejících se nestejnou rychlostí proti sobě. [6]

##### 4.1.1.3 Klimatizace

Při klimatizaci na olejnaté semeno působí kombinace fyzikálně-chemických a biologických pochodů. Struktura biologického materiálu je narušována účinkem páry za zvýšené teploty. Snadněji se tak uvolňuje olej z buněk při lisování i extrakci. Při zvýšené teplotě se inaktivují škodlivé enzymy a mikroorganismy. Klimatizace probíhá ve dvou stupních. V prvním stupni buňky bobtnají a ztrácí mechanickou pevnost. V druhém stupni se snižuje obsah vody sušením, aby klimatizovaný materiál vyhovoval mechanicko-technickým požadavkům na lisování.

Pro klimatizaci (nahřívání) dezintegrovaných semen se používají nahřívací pánve. Nahřívací pánve jsou zařízení o 5 až 7 patrech. Pracuje se při teplotách 90 – 100°C po dobu 40 minut a upraví se tak obsah vlhkosti v dezintegrovaných semenech na 6 – 9 %. [5, 6]

### 4.1.2 Lisování

Lisování se používá u olejnin s obsahem tuku více než 25 – 30 %. Lisování se skládá ze dvou kroků – tzv. předlisů a dolisů. Při předlisování se sníží obsah oleje v surovině na 15 – 20 %. Při lisování dochází ke stlačení rozemletých a klimatizovaných semen a odtoku oleje.

Pro proces lisování se používá šnekových lisů. Lisy jsou sestaveny ze šnekovice, ced'ákového koše s lamelami a říditelného kónusu. Dezintegrováný a klimatizovaný materiál prochází šroubovicí, lamelami odtéká olej a kónus vymezuje štěrbinu pro odchod vylisovaného oleje.

Zbylý olej se získává ze semen dolisováním na tzv. dolisech.

Nevýhodou šnekových lisů je vysoká spotřeba energie, vysoké náklady na provoz a relativně nízký výkon. Proto se často dolisování nahrazuje extrakcí.

Oleje lisované za studena se získávají bez předcházející tepelné úpravy klimatizací.

Výtěžnost oleje závisí na rychlosti lisování, tlaku, době odtékání oleje při maximálním tlaku, na viskozitě nebo teplotě oleje.

Vylisované oleje obsahují řadu nečistot (až 12 %), proto se dále čistí na vibračních sítích a filtrují se na kalolisech s textilní tkaninou a filtračním papírem. V novějších lisovnách s velkou výrobní kapacitou se nečistoty z oleje odstraňují dvoustupňovým odstředováním. Nejprve je snížen obsah nečistot pod 0,5 % na horizontální šnekové odstředivce, tzv. dekantéru. V druhém stupni se snižuje obsah nečistot pod 0,1 % na vertikální samoodkalovací talířové odstředivce. Přidáním vody se při čištění spolu s nečistotami odstraní i hydratovatelné fosfolipidy.

Oleje lisované za studena se získávají bez předcházející tepelné úpravy klimatizací.

V praxi se běžněji používá extrakce. [5, 6]

### 4.1.3 Extrakce

Extrakce se používá pro získávání oleje ze surovin obsahujících malé množství oleje (tzv. nízkoolejnatých surovin) nebo k získání zbylého oleje z vysokoolejnatých semen po lisování. Extrahuje se při teplotě 45 – 55 °C pomocí vhodných rozpouštědel. Zejména se používá hexan, případně extrakční benzin či jiná analogická ropná frakce. Cílem extrakce

je získat ze semen co nejvyšší objem olejů a dosáhnout zbytkového oleje ve šrotech pod 1 %.

Proces extrakce lze rozdělit na čtyři hlavní úseky: příprava surovin, extrakce, oddělení oleje a rozpouštědla a zpracování extrahovaných zbytků. Příprava suroviny je téměř shodná s přípravou suroviny pro lisování a je zmíněna v kapitole 4.1.1. Velký důraz se klade na vložkování suroviny, tj. přípravu vloček o tloušťce asi 0,3 mm a velikosti 5 mm, které prochází mezi párem hladkých válců. Předlisovaný materiál se drtí na drobné granule.

Rychlost extrakce se řídí difúzními vztahy a rychlostí toku rozpouštědla vrstvou extrahovaného materiálu. V dnešní době se používají hlavně perkolační extraktory s protiproudým uspořádáním, kdy je materiál zkrápěn rozpouštědlem nebo roztokem oleje v rozpouštědle, tzv. miscelou. Ze získané miscely o koncentraci 20 – 30 % se oddestiluje rozpouštědlo a vzniká surový vyextrahovaný olej. Moderní kontinuální extraktory jsou schopné zpracovat 50 až 800 tun olejnatých semen denně.

Po oddělení oleje vzniká vedlejší produkt – šrot. [5, 6]

#### **4.1.3.1 Šroty**

Po extrakci se ze zbylého materiálu odpaří rozpouštědlo krátkodobým stříkem páry v tzv. toasteru. Pro šroty z různých olejnin jsou voleny vhodné teplotní režimy.

Šroty jsou přímo zkrmovány v zemědělských závodech nebo se zpracovávají do krmných směsí. Sojové šroty se využívají pro výrobu bílkovinných koncentrátů a izolátů.

Šroty obsahují 35 – 45 % bílkovin, 1 – 2 % tuku, vlákninu a popeloviny. [6]

## **4.2 Rafinérie**

Surové oleje obsahují řadu látek netukového charakteru. Oleje obsahují vodu, mechanické nečistoty, drobné částičky semen, buňkové tkáně, bílkoviny, sacharidy a minerální látky. Tyto látky se musí před dalším technologickým zpracováním odstranit v rafinérii. Cílem rafinace je odstranění těchto netukových látek. V olejích tak zůstávají látky rozpustné v tucích, zejména volné mastné kyseliny, fosfolipidy, dusíkaté sloučeniny a jejich komplexy se sacharidy, alkoholy, uhlovodíky, dále fyziologicky účinné látky jako např. steroly, vitaminy A, D, E, K a vosky. Rafinací se dále odstraňují nežádoucí doprovodné látky jako např. těžké kovy, herbicidy, pesticidy a jiné kontaminanty. [5]

Rafinace neboli čištění oleje se skládá z řady fyzikálně-chemických procesů, při nichž se surový olej zbavuje doprovodných látek a získává se rafinovaný rostlinný olej a řada významných doprovodných chemických látek, které se dále používají jako suroviny pro potravinářský, chemický a kosmetický průmysl. Proces rafinace se skládá z technologických operací:

- Hydratace a odslizení surového oleje
- Alkalické rafinace
- Bělení
- Dezodorace [6]

Výsledkem rafinace je *rafinovaný olej*, který se dále plní do expedičních obalů k přímé spotřebě nebo se dále zpracovává při výrobě ztužených tuků. [6]

Rafinace je nevyhnutelná při výrobě olejů získaných lisováním za tepla a extrakcí. [5]

#### 4.2.1 Hydratace (odslizení) surového oleje

V prvním kroku rafinace působí voda anebo zředěné roztoky elektrolytů (zejména kyselin) na fosfolipidy, bílkoviny, sacharidy a další látky obsažené v oleji mající schopnost vázat vodu a koagulovat. Vzniklá sraženina nebo koagulát se separuje sedimentací nebo odstředěním. Z oleje se tak odstraní fosfolipidy a látky afinní k vodě. Ze získaného hydratačního kalu se odpaří voda a získá se lecitin (zejména sójový), který je významným emulgátorem. [6]

Při diskontinuálním postupu hydratace se olej čerpá do válcové nádrže s kuželovým dnem vybaveným duplikátorem, míchadlem s možností regulace frekvence otáček, vstříkovým zařízením a teploměrem. Ve válci se za mírného míchání vstříkuje voda (2 %) o teplotě 70 °C a vytvořené vločky se nechají sedimentovat. Při kontinuální hydrataci se surový olej čerpá přes filtr a zahřeje se na 70 °C. Dávkovacím čerpadlem se přidá 0,5 % vody a hydratovaný olej se separuje odstředivkou.

Hydratace je nejšetrnější a nejvíce používaný postup odslizování olejů a tuků. [5, 6]

#### 4.2.2 Alkalická rafinace (odkyselení)

Při alkalické rafinaci neboli odkyselování dochází k odstranění volných mastných kyselin. Pomocí vodného roztoku hydroxidu sodného (3 – 20 %) se neutralizují volné mastné kyseliny a vznikají mýdla, která přecházejí do vodné fáze. Použitá teplota (z 90 na 50 °C) je závislá na koncentraci hydroxidu sodného.

Linka se skládá z hydratačního, neutralizačního, promývacího a sušícího stupně.

Na první samoodkalovací odstředivce se odděluje mýdlový kal (tzv. soapstock) a získává se odkyselený olej. Mýdlový kal se dále rozkládá kyselinou sírovou a tukový podíl se používá k technickým účelům. [5, 6]

Pro diskontinuální alkalickou rafinaci se používá 14%-ní roztok NaOH při teplotě oleje 50 °C nebo 4%-ní roztok NaOH při teplotě 90 °C. Při kontinuální alkalické rafinaci v zařízení De Laval Short-Mix probíhá odkyselení 6,5%-ním roztokem NaOH za 25 s. Odkyselený olej se vede do tlakového hermetického separátoru pro oddělení soapstocku. Olej je propírán vařící vodou a znovu se odstřeďuje. Poté se suší rozprašováním ve vakuové sušárně při tlaku 8 kPa. Vysušený odkyselený olej obsahuje 0,05 % volných mastných kyselin a vody a max. 0,007 % mýdla. [5]

K odkyselení je možno použít i 20%-ní roztok  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Vzniklý  $\text{CO}_2$  je nutné odstranit, protože zpomaluje separaci soapstocku.

K odstranění volných mastných kyselin se používají rovněž fyzikální způsoby. Např. destilace vodní párou založená na oddestilování volných mastných kyselin při teplotě 220 – 240 °C, tlaku 0,50 kPa a vstřiku nasycené vodní páry.

Po alkalické rafinaci vzniká tzv. *odkyselený olej*. [6]

#### 4.2.3 Bělení

Surové tuky a oleje mají charakteristické zabarvení. Cílem bělení je odstranění barevných látek a těžkých kovů z olejů. Odstraňují se zejména karotenoidní a feofytinová barviva. K částečnému vybělení oleje dochází při odslizování a alkalické rafinaci. Nejvíce používaným způsobem bělení olejů je však použití adsorpčních prostředků. Proces využívá tzv. chemisorpce (adsorpce barviv) na bělicí lince hlinitosilikátového typu při teplotě 70 – 90 °C. Proces probíhá za vakua, aby se zamezilo oxidaci olejů. Výsledným produktem je tzv. *polorafinovaný olej*. [5, 6]



#### 4.2.4 Dezodorace

V posledním rafinačním stupni – dezodoraci dochází k odstranění látek, které destilují s vodní párou. Jsou odstraněny pachové látky, zbylé volné mastné kyseliny, tokoferoly a steroly. Při teplotě 180 – 240 °C, tlaku 0,5 – 0,5 kPa dochází k destilaci vodní párou. Proces trvá 1 – 6 hodin.

Při dezodoraci se snižuje nutriční hodnota oleje a jeho oxidační stabilita. Dezodorační kondenzát se používá při výrobě fytosterolů a tokoferolů nebo se používá pro technické účely výroby mastných kyselin. [6]

#### 4.2.5 Winterizace (vymražování)

Proces winterizace se využívá při výrobě olejů, u kterých je požadavek čirosti i při snížené teplotě. Jedná se o oleje používané na výrobu salátů, olejů do majonéz a pro konzervářský průmysl. Winterizací se například upravují oleje jako slunečnicový a bavlníkový, které při zchlazení na 5 °C vytvářejí zákal. Příčinou zákalu jsou většinou vosky, některé uhlovodíky a nasycené TAGs.

Při termicko-mechanickém procesu vymražování (winterizaci) dochází ke krystalizaci pevných podílů oleje a k jejich mechanické separaci. Proces probíhá ve dvou stupních. V prvním stupni, který trvá 2 hodiny, se olej za intenzivního míchání zchladí z 30 °C na 15 °C. V druhém stupni trvajícím 25 až 30 hodin dochází za mírného míchání k pomalému zchlazení z 15 °C na 5 až 8 °C. V první fázi vznikají malé krystalky, které se v další fázi zvětšují. Nakonec se oleje filtrují.

V průmyslu se využívá rychlejší způsob winterizace v rozpouštědle (vymražování olejů v miscela), který oproti klasické winterizaci trvajícím 30 až 32 hodin, trvá pouze 8 hodin. Další výhodou tohoto postupu je zvýšená odolnost oleje vůči chladu, vyšší výtěžnost tekutého podílu, téměř čtyřikrát kratší doba krystalizace a desetkrát menší potřeba filtrační plochy. Jako rozpouštědlo se nejčastěji volí hexan, případně směs hexanu a acetonu. Miscela obsahující 40 % oleje se během 45 minut zchladí z 30 °C na 5 °C, v další fázi po dobu 3 hodin se zchlazuje na -3 °C a v poslední fázi trvajícím 4 hodiny se dosáhne konečné teploty 5 °C. Miscela se dále filtruje a pevné podíly se separují v kontinuálních vakuových filtrech.

Oba postupy winterizace jsou energeticky náročné a provádí se pouze v případě, vyžadují-li to navazující potravinářský průmysl. [2, 7]

## 5 KVALITATIVNÍ ZMĚNY OLEJŮ A TUKŮ

Žluknutí je soubor nežádoucích reakcí způsobených enzymy, hydrolýzou nebo oxidací zhoršující organoleptické vlastnosti olejů. Žluknutí probíhá snadno u tuků a olejů s vyšším obsahem nenasycených FAs. Při žluknutí dochází ke štěpení dvojných vazeb nenasycených FAs za vzniku peroxidů, aldehydů, ketonů a kyselin, které nepříznivě ovlivňují sensorické, nutriční a chemické vlastnosti tuků a olejů.

Žluknutí se podle povahy dělí na žluknutí hydrolytické, oxidační, ketonické a chuťovou reverzi. [7, 8, 9]

### 5.1 Žluknutí hydrolytické

Hydrolytické žluknutí způsobují nejčastěji enzymy, hlavně lipasy a fosfolipasy, ale může být i zcela chemického rázu, např. při dlouhém vaření potravin. K enzymovému žluknutí dochází při skladování potravin obsahujících vodu. Hydrolýza probíhá rychleji v nezralých a naklíčených semenech nebo semenech mechanicky narušených mletím a drcením. Ve zralých a nenarušených semenech probíhá hydrolýza pomaleji.

Hydrolytické žluknutí je typické pro tuky obsahující FAs s kratším uhlovodíkovým řetězcem (4 – 10 atomů uhlíku), zejména pro kokosový a palmojadrový tuk.

Žluknutí se projevuje hořknutím a u kokosového tuku typickou mýdlovou chutí. [1, 8]

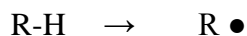
### 5.2 Žluknutí oxidační

K oxidaci dochází působením vzdušného kyslíku. Samovolná oxidace neboli autooxidace je radikálová řetězová reakce, kdy v prvním kroku dojde k odtržení atomu vodíku za vzniku radikálu. Volný radikál dále rychle reaguje s kyslíkem a vytvoří se peroxidový radikál. Peroxidový radikál dále reaguje s další molekulou FA, uvolní se další atom vodíku a vznikne hydroperoxid a volný radikál. Volný radikál dále reaguje a řetězová reakce se opakuje. Reakce má zpočátku nízkou rychlost, ale postupně je urychlena působením záření, energií nebo jiným radikálem. Vzniklé hydroperoxy nejsou stálé, rozkládají se nebo dále reagují s dalšími dvojnými vazbami. [7, 8]

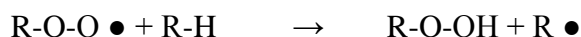
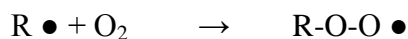
Senzorickou jakost neovlivňují vznikající hydroperoxy, ale jejich oxidační produkty, které vyvolávají charakteristické pachutě závislé na složení a koncentraci sekundárních produktů. [1]

**Vznik radikálů a hydroperoxidů**

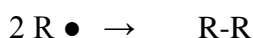
- **Iniciační reakce** (z FA vzniká volný radikál)



- **Propagační reakce** (tvorba peroxidového radikálu a hydroperoxidu)



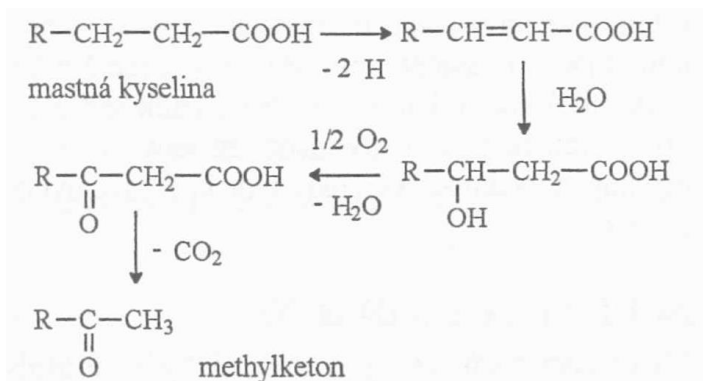
- **Terminační reakce**

**5.3 Chuťová reverze**

Chuťová reverze je způsobena enzymem lipoxygenasou a je charakteristická zejména pro sójový olej. Chuťová reverze se někdy vyskytuje i u dalších rostlinných olejů obsahujících linolenovou kyselinu (např. u řepkového oleje). Při zpracovávání semen na oleje vznikají působením lipoxygenasy hydroxyperoxydy esenciálních FAs. Jejich rozkladné produkty přechází do oleje a jsou v něm prekursory 2-pentylfuranu a 2-pentenylfuranu, jejichž rozkladné produkty jsou nositeli chuťové reverze. Rafinací lze z rostlinného oleje projevy chuťové reverze (pach po trávě a fazolích) odstranit, ale vada oleje se po určité době znovu objeví. [1, 8]

**5.4 Ketonické žluknutí**

Pro kokosový tuk a mléčné tuky je typické ketonické žluknutí způsobené činností mikroorganismů, které přeměňují nižší FAs (s 6 – 10 atomy uhlíku) na 2-alkanony (methylketony) a ty pak dodávají tuku charakteristickou květinovou vůni. [1, 8]



Obr. 1. Tvorba 2-alkanonů při ketonickém žluknutí. [1]

## 5.5 Peroxidové číslo

Peroxidové číslo udává obsah peroxidicky vázaného kyslíku v tuku a určuje stupeň oxidačního žluknutí. Hodnotu peroxidového čísla ovlivňují FAs obsažené v olejích a tucích a délka a typ skladování tuků a olejů. Čím vyšší je hodnota peroxidového čísla, tím vyšší je obsah kyslíku peroxidicky vázaného v oleji nebo tuku.

Peroxidy v kyselém prostředí oxidují jodid draselný na jod, který se zjistí titrací thiosíranem sodným. [3, 10, 11]

## 5.6 Číslo kyselosti

Při stárnutí olejů a tuků dochází k hydrolytickému štěpení a uvolňování FAs. Stupeň hydrolytického štěpení udává číslo kyselosti.

**Číslo kyselosti** se stanoví titračně alkalimetry a je dáno počtem miligramů KOH potřebného k neutralizaci volných mastných kyselin obsažených v jednom gramu tuku či oleje. [10, 11]

## 5.7 Jodové číslo

Jodové číslo je ukazatelem obsahu dvojných vazeb v tuku. K jeho stanovení se využívá Hanušovy metody, která spočívá v adici interhalogenové sloučeniny na vzorek tuku a titračním stanovením nadbytku činidla.

Hodnota jodového čísla vyjadřuje míru nenasycených FAs v tuku. Podle hodnoty jodového čísla se tuky dělí na nevysychavé (hodnota jodového čísla do 60 %), polovysychavé (60 – 120 %) a vysychavé (nad 120 %). [10, 11]

## 6 METODY STANOVENÍ MASTNÝCH KYSELIN V OLEJÍCH

### 6.1 Stanovení FAs metodou plynové chromatografie

Pro zjištění zastoupení FAs v olejích a tucích se využívá metody plynové chromatografie. Metoda je vhodná pro běžné tuky a oleje, nepoužívá se pro tuky obsahující kyseliny s krátkým řetězcem. Nejdříve je nutné převést FAs nebo estery glycerolu na methylestery, které lze snadno rozdělit plynovou chromatografií. Stacionární fáze je tvořena polyestery nebo polyalkylenglykolem. Výstupem je chromatogram, ze kterého je možné vyčíst dle elučních časů jednotlivé FAs a podle velikosti a plochy píků určit množství dané FA v %. [12]

Metoda plynové chromatografie je založena na ustanovování rovnováhy mezi stacionární kapalnou nebo pevnou fází a mobilní plynnou fází. Podle skupenství stacionární fáze se plynová chromatografie dělí na adsorpční (pevná stacionární fáze) a rozdělovací, kdy je stacionární fáze tvořena kapalinou. [13]

Plynový chromatograf se skládá z **injektoru** (dávkovače), který zajišťuje nástřik vzorků, **termostatu** ve kterém je umístěna **kolona**, a **detektoru** se záznamovým zařízením.

Princip spočívá v tom, že se odměřené množství plynu včlení do nosného plynu před vstupem do kolony, která je vyplněna inaktivním nosičem. Složky analyzované plynné směsi se v koloně dělí podle adsorpční mohutnosti nebo podle rozpustnosti ve stacionární zakotvené fázi a jsou rozdílně vymývány nosným plynem. Rozdělené složky se po opuštění kolony zjišťují detektorem. [13, 14]

V praxi se nejčastěji jako mobilní fáze používá N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> nebo He, méně častěji Ar a CO<sub>2</sub>. Použitý plyn musí být vysoké čistoty, suchý a zbavený kyslíku.

Vzorek je dávkován zpravidla v plynné nebo kapalně podobě prostřednictvím injektoru. Vzorky v podobě roztoků je nutné rychle převést do plynné fáze, proto bývá nástřikový prostor zahříván na teplotu kolem 250 °C. Vlastní nástřik vzorku se realizuje zpravidla injekční mikrostřikačkou přes silikonové septum. Podle druhu kolony se nástřikové množství pohybuje v rozmezí 1 – 5 µm u kapilárních kolon. V nástřikovém prostoru dochází k opláchnutí vnitřní strany septa, čímž se zamezí kontaminaci analyzovaným vzorkem. [13]

Kolona je umístěna v **termostatu**. V koloně je umístěna stacionární fáze a nastává v ní dělení složek směsi. Teplota je spolu s průtokem nosného plynu základním parametrem ovlivňujícím dělení složek směsi. Kolony se dělí na kapilární a náplňové.

