

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



Stabilita stolních olejů

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Zuzana Benedová
Vedoucí práce: doc. Ing. Alena Hejtmánková, CSc.
Konzultant: Ing. Zora Kotíková, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Stabilita stolních olejů" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9. 4. 2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Aleně Hejtmánkové, CSc. za cenné rady a připomínky a za čas, který věnovala vedení mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Zoře Kotíkové, Ph.D. za pomoc při praktické části v laboratoři a dále také mé rodině a přátelům za podporu.

SOUHRN

Tato diplomová práce se zabývala dlouhodobým sledováním změn v kvalitě vybraných stolních olejů v závislosti na různém způsobu skladování při působení světla a v temnu při pokojové teplotě a v chladničce při teplotě 4 – 8 °C. Ke sledování změn byly použity řepkový, olivový, slunečnicový a palmový olej. Oleje byly vybrány na základě různého zastoupení mastných kyselin. Tuky a oleje mohou mít v lidské výživě pozitivní i negativní význam. Vše záleží na množství přijatého tuku a jeho chemickém složení, které je u každého tuku a oleje charakteristické. Složení mastných kyselin je důležité z hlediska prevence různých onemocnění např. onemocnění srdce, cév a diabetu II. typu. Složení mastných kyselin ovlivňuje i oxidační stabilitu olejů. Stabilita olejů je důležitým faktorem v kvalitě oleje a je významná při smažení potravin. Stolní oleje jsou také významným zdrojem vitamínu E.

Oleje byly skladovány po dobu 279 dnů. Na počátku hodnocení bylo stanoveno jodové číslo, peroxidové číslo a vitamin E. Následně bylo každý měsíc stanovováno peroxidové číslo a jednotlivé formy vitamínu E. Vitamin E byl stanovován metodou vysoce účinné kapalinové chromatografie s fluorescenčním detektorem.

Na základě analýz stolních olejů a údajů uvedených v Codex Alimentarius, který uvádí maximální hodnotu peroxidového čísla pro všechny rostlinné oleje 10 mekv O₂.kg⁻¹, bylo zjištěno, že skladování olejů v chladničce je po dobu 10 měsíců vyhovující. Nejvyšší hodnota peroxidového čísla (95,5 mekv O₂.kg⁻¹) byla naměřena v řepkovém oleji skladovaném na světle. Nejvíce odolný vůči světle je palmový olej, který má nejmenší hodnotu jodového čísla (57,47 %) a i nejmenší hodnotu peroxidového čísla (43,26 mekv O₂.kg⁻¹) z olejů skladovaných na světle. V olejích skladovaných na světle dochází i k velkým ztrátám vitamínu E (až 92 %).

Na základě stanovení jednotlivých forem vitamínu E bylo zjištěno, že oleje obsahují nejvíce α-tokoferol a γ-tokoferol, naopak tokotrienoly obsahuje jen palmový olej. Nejstabilnějším olejem z hlediska ztrát vitamínu E je palmový olej (49,55 %) a nejvíce stabilní formou vitamínu E je α-tokoferol. Bylo prokázáno, že oleje, které obsahují převážně polynenasycené mastné kyseliny podléhají rychleji oxidaci např. slunečnicový a řepkový olej. Vyšší obsah nasycených mastných kyselin podporuje nižší hodnoty jodového čísla, nižší ztráty vitamínu E a pomalejší průběh oxidace.

Klíčová slova: stolní olej, vitamin E, peroxidové číslo, jodové číslo, skladování, HPLC

SUMMARY

This thesis look into long-term monitoring changes in quality of cooking oil depending on way of its storage. Oils were stored upon exposure to light and in the dark at room temperature and in the refrigerator at temperature from 4 to 8 degree Celsius. Canola oil, olive oil, sunflower oil and palm oil were chosen to monitor changes. Oils were chosen by their different content of fatty acid. Fats and oils may have positive or negative impact in human nutrition. All depends on amount of received fat and their chemical composition, which is characteristic for every fat. Composition of fatty acid is important in a way of preventing illnesses such as heart condition, vascular disease and diabetes type 2. Composition of fatty acid also affects oil oxidation stability. Oil oxidation stability is important factor of quality of the oil and is significant when frying food. Cooking oils are significant source of vitamin E, too.

Oils were stored for 279 days. At the beginning, iodine value, peroxide value and vitamin E were pinpointed. Afterwards peroxide value and various form of vitamin E were pinpointed periodically every month. Vitamin E was pinpointed by high-performance liquid chromatography with fluorescence detector.

Based on the analysis of cooking oils and data in Codex Alimentarius, which gives the maximum value of peroxide value for all vegetable oils 10 meq of active oxygen per kilogram, it was found that storing oil in refrigerator for ten months is satisfactory. The highest value of peroxide value (95,5 meq O₂.kg⁻¹) was recorded in canola oil stored upon exposure of light. Palm oil was most resistant oil to light it has the lowest value of iodine value (57,47 %) and also the lowest value of peroxide value (43,26 meq O₂.kg⁻¹) from oils stored upon exposure to light. Loss of vitamin E (up to 92 %) is also large in oils stored upon exposure of light.

Based on pinpointing various form of vitamin E it was found that oils contains at most α -tocopherol, and γ -tocopherol, the other way around tocotrienol contains only palm oil. The most stable oil in terms of losses of vitamin E is palm oil (49,55 %) and the most stable form of vitamin E is α -tocopherol. It was proved that oils that mostly contains polyunsaturated fatty acids give in oxidation faster, for example sunflower oil and canola oil. Higher content of saturated fatty acids support lower value of iodine value, lower losses of vitamin E and slower progress of oxidation.

