



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

SLEDOVÁNÍ NUTRIČNÍHO PROFILU JEDLÝCH TUKŮ A OLEJŮ PO KULINÁŘSKÝCH ÚPRAVÁCH

MONITORING THE NUTRITIONAL PROFILE OF EDIBLE FATS AND OILS AFTER CULINARY TREATMENTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Markéta Chadimová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Andrea Němcová, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Číslo práce: FCH-DIP1703/2021 Akademický rok: 2021/22
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Bc. Markéta Chadimová**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a biotechnologie
Vedoucí práce: **Ing. Andrea Němcová, Ph.D.**

Název diplomové práce:

Sledování nutričního profilu jedlých tuků a olejů po kulinářských úpravách

Zadání diplomové práce:

V rámci práce budou řešeny následující dílčí úkoly:

- 1) Rešerše na dané téma – přehled různých jedlých olejů a tuků, vliv přítomných mastných kyselin na vlastnosti tuků, lipidy ve výživě člověka, různé kulinářské úpravy pokrmů.
- 2) Výběr vhodných olejů, tuků a kulinářských úprav.
- 3) Analýza a tuková charakteristika vybraných tuků před a po kulinářských úpravách.
- 4) Vyhodnocení výsledků.
- 5) Doporučení využití konkrétních tuků a kulinářských úprav pokrmů s ohledem na možný vliv na zdraví člověka.

Termín odevzdání diplomové práce: 13.5.2022:

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

Bc. Markéta Chadimová
studentka

Ing. Andrea Němcová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2022

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Tato diplomová práce studuje změny nutričního složení (zejména změny tuků) u vybraných tuků a olejů po různých kulinářských úpravách a při jejich skladování za nevhodných podmínek. Tuky a oleje se řadí mezi tzv. triacylglyceroly, tedy jsou složeny z glycerolu a tří mastných kyselin. Právě mastné kyseliny navázané na glycerol určují vlastnosti tuku a jeho stabilitu. K analýze bylo využito osm druhů tuků a olejů (slunečnicový olej, řepkový olej, olivový olej, kokosový olej, lněný olej, máslo, ghí a sádlo). Vzorek lněného oleje byl po dobu 3 měsíců uchováván v nepříznivých podmínkách pro jeho skladování, tedy na světle a v teple. Ostatní tuky a oleje byly využity na smažení, pečení, dušení, grilování a fritování masa a cibule. Cílem této práce bylo porovnat změny složení mastných kyselin a jejich vliv na oxidační stabilitu, změny tukových čísel a porovnat množství vitamínu E obsaženého v jednotlivých olejích před a po úpravách.

Z výsledků analýzy bylo zjištěno, že u vzorků tuků nedošlo po kulinářských úpravách ani po nevhodném skladování k výrazným změnám tukových čísel, mastných kyselin ani vitamínu E. Z toho usuzují, že tuky a oleje byly vystaveny vysokým teplotám a nevhodným podmínkám krátkou dobu. Největší rozdíl ve složení mastných kyselin byl naměřen u slunečnicového oleje, kdy bylo po úpravě naměřeno vyšší množství trans mastných kyselin a celkově bylo naměřeno nižší zastoupení PUFA než před úpravou. Jelikož má slunečnicový olej vysoký obsah polynenasycených MK a nízký bod zakouření, byl tento výsledek předpokládán. Nejvyšší koncentrace vitamínu E byla zjištěna v řepkovém oleji.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tuky, oleje, tuková čísla, mastné kyseliny, vitamín E, plynová chromatografie, kapalinová chromatografie

ABSTRACT

This diploma thesis studies changes in the nutritional composition (especially fat changes) of selected fats and oils after various culinary treatments and during their storage under unsuitable conditions. Fats and oils are classified as so-called triacylglycerols, ie they are composed of glycerol and three fatty acids. It is the fatty acids bound to glycerol that determine the properties of fat and its stability. Eight types of fats and oils (sunflower oil, rapeseed oil, olive oil, coconut oil, linseed oil, butter, ghee and lard) were used for the analysis. The flaxseed oil sample was stored for 3 months in unfavorable storage conditions, ie in the light and in the heat. Other fats and oils were used for frying, baking, stewing, grilling and frying meat and onions. The aim of the work was to compare changes of fatty acids, changes of fat numbers and compare the amount of vitamin E contained in individual oils before and after culinary treatments.

The results of the analysis showed that fat samples did not show significant changes in fat numbers, fatty acids or vitamin E after culinary treatments or improper storage. From this I conclude that fats and oils have been exposed to high temperatures and unsuitable conditions for a short time. The largest difference in the composition of fatty acids was measured for sunflower oil, where a higher amount of trans fatty acids was measured after treatment and overall a lower proportion of PUFA was measured than before treatment. As sunflower oil has a high content of polyunsaturated MK and a low smoke point, this result was expected. The highest concentration of vitamin E was found in rapeseed oil.

KEYWORDS

Lipids, oils, lipid values, fatty acids, tocopherol, gas chromatography, liquid chromatography

CHADIMOVÁ, Markéta. Sledování nutričního profilu jedlých tuků a olejů po kulinářských úpravách. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139095>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Andrea Němcová.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí své diplomové práce Ing. Andree Němcové, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady, informace, ochotu a trpělivost při zpracování této práce. Velký dík patří také mé rodině za psychickou a finanční podporu během celého studia.

OBSAH:

1	ÚVOD	9
2	TEORETICKÁ ČÁST	10
2.1	Tuky a oleje	10
2.1.1	Složení a vlastnosti	10
2.1.2	Mastné kyseliny	11
2.1.2.1	Nasycené, nenasycené	11
2.1.2.2	Esenciální (polynenasycené)	11
2.1.2.3	Trans mastné kyseliny	12
2.2	Lipidy ve výživě člověka	13
2.3	Vitamín E jako součást tuků a olejů	14
2.4	Vybrané tuky a oleje	15
2.4.1	Sádlo	16
2.4.2	Máslo	16
2.4.3	Ghí (přepuštěné máslo)	17
2.4.4	Kokosový olej	17
2.4.5	Slunečnicový olej	18
2.4.6	Řepkový olej	18
2.4.7	Olivový olej	18
2.4.8	Lněný olej	19
2.5	Tepelná úprava potravin	19
2.5.1	Smažení	20
2.5.2	Pečení	21
2.5.3	Fritování	21
2.5.4	Grilování	21
2.5.5	Dušení	22
2.6	Reakce a procesy probíhající během přípravy pokrmů	22
2.6.1	Hydrolytické procesy	22
2.6.2	Oxidační procesy	22
2.6.3	Polymerační procesy	22
2.6.4	Pyrolytické procesy	23
2.7	Žluknutí tuků	23
2.8	Nežádoucí sloučeniny vznikající při tepelné úpravě potravin	23

2.8.1	Polycyklické aromatické uhlovodíky PAU	23
2.8.2	Heterocyklické aminy	24
2.8.3	Akrolein.....	24
2.9	Charakterizace tuků a olejů	24
2.9.1	Stanovení tukových čísel.....	24
2.9.1.1	Číslo kyselosti (Accid value)	24
2.9.1.2	Číslo zmýdelnění (Saponification value).....	25
2.9.1.3	Esterové číslo (Ester value)	25
2.9.1.4	Jodové číslo (Iodine value)	25
2.9.1.5	Peroxidové číslo (Peroxide value)	25
2.9.2	Stanovení mastných kyselin pomocí GC	25
2.9.3	Stanovení vitamínu E pomocí HPLC	26
3	CÍLE PRÁCE	27
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	28
4.1	Použité tuky	28
4.2	Přístroje, pomůcky, chemikálie	32
4.2.1	Použité chemikálie:	32
4.2.2	Přístroje a pomůcky:.....	32
4.3	Metodické postupy	33
4.3.1	Příprava vzorků	33
4.3.2	Stanovení tukových čísel.....	34
4.3.2.1	Číslo zmýdelnění	34
4.3.2.2	Číslo kyselosti.....	35
4.3.2.3	Esterové číslo	35
4.3.2.4	Jodové číslo podle Hanuše.....	35
4.3.3	Analýza mastných kyselin plynovou chromatografií	35
4.3.3.1	Příprava transesterifikační směsi	35
4.3.3.2	Příprava tukového extraktu na transesterifikaci.....	35
4.3.3.3	Přímá transesterifikace	36
4.3.3.4	Stanovení profilu mastných kyselin.....	36
4.3.4	Analýza vitamínu E pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie.....	36
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	38

5.1	Číslo zmýdelnění	38
5.2	Číslo kyselosti.....	43
5.3	Esterové číslo.....	49
5.4	Jodové číslo podle Hanuše	50
5.5	Analýza mastných kyselin pomocí plynové chromatografie.....	55
5.6	Stanovení vitamínu E pomocí kapalinové chromatografie.....	63
6	ZÁVĚR	65
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	67
8	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
9	PŘÍLOHY	73

1 ÚVOD

Lipidy jsou jednou ze tří základních složek potravy. Naše tělo potřebuje dostatek tuků a olejů, jelikož mají v organismu spoustu důležitých funkcí. Je ovšem potřeba hlídat jaké tuky a v jakém množství potravinami přijímáme. Tuky jsou estery glycerolu a vyšších mastných kyselin, které mají v různých tucích různé zastoupení. Existují tzv. polynenasycené esenciální mastné kyseliny, které si naše tělo nedokáže syntetizovat a je potřeba je v dostatečném množství přijímat potravou. Nejdůležitějším zástupcem omega-3 mastných kyselin je kyselina linolenová, mezi omega-6 řadíme kyselinu linolovou a kyselina olejová patří do omega-9 mastných kyselin. V dnešní době je hojně konzumovaný slunečnicový olej, který obsahuje převážně omega-6 mastné kyseliny. Ty by měli být přijímány v nejvyšším poměru 5:1 k příjmu omega-3 mastných kyselin. Vysoký příjem omega-6 mastných kyselin může mít za následek spoustu zdravotních obtíží, proto by měly být ve stravě omezovány.

Při kulinářských úpravách je důležitý správný výběr tuku nebo oleje, a to z důvodu teploty. Při každé kulinářské úpravě je tuk zahřát na jinak vysokou teplotu a zároveň u každého tuku je stanovený jiný tzv. kouřový bod (bod přepalování). Je to bod, který říká, při jaké teplotě tuk začíná kouřit, respektive udává maximální teplotu, při které je tuk ještě schopen udržet stálost násobných vazeb. Dojde-li ke ztrátě stability vazeb, dojde k pyrolýze tuku, tedy rozkladu na glycerol a volné mastné kyseliny, které se dalšími reakcemi mohou přeměnit na látky škodlivé lidskému zdraví, například akrolein, nebo na látky s nelibou chutí, aldehydy. Taktéž mohou vznikat radikály, které ničí molekuly nukleových kyselin, proteinů, sacharidů a lipidů, což může vést k různým onemocněním.

Tato diplomová práce zkoumá vliv jednotlivých kulinářských úprav na složení tuků a olejů. Je zjišťováno, jak se změni působením teploty při kulinářských úpravách a nevhodným skladováním olejů složení mastných kyselin, jednotlivá tuková čísla, charakterizující chemické vlastnosti, a obsah nežádoucích látek. Zároveň je také sledována změna množství vitamínu E přítomného v tucích a olejích po kulinářských úpravách.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Tuky a oleje

Jsou to přírodní, velice důležité nízkomolekulární látky. Mají hydrofobní charakter a je možné je rozpustit pouze v nepolárních rozpouštědlech [1] [2].

Tuky vyskytující se v pevném stavu jsou živočišného původu, oleje se vyskytují v kapalném stavu a jsou vyrobeny z rostlinných materiálů. Mezi nejznámější zástupce tuků řadíme sádlo, máslo a lůj, známými zástupci olejů jsou řepkový olej, slunečnicový olej, olivový olej a palmový olej. Existují také ztužené tuky, popřípadě částečně ztužené tuky, které vznikají hydrogenací tzn. nasycením nenasyčených mastných kyselin vodíkem. Při této reakci je zapotřebí použití kovového katalyzátoru, zvýšené teploty a tlaku [1] [2] [3].

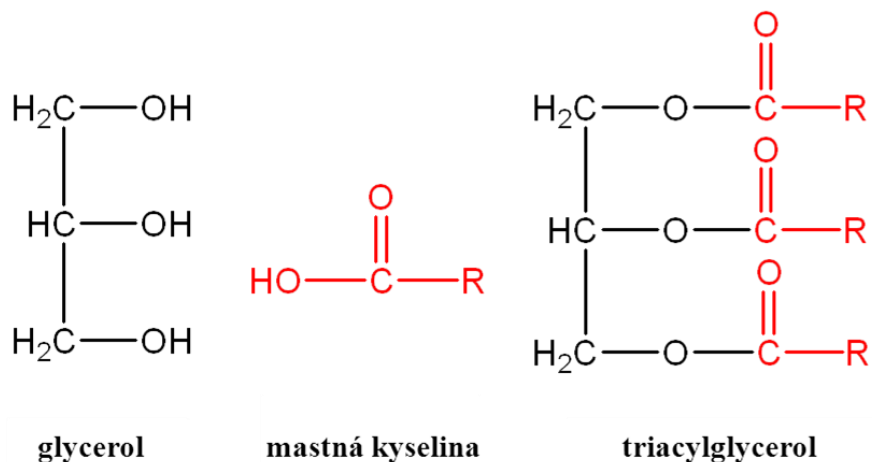
Důležité vlastnosti tuků a olejů:

- Fungují jako vydatný zdroj a zásobárna energie
- Jsou nositeli chuti
- Brání úniku tepla, pomáhají udržovat tělesnou teplotu, která je důležitá pro činnost orgánů
- Chrání před dehydratací a vysoušením
- Chrání vnitřní orgány před nárazy
- Jsou důležité pro správné fungování imunitního systému
- Hrají významnou roli při regulaci zánětlivých procesů
- Pomáhají vstřebávání živin, například vitamínů
- Tvoří základ pro tvorbu některých hormonů
- Jsou základní stavební složkou buněk
- Fungují jako zdroj esenciálních mastných kyselin
- Jsou důležitou složkou membrán a mozkové tkáně
- Pomáhají při pohybu potravy v trávicím traktu [4] [5] [6] [7].

2.1.1 Složení a vlastnosti

Tuky a oleje patří mezi jednoduché lipidy, tzv. triacylglyceroly, které jsou složeny z glycerolu a tří zbytků mastných kyselin. Strukturu triacylglycerolu můžeme vidět na Obrázku 1. Mastné kyseliny jsou na glycerol napojeny esterovou vazbou. Vlastnosti acylglycerolů závisí na typu navázaných mastných kyselin a jejich pozici, respektive na počtu dvojných vazeb v mastné kyselině (MK). S tím souvisí důležitá chemická vlastnost, a to náchylnost k oxidacím. Čím více dvojných vazeb kyselina obsahuje, tím je méně tepelně stabilní a více náchylná k oxidaci. Nejdůležitější fyzikální vlastností je bod tání a s tím související krystalické uspořádání. To má vliv například na roztíratelnost a plasticitu tuků, které jsou důležité při technologických procesech. Čím delší je uhlíkatý řetězec MK, tím je bod tání vyšší. Taktéž nasycené MK mají vyšší bod tání než nenasyčené, trans MK mají vyšší bod tání než v uspořádání cis a zároveň čím více dvojných vazeb je v molekule, tím bod tání klesá. Tuhé tuky obsahují převážně

nasycené mastné kyseliny (výjimkou je rybí tuk), naopak kapalné oleje jsou tvořeny nenasycenými mastnými kyselinami (v tomto případě je výjimkou kakaové máslo) [2] [7] [8] [9].



Obrázek 1: Struktura triacylglycerolu [10].

2.1.2 Mastné kyseliny

2.1.2.1 Nasycené, nenasycené

Mastné kyseliny můžeme podle toho, jak jsou uspořádány jejich uhlíkaté řetězce, rozdělit na skupiny, a to nasycené SFA, mononenasycené MUFA a polynenasycené PUFA. Nejznámějším příkladem nasycených mastných kyselin je kyselina stearová, palmitová a máselná. Mezi mononenasycené řadíme například kyselinu olejovou a palmitoolejovou a mezi polynenasycené patří zejména kyselina linolová a linolenová. U nasycených mastných kyselin drží uhlíkatý řetězec pevněji, neobsahuje dvojné vazby, a proto jsou tuky s převažujícím množstvím nasycených mastných kyselin při vyšších teplotách stabilní, neoxidují a netvoří volné radikály. Nasycené tuky podporují imunitu, tvoří hormony, potlačují záněty a jsou vynikajícím zdrojem energie. Nejvíce jsou obsaženy v mase, tučných mléčných výrobcích, vepřovém sádle, másle, přepuštěném másle, kakaovém másle, kokosovém a palmovém oleji a dalších. Nenasycené řetězce obsahují dvojné vazby a jsou tedy jednodušší štěpeny při trávení a snižují hladinu cholesterolu. Na druhou stranu je zde jednodušší možnost tvorby radikálů, oxidace a žluknutí. Seznam nejčastěji se vyskytujících MK v tucích a olejích můžeme vidět v Tabulce 1 [4] [5] [6] [11].

2.1.2.2 Esenciální (polynenasycené)

Mastné kyseliny můžeme rozdělit na esenciální a neesenciální, podle toho, zda si je naše tělo dokáže syntetizovat nebo ne. Esenciální mastné kyseliny jsou kyseliny, které obsahují více než jednu dvojnou vazbu a které si naše tělo neumí vytvořit a musí být tedy dodávány potravou. Nejdůležitějšími mastnými kyselinami jsou dva druhy esenciálních mastných kyselin, a to omega-3 a omega-6. Z těchto kyselin pocházejí tzv. prostaglandiny, což jsou malé bílkovinné látky podílející se na regulaci metabolismu. Nejvíce zastoupená omega-3 mastná kyselina je

alfa-linolenová kyselina, která je schopná se asi z 5–10 % přeměnit na aktivní protizánětlivé kyseliny a to dokosaheptaenovou (DHE) a eikosapentaenovou (EPA). Jelikož se přeměňuje pouze malé množství, je potřeba tyto kyseliny tělu dodávat i z jiných zdrojů. Jsou důležité pro správnou funkci imunitního systému a mozku, snižují krevní tlak, snižují riziko srdečních a cévních nemocí, srážlivost krve, hladinu inzulinu, podporují spalování zásobního tuku a mají protizánětlivé a protirakovinné účinky. Najdeme je například v tučných rybách, oříšcích, semínkách, avokádu, cizrně a ve vybrané zelenině [4] [5] [6] [9].

Další důležitou esenciální kyselinou je kyselina linolová a gama-linolenová, které označujeme jako omega-6 mastné kyseliny. Ty se vyskytují v mase a rostlinných olejích. Je důležité omega-6 a omega-3 mastné kyseliny konzumovat v ideálním poměru 3:1 maximálně 5:1. V současnosti jsou v naší stravě mnohem více zastoupeny omega-6 mastné kyseliny, což může vést k chronickým zánětům v těle, alergickým reakcím a dalším autonomním onemocněním, zvýšení srážlivosti krve, zvýšení rizika srdečních a cévních nemocí, výskytu rakoviny, Alzheimerovy choroby, mozkové mrtvice, oslabení imunity, zvýšení hladiny inzulinu a také blokování projevů zdraví prospěšné omega-3. Kyselina gama-linolenová sice chemicky spadá pod omega-6 MK, ale má pozitivní účinky na organismus jako omega-3 MK. Podporuje funkce nervové tkáně, růst vlasů, regeneraci pokožky, udržuje pevné kosti, integritu kůže, reguluje metabolismus a zajišťuje správnou funkci pohlavních orgánů a plodnost. Jelikož omega-6 mastné kyseliny ve velkém množství obsahuje slunečnicový a řepkový olej, což jsou v dnešní době nejpoužívanější oleje, je omezení omega-6 ve stravě obtížné [4] [5] [6] [9].

2.1.2.3 Trans mastné kyseliny

U polynenasycených mastných kyselin rozlišujeme dvojí uspořádání uhlíkového řetězce, a to cis a trans, které ovlivňuje vlastnosti mastných kyselin. Trans MK se přirozeně vyskytují v přední části žaludku přežvýkavců, proto se jejich malé množství přirozeně objevuje v mléčných výrobcích. Uměle a ve větším množství vznikají tyto mastné kyseliny v procesu ztužování tekutých rostlinných olejů, při tzv. hydrogenaci. Dříve se nejčastěji vyskytovaly v margarínech, pomazánkách, smažených jídlech, pokrmech z fast foodů, brambůrcích, pečivu, sladkostech, mražených výrobcích a dalších potravinách. V současné době se vyskytují méně, protože se z velké části využívá totální katalytické hydrogenace, při které vzniká pouze reziduální množství trans kyselin [3] [5] [6] [7].

Trans mastné kyseliny mohou způsobovat různé zdravotní problémy. Zvyšují hladinu cholesterolu v krvi, což může zvyšovat riziko srdečních a cévních nemocí, zvyšují riziko zánětů, narušují metabolismus esenciálních mastných kyselin, přispívají k výskytu diabetu, mohou zvyšovat riziko výskytu některých druhů rakovin a jsou obtížněji stravitelné pravděpodobně z důvodu, že lipázy jsou schopny hydrolyzovat mastné kyseliny pouze v cis konformaci [3] [5].

Tabulka 1: Nejběžněji se vyskytující mastné kyseliny [12].

Strukturní vzorec	Systematický název	Triviální název	Zkratka	n-/ ω-
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$	Dodekanová	Laurová	C12:0	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$	Tetradekanová	Myristová	C14:0	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	Hexadekanová	Palmitová	C16:0	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	<i>cis</i> -9-Hexadecenová	Palmitolejová	C16:1 $_{\Delta 9\text{e}}$	7
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	Oktadekanová	Stearová	C18:0	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	Oktadec-9-enová	Olejová	C18:1 $_{\Delta 9\text{e}}$	9
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$		Cis-vakcenová	C18:1 $_{\Delta 11\text{e}}$	7
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_9\text{COOH}$		vakcenová	C18:1 $_{\Delta 11\text{t}}$	7
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_2(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$		Linolová	C18:2 $_{\Delta 9\text{e},12\text{e}}$	6
$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	all- <i>cis</i> -9,12,15-okta-dekatrienová	α -Linolenová	C18:3 $_{\Delta 9\text{e},12\text{e},15\text{e}}$	3
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	all- <i>cis</i> -6,9,12-okta-dekatrienová	γ -Linolenová	C18:3 $_{\Delta 6\text{e},9\text{e},12\text{e}}$	6
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$	eikosanová	arachidová	C20:0	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_4(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	all- <i>cis</i> -5,8,11,14-eikosatetraenová	arachidonová	C20:4 $_{\Delta 5\text{e},8\text{e},11\text{e},14\text{e}}$	6
$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_5(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$	all- <i>cis</i> -5,8,11,14,17-eikosapentaenová	EPA	C20:5 $_{\Delta 5\text{e},8\text{e},11\text{e},14\text{e},17\text{e}}$	3
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COOH}$	dokosanová	behenová	C22:0	
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$	<i>cis</i> -dokos-13-enová	eruková	C22:1 $_{\Delta 13\text{e}}$	9
$\text{CH}_3(\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH})_6(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	all- <i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-dokosahexaenová	DHA	C22:6 $_{\Delta 4\text{e},7\text{e},10\text{e},13\text{e},16\text{e},19\text{e}}$	3

2.2 Lipidy ve výživě člověka

Lipidy spolu s bílkovinami a sacharidy patří mezi hlavní živiny člověka. Hrají výraznou roli ve výživě a je potřeba hlídat jejich přijaté množství. Nadbytek přijímaných tuků může být důvodem různých zdravotních problémů jako jsou například srdečně cévní onemocnění, nádorová onemocnění (například prsu, tlustého střeva) nebo onemocnění žlučníku a střev. Naopak úplné vynechání tuků z potravy není pro organismus dobré, jelikož mají spoustu pozitivních přínosů, jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1. Minimálně jsou důležité pro vstřebávání v tuku rozpustných vitamínů a sterolů [13].

Aby byly zajištěny všechny fyziologické funkce v organismu musí člověk v závislosti na tělesné konstituci přijmout denně takové množství tuků, které odpovídá přibližně 25-30 % celkového denního energetického příjmu. Na 70 kg člověka se odhaduje minimálně 45 g tuků denně. V současné době je konzumace tuků vyšší a problémem je také příjem nesprávného poměru nasycených a nenasycených mastných kyselin. Přijaté tuky by měly obsahovat alespoň z 50 % nenasycené MK. Nejvhodnějšími potravinami, které zajistí dostatečný příjem

potřebných tuků, jsou například vejce, luštěniny, ryby, rostlinné oleje a obiloviny. Doporučený denní příjem jednotlivých druhů MK můžeme vidět v Tabulce 2 [14] [15].

Denní příjem tuků je individuální a měl by se odrážet na fyzické zátěži daného člověka, tzn. měl by být brán ohled na intenzitu oxidačních pochodů v těle. Při vysoké fyzické aktivitě a také ve studeném prostředí dochází k vysoké oxidaci, při mírné fyzické aktivitě a v horkém ovzduší je tomu naopak. S příjmem tuků je také spojena dodávka důležitého vitamínu E. viz kapitola 2.3[14] [15].

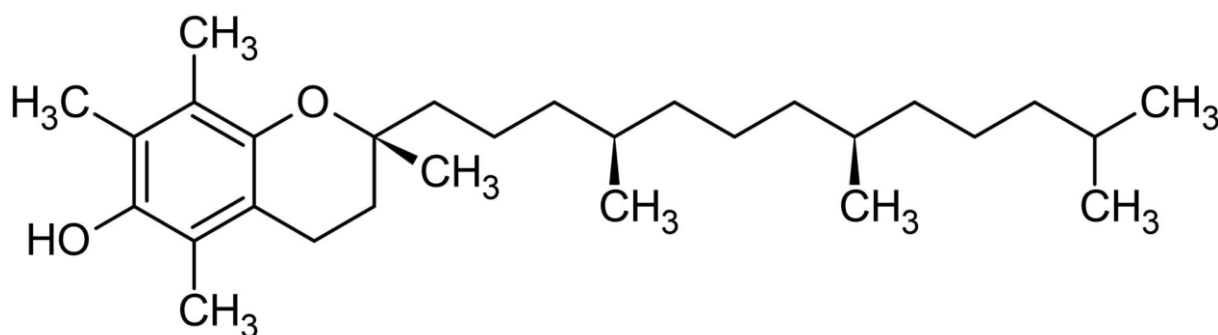
Tabulka 2: Doporučený denní příjem jednotlivých skupin MK [7].

Živina	Tolerovaný/doporučený příjem
nasycené mastné kyseliny	méně než 10 % z celkového doporučeného příjmu energie
mononenasycené mastné kyseliny	7–12 % z celkového doporučeného příjmu
omega 3 polynenasycené mastné kyseliny	0,5–2 % z celkového doporučeného příjmu energie
omega 3 polynenasycené mastné kyseliny (EPA+DHA)	250 mg–2 g
omega 6 polynenasycené mastné kyseliny	2,5–9 % z celkového doporučeného příjmu energie
transmastné kyseliny	méně než 1 % z celkového doporučeného příjmu energie

2.3 Vitamín E jako součást tuků a olejů

Vitamíny jsou nízkomolekulární organické sloučeniny, syntetizované převážně autotrofními organismy. Heterotrofní organismy tyto látky musí získávat potravou (exogenně). Jsou to katalyzátory biochemických reakcí a hrají důležitou roli v metabolismu člověka [16].

Vitamín E (tokoferol) se řadí mezi vitamíny rozpustné v tucích. Vyskytuje se v několika formách, kdy jeho nejaktivnější forma, která splňuje požadavky lidského organismu, je α -tokoferol. Jak už bylo zmíněno v předchozím odstavci, vitamín E si člověk neumí syntetizovat, je esenciální, a musí být přijímán potravou. Nejvíce je tento vitamín obsažen v rostlinných tucích a olejích, které nejsou výrazně upravovány. Při úpravách jako je rafinace, odkyselování, bělení a deodorace, dochází ke ztrátám vitamínu. Strukturu tohoto vitamínu můžeme vidět na Obrázku 2 [16].



Obrázek 2: Struktura vitamínu E [16].

Hlavní funkcí vitamínu E v organismu jsou jeho antioxidační schopnosti. Je to nejdůležitější antioxidant obsažený v lipidových membránách buněk. Zpomaluje proces stárnutí organismu a využívá se v prevenci vzniku kardiovaskulárních chorob a rakoviny. Je obsažen ve většině tuků a olejů. Při úpravách tuků za zvýšené teploty mohou vznikat volné radikály, které je vitamín E schopný vychytat a zabránit tak nežádoucím řetězovým reakcím, při kterých by mohly vznikat škodlivé látky. Taktéž zabraňuje vzniku škodlivých lipoperoxidů, které vznikají při žluknutí tuku z polynenasycených mastných kyselin, působí proti vzniku aterosklerózy a tvorbě trombů. Doporučená denní dávka pro člověka je 10 mg [14] [15] [17] [18].

2.4 Vybrané tuky a oleje

Tuky a oleje můžeme rozdělit na zdravé a nezdravé. Mezi ty nezdravé patří částečně ztužené tuky a rafinované oleje. Rafinované oleje se získávají pomocí rozpouštědla, například hexanu, aby došlo k uvolnění oleje, následně dojde k odpaření rozpouštědla, odkyselení, bělení a filtraci. Rafinované oleje mají nízkou výživovou hodnotu, zároveň ale mají vysoký kouřový bod a dlouhou trvanlivost. Nerafinované oleje jsou oleje lisované za studena, mají zachovány všechny živiny, chuť a vůni, mají nízké body přepálení, a proto se využívají hlavně ve studené kuchyni. Na tepelnou úpravu je potom nejlepší přepuštěné máslo nebo sádlo, které je možné použít i za vyšších teplot a zároveň mají výživovou hodnotu a plnou chuť [6] [19].

Kouřový bod nám říká, při jaké teplotě začíná tuk kouřit, respektive při jaké teplotě je ještě tuk schopen udržet stabilitu vazeb. Při ztrátě stability vznikají volné radikály, které spouští celou řadu oxidačních procesů. Nejhorší volné radikály jsou schopné ničit molekuly nukleových kyselin, proteinů, sacharidů a lipidů, což může vést k celé řadě onemocnění. Po překročení kouřového bodu je tuk nebo olej přepálený, dochází k pyrolýze, tedy k rozkladu a vzniku volných mastných kyselin, akroleinu, peroxidů, aldehydů a ketonů, tzn. látek zapáchajících a s nelibou chutí. V Tabulce 3 můžeme vidět kouřové body pro vybrané druhy tuků a olejů, Tabulka 4 nám ukazuje procentuální zastoupení SFA, MUFA a PUFA jednotlivých olejů a tuků [5] [6] [9].

Zpracování oleje ovlivňuje dobu trvanlivosti, kvalitu a obsah prospěšných látek. Důležité je i skladování olejů. Některé oleje je nutné uchovávat v tmavých skleněných nebo porcelánových lahvích, jelikož jsou citlivé na světlo a mohlo by docházet k oxidaci. Oleje skladované v plastových nádobách mohou z plastu vstřebávat různé toxické látky. Je vhodné oleje skladovat také na chladném a suchém místě jinak olej může žluknout, ztrácet živiny a nepříjemně zapáchat [6] [19].

Tabulka 3: Kouřové body pro vybrané tuky a oleje [19].

Tuk	Kouřový bod [°C]
Sádlo	188
Máslo	149
Ghí	252
Kokosový olej	180
Slunečnicový olej	110
Řepkový olej	240
Extra panenský olivový olej	190
Lněný olej	107

Tabulka 4: Procentuální zastoupení mastných kyselin nejběžnějších tuků z celkového množství mastných kyselin [20].

	SFA [%]	MUFA [%]	PUFA [%]
Sádlo	25–70	37–68	4–18
Máslo	53–72	26–42	2–6
Kokosový olej	88–94	5–9	1–2
Slunečnicový olej	9–17	13–41	42–74
Řepkový olej	5–10	52–76	22–44
Extra panenský olivový olej	8–26	54–87	4–22

2.4.1 Sádlo

Je základním představitelem živočišných tuků. Má bílou až nažloutlou barvu a je tuhé, mazlavé. Je potřeba ho uchovávat v lednici, kde vydrží i týdny. Obsahuje 90 až 92 % tuku, ale narozdíl od másla neobsahuje nebo obsahuje v minimálním množství bílkoviny, které se připalují. Obsahuje vitamíny A, C, E a minerální látky železo, draslík, vápník, zinek, sodík, mangan, kobalt, jód, fosfor, měď a hořčík. Díky přítomnosti převážně nasycených (40 %) a mononenasycených (45 %) mastných kyselin je odolné vůči vysokým teplotám. Skvěle se proto hodí na pečení a smažení, jelikož je malá pravděpodobnost vzniku škodlivých a karcinogenních sloučenin [4] [6] [8] [21].