Tradiční **náplňové kolony** jsou kovové nebo skleněné trubice naplněné vhodným sorbentem nebo nosiči pokrytými kapalnou fází. Vnitřní průměr kolony je 2 – 3 mm a délka kolony 1 – 3 m. Náplňové kolony mají vyšší kapacitu než kapilární kolony. Jako stacionární fáze se nejčastěji používají polární sorbenty  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , molekulová síta nebo sorbenty nepolární jako např. aktivní uhlí. [13, 14]

Modernější **kapilární kolony** využívají jako nosiče stacionární fáze své vnitřní stěny. Používají se skleněné a kovové kapiláry. Skleněné kapiláry jsou na povrchu chráněny vrstvou polymeru. Kovové kapiláry jsou určeny pro vyšší teploty. Vnitřní průměr kolony je 0,1– 0,6 mm, tloušťka stacionární fáze je 0,25 – 5  $\mu\text{m}$  a délka kapiláry se pohybuje od 15 do 60 m. Jako stacionární fáze se používají polymery na bázi polyfenylsiloxanů nebo polyethylenglykolu. [13, 14]

**Detektor** umožňuje vizualizaci výsledků dělení směsi. Nosný plyn z kolony protéká detektorem, který reaguje na přítomnost analytu a vysílá signál, jenž je zaznamenáván v závislosti na čase. V současné době je zpravidla výstup z detektoru digitalizován a další zpracování dat se provádí pomocí počítače. Grafickým výstupem je chromatogram. Každé složce směsi zde odpovídá příslušný signál, tzv. pík. [13, 14]

V praxi je nejpoužívanější **tepelně vodivostní detektor** (katarometr, TCD). TCD je nedestruktivní detektor (nedochází v něm ke zničení detekované látky). Detektor měří změny tepelné vodivosti plynné směsi, které jsou způsobeny přítomností eluované látky v nosném plynu. Detektor se skládá z tenké kovové spirály umístěné ve vyhřívaném bloku, kterým prochází nosný plyn z kolony. Při průchodu vzorku detektorem se mění tepelná vodivost prostředí, teplota a tím i vodivost spirálky. Výsledkem je elektrický signál, jehož intenzita je úměrná koncentraci látky. [13, 14, 15]

Destruktivním detektorem (dochází ke zničení látky) je **plamenově ionizační detektor (FID)**. Podstatou děje je srážka pohybující se ionizující částice s molekulou eluované látky, která se tím ionizuje. Základem detektoru je vodíkový hořící plamen mezi deskami kondenzátoru, na které je vloženo vhodné napětí a konec detektoru ústí do plamene, kde do-

chází ke spálení látky, tvoří se nabitě částice, které mění vodivost mezi deskami kondenzátoru. [13, 14, 15]

**Hmotnostní detektor (GC-MS)** je destruktivním typem detektoru. Jedná se o kombinaci metody strukturní analýzy (hmotnostní spektroskopie) a separační metody (plynové chromatografie). Výhodou je, že kromě počtu a množství složek v analyzované směsi se měří i hmotnostní spektra každé složky a pomocí knihovny spekter je dále možné provést identifikaci látky. Nepostradatelné je spojení GS-MS tam, kde se provádějí identifikace neznámých složek směsí. [13, 14]

V praxi se dále používají ionizační detektory: plamenový ionizační detektor s alkalickým kovem (AFID), bezplamenný detektor s alkalickým kovem (bezplamenný TID), detektor elektronového záchytu (ECD), fotoionizační detektor (PID), atomový emisní detektor (AED) a další. [14]

## 6.2 Stanovení obsahu *trans*-nenasycených FAs metodou infračervené spektrometrie

Pro stanovení obsahu *trans*-nenasycených FAs se využívá metody infračervené spektrometrie. Metoda je vhodná pro přírodní, hydrogenované a rafinované tuky a oleje, FAs a jejich methylestery. Principem infračervené spektrometrie je absorpce infračerveného záření molekulami látek. Nejprve jsou FAs, tuky a oleje převedeny na methylestery mastných kyselin, které se rozpustí v CS<sub>2</sub>. Poté je změřeno infračervené spektrum vzorku v rozmezí 1100 – 910 cm<sup>-1</sup> a následně se sleduje absorbance esterů při 970 cm<sup>-1</sup>. Výška píku při této absorbanci je úměrná obsahu dvojných vazeb v konfiguraci *trans*. Toto absorpční maximum je vyvoláno deformační vibrací vazby C-H na atomech uhlíku vázaných dvojnou vazbou *trans*. Obsah složek s izolovanými *trans*-dvojnými vazbami se vyjádří jako procento methylelaidátu v celkových methylesterech. [12, 14]

## 6.3 Stanovení konjugovaných FAs UV spektrometrií

Pro stanovení konjugovaných FAs se používá metoda UV spektrometrie. Podstatou UV spektrometrie je absorpce ultrafialového záření zředěnými roztoky molekul. Tato metoda je vhodná pro přírodní oleje a tuky, FA a jejich estery. FAs s konjugovanými dvojnými vazbami vykazují v UV oblasti absorpční maxima. Poloha maxim a velikost extinkčního koe-

ficientu závisí na počtu konjugovaných dvojných vazeb a jejich konfiguraci. Konjugované dieny mají absorpční maximum při 233 nm a konjugované trieny mají maxima při 268 a 278 nm a minima při 262 a 274 nm.

System konjugovaných dvojných vazeb se v přírodních lipidech nevyskytuje. Konjugovaný systém vzniká během technologického zpracování olejů (při bělení) a oxidací PUFAs. PUFAs s izolovanými dvojnými vazbami přerušovanými jednou methylenovou skupinou přechází při záhřevu v alkalickém prostředí v konjugované izomery a dají se takto stanovit.

[12, 14, 16]



## 7 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH OLEJŮ

Rostlinné oleje jsou vhodné pro tepelnou úpravu potravin, zejména ke smažení, ale slouží i jako dochucovadla ve studené kuchyni. Jako dochucovadla se většinou používají oleje lisované za studena, díky své chuti po původní surovině. V jednotlivých zemích jsou vyráběny různé oleje rozličných místních plodin. Nejvyšší panenské oleje se získávají z prvního lisování za studena, jsou chuťově nejvýraznější a tedy i nejvhodnější pro přípravu pokrmů studené kuchyně jako jsou saláty, pasty a studené omáčky. Tepelnou úpravou panenských olejů se jejich typická chuť po dané surovině ztrácí, a proto jsou pro teplou úpravu pokrmů, na vaření a smažení, vhodnější méně chuťově výrazné oleje z druhého lisování. [17]

V tukovém průmyslu tvoří 2/3 objemu právě výroba rostlinných olejů. Nejčastěji se olej získává ze sóji, slunečnice, podzemnice olejné, palmy olejné, bavlníku, řepky olejné, olivovníku, sezamu indického, kukuřičných klíčků a z hroznových semen. [5]

Klima a dostupnost surovin ovlivňovali stravovací zvyky obyvatelstva od pradávna. Obyvatelé střední a severní Evropy nejčastěji získávali živočišné tuky, zatímco obyvatelé jižní Evropy, Asie a Afriky upřednostňovali k získávání tuků rostlinné suroviny. Proto se v kuchyních severní a střední Evropy nejčastěji připravují pokrmy z pevných tuků jako např. máslo, sádlo a lůj, zatímco v teplých zemích jižní Evropy se používají různé druhy rostlinných olejů. [3]

### 7.1 Olej z hroznových jader

Výroba a používání oleje z hroznových jader má dlouholetou tradici. Ve středověku byl používán jako lék a současná moderní věda také prokázala příznivý vliv oleje na zdraví člověka. Olej z hroznových jader obsahuje vysoký podíl nenasycených mastných kyselin (přes 90 %). Složení FAs se výrazně mění v závislosti na odrůdě révy a způsobu výroby. Hroznový olej obsahuje lipofilní vitamin E, který je důležitým antioxidantem. [18, 19, 20, 21]

Kvůli nízké výlisnosti (obsah lipidů 5 – 20 %) se při získávání olejů z hroznových jader používá vyšší tlak a teploty. Vylisovaný surový olej je tmavé zelené barvy. Ke kuchyňské úpravě se používají pouze oleje rafinované, které prošly procesem dezodorace. Takto upravený olej má jemnou chuť a je bezbarvý až slabě nazelenalé barvy. Olej se používá jak

ve studené tak v teplé kuchyni. Dříve se olej vyráběl hlavně v zemích s vyšší produkcí vín. Tradičně se vyrábí tento olej ve Francii, kdy se využívá hroznových semen jako vedlejšího produktu při výrobě vína. V současné době se stává tento olej oblíbeným i v jiných zemích díky své nutriční hodnotě. Obsahuje nízký podíl SFAs a vysoký podíl MUFAs a PUFAs, významný je podíl C18:2 (kyseliny linolové). Olej z hroznových jader vykazuje dobrou oxidační stabilitu, pravděpodobně kvůli nízkému obsahu C18:3 (kyseliny linolenové). [17, 22, 23]



Obr. 2. Réva vinná. (*Vitis vinifera* L.) [24]

## 7.2 Olej z podzemnice olejně

Podzemnicový olej se získává z jader plodů jednoleté rostliny podzemnice olejně, která se řadí do čeledi rostlin bobovitých. Při dozrávání podzemnice se stonek rostliny skloní a plody se ponoří do půdy, kde dozrávají 4 – 6 týdnů. Plody obsahují 1 – 3 oválná jádra, která obsahují 40 – 50 % oleje. V oleji světle žluté barvy jsou obsažena barviva  $\beta$ -karoten a lutein. Zastoupení barviv a dalších látek má vliv na stabilitu oleje, která je delší než u jiných olejů. Stabilitu oleje ovlivňuje hlavně obsah FAs. [2, 5, 22, 25]

Podzemnice se pěstuje hlavně v Jižní a Severní Americe v subtropickém a tropickém pásmu, dále v Africe a v Číně. Původem pochází z Jižní Ameriky, kde byla pěstována již před 4000 lety.

Plody podzemnice, arašídů, jsou surovinou pro výrobu řady potravin, jako solené arašídů, arašídové máslo a arašídové pomazánky. Asi polovina celosvětové produkce podzemnice slouží pro výrobu oleje. [3, 7]

V podzemnicovém oleji je obsaženo až 96 % TAGs, ve kterých jsou nejvíce zastoupeny kyseliny C16:0, C18:1 (cis-9) a C18:2 (cis-9,12). Složené TAGs průměrně obsahují 80 %

nenasycených a 20 % nasycených FAs. Olej obsahuje až 7 % FAs s dlouhým řetězcem (C20:0, C22:0, C24:0). Olej neobsahuje C18:3, díky tomu je olej oxidačně stabilní a je možné jej použít i na smažení. [3]



Obr. 3. Podzemnice olejná (*Arachis hypogaea* L.) [26]

### 7.3 Olej z řepky olejné lisovaný za studena

Naši nejdůležitější surovinou pro získávání oleje je řepka olejná. Řepka kvete žlutě, některé odrůdy citrónově žlutě, bělavě nebo s červeným nádechem. Plodem řepky je šešule, která obsahuje 9 – 25 semínek černé nebo hnědočerné barvy, o průměru 1,5 – 2,8 mm. Semena obsahují 40 – 48 % oleje. Olej z řepky olejné patří k olejům s dlouhou tradicí. Dříve se oleje lisovaly z řepky, která obsahovala až 50 % kyseliny erukové. Kyselina eruková je z hlediska výživy nevyhovující. Bylo prokázáno, že způsobuje myokarditidu, akumulaci lipidů v srdci a myokardiální fibrózu. V současné době se lisují oleje z vyšlechtěné tzv. „bezerukové“ řepky, kde je obsah kyseliny erukové minimální (do 2 %). Olej získaný z bezerukové řepky olejné je v USA a Kanadě označován jako „canola“. [3, 7, 23]

Geneticky modifikovaná „bezeruková“ řepka je v posledních 30 letech třetí nejpoužívanější plodinou pro výrobu rostlinných olejů. [3]

Největšími producenty jsou Indie, Kanada, Francie, Polsko, Švédsko a Německo.

V oleji z řepky olejné je obsaženo malé množství SFAs a vysoký obsah MUFAs. Z FAs je významný vysoký obsah C18:1 a C18:2. Řepkový olej se od jiných rostlinných olejů liší obsahem barviva chlorofylu a sirných sloučenin. Chlorofyl a sirné sloučeniny bývají při výrobě oleje odstraňovány. [3]



Obr. 4. Řepka setá (*Brassica napus* L.) [27]

#### 7.4 Slunečnicový olej lisovaný za studena

Slunečnice jsou u nás důležitou surovinou a čtvrtou nejpěstovanější plodinou tukového průmyslu. Slunečnicový olej je získáván z jader slunečnicových semen při prvním šetrném lisování za studena. Slunečnice původně pochází z Ameriky, ale v dnešní době se pěstují po celé Evropě. [7, 28]

Pro tukový průmysl má z mnoha druhů slunečnic význam slunečnice roční. Existuje řada forem a odrůd. Slunečnice má křovitý kořen, její lodyha dosahuje výšky 60 až 400 cm (u nás nejčastěji do 190 cm). Květenství slunečnice je žlutý úbor o průměru 6 až 40 cm, který po dozrání obsahuje 500 až 600 semen.

Semena slunečnice obsahují 45 – 60 % oleje. Složení slunečnicového oleje je ovlivněno klimatickými podmínkami, teplotou, genetickými faktory a umístěním semen. V oleji jsou obsaženy karotenoidy, lecitin, vitamin E a minerální prvky (Zn, Cu, Ni). Pro nerafinovaný slunečnicový olej je typická zlato-žlutá barva, zatímco rafinované oleje jsou světle žluté barvy. Charakteristická, ne příliš příjemná chuť a vůně jsou odstraněny během dezodorace. Pro svůj vysoký obsah PUFAs se řadí mezi velmi kvalitní oleje. Olej vynikajících dietetických vlastností převyšuje svou jakostí olej olivový a vyrovná se sójovému oleji. [3, 5, 7, 19]



Obr. 5. Slunečnice roční (*Helianthus Annuus L.*) [29]

### 7.5 Olej ze světlice barvířské

Světlice barvířská je jednoletá, žlutě nebo bíle kvetoucí, až 1 m vysoká rostlina poskytující úzká bílá semena, původem z Egypta, příbuzná slunečnici. Pěstuje se hlavně v Indii, ve státech kolem Středoziemního moře a v Americe.

Semena světlice obsahují 50 – 55 % oleje. Olej ze světlice barvířské obsahuje velké množství nenasycených FAs, zejména důležitý je podíl C18:2 a nízké množství C18:3 a volné FAs olej téměř neobsahuje. Ze světlice se olej běžně získává lisováním i extrakcí a je nutné jej dále upravovat rafinací a dezodorací. Olej má nízkou oxidační stabilitu a jeho kvalita se rychle zhoršuje. [1, 8, 25]

Olej ze světlice je světle žluté barvy. Z komerčně dodávaných olejů obsahuje olej ze světlice nejvyšší množství C18:2. [1, 8]

V potravinářském průmyslu se olej používá k přípravě majonéz a výrobě mražených salátových dresinků. [25]



Obr. 6. Světlice barvířská (*Carthamus tinctorius L.*) [30]

## 7.6 Mandlový olej

Mandlový olej se získává z mandloně sladké, která na rozdíl od mandloně hořké neobsahuje jedovatý amygdalin. Mandloně pochází z Číny, ale pěstují se ve Španělsku, Itálii a Severní Americe.

Semena mandloně obsahují kolem 50 % oleje, ve kterém jsou zastoupeny vitaminy (A a E) a minerální prvky (K, Ca, Mg, P, S, Ni). [19, 20, 28]

Mandlový olej má jemně sladkou chuť i vůni. Využívá se hlavně pro přípravu pokrmů z ryb a moučnicků a pekařských výrobků. [22]

Mandlový olej obsahuje převážně MUFAs, méně PUFAs a SFAs. Z FAs je nejvíce zastoupena C18:1 (62 – 75%), dále C16:0, C16:1, C18:0 a C18:2. V některých olejích může být v malém množství obsažena C18:3. [31]



Obr. 7. Mandloň obecná (*Amygdalus communis L.*) [32]

## 7.7 Olej z pšeničných klíčků

Obsah oleje v pšeničných zrnech je kolem 2 %. Nejvyšší podíl oleje je obsažen v klíčcích (10 – 15 %), v endospermu je 0,75 % a v otrubách je 5,6 %. Olej z pšeničných klíčků je lisovaný za studena a tudíž významné látky z klíčků přechází přímo do oleje. Olej obsahuje velké množství vitaminů K, F, provitaminu D a zejména vitaminu E (minimálně 200 mg/100 g  $\alpha$ -tokoferolu a 40 mg/100 g  $\beta$ -tokoferolu). Z nenasycených FAs jsou v oleji obsaženy zejména C18:1, C18:2 a C18:3.

Olej z pšeničných klíčků je vhodný pro studenou kuchyni, pro přípravu salátů. [2, 33, 34]





Obr. 8. Pšenice setá (*Triticum aestivum* L.) [35]

## 7.8 Sezamový olej

Sezamový olej se získává z bílých a černých semen sezamu indického, který je pěstován hlavně v Indii, Číně a v Americe. V semenech sezamu, která jsou 2 až 3 mm dlouhá, zploštělá, hruškovitého tvaru, je obsaženo 45 – 55 % dieteticky cenného oleje.

Extrahovaný surový olej má tmavě hnědou barvu a má velmi silně hořkou chuť a vůni. Nerafinovaný sezamový olej lisovaný z pražených sezamových semínek je typický pro orientální kuchyni a používá se zejména při přípravě smažených čínských pokrmů, kterým dodává charakteristickou chuť. Nerafinované oleje se dále používají pro dochucování pokrmů a přidávají se například do zálivek zeleninových salátů.

V Jižní Indii, na Blízkém východě a v dalších zemích, kde se začíná sezamový olej více používat, se sezamový olej vyrábí z nepražených semen sezamu. Takto vyrobený olej je vhodný i pro teplou kuchyni.

Rafinovaný olej má slámově žlutou barvu a jemnou oříškovou chuť. Má výbornou oxidační stabilitu, proto se často používá pro smažení, pečení, dušení masa, ryb a zeleniny. Olej obsahuje sezamin, sezamolin a sezamol, které jsou silnými antioxidanty a řadu fytoosterolů, které ostatní rostlinné oleje neobsahují. [2, 5, 17, 22]

Olej obsahuje velké množství C18:1 a C18:2.

Kvůli své oxidační stabilitě se často používá při přípravě margarínů. [22]



Obr. 9. Sezam indický (*Sesamum indicum* L.) [36]

## 7.9 Olej z dýňových semen

Olej z dýňových semen je lisován za studena ze semen tykve obecné. Semena obsahují až 54 % oleje. Tento olej hnědo-zelené barvy se řadí mezi oleje nejvyšší kvality a je ceněn pro své mimořádné léčivé schopnosti. [19, 28]

Olej z dýňových semen obsahuje okolo 32,3 % bílkovin, 12,1 % vlákniny a 2,7 % minerálních prvků, zejména K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn a P. Olej obsahuje převážně nenasycené FAs (73,1 – 80,5 %), zejména C18:2, C18:1, v menší míře jsou zastoupeny SFAs C16:0 a C18:0. Olej obsahuje i velké množství volných FAs a tokoferolu. [37, 38, 39]

Dýňový olej je původem z USA. V dnešní době je rozšířený po celém světě. V Evropě se vyrábí hlavně na Slovensku, v Maďarsku a v jižním Rakousku. Používá se k přípravě nej-různějších pokrmů studené kuchyně, přidává se do salátů, omáček, ale je možné ho použít i v teplé kuchyni. [19, 28]



Obr. 10. Tykev obecná (*Cucurbita pepo* L.) [40]



## 7.10 Rýžový olej

Rýžový olej se získává z rýžových otrub, tj. slupek a klíčků. Obsah oleje v otrubách je 19 – 24 %. Olej světle žluté barvy je oblíbený v jihovýchodní Asii, zejména v Číně, Indii, Indonésii, a dále v Japonsku, Americe, Kalifornii a Evropě. [2, 28]

Kvůli výborným nutričním vlastnostem je olej vhodný pro přípravu dietních jídel. Používá se při přípravě smažených pokrmů. Pokud projde procesem winterizace, je možné jej použít při přípravě salátů a ve studené kuchyni. Ve velké míře se používá při výrobě dresinků a majonéz.

Zastoupením FAs se rýžový olej podobá oleji podzemnicovému. Obsahuje velké množství oryzanolu, který snižuje absorpci cholesterolu. Estery ferulové kyseliny mají antioxidační vlastnosti, které v kombinaci s obsahem tokoferolů v oleji přispívají k dobré stabilitě oleje. [22]



Obr. 11. Rýže setá. (*Oryza sativa* L.) [41]

## 7.11 Olej z ostropestřce mariánského

Olej se vyrábí šetrným lisováním za studena ze semen bodláku ostropestřce mariánského, který se pěstuje hlavně v oblasti Středozemního moře, v některých státech USA a v Iránu. Semena bodláku obsahují 20 – 31 % oleje. V oleji je obsažena ve velké míře C18:2 a C18:1, C16:0 a C18:0.

Důležitý je i vysoký obsah sterolů, vitaminu E a C. Olej obsahuje silymarin, který se skládá z flavonolignanů silydinu, silydianinu a silychristinu. Semena ostropestřce dále obsahují betanin, trimethylglycin, které spolu s esenciálními FAs a silymarinem vykazují hepatoprotektivní účinky.

Olej má jemnou hořkou chuť, podporuje tvorbu žluče a pozitivně působí na játra a ledviny. Olej je vhodný pro studenou kuchyni, zejména do salátů. Olej není vhodný pro tepelné zpracování. [42, 43]



Obr. 12. *Ostropestřec mariánský (Silybum marianum L.)* [44]

## 7.12 Kokosový olej

Kokosový olej se získává z plodů palmy kokosové, která roste na tropickém pobřeží všech světadílů. Jeden strom v produkčním věku rodí 40 – 70 ořechů o hmotnosti 1 – 2,5 kg. Plod má světle hnědou slupku, pod kterou je vrstva vláknité hmoty, skrývající kokosový ořech kulovitěho tvaru o průměru 10 – 12 cm. Kokosový ořech je obalen velmi tvrdou skořápkou, pod kterou je 1 až 2 cm tlustá bílá dužina. Uvnitř nezralých plodů je tekutina. Olej se získává z bílé dužiny, která obsahuje 48 – 65 % oleje. Rozlámaná a usušená dužina se zbytkovou vlhkostí 3 až 5 % (neboli kopra) obsahuje 60 – 65 % tuku. V oleji převažuje kyselina laurová. Palmy se pěstují v tropických a přímořských oblastech. [2, 5, 7, 45]

Kokosový olej je získáván lisováním i extrakcí kopry rozpouštědlem. V kokosovém oleji je významně zastoupena C12:0, která ovlivňuje konzistenci oleje. Při teplotě 21 °C má olej tuhou a křehkou konzistenci a snadno se rozpouští i při teplotách do 36 °C. Výborná oxidační stabilita je způsobena vysokým obsahem SFAs (až 90 % z celkového množství FAs). Olej obsahuje zejména TAGs se středně dlouhým řetězcem, složené zejména z C6:0, C8:0 a C10:0. [3]

Barva oleje je v závislosti na zastoupení barviv světle žlutá až hnědavě žlutá. Oleje vyráběné běžnou technologií s dezodorizací mají světle žlutobílou barvu. Typická chuť a vůně je ovlivněna obsahem laktonů – méně než 150 ppm. [3]

Kokosový olej je sice oxidačně stabilnější než ostatní oleje, ale snadněji podléhá hydrolýze, která způsobuje mýdlovou chuť. Hydrolýza probíhá pomaleji v přítomnosti volné vody. Pokud jsou přítomny enzymy lipasy, hydrolýza se výrazně zrychluje. [3]



Obr. 13. Kokosovník obecný (*Cocos nucifera* L.) [46]

### 7.13 Konopný olej

Konopný olej se vyrábí z jednoleté rostliny konopí, která je vysoká přes 2 m a je pěstovaná hlavně k získávání vlákna k různým účelům. V semenech je obsaženo 30 – 35 % oleje. Konopí se pěstuje hlavně v Německu, východní Asii a v zemích na severu Evropy. [2]

Konopný olej je ceněn především pro své výživové vlastnosti. Olej obsahuje přibližně 20 – 25 % bílkovin, 20 – 30 % sacharidů a 10 – 15 % vlákniny. Konopný olej je zdrojem n-3 a n-6 FAs (C18:2 a C18:2). [47]



Obr. 14. Konopí seté (*Cannabis sativa* L.) [48]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 8 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo zjistit skutečné zastoupení FAs v jednotlivých druzích netradičních olejů různých výrobců. Dále byla diplomová práce zaměřená na kvalitativní změny netradičních olejů během jejich skladování po dobu 63 dnů, kdy byly sledovány kvalitativní změny třinácti vzorků olejů pomocí změn čísla kyselosti a peroxidového čísla.

## 9 MATERIÁL A METODIKA

### 9.1 Charakteristika analyzovaných olejů

Diplomová práce byla zaměřena na analýzu méně obvyklých rostlinných olejů, které byly zakoupeny v komerční síti. Přehled olejů a výrobců udává tabulka 7.