Keywords: cooking oil, vitamin E, peroxid value, iodine value, storage, HPLC

Obsah

1	ÚVOD.....	8
2	VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE	9
3	PŘEHLED LITERATURY	10
3.1	Lipidy	10
3.2	Olejniny	13
3.2.1	Řepka olejná.....	13
3.2.2	Slunečnice roční	16
3.2.3	Olivovník a olivy.....	17
3.2.4	Palma olejná	18
3.3	Stolní olej	20
3.3.1	Výroba olejů.....	20
3.3.2	Řepkový olej	28
3.3.3	Slunečnicový olej	29
3.3.4	Olivový olej.....	30
3.3.5	Palmový olej.....	31
3.4	Kvalita a vlastnosti olejů	32
3.4.1	Oxidace tuků	32
3.4.2	Změny při smažení	33
3.4.3	Vitamin E	33
3.4.4	Peroxidové číslo	35
3.4.5	Jodové číslo	35
3.5	Princip separační metody pro stanovení jednotlivých tokolů.....	35
3.5.1	Vysoce účinná kapalinová chromatografie	35
4	MATERIÁL A METODY.....	37
4.1	Stanovení jodového čísla podle Hanuše.....	38
4.1.1	Příprava a standardizace odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	39
4.1.2	Stanovení jodového čísla	40
4.2	Stanovení jednotlivých forem vitaminu E.....	41
4.2.1	Použité chemikálie.....	41
4.2.2	Postup	41
4.3	Stanovení peroxidového čísla	41
4.3.1	Použité chemikálie.....	41

4.3.2 Příprava škrobového roztoku	42
4.3.3 Stanovení peroxidového čísla	42
5 VÝSLEDKY	44
5.1 Stanovení jodového čísla.....	44
5.2 Stanovení peroxidového čísla	44
5.3 Stanovení jednotlivých forem vitamínu E.....	50
6 DISKUZE	65
7 ZÁVĚR.....	70
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	71
9 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ.....	76

1 ÚVOD

V celém světě se oleje konzumují v různých formách, např. v jižní a východní Evropě se oleje běžně používají v surovém nebo částečně rafinovaném stavu. Pro konzumenty v České republice však mají nepříznivý smyslový vjem, protože v České republice je zvykem konzumovat oleje plně rafinované – směsi přírodních triacylglycerolů o velmi vysoké čistotě, kde je minimalizován obsah dalších lipidů a lipidických látek (KADLEC, MELZOCH A VOLDRICH, 2012).

Z produkce olejnin se získává např. olej bezerukový řepkový a slunečnicový, palmojádrový, bavlníkový, podzemnicový, olivový, kokosový, sezamový, kukuřičný a mnoho dalších. V jihovýchodní Asii se pěstuje palma olejná pro výrobu palmového oleje, v České republice je hlavní olejninou řepka olejná pro výrobu řepkového oleje (KADLEC, MELZOCH A VOLDRICH, 2012).

Tuky a oleje mohou mít v lidské výživě pozitivní, ale i negativní význam. Vše záleží na množství a na chemickém složení přijatého tuku, které je u každého tuku a oleje specifické. Složení mastných kyselin je důležité z hlediska prevence různých onemocnění. Z hlediska ohrožení zdraví se mastné kyseliny rozdělují do dvou skupin, nejrizikovější skupinou jsou trans-nenasycené mastné kyseliny, které jsou původci vzniku onemocnění srdce, cév a diabetu II. typu. Další skupinou jsou nasycené mastné kyseliny, jejichž příjem by měli lidé také omezit, naopak polyenové kyseliny mohou být zdraví prospěšné (SVĚT POTRAVIN, 2013). Ke stanovení byly vybrány oleje na základě odlišného složení mastných kyselin, které byly porovnávány z hlediska kvality a oxidační stability.

Oxidační stabilita je důležitým faktorem v kvalitě oleje a je významná při smažení potravin. Každý rostlinný olej má charakteristickou oxidační stabilitu v závislosti na složení mastných kyselin, obsahu a složení antioxidantů a minoritních složek. Polynenasycené mastné kyseliny jsou zodpovědné za oxidaci a nepříjemné chutě smažených potravin. Oleje s vysokým množstvím nasycených mastných kyselin a tuků, které obsahují trans-mastné kyseliny, jsou méně žádoucí pro zdravotní stav než mononenasycené nebo polynenasycené mastné kyseliny, protože způsobují chronická onemocnění. Z tohoto důvodu by měl mít olej na smažení nízký obsah nasycených mastných kyselin, nízký obsah linolové a linolenové kyseliny a vysoký obsah olejové kyseliny (AZADMARD-DAMIRCHI, DUTTA, JAGERSTAD, TABEE, 2008).

2 VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE

Cílem práce bylo dlouhodobě sledovat změny v kvalitě vybraných stolních olejů, lišících se zastoupením mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin v závislosti na různém způsobu skladování při působení světla, v temnu a v lednici.

Vědecké hypotézy:

Při skladování stolních olejů dochází ke změně jejich kvality v závislosti na jejich složení.

Rychlost změn v kvalitě stolních olejů souvisí se způsobem jejich skladování.

3 PŘEHLED LITERATURY

3.1 Lipidy

Lipidy jsou deriváty vyšších mastných kyselin a alifatických nebo alicyklických hydroxysloučenin nebo aminosloučenin (VACÍK, 1990).

Hlavním kritériem pro zařazení sloučenin do skupiny lipidů je jejich hydrofobnost (STRATIL, 2010).

Hydrofobnost se projevuje nerozpustností ve vodě a je způsobena přítomností velkých uhlovodíkových zbytků v jejich molekulách. Lipidy jsou velkou zásobárnou energie a stavebními látkami buněčných membrán (VACÍK, 1990).

V potravinách se vyskytují i sloučeniny vzniklé průmyslovou činností nebo jinými lidskými aktivitami např. estery cukrů a cukerných alkoholů s vyššími mastnými kyselinami, které nejsou přírodními látkami (VELÍŠEK, 1999).

Za lipidy se považují i netěkavé lipofilní sloučeniny, které lipidy v přírodních i průmyslových produktech pouze doprovázejí. Tyto sloučeniny se nazývají doprovodné látky lipidů, mezi které se řadí steroly, karotenoidy, lipofilní vitaminy, přírodní antioxidanty a další (VELÍŠEK, 1999).

Lipidy obsahují esterově vázané mastné kyseliny o více než 3 atomech uhlíku v molekule. Mastné kyseliny jsou z hlediska výživy nejvýznamnější složkou lipidů. Jako mastné kyseliny se označují karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. Rozdělují se na nasycené, které ve svém řetězci neobsahují dvojnou vazbu a nenasycené, které obsahují ve svém řetězci minimálně jednu dvojnou vazbu (VELÍŠEK, 1999, STRATIL, 2010).

V přírodě se vyskytují mastné kyseliny, které obsahují nejčastěji sudý počet uhlíků v molekule, protože jejich biosyntéza probíhá adicí acetátu, který má dva uhlíky (WIKIPEDIA.ORG).