2.4.2 Máslo

Mléčný výrobek získaný stloukáním nebo odstředováním mléka. Obsahuje mléčný tuk, který je ve formě emulze vody a tuku. Obsah mléčného tuku musí být nejméně 80 % a nejvíce 90 %, obsah vody nesmí překročit 16 %. Máslo je významnou složkou potravy. Obsahuje tělu prospěšné vitamíny A, D, E, K, karotenoidy a vitamíny. Existují dva druhy másla, které se liší složením triacylglycerolů a tím i konzistencí. Na tyto rozdíly má vliv způsob chovu, klima a strava dojníc. Rozlišuje se zimní máslo, které je tvrdší, hůře roztíratelné, protože obsahuje vyšší podíl nasycené kyseliny palmitové oproti nenasycené kyselině olejové. Druhým typem je letní máslo, které díky vyššímu obsahu nenasycených mastných kyselin vykazuje měkčí konzistenci. Uchováváme ho v lednici, kde je schopné vydržet i týdny [6] [8] [9].

2.4.3 Ghí (přepuštěné máslo)

Čistý bezvodý máselný tuk obsahující minimální množství vody, bílkovin a polárních látek, které se jinak přepalují. Ghí nežlukne a je vhodné ho používat místo olejů. Je to tuk s delší trvanlivostí než máslo a vysokým bodem přepalování, díky tomu se při smažení nepřipaluje. Lze ho skladovat mimo lednici i několik let. Složení živin je stejné jako u másla. Obsahuje beta karoteny, vitamíny A, D, E, K, omega mastné kyseliny a minerály jako například sodík, draslík, vápník, fosfor, hořčík a železo [4] [5] [6] [8] [22].

Ghí máslo se běžně připravuje i doma. Máslo se nechá v hrnci rozpustit, následně se přivede k varu, aby lehce probublávalo. Po určité době se začne tvořit pěna, na dně hrnce se sráží bílkoviny, ustává pukavý zvuk a je cítit vůně popcornu. Z povrchu je odebrána pěna a usazené bílkoviny se přecedí přes plátýnko. Následně se nechá částečně zchladnout a přecedí se přes cedník s několika vrstvami gázy. Celý proces pro jednu 250 g kostku másla trvá přibližně 20 minut. Ghí se uchovává se v chladu a v uzavřené nádobě [23]. Na Obrázku 3 a Obrázku 4 můžeme vidět stádia přípravy ghí.



Obrázek 3: *Tvorba pěny při přípravě ghí*



Obrázek 4: *Scezování vysrážených bílkovin při přípravě ghí*

2.4.4 Kokosový olej

Kokosový olej je tuhá bílá látka, která má teplotu tání kolem 25 °C. Získává se lisováním jader zralých kokosových ořechů. Obsahuje okolo 90 % nasycených mastných kyselin, proto je nejvhodnějším tukem na tepelnou úpravu, je stabilní a snadno se uchovává, aniž by žluknul. Má ovšem všestranné využití. Lze ho používat v kosmetice, při péči o vlasy, pokožku, pomáhá při boji se zubním kazem a je vhodný v kuchyni, jelikož má lahodnou chuť a vůni. Hojí rány a jizvy, preventivně působí na zdraví kůže, působí proti infekcím a podporuje látkovou výměnu. Je také největším přírodním zdrojem kyseliny laurové, která se řadí mezi tzv. MCT tuky, tuky se středně dlouhým řetězcem. Tyto tuky se snadno vstřebávají, a proto mohou navozovat pocit

sylosti a pomáhat tak při redukci hmotnosti. Aby kokosový olej obsahoval vitamíny A, C, E je potřeba vybírat olej panenský, za studena lisovaný a balený ve skle. Ten pak dále obsahuje i spoustu minerálních látek jako například vápník, mangan, sodík, hořčík, fosfor, draslík, železo, měď [4] [6] [24].

2.4.5 Slunečnicový olej

Olej s vysokým obsahem kyseliny linolové, omega-6 mastné kyseliny (více jak 60 %). Dále obsahuje přibližně 20 % MUFA a kolem 10 % SFA. Jak bylo uvedeno dříve omega-6 mastné kyseliny je v dnešní době ve stravě potřeba omezit, proto se slunečnicový olej nedoporučuje konzumovat ve velkém množství, ideálně střídat tento olej s dalšími oleji. Obsahuje také lecitin, karotenoidy, vosky, vitamín A, C, E, K a minerální látky jako třeba fosfor, měď, vápník, hořčík, mangan, železo, sodík. Velice příznivě působí na aktivitu našeho mozku, působí na zdraví kůže, sliznice a nervové soustavy. Lecitin chrání játra a pomáhá s detoxikací. Díky nižšímu bodu zakouření je dobré využívat ho spíše ve studené kuchyni a při tepelných úpravách nedosahujících příliš vysokých teplot. Na trhu jsou dostupné i slunečnicové oleje s vysokým podílem mononenasycené kyseliny olejové, které je pak možné využít na smažení a fritování [7] [25] [26] [27].

2.4.6 Řepkový olej

Typická olejovina pro střední pásmo. Obsahuje převážně mononenasycené mastné kyseliny, a to hlavně kyselinu olejovou v přibližném množství 60 %. V tomto oleji nalezneme také omega-6 a omega-3 mastné kyseliny. Je to zároveň olej bohatý na vitamíny A, D, E, K, C a minerální látky (fosfor, měď, hořčík). Díky vysokému množství nenasycených mastných kyselin působí příznivě na náš srdeční a cévní systém a obranyschopnost organismu. Z hlediska celkového složení mastných kyselin je řepkový olej považován odborníky na výživu za jeden z nejlepších komerčně dostupných olejů. Dříve obsahoval řepkový olej vysoké množství mononenasycené erukové kyseliny, která měla nepříznivý vliv na lidské zdraví. Byly proto vyšlechtěny nové odrůdy, které tuto kyselinu obsahují minimálně. V současné době je také snaha o vyšlechtění řepky s nižším obsahem omega-3 alfa-linolenové kyseliny, což by mělo za následek vyšší stabilitu oleje. Na druhou stranu by došlo ke ztrátě tělu prospěšných omega-3 mastných kyselin. Je vhodné ho používat jak pro studenou kuchyni, ale lze ho využívat i na tepelnou úpravu pokrmů [6] [7] [26] [27] [28] [29] [30] [31].

2.4.7 Olivový olej

Extra panenský olivový olej je olej lisovaný z celých oliv za studena, s vysokým obsahem mononenasycených mastných kyselin (až 70 %), vitamínů A, D, E, K a antioxidantů, které mohou chránit tělo před poškozením buněk. To, že je lisovaný za studena znamená, že byl lisován pouze mechanickými či jinými fyzikálními postupy jako je například praní, odstřeďování nebo dekantace. Semena ani plody nejsou během procesu vystaveny vyšší teplotě. Nevýhodou tohoto způsobu přípravy je nižší výtěžnost a tím pádem vyšší cena oleje a zároveň pokud semena obsahovala například zbytky pesticidů, pak i tyto látky se dostanou do oleje

a není možnost je v procesu odstranit. Taktéž olivový olej obsahuje polyfenoly, které přispívají k vyšší oxidační stabilitě. Olej má spoustu blahodárných účinků. Podporuje absorpci vápníku, trávení, zpomaluje stárnutí, dodává živiny pleti a vlasům. Využívá se v kosmetice, při výrobě mýdla a léků, k masáží a v kuchyni. Ideální je konzumovat ho za studena, jelikož při dlouhodobém zahřívání dochází ke ztrátě příznivých látek pro tělo, což je vzhledem k vysoké ceně těchto olejů škoda. Přesto lze olivový olej používat i v teplé kuchyni, na krátkodobé restování z důvodu obsahu velkého množství mononenasycených MK. Extra panenské oleje obsahují více antioxidantů, jelikož technologický postup jejich přípravy je jednodušší. Lze ho skladovat i při pokojové teplotě [4] [6] [7] [32] [33].

2.4.8 Lněný olej

Olej získávaný ze semen lnu setého, který má žlutou až mírně zlatavou barvu. Je citlivý na světlo a vyšší teplotu, proto se uchovává v tmavých lahvích a v lednici. Obsahuje vysoký podíl nenasycených mastných kyselin, zejména kyseliny linolenové (až 53 %). Tyto nenasycené mastné kyseliny snadno podléhají oxidaci, proto je skladování tohoto oleje ve správných podmínkách velice důležité. Z důvodu vysokého množství nenasycených MK je to tedy dobrý zdroj omega-3 MK. Z mononenasycených mastných kyselin má největší zastoupení kyselina olejová. Množství mastných kyselin je ovlivněno mnoha faktory jako je například původ a podmínky pěstování. Díky přítomnosti nasycených mastných kyselin a tím pádem vysoké nutriční hodnotě slouží semena především k výživě lidí. Jelikož se řadí mezi vysychavé oleje má široké využití i při výrobě barev a laků, využívá se k výrobě lněného vlákna a textilií a dalších vysoce odolných látek [7] [16] [34] [35] [36] [37] [38] [39].

2.5 Tepelná úprava potravin

Tepelnými úpravami jsou ovlivňovány původní vlastnosti potravin a zároveň jsou potraviny zbavovány škodlivých a choroboplodných zárodků. Mezi nejznámější tepelné úpravy řadíme smažení, pečení, fritování, grilování a dušení. Jak můžeme vidět v Tabulce 5, tepelné úpravy mohou mít na potraviny vliv jak pozitivní, tak negativní. Mezi pozitivní změny řadíme zlepšení typických organoleptických vlastností pokrmu (barvy, vůně, chuti, textury, požitku z jídla), zvýšení využitelnosti živin, částečné nebo úplné odstranění málo nutričně významných látek, popřípadě látek, které jsou pro naše tělo toxické a také odstranění mikrobiálních kontaminantů, tudíž zvýšení hygienické bezpečnosti. Negativem těchto procesů je možnost vzniku jiných dráždivých, toxických a karcinogenních látek, snížení nutriční a sensorické hodnoty potravin, snížení stravitelnosti a využitelnosti živin až celková ztráta živin. K tomu, aby byly negativní změny co nejvíce potlačeny a pozitivní podpořeny je potřeba dodržovat správné technologické postupy [40] [41] [42].

Některé potraviny je dokonce nutné podrobit tepelné úpravě, jelikož v syrovém stavu obsahují antinutriční, někdy dokonce i toxické látky. Tím může být například jed botulotoxin, který se vyskytuje v masných výrobcích, nebo kyanogenní glykosid, který je obsažen zejména ve fazolích, a proto je nutné fazole před konzumací vařit [40].

U lipidů převládají negativní změny. Jediným pozitivem při tepelném opracování tuků je tvorba významných chuťových a vonných látek. Problémem je ztráta esenciálních mastných kyselin, ztráta vitamínů, snížení stravitelnosti a výživové hodnoty potravin, úbytek senzorycky aktivních látek, a naopak vznik toxických látek, které mohou měnit aktivitu enzymů a jejich inhibitorů, mohou poškozovat vnitřní membrány ve fagocytech, může docházet k ukládání tuku v kardiovaskulárním systému, k poškození ledvin a vzniku karcinogenních ložisek [14] [41].

Tabulka 5: Vliv tepelných úprav na potraviny [40].

Aspekty	Výhody	Nevýhody
Hygienické	Zvýšení hygienické bezpečnosti (zničení všech choroboplodných zárodků)	Vznik látek dráždivých, toxických, včetně karcinogenních
Výživové	Eliminace či i zničení některých látek, které působí antinutričně nebo dokonce až toxicky, zvýšení stravitelnosti a využitelnosti živin	Snížení stravitelnosti, využitelnosti živin až jejich ztráta
Senzorické	Zlepšení barvy, vůně, textury, požitku z jídla	Nežádoucí změny senzorických vlastností

Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.4, každý tuk a olej má schopnost udržet stabilitu vazeb při různých teplotách. Záleží totiž na přesném složení mastných kyselin. Odolnější jsou tuky s vyšším obsahem nasycených mastných kyselin a jednoduchých nenasycených mastných kyselin. Tedy čím více je tuk nenasycený tím méně je stabilní při vyšších teplotách. Neexistuje víceúčelový tuk pro všechny druhy vaření. Je potřeba si vždy ověřit, zda je tuk vhodný na určitou tepelnou úpravu. K tomu slouží již v kapitole 2.4 zmíněný kouřový bod [5] [6] [9] [43].

2.5.1 Smažení

Tuk při smažení je rozpálen na teplotu v rozmezí 150–180 °C. Tuk je používán hlavně z důvodu lepšího přenosu tepla ze zdroje ke smažené potravíně. Smažením dochází ke zvýšení energetické hodnoty potraviny. Dalším cílem smažení je vytvořit na povrchu křupavou kůrku, která dává typickou chuť a vůni smažené potraviny. Smažení probíhá nejčastěji v tenké vrstvě tuku (do 5 mm), kdy dochází ke smažení pouze z jedné strany. Je to jedna z nejrychlejších kuchyňských úprav, příprava trvá většinou 5–10 minut. Během smažení dochází ke změně teploty tuku. Tuk může být ochlazován odpařenou vodou z povrchu potraviny, což vede ke smrštění, vysušení a ztrátám hmotnosti potraviny. Některé potraviny mohou tuk vypouštět do smažicího oleje a některé naopak smažící tuk absorbovat. K zabránění výměny tuku mezi potravinou a smažícím tukem se často potravina obaluje v různých těstíčkách či trojobalu [32] [44] [45].

Při smažení na tucích s nízkou oxidační stabilitou může docházet k oxidaci za vzniku polárních a polymerních produktů, které mohou být karcinogenní, toxické nebo mohou dráždit sliznici trávicího traktu. Pokud tuk pění a jsou v něm zbytky potravin je potřeba olej vylít a nalít nový. Důležitý je proto výběr vhodného oleje s vysokým bodem zakouření, aby nedocházelo ke vzniku modrého kouře a chemickým změnám (kvalitní řepkový olej, rafinovaný olivový, kokosový olej nebo ghí). Nevhodné jsou také tuky s obsahem vody jako je například máslo. Sádlo s vysokým obsahem cholesterolu taktéž není nejvhodnější, jelikož při oxidaci cholesterolu vznikají produkty, které podporují srdeční a cévní choroby [41] [46] [47].

2.5.2 Pečení

Úprava potravin působením teplého suchého vzduchu v rozmezí teplot 100–250 °C. Ideální je nepřekračovat teplotu 200 °C, při vyšších teplotách může přibývat množství hygienicky závadných látek. Pečení může probíhat buď bez nuceného oběhu vzduchu nebo s nuceným oběhem, kdy je vzduch rozháněn ventilátorem. Dochází tak k rovnoměrnému působení vzduchu ze všech stran. Zvýšení teploty způsobí odpaření vody, dojde ke srážení bílkovin, tvorbě kůrky na povrchu, čímž se zabrání úniku rozpustných látek, a vytvoří se typické aroma pečené potravin. Pokud dojde k přílišnému zčernání povrchu, vznikají karcinogenní látky, tento povrch je nutné odstranit [46] [48] [49].

2.5.3 Fritování

Smažení v hlubší vrstvě tuku, kdy je surovina celá ponořena v tuku. Dochází proto ke smažení z obou stran současně. Výhodou je možnost opakovaného použití tuku na smažení, regulace teploty, kdy nedojde k překročení rizikové teploty a zamezení přístupu vzduchu. Z toho lze vyvodit, že je fritování oproti smažení o něco šetrnější ke vzniku zdravotně nepříznivých látek. I tak se do potravin dostává velké množství tuku, a proto je potřeba i fritované pokrmy omezit [47] [48].

2.5.4 Grilování

Jedná se o nejstarší metodu přípravy pokrmů, při kterém je teplo sdíleno sáláním. Využívá se infračerveného ohřevu. Zdrojem tepla můžou být různé infrazářiče nebo žhnoucí dřevěné uhlí. Podle toho rozlišujeme grily elektrické, plynové nebo grily na uhlí, brikety a dřevo. Díky sálání dochází k ohřevu povrchových vrstev například masa a ke vzniku zlatohnědé krusty s typickou chutí grilovaného masa. Ohřívání masa může být napíchnuté na rožni nebo na grilovacím roštu. Pokud grilování masa probíhá nad uhlím, briketami nebo dřevem, dochází k odkapávání tuku, následné pyrolýze a ke vzniku polycyklických aromatických uhlovodíků (benzopyrenu) a dalších škodlivých látek ulpívajících na mase, proto se grilování řadí mezi rizikové způsoby tepelné úpravy masa [40] [50].

2.5.5 Dušení

Kulinářská úprava, při které se používá malé množství tuku společně s vodou při teplotách kolem 100 °C. Je to šetrný způsob přípravy, kdy dojde nejprve k osmahnutí a následně k pozvolnému dušení. Je potřeba použít nádobu s dobře přiléhající poklicí [40].

2.6 Reakce a procesy probíhající během přípravy pokrmů

Je důležité vědět, jak zacházet s potravinami, abychom z nich byli pomocí správných technologických postupů schopni připravit pokrmy s vysokou výživovou hodnotu, zároveň aby byly chutné a z hygienického hlediska bezpečné [24].

Ke změnám ve složení potravin dochází jak při skladování surovin, tak při tepelném opracování surovin a následně i při skladování hotových pokrmů. Změny mohou být dvojího typu. Našemu tělu prospěšné, tudíž pozitivní, a naopak pro naše tělo negativní.

Působením příliš vysokých teplot tuky degradují na glycerol a volné mastné kyseliny, které snadněji podléhají oxidačním reakcím a zhoršují chuť potravin. Při teplotě nad 200 °C se glycerol mění na akrolein a vznikají další uhlovodíky různých skupenství. Tvoří se primární a sekundární oxidační produkty (aldehydy a ketony), polární sloučeniny, hydroxyperoxidy, cyklické MK, transmastné kyseliny, volné mastné kyseliny a například polycyklické aromatické uhlovodíky [44] [49] [51].

2.6.1 Hydrolytické procesy

Hlavní reakce při smažení, ke které dochází při působení vodní páry uvolňované z potravin na tuk, který se rozkládá na glycerol a volné mastné kyseliny. Mastné kyseliny se z větší části adsorbují na povrchu smažené potravin a ovlivňují organoleptické vlastnosti a z části unikají do ovzduší. Glycerol se mění na těkavý akrolein [16] [32].

2.6.2 Oxidační procesy

Velmi rychlé reakce při teplotách smažení. Kyslík rozpuštění v tuku je však velmi rychle spotřebováván, což oxidační procesy zpomaluje. Rychlost oxidace je tedy závislá na přísunu kyslíku ze vzduchu. Začne-li tuk pění, rychlost difuze kyslíku ze vzduchu se zvýší, jelikož se zvětší plocha povrchu oleje. Oxidací vznikají hydroperoxidy, která se za vysokých teplot rozkládají, proto jejich obsah v oleji je minimální [32].

2.6.3 Polymerační procesy

Reakce mezi volnými radikály, interakce karboxylových skupin volných mastných kyselin a dále interakce mezi karboxylovými skupinami volných mastných kyselin s hydroxylovými a epoxidovými skupinami oxidovaných mastných kyselin tuku [16].

2.6.4 Pyrolytické procesy

Produkty oxidace nepodléhají jen polymeraci, ale i například dehydrataci. Taktéž tyto produkty reagují s bílkovinami a jinými složkami smažené potraviny a tím vznikají senzoricky aktivní látky zodpovědné za konečné aroma a barvu smažené potraviny. Dochází tím také ke snížení výživové hodnoty potraviny. Do pyrolytických reakcí řadíme například přeměnu glycerolu na akrolein [16].

2.7 Žluknutí tuků

Žluknutí neboli kažení tuků je proces, kdy dochází k tvorbě nepříjemné chuti a zápachu, která je závislá na složení daného tuku. Žluknutí je známkou poklesu kvality a bezpečnosti konzumace potravinářských výrobků. Dochází ke snížení senzorické jakosti, nutriční jakosti a hygienicko-toxikologické jakosti. Například žluklé máslo obsahuje kyselinu butyrovou, která má typický zápach a chuť. Ke žluknutí dochází v důsledku oxidace, přítomnosti bakterií nebo enzymů, díky kterým dochází k rozkladu tuku na glycerol a mastné kyseliny [14] [52].

Abychom předešli žluknutí tuků je zapotřebí, hlavně u tuků obsahujících převážně nenasycené mastné kyseliny, tyto tuky nevystavovat dlouhodobě vyšším teplotám. Příkladem je lněný olej, který velice snadno oxiduje, a proto není vhodné takové potraviny dlouhodobě skladovat [15].

2.8 Nežádoucí sloučeniny vznikající při tepelné úpravě potravin

Při kulinářské úpravě tuků vznikají při vyšších teplotách tzv. konečné produkty lipoxidace tuků, respektive oxidované tukové sloučeniny s názvem ALE (Advanced Lipoxidation End Products). Produkty změny teplot nenasycených mastných kyselin jsou závažnější než u nasycených mastných kyselin. Produkty těchto změn lze potlačit přidáním antioxidantů v podobě například kořeních přípravků a rovněž správnou regulací teploty [31] [40].

2.8.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky PAU

Látky vytvářející se převážně při pečení, grilování a uzení masa. U potravin vyráběných komerčně je stanoven limit těchto látek. Tyto látky se vyskytují převážně v živočišných produktech, ale jsou přítomny i v obilí, olejninách, ovoci a zelenině. To je způsobeno i tím, že PAU se nacházejí zároveň i v životním prostředí, jakožto produkty zplodin naftových motorů, brzdových destiček a podobně. Nejznámějším zástupcem je benzopyren [40] [53].

Polycyklické aromatické uhlovodíky vznikající oxidací polynenasycených mastných kyselin mají s největší pravděpodobností větší vliv na výskyt nádorových onemocnění, působí jako faktory vzniku i dalších onemocnění, jako například vysoký krevní tlak, šedý zákal, Parkinsonova choroba, Alzheimerova choroba nebo ateroskleróza [15] [54].

2.8.2 Heterocyklické aminy

Silné karcinogeny vznikající v rybím, drůbežím a hovězím mase například při grilování. Vznikají v tekutině, která se uvolňuje při záhřevu masa. Heterocyklické aminy jsou také významně zastoupeny v tabákovém kouři. Jako látky působící proti škodlivému vlivu HA jsou extrakty ze zeleného čaje, červeného vína, borůvek, ostružin, kiwi, petržele, špenátu atd [40].

2.8.3 Akrolein

Nenasycený aldehyd vznikající z glycerolu při teplotách vyšších než 200 °C. Dráždí oči, nosní a ústní sliznice a při delším působení může podporovat vznik nádorových onemocnění. Je to plyn, který při smažení uniká do prostor kuchyně, proto je potřeba místnost dobře odvětrávat [47] [55].

2.9 Charakterizace tuků a olejů

Hodnocení kvality tuků a olejů je důležité z hlediska kontroly bezpečnosti potravin a produktů určených pro spotřebitele. Proto bylo v průběhu 20. století vyvinuto mnoho analytických metod, které tuto bezpečnost zajišťují. Lze tak zjistit například složení tuků, olejů a jejich příměsí, lze zjistit látky vzniklé buď při rafinaci nebo vzniklé během stárnutí, dále je možné zjistit bod tání, index lomu, hustotu, obsah vody, peroxidů, tokoferolů, fosfolipidů, polycyklických aromatických uhlovodíků a dalších látek [56].

2.9.1 Stanovení tukových čísel

Tuková čísla jsou měřítkem obsahu jednotlivých funkčních skupin, jsou to zkoušky na různé chemické vlastnosti tuků a olejů a obsah nežádoucích látek. Mezi nejznámější patří číslo kyselosti, číslo zmýdelnění, esterové číslo, jodové číslo a peroxidové číslo. I přesto, že v dnešní době bývají často nahrazována chromatografickými metodami, mají tato čísla stále svůj význam [57].

2.9.1.1 Číslo kyselosti (*Acid value*)

Určuje množství volných mastných kyselin v tuku. Vyjadřuje se jako hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebného k neutralizaci volných mastných kyselin v 1 g tuku. Díky číslu kyselosti můžeme určit kvalitu surovin k výrobě jedlých tuků a olejů a zároveň nám ukazuje případné změny při různých technologických kulinářských úpravách, například při smažení. Je to ukazatel čerstvosti, jelikož čerstvě zpracované tuky mají menší množství volných MK, zatímco s postupem času a rozpadem TAG množství volných MK roste [58] [59].

2.9.1.2 Číslo zmydlnění (*Saponification value*)

Udává míru obsahu veškerých mastných kyselin. Je to hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná k neutralizaci volných i vázaných mastných kyselin v 1 g tuku. Hodnota tohoto čísla je nepřímo úměrná molekulární hmotnosti tuku, tzn. čím větší je hmotnost tuku, tím nižší hodnotu čísla zmydlnění zjistíme. [58] [60].

2.9.1.3 Esterové číslo (*Ester value*)

Esterové číslo udává množství hydroxidu draselného, které je potřeba k neutralizaci esterově vázaných mastných kyselin v 1 g tuku. Vyjadřuje se jako rozdíl čísla zmydlnění a čísla kyselosti [58].

2.9.1.4 Jodové číslo (*Iodine value*)

Jodové číslo udává hmotnost jodu v gramech, která se aduje na 100 g tuku za podmínek metody. Podle tohoto čísla se určuje množství nenasyčených mastných kyselin v tuku (množství dvojných vazeb), tzn. udává celkovou míru nenasyčenosti. Slouží také k identifikaci neznámých tuků a k posouzení použitelnosti tuku pro různé účely. Stanovení jodového čísla podle Hanuše se provádí pomocí bromidu jodného (jodmonobromidu), jehož reaktivita je vhodná právě pro stanovení nenasyčenosti tuků. Problémem je totiž pomalá reakce jodu, a naopak brom s chlorem jsou příliš reaktivní a dochází tak mimo adice také k substituci. Nezreagovaný jodmonobromid se přidáním KI převede na jod dle rovnice (1) [58]:



2.9.1.5 Peroxidové číslo (*Peroxide value*)

Je to množství peroxidicky vázaného kyslíku v 1 g tuku. Peroxidy vznikají během skladování a zpracování tuků a stanovují se jodometricky [61].

2.9.2 Stanovení mastných kyselin pomocí GC

Chromatografie je separační metoda, která pracuje na principu rozdělování složek mezi dvě fáze, a to stacionární (nepohyblivou) a mobilní (pohyblivou). U plynové chromatografie je mobilní fází tzv. nosný plyn. Stacionární fází je nejčastěji pevná látka např. aktivní uhlí, nebo kapalina. Princip plynové chromatografie je následující. Kolonou, ve které je stacionární fáze prochází nosný plyn. Vzorek je nanesen do nástřikové komory, kde dojde k jeho odpaření a páry vzorku jsou nosným plynem unášeny kolonou až na konec kolony. Rychlost každé složky vzorku závisí na jeho distribuční konstantě, což je poměr rovnovážné koncentrace ve stacionární a mobilní fázi. Jednotlivé složky vzorku poté vstupují nejčastěji do plamenoionizačního detektoru (FID) podle rostoucí distribuční konstanty. Závislost signálu detektoru na čase se nazývá chromatogram. Získaná data se porovnávají se standardem na základě retenčního času a plochy píku [42] [63].

Metoda je založená na zmýdelnění glyceridů a fosfolipidů a v dalším kroku na esterifikaci volných mastných kyselin v roztoku methanolu. Následně dochází k extrakci do organického rozpouštědla (v našem případě do hexanu) a poté na základě vnitřního standardu ke stanovení procentuálního zastoupení jednotlivých mastných kyselin [64].

2.9.3 Stanovení vitamínu E pomocí HPLC

K identifikaci a stanovení koncentrace vitamínů se využívá vysokoúčinná kapalinová chromatografie. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.9.2 chromatografie je separační metoda, která rozděluje látky mezi stacionární a mobilní fází. U vysokoúčinné kapalinové chromatografie je na rozdíl od plynové chromatografie mobilní fází kapalina. Výrazný vliv na separaci má u HPLC i mobilní fáze, separace je tedy závislá na afinitě jak k mobilní, tak ke stacionární fází. Kolona je naplněna stacionární fází (sorbet) obsahující malé částčky, které kladou kapalině odpor, takže je nutné analýzu provádět při vysokém tlaku. Na sorbet se dávkuje malé množství vzorku a následně je přidána mobilní fáze (eluent) [65].

Mobilní fáze putuje za pomoci gravitační síly kolonou, složky vzorku se separují a opouštějí kolonu v různých časech. Důležitou roli hraje detekce. Detektory v HPLC by měly být selektivní pro analyt a málo citlivé na mobilní fázi. Nejčastěji používanými detektory jsou fotometrické, refraktometrické a fluorescenční. Refraktometrický detektor měří index lomu u eluátu a čisté mobilní fáze a počítá se rozdíl mezi těmito dvěma hodnotami. Fotometrické detektory zaznamenávají absorpenci eluátu vycházejícího z kolony a fluorescenční detektor je založen na měření emisního záření, která je vyzařeno po absorpci primárního záření [65].

Pro HPLC analýzu vitamínu E jsou využívány izokratické podmínky. Jako mobilní fáze je zvolen metanol s průtokem 1 ml/min. Teplota během analýzy je nastavena na 30 °C a objem dávkovací smyčky 20 µl. Pro detekci je využíván UV-VIS detektor při vlnové délce 295 nm [66].

3 CÍLE PRÁCE

V rámci práce byly řešeny následující dílčí úkoly:

- 1) Rešerše na dané téma – přehled různých jedlých olejů a tuků, vliv přítomných mastných kyselin na vlastnosti tuků, lipidy ve výživě člověka, různé kulinářské úpravy pokrmů.
- 2) Výběr vhodných olejů, tuků a kulinářských úprav
- 3) Analýza a tuková charakteristika vybraných tuků před a po kulinářských úpravách
- 4) Vyhodnocení výsledků
- 5) Doporučení využití konkrétních tuků a kulinářských úprav pokrmů s ohledem na možný vliv na zdraví člověka.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Použité tuky

K analýzám bylo využito osm druhů tuků a olejů, které můžeme vidět na Obrázcích 5–12. V Tabulkách 6–13 je zobrazeno složení jednotlivých tuků a olejů.

Slunečnicový olej

- značka: VITA D'OR
- jedlý rostlinný olej jednodruhový
- rafinovaný

Tabulka 6: Výživové údaje slunečnicového oleje

Výživové údaje	Ø/100 ml
Energetická hodnota	3400 kJ/829 kcal
Tuky	92 g
z toho nasycené mastné kyseliny	10,0 g
Sacharidy	0,0 g
z toho cukry	0,0 g
Bílkoviny	0,0 g
Sůl	0,0 g



Obrázek 5: Slunečnicový olej využívaný k analýzám

Řepkový olej

- Značka: PENNY
- jedlý olej rostlinný jednodruhový

Tabulka 7: Výživové údaje řepkového oleje

Výživové údaje	Ø/100 ml
Energetická hodnota	3404 kJ/828 kcal
Tuky	92 g
z toho nasycené mastné kyseliny	7,0 g
Sacharidy	0,0 g
z toho cukry	0,0 g
Bílkoviny	0,0 g
Sůl	0,0 g



Obrázek 6: Řepkový olej využívaný k analýzám

Olivový olej

- Značka: PRIMADONNA
- extra panenský olivový olej
- získaný z oliv pouze mechanickými postupy

Tabulka 8: Výživové údaje olivového oleje

Výživové údaje	Ø/100 ml
Energetická hodnota	3389 kJ/824 kcal
Tuky	91,6 g
z toho nasycené mastné kyseliny	14,1 g
Sacharidy	0,0 g
z toho cukry	0,0 g
Bílkoviny	0,0 g
Sůl	0,0 g



Obrázek 7: Olivový olej používaný k analýzám

Kokosový olej

- Značka: PURITY VISION
- jedlý rostlinný olej jednodruhový
- panenský, za studena lisovaný

Tabulka 9: Výživové údaje kokosového oleje

Výživové údaje	Ø/100 g
Energetická hodnota	3696 kJ/899 kcal
Tuky	100,0 g
z toho nasycené mastné kyseliny	95,0 g
Sacharidy	<0,5 g
z toho cukry	<0,5 g
Bílkoviny	<0,5 g
Sůl	<0,01 g



Obrázek 8: Kokosový olej používaný k analýzám

Lněný olej

- Značka: NATURAL JIHLAVA
- lisovaný za studena

Tabulka 10: Výživové údaje lněného oleje

Výživové údaje	Ø/100 ml
Energetická hodnota	3768 kJ/900 kcal
Tuky	100,0 g
z toho nasycené mastné kyseliny	8,3 g
Sacharidy	0,0 g
z toho cukry	0,0 g
Bílkoviny	0,0 g
Sůl	0,0 g



Obrázek 9: Lněný olej využívaný k analýzám

Máslo

- Značka: TATRA

Tabulka 11: Výživové údaje másla

Výživové údaje	Ø/100 g
Energetická hodnota	3058 kJ/900 kcal
Tuky	82,0 g
z toho nasycené mastné kyseliny	54,0 g
Sacharidy	0,8 g
z toho cukry	0,8 g
Bílkoviny	0,6 g
Sůl	0,10 g



Obrázek 10: Máslo využívané k analýzám

Ghí

- Vyrobeno z másla značky TATRA

Tabulka 12: Výživové údaje ghí

Výživové údaje	Ø/100 g
Energetická hodnota	3700 kJ/884 kcal
Tuky	99,9 g
z toho nasycené mastné kyseliny	67,0 g
Sacharidy	0,0 g
z toho cukry	0,0 g
Bílkoviny	0,1 g
Sůl	0,0 g



Obrázek 11: Ghí využívané k analýzám

Sádlo

- Značka: PIKOK
- selské škvařené vepřové sádlo
- jedlý živočišný tuk

Tabulka 13: Výživové údaje sádla

Výživové údaje	Ø/100 g
Energetická hodnota	3700 kJ/900 kcal
Tuky	100,0 g
z toho nasycené mastné kyseliny	40,0 g
Sacharidy	<0,5 g
z toho cukry	<0,5 g
Bílkoviny	<0,5 g
Sůl	<0,01 g



Obrázek 12: Sádlo využívané k analýzám

4.2 Přístroje, pomůcky, chemikálie

4.2.1 Použité chemikálie:

- Hexan pro HPLC, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Metanol p.a., Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Metanol pro HPLC, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Kyselina sírová 96 %, p.a., Penta (ČR)
- Kyselina heptadekánová, Sigma-Aldrich (SRN)
- Hydroxid sodný, Lach-Ner s.r.o. (ČR)
- Methanol pro HPLC, Sigma-Aldrich (SRN)
- Acetonitril pro HPLC, Sigma-Aldrich (SRN)
- Ethanol, p.a., LachNer, ČR
- Chloroform, VWR Chemicals BDH PROLABO, USA
- α -tokoferol, Sigma Aldrich, SRN

Všechny ostatní indikátory, činidla a katalyzátory byly zapůjčeny v laboratoři.