*Tab. 7. Přehled analyzovaných olejů*

	<b>Název oleje</b>	<b>Výrobce</b>
1.	VITA Olej z hroznových jader	P. Brändle GmbH
2.	VITA Olej z podzemnice olejné	P. Brändle GmbH
3.	VITA Olej z řepky olejné lisovaný za studena	P. Brändle GmbH
4.	VITA Slunečnicový olej lisovaný za studena	P. Brändle GmbH
5.	Olej ze světlice barvířské BIO	COUNTRY LIFE s.r.o.
6.	Olej mandlový BIO	COUNTRY LIFE s.r.o.
7.	Olej z pšeničných klíčků	COUNTRY LIFE s.r.o.
8.	Olej sezamový BIO	COUNTRY LIFE s.r.o.
9.	Olej z dýňových semen BIO	COUNTRY LIFE s.r.o.
10.	Rýžový olej	BASSO FEDELE & FIGLI SRL
11.	Olej z ostropestřce mariánského	Natural Jihlava JK s.r.o.
12.	Kokosový olej	DNM company s.r.o.
13.	BIO Konopný olej	CANNABIS Pharma-derm, s.r.o.

### 9.2 Kvantitativní stanovení FAs

#### 9.2.1 Chemikálie

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

Hydroxid sodný p.a. – Ing. Petr Švec – Penta, výrobní divize Chrudim

Bortrifluorid-Dyethylether-Komplex zur Synthese – Merck KGaA, Darmstadt

n-Heptan p.a. – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

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

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

### 9.2.2 Standardy

U 0220 – Methyl-undekanoát – Sigma Aldrich Co LLC, USA

FAME Mixture C4-C24 – Restek, USA

### 9.2.3 Pomůcky a přístroje

- Běžné laboratorní sklo (varné baňky s kulatým dnem, kádinky, dělicí nálevky, pipety)
- Analytické váhy Explorer EP 214, Švýcarsko
- Topné hnízdo LTHS 250 – Brněnská Drutěva výrobní družstvo, Brno
- Plynový chromatograf Shimadzu GC-2010 s FID detektorem, SHIMADZU Handels GmbH, Praha 5 - Stodůlky
- Vysoce polární kolona HP-88 Agilent Technologies 100 m x 0,25 mm s tloušťkou stacionární fáze 0,25 um, Agilent Technologies, USA

### 9.2.4 Úprava vzorků pro plynovou chromatografii

Předtím, než byl každý vzorek proměřen chromatografem, bylo nutné všechny vzorky převést na methylestery.

#### 9.2.4.1 Příprava 15% methanolického roztoku $BF_3$

Nejprve byl připraven 15%-ní methanolický roztok fluoridu boritého, který slouží jako katalyzátor. Do 250 ml odměrné baňky, s malým množstvím methanolu, bylo přidáno 37,5 ml bortrifluorid-dyethylether-komplexu a poté byla odměrná baňka po rysku doplněna methanolem.

#### 9.2.4.2 Příprava 0,5 M methanolického roztoku NaOH

Podle vzorce  $m = c \cdot V \cdot M$ , kdy  $c$  je koncentrace roztoku,  $V$  je celkový objem roztoku a  $M$  je molární hmotnost NaOH, byla vypočtena hmotnost hydroxidu sodného potřebného pro přípravu 500 ml 0,5 M methanolického roztoku NaOH, tj. 9,9993 g.

Do 500 ml odměrné baňky byl navážen NaOH, který byl rozpuštěn v methanolu doplněném po rysku odměrné baňky.

### 9.2.4.3 Příprava vnitřního standardu

Byla zvolena metoda vnitřního standardu. Díky této metodě není nutné znát přesný objem nástřiku při analýze v plynovém chromatografu a navíc vnitřní standard i stanovované složky jednotlivých olejů jsou ovlivňovány ve stejném rozsahu v případě změn pracovních podmínek.

Do vzorku byla přidána látka, která se ve vzorku nenachází, neinteraguje se složkami vzorku a v blízkosti stanovované složky tvoří samostatný pík. Tyto podmínky splňuje methylester kyseliny undekanové. Vnitřní standard byl připraven do odměrné baňky o objemu 25 ml, mikropipetou bylo odměřeno 250  $\mu$ l methyl-undekanoátu a po rysku byla odměrná baňka doplněna heptanem.

### 9.2.4.4 Převedení vzorků olejů na methylestery

Do varné baňky byl odměřen 1 ml vzorku oleje a byly přidány 4 ml 0,5 M methanolického roztoku hydroxidu sodného. Vzorek byl zmýdelněn za neustálého zahřívání pod zpětným chladičem a v inertní atmosféře tvořené dusíkem do úplného vymizení tukových kapiček, tedy přibližně 20 minut. Poté bylo do varné baňky přidáno přes chladič 15 ml 15%-ního methanolického roztoku  $\text{BF}_3$ , který slouží jako katalyzátor. Po dvou minutách varu bylo přes chladič přidáno 5 ml heptanu.



Obr. 15. Aparatura na přípravu methylesterů



Po minutě varu byl odejmut chladič, varná baňka byla odstavena z topného hnízda a po částečném ochlazení byly přidány 2 ml nasyceného vodného roztoku chloridu sodného. Poté byl vzniklý roztok převeden do 250 ml dělicí nálevky. Varná baňka byla promyta 15 ml heptanu, obsah baňky byl převeden do dělicí nálevky k prvnímu dílu a do dělicí nálevky bylo dále přidáno 40 ml nasyceného vodného roztoku chloridu sodného. Po promíchání obsahu dělicí nálevky protřepáním došlo k oddělení heptanové fáze od vodné. Oddělená vodná fáze byla převedena do další dělicí nálevky a opět byla promyta 15 ml heptanu, poté byla nově oddělená vodná fáze odstraněna a heptanová fáze byla spojena s heptanovou fází z prvního dělení. Poté bylo přidáno 20 ml nasyceného chloridu sodného, došlo k oddělení heptanové fáze, která byla na závěr vysušena bezvodým síranem sodným.



Obr. 16. Dělení vodné a heptanové fáze

Vysušená heptanová fáze vzorku byla převedena do 10 ml odměrné baňky, byl přidán 1 ml vnitřního standardu a baňka byla doplněna po rysku heptanem. Pro analýzu na plynovém chromatografu bylo odebráno 1,5 ml každého vzorku do vialky. Vzorky byly proměřeny za stejných pracovních podmínek jako standardy. Každý vzorek byl proměřen dvakrát a pro potvrzení výsledků byla provedena dvě stanovení pro každý vzorek.

### 9.2.5 Kvalitativní a kvantitativní analýza FAs

Na vzorcích rostlinných olejů byla provedena kvalitativní a kvantitativní analýza zastoupení FAs. Pro obě analýzy byl použit standard FAME Mixture C4-C24 k dosažení širokého spektra stanovených FAs, který obsahoval 37 vybraných mastných kyselin. Dané FAs včetně jejich retenčních časů jsou uvedeny v příloze P III.

### Pracovní režim stanovení FAs na plynovém chromatografu

Analýza FAs probíhala na plynovém chromatografu Shimadzu GC-2010 s FID detektorem, vysoce polární kolonou HP-88 Agilent Technologies 100 m x 0,25 mm s tloušťkou stacionární fáze 0,25  $\mu\text{m}$ . Jako nosný plyn byl použit  $\text{N}_2$ , splitovací poměr byl 100,0. Analýzy byly prováděny v režimu lineární rychlostí 17,8 cm/s po dobu 90 minut. Teplotní program byl 80  $^\circ\text{C}/5$  min., 200  $^\circ\text{C}/30$  min. a 250  $^\circ\text{C}/15$  min.



*Obr. 17. Plynový chromatograf Shimadzu GC-2010*

Na plynovém chromatografu s FID bylo proměřeno použité rozpouštědlo, standard a jednotlivé vzorky. Vzorky byly proměřeny za stejných pracovních podmínek jako použitý standard.

Při identifikaci jednotlivých FAs ve vzorcích olejů byly porovnávány retenční časy analyzovaného vzorku s retenčními časy použitého standardu.

Kvalitativní vyhodnocení FAs bylo provedeno na základě integrace vybraných píků FAs, jejichž plochy byly znormalizovány na obsah vnitřního standardu C11:0 a poté byly přepočteny na zastoupení FAs v % z celkových methylesterů mastných kyselin podle vzorce:

$$X = \frac{P_1}{\sum P} \cdot 100$$

Kdy X je zastoupení FA v [%] z celkových FAMES,  $P_1$  je plocha normalizovaného píku dané FA a  $\sum P$  je suma všech normalizovaných píků vybraných FAs ve vzorku.

### 9.3 Stanovení čísla kyselosti

Metoda je založena na rozpuštění navážky rostlinného oleje ve směsi rozpouštědel a následující titraci volných FAs a dalších látek, které olej obsahuje, alkoholickým roztokem hydroxidu draselného do slabě růžového zabarvení s použitím příslušného indikátoru.

Jako rozpouštědlo byla zvolena směs diethyletheru a ethanolu v poměru 1 : 1. Pro přípravu odměrného roztoku KOH byl použit ethanol a jako indikátor fenolftalein.

#### 9.3.1 Chemikálie

- Diethyleter stabilizovaný p.a. – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod
- Ethylalkohol absolutní – Ing. Petr Švec – Penta, výrobní divize Chrudim
- Hydroxid draselný p.a. – Ing. Petr Švec – Penta, výrobní divize Chrudim
- Fenolftalein – 0,1 % v ethanolu – LACHEMA, a.s., Brno
- Kyselina šťavelová dihydrát p.a. – Ing. Petr Švec – Penta, výrobní divize Chrudim

#### 9.3.2 Pomůcky a přístroje

- Analytické váhy Explorer EP 214, Switzerland
- Běžné laboratorní sklo (Erlenmayerovy baňky 250 ml, byrety, odměrné válce)

#### 9.3.3 Příprava odměrného roztoku 0,1 M KOH

Do odměrné baňky byla převedena navážka KOH, která byly rozpuštěna v ethanolu doplněném po rysku baňky.

**Výpočet navážky KOH pro přípravu 1000 ml 0,1 M roztoku KOH:**

$$m = c \cdot V \cdot M,$$

kdy  $m$  je navážka KOH,  $c$  je koncentrace odměrného roztoku KOH,  $V$  je objem odměrného roztoku a  $M$  je molární hmotnost KOH. Vypočtená hmotnost KOH byla pro objem 1000 ml odměrného roztoku 5,6108 g.

### 9.3.4 Stanovení přesné koncentrace odměrného roztoku KOH

Pro přesné stanovení čísla kyselosti bylo nutné provést standardizaci odměrného roztoku KOH. Standardizace je založena na neutralizační reakci mezi kyselinou šťavelovou a odměrným roztokem KOH.

#### 9.3.4.1 Standardizace odměrného roztoku na zásobní roztok kyseliny šťavelové

Do titrační baňky byla převedena navážka dihydrátu kyseliny šťavelové, bylo přidáno 50 ml destilované vody, 5 kapek indikátoru fenolftaleinu a vzniklý roztok byl titrován odměrným roztokem 0,1 M hydroxidu draselného do slabě růžového zbarvení, které vydrželo minimálně 15 sekund.

Titrace byla provedena 3 krát a výsledky jsou uvedeny v příloze PIV.

#### **Výpočet teoretické navážky dihydrátu kyseliny šťavelové:**

Podle vzorce  $m = \frac{1}{2} M \cdot V \cdot c$ , kdy  $M$  je molární hmotnost kyseliny šťavelové,  $V$  je objem KOH a  $c$  je koncentrace KOH, byla vypočtena navážka kyseliny šťavelové.

Pro objem 20 ml 0,1 M KOH byla navážka kyseliny šťavelové 0,1261 g.

### 9.3.5 Pracovní postup stanovení čísla kyselosti

Do 250 ml Erlenmayerovy baňky bylo naváženo přibližně 5 g vzorku rostlinného oleje, bylo přidáno 50 ml neutralizované ethanol-etherové směsi a obsah baňky byl dobře promíchán. Poté bylo přidáno 5 kapek indikátoru fenolftaleinu a vzniklý roztok byl za stálého míchání titrován odměrným roztokem hydroxidu draselného do slabě růžového zbarvení, které vydrželo minimálně 15 sekund.

Současně s titrací vzorků byl proveden slepý pokus.



Obr. 18. Titrace odměrným roztokem KOH

### Výpočet čísla kyselosti

Číslo kyselosti bylo vypočteno podle vzorce:

$$X_k = \frac{M_{\text{KOH}} \cdot (V_{\text{KOH}} - V_{\text{slepý pokus)}) \cdot c_{\text{KOH}}}{m_{\text{vzorek}}}$$

Vypočtené číslo kyselosti udává množství potřebného KOH k neutralizaci 1 g vzorku.

## 9.4 Stanovení peroxidového čísla

Metoda je založena na oxidaci jodidu draselného hydroxyperoxydů a peroxidů obsaženými ve vzorku rostlinného oleje v prostředí kyseliny octové a chlorovodíkové. Uvolněný jód je pak titračně stanoven odměrným roztokem thiosíranu sodného.

### 9.4.1 Chemikálie

Chloroform koncentrovaný p.a. – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Kyselina octová ledová p.a. – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Jodid draselný 10 % – Ing. Petr Lukeš, Uherský Brod

Škrobový maz 1 % v nasyceném NaCl – LACHEMA, a.s., Brno

Dichroman draselný  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  – LACHEMA, a.s., Brno

Kyselina chlorovodíková 35 % – Ing. Petr Švec – Penta, výrobní divize Chrudim

Thiosíran sodný pentahydrát p.a. – LACHEMA, a.s., Brno

#### 9.4.2 Pomůcky a přístroje

- Analytické váhy Explorer EP 214, Switzerland
- Běžné laboratorní sklo (Erlenmayerovy baňky 250 ml, byrety, odměrné válce)

#### 9.4.3 Standardizace 0,01 M roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$

Standardizace odměrného roztoku 0,01 M thiosíranu sodného byla provedena na roztok  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

Nejprve byl připraven roztok dichromanu draselného o koncentraci 0,017 mol/l. Pro přípravu 1 l roztoku byla podle vzorce  $m = c \cdot V \cdot M$  vypočtena navážka dichromanu draselného 5,0022 g.

Navážka dichromanu draselného byla převedena do 1 l odměrné baňky a rozpuštěna v destilované vodě doplněné po rysku odměrné baňky. 10 ml připraveného roztoku  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  bylo převedeno do Erlenmayerovy baňky, bylo přidáno 10 ml zředěné kyseliny chlorovodíkové s destilovanou vodou v poměru 1:1 a 10 ml 10%-ního KI. Baňka byla uzavřena a ponechána 5 minut na tmavém místě. Poté byla zátka opláchnuta a roztok byl titrován odměrným roztokem thiosíranu sodného do žlutého zbarvení. Pak bylo přidáno pár kapek škrobového mazu a roztok byl dotitrován z modrofialového zbarvení do bledězeleného zbarvení. Ze získané hodnoty spotřeby thiosíranu sodného byla vypočtena přesná koncentrace  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .

Výpočet přesné koncentrace thiosíranu sodného:

$$C = \frac{10}{a} \cdot 0,01$$

kdy C je koncentrace odměrného roztoku  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$  a a je jeho spotřeba.

Spotřeba odměrného roztoku při jeho standardizaci je uvedena v příloze PV.

#### 9.4.4 Postup stanovení peroxidového čísla

Do 250 ml Erlenmayerovy baňky bylo naváženo přibližně 5 g vzorku rostlinného oleje, poté bylo přidáno 10 ml chloroformu, 15 ml kyseliny octové a 1 ml roztoku KI. Baňka byla uzavřena, 1 minutu promíchávána a poté na 5 minut uzavřena v temném místě při pokojové teplotě. Poté bylo do baňky přidáno 75 ml destilované vody, roztok byl pečlivě promíchán

a bylo přidáno 5 kapek indikátoru škrobového mazu. Vyloučený  $I_2$  byl titrován standardizovaným odměrným roztokem  $Na_2S_2O_7$  do odbarvení indikátoru.

Současně s titrací vzorků byl proveden slepý pokus.



Obr. 19. Titrace odměrným roztokem  $Na_2S_2O_7$

### Výpočet peroxidového čísla

Peroxidové číslo bylo vypočteno podle vzorce:

$$X_p = \frac{(V - V_{\text{slepý pokus)}) \cdot c \cdot 1000}{m}$$

Kdy  $V$  je objem odměrného roztoku  $Na_2S_2O_7$ ,  $c$  je jeho koncentrace a  $m$  je hmotnost vzorku oleje.

Peroxidové číslo udává množství aktivního kyslíku ( $1/2 O_2$ ) na 1 kg vzorku rostlinného oleje.

## 10 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 10.1 Kvantitativní zastoupení FAs v rostlinných olejích

Třináct vzorků méně tradičních i běžných olejů bylo převedeno na FAMES a následně byly stanoveny mastné kyseliny pomocí plynové chromatografie. Každé měření bylo provedeno třikrát.

Profily FAs analyzovaných olejů jsou znázorněny na obrázcích 20 až 32.

Po měření na plynovém chromatografu byly získané výsledky vyhodnoceny a srovnány s procentuálním zastoupením FAs, které jsou uváděny v literárních zdrojích, přičemž publikované údaje, se kterými byly získané hodnoty srovnávány, jsou uvedeny v příloze PII.

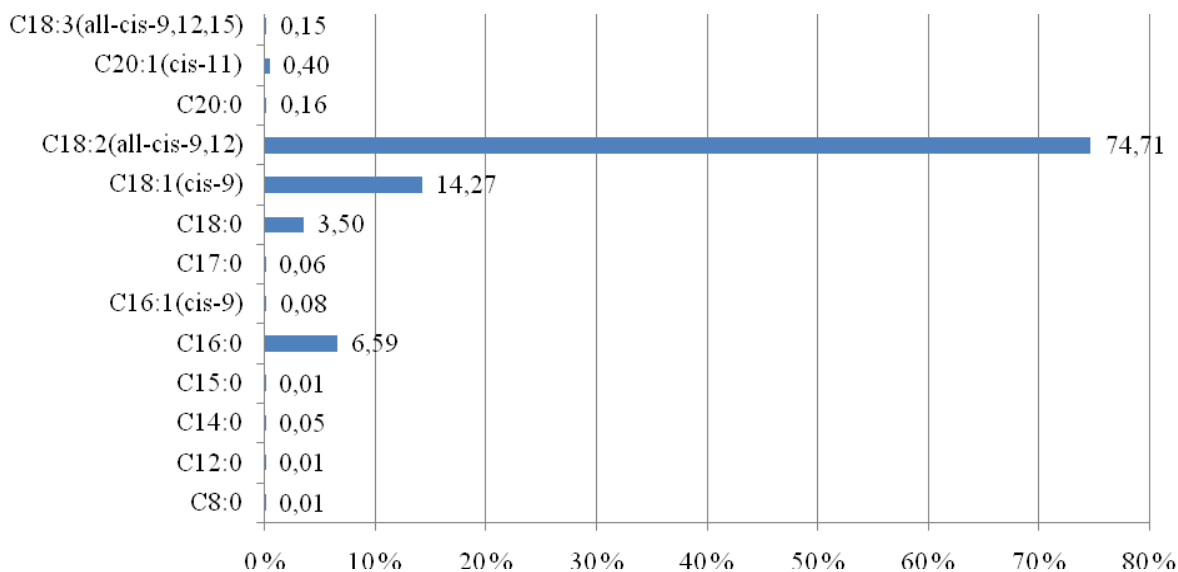
Hodnoty jednotlivých FAs jsou uváděny jako procentuální podíl z celkových FAs.

#### 10.1.1 VITA olej z hroznových jader

Olej z hroznových jader je charakterizován jako olej, který je oblíbený u gurmánů díky své nasládlé trpké chuti a hroznově oříškové vůni. Je vhodný zejména pro studenou kuchyni, používá se do salátů, při přípravě dresinků, omáček, majonéz a pokrmů studené kuchyně. Může se rovněž použít pro přípravu jídel dušením či vařením. [18]

Profil FAs v tomto oleji je znázorněn na obr. 20. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou ve vzorku tohoto oleje byla kyselina linolová – C18:2 (all-cis-9,12) a to v množství 74,7 %, což je v souladu s publikovanými hodnotami v rozmezí 58 – 81 % [22]. Druhou nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou byla kyselina olejová – C18:1(cis-9), jejíž hodnota v analyzovaném vzorku činila 14,3 %, přičemž byla opět v souladu s publikovanými údaji, které pro tuto kyselinu uvádí obsah v rozmezí 12 – 28 % [22]. V menším množství byla v oleji z hroznových jader obsažena kyselina palmitová (C16:0) – 6,6 % a kyselina stearová (C18:0) – 3,5 %. Tyto hodnoty se pohybují na dolní hranici publikovaných údajů, které jsou pro kyselinu palmitovou 5 – 11 % a pro kyselinu stearovou 3 – 6 % [22]. Obsah 0,15 % kyseliny  $\alpha$ -linolenové – C18:3(all-cis-9,12,15) byl však výrazně nižší než 1 % této trienové kyseliny, které uvádí Rajah [22]. Na rozdíl od publikovaných údajů byly ve vzorku oleje z hroznových jader ve stopách obsaženy další FAs jako je C8:0, C12:0, C14:0, C15:0, C16:1(cis-9), C17:0, C20:0 a C20:1(cis-11).



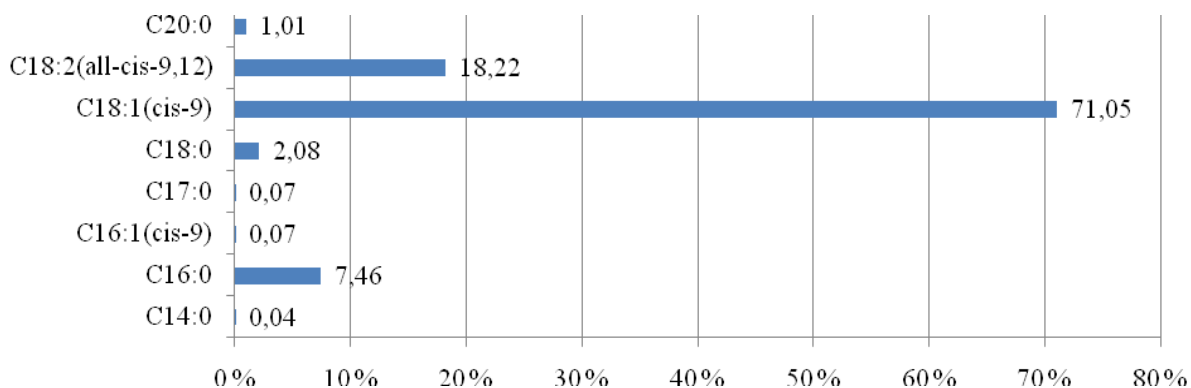


Obr. 20. Zastoupení FAs v oleji z hroznových jader [v %]

### 10.1.2 VITA olej z podzemnice olejné

Druhým analyzovaným olejem byl olej z jader podzemnice olejné vyráběný stejným výrobcem jako olej z hroznových jader. Tento olej je charakterizován jako olej, který je ceněn pro svou ořechovou chuť a je vhodný zejména pro teplou kuchyni, pro přípravu omáček, na vaření, smažení, fritování, pro přípravu fondue a do salátů. [25]

Z obr. 21 je patrné, že dominantní postavení v oleji z podzemnice olejné měly dvě nenasycené FAs, přičemž kyselina olejová – C18:1(cis-9) tvořila 71,1 % ve vzorku oleje, což výrazně převyšuje publikované údaje v rozmezí 39,6 – 56 % [7]. Naopak námi zjištěný obsah kyseliny linolové – C18:2(all-cis-9,12) – 18,2 % byl výrazně nižší než rozmezí hodnot 25,1 – 36,9 %, které uvádí Pokorný a Dubská [7]. Nejvíce zastoupenou nasycenou mastnou kyselinou byla kyselina palmitová – C16:0 v množství 7,5 %, což je hodnota nižší než publikované údaje v rozmezí 8 – 10,4 % [7]. Další FAs byly v tomto oleji zastoupeny v malém množství, což odpovídá publikovaným hodnotám, kdy pro kyselinu myristovou – C14:0 je to rozmezí hodnot 0 – 0,2 %, kyselinu stearovou – C18:0 hodnoty 1,6 – 3,1 % a kyselinu arachovou – C20:0 hodnoty v rozmezí 1,6 – 3,1 % [7]. Ve vzorku oleje byl dále zjištěn nízký obsah dalších FAs (C16:1(cis-9) a C17:0). Nicméně kyselina laurová (C12:0) a kyselina eikosenová (C20:1) nebyly detekovány i když publikované údaje uvádí stopové množství kyseliny laurové a obsah kyseliny eikosanové od 0,1 do 0,8% [7].