Mastné kyseliny se označují nejčastěji triviálními názvy, mezi nejběžnější patří palmitová, stearová a olejová kyselina. Další příklady triviálních názvů mastných kyselin jsou uvedeny v tabulce. č. 1 (VACÍK, 1990).

Tab. č. 1. Nasycené mastné kyseliny vyskytující se v tucích

Název mastné kyseliny	Počet atomů uhlíku	Triviální název
butanová	4	máselná
hexanová	6	kapronová
oktanová	8	kaprylová
dekanová	10	kaprinová
dodekanová	12	laurová
tetradekanová	14	kristová
hexadekanová	16	palmitová
oktadekanová	18	stearová
eikosanová	20	arachová
dokosanová	22	bednová
tetrakosanová	24	lignocerová
hexakosanová	26	cerotová
oktakosanová	28	montanová
triakontanová	30	melissová
dotriakontanová	32	laserová
tetratriakontanová	34	gheddová

Zdroj: (GALENUS.CZ)

V potravě se tuky vyskytují ve formě triacylglycerolů s menším obsahem parciálních esterů glycerolu, fosfolipidů a doprovodných látek (STRATIL, 2010).

Tuky mohou být tvrdé tzv. loje, mazlavé tuhé látky nazývané sádla a viskózní kapaliny zvané oleje (STRATIL, 2010).

Podle původu se tuky dělí na rostlinné, živočišné a jiné. U rostlin se vyskytuje nejvíce tuku v semenech a v oplodí. Živočišné tuky se dále dělí na tuky suchozemských a mořských živočichů. Tuky se vyskytují také v mikroorganismech, vyšších houbách, řasách a dalších organismech, ale tyto zdroje mají pro lidský organizmus zanedbatelný význam (STRATIL, 2010).

Olejniny jsou schopné transformovat sluneční energii do energeticky bohatých zásobních látek – tuků. U rostlin se jedná o triglyceridy, kdy se na glycerol váží tři mastné kyseliny, z nichž každá může být jiná. Podíl mastných kyselin je závislý na druhu plodin a odrůd (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Podle zastoupení jednotlivých MK se rostlinné tuky a oleje rozdělují do těchto skupin:

- 1) Tuky ze semen palem – s vysokým obsahem nasycených MK (např. kokosový a palmojádrový tuk)
- 2) Rostlinná másla – s převažující palmitovou a olejovou kyselinou (např. kakaové máslo)

- 3) Oleje s převažující olejovou kyselinou (např. olivový, slunečnicový a podzemnicový olej)
 - 4) Oleje se středním obsahem linolové kyseliny a neobsahující linolenovou kyselinu (např. podzemnicový olej)
 - 5) Oleje s vysokým obsahem linolové kyseliny a neobsahující linolenovou kyselinu (např. slunečnicový a podzemnicový olej)
 - 6) Oleje obsahující ve větším množství linolenovou kyselinu (např. sójový, bezerukový řepkový a lněný olej)
 - 7) Oleje obsahující specifické MK, např. γ -linolenovou kyselinu (např. pupálkový a brutnákový olej)
- (STRATIL, 2010)

Živočišné tuky jsou převážně nasycené, a proto nejsou schopné reagovat s jinými chemickými látkami např. s kyslíkem. Naopak rostlinné oleje jsou nenasycené, a proto také velmi reaktivní. Jejich chemickou reaktivitu zvyšuje výskyt na vzduchu, vlhkost, teplo a stopy kovů. Oxidace je dále ovlivněna antioxidanty a složení mastných kyselin v oleji (NAZ, SAYSEED, SIDDIQI a SHEIKH, 2004).

Kromě nutričního významu se oleje také uplatňují jako surovina v chemickém průmyslu nebo jako palivo. Tukový průmysl zpracovává hlavně oleje a tuky rostlinného původu z olejnatých semen a z dužin plodů. Živočišné tuky přicházejí ke zpracování z průmyslu masného a mlékárenského (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2012).

Zdroje živočišných tuků byly omezené již ve druhé polovině 19. století, a tak postupem času došlo k přechodu na pěstování olejnin. Průmyslové zpracování olejnin dalo vzniknout modernímu tukovému průmyslu. Hned na počátku svého rozvoje se musel tukový průmysl vyrovnat se skutečností, že větší část světové produkce představovaly kapalné oleje, zatímco tradiční poptávka vyžadovala tuky pevné konzistence. Tuto situaci mezi výrobou a poptávkou vyřešil objev a průmyslové zavedení parciální katalytické hydrogenace olejů a tuků. Později ztužené rostlinné tuky a oleje nahradily živočišné tuky z tradičních receptur margarínů a ztužených pokrmových tuků (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2012).

Způsoby získávání tuků závisí na původu suroviny. Nejvíce se zpracovávají semena olejnin, ze kterých se tuk získává z dužin plodů nebo ze semen bobů lisováním nebo extrakcí rozpouštědlem. Živočišné tuky se získávají působením horké vody a přímým záhřevem neboli škvařením. Dříve se oddělovaly vodní parou. Bylo zjištěno, že škvařené tuky mají charakteristickou chuť způsobenou pyrolytickými produkty obsažených bílkovin v tukové

tkání, zatímco tuky získané vyplavením horkou vodou jsou bez vůně a chuti. Mléčný tuk se získává z mléka odstředěním frakce bohaté na tuk (smetany) od vodné fáze (STRATIL, 2010).