4.2.2 Přístroje a pomůcky:

- Vortex-Genie 2, Scientific Industries (USA)
- Sklenené kuličky, Roth (DE)
- Termoblok, SBH200D, Stuart (UK)
- Plynový chromatograf TRACE GC ThermoQuest Italia S. p. A (IT)
- FID detektor
- kapilární kolona DB-WAX o rozměrech 30 m x 0,32 mm x 0,5 μ m
- Filtry pro HPLC, PRE-CUT, Alltech (GB)
- Vakuová odparka RV 06, IKA (SRN)
- Fritéza, gril
- Vodní lázeň EL-20, Merci a.s. (ČR)
- Mikrocentrifuga Cu-C, Sunon (Taiwan)
- Vortex TK3S, Kartell spa (USA)
- Vortex GENIUS 3, IKA (SRN)
- Sestava HPLC/UV-VIS od firmy ECOM spol. s r.o. (ČR):
 - Programátor gradientu GR 5
 - Vysokotlaké čerpadlo typ P 4020
 - Dávko,vací ventil typ C
 - Termostat kolony typ LCO 101
 - UV-VIS detektor procesorový, typ LCD 2084
 - software Clarity– Chromatography SW, Data Apex 2006
 - Kolona Biospher (4,6 x 150 nm); reverzní fáze PSI 200 C18 (7 μ m), Labicom (ČR)
 - Předkolona Biospher (4,6 x 150 nm); reverzní fáze PSI 200 C18 (7 μ m), Labicom (ČR)
- Analytické váhy Boeco, SRN
- Centrifuga Sigma Laborzentrifugen, SRN

4.3 Metodické postupy

4.3.1 Příprava vzorků

Bylo vybráno sedm druhů tuků (slunečnicový olej, řepkový olej, olivový olej, kokosový olej, sádlo, máslo, přepuštěné máslo), které byly podrobeny pěti kulinářským úpravám (smažení, pečení, dušení, grilování, fritování). K tepelným úpravám byly zvoleny dvě potraviny, a to kuřecí maso, jakožto bílkovinná potravina, a cibule jako spíše sacharidová potravina, aby bylo možné sledovat změny při reakcích tuk-bílkovina a tuk-sacharid. Dále byl k analýze použit lněný olej, který byl pouze ponechán přibližně 3 měsíce v nepříznivých podmínkách pro jeho skladování.

Ke všem kulinářským úpravám, kromě fritování, bylo vždy použito 20 g tuku nebo oleje a 50 g potraviny. Teplota tuku při smažení se pohybovala v rozmezí 115–130 °C a potravina byla smažena z obou stran přibližně 5 minut. Při pečení bylo navíc k tuku přidáno ještě 50 ml vody a probíhalo v troubě rozehřáté na 175 °C přibližně 30 minut. Rovněž u dušení bylo přidáno 50 ml vody. Rozdíl oproti pečení byl, že při dušení byla potravina nejdříve z obou stran 30 sekund osmahnuta na tuku a následně byla přilita voda a potravina byla pod poklicí dušena přibližně 3 minuty. Teplota oleje při tomto procesu byla v rozmezí 95–100 °C. Grilování probíhalo při teplotě tuku 160–175 °C po dobu přibližně 5 minut. K fritování byl využit fritovací hrnec minimálních rozměrů. I přes to bylo ke každé úpravě zapotřebí použít 500 g tuku, aby byla potravina celá ponořena v tuku. Fritování probíhalo pouze 3 minuty, jelikož teplota smažícího tuku vystoupala přibližně na 220 °C. Na Obrázku 13 můžeme vidět spotřebiče využívané na některé kulinářské úpravy a na Obrázku 14 jsou záznamy z průběhu kulinářských úprav.

Použité tuky byly nechány vychladnout, následně byly scezeny do plastových nádobek, abychom se zbavili zbytkových částí potraviny v tuku. Vzorky původních i použitých tuků byly skladovány v lednici až do jejich následné analýzy.



Obrázek 13: Gril a fritéza používané při kulinářských úpravách tuků a olejů



Obrázek 14: Příklady kulinářských úprav s masem a cibulí

4.3.2 Stanovení tukových čísel

4.3.2.1 Číslo zmydelnění

Do destilační baňky byly naváženy 2 g tuku. Následně bylo přidáno 25 ml roztoku hydroxidu draselného v ethanolu ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$), pár kousků pemzy a tuk byl zmydelňován 30 minut pod zpětným chladičem na topném hníždě. Současně byl proveden i slepý pokus stejným postupem, ale bez vzorku. Do horkého čirého roztoku byly přidány 3 kapky 1% fenolftaleinu a ihned bylo titrováno odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$), dokud nedošlo k odbarvení indikátoru. Následně byla spotřeba na titraci vzorku odečtena od spotřeby na slepý pokus. Číslo zmydelnění bylo vypočítáno jako hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná k neutralizaci 1 g vzorku.

4.3.2.2 Číslo kyselosti

Do titrační baňky bylo naváženo 5 g tuku a bylo přidáno 100 ml 96% ethanolu neutralizovaného na fenolftalein. Směs v titrační baňce byla zahřáta na elektrickém vařiči k varu, promíchána, byly přidány 3 kapky 1% roztoku fenolftaleinu a za horka byl roztok titrován odměrným roztokem hydroxidu draselného ($c = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) v 96% ethanolu do růžovofialového zbarvení, které je stálé 30 sekund. Zároveň byl proveden slepý pokus pouze se 100 ml ethanolu. Následně byla spotřeba na slepý pokus odečtena od spotřeby odměrného roztoku na titraci vzorku. Číslo kyselosti bylo vyjádřeno jako hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná k neutralizaci 1 g vzorku.

4.3.2.3 Esterové číslo

Bylo vypočítáno z rozdílu čísla zmýdelnění a čísla kyselosti. Je vyjádřeno jako hmotnost hydroxidu draselného v mg potřebná na neutralizaci estericky vázaných kyselin v 1 g tuku.

4.3.2.4 Jodové číslo podle Hanuše

Do zábrusových Erlenmayerových baněk bylo naváženo 0,5 g pevných tuků a 0,4 g kapalných olejů. Dále bylo přidáno 10 ml chloroformu a případné rozpuštění bylo urychleno mírným zahřátím na elektrickém vařiči. Po rozpuštění bylo k roztoku napipetováno 15 ml jodmonobromidového roztoku a baňky byly uzavřeny zabroušenými zátkami ovlhčenými v roztoku jodidu draselného, aby se zadržel unikající jód. Obsah baňky byl promíchán mírným krouživým pohybem a byl ponechán stát 1 hodinu za nepřístupu světla a občasného promíchání. Paralelně byl připraven slepý pokus bez navážky tuku. Po hodině byly zátky opláchnuty destilovanou vodou do baněk a odměrným válcem bylo do každé baňky přidáno 25 ml 10% jodidu draselného. Po 1–2 minutách bylo přidáno 100 ml destilované vody, 3–5 ml škrobového mazu a roztok byl titrován odměrným roztokem thiosíranu sodného ($c = 0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$) do odbarvení vodné fáze. Pokud byla spodní chloroformová fáze zbarvena fialově, roztok byl protřepán a dotitrován. Chloroformová fáze smí být zbarvena pouze nažloutle nebo hnědě (podle barvy rozpuštěného tuku).

4.3.3 Analýza mastných kyselin plynovou chromatografií

4.3.3.1 Příprava transesterifikační směsi

Do 500ml odměrné baňky bylo převedeno 100 ml methanolu a míchadlo. Do baňky bylo poté přidáno 250 mg interního standardu C17:0 (kyselina heptadekanová) společně s 75 ml koncentrované kyseliny sírové za stálého míchání. Roztok byl poté doplněn na objem 500 ml a následně použit pro analýzu mastných kyselin přímou transesterifikací (viz kapitola 4.2.4.2).

4.3.3.2 Příprava tukového extraktu na transesterifikaci

Do odměrné baňky bylo na analytických vahách odváženo takové množství čistého tuku, aby výsledná koncentrace tuku v chloroformu byla přibližně 10 mg/ml.

4.3.3.3 *Přímá transesterifikace*

Do kryptovacích vialek byl napipetován 1 ml vzorku rozpuštěného v chloroformu. K vzorku bylo přidáno 0,8 ml transesterifikační směsi a vialky byly zakrymplovány. Následně byly vialky inkubovány v termobloku po dobu 2 hodin při teplotě 85 °C. Po proběhnutí transesterifikace byly vialky nechány volně vychladnout. Do 4ml vialek bylo napipetováno 0,5 ml 0,05M roztoku NaOH, do něho byl vylit celý obsah vialky po transesterifikaci a napipetován 1 ml hexanu. Vialka byla uzavřena a intenzivně protřepána na vortexu. Po oddělení fází bylo z horní hexanové fáze odebráno 0,1 ml a převedeno do čisté šroubovací vialky. Do té bylo poté přidáno 0,9 ml čistého hexanu pro GC. Vialka byla uzavřena a uchována při –80 °C pro následnou analýzu na plynovém chromatografu.

4.3.3.4 *Stanovení profilu mastných kyselin*

Analýza mastných kyselin byla prováděna na plynovém chromatografu Thermo Scientific TRACE™ Gas Chromatograph s autosamplerem Thermo Scientific A1 1310. Na detekci analytu byl využit plamenově ionizační detektor. Analýza probíhala po dobu 25 minut za daných podmínek:

- Jako rozpouštědlo byl použit hexan pro GC a jako nosný plyn vodík s konstantním průtokem 1 ml/min
- Byla využita kolona ZB-FAME (30m délky, vnitřní průměr 0,25 mm a šířka filmu 0,25 µm) a FID detektor (teplota 260 °C, průtok vzduchu 350 ml/min, průtok vodíku 35 ml/min a průtok dusíku 30 ml/min)
- Teplota na vstupu byla 250 °C a hodnota split ratio 10

Číslo	Čas [min]	[°C/min]	Cílová teplota [°C]
1	1,000	0,00	80,00
2	5,00	15,00	140,0
3	21,667	3,00	190,0
4	25,467	25,00	260,0
5	25,467	Konec měření	

4.3.4 *Analýza vitamínu E pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie*

Na stanovení nejaktivnější formy tokoferolu a to α -tokoferolu byl využit kapalinový chromatograf (HPLC). Nejprve byla provedena kalibrace za použití standardního roztoku α -tokoferolu o koncentraci (0–1) mg/ml. Pak byly připraveny extrakty vzorků: 1 g každého oleje nebo tuku byl kvantitativně převeden do zkumavky, která obsahovala už 10 ml CH₃OH

pro HPLC, a zkumavky byly ponechány 1 hodinu protřepávat. Po této době se zkumavky nechaly stát po dobu, dokud se neobjevilo zřetelné rozhraní mezi fázemi. Horní organická fáze byla odpipetována do vialky.

Pro HPLC analýzu byly zvoleny izokratické podmínky za použití kolony Kinetex C18 s parametry 4,6 mm × 150 mm × 2,6 μm. Jako mobilní fáze byl zvolen metanol s průtokem 1 ml/min. Teplota separace byla 30 °C a objem dávkovací smyčky 20 μl. HPLC analýza byla ukončena UV-VIS detekcí při vlnové délce 295 nm.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

V této práci bylo shromážděno 79 vzorků tuků a olejů. Vzorky zahrnovaly původní neupravované tuky a oleje a zároveň tuky a oleje, u kterých došlo k různým kulinářským úpravám. Výše uvedenými metodami byla nejprve stanovena tuková čísla, následně byl zjištěn profil mastných kyselin a v neposledním řadě ve vybraných vzorcích množství vitamínu E.

5.1 Číslo zmydlnění

Číslo zmydlnění udává obsah veškerých mastných kyselin, tzn. volných i vázaných MK v tuku, jak již bylo zmíněno v kapitole 2.9.1. V Tabulce 14 jsou vypsané tabelované hodnoty čísla zmydlnění všech používaných tuků. Vyšší čísla zmydlnění mají tuhé tuky, kapalné oleje mají hodnotu čísla zmydlnění nižší. Nejvyšší číslo zmydlnění má kokosový olej, následuje máslo a ghí a poté s relativně podobnými hodnotami sádlo, olivový, slunečnicový a řepkový olej. Lze říct, že čím nižší je molekulová hmotnost MK v triacylglycerolu, tím větší je číslo zmydlnění. Vysoká hodnota čísla zmydlnění poukazuje na fakt, že tuk obsahuje zmydlnitelné látky nebo nízkomolekulárních MK. Nízká hodnota naopak ukazuje na přítomnost nezmydlnitelných látek nebo vysokomolekulárních MK.

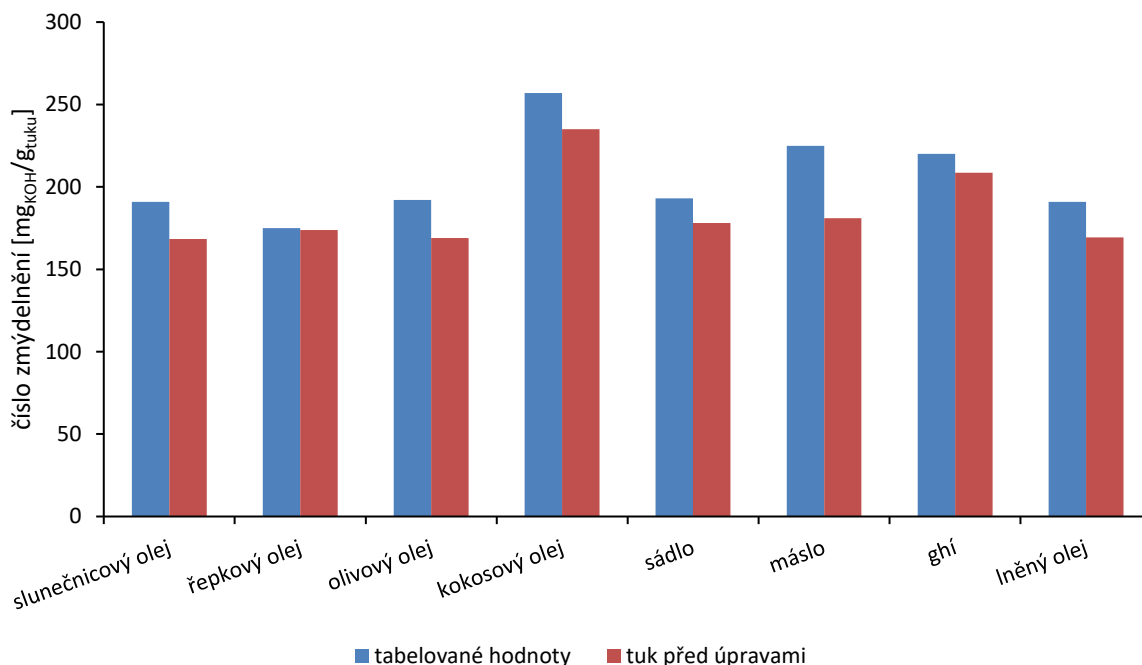
Tabulka 14: Tabelované hodnoty čísla zmydlnění pro jednotlivé tuky a oleje [57] [67] [68].

	číslo zmydlnění [mg _{KOH} /g _{tuku}]
slunečnicový olej	188–194
řepkový olej	175
olivový olej	187–196
kokosový olej	251–263
sádlo	193
máslo	220–230
ghí	220
lněný olej	186–196

Jak je vidět na Obrázku 15, čísla zmydlnění původních tuků, na kterých neprobíhaly kulinářské úprav, jsou nižší než hodnoty tabelované. Nejvyšší pokles je u másla, což může být způsobeno například tím, že obsah mastných kyselin se u másel mírně liší v závislosti na ročním období, kdy bylo připraveno. Pokles může být dán také nevhodným skladováním v obchodních řetězcích nebo například odlišnou odrůdou.

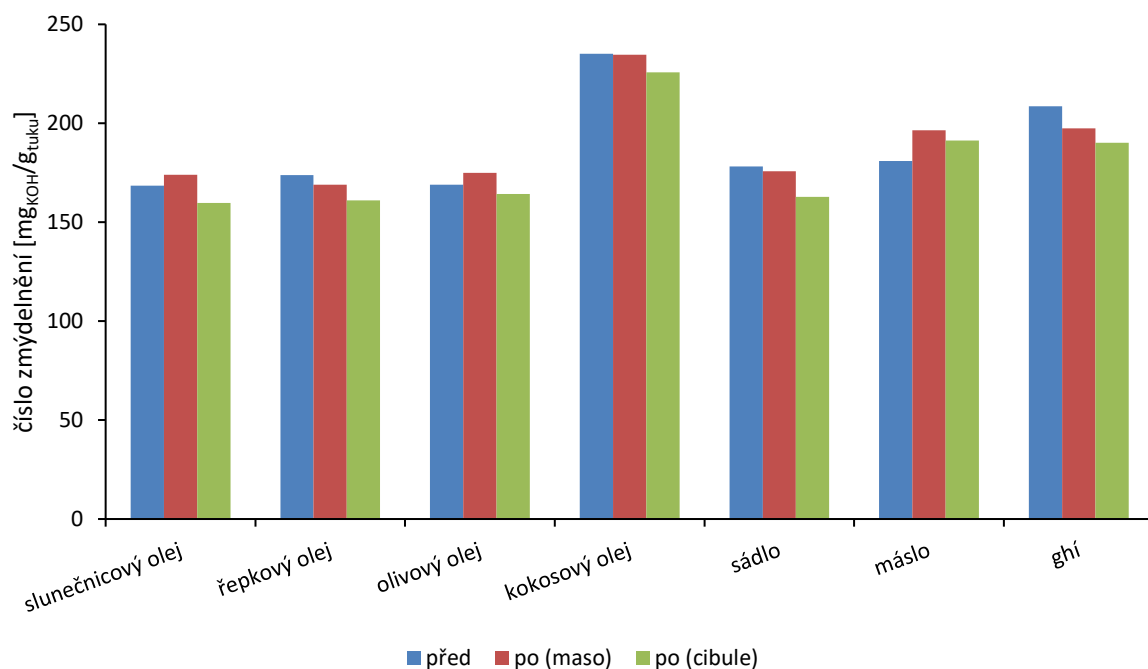
Naměřené hodnoty také ukazují, že čísla zmydlnění u všech vzorků, ve kterých byla upravována cibule jsou nižší než čísla zmydlnění naměřená u tuků, na kterých bylo upravováno maso. To může být způsobeno tím, že cibule je rostlinného původu a obsahuje silice a terpenoidy patřící mezi izoprenoidy a tím pádem i mezi nezmydlnitelné lipidy, které se mohou z cibule při úpravě uvolňovat a snižovat tak číslo zmydlnění tuku oproti úpravám masa.

Rozlišujeme zmýdelnitelné a nezmýdelnitelné lipidy. Nezmýdelnitelné lipidy jsou obsaženy v každém tuku v malém množství přirozeně. Jsou to například i nečistoty nebo látky jako cholesterol, oxokyseliny, fytosterin, které jsou rozpustné v extrakčních rozpouštědlech a nejsou okem viditelné.



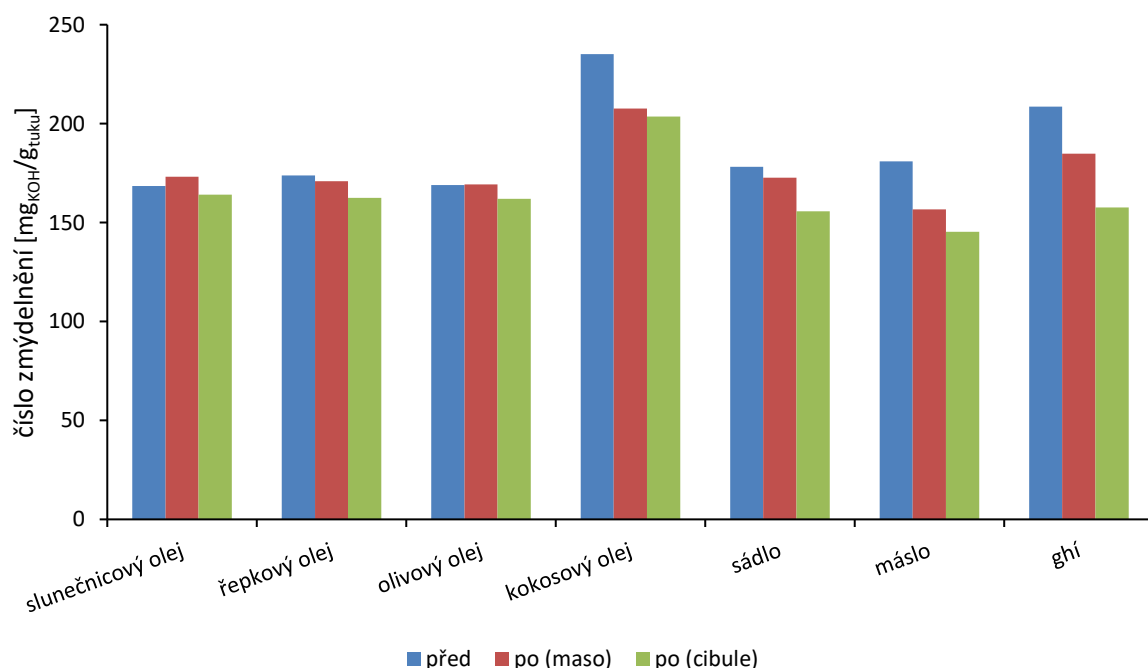
Obrázek 15: Porovnání tabelovaných hodnot čísla zmýdelnění jednotlivých tuků a olejů s hodnotami naměřenými před kulinářskými úpravami

Jak je zřejmé z Obrázků 16–21, u žádné kulinářské úpravy nedošlo k výrazným změnám čísla zmýdelnění oproti původnímu tuku. Ve většině případů bylo číslo zmýdelnění po kulinářské úpravě menší než před úpravou. To může být dáno tím, že při zvýšené teplotě dochází k rozpadu některých mastných kyselin a tím pádem ovlivnění čísla zmýdelnění.



Obrázek 16: Porovnání hodnot čísel zmydlnění u všech olejů před a po smažení masa a cibule

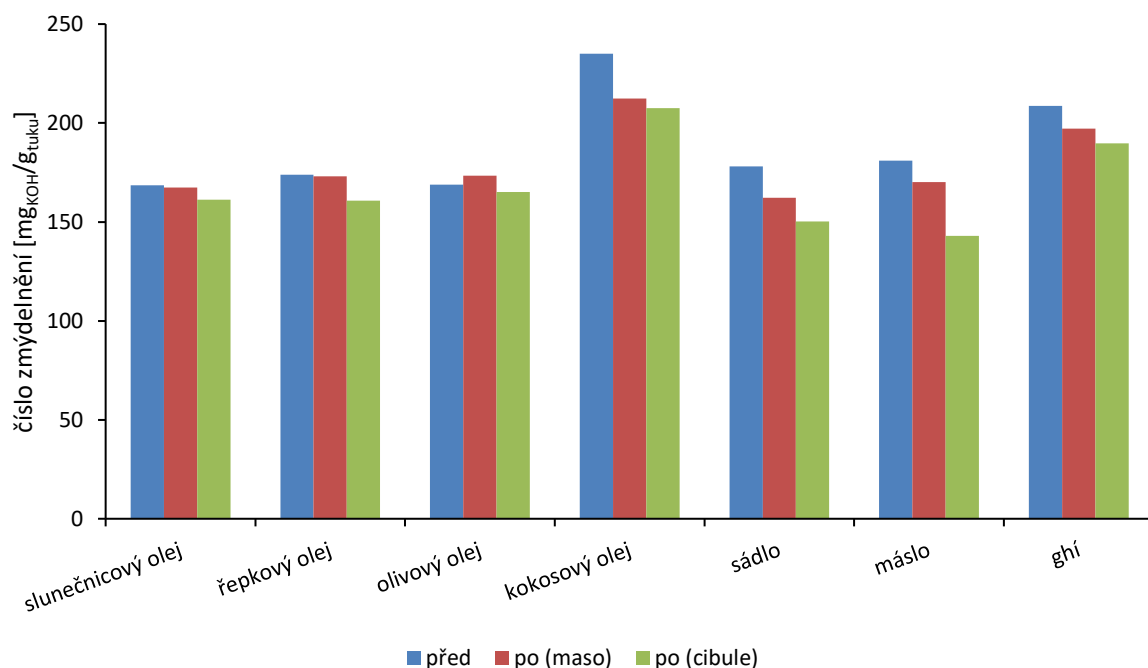
Obrázek 16 ukazuje, že po smažení byl největší rozdíl zjištěn u ghí, kde došlo k poklesu čísla zmydlnění při úpravě cibule z hodnoty 208,6 na hodnotu 190,2 mg_{KOH}/g_{tuku}.



Obrázek 17: Porovnání hodnot čísel zmydlnění u všech olejů před a po pečení masa a cibule

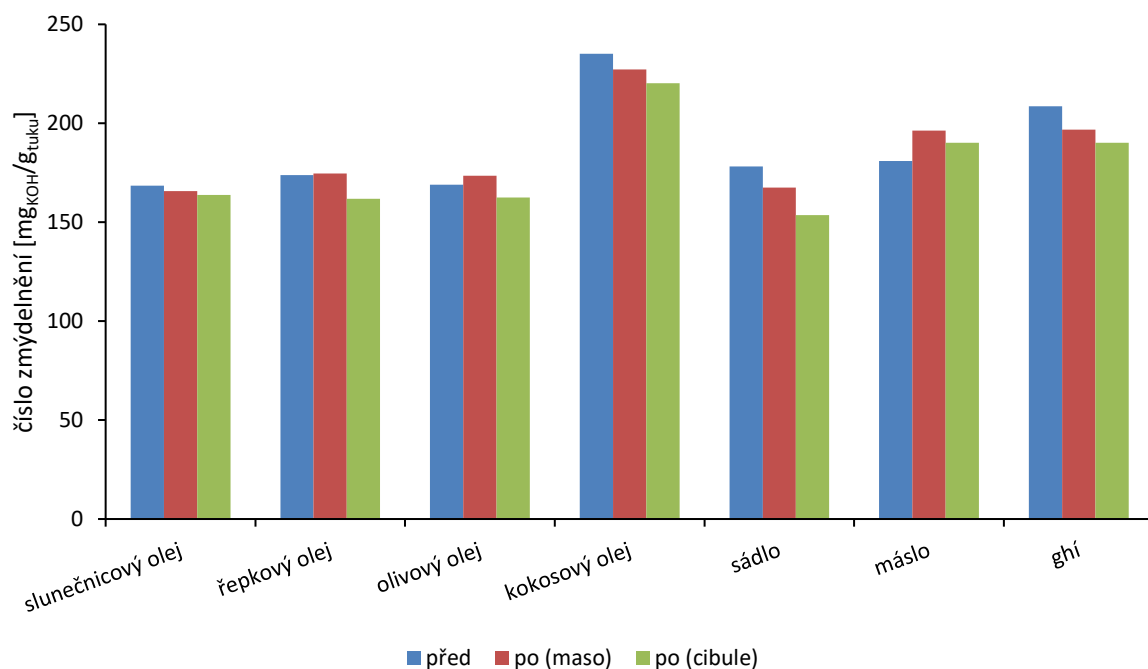
U pečení byl stejně jako u smažení největší rozdíl čísla zmydlnění při úpravě cibule na ghí. Zde došlo k poklesu z hodnoty 208,6 mg_{KOH}/g_{tuku} na 157,7 mg_{KOH}/g_{tuku} (Obrázek 17). Je vidět,

že hodnota při pečení se snížila mnohem více, i přesto, že pečení probíhá při nižší teplotě než smažení. Větší pokles může být dán délkou procesu, kdy pečení probíhalo třikrát delší dobu než smažení. Zároveň ale ghí řadíme podle bodu zakouření k nejstabilnějším tukům, takže bych největší změnu u tohoto tuku neočekávala.



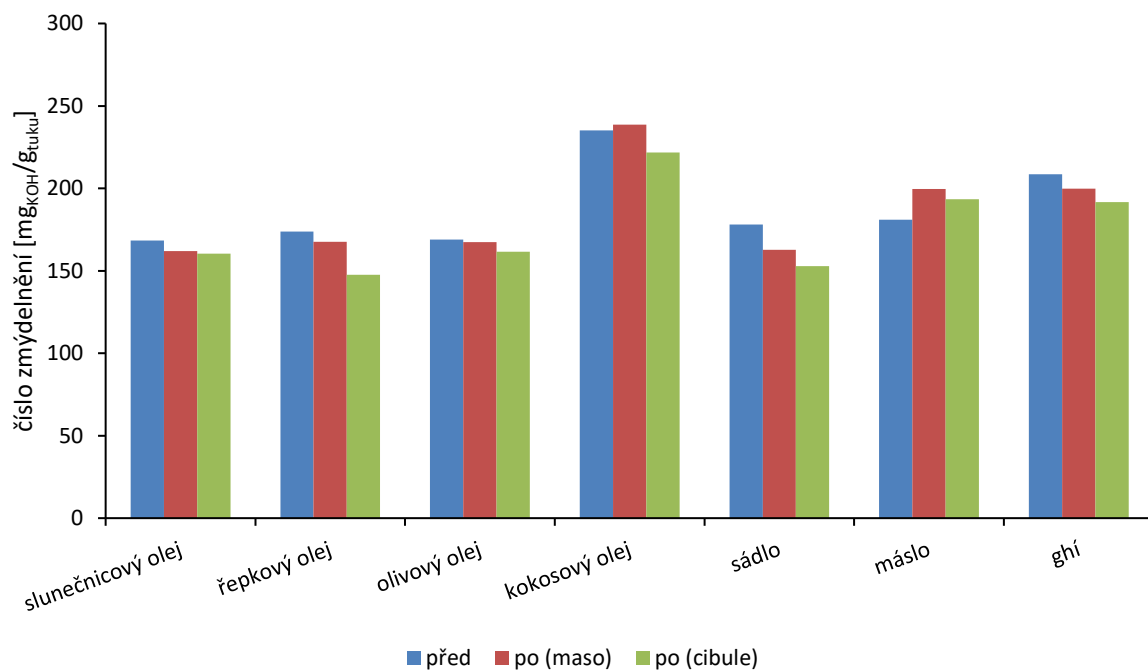
Obrázek 18: Porovnání hodnot čísel zmýdelnění u všech olejů před a po dušení masa a cibule

Na Obrázku 18 je vidět, že k největšímu poklesu čísla zmýdelnění u dušení došlo při použití másla k úpravě cibule. Hodnota se snížila z 181,0 mg_{KOH}/g_{tuku} na 143,0 mg_{KOH}/g_{tuku}.