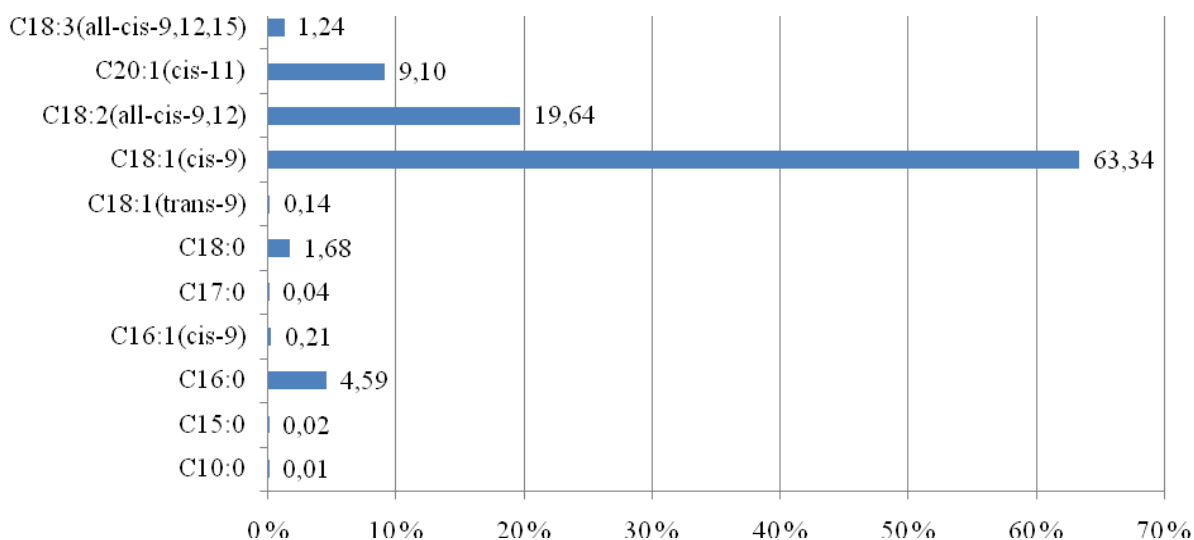
Obr. 21. Zastoupení FAs v oleji z podzemnice olejné [v %]

### 10.1.3 VITA Olej z řepky olejné lisovaný za studena

Olej z řepky olejné je vyráběn z řepky rostoucí na území Německa. Získává se šetrným lisováním za studena. Olej z řepky olejné je charakterizován jako olej oříškové chuti vhodný pro různá užití, obsahující n-6 a n-3 FAs. Olej neobsahuje žádný cholesterol. Díky obsahu 66 % jednoduchých nenasycených FAs, z toho 27 % PUFAs je vhodný pro přípravu zdravých pokrmů a kvůli složení FAs je doporučován německou nutriční asociací (Deutsche Gesellschaft für Ernährung). Pro své složení je vhodný pro použití jak v teplé kuchyni na smažení a vaření (může být zahříván až na teplotu 160 °C), tak ve studené kuchyni při přípravě salátů, dipů a marinád. [49]

Profil FAs ve vzorku oleje z řepky olejné je znázorněn na obr. 22, z něhož je patrné, že dominantní postavení zaujímala MUFA kyselina olejová – C18:1(cis-9) v množství 63,3 %, což převyšuje rozmezí hodnot 45,4 – 61%, které uvádí Pokorný a Dubská [7]. Obsah druhé nejvíce zastoupené nenasycené FA kyseliny – 19,6 % linolové – C18:2(all-cis-9,12) ve vzorku oleje je v souladu s rozmezím hodnot (16,2 – 28,2 %) publikovaných v odborné literatuře [7]. Podle Pokorného a Dubské [7] by třetí nejvíce zastoupenou FAs měla být PUFA kyselina  $\alpha$ -linolenová – C18:3(all-cis-9,12,15) v množství 9 – 13 %, přičemž námi zjištěná hodnota byla výrazně nižší a činila pouhé 1,2 % této kyseliny ve vzorku oleje. Avšak zastoupení kyseliny eikosenové – C20:1(cis-11) v množství 9,1 % výrazně převyšovalo publikované hodnoty v rozmezí 0,4 – 1,6 % [7]. Námi zjištěný obsah 4,6 % SFAs palmitové – C16:0 byl v souladu s publikovanými hodnotami 4,1 – 5,5 % [7]. Rovněž zastoupení dalších FAs (C16:1 a C18:0), které byly v oleji obsaženy v množství pod 2 % je v souladu s publikovanými údaji [7].

V analyzovaném vzorku nebyl zjištěn obsah kyseliny erukové – C22:1, na rozdíl od publikovaných údajů, které připouští její výskyt v rozmezí 0,1 – 0,5 % [7]. Dále byly zjištěny ve stopách obsahy C10:0, C15:0, C17:0 a C18:1(trans-9).



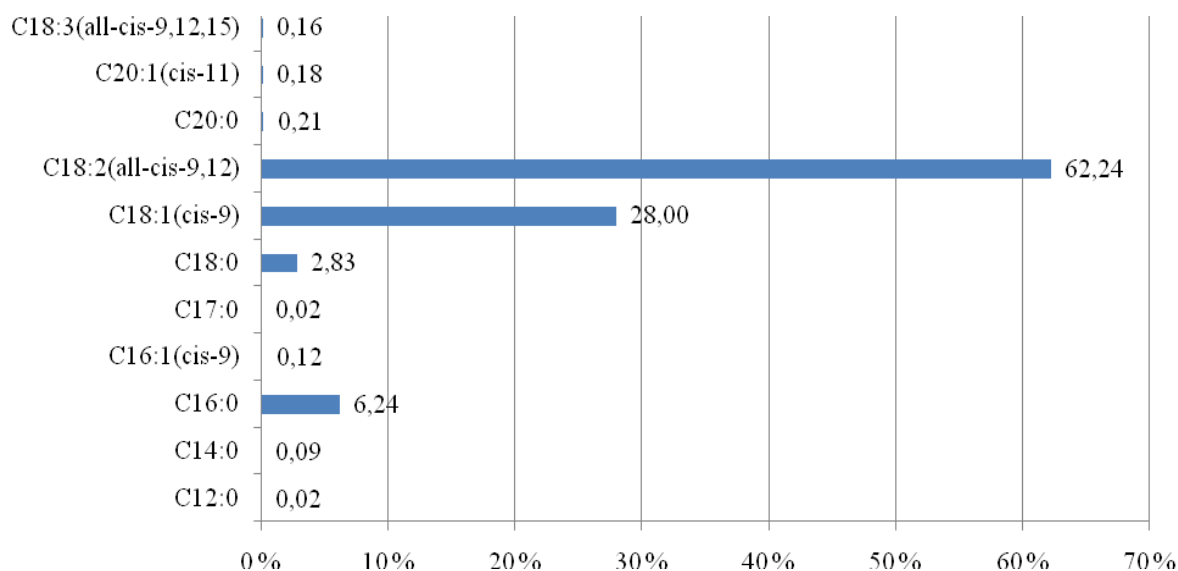
Obr. 22. Zastoupení FAs v oleji z řepky olejné [v %]

#### 10.1.4 VITA slunečnicový olej lisovaný za studena

Slunečnicový olej je získáván ze semen slunečnice při prvním šetrném lisování studenou cestou. Kvůli vysokému podílu PUFAs se řadí mezi oleje s nejvyšší jakostí. Olej zlatavě žluté barvy a jemné oříškové chuti je vhodný pro různé pokrmy, zejména pro čerstvé zeleninové saláty a zeleninová jídla nebo je vhodné ho použít při dušení zeleniny. [50]

Z obr. 23 je patrné, že slunečnicový olej obsahuje zejména nenasycené FAs a to dienovou kyselinu linolovou – C18:2(all-cis-9,12) v množství 62,2 % a monoenuovou kyselinu olejovou – C18:1(cis-9) v množství 28 %, přičemž se obě hodnoty blíží k horní hranici publikovaných hodnot, kdy pro kyselinu linolovou jsou to hodnoty v rozmezí 56,6 – 66,3 % a pro kyselinu olejovou je uváděno 20,3 – 30,8 % [7]. Z nasycených FAs byly ve vzorku obsaženy hlavně kyselina palmitová – C16:0 a kyselina stearová – C18:0, přičemž obsah kyseliny palmitové v množství 6,2 % odpovídá publikovaným hodnotám (6,2 – 7,3 %) [7], ale pro kyselinu stearovou uvádí Pokorný a Dubská [7] hodnoty vyšší (3,4 – 4,7 %), než v analyzovaném, kdy její obsah činil 2,8 %. Další FAs (C12:0, C14:0, C16:1(cis-9), C20:0, C20:1(cis-11) a C18:3(all-cis-9,12,15)) byly ve vzorku obsaženy v malém množství nepřesahujícím 1 %, což bylo v souladu s publikovanými údaji [7].

V analyzovaném vzorku nebyl zjištěn obsah kyseliny erukové – C22:1, na rozdíl od publikovaných údajů, které připouští její výskyt v rozmezí 0,5 – 1,1 % [7]. Dále byl ve vzorku zjištěn stopový obsah C17:0.



Obr. 23. Zastoupení FAs ve slunečnicovém oleji [v %]

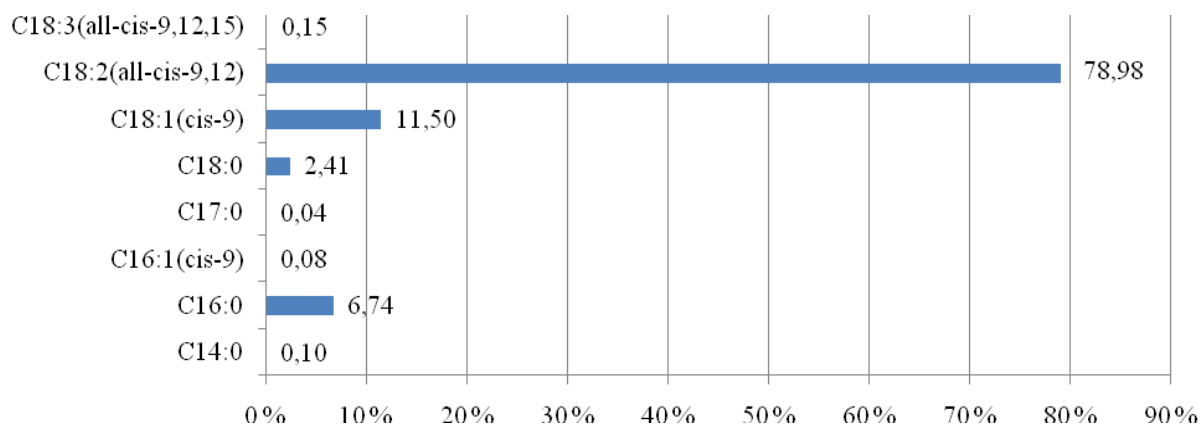
### 10.1.5 Olej ze světlice barvířské BIO

Olej ze světlice barvířské je charakterizován jako olej, který vyniká vysokým obsahem nenasycených FAs (asi kolem 89 %), je výborným prostředkem k odbourávání přebytečného cholesterolu, vrací pružnost cévám, působí protirevmaticky, má mírně projímavé účinky a je doporučován osobám s nedostatkem pohybu.

Olej ze světlice barvířské byl získán z prvního lisování a je produktem kontrolovaného ekologického zemědělství. Olej lisovaný za studena snadno oxiduje a není vhodný pro teplou kuchyni. Používá se zejména k ochucování salátů, studených omáček, majonéz a dipů. [51]

Měřením, jehož hodnoty jsou znázorněny na obr. 24, bylo ve vzorku zjištěno dominantní zastoupení nenasycených FAs a to kyseliny linolové – C18:2(all-cis-9,12) v množství 79 % a kyseliny olejové – C18:1(cis-9) v množství 11,5 %, které odpovídá 89 % deklarovaným výrobcem [51] a také publikovaným hodnotám, kdy podle Rajaha [22] jsou pro kyselinu linolovou uváděny hodnoty 55 – 81 % a pro kyselinu olejovou 7 – 42 %. SFAs kyselina palmitová – C16:0 byla ve vzorku obsažena v množství 6,7 % a kyselina stearová – C18:0

v množství 2,4 %, přičemž jsou tyto hodnoty v souladu s publikovanými údaji [22], kdy pro kyselinu palmitovou jsou uváděny hodnoty 2 – 10 % a pro kyselinu stearovou 1 – 10 %. V analyzovaném vzorku byl zjištěn obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové – C18:3(all-cis-9,12,15) v množství 0,15 %, což je hodnota nižší než 1 %, kterou uvádí Rajah [22]. Dále byl ve vzorku zjištěn stopový obsah dalších FAs – C14:0, C16:1(cis-9) a C17:0.



Obr. 24. Zastoupení FAs v oleji ze světlice barvířské [v %]

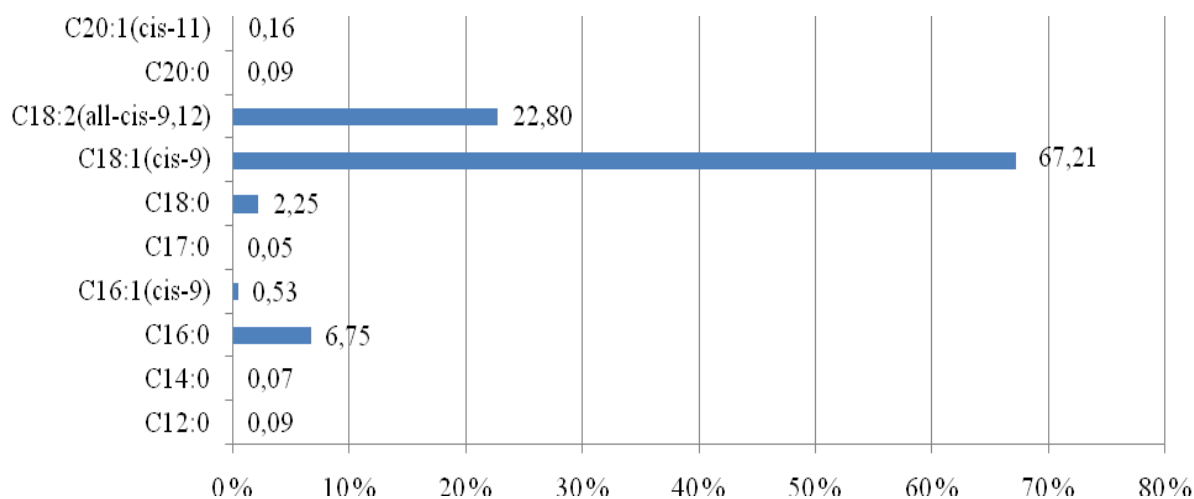
### 10.1.6 Olej mandlový BIO

Mandlový olej je získávaný během prvního šetrného lisování za studena. Je produktem kontrolovaného ekologického zemědělství.

V charakteristice oleje jsou zmíněny příznivé účinky mandlových olejů při různých kožních onemocněních a při popáleninách, popraskání a jiných poraněních kůže. Pro šetrné účinky se rovněž doporučuje jako projímadlo, neboť nezpůsobuje podráždění střev. V kuchyni se používá k ochucení zeleninových salátů i při přípravě dalších pokrmů. [52]

Nejvíce zastoupenou FAs, jak vyplývá z obr. 25, byla v tomto oleji kyselina olejová – C18:1(cis-9) v množství 67,2 %. Tato hodnota je v souladu s množstvím 60 – 80 % uváděným v odborné literatuře [22]. Druhá nejvíce zastoupená FAs kyselina linolová – C18:2(all-cis-9,12) činila 22,80 %, což opět odpovídá rozmezí publikovaných hodnot 17 – 30 % [22]. V menším množství byly v oleji obsaženy SFAs kyselina palmitová – C16:0 v množství 6,8 % a obsah kyseliny stearové – C18:0 činil 2,3 %, přičemž se tyto hodnoty pohybují v rozmezí hodnot publikovaných Rajahem [22], které jsou pro kyselinu palmitovou 4 – 9 % a pro kyselinu stearovou 0 – 3 %. Ve vzorku byl obsah 0,5 % kyseliny

palmitoolejové – C16:1(cis-9) mírně vyšší než publikovaná hodnota 0,8 % [22]. Dále bylo zjištěno stopové množství C12:0, C14:0, C17:0, C20:0 a C20:1(cis-11).



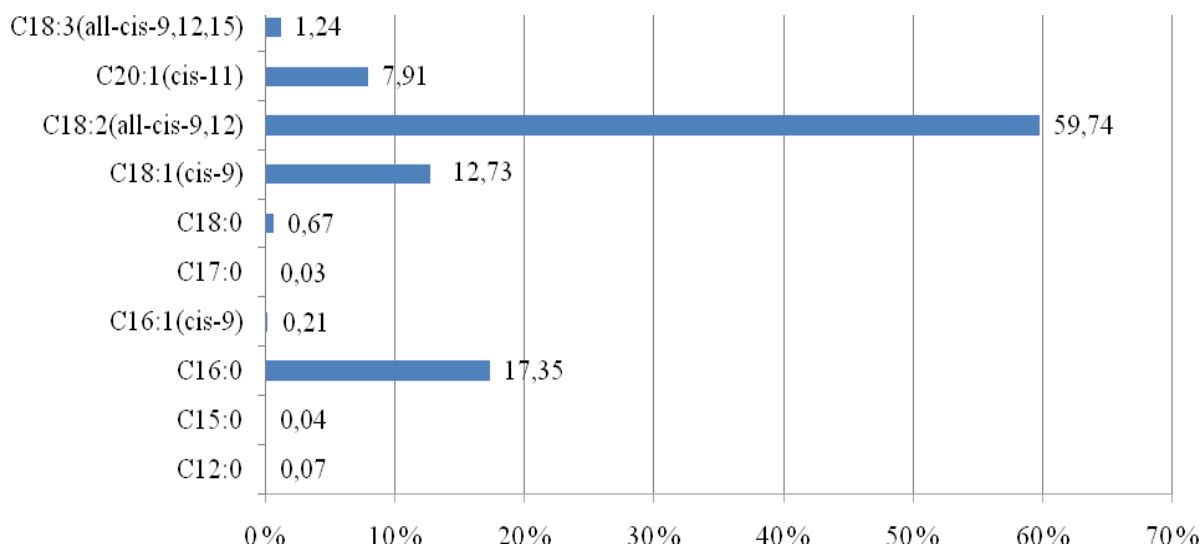
Obr. 25. Zastoupení FAs v mandlovém oleji [v %]

### 10.1.7 Olej z pšeničných klíčků

Pšeničné klíčky mají výjimečnou nutriční hodnotu, která se přenáší do oleje získávaného při prvním lisování. Olej z pšeničných klíčků je charakterizován jako olej, který příznivě působí při léčení suché kůže, při padání vlasů, akné a lupence. Olej obsahuje 50 – 55 % kyseliny linolové a 35 – 38 % kyseliny olejové, lecitin, vitaminy K a F, provitamin D. Vyzníká vysokým obsahem vitamínu E – minimálně 200 mg/100 g  $\alpha$ -tokoferolu a 40 mg/100 g  $\beta$ -tokoferolu. [33]

Z obr. 26 je patrné, že v oleji byly obsaženy zejména nenasycené FAs. Nejvíce zastoupenou FA byla kyselina linolová – C18:2(all-cis-9,12) v množství 59,7 %, přičemž se tato hodnota pohybuje na horní hranici rozmezí hodnot 49 – 60 % uváděných v odborné literatuře [22], ale převyšuje údaje uváděné výrobcem (50 – 55 %) [33]. Podle výrobce by druhou nejvíce zastoupenou FA měla být kyselina olejová – C18:1(cis-9) v množství 35 – 38 % [33], Rajah [22] uvádí obsah této kyseliny v rozmezí 15 – 26 %, avšak skutečné množství této kyseliny ve vzorku bylo výrazně nižší, a to 12,7 %. Druhou nejvíce zastoupenou FA ve vzorku tohoto oleje tak ve skutečnosti byla kyselina palmitová – C16:0 v množství 17,4 %, přičemž tato hodnota je v souladu s publikovanými údaji 11 – 21 % [22]. S hodnotami, které uvádí Rajah [22] se rozchází obsahy dalších FAs, jako byla kyselina eikosenová – C20:1(cis-11) v množství 7,9 % ve vzorku, ale literatura zmiňovala pouze 2 % této kyseliny, naopak obsah esenciální  $\alpha$ -linolenové kyseliny – C18:3(all-cis-9,12,15) byl ve vzorku

oleje 1,2 %, což je pod dolní hranicí publikovaných údajů 2 – 10 %. Zjištěný obsah kyseliny palmitoolejové – C16:1(cis-9) 0,2 % ve vzorku byl nižší než publikované množství 0,5 % [22]. Obsah 0,7 % kyseliny olejové – C18:0 je v souladu s údaji uváděnými odbornou literaturou v rozmezí 0,5 – 4 % [22]. V analyzovaném vzorku byly dále zjištěny FAs C12:0, C15:0 a C17:0, a to pouze ve stopovém množství.



Obr. 26. Zastoupení FAs v oleji z pšeničných klíčků [v %]

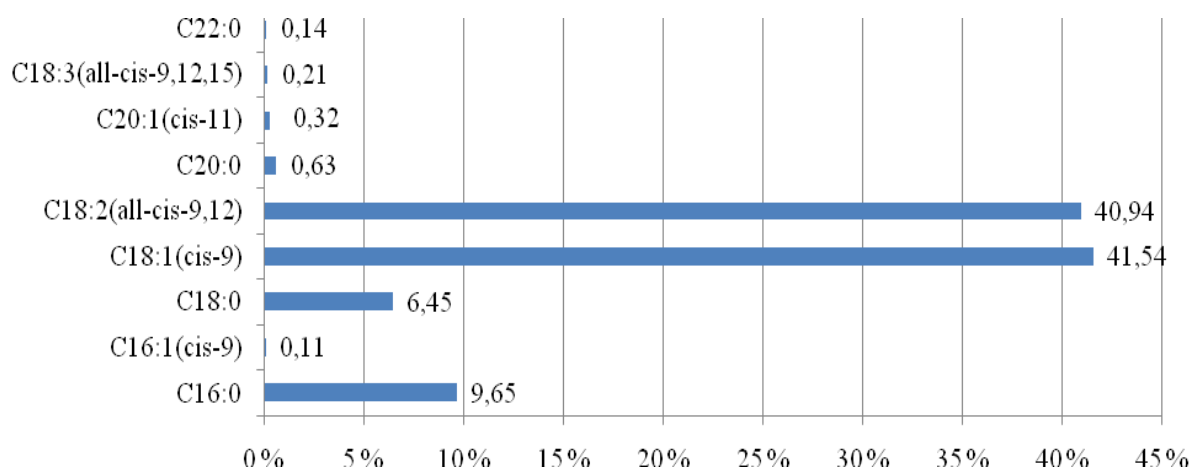
### 10.1.8 Olej sezamový BIO

Sezamový olej je produktem kontrolovaného ekologického zemědělství. Olej má jemnou chuť a nepodléhá oxidaci, neboť obsahuje sezamol, který je silným antioxidantem. Obsahuje 85 – 88 % nenasycených mastných kyselin.