3.2 Olejníny

Olejníny jsou rostliny obsahující ve svých plodech nebo semenech velké množství tuku nebo oleje, které se vyplatí z ekonomického hlediska zpracovávat. Olej je zde obsažen jako bohatá zásobní energetická látka, a proto může být získán i z vedlejších produktů jiné výroby např. semena vinné révy obsahují 15 % oleje a lisováním semen se z nich získává olej (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Rozdělení olejnin

Olejníny se rozdělují do různých čeledí a mezi ně se řadí druhy vytrvalé i jednoleté v ozimých i jarních formách. Mezi vytrvalé se zařazuje např. oliva, která patří mezi významné olejníny v oblasti Středozevního moře, dále palma olejná a kokosovník obecný v oblasti subtropů. V mírném pásmu se pěstují jednoleté druhy, mezi ně patří z čeledi brukvovitých řepka olejná, řepice a hořčice a z čeledi hvězdnicovitých slunečnice roční nebo světlice barvířská. Mezi olejníny se zařazují také některé přádné rostliny, např. len setý, konopí seté a bavlník. Celosvětově nejvýznamnější olejinou je sója (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

Většina olejnin se používá na výrobu oleje pro potravinářské a technické účely (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

3.2.1 Řepka olejná



Obr. č. 1 – Řepka olejná (PAZDERA, 2014)

Řepka olejná (*Brassica napus L.*) je v klimatických podmínkách České republiky nejdůležitější olejinou. Dvě třetiny hmotnosti semene tvoří olej a bílkoviny. Slupka činí 12 – 16 % hmotnosti celého semene a obsahuje 10 % tuku, 15 % bílkovin a 33 % vlákniny. V semeni je malý obsah vody, proto činí obsah oleje v celém semeni 40 – 43 % (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Semeno řepky obsahuje také antinutriční látky, z nichž mezi nejvýznamnější patří glukosinoláty, kyselina eruková a sinapiny. Zvýšený příjem glukosinolátů může způsobovat pokles podílu jódu zachyceného štítnou žlázou a může vést až k její hypertrofii, dále může docházet k poškození jater. Některé štěpné produkty glukosinolátů mohou naopak u člověka působit příznivě. Například štěpné produkty, které aktivují enzymy detoxikující karcinogeny z potravy, snižují riziko vzniku rakoviny tlustého střeva (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

Dříve se pěstovaly odrůdy s kyselinou erukovou, ale později se zjistilo, že tato kyselina působí škodlivě na srdeční muskulaturu a cévy, a tak se začaly šlechtit tzv. bezerukové odrůdy (0 odrůdy). Šlechtění bezerukových odrůd vedlo také ke zvýšení olejové kyseliny z původních 13 – 48 % na 60 – 65 %. Tím se dosáhlo i zlepšení kvality řepkového oleje. Dalším požadavkem bylo zvýšit krmnou hodnotu pokrutin, které vznikají po získání oleje, a tak se začalo se šlechtěním odrůd s nízkým obsahem kyseliny erukové i nižším obsahem glukosinolátů (tzv. 00 odrůdy). Tyto odrůdy se pěstují dodnes s velkou převahou (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Řepka se pěstuje v jarní i ozimé formě, v České republice převládá řepka ozimá, která je také nejvýznamnější olejinou. Pro řepku jsou nejlepší hluboké, středně těžké půdy, kapilární, hlinité, dobře zásobené humusem nad 1,5 % a živinami (hlavně Mg, Ca, K, P a B) a s neutrální až slabě kyselou půdní reakcí. Důležitý je také obsah dusíku. Nevhodné jsou velmi lehké nebo extrémně těžké jílovité půdy, mokré nebo silně kamenité (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009, BEČKA a kol., 2007).

Nejvhodnější jsou oblasti s průměrnými ročními teplotami 6,5 – 8,5 °C a s ročním srážkovým úhrnem 550 – 750 mm. Vhodné jsou také oblasti, které zaručují dobré přezimování (BEČKA a kol., 2007).

Pro dobré vzejití porostu jsou důležité srážky a vláha po zasetí. Rizikové je periodické vysychání půdy, které vede k zasychání kořínků a úhynu rostlin. Silné srážky způsobují naopak nedostatek kyslíku a vyšší zaplevelení. Do příchodu zimy je nutné, aby rostliny vytvořily mohutné kořeny a listovou růžici s více než 8 – 10 listy. Řepka nesnáší holomrazy minus 13 – 15 °C a kolísání teplot mezi dnem a nocí vyšší než 20 °C (BEČKA a kol., 2007).

Řepka má dobrou předplodinovou hodnotu, ale na stejném místě je možné ji pěstovat s minimálním odstupem čtyř let. Při nedodržení doporučeného odstupu hrozí nebezpečí rozšíření chorob a škůdců. Řepka je dobrou předplodinou pro následně seté obilniny. Bylo prokázáno, že ozimá pšenice dává až o 17 % vyšší výnosy než pšenice pěstovaná opakovaně (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009, BEČKA a kol., 2007).

Nejvhodnější předplodinou ozimé řepky bývá ozimý ječmen nebo rané odrůdy pšenice. Na méně úrodných půdách jsou vhodné ozimé a jarní směsky a jetel (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

Vysévá se v druhé polovině srpna do hloubky 1 – 2 cm. Řepka je náročná na živiny, hlavně v době od začátku vegetace na jaře do konce kvetení (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Řepka se sklízí v druhé polovině července. Semena musí být tmavá, podíl semen se zeleným jádrem by neměl překročit 5 % a vlhkost semen max. 12 %. Sklizeň řepky je riziková, může se dosáhnout ztrát až 0,1 – 0,2 t.ha⁻¹ (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009, BEČKA a kol., 2007).

Bezprostředně po sklizni je důležité řepku přečistit a zahájit úpravu vlhkosti semen. Zpracovatelé vyžadují vlhkost před expedicí max. 8 % a mají velké nároky na proces sušení. Tržní požadavky na řepku jsou shrnuty v tabulce č. 2 (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009, BEČKA a kol., 2007).

Tab. č. 2. Tržní požadavky na kvalitu řepky

Požadavek	Řepka
Olejnatost	42 %
Vlhkost	max. 8 %
Nečistoty	max. 8 %
Obsah erukové kyseliny	max. 2 %
Porostlá a poškozená semena	max. 5 %

(Zdroj: BEČKA a kol., 2007)

3.2.2 Slunečnice roční



Obr. č. 2 – Květ slunečnice roční
(EVVOJAROSKA.WEBSNADNO.CZ)

Slunečnice roční (*Helianthus annuus L.*) pochází z Ameriky, kde byla původními obyvateli domestikována před několika tisíci lety. Do Evropy byla semena dovezena v 16. století a poté se pěstování postupně rozšiřovalo. Tato olejnína je plodinou teplé části mírného pásma. V České republice se pěstuje jen okrajově a její výnosy jsou na rozdíl od řepky olejné minimální (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

Produkce slunečnice překračuje v České republice poptávku obyvatelstva, proto se sklizené slunečnice vyvázejí. Důvodem malého pěstování slunečnice je skutečnost, že tato olejnína má velké nároky na půdu a může se po sobě pěstovat na stejném místě jen jednou za 6 – 8 let (SVĚT POTRAVIN, 2013).