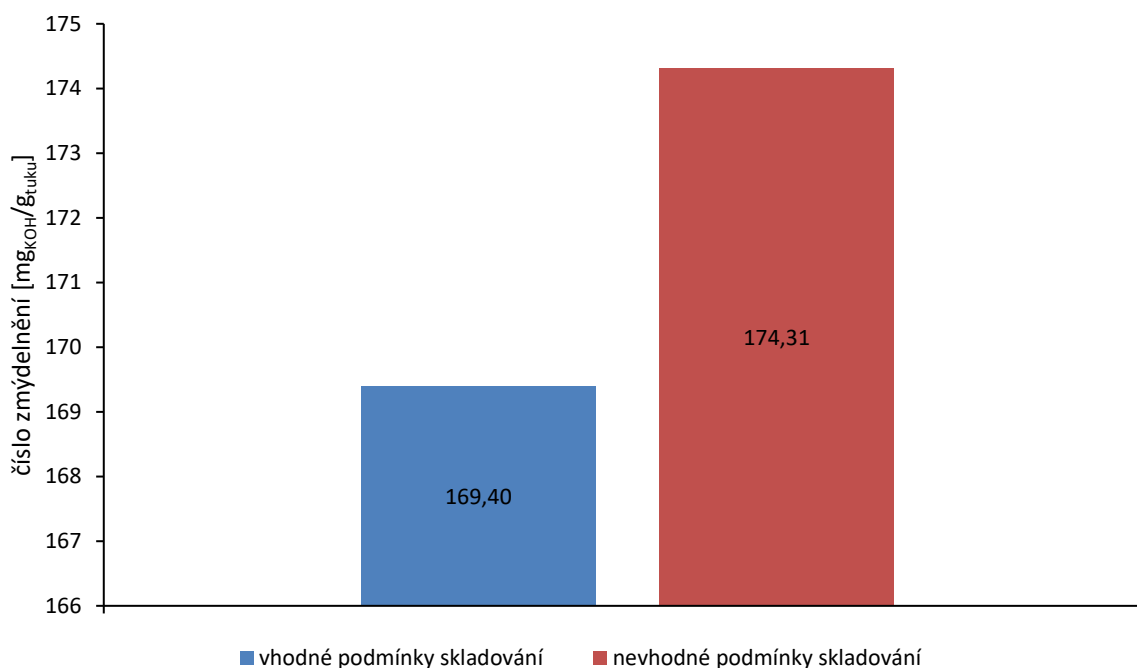
Obrázek 19: Porovnání hodnot čísel zmydlnění u všech olejů před a po grilování masa a cibule

Při grilování nastala největší změna opět při úpravě cibule tentokrát na sádle. Hodnota při tomto procesu se snížila z 178,1 $\text{mg}_{\text{KOH}}/\text{g}_{\text{tuku}}$ na 153,5 $\text{mg}_{\text{KOH}}/\text{g}_{\text{tuku}}$ (Obrázek 19) a při fritování došlo k největší rozdílu u řepkového oleje, taktéž při úpravě cibule, kdy hodnota klesla z 173,8 $\text{mg}_{\text{KOH}}/\text{g}_{\text{tuku}}$ na 147,5 $\text{mg}_{\text{KOH}}/\text{g}_{\text{tuku}}$ (Obrázek 20).



Obrázek 20: Porovnání hodnot čísel zmydlnění u všech olejů před a po fritování masa a cibule

Číslo zmydlnění u lněného oleje skladovaného na nevhodném místě, tzn. na světle a při pokojové teplotě, bylo vyšší než u vzorku skladovaného za vhodných podmínek, jak můžeme vidět na Obrázku 21. Jelikož lněný olej obsahuje cca ze 70 % polynenasycené mastné kyseliny, mohlo opět při nevhodném skladování dojít k rozpadu těchto mastných kyselin a tím pádem ke snížení molekulové hmotnosti triacylglycerolu a ke zvýšení čísla zmydlnění. Mohlo také dojít ke ztrátám nezmýdelnitelných těkavých silic, které jsou ve lněném oleji obsaženy, a tím pádem ke zvýšení zmydelnitelného podílu.



Obrázek 21: Porovnání hodnot čísla zmydlnění u lněného oleje skladovaného za vhodných a nevhodných podmínek

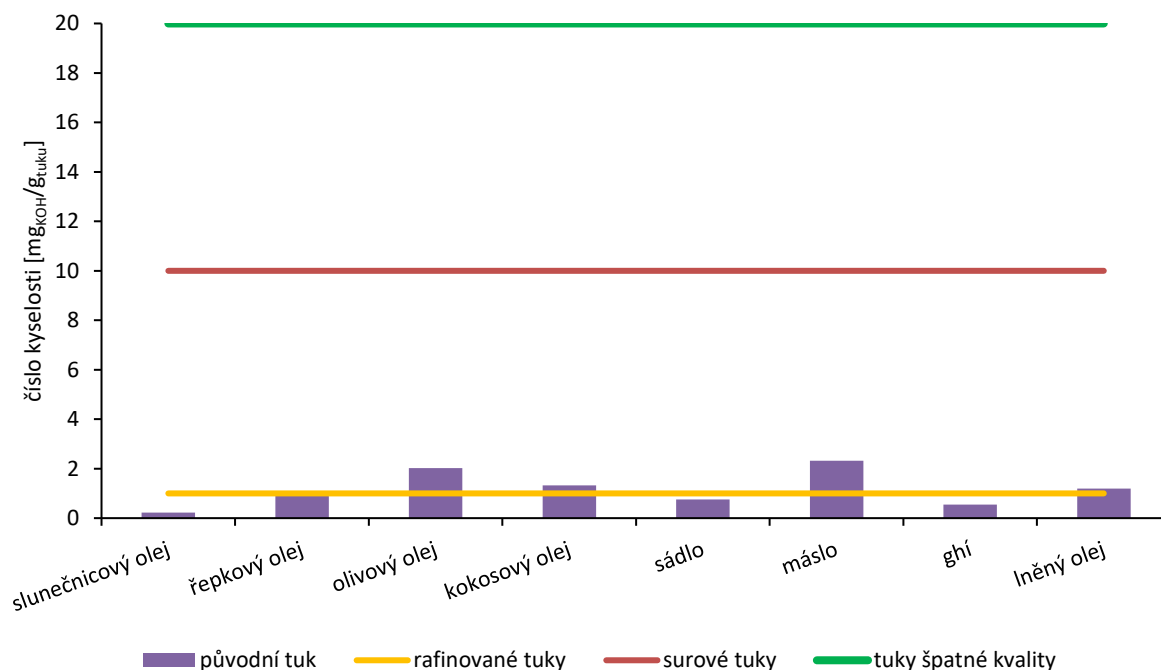
5.2 Číslo kyselosti

Číslo kyselosti nám udává množství KOH potřebné k neutralizaci volných mastných kyselin v 1 g tuku. Udává tedy stupeň hydrolytického štěpení tuku. Při něm dochází ke štěpení triacylglycerolů, uvolňování mastných kyselin a tím pádem zvyšování čísla kyselosti. Při nevhodném skladování nebo zpracování olejů (vysoká teplota, vlhkost, špatné zacházení se semeny olejů, nezralost semen) dochází ke štěpení oleje, žluknutí a vzniku látek s nepříjemným zápachem a chutí a ke snížení výživové hodnoty. Takové oleje jsou pak řazeny mezi oleje špatné kvality.

V Tabulce 15 jsou vypsané tabelované hodnoty čísla kyselosti různých skupin tuků.

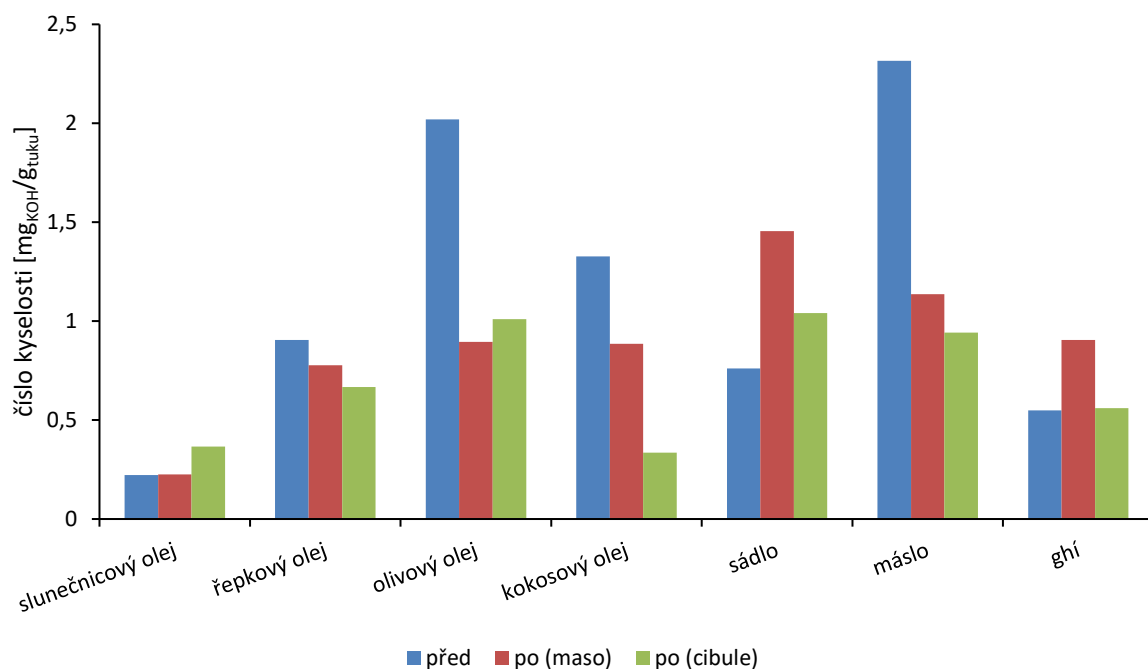
Tabulka 15: Tabelované hodnoty čísla kyselosti pro skupiny tuků [57].

	číslo kyselosti [$\text{mg}_{\text{KOH}}/\text{g}_{\text{tuku}}$]
rafinované tuky	0–1
surové tuky	1–10
tuky špatné kvality	10–50



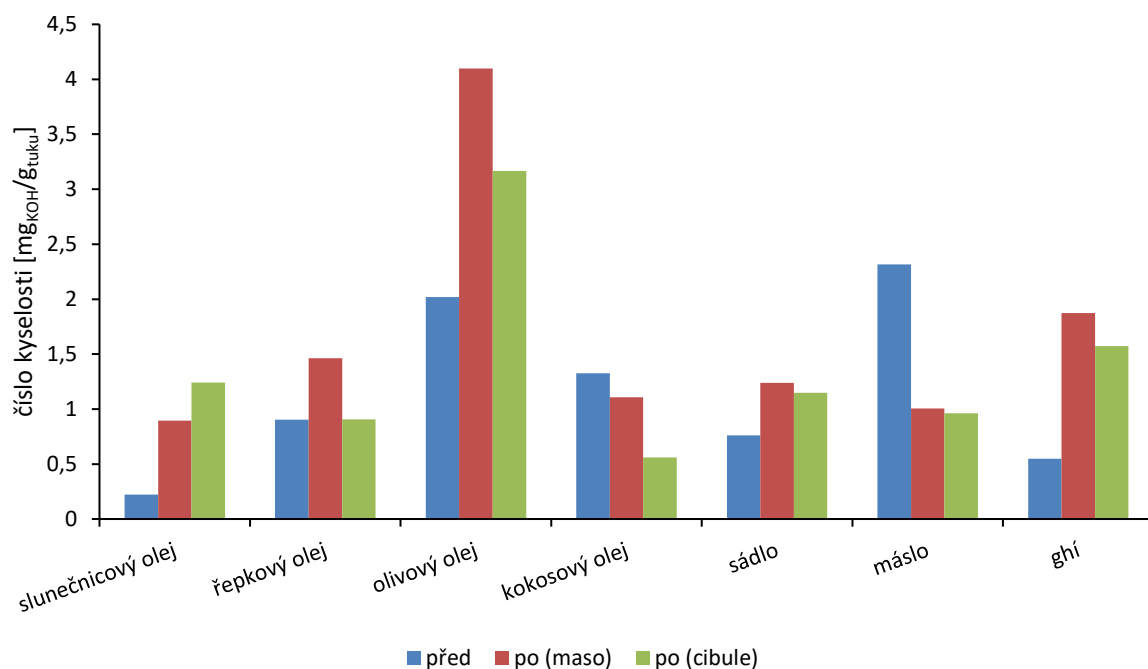
Obrázek 22: Porovnání tabelovaných hodnot čísla kyselosti jednotlivých tuků a olejů s hodnotami naměřenými před kulinářskými úpravami

Bylo zjištěno, jak můžeme vidět na Obrázku 22, že hodnoty čísla kyselosti tuků a olejů před kulinářskými úpravami mají ve čtyřech případech (ghí, sádlo, slunečnicový a řepkový olej) hodnotu menší než 1, což znamená, že patří do skupiny rafinovaných tuků, zbylé čtyři (máslo, olivový, kokosový, lněný olej) mají hodnotu vyšší než 1, tedy patří do skupiny surových tuků. Tuky a oleje mající hodnotu vyšší než 1 mohly být například špatně skladovány, nebyly to čerstvě připravené oleje nebo mohou obsahovat vyšší množství volných MK, jelikož to jsou oleje, u kterých nedošlo k rafinaci, jsou lisované za studena, a tím pádem u nich nebyl inaktivován enzym lipáza.



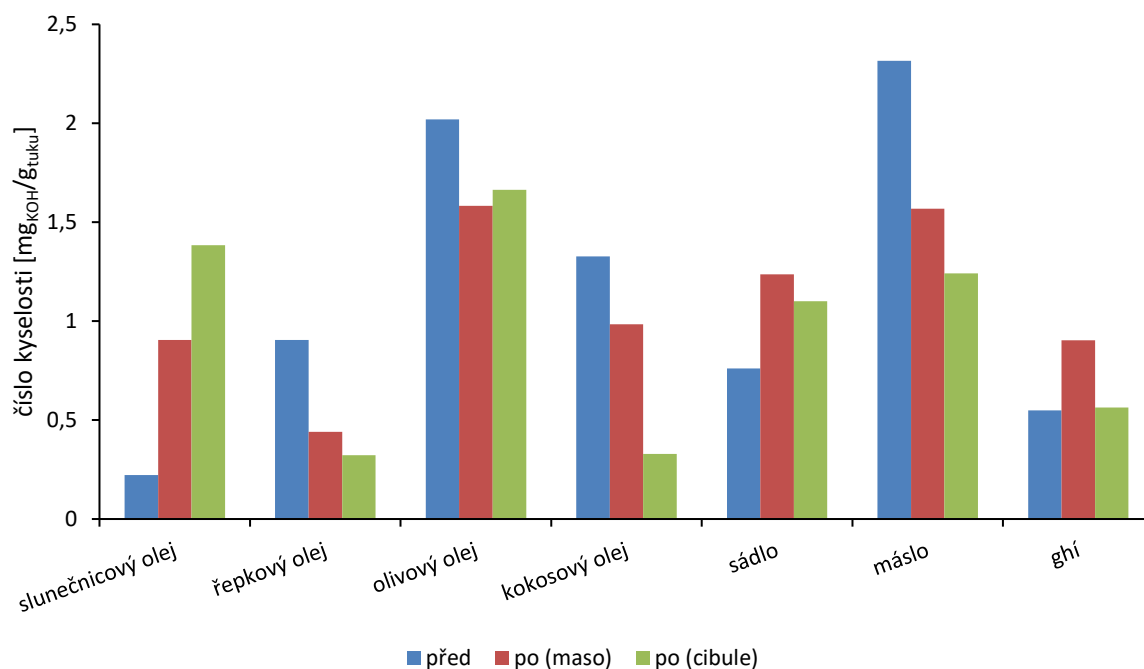
Obrázek 23: Porovnání hodnot čísel kyselosti u všech olejů před a po smažení masa a cibule

Obecně by mělo platit, že nižší číslo kyselosti mají čerstvé oleje, u kterých nemohlo vlivem kulinářských úprav nebo v průběhu skladování docházet k rozkladu TAG za vzniku volných mastných kyselin. Toto tvrzení v mém případě platí pouze u slunečnicového oleje, sádla a ghí, jak můžeme vidět například na Obrázku 23. Je možné, že u ostatních tuků a olejů došlo k jejich částečnému znehodnocení ještě před analýzou. Čísla kyselosti by po kulinářských úpravách měly být vyšší nebo stejné jako před úpravou. Ke snížení by nemělo docházet, jelikož při vyšší teplotě spíše dochází k uvolňování volných mastných kyselin z triacylglycerolu. U vzorků, kde je po tepelné úpravě číslo menší nejspíše došlo k chybnému měření.



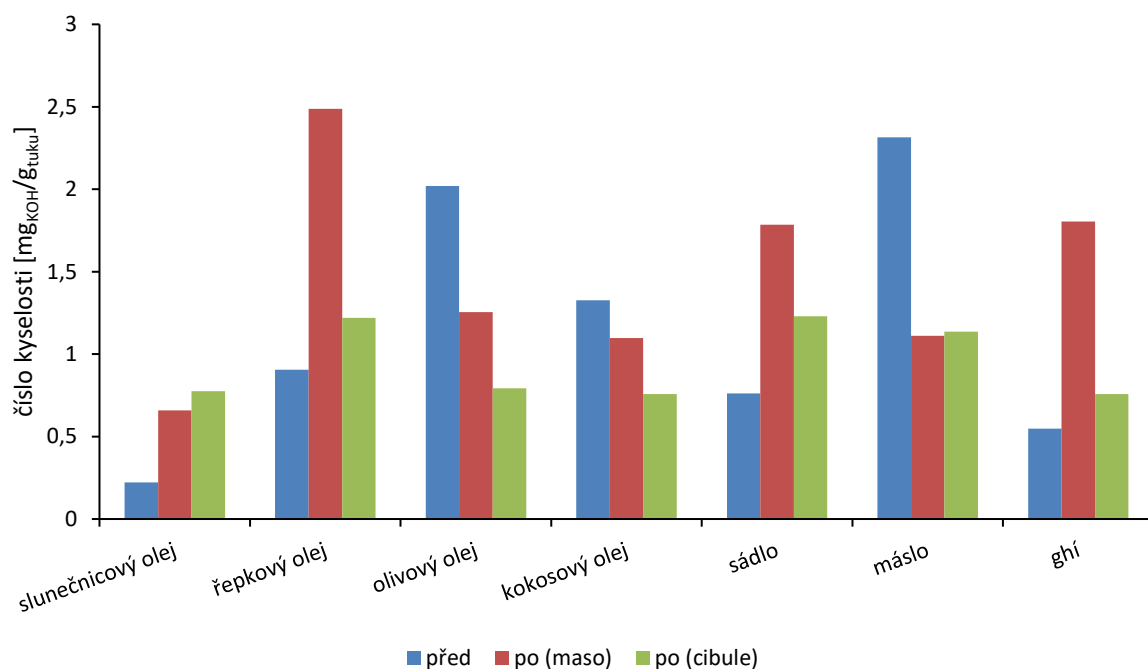
Obrázek 24: Porovnání hodnot čísel kyselosti u všech olejů před a po pečení masa a cibule

Celkově nejvyšší hodnota čísla kyselosti $4,097 \text{ mg}_{\text{KOH}}/\text{g}_{\text{tuku}}$ byla naměřena při pečení masa na olivovém oleji, viz Obrázek 24. I při kulinářských úprava cibule byla nejvyšší hodnota při pečení na olivovém oleji. Tato vyšší hodnota může být způsobena tím, že byl využíván právě nerafinovaný olivový olej, u kterého nebyly inaktivovány lipolytické enzymy, a proto mohlo už i v průběhu skladování vznikat vyšší množství volných MK. Olivový olej byl v průběhu pečení vystaven přibližně 30 minut teplotě 175°C . Jelikož kouřový bod nerafinovaného olivového oleje je 190°C , nemělo by při teplotě pečení docházet k nežádoucím změnám oleje. Je možné, že nejvyšší hodnoty byly naměřeny u pečení, jelikož tato kulinářská úprava trvala nejdelší dobu a taky proto, že olivový olej obsahuje velké množství nenasycených mastných kyselin, takže je tento tuk vhodný spíše ve studené kuchyni.

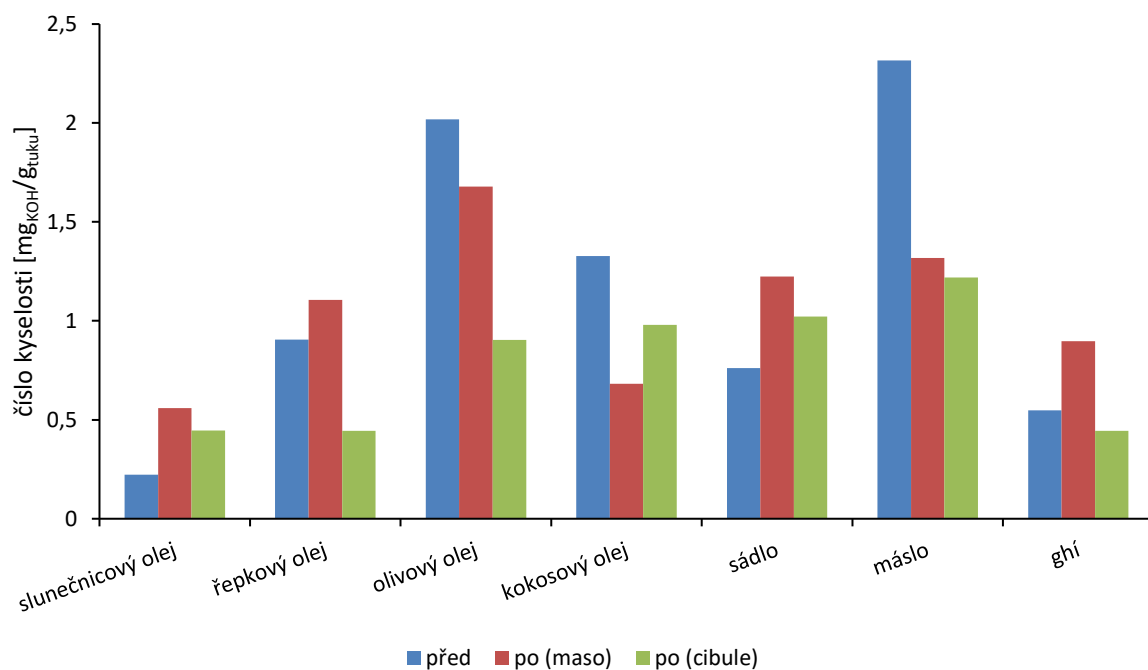


Obrázek 25: Porovnání hodnot čísel kyselosti u všech olejů před a po dušení masa a cibule

Ke zvýšení čísla kyselosti v porovnání s původním tukem došlo při všech kulinářských úpravách u slunečnicového oleje a ghí. Slunečnicový olej má ze všech používaných tuků nejnižší bod přepalování, tudíž zvýšení čísla kyselosti je při záhřevu na vyšší teplotu očekávané. Ghí má ovšem velmi vysoký bod přepalování a nemělo by při vyšší teplotě docházet k jeho změnám. U pečení, grilování a fritování došlo navíc ke zvýšení čísla kyselosti ještě u řepkového, olivového oleje a sádla. Změny čísla kyselosti u všech vzorků můžeme vidět na Obrázcích 23–27.

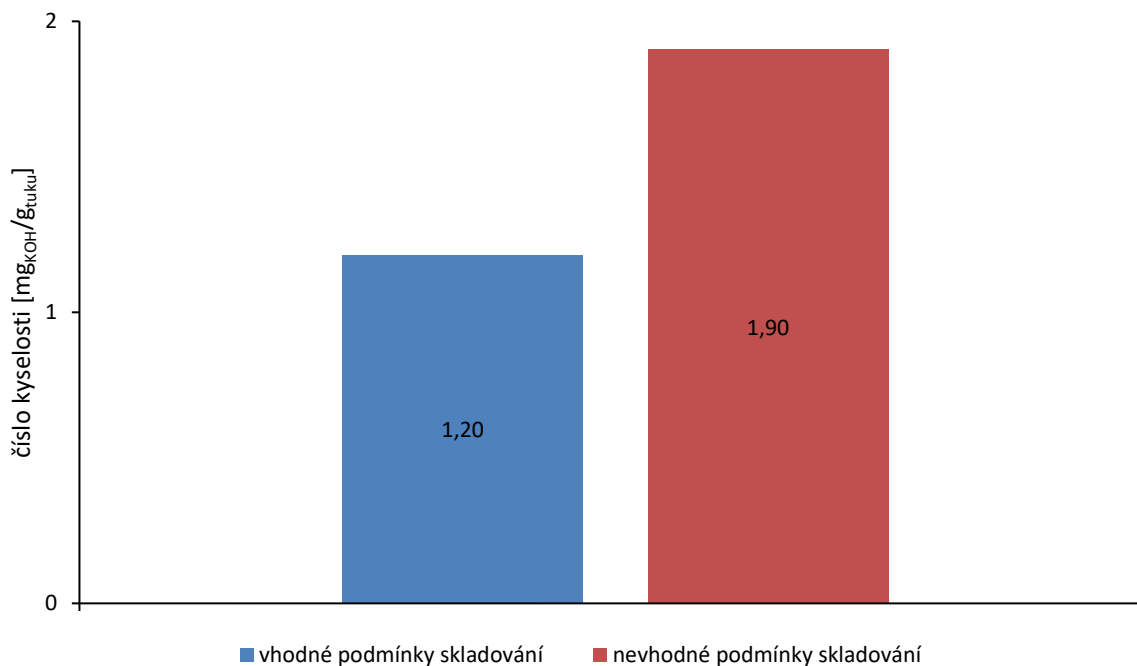


Obrázek 26: Porovnání hodnot čísel kyselosti u všech olejů před a po grilování masa a cibule



Obrázek 27: Porovnání hodnot čísel kyselosti u všech olejů před a po fritování masa a cibule

U lněného oleje je číslo kyselosti, jak můžeme vidět na Obrázku 28, mnohem vyšší u vzorku skladovaného mimo lednici a na světle. To potvrzuje fakt, že při nevhodném skladování olejů může docházet k nežádoucím reakcím a vzniku volných mastných kyselin.



Obrázek 28: Porovnání hodnot čísel kyselosti u lněného oleje skladovaného za vhodných a nevhodných podmínek po dobu 3 měsíců

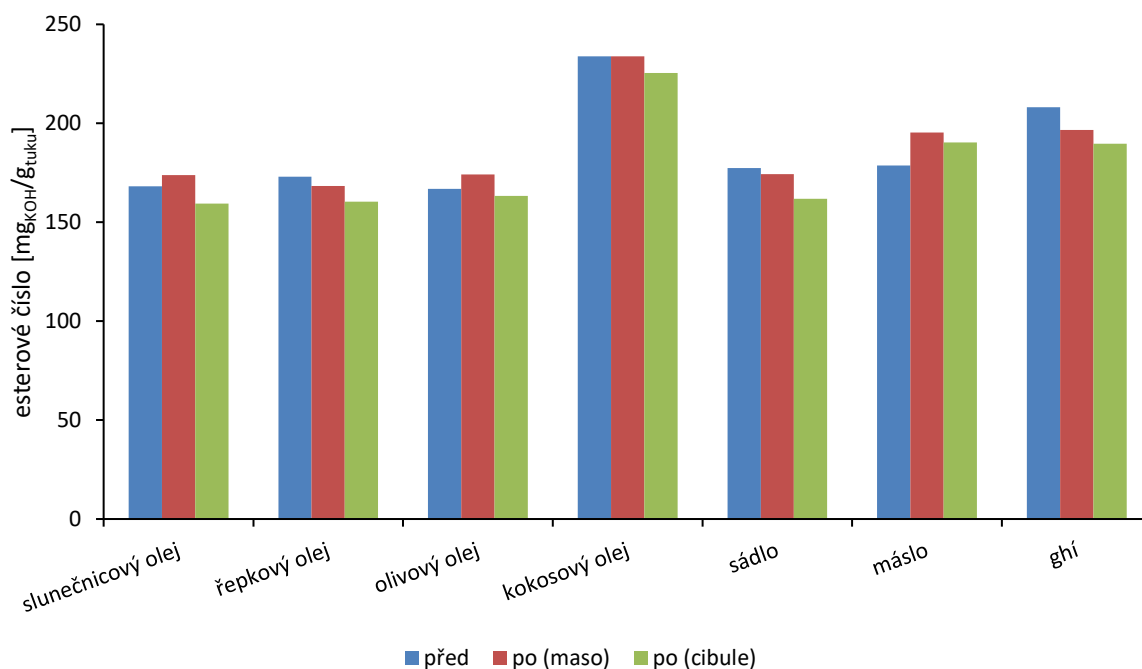
Z naměřených hodnot je zřejmé, že po žádné kulinářské úpravě nedošlo ke zvýšení čísla kyselosti nad hodnotu 10, aby se tuk mohl považovat za tuk špatné kvality. Tuky byly podrobovány zahřátí při kulinářských úpravách relativně krátkou dobu, jelikož bylo upravováno malé množství potravin. Je možné, že kdyby byl tuk použit na úpravy opakovaně, nebo bylo upravováno větší množství potravin, a tím pádem byl olej vystaven vysoké teplotě po delší dobu, mohly by hodnoty u některých tuků vystoupat nad hodnotu 10, a tudíž se řadit mezi tuky špatné kvality.

5.3 Esterové číslo

Esterové číslo bylo vypočítáno z rozdílu čísla zmýdelnění a čísla kyselosti a vyjadřuje množství esterově vázaných mastných kyselin. Dále byl vypočítán celkový obsah glycerolu v jednotlivých vzorcích tuků a olejů podle rovnice (2).

$$\% \text{ glycerolu} = 0,0547 \cdot \text{esterové číslo} \quad (2)$$

Na Obrázku 29 můžeme vidět porovnání změn vypočítaných esterových čísel u všech tuků a olejů před a po smažení masa a cibule. U všech ostatních kulinářských úprav je trend podobný (viz Obrázky 50–54 v přílohách). Jelikož esterové číslo je dáno rozdílem dvou hodnot, které byly také v tomto experimentu měřeny a u kterých mohlo dojít k určité chybě, musíme počítat s jistou odchylkou. Obsah glycerolu ve vzorcích se pohyboval v rozmezí 7–13 % a konkrétní hodnoty pro jednotlivé tuky a oleje můžeme vidět v příloze v Tabulce 24 a 26.



Obrázek 29: Porovnání hodnot esterových čísel u všech olejů před a po smažení masa a cibule

5.4 Jodové číslo podle Hanuš

Jodové číslo určuje index nenasycenosti tuku, tzn. obsah dvojných vazeb ve vzorku tuku. Udává množství jodu navázaného na 100 g vzorku.

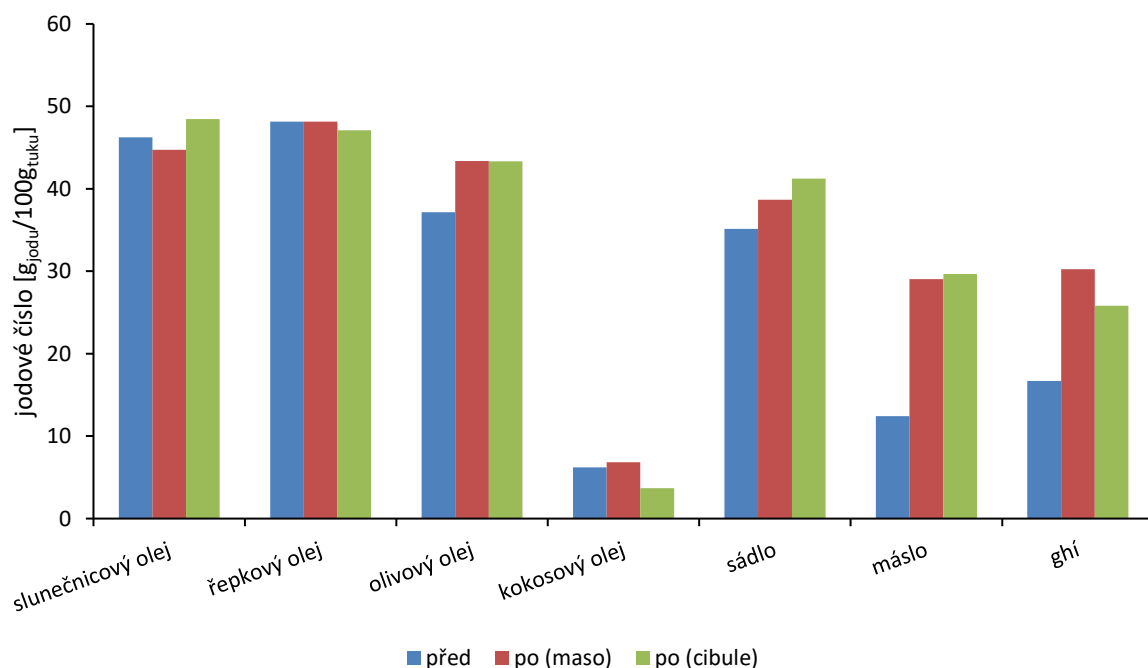
Čím nižší hodnota jodového čísla je, tím je tuk odolnější vůči žluknutí. Nejnižší jodové číslo má kokosový olej, jelikož obsahuje velké množství nasycených mastných kyselin, které jod nepřijímají. Naopak nejvyšší jodové číslo má lněný olej, jelikož obsahuje naopak nejvíce nenasycených MK a je ze všech olejů nejvíce náchylný k oxidaci. S nárůstem dvojných nebo trojných vazeb se zvyšuje reaktivita s jódem a při reakci se spotřebovává více jódu, a proto dochází ke zvyšování jodového čísla.

Tabulka 16: Tabelované hodnoty jodového čísla pro jednotlivé tuky a oleje a hodnoty tuků před kulinářskými úpravami [47] [67] [69] [70].