Sezamový olej obsahuje velké množství lecitinu, který chrání a povzbuzuje mozkomíšni systém, posiluje paměť, působí antidepresivně, má uklidňující vliv na sliznice trávicího ústrojí, má močopudné účinky a používá se proti průjmům. Příznivě působí na kožní problémy. Výrobce doporučuje používat olej v syrovém stavu, dobře však snáší i vysoké teploty. [53]

Výrobce v charakteristice tohoto oleje uvádí, že olej obsahuje 85 – 88 % nenasycených mastných kyselin [53]. Z obr. 27 je patrné, že obsah těchto FAs je mírně snížen (cca 83 %). Ve vzorku oleje dominují dvě nenasycené FAs a to kyselina olejová – C18:1(cis-9) v množství 41,6 % a kyselina linolová – C18:2(all-cis-9,12) v množství 41 %, přičemž obě hodnoty jsou v souladu s publikovanými údaji, které jsou pro každou FA v rozmezí

30 – 50 % [22]. Z SFAs byly ve větší míře ve vzorku zastoupeny kyselina palmitová – C16:0 o obsahu 9,7 % a kyselina stearová – C18:0 v množství 6,5 %, přičemž hodnota kyseliny palmitové je v souladu s publikovanými údaji, kdy je uváděno rozmezí hodnot 7 – 12 % a obsah kyseliny stearové mírně převyšuje publikované údaje 3,5 – 6 % [22]. Také obsah 0,2 % kyseliny  $\alpha$ -linolenové – C18:3(all-cis-9,12,15) byl v souladu s publikovanými údaji [22]. V analyzovaném vzorku byl zjištěn obsah kyseliny arachové – C20:0 v množství 0,6 %, což je hodnota vyšší než 0,2 %, kterou uvádí Rajah [22]. Dále byl ve vzorku zjištěn stopový obsah C16:1(cis-9), C20:1(cis-11) a C22:0.



Obr. 27. Zastoupení FAs v sezamovém oleji [v %]

### 10.1.9 Olej z dýňových semen BIO

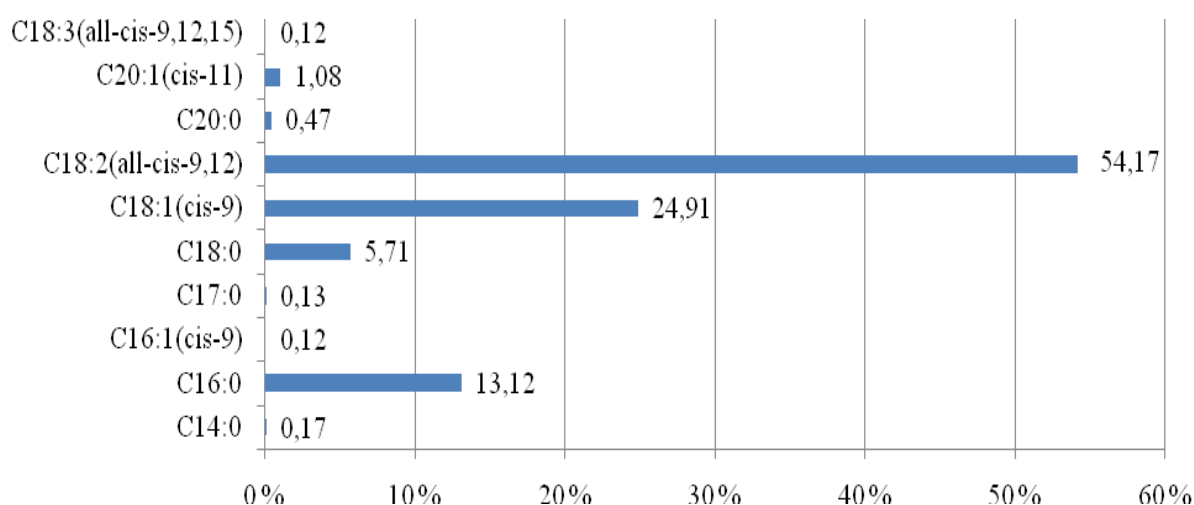
V charakteristice oleje z dýňových semen bylo uvedeno, že je olej ceněn pro své mimořádné vlastnosti. Má utišující a revitalizační účinky, působí proti padání vlasů, při lámavosti nehtů a při příznacích demineralizace. Olej je doporučován francouzskými stomatology při prevenci proti zubnímu kazu. Je velmi účinný proti všem parazitům v trávicím ústrojí a při zácpě. Má příznivé účinky na činnost ledvin a používá se proti potížím s prostatou.

Výrobce doporučuje olej používat v syrové stravě do salátů a v kombinaci s jinými oleji. [54]

Z obr. 28 vyplývá, že nejvíce zastoupenou FA v tomto oleji je dienová kyselina linolová – C18:2(all-cis-9,12), která tvořila více než polovinu (54,2 %) obsahu FAs ve vzorku. Tato hodnota je v souladu s publikovanými hodnotami v rozmezí 44 – 57 % [22]. Jedna čtvrtina (24,9 %) ve vzorku připadala monoenoové kyselině olejové FA – C18:1(cis-9) a třetí nejvíce zastoupenou FAs ve vzorku byla SFA kyselina palmitová – C16:0 v množství 13,1 %. Za-



tímco obsah kyseliny olejové ve vzorku odpovídá publikovaným údajům v rozmezí 20 – 41 %, obsah C16:0 mírně převyšuje rozmezí hodnot 6 – 13 %, které uvádí Rajah [22]. Rovněž obsah další SFA kyseliny stearové – C18:0, který byl ve vzorku oleje zjištěn v množství 5,7 %, odpovídá rozmezí publikovaných hodnot 5 – 8 % [22]. Nepotvrdil se obsah esenciální kyseliny  $\alpha$ -linolenové – C18:3(all-cis-9,12,15) v množství 2 % podle Rajaha [22]. Tato kyselina byla ve vzorku zastoupena v minimálním množství – 0,1 %. V analyzovaném vzorku bylo dále zjištěno stopové množství C14:0, C16:1(cis-9), C17:0, C20:0 a C20:1(cis-11).



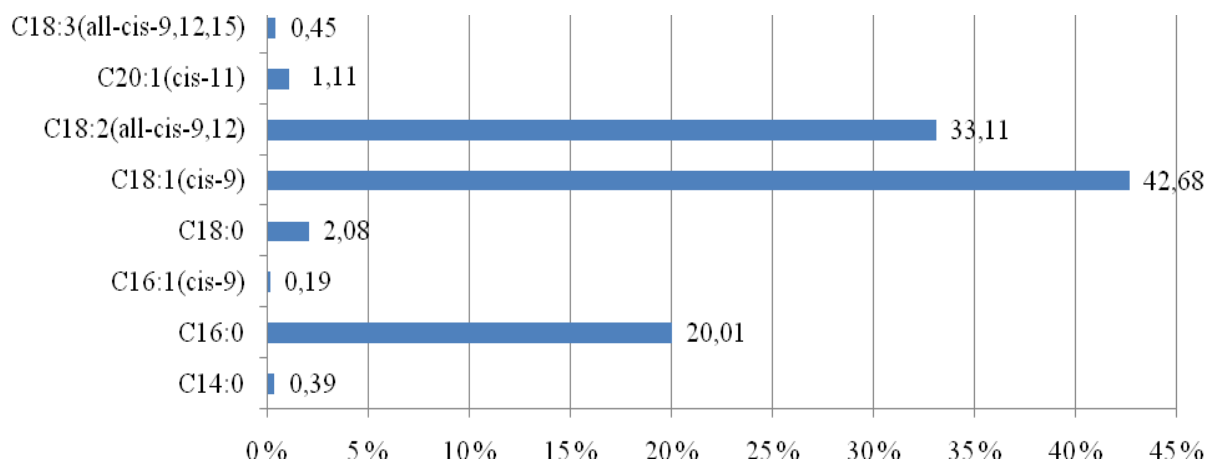
Obr. 28. Zastoupení FAs v oleji z dýňových semen [v %]

### 10.1.10 Rýžový olej

Rýžový olej je charakterizován jako olej vhodný na smažení, pečení a přípravu salátů. Pro svoji neutrální chuť a vysokou teplotu přepalování (kolem 250 °C) je používán na smažení. Obsahuje vysokou hladinu  $\gamma$ -oryzanolu a esterů kyseliny ferulové, která je významným antioxidantem. [55]

Z obr. 29 je patrné, že v rýžovém oleji jsou zastoupeny ve větší míře hned tři FAs a to PUFA  $\alpha$ -linolenová kyselina – C18:2(all-cis-9,12) v množství 33,1 %, MUFA olejová kyselina – C18:1(cis-9) v množství 42,7 % a SFA kyselina palmitová – C16:0 o obsahu 20 %. Obsah všech tří nejvíce zastoupených FAs je v souladu s publikovanými údaji [28], které jsou pro kyselinu linolovou v rozmezí 30 – 40 %, pro kyselinu olejovou 35 – 45 % a pro kyselinu palmitovou 13 – 22 %. Zjištěné množství 2,1 % kyseliny stearové – C18:0 bylo opět v souladu s publikovanými údaji 1 – 6 %, ale obsah kyseliny  $\alpha$ -linolenové – C18:3(all-

cis-9,12,15) v analyzovaném oleji činil pouze 0,5 %, což bylo v rozporu s publikovanými údaji, které jsou pro tuto kyselinu 1 – 6 % [28]. Ve vzorku rýžového oleje byl dále zjištěn obsah C14:0, C16:1(cis-9) a C20:1(cis-11), i když pouze v malých množstvích.

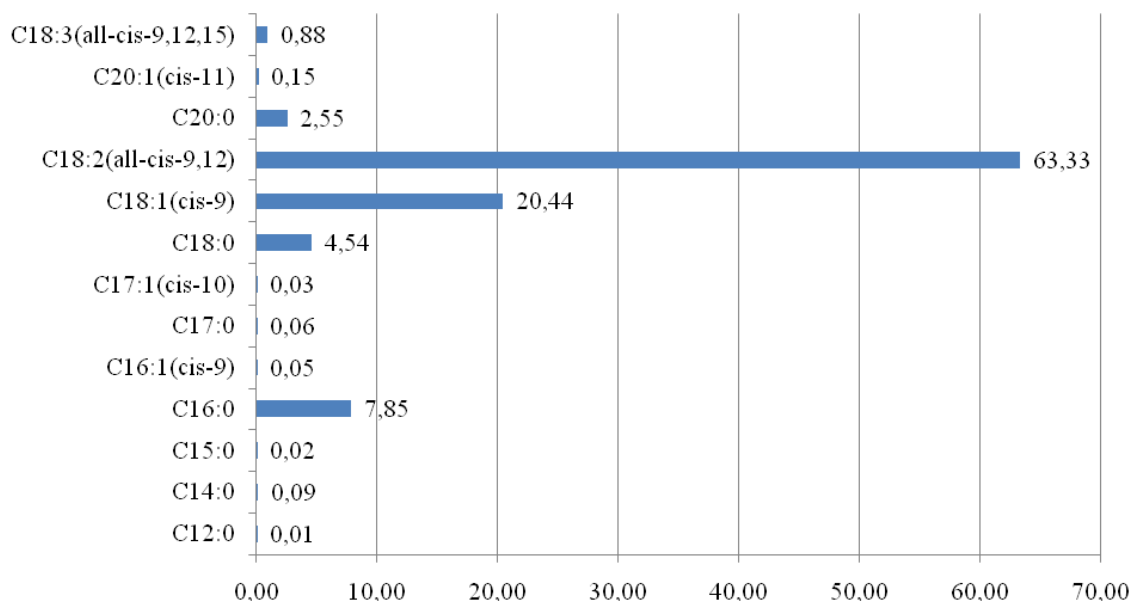


Obr. 29. Zastoupení FAs v rýžovém oleji [v %]

### 10.1.11 Olej z ostropestřce mariánského

Olej z ostropestřce mariánského je charakterizován jako olej s vysokým obsahem důležitých FAs, zejména C16:0, C18:0 a C18:2. Je vhodný na posílení činnosti jater a žlučníku, zažívacího traktu a obranyschopnosti organismu. Olej je vhodné přidávat do tepelně neupravených pokrmů a salátů. [56]

V oleji z ostropestřce mariánského převládají nenasycené FAs a to zejména kyselina linolová – C18:2(all-cis-9,12) v množství 63,3 % a kyselina olejová – C18:1(cis-9) v množství 20,4 %, jak vyplývá z obr. 30. Kyselina linolová byla zjištěna ve vyšším množství, než publikované hodnoty v rozmezí 50 – 51 % [43]. Naopak zjištěný obsah 20,4 % kyseliny olejové byl nižší, než publikované hodnoty v rozmezí 23 – 29 % [43]. Jediná FA zastoupená v oleji, která je v souladu s údaji v literatuře, byla kyselina palmitová – C16:0 a její obsah 7,9 % se blížil horní hranici publikovaného rozmezí hodnot 7 – 8 % [43].



Obr. 30. Zastoupení FAs v oleji z ostropestřce mariánského [v %]

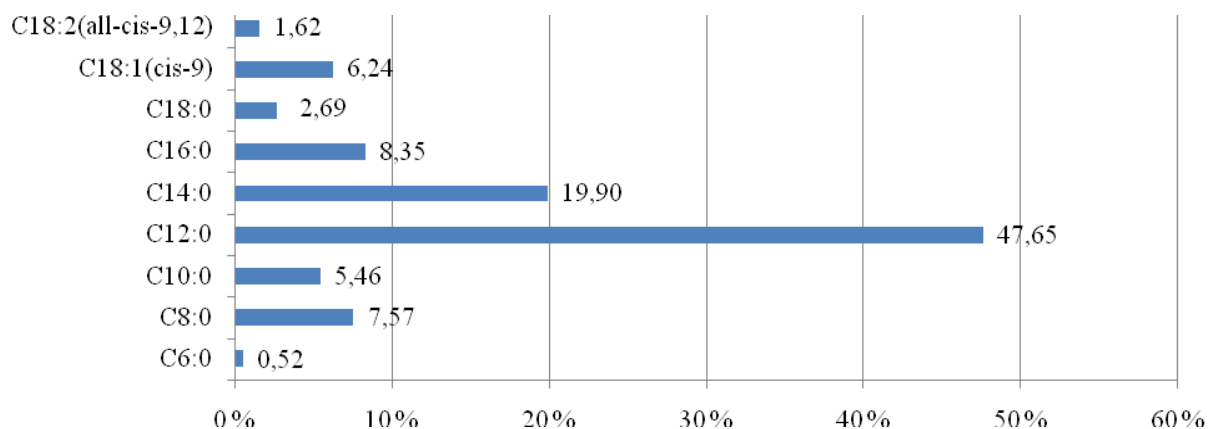
### 10.1.12 Kokosový olej

Analyzovaný kokosový olej je vhodný ke konzumaci, ale je možné jej použít ke kosmetickým účelům a při masážích. V charakteristice oleje je uvedeno, že kokosový olej je sladký, lehký, mazlavý, ochlazující a lehce tuhne. Obsahuje minerální prvky, proteiny, sacharidy a vysoce nasycené glyceridy kyseliny laurové, palmitové a stearové. Olej je používanou alternativou běžně užívaných potravinových tuků a lze jej používat na pečení nebo vaření sladkých i slaných pokrmů. [45]

Z obr. 31 je patrné, že v kokosovém oleji převažují SFAs, z toho nejvíce zastoupenými SFAs byly kyselina laurová – C12:0 v množství 47,7 % a kyselina myristová – C14:0 s obsahem 19,9 % ve vzorku, přičemž obě tyto hodnoty převyšují údaje uváděné Pokorným a Dubskou [7], které jsou pro kyselinu laurovou 42,8 – 46,7 % a pro kyselinu myristovou 16,5 – 18,7 %. Naopak zjištěné obsahy 0,5 % kyseliny kapronové (C6:0), 7,6 % kyseliny kaprylové (C8:0) a 5,5 % kyseliny kaprinové – C10:0 byly pod dolní hranici publikovaných údajů [7], kdy pro kyselinu kapronovou byly uváděny hodnoty v rozmezí 0,7 – 1,4 %, pro kyselinu kaprylovou 7 – 9,6 % a pro kyselinu kaprinovou 6,3 – 6,9 %.

V souladu s publikovanými údaji byly obsahy 8,4 % kyseliny palmitové – C16:0, 2,7 % kyseliny stearové – C18:0, 6,2 % kyseliny olejové – C18:1(cis-9) a 1,6 % kyseliny linolové C18:2(all-cis-9,12), přičemž pro kyselinu palmitovou byly uváděny hodnoty

v rozmezí 8 – 10,2 %, pro kyselinu stearovou 1,2 – 5,4 %, pro kyselinu olejovou 4,9 – 7,4 % a pro kyselinu linolovou 0,7 – 2,6 % [7].

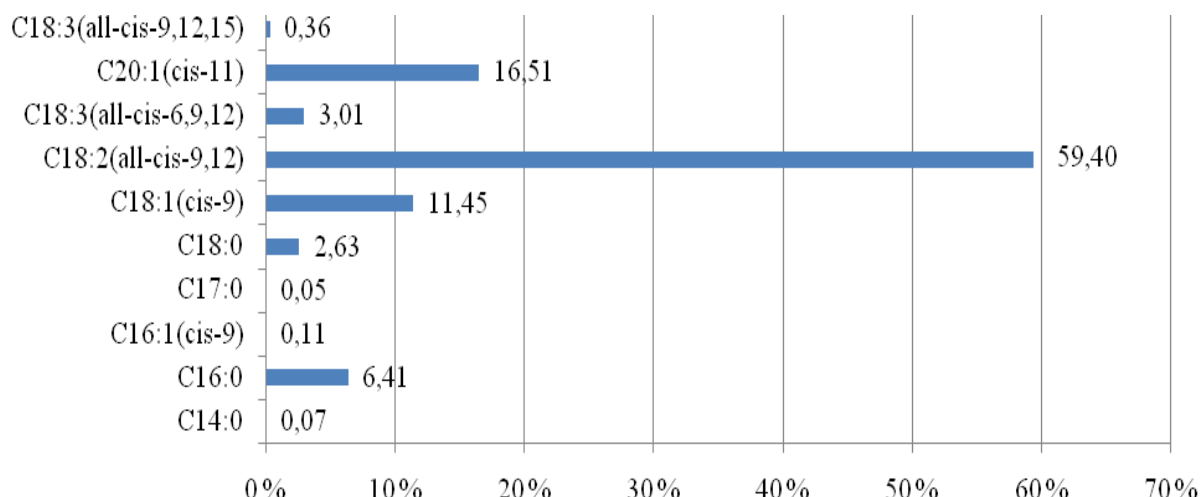


Obr. 31. Zastoupení FAs v kokosovém oleji [v %]

### 10.1.13 BIO Konopný olej

Konopný olej lisovaný za studena je charakterizován jako olej obsahující výjimečné zastoupení n-3 a n-6 FAs, fytoosteroly, minerální prvky (Ca, Mg, K a Fe) a vitaminy A, E a D. Konzumace konopného oleje by měla zajistit doplnění stravy o kyseliny n-3 a n-6 komplexně působící a v ideálním vzájemném poměru 1:3, který je nejbližší potřebám lidského organismu. Konopný olej mohou používat děti i dospělí, velmi vhodný je pro všechny osoby se zvýšenou potřebou doplnění esenciálních mastných kyselin. [57]

Z obr. 32 vyplývá, že ve vzorku konopného oleje dominuje kyselina linolová – C18:2(all-cis-9,12), přičemž její obsah 59,4 % ve vzorku byl v souladu s publikovanými údaji 46 – 70 % [7]. Druhou nejvíce zastoupenou FA by podle Pokorného a Dubské [7] měla být trienová kyselina  $\alpha$ -linolenová – C18:3(all-cis-9,12,15) v rozmezí 14 – 28 %, ale skutečné množství této kyseliny v analyzovaném oleji bylo pouhých 0,4 %. Obsah třetí nejvíce zastoupené kyseliny eikosenové – C20:1(cis-11) v množství 16,5 % nebyl publikován. Obsahy dalších méně zastoupených FAs, jako byla kyselina olejová – C18:1(cis-9) v množství 11,5 %, kyselina palmitová (C16:0) o obsahu 6,4 % a kyselina stearová (C18:0) v množství 2,6 %, byly opět v souladu publikovanými údaji [7], které jsou pro kyselinu olejovou 6 – 17 %, pro kyselinu palmitovou 5,8 – 9,9 % a pro kyselinu stearovou 1,7 – 5,6 %. V analyzovaném vzorku byla dále zastoupena  $\gamma$ -linolenová kyselina – C18:3(all-cis-6,9,12)) v množství 3 % a ve stopovém množství další FAs – C14:0, C16:1(cis-9) a C17:0.



Obr. 32. Zastoupení FAs v konopném oleji [v %]

## 10.2 Kvalitativní změny olejů během jejich skladování

### 10.2.1 Změny čísla kyselosti a peroxidového čísla

Při běžném skladování olejů se mění jednotlivé složky olejů a dochází tak k nežádoucím změnám chemickým, nutričním i senzorickým. Během skladování dochází k hydrolytickému štěpení a k uvolňování FAs. V přítomnosti kyslíku dochází u olejů k oxidačnímu žluknutí. Rostlinné oleje obsahující vyšší podíl nenasycených FAs jsou k žluknutí náchylnější. Stupeň hydrolytického štěpení udává číslo kyselosti. Stupeň oxidačního žluknutí udává peroxidové číslo.

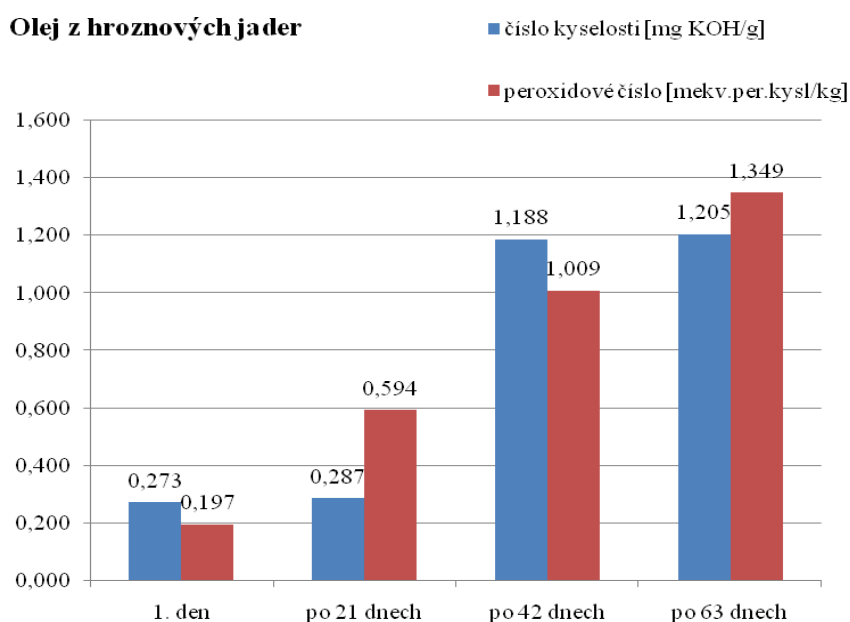
V diplomové práci byla sledována kvalitativní změna rostlinných olejů při běžném skladování při pokojové teplotě v temném prostředí. Vzhledem k rozdílným objemům jednotlivých balení bylo z každého oleje odebráno 100 ml vzorku tak, aby byly pro každý olej zajištěny stejné podmínky skladování, tj. stejné množství a stejná oxidační plocha. Časové rozvržení jednotlivých analýz bylo zvoleno tak, aby byly zjištěny případné oxidační změny během prvních dvou měsíců používání a to vždy po 21 dnech. Poslední měření bylo provedeno po 63 dnech skladování.

Pro každý olej byla provedena tři stanovení, ze kterých byl vypočten průměr. Hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla a jejich změny během skladování jsou pro jednotlivé oleje znázorněny na obrázcích 33 až 45.