V posledních desetiletích se pěstování slunečnice rozšířilo díky raným hybridům a globálnímu oteplování. Dnešní hybridy obsahují 50 – 60 % oleje, kde převládá linolová a olejová kyselina (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Semena slunečnice dále obsahují 16 – 20 % dusíkatých látek, 24 % hrubé vlákniny, 2 – 3 % minerálních látek (zejména P, K, Mg), (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

Slunečnice je stepní, suchomilná, teplomilná, cizosprašná a složnokvětá rostlina. Květenství se skládá ze zelených lístků, které jsou na okraji, vedle nich jsou sterilní kvítky a dále plodné kvítky. Po jejich opylení vznikají semena. Optimální teploty pro klíčení jsou 13 – 15 °C a doba kvetení podle počasí 5 – 12 dnů, protože květenství odkvétají od okraje do středu, denně asi tři řady. Porost slunečnice vyžaduje dobře zásobenou půdu vodou a živinami, vysévá se do hloubky 3 – 5 cm (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

K pěstování vyžaduje slunečnice hluboké, strukturní, hlinitopísčité a písčitohlinité půdy, ideálně černozemního typu. V osevním postupu nemá speciální nároky, většinou se řadí mezi dvě obilniny (TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

Vhodnými předplodinami slunečnice jsou obilniny, kukuřice nebo okopaniny (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Slunečnice se začíná sklízet od vlhkosti 15 %. Sklizené nažky by měly pro další zpracování obsahovat max. 9 % vody, min. 44 % oleje, max. 2 % příměsí a pod 2 % volných mastných kyselin. Pokud by byl vyšší obsah těchto kyselin, získaný olej by měl horší barvu, chuť a menší výtěžnost. Za vlhka a za tepla vznikají nasycené i nenasycené mastné kyseliny. Nenasycené mastné kyseliny rychle oxidují a způsobují zatuchlý zápach. Tyto volné mastné kyseliny vznikají při dlouhém skladování vlhkých nažek, dále při vysokém napadení nažek botrytidou, při vysokém podílu vyloupaných a poškozených nažek a při vysokém podílu vlhkých příměsí. Proto je nutné opatrně sklízet, dobře vysušit kombajn a omlat dobře dosušit (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Pro kvalitu oleje je významné počasí od kvetení do plné zralosti a především dostatek světla (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Z nažek slunečnice se kromě potravinářského oleje vyrábí také změkčovadla, motorový olej, vosky a další. Produkují se dva typy odrůd, první s menšími olejnatějšími semeny pro získávání oleje a druhá s většími méně olejnatými semeny, která se používá k přímému konzumu. Pokrutiny a extrahované šroty se používají do krmných směsí (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009, TICHÁ, VYZÍNOVÁ, 2006).

3.2.3 Olivovník a olivy



Obr. č. 3 – Olivovník (OLIVY.CZ)

Olivovník evropský (*Olea europaea*) je strom, který se pěstuje hlavně ve Středomoří nejvíce v Itálii, Španělsku a Řecku. Patří do skupiny stálezelených dřevin. Strom je 5 – 15 m vysoký, s kulovitou, ve stáří nepravidelnou korunou. Koruna je porostlá úzce kopinatými stříbrošedými listy, které jsou na líci matně tmavozelené až šedozelené a z rubu šedobíle až hnědavě chlupaté. Olivovník kvete na přelomu dubna až května drobnými květy schovanými v úžlabních latách. Tyto květy velice intenzivně až někdy nepříjemně voní. Plodem je oliva s velmi tvrdou peckou. Téměř všechny olivovníky plodí až po padesáti letech po vysazení (KOPŘIVA, 2014, VALÍČEK a kol, 2002).

Olivovník je velmi odolný vůči půdě. Nejvíce mu vyhovuje sucho a teplo. Nesnáší mráz, protože nenávratně poškozuje jeho kořeny. Pro přezimování je nejvhodnější teplota okolo 10 °C (KOPŘIVA, 2014).

V přírodě roste velmi pomalu, vyžaduje kamenitou, chudou půdu. Suchu odolává díky hlubokému zakořenění (JAKTAK.CZ).

V červnu olivy mění barvu od zelené, přes fialovou až po černou. V září se sklízí zelené olivy a koncem roku černé olivy (OLIVY.CZ).

Olivy obsahují vitamin A a E, nenasycené mastné kyseliny, antioxidanty, přírodní vlákninu, Fe, Ca a Mg (KOPŘIVA, 2014).

Zralé olivy jsou nepoživatelné, trpké a suché, proto se nakládají do solného nálevu nebo se nechávají mléčně kvasit. Začínají se sklízet začátkem listopadu (KOPŘIVA, 2014).

Sklizeň oliv probíhá samovolně, ručně nebo pomocí různých přístrojů pro zrychlení práce. Zralé plody oliv spadají na zem do připravené sítě a potom probíhá jejich sběr. Z oliv se získává 15 – 40 % nevysychavého stolního oleje, který se používá v potravinářství, lékařství nebo v kosmetice (VALÍČEK a kol., 2002, OLIVOVNIK.WEBNODE.CZ).

3.2.4 Palma olejná



Obr. č. 4 – Palma olejná (WIKIPEDIA.ORG)

Palma olejná (*Elaeis guineensis*) je tropický strom, který pochází z Afriky v oblasti mezi Angolou a Gambií. Nyní se nejvíce pěstuje v Indonésii a Malajsii (EN.WIKIPEDIA.ORG).

Plantáže palmy olejné patří k nejvýnosnějším tropickým kulturám, protože produkuje až 6 tun oleje na hektar za rok. V důsledku této velké produkce padnou každoročně tisíce hektarů deštného lesa, aby se založili nové plantáže (ROHWER, 2002).

Palmě prospívají nejlépe vlhká tepla tropických nížin (NOWAK a SCHULZOVÁ, 2002).

Tato olejnína vytváří válcové kořeny bez kořenových vlasů, které jsou důležité pro získávání vody a živin. Proto je palma olejná závislá na arbuskulárních mykorhizních houbách, které jí tyto živiny a vodu dodají. Palma potřebuje dostatek živin, hlavně N, K a Cu (PHOSRI, RODRIGUEZ, SANDERS a JEFFRIES, 2010, EN.WIKIPEDIA.ORG).