[g _{jodu} /100g _{tuku}]	tabelované hodnoty jodového čísla	naměřené hodnoty jodového čísla u původních vzorků
slunečnicový olej	125–140	46,23
řepkový olej	90–140	48,16
olivový olej	79–90	37,15
kokosový olej	7,5–10,5	6,21
sádlo	30–90	35,15
máslo	25–40	12,43
ghí	26–38	16,7
lněný olej	170–204	50,3

Jak můžeme vidět v Tabulce 16, rozdíl je u slunečnicového oleje, kdy mnou naměřená hodnota 46,23 g_{jodu}/100g_{tuku} nespadá do rozmezí hodnot 125–140 g_{jodu}/100g_{tuku}, hodnota 48,16 g_{jodu}/100g_{tuku} u řepkového oleje taktéž nespadá do tabelovaného rozmezí 90–140 g_{jodu}/100g_{tuku}, u olivového oleje je rozmezí tabelovaných hodnot 79–90 g_{jodu}/100g_{tuku}, kam v mém případě naměřená hodnota 37,15 g_{jodu}/100g_{tuku} taktéž nespadá. Nejvýraznější rozdíl je u lněného oleje, který obsahuje největší množství polynenasycených MK, kdy byla naměřena hodnota jodového čísla pouze 50,3 g_{jodu}/100g_{tuku} a rozmezí tabelovaných hodnot je 170–204 g_{jodu}/100g_{tuku}. Odlišné hodnoty mohou být způsobeny tím, že oleje mohou pocházet z oblastí s jinými klimatickými podmínkami nebo může být rozdílná odrůda. Rozdíly, ovšem ne tak markantní, jsou i u másla, ghí a kokosového oleje. Jediným tukem, jehož hodnota jodového čísla spadá do rozmezí tabelovaných hodnot je sádlo.

Bylo zjištěno, že po zahřátí oleje obsahující polynenasycené MK dochází v důsledku termooxidačních přeměn ke ztrátám těchto kyselin a tím pádem i ke snižování jodového čísla [51]. Tohle tvrzení se v případě mých naměřených hodnot nepotvrdilo.



Obrázek 30: Porovnání hodnot jodových čísel u všech olejů před a po smažení masa a cibule

Při kulinářských úpravách na slunečnicovém oleji, který obsahuje velké množství PUFA, došlo ke snížení jodového čísla pouze v několika případech, jak je vidět na Obrázcích 30–34. Může to být způsobeno tím, že tuky byly vystavovány vysoké teplotě relativně krátkou dobu. Nemělo by ovšem po tepelné úpravě docházet ke zvyšování jodového čísla, což naznačuje vznik nových PUFA, popřípadě MUFA, a to po tepelném záhřevu není možné. V těchto případech muselo dojít k chybnému stanovení jodového čísla původních tuků a olejů, jelikož trend se u kulinářských úprav opakuje. Při porovnání jodového čísla a složení mastných kyselin je jasné, že jedno měření neproběhlo správně.

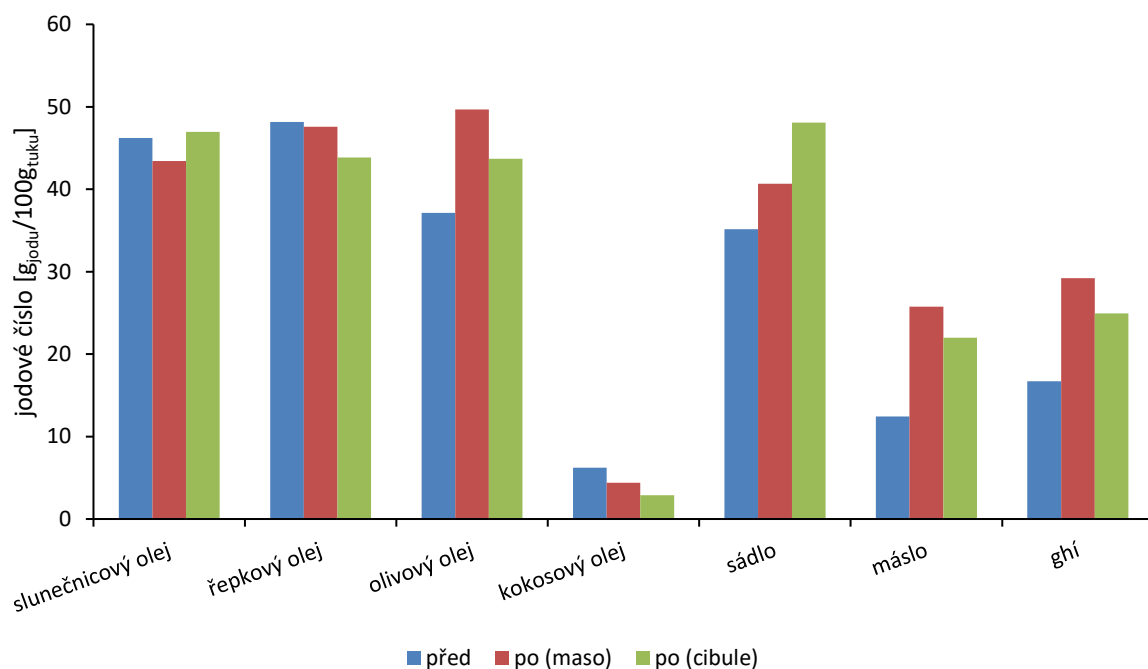
V tabulce 17 můžeme vidět zastoupení mastných kyselin jednotlivých tuků a olejů, které bylo používáno v této práci. Tabulka 18 ukazuje hodnoty zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů, které jsou uváděny v literatuře. Při porovnání hodnot v těchto tabulkách dojdeme k závěru, že mnou naměřené zastoupení mastných kyselin se shoduje s hodnotami v literatuře [71] [72] [73] [74] [75]. Můžeme tedy říci, že analýza MK na plynovém chromatografu byla provedena správně. Jelikož naměřená jodová čísla nekorelují s množstvím nenasycených MK naměřených na plynovém chromatografu, je zřejmé, že při stanovování jodového čísla došlo k chybě. Ta může být způsobena například chybnou přípravou roztoků k analýze.

Tabulka 17: Zastoupení MK u jednotlivých tuků a olejů naměřené v mém experimentu

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí	lněný olej
C8:0	–	–	–	8,34	–	1,85	–	–
C10:0	–	–	–	7,02	–	3,99	–	–
C12:0	–	–	–	51,53	–	4,44	1,33	–
C14:0	–	–	–	18,62	–	12,77	12,34	–
C16:0	7,41	4,95	11,79	7,59	23,99	35,27	31,24	5,81
C16:1	–	–	1,15	–	2,12	2,17	–	–
C18:0	3,71	1,89	2,93	2,41	13,25	9,06	8,44	4,14
C18:1c	32,97	61,65	75,41	2,10	41,07	22,18	25,66	18,73
C18:2c	54,11	17,69	6,73	–	12,05	2,25	2,38	13,31
C18:3d3	–	7,06	0,44	–	0,59	–	–	53,52
C20:0	–	–	–	–	0,39	–	–	–

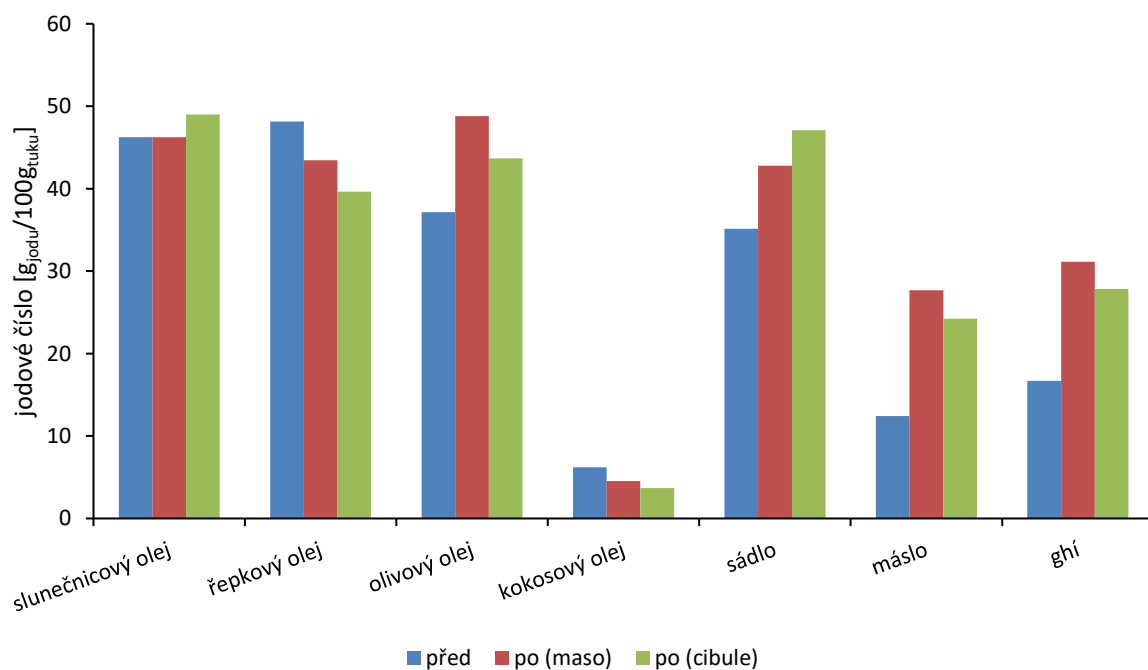
Tabulka 18: Zastoupení MK u jednotlivých tuků a olejů získané v literatuře [71] [72] [73] [74] [75].

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí	lněný olej
C8:0	–	–	–	7,6	–	1,36	–	–
C10:0	–	–	–	6,5	–	3,13	–	–
C12:0	–	–	–	48,2	–	4,05	2,98	–
C14:0	–	–	–	18,5	–	12,00	12,2	–
C16:0	6,4	4,38	12,1	8,7	24,57	31,77	38,3	6,58
C16:1	–	–	0,8	–	1,76	1,72	–	–
C18:0	4,5	1,52	2,6	2,7	13,38	10,11	9,57	4,4
C18:1c	22,1	60,98	72,5	6,0	40,02	17,75	31,8	18,51
C18:2c	65,6	20,61	8,9	–	12,95	1,49	1,40	17,25
C18:3d3	–	9,56	0,6	–	0,53	–	–	53,21
C20:0	–	–	–	–	0,14	–	–	–

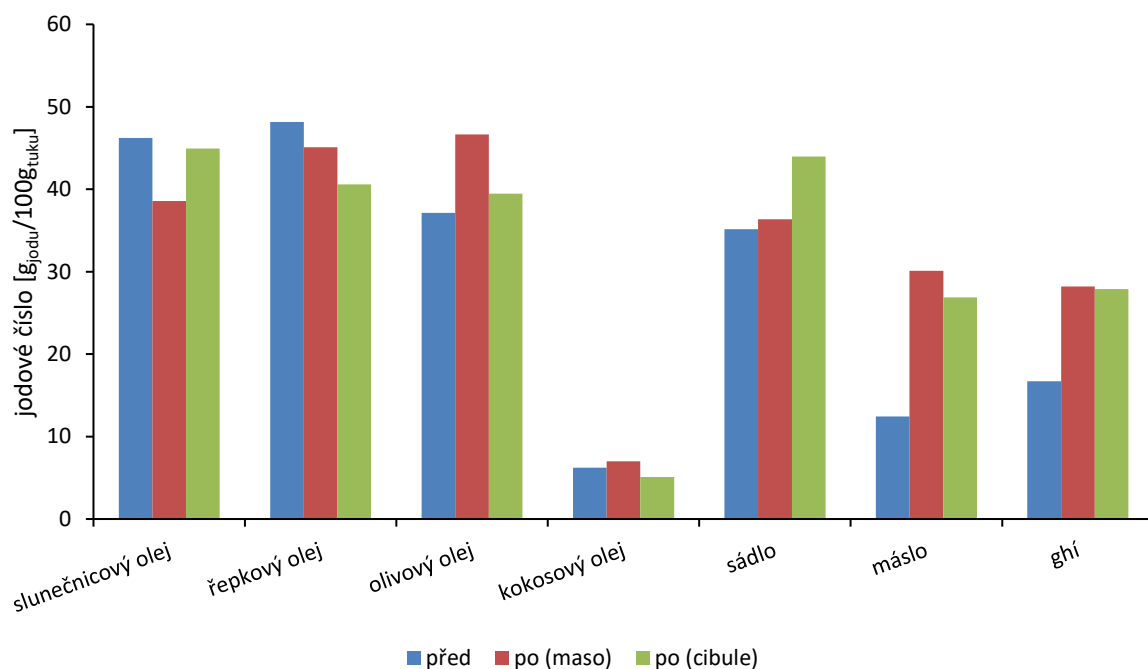


Obrázek 31: Porovnání hodnot jodových čísel u všech olejů před a po pečení masa a cibule

U jodového čísla došlo u čtyř tuků a olejů ke stejným změnám při všech provedených kulinářských úpravách. Při použití olivového oleje, sádla, másla a ghí bylo při všech úpravách naměřeno vyšší jodové číslo. Ke zvýšení došlo i při třech úpravách cibule na slunečnicovém oleji (smažení, pečení a dušení).

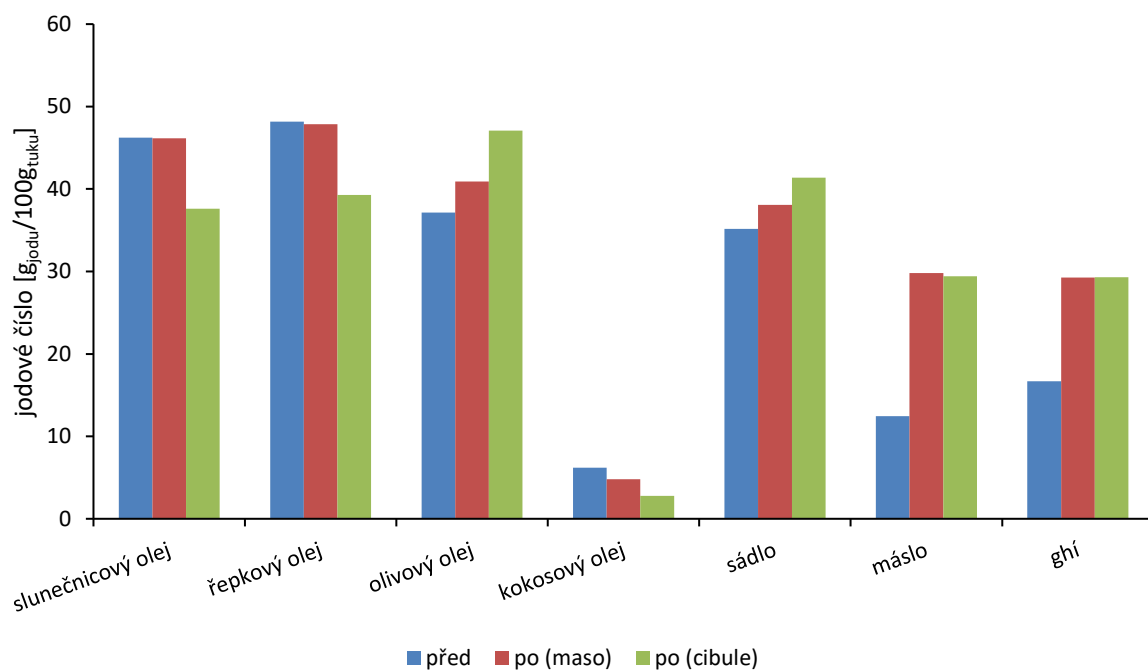


Obrázek 32: Porovnání hodnot jodových čísel u všech olejů před a po dušení masa a cibule



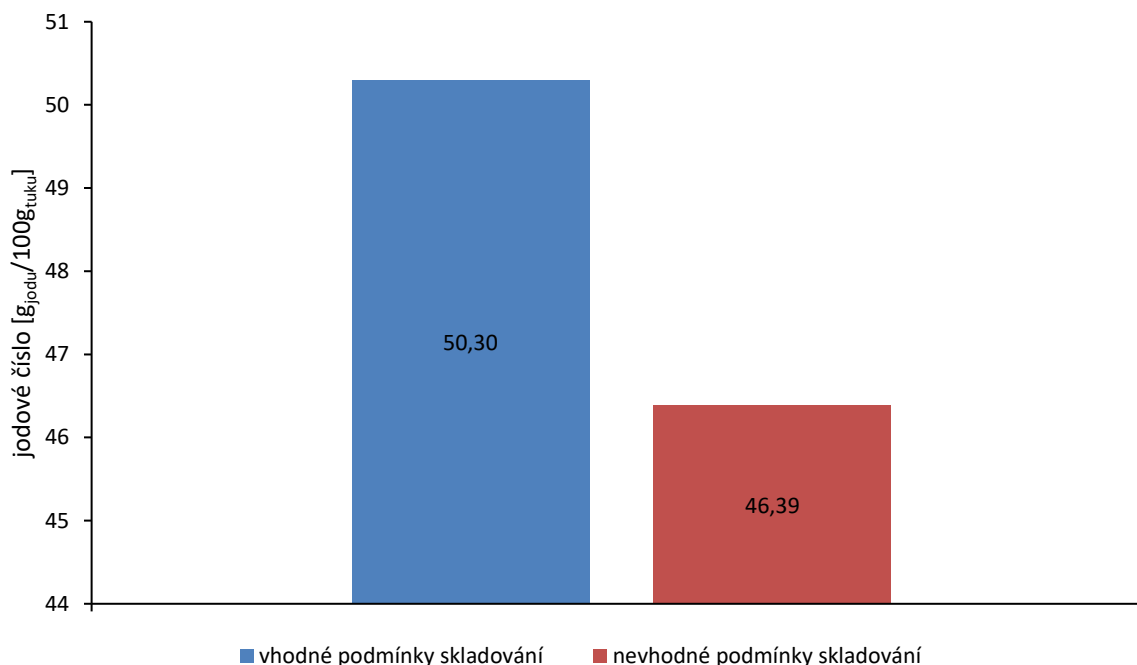
Obrázek 33: Porovnání hodnot jodových čísel u všech olejů před a po grilování masa a cibule

Jediný olej, u kterého došlo během všech tepelných úprav ke snížení jodového čísla je řepkový olej. U toho bylo naměřeno jodové číslo při tepelné úpravě cibule vždy nižší než při úpravě masa.



Obrázek 34: Porovnání hodnot jodových čísel u všech olejů před a po fritování masa a cibule

V případě lněného oleje, jak je zřejmé z Obrázku 35, je hodnota jodového čísla u vzorku skladovaného ve vhodných podmínkách vyšší než u vzorku oleje skladovaného za nepříznivých podmínek. To je způsobeno tím, že při nevhodném skladování dochází k termooxidačním přeměnám a ke ztrátám polynenasycených kyselin. Z důvodu poklesu polynenasycených MK dochází i k poklesu jodového čísla.

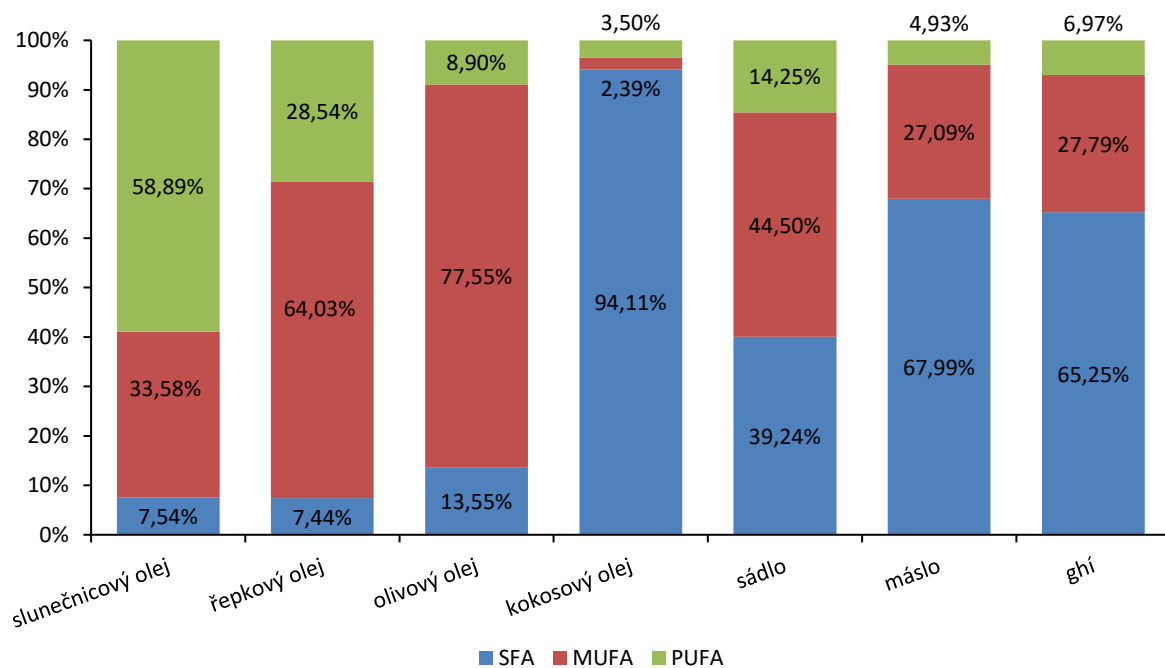


Obrázek 35: Porovnání hodnot jodového čísla u lněného oleje skladovaného za vhodných a nevhodných podmínek

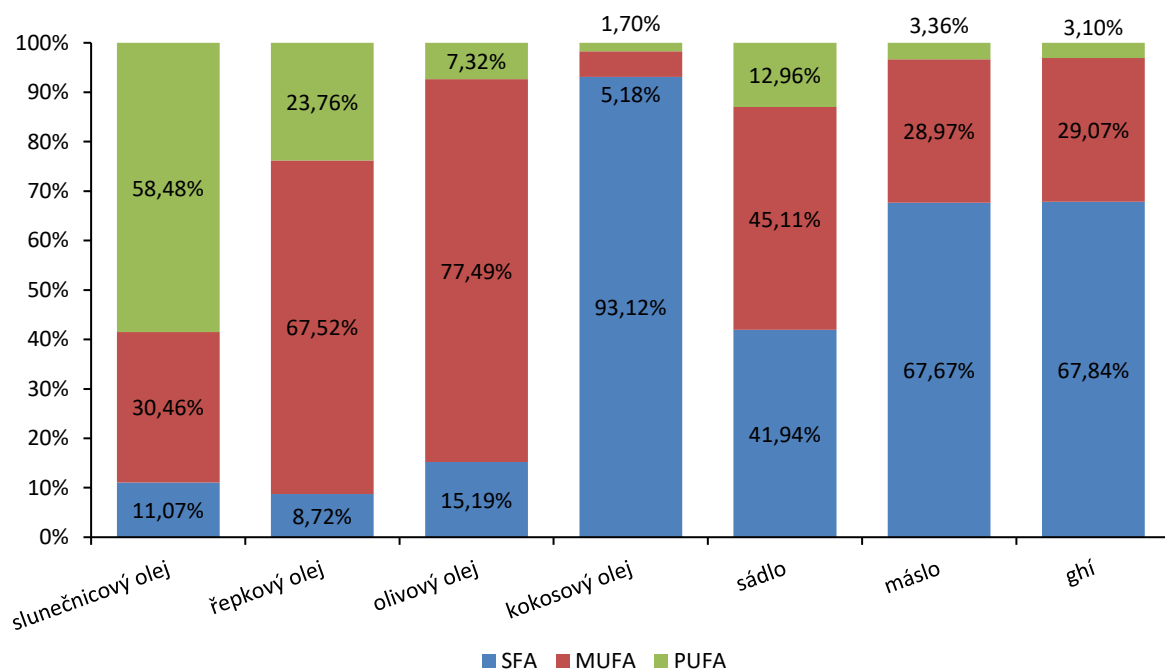
5.5 Analýza mastných kyselin pomocí plynové chromatografie

Mastné kyseliny byly stanoveny pomocí plynového chromatografu s FID detektorem (viz kapitola 4.3.3). Zastoupení mastných kyselin bylo měřeno u vzorků původních tuků, u tuků podrobených všem kulinářským úpravám s masem a cibulí a u lněného oleje skladovaného za nevhodných podmínek. Hodnoty byly vypočítány pomocí standardů pro GC analýzu, které zahrnují retenční časy, koncentrace a plochy píků methylesterů mastných kyselin.

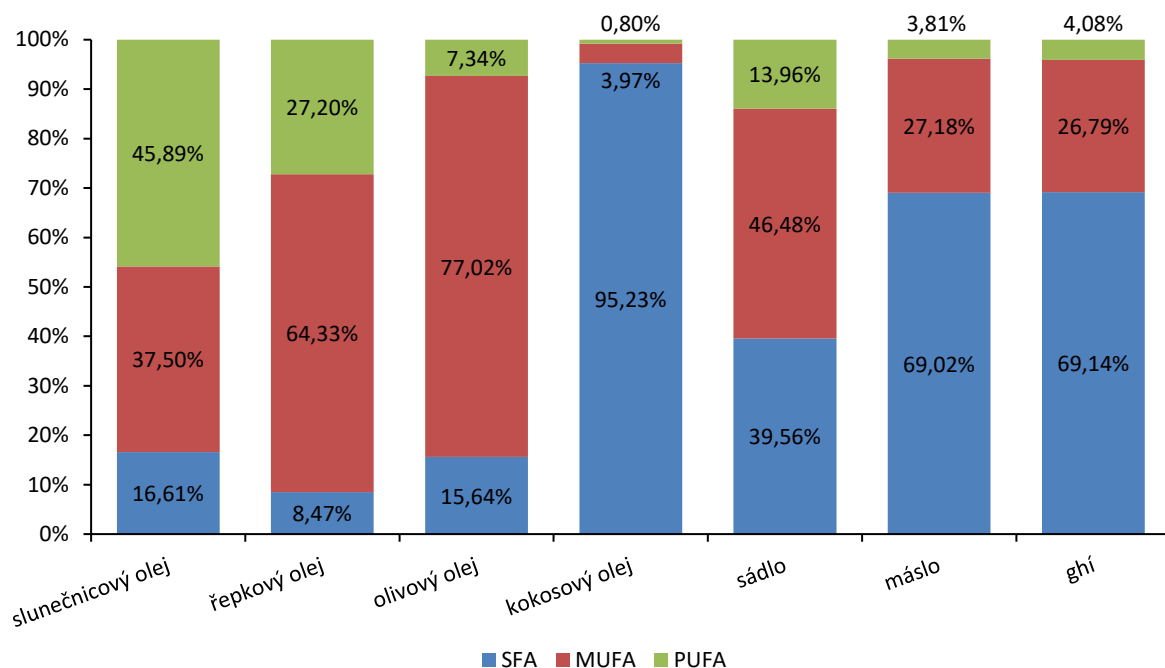
Na Obrázku 36 můžeme vidět procentuální zastoupení SFA, MUFA a PUFA u všech vzorků. Bylo potvrzeno, že největší podíl polynenasycených mastných kyselin obsahuje slunečnicový olej (55 %), největší množství mononenasycených MK obsahuje olej olivový (75 %) a nejvíce nasycených MK obsahuje kokosový olej (95 %).



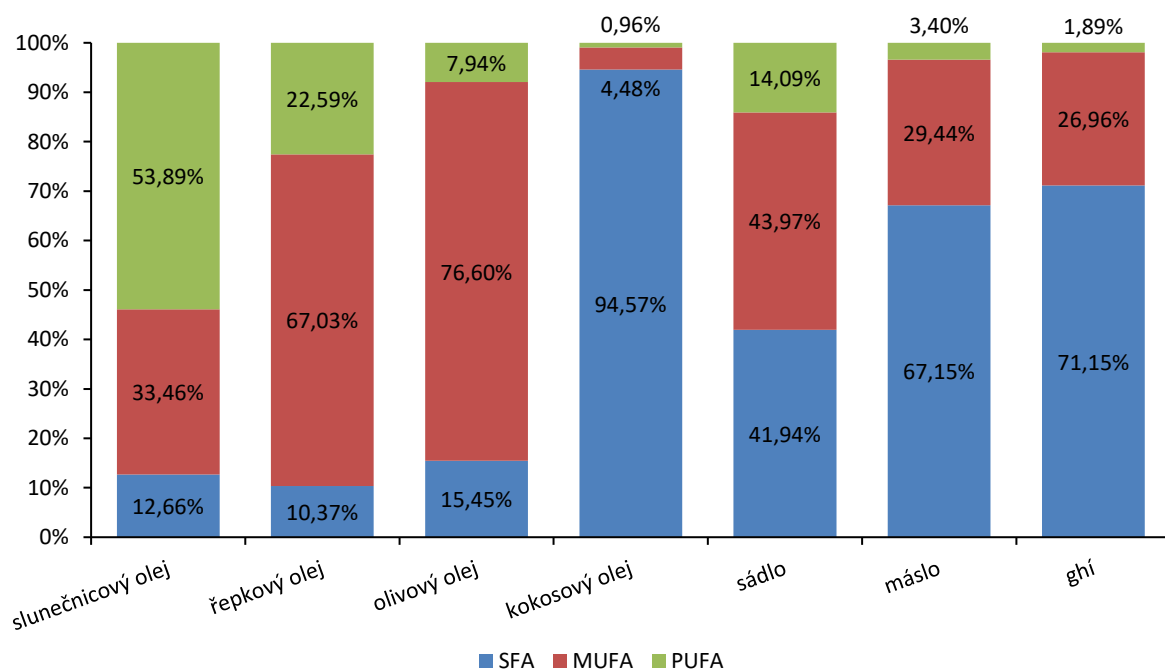
Obrázek 36: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů před kulinářskými úpravami



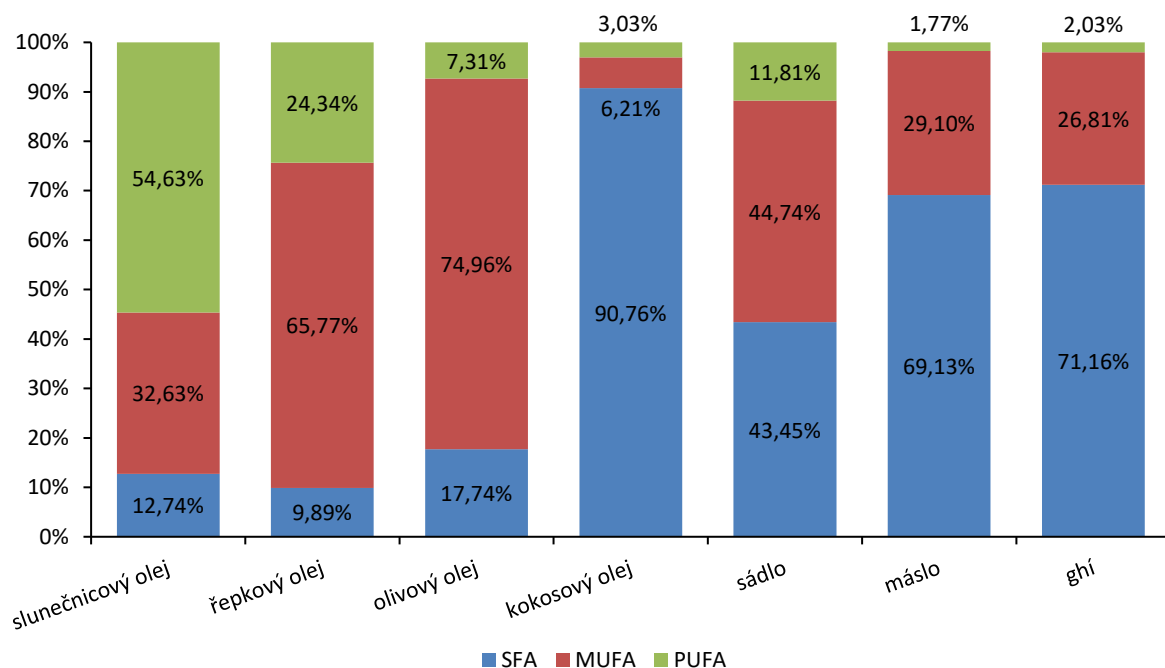
Obrázek 37: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po smažení masa