Obecně je možné konstatovat, že během celého skladovacího období, a to dokonce již po 21 dnech skladování byly zaznamenány změny sledovaných parametrů, přičemž rozsah těchto změn výrazně závisel na složení analyzovaných olejů a jejich výrobě.

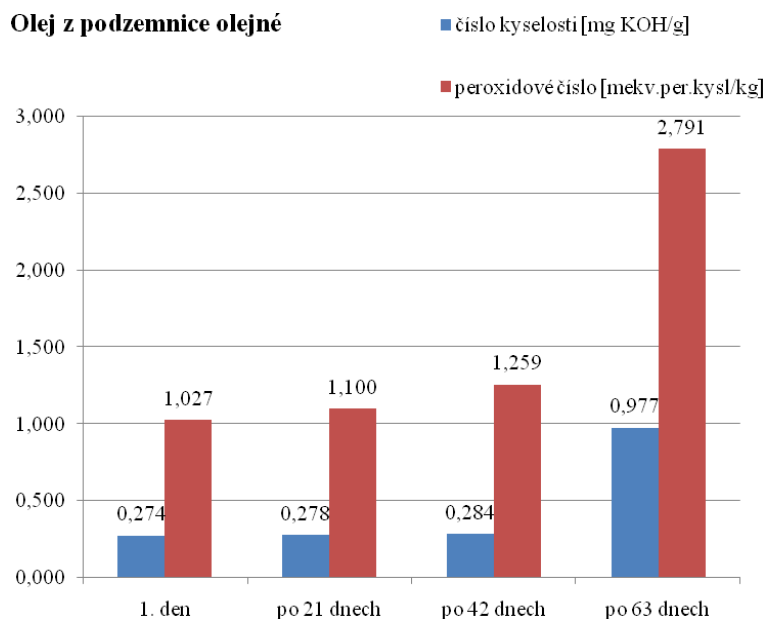
U **oleje z hroznových jader** došlo k výrazné změně obou parametrů mezi 21. a 42. dnem, kdy se hodnota čísla kyselosti zvýšila z 0,287 na 1,188 mg KOH/g (obr. 33). Celkové zvýšení čísla kyselosti představovalo během celého skladovacího pokusu 341 %.

Podobná situace byla i u peroxidového čísla, kdy zvýšení během sledované časové periody představovalo 585 %, avšak v tomto případě probíhalo zvýšení téměř rovnoměrně. Pouze mezi 42. a 63. dnem již byly změny méně výrazné. Je zřejmé, že z důvodu dominantního zastoupení nenasycených FAs (zejména kyseliny linolové a v menší míře kyseliny olejové) v tomto oleji dochází také k jeho rychlejší oxidaci.



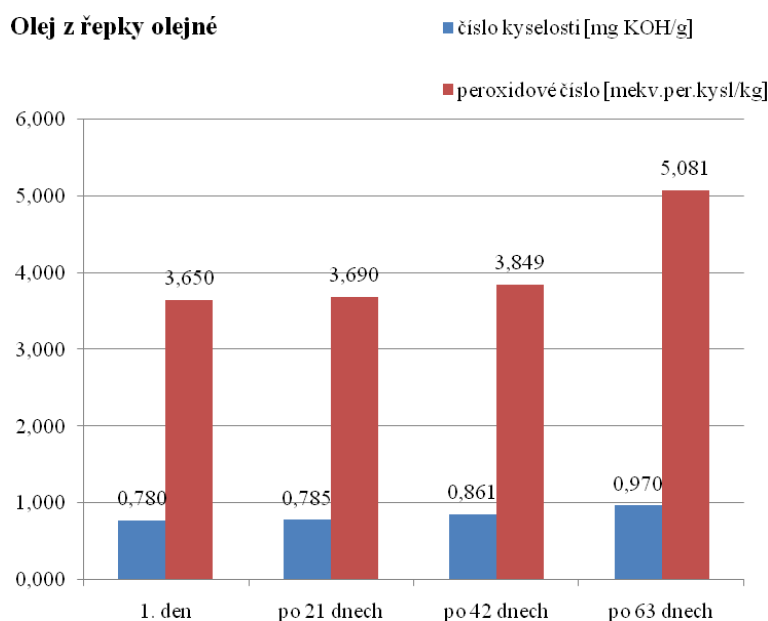
Obr. 33. Kvalitativní změny v oleji z hroznových jader

**Olej z podzemnice olejně** obsahoval také převážně nenasycené FAs, ale k oxidačním změnám docházelo pomaleji než u předchozího oleje (obr. 34). Číslo kyselosti zůstalo téměř nezměněno po dobu 42 dnů. K jeho výrazné změně došlo až v průběhu skladování mezi 42. a 63. dnem. Podobný trend lze vysledovat i u druhého parametru, kdy během 42 dnů docházelo pouze k malému zvýšení, zatímco mezi 42. a 63. dnem došlo ke zvýšení peroxidového čísla až na 2,791 mekv.per.kysl./kg což je změna představující 171 % od začátku experimentu.



Obr. 34. Kvalitativní změny v oleji z podzemnice olejné

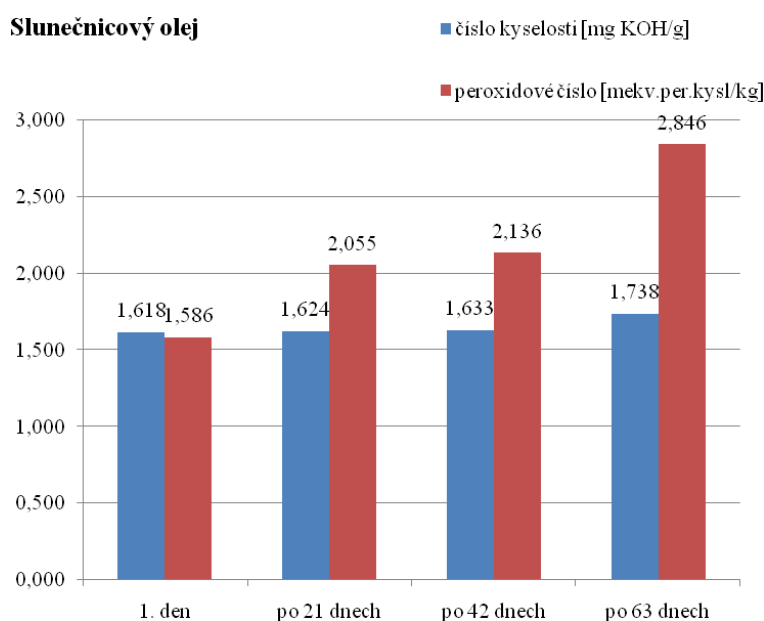
**Olej z řepky olejné** disponoval vyššími hodnotami jak čísla kyselosti (0,780 mg KOH/g), tak i peroxidového čísla (3,650 mekv.per.kysl./kg) již na začátku experimentu a jejich hodnoty se téměř neměnily během prvních 42 dnů skladování (obr. 35). K nárůstu došlo až mezi 42. a 63. dnem, kdy vzrostla hodnota peroxidového čísla o 32 %. Změny obou sledovaných parametrů tak na konci skladovacího období představovaly u čísla kyselosti 24 % a u peroxidového čísla 39 %.



Obr. 35. Kvalitativní změny v oleji z řepky olejné

U **slunečnicového oleje** došlo během skladování k minimální změně čísla kyselosti (obr. 36). Hodnota čísla kyselosti tak během skladovacího pokusu vzrostla pouze o 7,4 %, přičemž k nejvyšší změně došlo během 42. a 63. dne, kdy jeho hodnota vzrostla z 1,633 na 1,738 mg KOH/g.

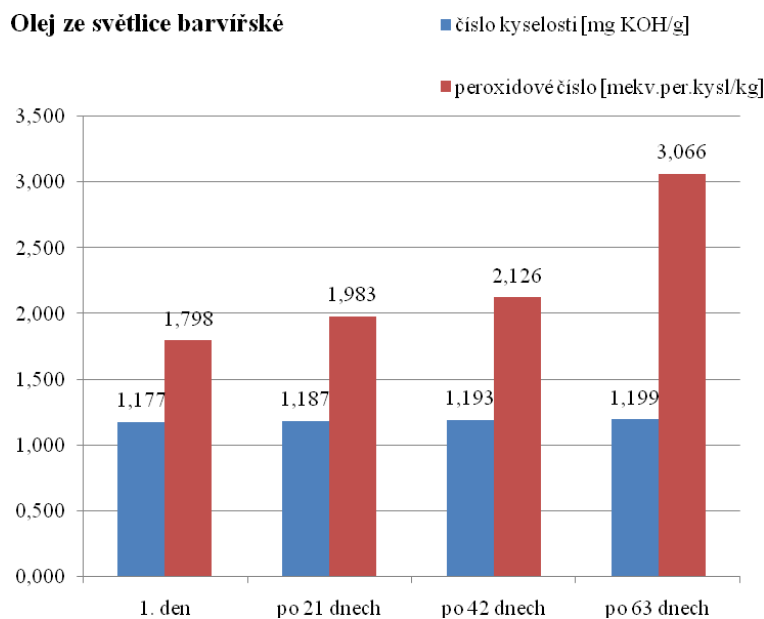
K výraznější změně došlo u druhého sledovaného parametru zejména během poslední periody skladování, kdy se hodnota peroxidového čísla zvýšila o 33 %. Během celého experimentu pak hodnota narostla o 79 %.



*Obr. 36. Kvalitativní změny ve slunečnicovém oleji*

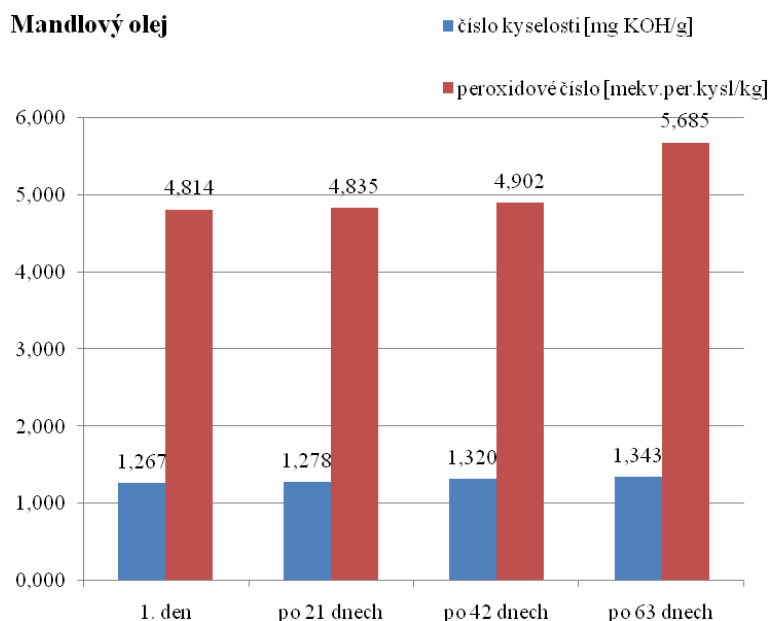
Z obr. 37 je patrné, že rovněž hodnoty sledovaných parametrů ve **světlicovém oleji** se měnily minimálně zejména pak číslo kyselosti, které se měnilo rovnoměrně a celkově během 63 dnů skladování vzrostlo o necelé 2 %. Výrazněji se měnilo peroxidové číslo, přičemž k rovnoměrnému nárůstu peroxidového čísla docházelo během prvních 42 dnů skladování a v poslední periodě mezi 42. a 63. dnem se jeho hodnota zvýšila o 44 %. Celková změna peroxidového čísla tak představovala 71 %.





Obr. 37. Kvalitativní změny v oleji ze světlice barviřské

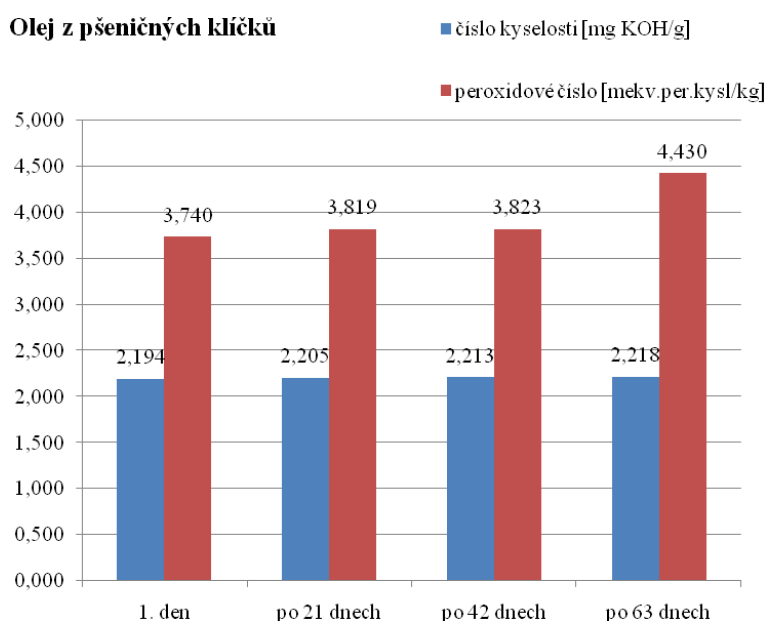
**Mandlový olej** disponoval zejména vyššími hodnotami peroxidového čísla již na počátku skladovacího pokusu (4,814 mekv.per.kysl./kg), přičemž se jeho hodnoty během prvních 42. dnů téměř neměnily (obr. 38). K výraznější změně došlo až mezi 42. a 63. dnem, kdy se hodnota peroxidového čísla zvýšila o 16 %. Celkové zvýšení peroxidového čísla během celého skladovacího období tak představovalo 18 %. Změny čísla kyselosti byly rovněž minimální a oproti prvnímu parametru nárůst čísla kyselosti probíhal rovnoměrně. Změna čísla kyselosti mandlového oleje představovala 6 %.



Obr. 38. Kvalitativní změny v mandlovém oleji

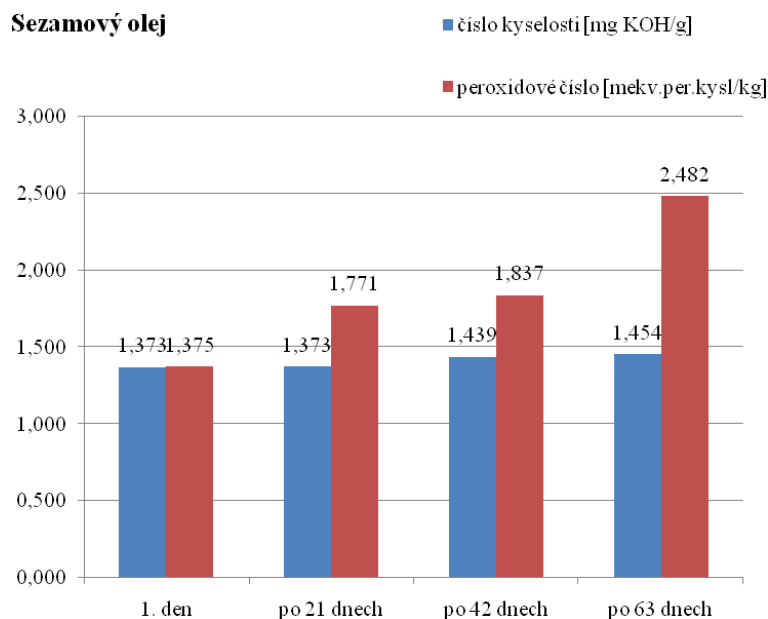
**V oleji z pšeničných klíčků** byly zastoupeny kromě nenasycených FAs i nasycené FAs ve vyšším množství (17,3 %). Díky vyššímu podílu nasycených FAs by měl být olej stabilnější což je patrné i z obr. 39, který zobrazuje malé změny u obou sledovaných parametrů. Tento olej je tak nejstabilnějším olejem ze všech analyzovaných vzorků.

U čísla kyselosti tak změna představovala pouhé 1 % během celého skladovacího období. Peroxidové číslo tohoto oleje se zvýšilo zejména v poslední periodě skladovacího pokusu o 16 % z 3,823 na 4,430 mekv.per.kysl./kg. Celková změna během skladování po 63 dnů představovala 18 %.



*Obr. 39. Kvalitativní změny v oleji z pšeničných klíčků*

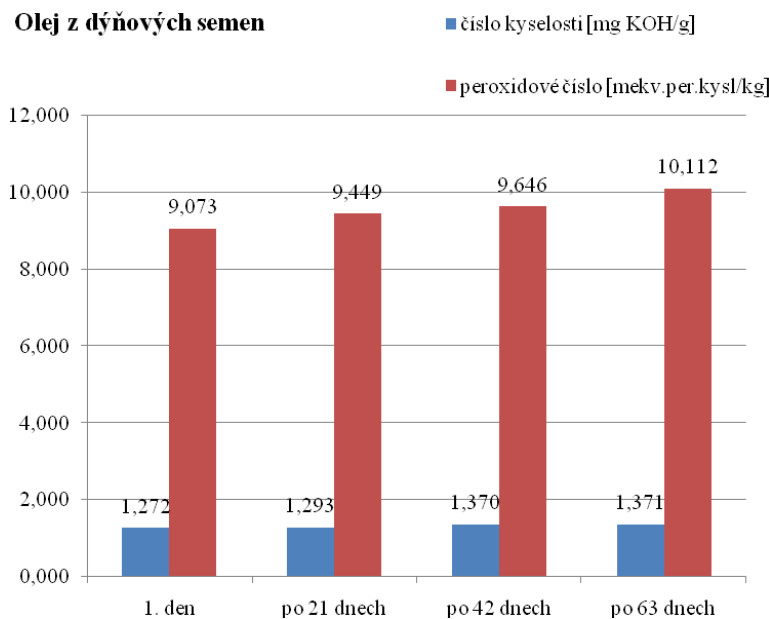
**V sezamovém oleji** opět nedocházelo k výrazným změnám čísla kyselosti a jeho hodnota se od počátku skladování zvýšila o 6 %, avšak hodnota druhého parametru vzrostla za celou dobu skladování o 81 %. Z obr. 40 je zřejmé, že k větší změně hodnoty peroxidového čísla poprvé došlo mezi 21. a 42. dnem, kdy jeho hodnota vzrostla o 29 % a poté mezi 42. a 63. dnem, kdy změna činila 35 %.



*Obr. 40. Kvalitativní změny v sezamovém oleji*

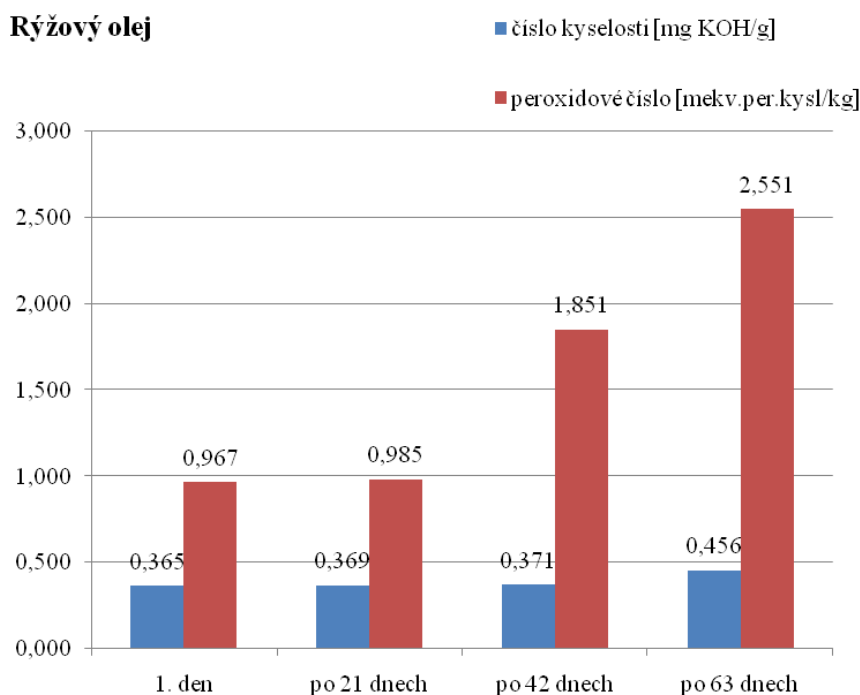
Z obr. 41 vyplývá, že v **oleji z dýňových semen** byla již na počátku skladovacího experimentu zjištěna vysoká hodnota peroxidového čísla 9,073 mekv.per.kysl./kg a po 63 dnech skladování jeho hodnota vzrostla o 11,5 % na 10,112 mekv.per.kysl./kg, což je hodnota vyšší než obecná doporučení uváděná v legislativě. Podle výživových doporučení by hodnota peroxidového čísla neměla překročit 10 mekv.per.kysl./kg. Přesáhne-li hodnota peroxidového čísla tuto hranici, lze příslušný olej hodnotit jako žluklý.

Na rozdíl kyselost oleje z dýňových semen byla poměrně nízká a během skladovací doby nedošlo k výraznému růstu této hodnoty. Změna hodnoty kyselosti tak představovala 8 %.



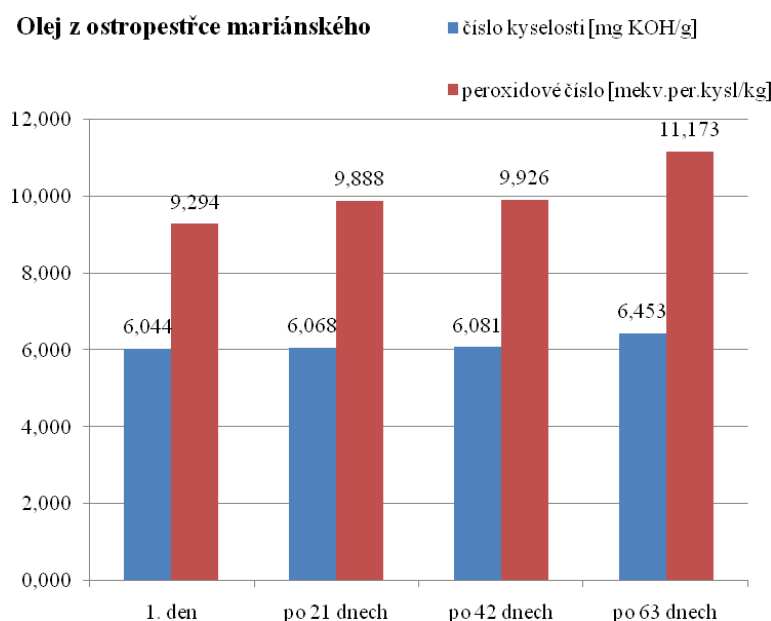
*Obr. 41. Kvalitativní změny v oleji z dýňových semen*

Během prvních 21 dnů skladování nedocházelo v **rýžovém oleji** k výrazným změnám u peroxidového čísla (obr. 42). Poté došlo ke skokovému nárůstu hodnot peroxidového čísla nejprve o 88 % mezi 21. a 42. skladovacím dnem a o 38 % v poslední periodě skladování. Hodnota změny peroxidového čísla během celého skladovacího období tak představovala 164 %. Číslo kyselosti se výrazněji změnilo až v poslední periodě skladovacího pokusu a jeho změna po 63 dnech skladování činila 25 %.