Kmen dosahuje výšky kolem 20 m, je pokrytý pochvami odumřelých listů a často i epifyty končící typickou palmovou korunou (KUNTE a ZELENÝ, 2009).

Chochol živých listů je velmi tmavý, polokulovitý a tvořený obloukovitě skloněnými, zpeřenými listy, které jsou dlouhé přes 6 metrů (KUNTE a ZELENÝ, 2009).

Plodem jsou peckovice seskupené v hrozny, kde je několik set plodů o velikosti švestky. Plod má oranžově červenou dužninu se žlutouází a s jedinou tvrdou, dřevnatou, tlustostěnnou peckou. Na špičce pecky jsou tři klíční póry a jedno nebo výjimečně dvě semena. Dužnina obsahuje 40 – 60 % palmového oleje (ROHWER, 2002, NOWAK a SCHLUZOVÁ, 2002).

Plody zrají 5 až 6 měsíců od opylení až do úplné zralosti. Peckovice jsou seskupeny v hustých, krátce stopkatých, palicovitých květenstvích, které dosahují délky 70 cm a mohou vážit 25 až 50 kg (EN.WIKIPEDIA.ORG).

Z palmy olejné se získávají dva typy olejů - palmový a palmojádrový. Z dužniny se získává olej tak, že se plodenství ihned po sklizni zahřejí vodní párou, jednotlivé plody se strojově oddělí a lisují tak, aby se z nich uvolnila semena. Z rozdrčené dužniny se lisuje oranžově červený olej, který se bělí a používá k výrobě kuchyňského oleje, dále pak ztuženého tuku a k průmyslovým účelům. Ze semen se po usušení a rozbití pecek lisuje pěnivý palmojádrový olej především k výrobě mýdel a kosmetických přípravků (NOWAK a SCHLUZOVÁ, 2002).

Kromě potravinářského využití má palma olejná i využití technické. Používá se v kosmetice, ve farmacii k přípravě léčiv a pro výrobu bionafty (PHOSRI, RODRIGUEZ, SANDERS a JEFFRIES, 2010).

Plody se v místech pěstování jedí jednak čerstvé nebo se z nich připravuje mnoho různých pokrmů. Z palmy olejné se dále získává šťáva, která se zkvašuje na palmové víno. Střední

žebra listů a jednotlivé malé lístky se používají k výrobě košťat a kartáčů (VALÍČEK a kol., 2002).

3.3 Stolní olej

Olej, je kapalina tvořená molekulami, obsahující hydrofobní uhlovodíkové řetězce, proto jsou oleje ve vodě nerozpustné (WIKIPEDIA.ORG).

Jedlé oleje a tuky jsou vyráběny na bázi rostlinných surovin s vyváženou skladbou nasycených, cis-monoenových a all-cis-polyenových mastných kyselin. Z hlediska vlivu na lidské zdraví bývá problémem zvýšený příjem nasycených mastných kyselin (VACÍK, 1990).

Kvalitní stolní olej by měl obsahovat nejlépe 2 – 10 % nasycených mastných kyselin a co nejvíce linolové a olejové kyseliny. Vyšší obsah linolenové kyseliny způsobuje žluknutí oleje, naopak vyšší obsah olejové kyseliny je výhodný pro vyšší tepelné namáhání (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Kvalita rostlinných olejů je dána hlavně obsahem esenciálních mastných kyselin. To jsou mastné kyseliny, které lidský organizmus neumí syntetizovat, a proto je musí přijímat potravou. V olejninách pěstovaných na území České republiky převládají linolová a olejová kyselina. Denní potřeba linolové kyseliny je pro dospělého člověka 3 – 6 g, ale doporučený denní příjem je 10 g. Nenasycené mastné kyseliny snižují obsah cholesterolu v krevní plazmě. Každé 1% snížení celkového cholesterolu snižuje koronární srdeční choroby asi o 2 – 3 %. Významným momentem v akumulaci cholesterolu je oxidace LDL – cholesterolu. Mastné kyseliny jsou pro lidský organizmus významné. Působí proti zvýšenému obsahu cholesterolu v krvi, zvyšují funkci ledvin a snižují vysoký krevní tlak, naopak ale zvýšený příjem nenasycených mastných kyselin působí na organizmus škodlivě (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

3.3.1 Výroba olejů

Rostlinné oleje a tuky se získávají z dužin plodů nebo ze semen bobů. Z dužin plodů se získávají např. palmový, olivový nebo avokádový olej, ostatní oleje se získávají ze semen bobů. Plody se nesmí přepravovat a pro jejich biologické vlastnosti ani skladovat, proto je nutné je ihned na místě zpracovat. Naopak semena lze skladovat dlouhodobě a je možné je i přepravovat. Získávání olejů z dužin plodů olejnin je specifické pro země, které tyto olejniny pěstují (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2012).

3.3.1.1 Procesy získávání olejů

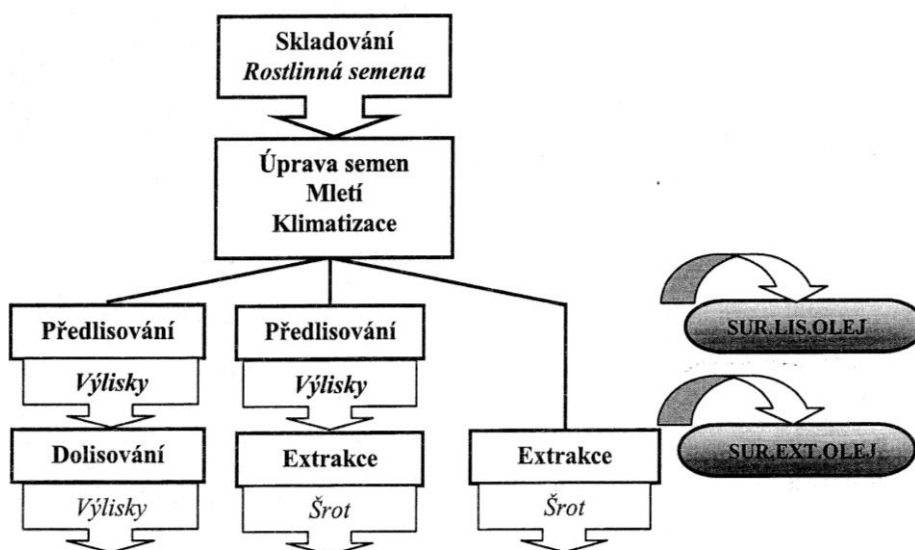
Oleje se získávají z rostlinných semen lisováním a extrakcí. Lisování spočívá v mechanickém oddělení oleje z rostlinných pletiv za vysokého tlaku a extrakce spočívá v selektivním rozpouštění oleje z rostlinných pletiv organickým rozpouštědlem (hexanem). Oba tyto způsoby se nejčastěji kombinují a po oddělení mechanických nečistot se dále zpracovávají společně (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Jedním z hlavních kritérií pro výrobu oleje je olejnatost vstupující olejiny. Hraniční rozmezí je 25 – 30 % oleje v semeni. Olejiny, které mají olejnatost pod touto hranicí, se již nelisují (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Při výrobě oleje se postupuje podle základních technologických schémat:

- 1) Kombinace technologie předlisování – dolisování
 - olejnatost ve výliscích z dolisu se pohybuje pod hranicí 10 %, u řepky je 40 % oleje v semeni a při lisování se získá 85 – 88 % oleje.
- 2) Kombinace technologie předlisování – extrakce
 - olejnatost ve výliscích z předlisu se pohybuje pod hranicí 20 %, u řepky je 40 % oleje v semeni a lisováním se získá 97 % oleje.
- 3) Technologie přímé extrakce
 - používá se např. pro zpracování sóji.

Obr. č. 5 – Schéma technologie procesů výroby rostlinných olejů (KADLEC a kol. 2002)



Proces výroby olejů se skládá z několika kroků:

- 1) Úprava semen před lisováním – drcení a mletí semen
- klimatizace semen
- 2) Lisování
- 3) Extrakce
- 4) Rafinace

3.3.1.2 Úprava semen před lisováním

Úprava semen zahrnuje procesy loupání a mletí semen a kondicionaci semen, což je proces fyzikálně – chemických procesů s působením tepla a páry. Před vlastním lisováním musí být olejnaté suroviny rozmělněny, aby se usnadnilo získávání olejů vlivem rozrušení struktury semen, částečného narušení pletiv a buněk a zvětšení plochy pro usnadnění vytékání oleje. Loupání semen se provádí jen u některých olejnin, např. sójové boby se loupají pro získání kvalitní bílkoviny nebo slunečnice pro snížení podílu vosků v oleji (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2012).

Mletí semen

K mletí semen se používají mlecí stolice s horizontálním, vertikálním nebo diagonálním uspořádáním rýhovaných válců, které se otáčejí nestejnou rychlostí proti sobě. Působením tlakových, tahových a střížných sil se dosáhne překonání vazných sil v namáhaném semeni. Tím se dosáhne částečného mechanického narušení pletiv a získá se namleté semeno o velikosti částic 0,5 – 2 mm (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2012).

Kondicionace semen

Kondicionace semen je proces, kdy působí společně fyzikálně – chemické a biochemické reakce na namleté semeno. Proces probíhá ve dvou fázích, nejprve se účinkem přímé syté páry za zvýšené teploty (85 – 95 °C pro řepku) dosáhne hydrofilizace přítomných polysacharidů a bílkovin. Vznikají hydrofilní gely a v důsledku toho dochází k praskání buněčných stěn, ohřevem se snižuje viskozita oleje a materiál nabývá viskoplastického chování. V produktu stoupá obsah vody na 12 – 15 %. Druhá fáze kondicionace spočívá v sušení nepřímým ohřevem. Upravuje se koncentrace vody, aby materiál získal optimální mechanické vlastnosti. U řepky se vlhkost snižuje na 4 – 6 %. Negativně se projevuje vliv klimatizace na barvu oleje, na zvýšenou koncentraci fosfolipidů v oleji, dále dochází k oxidaci oleje a k částečné denaturaci bílkovin (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2009).

Zařízení pro tento proces se nazývá nahřívací pánev s 5 až 7 patry. V horních patrech se zvyšuje obsah vlhkosti přímou parou a ve spodních patrech dochází za stálého míchání k sušení. Z pánve vstupuje materiál do šnekového lisu. Horizontální klimatizátor materiál posouvá a současně míchá šnekem nebo systémem lopatek. Klimatizátor je tvořen třemi vodorovnými klimatizačními válci s dvojítm pláštěm (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

3.3.1.3 Lisování

Účelem lisování je vytlačování oleje z nadrcených semen nebo olejnatého materiálu. Tento proces je závislý na mnoha faktorech např. obsahu tuku, úpravě před lisováním, obsahu vody a dalších. Dnes se již používají výkonné kontinuální šnekové lisy. Olej se uvolňuje mechanicky stlačením rozemletých semen, kdy olej vytéká vytvořenými kapilárami. Podle způsobu použití a stupně odlisování oleje se k lisování používají předlisy, dolisy a kombinované dvojité lisy. Lis se skládá ze šnekovice se závity a mezikroužky, která je uložena uvnitř ced'ákového koše s lamelami. Olej odtéká štěrbinami mezi lamelami, materiál se dávkuje do lisu a otáčením o jeden závit dochází ke stlačení. Mezi závity jsou mezikroužky, kde dojde k poklesu tlaku, k expanzi, a tím k dalšímu narušení buněk. Podél šnekovice dochází ke střídání komprese a expanze, a tím kolísá tlaková složka. Jednotlivé lisy jsou zakončeny říditelným kónusem, který vymezuje štěrbinu pro odchod vylisovaného materiálu, jako jsou výlisky a pokrutiny. Tyto výlisky jsou ve velkých surovnách ihned dávkovány do procesu extrakce nebo do dolisů. Zbytky semen tzv. pokrutiny z dolisů po namletí se používají jako krmivo (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

3.3.1.4 Extrakce

Účelem extrakce je pomocí vhodných rozpouštědel získat maximální množství oleje z nízkoolejnatých surovin nebo z výlisků vysokoolejnatých semen na zbytkový obsah oleje ve šrotech pod 1 %. Nejčastěji se jako rozpouštědlo v poslední době používá n-hexan (NOVOTNÁ, 2009).