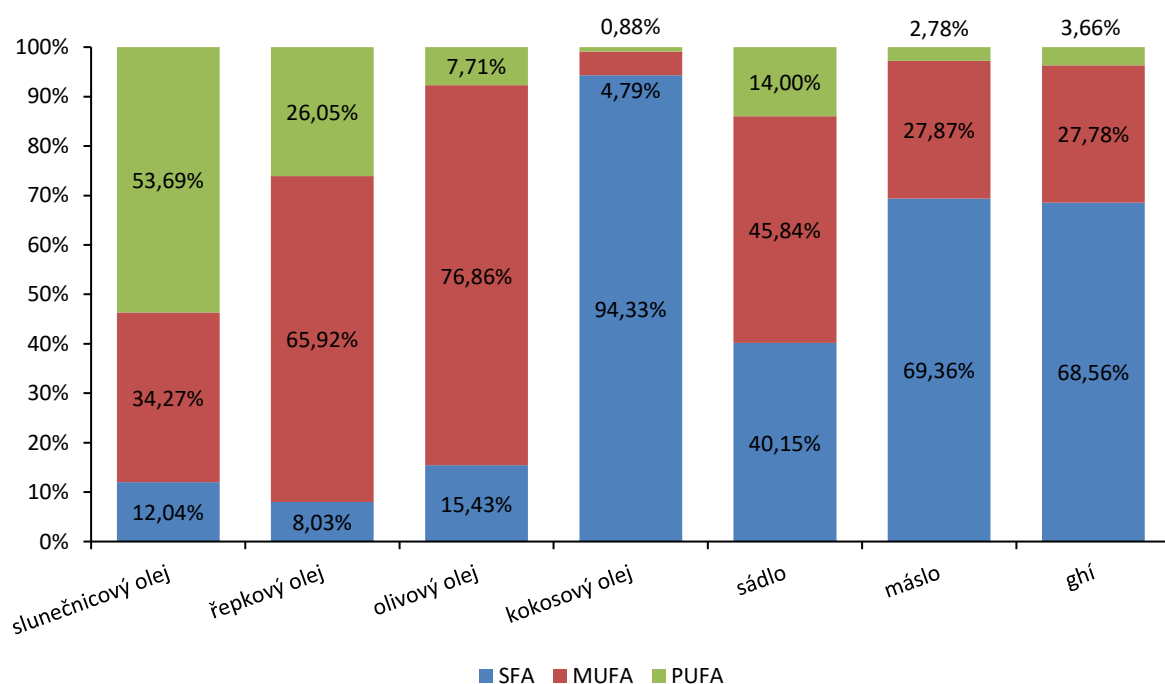
Obrázek 38: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po pečení masa



Obrázek 39: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po dušení masa

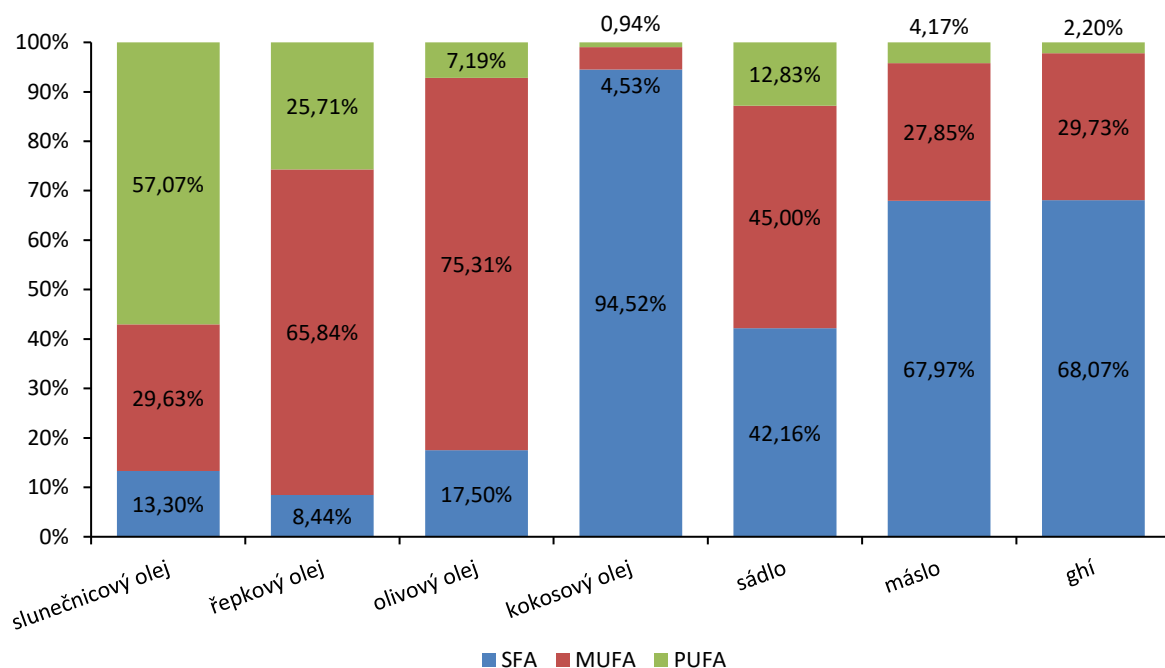


Obrázek 40: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po grilování masa

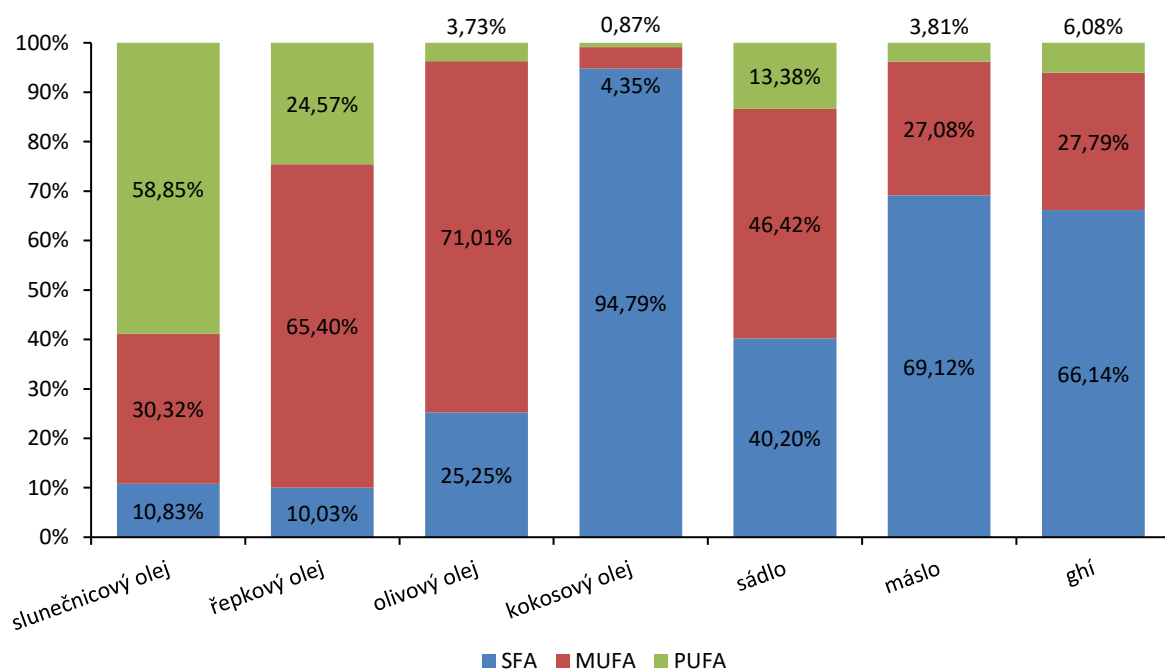


Obrázek 41: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po fritování masa

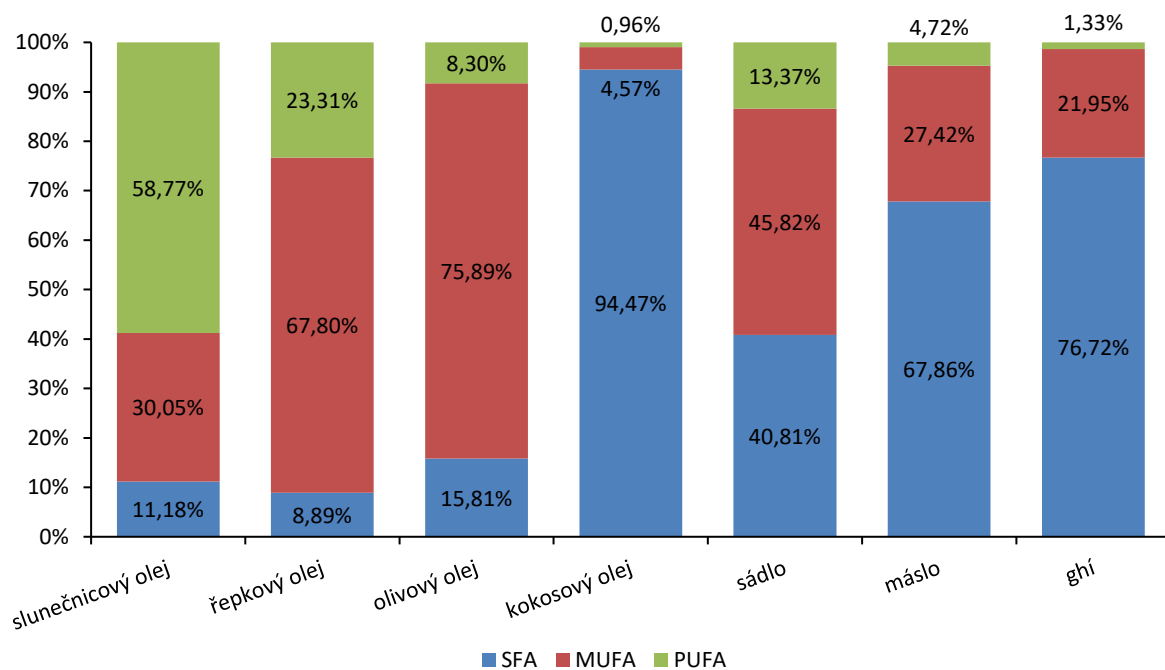
Z uvedených obrázků (Obrázky 37–46) je zřejmé že u žádného vzorku (ani u cibule ani u masa) nedošlo oproti původnímu vzorku k výrazné změně procentuálního zastoupení nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin. Je možné, že dochází k degradaci PUFA pouze na méně nasycené, nebo ke změnám v konformacích cis a trans.



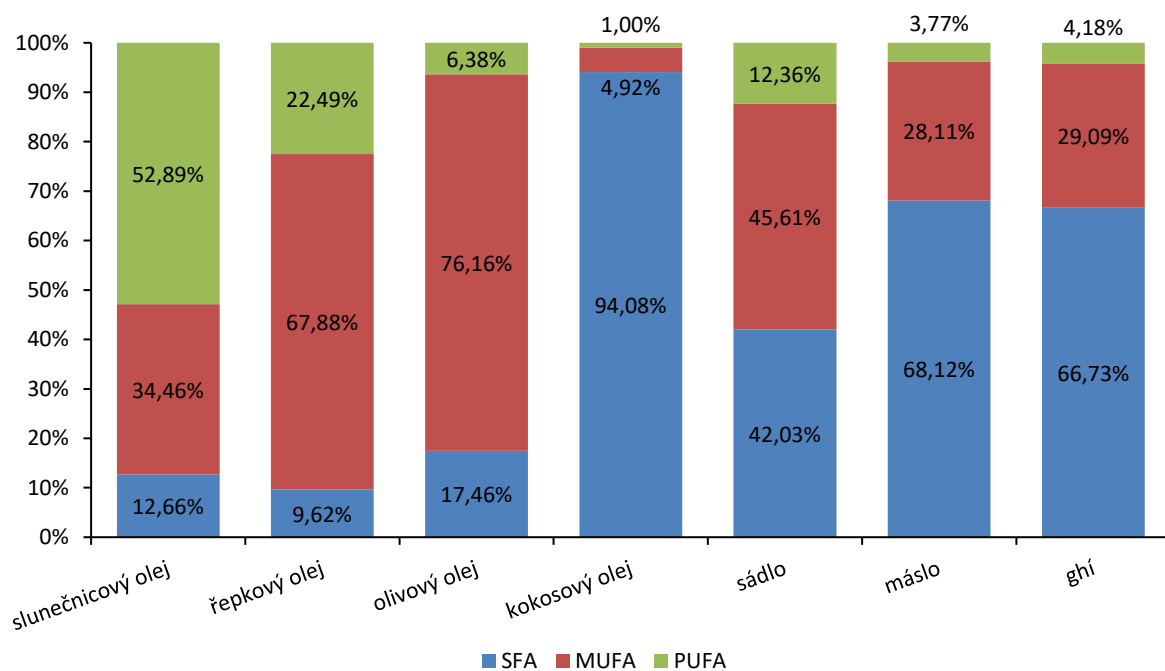
Obrázek 42: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po smažení cibule



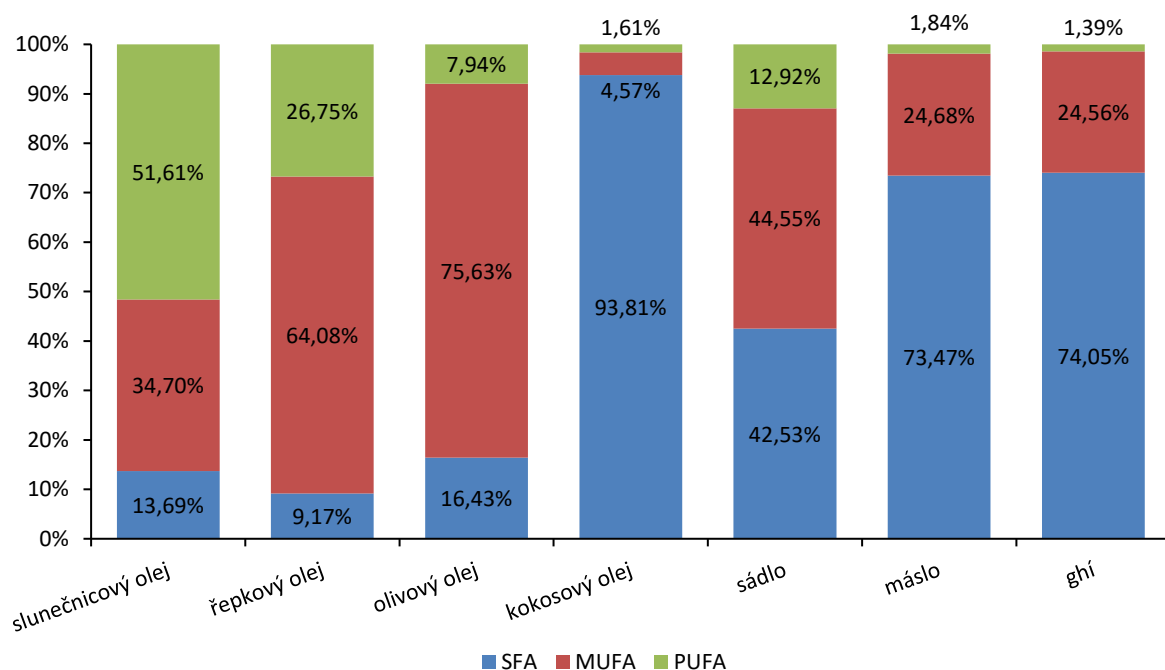
Obrázek 43: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po pečení cibule



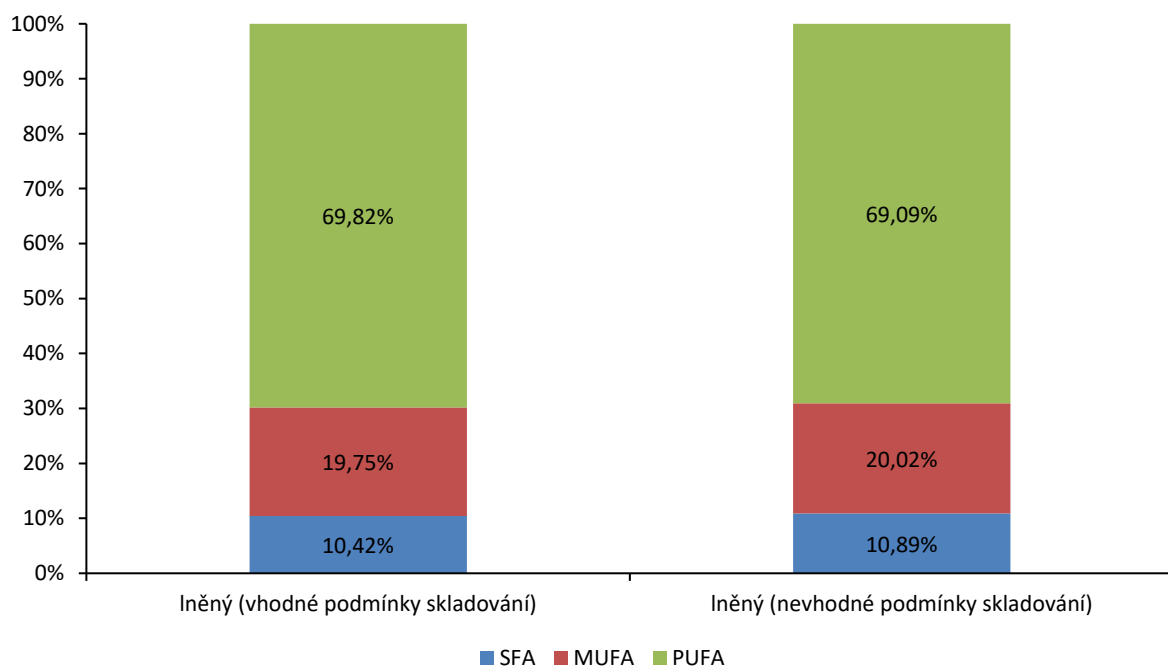
Obrázek 44: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po dušení cibule



Obrázek 45: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po grilování cibule

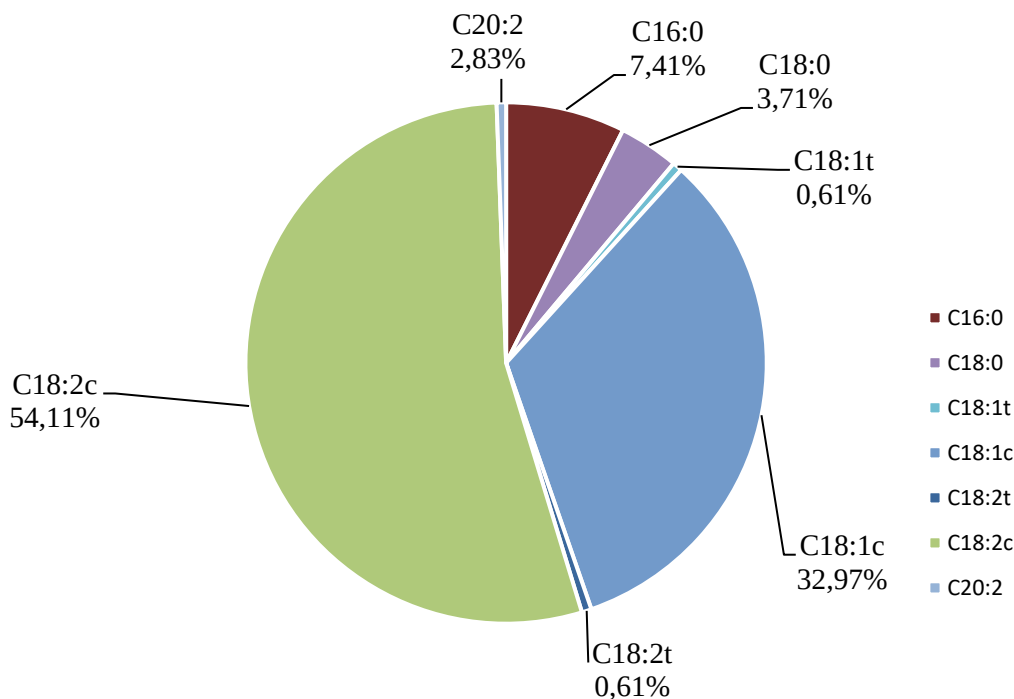


Obrázek 46: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po fritování cibule



Obrázek 47: Procentuální zastoupení mastných kyselin u lněného oleje skladovaného při vhodných a nevhodných podmínkách

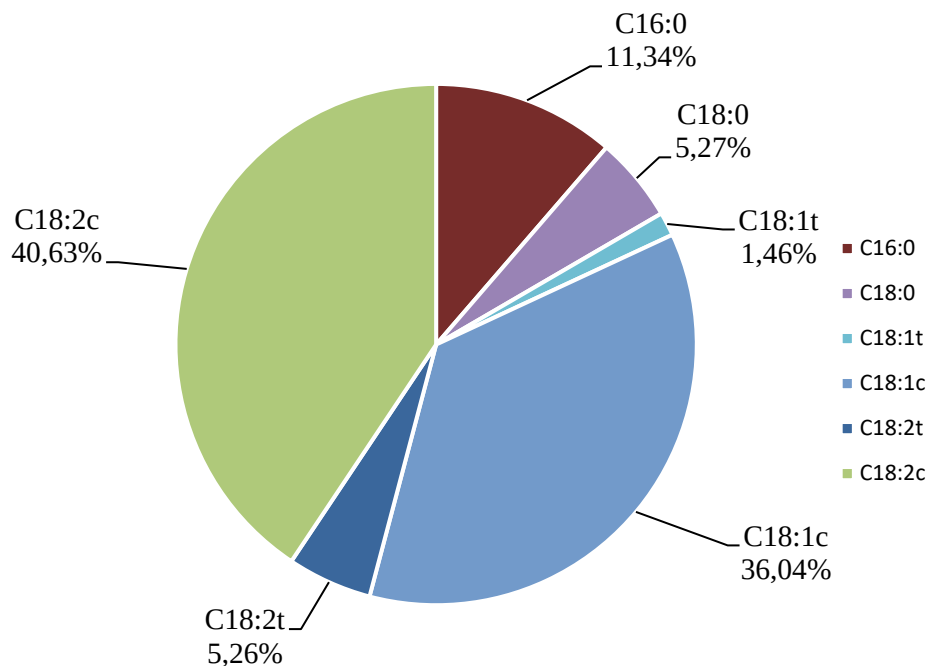
K největší změně ze všech vzorků došlo u vzorku slunečnicového oleje, na kterém bylo pečeno maso. Při této úpravě došlo oproti původnímu vzorku ke snížení PUFA o 9,42 %. Jak je vidět na Obrázku 48 v původním slunečnicovém oleji je nejvíce zastoupená kyselina linolová (cis), dále pak kyselina olejová (cis), malé množství těchto kyselin v konfiguraci trans, kyselina palmitová, stearová a eikosadienová.



Obrázek 48: Zastoupení mastných kyselin ve slunečnicovém oleji nevyužívaném na kulinářské úpravy

Po pečení masa na tomto oleji došlo ke snížení polynenasycené kyseliny linolové (cis), ke zvýšení procentuálního množství nasycených mastných kyselin a také ke zvýšení procentuálního množství nenasycených mastných kyselin v konfiguraci trans (Obrázek 49).

Slunečnicový olej má nízký bod přepalování (110 °C), je tedy ze všech používaných olejů a tuků nejvíce náchylný k oxidaci. Pečení je proces probíhající při teplotě 175 °C a relativně dlouhou dobu, v mém experimentu pečení trvalo přibližně 30 minut. Ukázalo se tedy, že slunečnicový olej není vhodné používat při vysokých teplotách delší dobu, jelikož dochází ke vzniku nežádoucích trans mastných kyselin.



Obrázek 49: Zastoupení mastných kyselin ve slunečnicovém oleji po pečení masa

Zastoupení jednotlivých mastných kyselin bylo zjištěno u všech vzorků a sepsáno do tabulek (viz Tabulky 30–40 v přílohách). Bylo potvrzeno, že lněný olej obsahuje skoro z 50 % omega-3 mastnou kyselinu alfa-linolenovou, dalšími nejvíce zastoupenými MK v tomto oleji jsou kyselina olejová, linolová, palmitová a stearová. Kokosový olej obsahuje z 50 % kyselinu laurovou řadící se mezi MCT tuky, kyselinu myristovou, kaprylovou a palmitovou. Olivový olej obsahuje přibližně ze 75 % kyselinu olejovou, dále pak palmitovou a linolovou. V řepkovém oleji má největší zastoupení kyselina olejová, linolová, linolenová a palmitová. Sádlo, máslo a ghí mají nejvíce zastoupenou kyselinu palmitovou, olejovou, myristovou, stearovou a linolovou. Z měření bylo zjištěno, že nejvíce vznikaly trans mastné kyseliny právě po kulinářských úpravách na slunečnicovém oleji. Dalším tukem, u které se častěji vyskytovaly trans mastné kyseliny bylo máslo, které má bod přepalování 149 °C a je s touto teplotou hned po slunečnicovém oleji druhý nejméně stabilní tuk při vyšších teplotách zkoumaný v této práci.

5.6 Stanovení vitamínu E pomocí kapalinové chromatografie

Vitamín E je důležitý vitamín rozpustný v tucích. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.3, nejvíce je obsažen v rostlinných olejích, které byly šetrně upravovány. Chrání nenasycené mastné kyseliny před oxidačním stresem. Množství vitamínu E bylo měřeno u původních vzorků, vzorků, na kterých probíhala úprava masa, a u lněného oleje skladovaného při nevhodných podmínkách. Analýza probíhala pomocí vysokoúčinného kapalinového chromatografu s UV-VIS detekcí. Koncentrace vitamínu byla vypočítána pomocí rovnice kalibrační křivky standardu alfa-tokoferolu: $y = 0,669x + 0,3371$. Kalibrační křivka je uvedena v přílohách jako Obrázek 55.

Největší množství vitamínu E bylo stanoveno v rostlinných olejích. Nejvíce v řepkovém oleji a to 29,94 µg/ml. Vysoké hodnoty vitamínu E obsahoval i slunečnicový (28,87 µg/ml) a lněný olej (25,45 µg/ml). Ze živočišných tuků bylo naměřeno největší množství u másla, a to hodnota 10,68 µg/ml. Ostatní živočišné tuky obsahovaly pouze stopová množství tohoto vitamínu. Přesné hodnoty množství vitamínu E po jednotlivých úpravách s masem, jakožto bílkovinou potravinou, ve srovnání se vzorkem původního tuku jsou uvedeném v Tabulce 19.

Po jednotlivých kulinářských úpravách došlo ve většině případů k malému snížení množství vitamínu E. Pokles může být dán oxidací tokoferolů při zvýšené teplotě a světle. Množství tokoferolů souvisí se způsobem skladování olejů a tuků a také s postupem výroby samotného oleje, kdy nerafinované oleje obsahují více množství vitamínu E než rafinované.

Tabulka 19: Množství vitamínu E před a po kulinářských úpravách s masem a u lněného oleje skladovaného při nevhodných podmínkách

[µg/ml]	původní	smažení	pečení	dušení	grilování	fritování	nevhodné podmínky
slunečnicový olej	28,87	28,09	27,93	27,83	27,03	27,86	
řepkový olej	29,94	27,90	27,19	29,89	25,30	26,2	
olivový olej	9,30	9,25	8,10	8,32	7,50	7,77	
kokosový olej	0,6	0,02	0,50	0,51	0,08	0,00	
sádlo	1,74	0,60	0,86	1,23	1,01	0,58	
máslo	10,68	8,05	10,36	7,12	7,8	7,77	
ghí	0,19	0,16	0,10	0,15	0,10	0,14	
lněný olej	25,45						25,21

6 ZÁVĚR

Rostlinné oleje a živočišné tuky jsou součástí každodenní stravy. Využívají se jak ve studené, tak v teplé kuchyni při různých kulinářských úpravách. Jelikož má každý tuk a olej jiné složení mastných kyselin a tím je jinak stabilní při vyšších teplotách, je důležitý správný výběr tuků a olejů na jednotlivé úpravy.

Tato diplomová práce je zaměřena na studium vlivu kulinářských úprav, respektive působení vysoké teploty, a nevhodného skladování na vybrané tuky a oleje. Bylo využíváno osm druhů tuků a olejů, a to slunečnicový olej, řepkový olej, olivový olej, kokosový olej, lněný olej, sádlo, máslo a ghí. Lněný olej byl po dobu přibližně 3 měsíců ponechán v nepříznivých podmínkách pro skladování, tj. na světle a v teple. Na ostatních tucích a olejích byly smaženy, pečený, dušeny, fritovány a grilovány modelové potraviny, bílkovinová-maso a sacharidová-cibule. Celkem bylo získáno 79 vzorků tuků a olejů, u kterých bylo následně stanoveno číslo zmydlení, číslo kyselosti, esterové číslo, jodové číslo, pomocí plynové chromatografie s FID detektorem bylo zjištěno kvalitativní i kvantitativní zastoupení mastných kyselin a množství vitamínu E bylo získáno vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií s UV-VIS detekcí.

Číslo zmydlení bylo naměřeno nejvyšší u kokosového oleje 235,09 mg_{KOH}/g_{tuku}. To souvisí s tím, že kokosový olej obsahuje převážně mastné kyseliny s kratšími řetězci a tím pádem malou molekulovou hmotností. Jeho nejvhodnější využití je proto převážně v kosmetice pro výrobu mýdel. Číslo zmydlení je nepřímo úměrné molekulové hmotnosti MK v tuku. Co se týká porovnání čísel zmydlení před a po kulinářských úpravách, došlo u všech vzorků k mírnému snížení čísla zmydlení než před úpravou. Stejně tak u lněného oleje byla naměřena nižší hodnota při skladování v nevhodných podmínkách. Zajímavé je, že u všech vzorků, na kterých byla upravována cibule, vyšly hodnoty nižší než u vzorků, kde probíhaly úpravy masa. To může souviset s obsahem nezmydlnitelných lipidů, izoprenoidů, konkrétně silic v cibuli, které se mohly uvolnit do tuku a snižovat tak procentuální zastoupení zmydlnitelných látek ve vzorku. Taktéž cibule obsahuje vodu, která mohla vzorek tuku mírně zředit.

Nejvyšší číslo kyselosti 4,10 mg_{KOH}/g_{tuku} bylo stanoveno při pečení masa na olivovém oleji. Podobná hodnota byla naměřena i při pečení cibule na olivovém oleji. To je způsobeno tím, že olivový olej obsahuje převážně nenasycené mastné kyseliny a hodí se spíše na studenou kuchyni, ne do teplé. Žádná naměřená hodnota nepřesáhla hodnotu 10 mg_{KOH}/g_{tuku}, aby se daný tuk mohl řadit mezi tuky špatné kvality. Je možné, že kdyby byly na stejném oleji prováděny úpravy víckrát, jak bývá často v restauracích, nebo bylo upravováno větší množství potraviny a tím pádem byl tuk vystaven vysoké teplotě delší dobu, byly by s největší pravděpodobností naměřené jiné výsledky.

Hodnoty jodového čísla tuků a olejů, které nebyly využity na kulinářské úpravy mají v porovnání s tabelovanými hodnotami hodnoty výrazně nižší. Hodnoty naměřených jodových čísel nekorelují se zastoupením mastných kyselin, které byly u jednotlivých vzorků naměřeny na plynovém chromatografu. Jelikož zastoupení masných kyselin se shoduje s hodnotami, které najdeme v literatuře, nejspíše došlo při získávání jodového čísla k chybnému měření.

Složení mastných kyselin se nejvíce změnilo u slunečnicového oleje, konkrétně u pečení masa na tomto oleji došlo k poklesu polynenasycených MK o 9,42 %. Snížilo se množství

nejvíce zastoupené kyseliny linolové (cis) a došlo ke vzniku většího množství této kyseliny ve formě trans, také většího množství kyseliny olejové ve formě trans a zvýšení množství kyseliny palmitové. Slunečnicový olej obsahuje ze všech olejů používaných na kulinářské úpravy nejvíce polynenasycených MK, a tudíž má nejnižší bod přepalování (110 °C). Jelikož pečení probíhalo ze všech úprav nejdelší dobu, vznikl nejspíš největší rozdíl při této úpravě. Dalším tukem, u kterého se po úpravách vyskytly trans mastné kyseliny bylo máslo. Tuk, který obsahuje malé procento PUFA, ale má hned po slunečnicovém oleji druhý nejnižší bod přepalování 149 °C.

Nejvíce vitamínu E obsahují rostlinné oleje, což bylo v této práci potvrzeno. Největší množství vitamínu E bylo stanoveno v řepkovém oleji a to 29,94 µg/ml. Vysoké hodnoty vitamínu E obsahoval i slunečnicový (28,87 µg/ml) a lněný olej (25,45 µg/ml). Ze živočišných tuků bylo naměřeno největší množství u másla, a to hodnota 10,68 µg/ml. Ostatní živočišné tuky obsahovaly pouze stopová množství tohoto vitamínu. Po kulinářských úpravách došlo ve většině případů k mírnému snížení vitamínu. To bude nejspíše způsobeno citlivostí tokoferolů na světlo a teplo.