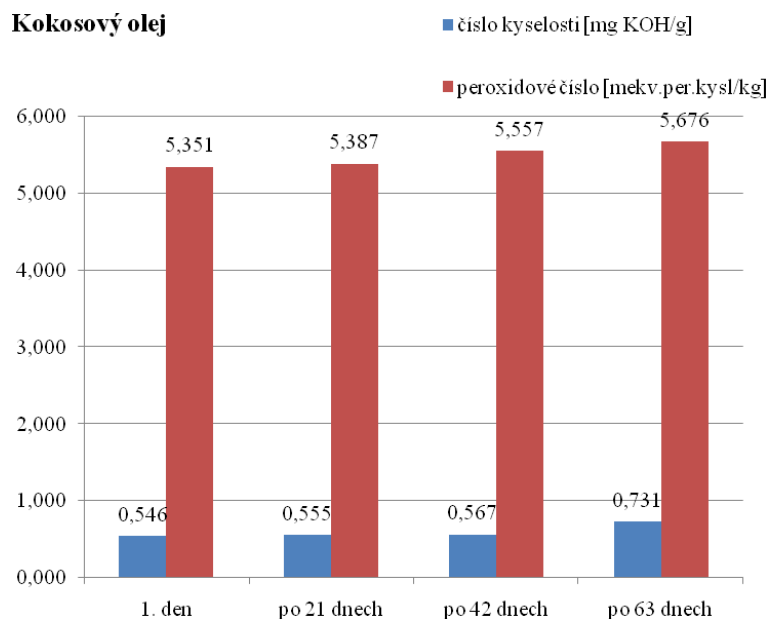
*Obr. 42. Kvalitativní změny v rýžovém oleji*

Z obr. 43 vyplývá, že u **oleje z ostropestřce mariánského** byly již na počátku experimentu naměřeny vysoké hodnoty obou sledovaných parametrů, přičemž hodnota peroxidového čísla po 63 dnech skladování vzrostla o 20 % z 9,294 na 11,173 mekv.per.kysl./kg. Hodnota peroxidového čísla tak překročila maximální hodnotu uváděnou v obecných doporučeních a olej lze hodnotit jako žluklý. Hodnota čísla kyselosti u tohoto oleje byla nejvyšší ze všech analyzovaných vzorků, avšak během skladovacího období výrazně nevzrostla a její změna tak představovala 7 % za celé období.



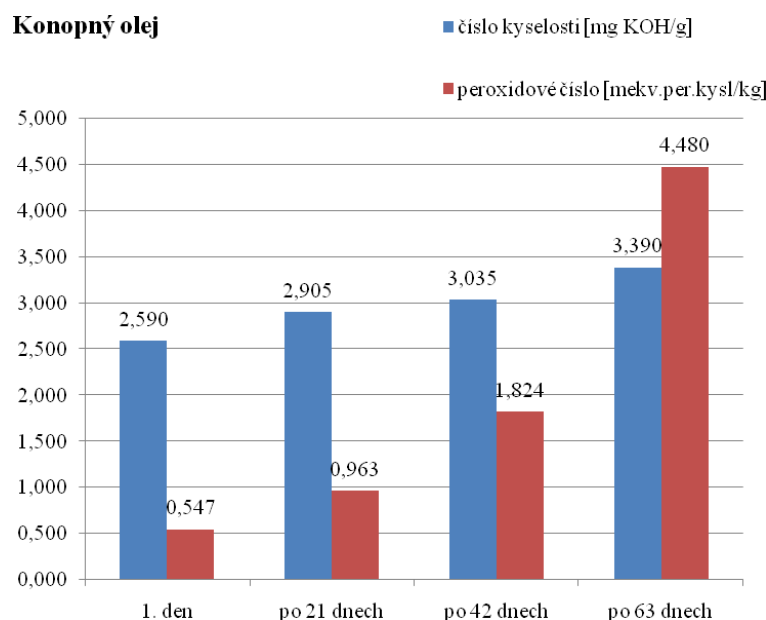
Obr. 43. Kvalitativní změny v oleji z ostropestřce mariánského

**Kokosový olej** se liší od jiných rostlinných olejů vyšším obsahem nasycených mastných kyselin. Rovněž změny v hodnotách sledovaných parametrů byly rozdílné. Oproti jiným rostlinným olejům lze z obr. 44 vyčíst, že se výrazněji změnila hodnota čísla kyselosti než peroxidového čísla. Číslo kyselosti, i když nízké, od prvního dne skladování vzrostlo o 34 %, zatímco změna hodnoty peroxidového čísla představovala pouhých 6 %, avšak jeho hodnoty se pohybovaly nad hranicí 5 mekv.per.kysl./kg.



Obr. 44. Kvalitativní změny v kokosovém oleji

V **konopném oleji** došlo k nejvýraznější změně hodnoty peroxidového čísla ze všech analyzovaných vzorků (obr. 45). Jeho hodnota vzrostla z původní 0,547 na 4,480 mekv.per.kysl./kg, což je nárůst o 719 %. Tato hodnota se nejvíce měnila během období mezi 42. a 63. dnem, kdy změna představovala 146 %. Změna čísla kyselosti představovala 31 %.



Obr. 45. Kvalitativní změny v konopném oleji

### 10.2.2 Změny v zastoupení FAs během skladování

U olejů, skladovaných za běžných podmínek při pokojové teplotě v temnu, byly po 63 dnech opět stanoveny profily FAs. Během této krátké doby nedocházelo k výrazným změnám v zastoupení FAs v olejích a výsledky změn v zastoupení jednotlivých FAs ve vzorcích rostlinných olejů jsou uvedeny v tabulkách 8 až 20.

Na rozdíl od změn čísla kyselosti i peroxidového čísla je analýza složení rostlinných olejů méně průkazným parametrem k hodnocení jejich kvalitativních změn. Během 63-denního skladování rozdíly v obsahu jednotlivých FAs byly velmi nízké a nepřekročily 1 %. Nejčastěji byla pozorována změna obsahu C18:1(cis-9), avšak v ani jednom případě změna nepřesáhla 0,3 %. U sezamového oleje a oleje z dýňových semen došlo ke zvýšení C18:2(cis-9,12) o 0,71 % a o 1,56 %, avšak obsah PUFAs byl v obou olejích vysoký a proto i tato hodnota je v intervalu chyby stanovení.

Tab. 8. Změny v zastoupení FAs v oleji z hroznových jader

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C8:0</b>	0,01	0,01	0,00
<b>C12:0</b>	0,01	0,00	-0,01
<b>C14:0</b>	0,05	0,04	-0,01
<b>C15:0</b>	0,01	0,01	0,00
<b>C16:0</b>	6,59	6,44	-0,15
<b>C16:1(cis-9)</b>	0,08	0,08	0,00
<b>C17:0</b>	0,06	0,06	0,00
<b>C18:0</b>	3,50	3,48	-0,02
<b>C18:1(trans-9)</b>	0,00	0,03	0,03
<b>C18:1(cis-9)</b>	14,27	13,96	-0,31
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	74,71	75,21	0,50
<b>C20:0</b>	0,16	0,15	-0,01
<b>C20:1(cis-11)</b>	0,40	0,38	-0,02
<b>C18:3(all-cis-9,12,15)</b>	0,15	0,14	-0,01

Tab. 9. Změny v zastoupení FAs v oleji z podzemnice olejné

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
C14:0	0,04	0,03	-0,01
C16:0	7,46	7,31	-0,15
C16:1(cis-9)	0,07	0,07	0,00
C17:0	0,07	0,07	0,00
C18:0	2,08	2,02	-0,06
C18:1(trans-9)	0,00	0,06	0,06
C18:1(cis-9)	71,05	70,89	-0,15
C18:2(all-cis-9,12)	18,22	18,59	0,37
C20:0	1,01	0,96	-0,05

Tab. 10. Změny v zastoupení FAs v oleji z řepky olejné

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
C10:0	0,01	0,01	0,00
C15:0	0,02	0,02	0,00
C16:0	4,59	4,60	0,01
C16:1(cis-9)	0,21	0,20	-0,01
C17:0	0,04	0,04	0,00
C18:0	1,68	1,63	-0,05
C18:1(trans-9)	0,14	0,12	-0,03
C18:1(cis-9)	63,34	63,25	-0,09
C18:2(all-cis-9,12)	19,64	19,79	0,15
C20:1(cis-11)	9,10	9,16	0,06
C18:3(all-cis-9,12,15)	1,24	1,18	-0,06

Tab. 11. Změny v zastoupení FAs ve slunečnicovém oleji

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
C12:0	0,02	0,01	-0,01
C14:0	0,09	0,08	-0,01
C16:0	6,24	6,15	-0,09
C16:1(cis-9)	0,12	0,11	-0,01
C17:0	0,02	0,02	0,00
C18:0	2,83	2,77	-0,06
C18:1(trans-9)	0,00	0,03	0,03
C18:1(cis-9)	28,00	27,80	-0,20
C18:2(all-cis-9,12)	62,24	62,53	0,29
C20:0	0,21	0,20	-0,01
C20:1(cis-11)	0,18	0,16	-0,03
C18:3(all-cis-9,12,15)	0,16	0,15	-0,01



Tab. 12. Změny v zastoupení FAs v oleji ze světlice barvířské

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C14:0</b>	0,10	0,10	0,00
<b>C16:0</b>	6,74	6,56	-0,18
<b>C16:1(cis-9)</b>	0,08	0,09	0,01
<b>C17:0</b>	0,04	0,03	-0,10
<b>C18:0</b>	2,41	2,31	-0,10
<b>C18:1(trans-9)</b>	0,00	0,02	0,02
<b>C18:1(cis-9)</b>	11,50	11,43	-0,08
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	78,98	79,60	0,62
<b>C18:3(all-cis-9,12,15)</b>	0,15	0,15	0,00

Tab. 13. Změny v zastoupení FAs v mandlovém oleji

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C12:0</b>	0,09	0,00	-0,09
<b>C14:0</b>	0,07	0,03	-0,04
<b>C16:0</b>	6,75	6,81	0,06
<b>C16:1(cis-9)</b>	0,53	0,54	0,01
<b>C17:0</b>	0,05	0,05	0,00
<b>C18:0</b>	2,25	2,20	-0,05
<b>C18:1(cis-9)</b>	67,21	67,31	0,10
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	22,80	23,06	0,26
<b>C20:0</b>	0,09	0,00	-0,09
<b>C20:1(cis-11)</b>	0,16	0,00	-0,16

Tab. 14. Změny v zastoupení FAs v oleji z pšeničných klíčků

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C12:0</b>	0,07	0,01	-0,06
<b>C15:0</b>	0,04	0,04	0,00
<b>C16:0</b>	17,35	17,40	0,05
<b>C16:1(cis-9)</b>	0,21	0,14	-0,07
<b>C17:0</b>	0,03	0,04	0,01
<b>C18:0</b>	0,67	0,68	0,01
<b>C18:1(cis-9)</b>	12,73	12,79	0,06
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	59,74	59,85	0,11
<b>C20:1(cis-11)</b>	7,91	7,79	-0,12
<b>C18:3(all-cis-9,12,15)</b>	1,24	1,25	0,01

Tab. 15. Změny v zastoupení FAs v sezamovém oleji

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
C16:0	9,65	9,26	-0,39
C16:1(cis-9)	0,11	0,11	0,00
C18:0	6,45	6,16	-0,29
C18:1(trans-9)	0,00	0,03	0,03
C18:1(cis-9)	41,54	41,56	0,01
C18:2(all-cis-9,12)	40,94	41,65	0,71
C20:0	0,63	0,61	-0,01
C20:1(cis-11)	0,32	0,33	0,01
C18:3(all-cis-9,12,15)	0,21	0,15	-0,06
C22:0	0,14	0,13	-0,01

Tab. 16. Změny v zastoupení FAs v oleji z dýňových semen

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
C14:0	0,17	0,17	0,00
C16:0	13,12	13,18	0,06
C16:1(cis-9)	0,12	0,11	-0,01
C17:0	0,13	0,13	0,00
C18:0	5,71	5,61	-0,10
C18:1(trans-9)	0,00	0,03	0,03
C18:1(cis-9)	24,91	25,05	0,14
C18:2(all-cis-9,12)	54,17	55,73	1,56
C20:0	0,47	0,00	-0,47
C20:1(cis-11)	1,08	0,00	-1,08
C18:3(all-cis-9,12,15)	0,12	0,00	-0,12

Tab. 17. Změny v zastoupení FAs v rýžovém oleji

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
C12:0	0,00	0,01	0,01
C14:0	0,39	0,37	-0,02
C16:0	20,01	19,86	-0,15
C16:1(cis-9)	0,19	0,19	0,00
C18:0	2,08	2,02	-0,06
C18:1(trans-9)	0,00	0,08	0,08
C18:1(cis-9)	42,68	42,84	0,16
C18:2(all-cis-9,12)	33,11	33,09	-0,02
C20:1(cis-11)	1,11	1,11	0,00
C18:3(all-cis-9,12,15)	0,45	0,44	-0,01

Tab. 18. Změny v zastoupení FAs v oleji z ostropestřce mariánského

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C12:0</b>	0,01	0,00	-0,01
<b>C14:0</b>	0,09	0,08	-0,01
<b>C15:0</b>	0,02	0,02	0,00
<b>C16:0</b>	7,85	7,77	-0,08
<b>C16:1(cis-9)</b>	0,05	0,05	0,00
<b>C17:0</b>	0,06	0,06	0,00
<b>C17:1(cis-10)</b>	0,03	0,02	-0,01
<b>C18:0</b>	4,54	4,51	-0,03
<b>C18:1(trans-9)</b>	0,00	0,02	0,02
<b>C18:1(cis-9)</b>	20,44	20,49	0,05
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	63,33	63,42	0,09
<b>C20:0</b>	2,55	2,54	-0,01
<b>C20:1(cis-11)</b>	0,15	0,15	0,00
<b>C18:3(all-cis-9,12,15)</b>	0,88	0,88	0,00

Tab. 19. Změny v zastoupení FAs v kokosovém oleji

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C6:0</b>	0,52	0,51	-0,01
<b>C8:0</b>	7,57	7,74	0,18
<b>C10:0</b>	5,46	5,53	0,07
<b>C12:0</b>	47,65	47,78	0,13
<b>C14:0</b>	19,90	19,71	-0,19
<b>C16:0</b>	8,35	8,21	-0,15
<b>C18:0</b>	2,69	2,65	-0,04
<b>C18:1(cis-9)</b>	6,24	6,14	-0,10
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	1,62	1,73	0,11

Tab. 20. Změny v zastoupení FAs v konopném oleji

FAs	1. den [v %]	po 63 dnech [v %]	rozdíl [v %]
<b>C14:0</b>	0,07	0,03	-0,04
<b>C16:0</b>	6,41	6,26	-0,15
<b>C16:1(cis-9)</b>	0,11	0,12	0,01
<b>C17:0</b>	0,05	0,05	0,00
<b>C18:0</b>	2,63	2,58	-0,05
<b>C18:1(trans-9)</b>	0,00	0,02	0,02
<b>C18:1(cis-9)</b>	11,45	11,40	-0,05
<b>C18:2(all-cis-9,12)</b>	59,40	59,72	0,32
<b>C18:3(all-cis-6,9,12)</b>	3,01	3,03	0,02
<b>C20:1(cis-11)</b>	16,51	16,80	0,29
<b>C18:3(all-cis-9,12,15)</b>	0,36	0,00	-0,36

## ZÁVĚR

Rostlinné oleje jsou součástí každodenní stravy. Používají se pro přípravu jak teplých pokrmů, např. při smažení, pečení, dušení, tak ve studené kuchyni pro přípravu nejrůznějších dresinků, majonéz a zálivek do salátů. Rostlinné oleje jsou zdrojem významných lipofilních vitaminů, minerálních prvků a zejména důležitých nenasycených mastných kyselin. Tyto nenasycené kyseliny jsou díky podílu nenasycených vazeb méně stabilní, což se může projevit na kvalitě oleje během jeho skladování. Rostlinné oleje by se proto neměly skladovat delší dobu. Důležité je i dodržování podmínek skladování, jako je zamezení přístupu světla a omezení přístupu kyslíku, stejně tak dodržení správné skladovací teploty, která ve většině případů odpovídá pokojové teplotě kolem 20 °C. Některé oleje je nutné skladovat při chladírenských teplotách. Správným skladováním lze zajistit delší trvanlivost, udržet kvalitu olejů a omezit procesy jako jsou oxidace a žluknutí.

Z důvodu rozdílného chemického složení olejů je důležité i jejich správné použití. Oleje, které obsahují vyšší podíl polynenasycených mastných kyselin nejsou určeny pro tepelné zpracování, zahříváním se snáze rozkládají a vytvářejí škodlivé produkty. Jedná se zejména o oleje lisované za studena. V teplé kuchyni se proto pro přípravu pokrmů používají rostlinné oleje k tomu určené. Tyto oleje byly vyrobeny jiným způsobem, obsahují více nasyčených a monoenoových mastných kyselin, nepodléhají tak rychle rozkladu a v menší míře vytvářejí zdraví škodlivé produkty. PUFAs jsou méně stabilní a za zvýšené teploty se ničí nebo se mění jejich chemická struktura. Konzumace takto změněných PUFAs má nepříznivý vliv na zdraví člověka a roste tak pravděpodobnost výskytu ischemické choroby srdeční.

V diplomové práci byly analyzovány méně tradiční oleje, získávané převážně z prvního šetrného lisování za studena. Bylo sledováno zastoupení jednotlivých mastných kyselin v olejích. Rostlinné oleje jsou významným zdrojem polynenasycených mastných kyselin, zejména trienové kyseliny  $\alpha$ -linolenové – C18:3(9,12,15) a dienové kyseliny linolové – C18:2(9:12). Kyselina  $\alpha$ -linolenová byla nejvíce obsažena v řepkovém oleji a oleji z pšeničných klíčků v množství 1,2 %, dále pak v oleji z ostropestřce mariánského v množství 0,9 %. Kyselina linolová byla obsažena ve větší míře ve většině olejů, vysoký obsah této kyseliny byl zejména ve světlicovém oleji – 79 % a v oleji z hroznových jader – 74,7 %, naopak v kokosovém oleji činil obsah této kyseliny pouhých 1,6 %. Kromě PUFAs je pro rostlinné oleje typický vysoký obsah monoenoové kyseliny olejové – C18:1(cis-9), která v oleji z podzemnice olejné činila 71 %, v mandlovém oleji byl její

obsah 67,2 % a v oleji z řepky olejné 63,3 %. Kyselina olejová byla obsažena ve všech analyzovaných olejích, v nejnižší míře v kokosovém oleji v množství 6,2 %. Kokosový olej jako jediný obsahoval převážnou většinu nasycených FAs. V kokosovém oleji zaujímala dominantní postavení kyselina laurová (C12:0) v množství 47,7 % a kyselina palmitová (C16:0) – 19,9 % a také v něm byly zastoupeny SFAs s krátkým uhlíkovodíkovým řetězcem, jako kyselina kapronová (C6:0), kaprylová (C8:0) a kaprinová (C10:0), které v jiných olejích nebyly obsaženy. Vyšší obsah SFAs byl dále v rýžovém oleji, kde kyselina palmitová (C16:0) činila 20 %.

Vzhledem k tomu, že vybrané oleje obsahovaly vyšší podíl polynenasycených mastných kyselin, jsou náchylné na oxidaci. Při zachování podmínek simulujících jejich skladování při běžném používání byly taktéž sledovány kvalitativní změny vzorků olejů. Oleje byly skladovány v podmínkách doporučených výrobcí po dobu 63 dnů. I během této krátké doby, při dodržení správných podmínek skladování, byly zjištěny změny kvality olejů, jejichž rozsah v převážné míře závisel na složení olejů.

V intervalech po 21 dnech byly sledovány změny dvou parametrů a to čísla kyselosti a peroxidového čísla. U analyzovaných olejů s vysokým obsahem PUFAs (77 – 93 %) docházelo k výrazným změnám peroxidového čísla, zejména v poslední periodě skladování mezi 42. a 63. dnem, přičemž hodnoty čísla kyselosti se v mnoha případech téměř neměnily. Výjimkou byl kokosový olej, kdy jeho kyselost vzrostla o 34 %, avšak hodnota peroxidového čísla o 6 %, přičemž hodnota peroxidového čísla u tohoto oleje vzrostla nejméně oproti ostatním hodnoceným olejům, což je dáno jeho odlišným složením, kdy obsah PUFAs činil pouhých 8 %. Nejvyšší změna peroxidového čísla nastala u konopného oleje, kdy se jeho hodnota zvýšila z 0,547 na 4,480 mekv.per.kysl./kg, což představuje zvýšení o 719 %, přesto je tento olej možné stále hodnotit jako vyhovující. Legislativa ČR nedefinuje maximální hodnotu peroxidového čísla u rostlinných olejů, tato hodnota je stanovena pouze pro olivové oleje. Obecná doporučení udávají, že by maximální hodnota peroxidového čísla neměla přesáhnout 10 mekv.per.kysl./kg. Obecně platí, že čím je jeho hodnota vyšší, tím více olej vykazuje známky žluklosti. Podle těchto obecných doporučení je možné jako nevyhovující olej se známkami žluklosti označit olej z ostropestřce mariánského, kdy hodnota jeho peroxidového čísla na konci skladovacího období činila 11,173 mekv.per.kysl./kg a olej z dýňových semen s hodnotou peroxidového čísla 10,112 mekv.per.kysl./kg. U obou těchto olejů však hodnota peroxidového čísla byla vyso-

ká již na počátku skladovacího pokusu a převyšovala 9 mekv.per.kysl./kg. Nejnižší hodnotu peroxidového čísla na konci skladovacího období – 1,349 mekv.per.kysl./kg měl olej z hroznových jader i když nárůst byl z původních 0,197 mekv.per.kysl./kg činil 585 %.

Pro rostlinné oleje není číslo kyselosti legislativou definováno. Výjimkou je olivový olej, kdy by hodnota čísla kyselosti u extra panenského oleje neměla přesáhnout 8 mg KOH/g oleje, u panenského 20 KOH mg/g oleje a obyčejného panenského oleje 33 mg KOH/g. U rafinovaných olivových olejů by neměla být hodnota vyšší než 5 mg KOH/g a u směsí olivových olejů by neměla přesáhnout 15 mg/g olej. Vyšší hodnoty čísla kyselosti (6,453 mg KOH/g) vykazoval pouze olej z ostropestřce mariánského, avšak ani tato hodnota nepřesáhla 8 mg KOH/g, což je kvalitativní ukazatel pro extra panenský olivový olej.

Sledování změn profilů mastných kyselin u analyzovaných olejů během dvouměsíčního skladování nepřineslo žádné výrazné rozdíly v jejich zastoupení. Tento parametr by bylo vhodné sledovat během delšího období.

Z provedené studie však vyplynulo, že již během krátké doby po otevření olejů bylo možné zjistit zvýšení zejména peroxidového čísla. Z této skutečnosti vyplývá doporučení balit oleje do menších spotřebitelských obalů o objemu 250 – 300 ml, tak aby se zkrátila doba používání a skladování olejů v domácnostech a tím by se zachovala požadovaná kvalita zejména olejů s vyšším obsahem PUFAs. Rovněž doporučuji balit oleje do tmavých lahví, aby byl omezen přístup světla.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin I*. Tábor: OSSIS. 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.
- [2] ZAJÍC, J., BAREŠ, M. *Chemie a technologie tuků*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. 1988. 224 s.
- [3] O'BRIEN, R. D. *Fats and oils: formulating and processing for applications*. CRC PressINC, 2004. 592 s. ISBN 0-8493-1599-9.
- [4] MISRA, R.D., MURTHY, M.S. Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010, 14/9, p. 3005–3013.
- [5] DRDÁK, M., STUDNICKÝ, J., MÓROVÁ, E., KAROVIČOVÁ, *Základy potravinářských technologií*. Bratislava: Vydavateľstvo MALÉ CENTRUM. 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1.
- [6] HRABĚ, J., BUŇKA, F., HOZA, I. *Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. 2008. 190 s. ISBN 978-80-7318-520-6.
- [7] POKORNÝ, J., DUBSKÁ, L. *Technologie tuků*. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p. 1986. 452 s.
- [8] DAVÍDEK, J., JANÍČEK, G., POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. Praha: SNTL/ALFA. 1983. 632 s.
- [9] KAPLAN, P., TÁBORSKÁ, E., DOSTÁL, J., SLÁMA, J. *Chemie a biochemie pro bakaláře*. Brno: Masarykova universita. 1999. 162 s. ISBN 80-210-2190.
- [10] ŠIMEK, J. *Kvalifikační příručka chemického laboranta*. Praha: Práce - vydavatelství a nakladatelství ROH. 1977. 412 s.
- [11] LAWSON, H. *Food oils and fats: technology, utilization, and nutrition*. New York: Chapman & Hall. 1995. 339 s. ISBN 0-412-98841-0.
- [12] DAVÍDEK, J. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Praha: SNTL/ALFA. 1981. 718 s.
- [13] VÍCHA, R., MRKVIČKA, V. *Laboratorní cvičení z chemie*. Zlín: UTB. 2007. 98 s. ISBN 978-80-7318-595-4.