Je zřejmé, že oleje, které obsahují větší množství polynenasycených mastných kyselin (lněný a slunečnicový) nejsou stabilní oleje. Jak bylo zmíněno výše, u slunečnicového oleje došlo po tepelných úpravách k největšímu snížení PUFA, a také k většímu výskytu trans mastných kyselin. Přitom je tento tepelně labilní olej hojně používán v teplé kuchyni v domácnostech i restauracích. Slunečnicový olej bych při tepelných úpravách vyměnila například za stabilnější řepkový olej, který má v podstatě stejnou chuť, a hlavně stejné využití v kuchyni jako slunečnicový. K tepelným úpravám se určitě hodí i kokosový olej a například ghí, které ovšem dávají potravině charakteristickou chuť, která někomu nemusí být příjemná. Máslo bych doporučila spíše na krátkodobé zahřívání, například restování zeleniny. Je určitě potřebné zařazovat do stravy oleje bohaté na nenasycené mastné kyseliny zejména na omega mastné kyseliny. Proto je doporučeno využívat slunečnicový, olivový nebo třeba oleje z různých ořechů ve studené kuchyni například do salátů. Olivový olej stejně jako slunečnicový po zahřátí nevycházel nejlépe. Není tedy doporučeno ho využívat v teplé kuchyni, ale ve studené, kde se alespoň využije jeho potenciál v podobě hezkého složení nenasycených mastných kyselin a aktivních látek. Lněný olej je taktéž olej nutričně bohatý, jen je potřeba respektovat jeho oxidační nestabilitu a uchovávat ho v tmavých lahvích v lednici. Opět se hodí například do salátů a zálivek.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ODSTRČIL, Jaroslav a Milada ODSTRČILOVÁ. *Chemie potravin*. Brno. ISBN 80-701-3435-6.
- [2] HEJDA, S. *Výživa a zdravotní stav člověka*: 1.vyd. Praha: Avicenum, 1987. 200 s.
- [3] POŘÍZKA, Jaromír, Ing., Ph.D. *Prezentace. Technologie potravin: Modifikace rostlinných olejů – hydrogenace* Vysoké učení technické Brno, Fakulta chemická, 2020 [online] [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://moodle.vutbr.cz/course/view.php?id=223115>.
- [4] EGRESSY, Jitka. *Tuk není nepřítel*. Brno, 2018. ISBN 978-80-264-1800-9.
- [5] ZEMANOVÁ, Hana. *BioAbecedář Hanky Zemanové*. Druhé aktualizované vydání. Praha: Smart Press, 2017. ISBN 978-80-88244-00-4.
- [6] FREJ, David. *Tučné superpotraviny a oleje*. Praha: Eminent, 2016. ISBN 978-807-2815-128.
- [7] *Podle čeho vybírat tuky a oleje*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., [2018]. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-62-6.
- [8] Coleman, R. A.; Lee, D. P., *Progress in Lipid Research* 2004, 43, 134-176
- [9] POŘÍZKA, Jaromír, Ing., Ph.D. *Prezentace. Technologie potravin: Technologie másla, sušených a koncentrovaných mléčných produktů*, Vysoké učení technické Brno, Fakulta chemická, 2020 [online] [cit. 2021-04-25]. Dostupné z: <https://moodle.vutbr.cz/course/view.php?id=223115>.
- [10] CANONICO, L., S. ASHOOR, M. TACCARI, F. COMITINI, M. ANTONUCCI, C. TRUZZI, G. SCARPONI a M. CIANI. Conversion of raw glycerol to microbial lipids by new *Metschnikowia* and *Yarrowia lipolytica* strains. *Annals of Microbiology*. 2016, **66**(4), 1409-1418. DOI: 10.1007/s13213-016-1228-0. ISSN 1590-4261. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s13213-016-1228-0>
- [11] Němečková, A.; kolektiv., *Lékařská chemie a biochemie.*; Avicenum Osvěta: Praha, 1991
- [12] SHAHIDI, Fereidoon a Alton BAILEY. *Bailey's industrial oil and fat products*, Volumes 1-6 (6th Edition). 6th Edition. USA, NY, Chichester: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 978-0-4713-8460-1.
- [13] KUNOVÁ, Václava. *Zdravá výživa*. 2. vyd. Praha : Grada, 2011. 140 s. ISBN 9788024734330
- [14] BRÁZDOVÁ, Zuzana. *Výživa člověka*. 1. vyd. Vyškov : Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 1995. 146 s.
- [15] STRATIL, Pavel. *ABC zdravé výživy*: 1. díl. 1. vyd. Brno : Pavel Stratil, 1993. 345 s. ISBN 80-9000-298-6.
- [16] Vitamín E. VELÍŠEK, Jan a Jana HAJŠLOVÁ. *Chemie potravin I.* 3. Tábor: OSSIS, 2009, s. 387-395. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [17] Vitamíny. *Biotechnologie přírodních látek* [online]. Fakulta chemická, VUT Brno, 2017 [cit. 2022-02-16]. Dostupné z: <https://moodle.vutbr.cz/course/view.php?id=171876>

- [18] PITERKOVÁ, Jana, Kateřina TOMÁNKOVÁ a Lenka LUHOVÁ. OXIDATIVNÍ STRES: LOKALIZACE TVORBY AKTIVNÍCH FOREM KYSLÍKU A JEJICH DEGRADACE V ROSTLINNÉM ORGANISMU. Chemické listy [online]. Olomouc, 2005, 99(99), 455-466 [cit. 2022-02-11]. Dostupné z: http://www.chemickelisty.cz/docs/full/2005_07_455-466.pdf
- [19] *Fitness007: Kouřový bod tuků a olejů aneb kdy se začnou přepalovat?* [online]. Praha: Sport Fitness Product, 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.fitness007.cz/poradna/kourovy-bod-tuku-a-oleju-aneb-kdy-se-zacnou-prepalovat/>
- [20] Prof. Ing. Jana Dostálová, CSc. *Tuky v potravinách a jejich nutriční hodnocení*. Interní medicína: Interní medicína pro praxi [online]. 2011/9, 30. 3. 2011 [cit. 2021-5-5]. Dostupné z: <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2011/09/08.pdf>
- [21] WOOD, J.D., ENSER, M., FISHER, A.V., NUTE, G.R., SHEARD, P.R., RICHARDSON, R.I., HUGHES, S.I., WHITTINGTON, F.M. Fat Deposition, Fatty Acid Composition and Meat Quality: A Review. *Meat Science*. 2008, vol. 78, no. 4 s. 343-358. ISSN:0309-1740.
- [22] *Awashop: Ghí, přepuštěné máslo* [online]. RAZAT STYLE CZ, spol. s r.o., 2017 [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://www.awashop.cz/ghi-450ml-z-ceskeho-masla-p15460/?cid=183>
- [23] *Kitchenette: Ghí, aneb přepuštěné máslo* [online]. Markéta Pavleye, 2012 [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://kitchenette.cz/clanek/122-ghi-aneb-prepustene-maslo>
- [24] Marina, A. M., Man, Y. B. Che, Nazimah, S. A. H., Amin, I.: Chemical Properties of Virgin Coconut Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2009, vol. 86, no. 4, p. 301–307.
- [25] DRDÁK, Milan. *Základy potravinářských technologií spracovania rastlinných a živočíšnych surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. 1. vyd. Bratislava: Malé Centrum, 1996, 511 s. ISBN 80-967- 0641-1.
- [26] BRÁT, Jiří. *Tuky a oleje*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů pro Českou technologickou platformu pro potraviny, 2014. Jak poznáme kvalitu? ISBN 978-80-87719-17-6.
- [27] FOSTER, R., WILLIAMSON, C. S., LUNN, J. Culinary oils and their health effects. *Nutrition Bulletin*, 2009, vol. 34, no. 1, p.4–47.
- [28] BRÁT, Jiří. *Řepkový olej jako součást výživových doporučení*. [Praha]: Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, [2014]. ISBN 978-80-87065-54-9.
- [29] FÁBRY, A., BARANYK, P. Šlechtění vytváří širší možnosti pro uplatnění řepkového oleje. *Výživa a potraviny*, 2005, roč. 60, č. 4, s. 104–105.
- [30] BRÁT, J., BARANYK, J., ZEHNÁLEK, P. Variabilita řepkového oleje z nutričního a technologického pohledu v kontextu se současnou spotřebou tuků. *Výživa a potraviny*, 2010, roč. 65, č. 1, s. 10–14.
- [31] BARANYK, P., FÁBRY, A., ŠKEŘÍK, J. Přímý konzum řepkového oleje je perspektivní. *Výživa a potraviny*, 2004, roč. 59, č. 5, s. 137–138.
- [32] POKORNÝ, J., PARKÁNYIOVÁ, L. Smažení potravin z pohledu chemika. *Chem. Listy*, 2001, roč. 95, č. 10, s. 616–620

- [33] BRAZIER, Yvette. *What are the health benefits of olive oil?* Medical News Today: Nutrition/Diet. 2019, 18. December.
- [34] LIST, Gary. *Bleaching and Purifying Fats and Oils*. 2. Academic Press and AOCS Press, 2009. ISBN 9780128043509.
- [35] O'BRIEN, Richard D., Walter E. FARR a Peter J. WAN. *Introduction to Fats and Oils Technology*. 2. Amer Oil Chemists Society, 2000. ISBN 978-1893997134.
- [36] NYKTER, M., H-R. KYMÄLÄINEN a F. GATES. *Quality characteristics of edible linseed oil*. Agricultural and Food Science. 2006, 15(4), 402-413.
- [37] FIRESTONE, David. *Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats, and Waxes*. 2. AOCS Press, 2006. ISBN 978-1-61583-197-5.
- [38] LEWINSKA, Anna, Jacek ZEBROWSKI, Magdalena DUDA, Anna GORKA a Maciej WNUK. *Fatty Acid Profile and Biological Activities of Linseed and Rapeseed Oils*. Molecules. 2015, 20(12), 22872-22880.
- [39] LIST, Gary. *Bleaching and Purifying Fats and Oils*. 2. Academic Press and AOCS Press, 2009. ISBN 9780128043509.
- [40] TUREK, Bohumil, Petr ŠÍMA a Irena MICHALOVÁ. *Vliv kulinární úpravy potravin na jejich nutriční hodnotu*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., [2017]. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-58-9.
- [41] DOSTÁLOVÁ, Jana. *Prezentace. Změny živin při přípravě pokrmů*, VŠCHT Praha [online] [cit. 2022-02-29]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/105491809-Zmeny-zivin-pri-priprave-pokrmu-jana-dostalova-vscht-praha.html>.
- [42] STANĚK, Aleš. *Prezentace. Vliv kulinární úpravy potravin na jejich nutriční hodnotu*. [online] [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/110624845-Vliv-kulinarni-upravy-potravin-na-jejich-nutricni-hodnotu.html>
- [43] *Zdravé stravování s.r.o.: O zdravém a chutném jídle* [online]. Up-net Multimedia, 2020 [cit. 2022-02-29]. Dostupné z: <https://blog.zdravestravovani.cz/page/2/>
- [44] KREJČÍ, Petr a Václav FORMAN. *Základy technologické přípravy pokrmů*. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2006. ISBN 80-7318-399-4
- [45] SKOG, K. *Cooking Procedures and Food Mutagens: a Literature Review*. Food and Chemical Toxicology: Review Section. 1993, roč. 31, č. 9, 655 – 675
- [46] SUCHOPÁROVÁ, Lenka, Mgr. *Prezentace. Změny nutričních hodnot potravin při přípravě a skladování*. [online] [cit. 2022-02-29]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/czsp/skola/seminare/Zasady_pripravy_Suchoparova.pdf
- [47] *Principy skladby jídelních lístků v dietním stravování: Technologie přípravy pokrmů* [online]. [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/356/01.html>
- [48] *Technologická příprava stravy* [online]. Praha: Centrum podpory zdraví, Z. Ú., 2020 [cit. 2021-03-08]. Dostupné z: <https://www.cepoz.cz/technologicka-priprava-stravy/>
- [49] VÁLEK, Jiří. *Tepelná úprava pokrmů*. In: Gastro plus.cz: Gastrotémata.kuchyně [online]. 2010 [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <http://www.gastroplus.cz/clanky/gastroserialtepelna-uprava-pokrmu/>

- [50] PIPEK, P. Technologie masa II. 2.vyd. Kostelní Vydří: Karmelitánské nakladatelství, 1998. 360 s. ISBN 80-7192-283-8.
- [51] HE, Dongping a Lingyi LIU. Analytical Aspects of Rice Bran Oil. *Rice Bran and Rice Bran Oil*. Elsevier, 2019, 2019, 169-181. ISBN 9780128128282. Dostupné z: doi:10.1016/B978-0-12-812828-2.00007-X
- [52] Thanonkaew, Amonrat. (2006). Effect of lipid oxidation on discoloration and physicochemical changes of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) and squid (*Loligo peali*) muscle during frozen storage
- [53] Rechcigl, M. (1983). Příručka přirozeně se vyskytujících potravinových toxických látek (1. vydání). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351072946>
- [54] LEA, C.H. CHEMICAL AND NUTRITIONAL ASPECTS OF OXIDISED AND HEATED FATS. Chemistry & Industry, 1965, no. 6,
- [55] POKORNÝ, Jan. Chemická rizika při některých způsobech přípravy pokrmů a jak se jich vyvarovat In: Jídelny.cz –Informační portál hromadného stravování[online].2006 citace [2022-01-29]. Dostupné z: <http://www.jidelny.cz/show.aspx?id=460>
- [56] GUNSTONE, F., John HARWOOD a Albert DIJKSTRA. The lipid handbook with CD-ROM. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. ISBN 08-493-9688-3.
- [57] HRSTKA, Miroslav. Praktikum z analytické chemie potravin. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013.
- [58] Tukey. HÁLKOVÁ, Jana, Marie RUMÍŠKOVÁ a Jana RIEGLOVÁ. Analýza potravin. 2. vyd. Újezd u Brna: I. Straka, 2001, s. 60-70. ISBN 80-86494-02-0.
- [59] ČSN EN ISO 660. Živočišné a rostlinné tuky a oleje - Stanovení čísla kyselosti a kyselosti. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [60] SHAHIDI, Fereidoon a Alton BAILEY. Bailey's industrial oil and fat products, Volumes 1-6 (6th Edition). 6th Edition. USA, NY, Chichester: John Wiley & Sons, 2005. ISBN 978-0-4713-8460-1.
- [61] PRÍBELA, Alexander. *Analýza potravin*. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1991. ISBN 80-227-0374-5.
- [62] KROFTA, Jiří. *Návody pro laboratorní cvičení z analytické chemie 2*. Vyd. 6. přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2001. ISBN 80-708-0451-3.
- [63] ZACHAŘ, P. a D. SÝKORA. Plynová chromatografie. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Praha [cit. 2021-11-15]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/anl/lach2/GC.pdf>
- [64] KOHOUTKOVÁ, Ing. Jana Ph.D. Laboratoř analýzy potravin a přírodních produktů: Stanovení složení mastných kyselin. *Vysoká škola chemicko-technologická v Praze* [online]. Praha [cit. 2021-11-19]. Dostupné z: https://web.vscht.cz/~kohoutkj/N%C3%81VODY%202017/Stanoven%C3%AD%20mastn%C3%BDch%20kyselin%20Kohoutkov%C3%A1119_09_2017_LP_2.pdf
- [65] Chromatografie. KLOUDA, Pavel. Moderní analytické metody. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003, s. 10-26. ISBN 80-86369-07-2.

- [66] VALASOVÁ, D. Analýza biologicky aktivních látek v oleji z meruňkových jader. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2017. 67 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Andrea Hároniková, Ph.D..
- [67] Parthasarathy, Utpala. (2014). A COMPARISON ON THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF SEEDBUTTERS OF SELECTED INDIAN GARCINIA SPP.. Journal of Global Biosciences ISSN 2320-1355 Volume 3, Number 6, 2014, pp. 872-880. Volume 3,. 872-880.
- [68] Natural Sourcing, LLC. *From nature with love: Saponification chart* [online]. 341 Christian Street, Oxford, CT 06478, 1997–2022 [cit. 2022-04-15]. Dostupné z: <https://www.fromnaturewithlove.com/resources/sapon.asp>
- [69] Viorica-Mirela, Popa & Lukinich-Gruia, Alexandra & Raba, Diana & Dumbravă, Delia-Gabriela & Moldovan, Camelia & Bordean, Despina-Maria & Mateescu, Constantin. (2012). Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum Usitatissimum* L.) from Romania. J Agroaliment Proc Technol. 18.
- [70] YANG, Hong a Joseph IRUDAYARAJ. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2001, **78**(9). ISSN 0003021X. Dostupné z: doi:10.1007/s11746-001-0360-6
- [71] DUBOIS, Virginie, Sylvie BRETON, Michel LINDER, Jacques FANNI a Michel PARMENTIER. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. European Journal of Lipid Science and Technology [online]. 2007, 109(7), 710-732 [cit. 2022-05-10]. DOI: 10.1002/ejlt.200700040. ISSN 14387697. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ejlt.200700040>
- [72] Viorica-Mirela, Popa & Lukinich-Gruia, Alexandra & Raba, Diana & Dumbravă, Delia-Gabriela & Moldovan, Camelia & Bordean, Despina-Maria & Mateescu, Constantin. (2012). Fatty acids composition and oil characteristics of linseed (*Linum Usitatissimum* L.) from Romania. J Agroaliment Proc Technol.
- [73] CHIESA, L., S. PANSERI, S. BONACCI, A. PROCOPIO, A. ZECCONI, F. ARIOLI, F.J. CUEVAS a J.M. MORENO-ROJAS. Authentication of Italian PDO lard using NIR spectroscopy, volatile profile and fatty acid composition combined with chemometrics. *Food Chemistry*. 2016, **212**(4), 296-304. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2016.05.180
- [74] PUSTJENS, Annemieke, Rita BOERRIGTER-EENLING, Alex KOOT, Maikel ROZIIN a Saskia VAN RUTH. Characterization of Retail Conventional, Organic, and Grass Full-Fat Butters by Their Fat Contents, Free Fatty Acid Contents, and Triglyceride and Fatty Acid Profiling. *Foods*. 2017, **6**(4). ISSN 2304-8158. Dostupné z: doi:10.1016/j.foodchem.2016.05.180
- [75] AL-KHALIFAH, Abdulrhman, Hassan AL-KAHTANI, Alex KOOT, Maikel ROZIIN a Saskia VAN RUTH. Composition of ghee (Samn Barri's) from cow's and sheep's milk. *Food Chemistry*. 1993, **46**(4), 373-375. ISSN 03088146. Dostupné z: doi:10.1016/0308-8146(93)90007-3

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

SFA	nasycené mastné kyseliny
PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
MUFA	mononenasycené mastné kyseliny
PAU	polyaromatické uhlovodíky
DHA	dokosahexaenová kyselina
EPA	eikosapentaenová kyselina
MK	masťná kyselina
GC	plynová chromatografie
HPLC	vysoce účinná kapalinová chromatografie
TAG	triacylglycerol
C6:0	kyselina kapronová
C8:0	kyselina kaprylová
C10:0	kyselina kaprinová
C12:0	kyselina laurová
C14:0	kyselina myristová
C16:0	kyselina palmitová
C16:1	kyselina palmitoolejová
C18:0	kyselina stearová
C18:1t	kyselina olejová (trans)
C18:1c	kyselina olejová (cis)
C18:2t	kyselina linolová (trans)
C18:2c	kyselina linolová (cis)
C18:3d3	kyselina alfa-linolenová
C20:0	kyselina eikosanová
C20:2	kyselina eikosadienová
C20:4	kyselina arachidonová
C20:5	kyselina eikosapentaenová
C22:6	kyselina dokosahexaenová

9 PŘÍLOHY

Tabulka 20: Hodnoty čísel zmydlení pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s masem

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	173,98	169,02	174,98	234,71	175,69	196,52	197,49
	pečení	173,18	170,88	169,29	207,67	172,69	156,73	184,89
	dušení	167,33	173,02	173,39	212,36	162,30	170,12	197,20
	grilování	165,65	174,64	173,56	227,13	167,50	196,23	196,79
	fritování	162,05	167,65	167,48	238,66	162,82	199,56	199,89
	původní	168,45	173,88	168,89	235,09	178,14	181,01	208,62

Tabulka 21: Hodnoty čísel zmydlení pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s cibulí

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	159,71	161,10	164,33	225,71	162,82	191,21	190,21
	pečení	164,11	162,49	162,05	203,51	155,63	145,27	157,71
	dušení	161,30	160,81	165,19	207,56	150,32	142,98	189,69
	grilování	163,76	161,79	162,52	220,32	153,52	190,11	190,11
	fritování	160,40	147,53	161,50	221,73	152,78	193,47	191,72
	původní	168,45	173,88	168,89	235,09	178,14	181,01	208,62

Tabulka 22: Hodnoty čísel kyselosti pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s masem

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	0,225	0,778	0,896	0,886	1,456	1,136	0,905
	pečení	0,896	1,462	4,097	1,107	1,239	1,006	1,874
	dušení	0,905	0,440	1,584	0,984	1,237	1,568	0,903
	grilování	0,659	2,489	1,254	1,098	1,786	1,111	1,804
	fritování	0,560	1,107	1,679	0,683	1,225	1,318	0,898
	původní	0,222	0,905	2,019	1,327	0,761	2,315	0,548

Tabulka 23: Hodnoty čísel kyselosti pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s cibulí

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	0,367	0,668	1,010	0,336	1,041	0,941	0,561
	pečení	1,242	0,907	3,167	0,559	1,150	0,963	1,574
	dušení	1,385	0,322	1,663	0,329	1,100	1,242	0,563
	grilování	0,775	1,220	0,792	0,757	1,229	1,137	0,758
	fritování	0,445	0,444	0,903	0,980	1,022	1,220	0,444
	původní	0,222	0,905	2,019	1,327	0,761	2,315	0,548

Tabulka 24: Hodnoty esterových čísel pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s masem

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	173,76	168,24	174,08	233,83	174,23	195,38	196,58
	pečení	172,29	169,42	165,19	206,57	171,45	155,72	183,02
	dušení	166,42	172,58	171,81	211,38	161,06	168,55	196,30
	grilování	164,99	172,16	172,31	226,03	165,72	195,11	194,99
	fritování	161,49	166,54	165,80	237,98	161,60	198,24	199,00
	původní	168,23	172,97	166,87	233,77	177,38	178,69	208,07

Tabulka 25: Přibližný procentuální obsah glycerolu v jednotlivých vzorcích tuků a olejů po kulinářských úpravách s masem

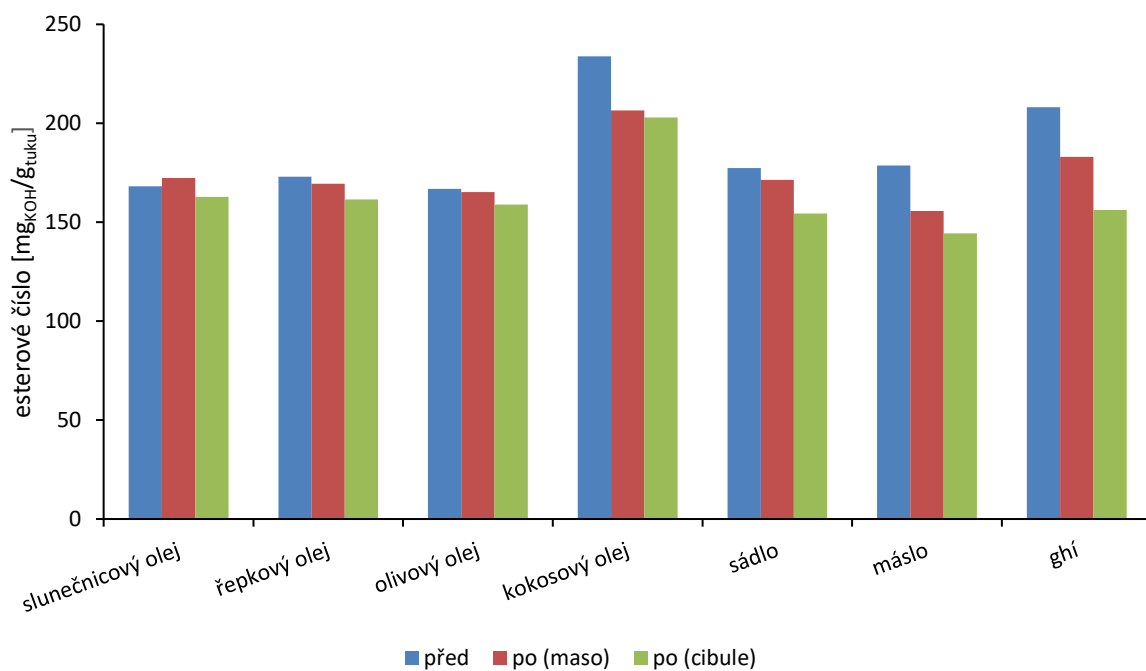
KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
	[%]	slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	9,505	9,203	9,522	12,790	9,530	10,687	10,753
	pečení	9,424	9,267	9,036	11,299	9,378	8,518	10,011
	dušení	9,103	9,440	9,398	11,562	8,810	9,220	10,738
	grilování	9,025	9,417	9,425	12,364	9,065	10,673	10,666
	fritování	8,834	9,110	9,069	13,017	8,839	10,844	10,885
	původní	9,202	9,462	9,128	12,787	9,702	9,775	11,381

Tabulka 26: Hodnoty esterových čísel pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s cibulí

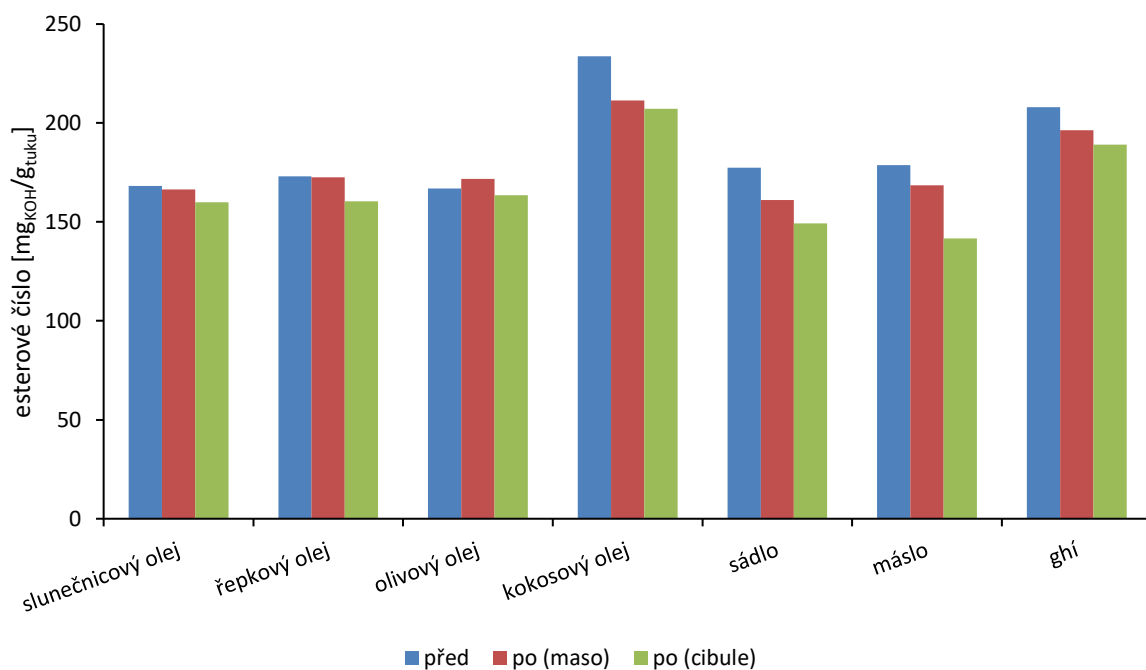
KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	159,34	160,43	163,32	225,37	161,78	190,27	189,65
	pečení	162,87	161,58	158,89	202,95	154,48	144,30	156,14
	dušení	159,92	160,49	163,52	207,23	149,22	141,73	189,13
	grilování	162,99	160,57	161,73	219,56	152,29	188,97	189,35
	fritování	159,95	147,09	160,59	220,75	151,75	192,25	191,28
	původní	168,23	172,97	166,87	233,77	177,38	178,69	208,07

Tabulka 27: Přibližný procentuální obsah glycerolu v jednotlivých vzorcích tuků a olejů po kulinářských úpravách s cibulí

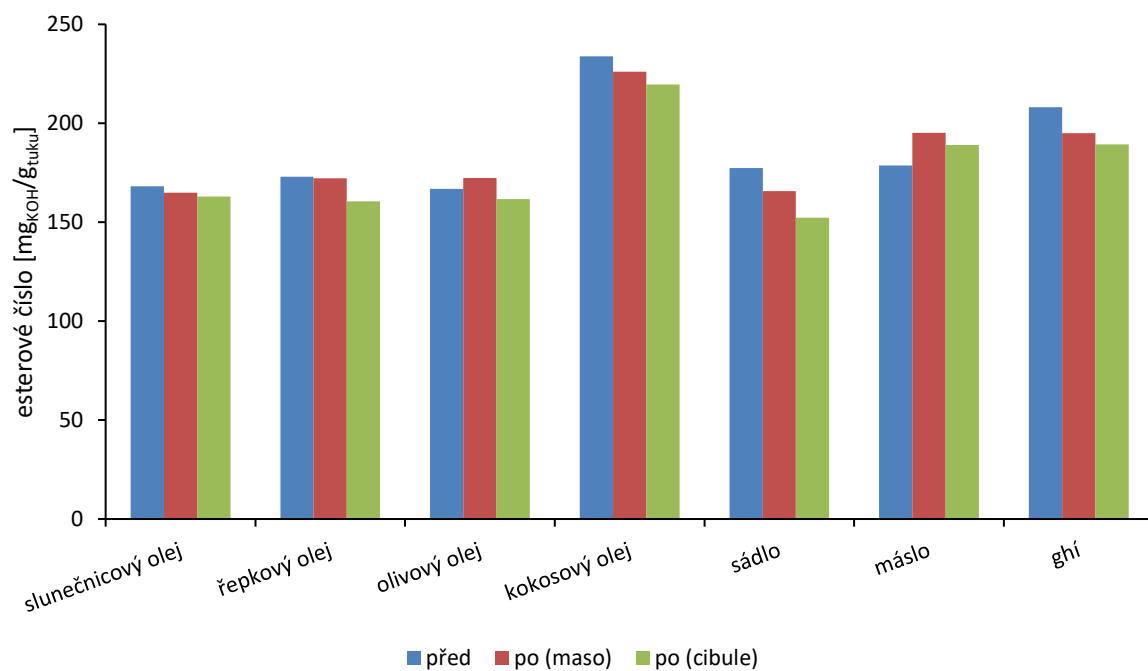
KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
	[%]	slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	8,716	8,775	8,934	12,328	8,849	10,408	10,374
	pečení	8,909	8,838	8,691	11,102	8,450	7,893	8,541
	dušení	8,748	8,779	8,945	11,336	8,162	7,753	10,345
	grilování	8,915	8,783	8,846	12,010	8,331	10,337	10,357
	fritování	8,749	8,046	8,785	12,075	8,301	10,516	10,463
	původní	9,202	9,462	9,128	12,787	9,702	9,775	11,381



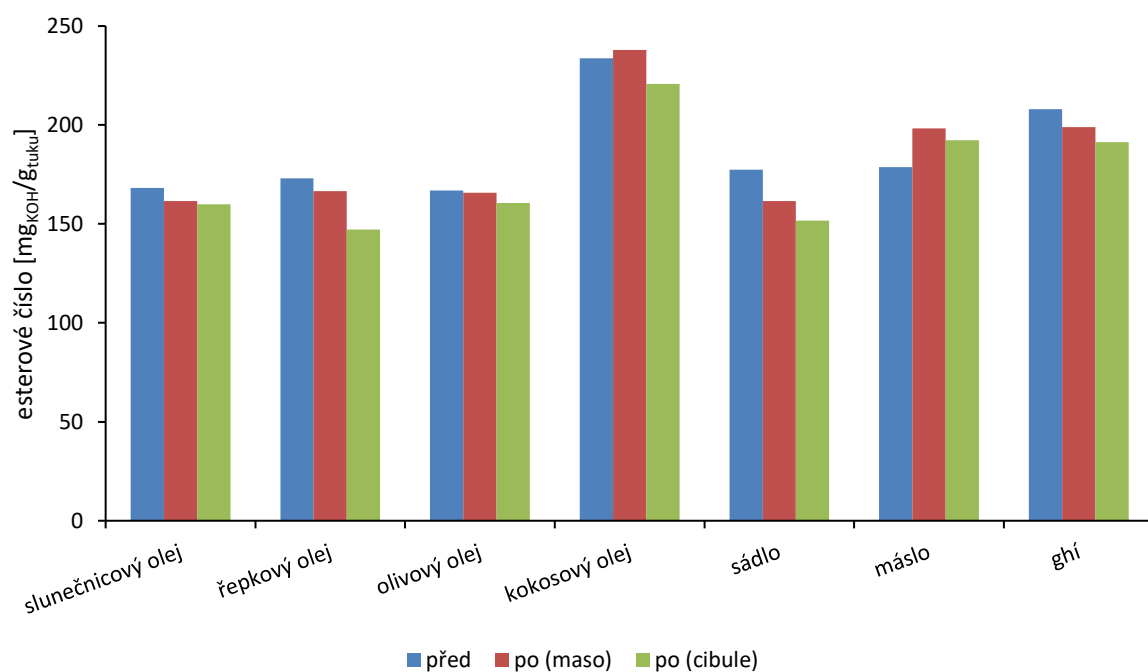
Obrázek 50: Porovnání hodnot esterových čísel u všech olejů před a po pečení masa a cibule