- [14] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. Ostrava: Nakladatelství Pavel Klouda. 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [15] KALOUS, V., a kolektiv. *Metody chemického výzkumu*. Praha: SNTL/ALFA. 1987. 432 s.
- [16] JANÍČEK, G., ŠANDERA, K., HAMPL, B. *Rukověť potravinářské analytiky*. Praha: SNTL. 1962. 742 s.
- [17] NORMANOVÁ, J. *Oleje, octy a jiné přísady*. Praha: Nakladatelství Slovart. 2004. 40 s.
- [18] *Olej z hroznových jader, Brändle* [online]. [2012-12-08]. Dostupné na WWW: <[http://www.braendle.de/english/our\\_oils/Delicatessen\\_Oils.htm#Vita\\_grape\\_seed\\_oil](http://www.braendle.de/english/our_oils/Delicatessen_Oils.htm#Vita_grape_seed_oil)>
- [19] KUSMIREK, J. *Tekuté slunce: rostlinné oleje pro masáže, aromaterapii, kosmetiku a výživu*. Praha: One Woman Press. 2005. 213 s. ISBN 80-86356-41-8.
- [20] NOVÁKOVÁ, B., ŠEDIVÝ, Z. *Praktická aromaterapie: přirozená cesta ke zdraví, kráse a vitalitě*. Praha: Pragma. 1996. 399 s. ISBN 80-7205-372.
- [21] OBERBEIL, K., LENTZ, CH. *Ovoce a zelenina jako lék: strava, která léčí*. Praha: Fortuna Print. 2003. 208 s. ISBN 80-7321-067-3.
- [22] RAJAH, K. K. *Fats in food technology*. Sheffield: Sheffield Academic Press. 2002. 379 s. ISBN 0-8493-9784-7.
- [23] JUYOUNG, K., DEOK, N. K., SUNG, H. L., SANG-HO, Y., SUYONG, L. Correlation of fatty acid composition of vegetable oils with rheological behaviour and oil uptake. *Food Chemistry*. 2010, 118, p. 398-402.
- [24] *Réva vinná. Vitis vinifera L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/vitis-vinifera/>>
- [25] *Olej z podzemnice olejně, Brändle* [online]. [2012-12-08]. Dostupné na WWW: <[http://www.braendle.de/english/our\\_oils/Delicatessen\\_Oils.htm#Vita\\_groundnut\\_oil](http://www.braendle.de/english/our_oils/Delicatessen_Oils.htm#Vita_groundnut_oil)>
- [26] *Podzemnice olejná, Arachis Hypogaea L.* [online]. [2013-3-13]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/arachis-hypogaea/>>

- [27] *Řepka setá. Brassica napus L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/brassica-napus/>>
- [28] *Certifikáty rostlinných olejů* [online]. [2012-12-23]. Dostupné na WWW: <<http://www.mah.cz/katalog.php?kid=13&lang=cz&stranka=6>>
- [29] *Slunečnice roční. Helianthus annuus L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/helianthus-annuus/>>
- [30] *Světlice barvířská. Carthamus tinctorius L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/carthamus-tinctorius/>>
- [31] ABDALLAH, A., AHUMADA, M. H., GRADZIEL, T. M. Oil Content and Fatty Acid Composition of Almond Kernels from Different Genotypes and California Production Regions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1998, 123(6), p. 1029-1033.
- [32] *Mandloň obecná. Amygdalus communis L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/prunus-dulcis/>>
- [33] *Olej z pšeničných klíčků, Countrylife* [online]. [2012-12-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.countrylife.cz/olej-z-psenicnych-klicku-200-ml-country-life>>
- [34] JAMIESON, G. A., BAUHMANN, W. F. Wheat germ oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1932, 9 (6), p. 136 - 138.
- [35] *Pšenice setá. Triticum aestivum L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/triticum-aestivum/>>
- [36] *Sezam indický. Sesamum indicum L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.natureloveyou.sg/Sesamum%20indicum/Main.html>>
- [37] MURKOVIC, M., et al. Variability of fatty acid content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo L.*). *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 1996, 203(3), p. 216-219.
- [38] STEVENSON, David G., et al. Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 2007, 55(10), p. 4005-4013.

- [39] LAZOS, E. S. Nutritional, Fatty Acid, and Oil Characteristics of Pumpkin and Melon Seeds. *Journal of food science*, 1986, 51(5), p. 1382-1383.
- [40] *Tykev obecná. Cucurbita pepo L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.tradebit.com/filedetail.php/9167845v5694907-ripe-pumpkins-cucurbita-pepo-on-the-plant>>
- [41] *Rýže setá. Oryza sativa L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/oryza-sativa/>>
- [42] *Složení oleje z ostropestře mariánského* [online]. [2012-12-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.prirodnipomoc.cz/oleje/98-ostropestrecovy-olej-100-200ml.html>>
- [43] FATHI-ACHACHLOUEI, B., AZADMARD-DAMIRCHI, S. Milk thistle seed oil constituents from different varieties grown in Iran. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2009, 86(7). p. 643-649.
- [44] *Ostropestřec mariánský. Silybum marianum L.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/silybum-marianum/>>
- [45] *Kokosový olej, DNM Company* [online]. [2012-12-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.dnmcompany.cz/index.php?page=catal&group=2749&recid=372>>
- [46] *Kokosovník obecný (Cocos nucifera L.)* [online]. [2013-03-10]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/cocos-nucifera/>>
- [47] LEIZER, C., RIBNICKY, D., POULEV, A., DUSHENKOV, S., RASKIN, I. The Composition of Hemp Seed Oil and Its Potential as an Important Source of Nutrition. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*. 2000, 2(4), p. 35 - 53.
- [48] *Konopí seté (Cannabis sativa L.)* [online]. [2013-03-10]. Dostupné na WWW: <<http://botany.cz/cs/cannabis-sativa/>>
- [49] *Olej z řepky olejně, Brändle* [online]. [2012-12-08]. Dostupné na WWW: <[http://www.braendle.de/english/our\\_oils/Cold-pressed\\_Oils.htm#vita\\_cold-pressed\\_rapekernel\\_oil](http://www.braendle.de/english/our_oils/Cold-pressed_Oils.htm#vita_cold-pressed_rapekernel_oil)>
- [50] *Slunečnicový olej lisovaný za studena, Brändle* [online]. [2012-12-23]. Dostupné na WWW: <[http://www.braendle.de/english/our\\_oils/Cold-pressed\\_Oils.htm#vita\\_cold-pressed\\_sunflower\\_oil](http://www.braendle.de/english/our_oils/Cold-pressed_Oils.htm#vita_cold-pressed_sunflower_oil)>

- [51] *Olej ze světlice barvířské, Countrylife* [online]. [2012-12-23]. Dostupné na WWW: <<http://www.countrylife.cz/olej-ze-svetlice-barvirske-200-ml-bio-country-life#popis>>
- [52] *Mandlový olej, Countrylife* [online]. [2012-12-23]. Dostupné na WWW: <<http://www.countrylife.cz/olej-mandlovy-200-ml-bio-country-life#clanky>>
- [53] *Sezamový olej, Countrylife* [online]. [2012-12-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.countrylife.cz/olej-sezamovy-200-ml-bio-country-life>>
- [54] *Olej z dýňových semen, Countrylife* [online]. [2012-12-29]. Dostupné na WWW: <<http://www.countrylife.cz/olej-z-dynovych-semen-200-ml-bio-country-life#clanky>>
- [55] *Rýžový olej Basso.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <[http://www.icbc.cz/main.php?action=pricelist&c\\_prod\\_id=275&csect25=1&\\_patp\\_id=&p\\_sect\\_id=25](http://www.icbc.cz/main.php?action=pricelist&c_prod_id=275&csect25=1&_patp_id=&p_sect_id=25)>
- [56] *Olej z ostropestřce mariánského.* [online]. [2013-03-02]. Dostupné na WWW: <<http://www.zdravavyzivahronov.com/internetovy-obchod/olej-z-ostropestrece-marianskeho>>
- [57] *Konopný olej, cannaderm.* [online]. [2013-03-10]. Dostupné na WWW: <[http://www.cannaderm.cz/cs/produkt/Olej\\_velky/k1029-bio-konopny-olej-za-studena-lisovany-new-500ml.htm](http://www.cannaderm.cz/cs/produkt/Olej_velky/k1029-bio-konopny-olej-za-studena-lisovany-new-500ml.htm)>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

DAGs	Diacylglyceroly
DHA	Dokosahexaenová kyselina
EPA	Eikosapentaenová kyselina
FA	Mastná kyselina
FAs	Mastné kyseliny
MAGs	Monoacylglyceroly
MUFA	Mononenasyčená mastná kyselina
MUFAs	Mononenasyčené mastné kyseliny
PUFA	Polynenasycená mastná kyselina
PUFAs	Polynenasycené mastné kyseliny
SFA	Nasyčená mastná kyselina
SFAs	Nasyčené mastné kyseliny
TAG	Triacylglycerol
TAGs	Tiacylglyceroly

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Tvorba 2-alkanonů při ketonickém žluknutí. [1] .....	36
Obr. 2. Réva vinná. ( <i>Vitis vinifera</i> L.) [24] .....	42
Obr. 3. Podzemnice olejná ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) [26] .....	43
Obr. 4. Řepka setá ( <i>Brassica napus</i> L.) [27] .....	44
Obr. 5. Slunečnice roční ( <i>Helianthus Annuus</i> L.) [29] .....	45
Obr. 6. Světllice barvířská ( <i>Carthamus tinctorius</i> L.) [30] .....	45
Obr. 7. Mandloň obecná ( <i>Amygdalus communis</i> L.) [32] .....	46
Obr. 8. Pšenice setá ( <i>Triticum aktivum</i> L.) [35] .....	47
Obr. 9. Sezam indický ( <i>Sesamum indicum</i> L.) [36] .....	48
Obr. 10. Tykev obecná ( <i>Cucurbita pepo</i> L.) [40] .....	48
Obr. 11. Rýže setá. ( <i>Oryza sativa</i> L.) [41] .....	49
Obr. 12. Ostropestřec mariánský ( <i>Silybum marianum</i> L.) [44] .....	50
Obr. 13. Kokosovník obecný ( <i>Cocos nucifera</i> L.) [46] .....	51
Obr. 14. Konopí seté ( <i>Cannabis sativa</i> L.) [48] .....	51
Obr. 15. Aparatura na přípravu methylesterů .....	56
Obr. 16. Dělení vodné a heptanové fáze .....	57
Obr. 17. Plynový chromatograf Shimadzu GC-2010 .....	58
Obr. 18. Titrace odměrným roztokem KOH .....	61
Obr. 19. Titrace odměrným roztokem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$ .....	63
Obr. 20. Zastoupení FAs v oleji z hroznových jader [v %] .....	65
Obr. 21. Zastoupení FAs v oleji z podzemnice olejně [v %] .....	66
Obr. 22. Zastoupení FAs v oleji z řepky olejně [v %] .....	67
Obr. 23. Zastoupení FAs ve slunečnicovém oleji [v %] .....	68
Obr. 24. Zastoupení FAs v oleji ze světllice barvířské [v %] .....	69
Obr. 25. Zastoupení FAs v mandlovém oleji [v %] .....	70
Obr. 26. Zastoupení FAs v oleji z pšeničných klíčků [v %] .....	71
Obr. 27. Zastoupení FAs v sezamovém oleji [v %] .....	72
Obr. 28. Zastoupení FAs v oleji z dýňových semen [v %] .....	73
Obr. 29. Zastoupení FAs v rýžovém oleji [v %] .....	74
Obr. 30. Zastoupení FAs v oleji z ostropestřce mariánského [v %] .....	75
Obr. 31. Zastoupení FAs v kokosovém oleji [v %] .....	76

---

<i>Obr. 32. Zastoupení FAs v konopném oleji [v %]</i> .....	77
<i>Obr. 33. Kvalitativní změny v oleji z hroznových jader</i> .....	78
<i>Obr. 34. Kvalitativní změny v oleji z podzemnice olejné</i> .....	79
<i>Obr. 35. Kvalitativní změny v oleji z řepky olejné</i> .....	79
<i>Obr. 36. Kvalitativní změny ve slunečnicovém oleji</i> .....	80
<i>Obr. 37. Kvalitativní změny v oleji ze světlice barvířské</i> .....	81
<i>Obr. 38. Kvalitativní změny v mandlovém oleji</i> .....	81
<i>Obr. 39. Kvalitativní změny v oleji z pšeničných klíčků</i> .....	82
<i>Obr. 40. Kvalitativní změny v sezamovém oleji</i> .....	83
<i>Obr. 41. Kvalitativní změny v oleji z dýňových semen</i> .....	84
<i>Obr. 42. Kvalitativní změny v rýžovém oleji</i> .....	84
<i>Obr. 43. Kvalitativní změny v oleji z ostropestřce mariánského</i> .....	85
<i>Obr. 44. Kvalitativní změny v kokosovém oleji</i> .....	86
<i>Obr. 45. Kvalitativní změny v konopném oleji</i> .....	86

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Nasycené mastné kyseliny [1]</i> .....	19
<i>Tab. 2. Hlavní monoenové mastné kyseliny [1]</i> .....	20
<i>Tab. 3. Dienové mastné kyseliny [1]</i> .....	21
<i>Tab. 4. Trienové mastné kyseliny [1]</i> .....	21
<i>Tab. 5. Mastné kyseliny se čtyřmi a více dvojnými vazbami [1]</i> .....	22
<i>Tab. 6. Zastoupení nenasycených a nasycených mastných kyselin v rostlinných olejích [v %] [1]</i> .....	25
<i>Tab. 7. Přehled analyzovaných olejů</i> .....	54
<i>Tab. 8. Změny v zastoupení FAs v oleji z hroznových jader</i> .....	87
<i>Tab. 9. Změny v zastoupení FAs v oleji z podzemnice olejně</i> .....	88
<i>Tab. 10. Změny v zastoupení FAs v oleji z řepky olejně</i> .....	88
<i>Tab. 11. Změny v zastoupení FAs ve slunečnicovém oleji</i> .....	88
<i>Tab. 12. Změny v zastoupení FAs v oleji ze světlice barvířské</i> .....	89
<i>Tab. 13. Změny v zastoupení FAs v mandlovém oleji</i> .....	89
<i>Tab. 14. Změny v zastoupení FAs v oleji z pšeničných klíčků</i> .....	89
<i>Tab. 15. Změny v zastoupení FAs v sezamovém oleji</i> .....	90
<i>Tab. 16. Změny v zastoupení FAs v oleji z dýňových semen</i> .....	90
<i>Tab. 17. Změny v zastoupení FAs v rýžovém oleji</i> .....	90
<i>Tab. 18. Změny v zastoupení FAs v oleji z ostropestřce mariánského</i> .....	91
<i>Tab. 19. Změny v zastoupení FAs v kokosovém oleji</i> .....	91
<i>Tab. 20. Změny v zastoupení FAs v konopném oleji</i> .....	92



**SEZNAM PŘÍLOH**

- PI Obsah tuku ve vybraných rostlinných olejích
- PII Zastoupení mastných kyselin ve vybraných rostlinných olejích [v %]
- PIII Seznam FAs ve standardu FAME Mixture C4-24 (Restek)
- PIV Stanovení titru KOH
- PV Stanovení titru  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$

## PŘÍLOHA P I: OBSAH TUKU VE VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH OLEJÍCH [3]

Název oleje	Název rostliny	Zpracovávaná část	Obsah tuku v %
<b>kokosový</b>	palma kokosová	semeno (kopra)	63 – 68
<b>palmový</b>	palma olejná	semeno (oplodí)	44 – 53
<b>palmojáderný</b>	palma olejná	semeno (jádro)	50 – 60
<b>olivový</b>	olivník evropský	semeno (oplodí)	35 – 70
<b>olivkový</b>	olivník evropský	semeno (jádro)	30 – 45
<b>mandlový</b>	mandlovník obecný	semeno	45 – 53
<b>lístkový</b>	líška obecná	semeno	50 – 65
<b>avokádový</b>	hruškovec avokádo	semeno	10 – 30
<b>slunečnicový</b>	slunečnice roční	semeno	22 – 36
<b>podzemnicový</b>	podzemnic olejná	semeno	45 – 55
<b>světlicový</b>	světlice barvířská	semeno	25 – 37
<b>sezamový</b>	sezam indický	semeno	44 – 54
<b>bavlníkový</b>	bavlník chlupatý	neloupané semeno	15 – 24
<b>makový</b>	mák setý	semeno	36 – 50
<b>řepkový</b>	řepka olejná	semeno	38 – 45
<b>řepicový</b>	řepice polní	semeno	30 – 40
<b>hořčičný</b>	hořčice bílá, h. černá	semeno	30 – 42
<b>sójový</b>	sója luštinatá	semeno	17 – 22
<b>lněný</b>	len setý	semeno	35 – 45
<b>konopný</b>	konopí seté	semeno	30 – 35
<b>z kukuřičných klíčků</b>	kukuřice obecná	klíček	12 – 20
<b>z pšeničných klíčků</b>	pšenice obecná	klíček	8 – 14
<b>rýžový</b>	rýže setá	otruby	15 – 20

**PŘÍLOHA PII. ZASTOUPENÍ MASTNÝCH KYSELIN VE  
VYBRANÝCH ROSTLINNÝCH OLEJÍCH [V %]**

FAs	Rýžový olej	Olej z dýňo- vých semen [22]	Kokosový olej [7]	Mandlový olej [22]
C6:0	–	–	0,7 – 1,4	–
C8:0	–	–	7 – 9,6	–
C10:0	–	–	6,3 – 6,9	–
C12:0	–	–	42,8 – 46,7	–
C14:0	–	–	16,5 – 18,7	–
C16:0	13 – 22	6 – 13	8 – 10,2	4 – 9
C16:1 (cis-9)	–	–	0,1 – 0,7	0,8
C18:0	1 – 6	5 – 8	1,2 – 5,4	0 – 3
C18:1 (cis-9)	35 – 45	20 – 41	4,9 – 7,4	60 – 80
C18:2 (cis-9,12)	30 – 45	44 – 57	0,7 – 2,6	17 – 30
C18:3 (cis-9,12,15)	1 – 6	2	–	–
C18:3 (cis-6,9,12)	–	–	–	–
C20:0	Max. 3	–	0,9 – 1,1	–
C20:1 (cis-11)	Max. 3	–	–	–
C22:0	–	–	–	–
C22:1 (cis-13)	–	–	–	–
C24:0	–	–	–	–

FAs	Podzemnicový olej [7]	Pšeničný olej klíčkový [22]	Olej z hrozno- vých jader [22]	Řepkový olej (kanola) [7]
C8:0	–	–	–	–
C10:0	–	–	–	–
C12:0	Stopy	–	–	–
C14:0	0 – 0,2	–	–	–
C16:0	8 – 10,4	11 – 21	5 – 11	4,1 – 5,5
C16:1 (cis-9)	–	0,5	–	0,2 – 0,8
C18:0	1,6 – 3,1	0,5 – 4	3 – 6	0,9 – 2,1
C18:1 (cis-9)	39,6 – 56	15 – 26	12 – 28	45,4 – 61
C18:2 (cis-9,12)	25,1 – 36,9	49 – 60	58 – 81	16,2 – 28,2
C18:3 (cis-9,12,15)	–	2 – 10	1	9 – 13
C18:3 (cis-6,9,12)	–	–	–	–
C20:0	0,7 – 2,1	0,2	–	0,2 – 1
C20:1 (cis-11)	0,8 – 1,8	0 – 2	–	0,4 – 1,6
C22:0	–	–	–	–
C22:1 (cis-13)	–	–	–	0,1 – 0,5
C24:0	–	–	–	–

FAs	Světlicový olej [22]	Sezamový olej [22]	Olej z ostro- pestřce mari- ánského [43]
C8:0	–	–	–
C10:0	–	–	–
C12:0	–	–	–
C14:0	–	–	–
C16:0	2 – 10	7 – 12	7 – 8
C16:1 (cis-9)	–	–	–
C18:0	1 – 10	3,5 – 6	–
C18:1 (cis-9)	7 – 42	35 – 50	23 – 29
C18:2 (cis-9,12)	55 – 81	35 – 50	50 – 51
C18:3 (cis-9,12,15)	1	1	–
C18:3 (cis-6,9,12)	–	–	–
C20:0	–	–	–
C20:1 (cis-11)	–	–	–
C22:0	–	–	–
C22:1 (cis-13)	–	–	–
C24:0	–	–	–

FAs	Konopný olej [7]	Slunečnicový olej [7]
C8:0	–	–
C10:0	–	–
C12:0	–	stopy
C14:0	–	stopy
C16:0	5,8 – 9,9	6,2 – 7,3
C16:1 (cis-9)	–	0,1 – 0,4
C18:0	1,7 – 5,6	3,4 – 4,7
C18:1 (cis-9)	6 – 17	20 – 30,8
C18:2 (cis-9,12)	46 – 70	56,6 – 66,3
C18:3 (cis-9,12,15)	14 – 28	0,2 – 1,8
C18:3 (cis-6,9,12)	–	–
C20:0	–	0,3 – 0,8
C20:1 (cis-11)	–	0,1 – 1
C22:0	–	0,5 – 0,8
C22:1 (cis-13)	–	0,5 – 1,1
C24:0	–	–

**PŘÍLOHA P III. SEZNAM FAS VE STANDARDU FAME MIXTURE****C4-C24 (RESTEK)**

Pořadí	FAs	Retenční čas
1.	C4:0	12,463
2.	C6:0	15,939
3.	C8:0	20,868
4.	C10:0	26,081
5.	C11:0	28,536
6.	C12:0	30,863
7.	C13:0	33,047
8.	C14:0	35,122
9.	C14:1 (cis-9)	36,627
10.	C15:0	37,156
11.	C15:1 (cis-10)	38,745
12.	C16:0	39,260
13.	C16:1 (cis-9)	40,655
14.	C17:0	41,449
15.	C17:1 (cis-10)	43,015
16.	C18:0	43,865
17.	C18:1 (trans-9)	44,880
18.	C18:1 (cis-9)	45,415
19.	C18:2 (trans-9,12)	46,636
20.	C18:2 (cis-9,12)	47,972
21.	C20:0	49,708
22.	C18:3 (cis-6,9,12)	50,041
23.	C20:1 (cis-11)	51,417
24.	C18:3 (cis-9,12,15)	51,817
25.	C21:0	53,392
26.	C20:2 (cis-11,14)	55,455
27.	C22:0	57,900
27.	C20:3 (cis-8,11,14)	58,423
29.	C22:1 (cis-13)	60,424
30.	C20:3 (cis-11,14,17)	60,896
31.	C20:4 (cis-5,8,11,14)	60,945
32.	C23:0	63,321
33.	C22:2 (cis-13,16)	66,238
34.	C24:0	66,860
35.	C20:5 (cis-5,8,11,14,17)	68,761
36.	C24:1 (cis-15)	71,046
37.	C22:6 (cis-4,7,10,13,16,19)	75,867

**PŘÍLOHA P IV: STANOVENÍ TITRU KOH**

	Navážka kyseliny šťavelové [g]	V <sub>KOH</sub> [ml]	C <sub>KOH</sub> [mol/l]
1.	0,107	20,6	0,082401
2.	0,127	24,6	0,081901
3.	0,106	20,7	0,081237
		<b>Průměr</b>	<b>0,081846</b>

**PŘÍLOHA P V: STANOVENÍ TITRU  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_7$** 

	$V_{\text{KOH}} \text{ (ml)}$	$C_{\text{KOH}} \text{ [mol/l]}$
1.	10	0,100
2.	10	0,100
3.	10	0,100
	<b>Průměr</b>	<b>0,100</b>