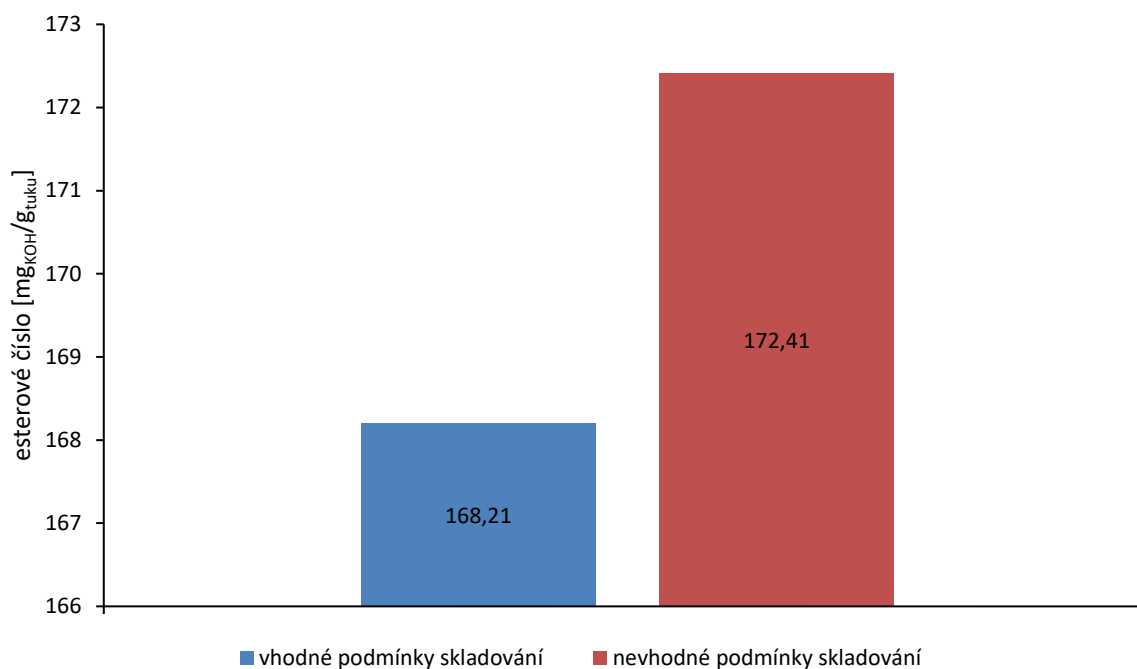
Obrázek 51: Porovnání hodnot esterových čísel u všech olejů před a po dušení masa a cibule



Obrázek 52: Porovnání hodnot esterových čísel u všech olejů před a po grilování masa a cibule



Obrázek 53: Porovnání hodnot esterových čísel u všech olejů před a po fritování masa a cibule



Obrázek 54: Porovnání hodnot esterových čísel u lněného oleje skladovaného za vhodných a nevhodných podmínek

Tabulka 28: Hodnoty jodových čísel pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s masem

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	44,71	48,16	43,36	6,85	38,68	29,04	30,25
	pečení	43,43	47,59	49,68	4,41	40,66	25,76	29,22
	dušení	46,23	43,43	48,80	4,55	42,80	27,70	31,12
	grilování	38,56	45,09	46,63	6,99	36,34	30,10	28,20
	fritování	46,15	47,88	40,89	4,82	38,07	29,81	29,24
	původní	46,23	48,16	37,15	6,21	35,15	12,43	16,70

Tabulka 29: Hodnoty jodových čísel pro jednotlivé tuky a oleje po kulinářských úpravách s cibulí

KULINÁŘSKÉ ÚPRAVY	DRUH TUKU							
		slunečnicový	řepkový	olivový	kokosový	sádlo	máslo	ghí
	smažení	48,45	47,11	43,34	3,70	41,24	29,66	25,80
	pečení	46,95	43,85	43,70	2,88	48,09	21,98	24,94
	dušení	48,99	39,65	43,70	3,69	47,09	24,23	27,83
	grilování	44,95	40,58	39,47	5,11	43,96	26,89	27,89
	fritování	37,61	39,27	47,07	2,79	41,39	29,42	29,30
	původní	46,23	48,16	37,15	6,21	35,15	12,43	16,70

Tabulka 30: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů před kulinářskými úpravami a u lněného oleje při skladování za nepříznivých podmínek

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí	lněný olej	lněný olej (světlo, teplo)
C6:0	–	–	–	–	–	–	1,97	–	–
C8:0	–	–	–	8,34	–	1,85	1,61	–	–
C10:0	–	–	–	7,02	–	3,99	3,42	–	–
C12:0	–	–	–	51,53	0,37	4,44	1,33	–	–
C14:0	–	–	–	18,62	1,50	12,77	12,34	–	–
C16:0	7,41	4,95	11,79	7,59	23,99	35,27	31,24	5,81	6,14
C16:1	–	–	1,15	–	2,12	2,17	2,94	–	–
C18:0	3,71	1,89	2,93	2,41	13,25	9,06	8,44	4,14	4,1
C18:1t	0,61	–	–	–	–	1,07	0,98	–	–
C18:1c	32,97	61,65	75,41	2,10	41,07	22,18	25,66	18,73	20,02
C18:2t	0,61	0,76	–	–	0,76	0,57	0,59	–	–
C18:2c	54,11	17,69	6,73	2,39	12,05	2,25	2,38	13,31	14,25
C18:3d3	–	7,06	0,44	0,47	0,59	–	–	53,52	47,1
C20:0	–	0,93	–	–	0,39	–	–	4,53	3,45
C20:4	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	0,58	5,07	1,54	–	3,94	4,38	7,07	–	–

Tabulka 31: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po smažení masa

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	2,22
C8:0	–	–	–	8,44	–	1,65	1,81
C10:0	–	–	–	6,56	–	3,67	3,72
C12:0	–	–	–	48,31	0,42	4,12	4,20
C14:0	–	–	–	18,29	1,51	12,40	11,71
C16:0	7,15	5,53	12,06	8,18	24,12	32,94	34,72
C16:1	–	–	1,09	–	2,12	2,35	2,59
C18:0	3,46	2,06	3,13	3,16	13,28	8,16	8,06
C18:1t	0,36	0,84	–	–	–	1,36	–
C18:1c	30,10	64,15	76,40	5,18	41,23	22,91	25,10
C18:2t	0,38	–	–	–	–	–	–
C18:2c	57,44	17,80	6,71	1,08	12,30	2,63	2,38
C18:3d3	–	5,97	0,61	–	0,66	–	–
C20:0	–	1,13	–	–	0,37	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	1,12	2,53	–	0,79	3,99	7,79	3,49

Tabulka 32: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po smažení cibule

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	2,20
C8:0	–	–	–	8,72	–	1,79	1,79
C10:0	–	–	–	6,80	–	3,81	3,63
C12:0	–	–	–	48,00	0,57	4,19	4,10
C14:0	–	–	–	18,44	1,78	12,16	12,39
C16:0	6,56	5,09	12,00	8,08	24,59	33,91	34,54
C16:1	–	0,32	0,97	–	2,17	3,01	3,69
C18:0	3,60	1,93	2,93	3,26	13,33	8,39	7,71
C18:1t	–	–	–	–	–	0,98	1,69
C18:1c	29,38	63,05	73,81	4,53	41,19	21,54	22,07
C18:2t	–	–	–	–	–	0,40	–
C18:2c	56,53	18,03	6,51	0,94	12,09	2,36	2,20
C18:3d3	–	6,93	0,68	–	0,75	–	–
C20:0	–	0,99	–	–	0,50	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	3,93	3,65	3,1	1,23	3,03	7,45	3,98

Tabulka 33: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po pečení masa

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	2,57
C8:0	–	–	–	9,54	–	1,74	1,03
C10:0	–	–	–	6,95	–	3,83	3,99
C12:0	–	–	–	49,25	0,40	4,20	4,61
C14:0	–	–	–	17,93	1,52	12,11	12,89
C16:0	11,34	4,92	12,05	7,88	23,53	34,89	36,25
C16:1	–	–	1,32	–	2,36	2,41	3,61
C18:0	5,27	1,86	2,92	2,55	12,07	8,52	7,25
C18:1t	1,46	–	–	–	–	1,11	–
C18:1c	36,04	62,10	75,19	3,97	42,31	23,83	21,33
C18:2t	5,26	0,93	–	–	0,62	0,30	–
C18:2c	40,63	18,18	6,60	0,80	12,68	2,49	2,37
C18:3d3	–	7,18	0,74	–	0,66	–	–
C20:0	–	0,94	–	–	0,35	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	–	3,89	1,18	1,12	3,48	4,59	4,12

Tabulka 34: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po pečení cibule

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	1,97
C8:0	–	–	0,73	8,85	–	1,62	1,61
C10:0	–	–	–	6,78	–	3,72	3,42
C12:0	–	–	–	49,42	0,51	4,41	3,64
C14:0	–	–	–	17,83	1,76	11,95	11,35
C16:0	6,69	6,36	17,62	7,79	23,94	33,86	33,15
C16:1	–	–	1,41	–	2,59	2,87	2,94
C18:0	3,66	2,48	3,63	3,10	12,63	8,30	8,44
C18:1t	–	1,04	1,66	–	–	0,96	0,98
C18:1c	30,32	64,36	67,94	4,35	42,27	21,15	21,94
C18:2t	–	2,48	–	–	–	0,34	0,59
C18:2c	58,35	15,75	3,73	0,87	12,64	2,09	3,38
C18:3d3	–	6,34	–	–	0,74	–	–
C20:0	–	1,20	–	–	0,49	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	0,97	–	4,01	1,03	2,44	8,73	6,61

Tabulka 35: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po dušení masa

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	2,57
C8:0	–	–	–	8,60	–	1,74	2,02
C10:0	–	–	–	6,69	–	3,83	4,23
C12:0	–	–	–	48,57	0,50	4,20	4,61
C14:0	–	–	–	18,17	1,56	12,11	13,59
C16:0	10,34	6,43	11,74	8,14	24,01	33,89	35,13
C16:1	–	–	1,05	–	2,49	2,41	3,61
C18:0	5,27	2,70	3,02	3,33	13,61	9,42	7,25
C18:1t	1,46	3,33	–	–	–	1,11	–
C18:1c	37,04	63,70	75,56	4,48	40,30	23,83	20,99
C18:2t	5,00	–	–	–	0,70	0,40	–
C18:2c	40,89	16,29	6,90	0,96	12,15	2,49	1,89
C18:3d3	–	6,30	1,04	–	0,77	–	–
C20:0	–	1,25	–	–	0,47	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	–	–	0,69	1,06	3,44	4,59	4,12

Tabulka 36: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po dušení cibule

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	3,10
C8:0	–	–	–	8,92	–	1,93	2,57
C10:0	–	–	–	6,85	–	3,39	5,18
C12:0	–	–	–	48,69	0,36	4,13	5,57
C14:0	–	–	–	17,83	1,61	11,76	14,48
C16:0	6,58	5,48	11,59	7,91	24,13	33,26	37,16
C16:1	–	–	1,12	–	2,35	2,39	2,63
C18:0	3,60	2,21	3,51	3,16	12,88	9,21	7,04
C18:1t	–	1,34	–	–	–	1,12	2,41
C18:1c	30,05	64,44	74,22	4,57	41,97	22,52	15,46
C18:2t	–	–	1,23	–	–	–	–
C18:2c	58,30	17,77	6,24	0,96	12,47	2,44	1,33
C18:3d3	–	5,54	0,83	–	0,72	–	–
C20:0	–	1,20	–	–	0,36	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	1,47	2,02	1,25	1,11	3,16	7,86	3,06

Tabulka 37: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po grilování masa

[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	2,49
C8:0	–	–	–	8,63	–	1,96	2,01
C10:0	–	–	–	6,64	–	4,00	4,20
C12:0	–	–	–	46,63	0,48	4,43	4,73
C14:0	–	–	–	16,95	1,75	12,17	13,03
C16:0	6,62	5,36	10,13	8,15	25,34	35,01	35,27
C16:1	–	–	0,95	–	2,47	3,37	2,56
C18:0	3,55	2,01	3,23	3,24	13,72	7,74	7,70
C18:1t	–	–	–	–	–	1,81	1,92
C18:1c	32,38	61,31	68,46	5,70	40,90	22,55	20,64
C18:2t	–	–	–	–	–	–	–
C18:2c	54,10	17,28	6,36	1,39	10,78	1,77	2,03
C18:3d3	–	5,96	0,66	–	0,61	–	–
C20:0	–	0,90	–	–	0,41	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	0,21	–	–
C22:6	–	–	–	–	0,21	–	–
ostatní	3,35	7,18	10,21	2,66	3,12	5,18	3,42

Tabulka 38: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po grilování cibule

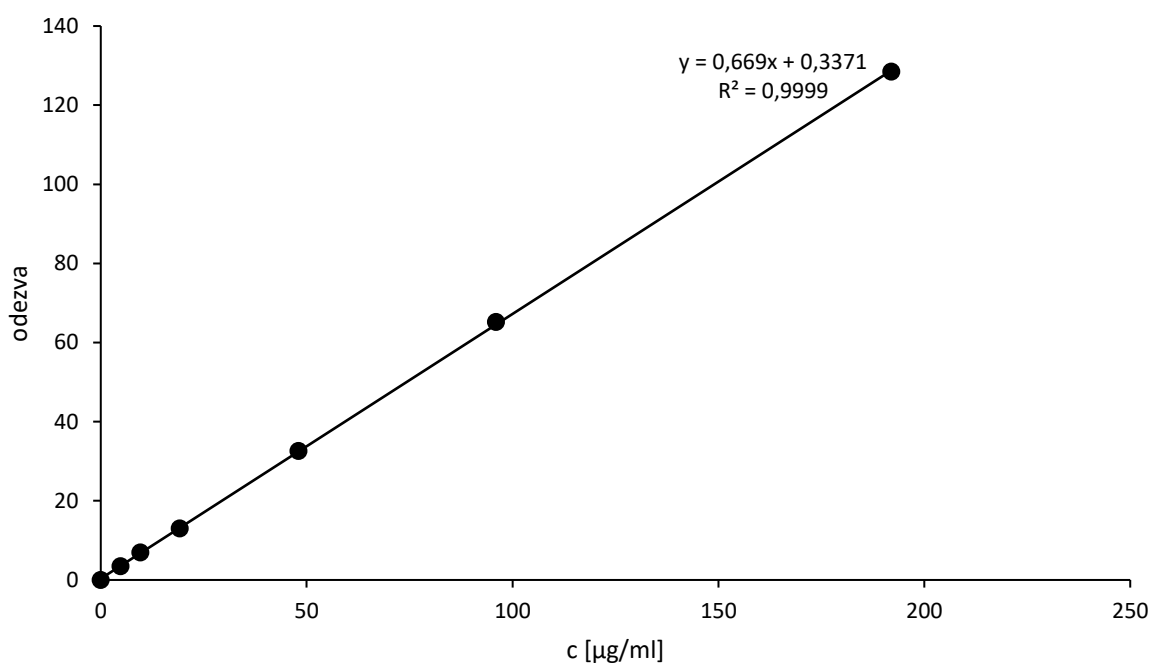
[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	2,17
C8:0	–	–	–	8,60	–	1,64	1,61
C10:0	–	–	–	6,63	–	3,64	3,45
C12:0	–	–	–	48,43	0,52	4,22	3,78
C14:0	–	–	–	17,89	1,84	11,90	11,41
C16:0	8,65	6,14	13,86	8,41	24,80	33,78	32,74
C16:1	–	–	1,17	–	2,42	3,01	2,95
C18:0	4,01	2,59	3,10	3,19	13,53	8,31	8,37
C18:1t	0,98	2,74	2,01	–	–	0,74	1,10
C18:1c	33,48	65,15	72,98	4,92	41,68	22,03	23,00
C18:2t	0,65	–	–	–	–	0,36	0,38
C18:2c	51,53	16,58	6,00	1,00	11,70	2,10	2,33
C18:3d3	–	5,91	0,38	–	0,66	–	–
C20:0	–	0,90	–	–	0,46	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	0,71	–	0,50	0,94	2,39	8,27	6,71

Tabulka 39: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po fritování masa

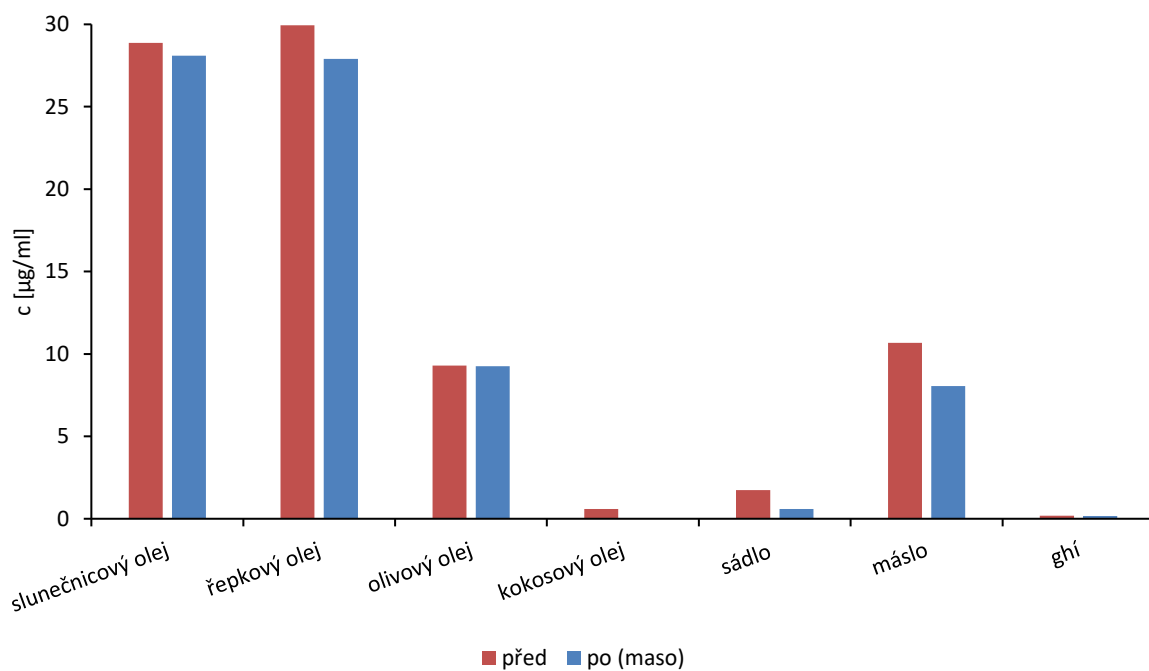
[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	1,1
C8:0	–	–	–	9,23	–	2,25	1,78
C10:0	–	–	–	6,92	–	4,27	4,01
C12:0	–	–	–	48,09	0,45	4,33	3,29
C14:0	–	–	–	18,33	1,79	12,62	12,83
C16:0	8,21	5,07	12,18	8,44	23,73	35,22	34,76
C16:1	–	–	1,16	–	2,52	3,13	2,03
C18:0	3,84	1,96	2,61	3,32	12,90	9,09	9,23
C18:1t	1,03	–	–	–	–	1,05	–
C18:1c	33,24	63,57	75,70	4,79	41,70	21,51	23,57
C18:2t	0,64	–	–	–	0,67	–	0,40
C18:2c	52,36	18,51	7,23	0,88	12,60	2,21	2,33
C18:3d3	–	7,22	0,49	–	0,73	–	–
C20:0	–	1,00	–	–	0,43	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	0,69	2,67	0,64	–	2,47	4,32	4,66

Tabulka 40: Procentuální zastoupení mastných kyselin u tuků a olejů po fritování cibule

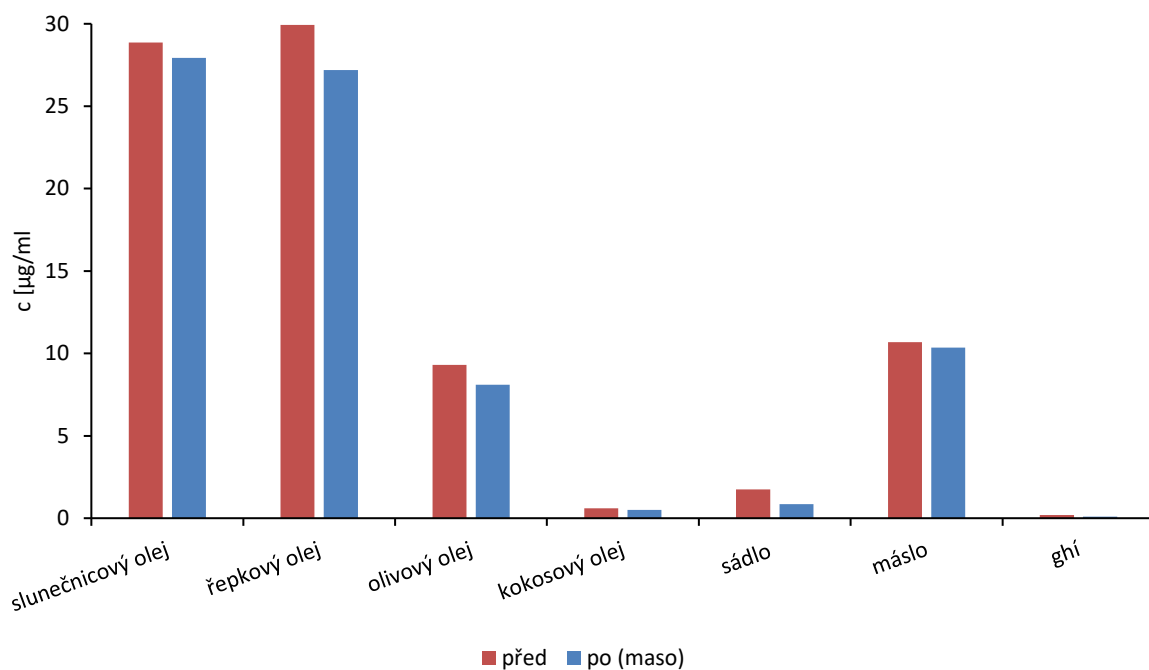
[%]	slunečnicový olej	řepkový olej	olivový olej	kokosový olej	sádlo	máslo	ghí
C6:0	–	–	–	–	–	–	3,02
C8:0	–	–	–	8,86	–	2,25	2,33
C10:0	–	–	–	6,72	–	4,56	4,88
C12:0	–	–	–	48,18	0,47	4,99	5,41
C14:0	–	–	–	17,71	1,68	14,27	14,10
C16:0	9,68	5,02	11,32	8,01	24,36	35,61	35,63
C16:1	–	–	0,62	–	2,20	2,46	3,36
C18:0	4,01	1,90	3,26	3,13	13,58	7,15	6,50
C18:1t	1,98	–	–	–	–	0,41	2,25
C18:1c	32,72	61,85	74,43	4,57	40,51	19,99	16,64
C18:2t	0,90	0,96	1,21	–	–	–	–
C18:2c	49,85	18,13	6,03	0,88	12,24	1,84	1,39
C18:3d3	–	7,11	0,70	–	0,68	–	–
C20:0	–	0,99	–	–	0,42	–	–
C20:4	–	–	–	–	–	–	–
C20:5	–	–	–	–	–	–	–
C22:6	–	–	–	–	–	–	–
ostatní	0,86	4,04	2,41	1,94	3,88	6,46	4,51



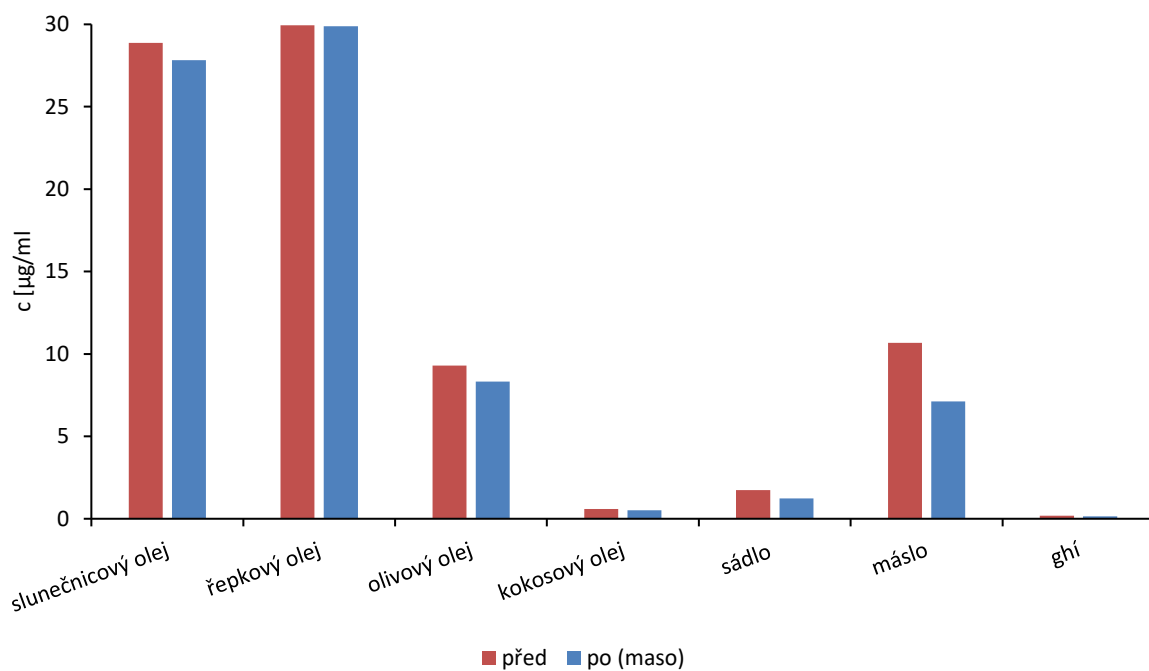
Obrázek 55: Kalibrační křivka koncentrace tokoferolu [μg/ml]



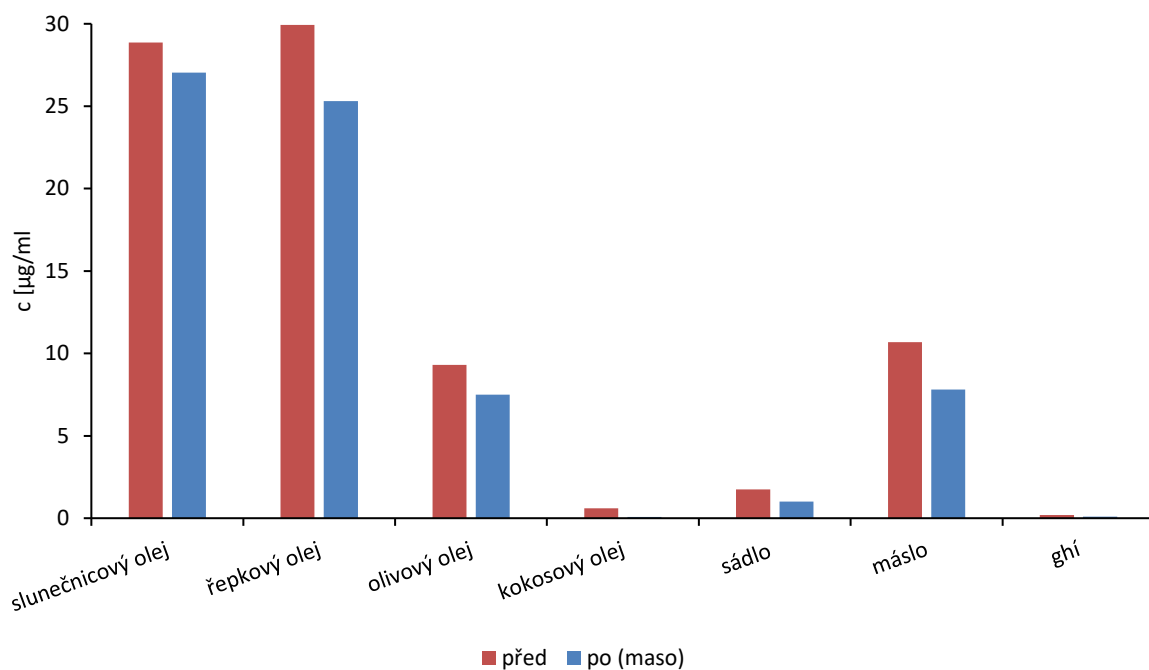
Obrázek 56: Porovnání množství tokoferolu před a po smažení masa



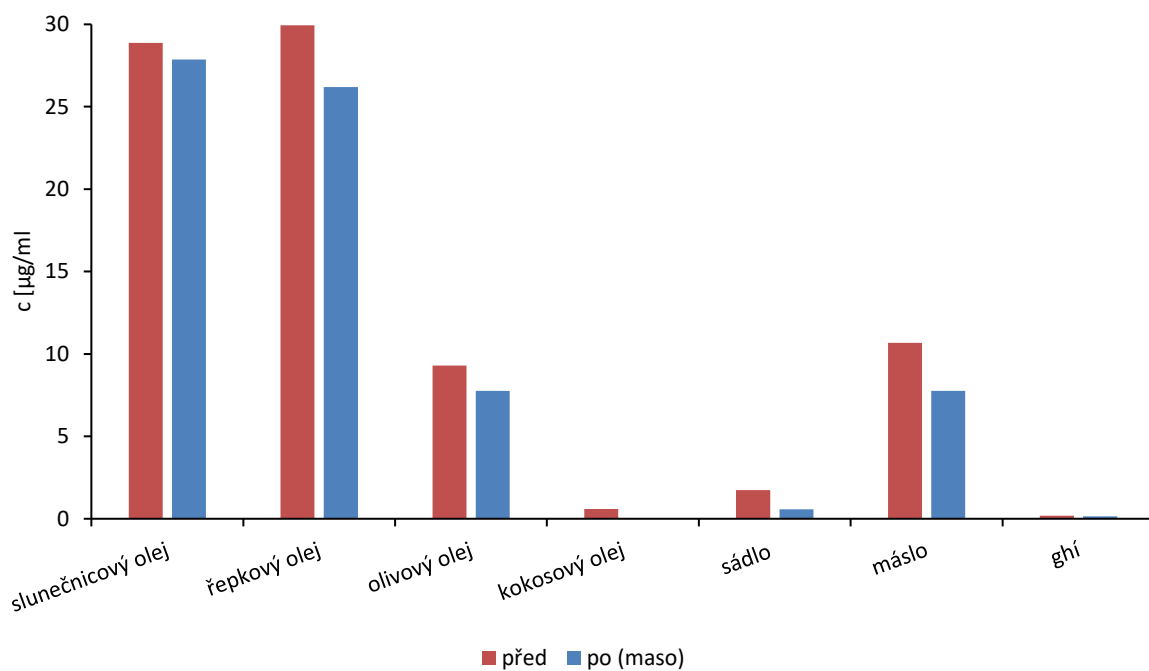
Obrázek 57: Porovnání množství tokoferolu před a po pečení masa



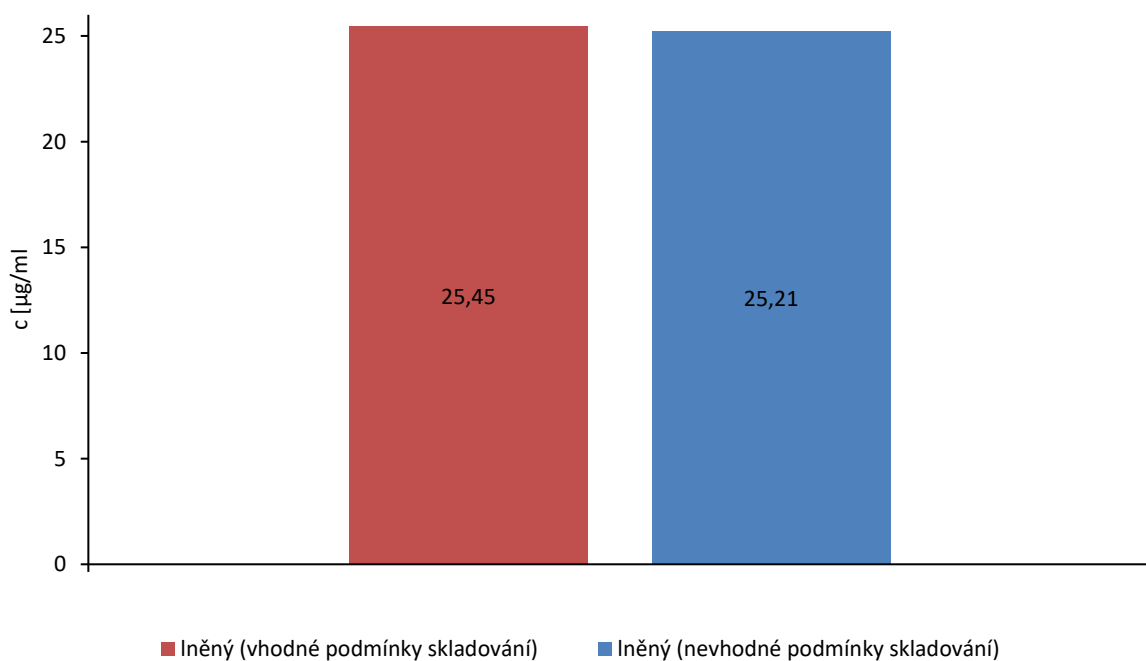
Obrázek 58: Porovnání množství tokoferolu před a po dušení masa



Obrázek 59: Porovnání množství tokoferolu před a po grilování masa



Obrázek 60: Porovnání množství tokoferolu před a po fritování masa



Obrázek 61: Porovnání množství tokoferolu u Iněného oleje skladovaného za vhodných a nevhodných podmínek