Ke správnému průběhu extrakce je důležitá úprava semen, aby došlo k hlubokému narušení pletiv a buněk (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

Rozpouštědla používaná pro extrakci by měla splňovat následující kritéria: vysokou rozpustnost oleje za nízkých teplot, vysokou selektivitu pro extrakt, chemickou inertnost vůči všem složkám, požadavky na nízkou toxicitu, hořlavost a výbušnost, nízkou viskozitu a povrchové napětí, snadnou odstranitelnost z miscely a ze šrotu, nemísitelnost s vodou a další. V celosvětovém měřítku se výběr po praktickém provozování zúžil na extrakční benzin, který

ale měl široké destilační rozmezí. Později se začal používat technický hexan. Ze složení technického hexanu uvedeného v tabulce č. 3 vyplývá, že teplota při normálním tlaku nemůže přesáhnout při extrakci 60 °C, čímž ale dochází ke zvýšení koncentrace fosfolipidů v extrahovaném oleji (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

Tab. č. 3 – Vlastnosti a koncentrace uhlovodíků v technickém hexanu

Uhlovodík	$\rho_{20^\circ\text{C}}$ (g.cm ⁻³)	Bod varu (°C) 101,325 kPa	Obsah v technickém hexanu (%)
n-pentan	0,63	36,07	< 2
n-hexan	0,66	68,95	45 - 95
n-heptan	0,68	98,42	< 10
cyklohexan	0,78	80,74	< 3
2,3-dimethylbutan	0,66	58,00	2 – 20
3-methylpentan	0,66	63,28	1 – 20

(Zdroj: KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012)

Extrakci lze provádět dvěma způsoby, šaržově, které se používá jen minimálně, nebo kontinuálně. Kontinuální extrakce se provádí v moderních velkokapacitních zařízeních s poloprotiproudým nebo protiproudým tokem výlisků a miscely. Extraktory se rozdělují na ponorné a skrápěné. Moderní extraktory, které v současné době pracují v Evropě, jsou perkolační, protiproudé, kontinuálně pracující extraktory, které denně zpracují 0,5 – 1 kt.d⁻¹ materiálu, např. rámový extraktor Lurgi GmbH (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Vstupující výlisky se smáčejí koncentrovanou miscelou (30%), postupně jsou protiproudě extrahovány a šrot s nízkým obsahem oleje přichází do kontaktu s čistým hexanem. Poslední sekce je odkapávací (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Zpracování miscely

Zpracování miscely spočívá v destilaci hexanu s vodní parou za sníženého tlaku o velikosti 100 – 200 hPa. Páry hexanu se vedou na kondenzátory a nezkondenzovatelný podíl se absorbuje v absorpčním okruhu (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Zpracování miscely slouží k odstraňování nečistot pomocí filtrace, odpařování rozpouštědla pomocí odparky s klesajícím filmem a k oddělení vody od rozpouštědla pomocí odlučovače (KADLEC a kol., 2002).

Dále je nutné provést zpracování šrotů, které se provádí v toasteru s účinkem přímého parního ohřevu (destilace vodní parou) a nepřímého ohřevu (snížení obsahu vody). Tímto krokem dochází k odstranění zbytků rozpouštědla a k odstranění antinutričních látek (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Šroty, podle druhu olejnaté suroviny obsahují 35 – 45 % bílkovin, 1 – 3 % tuku, do 1 % popelovin a různé množství vlákniny (20 – 30 %). Tyto šroty se dále používají jako krmivo nebo se zpracovávají do krmných směsí (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

Tuky se mohou získávat také kombinací obou metod lisováním a následnou extrakcí. Nejdříve se semena rozdrtí, po ovlhčení se záhřevem rozloží přítomné lipoproteiny a vločky se potom lisují v kontinuálních šnekových lisech. Šroty vzniklé lisováním obsahují 15 – 20 % zbytkového tuku, který se extrahuje v kontinuálně pracujících extraktorech. Zbylé extrahované šroty obsahují 2 – 3 % zbytkového tuku. Z tohoto extraktu se rozpouštědlo oddestiluje a zbytek se odstraní následnou destilací s vodní parou (STRATIL, 2010).

3.3.1.5 Rafinace

Surový olej obsahuje mnoho doprovodných látek, které pocházejí ze semen a plodů rostlin. Mezi tyto látky patří fosfolipidy, volné mastné kyseliny, barviva a pachové látky. Účelem rafinace je tyto látky z oleje odstranit, protože zhoršují kvalitu oleje, snižují jeho trvanlivost a použitelnost v potravinářské výrobě. Cílem rafinace je získat zdravotně nezávadný olej, příjemné vůně a chuti, vyhovující barvy, dostatečně trvanlivý a s odpovídajícím obsahem nutričních látek (MARTINŮ, 2008).

Rafinací se získává plně rafinovaný rostlinný olej, který představuje směs acylglycerolů s minimální koncentrací fosfolipidů ($0 - 1 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ P}$) a volných mastných kyselin ($0,05 - 0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$). Barva oleje by měla být slabě nažloutlá a z hlediska senzoryky chutě a vůně plně neutrální (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Technologický postup rafinace se skládá z těchto kroků:

- 1) Hydratace (odslizování)
- 2) Odkyselování
- 3) Bělení
- 4) Deodorace

Prvním krokem procesu rafinace je hydratace neboli odslizení. Tento krok je založený na působení vody, roztoků kyselin a koncentrovaných polyfunkčních kyselin jako jsou fosforečná nebo citronová kyselina, na glycerofosfolipidech, glykolipidech a dalších látkách afinitních k vodě. Odslizení prochází koagulací – vyvločkováním při teplotách 60 – 90 °C. Separace vloček od oleje se provádí sedimentací nebo odstředěním na talířových samoodkalovacích odstředivkách. Při hydrataci vodou je zbytkový obsah fosfolipidů vysoký (80 – 120 mg.kg⁻¹). Odpadá hydratační kal, ze kterého se odpaří voda za vakua na filmové odparce, a tím se získá tzv. lecithin obsahující 60 – 65 % fosfolipidů, 2 – 7 % glykolipidů a menší množství triacylglycerolů, volných mastných kyselin a dalších látek. Po hydrataci vodou se musí následně provádět hydratace fosforečnou kyselinou na rafinační odkyselovací lince. Hydratační kaly se separují s mýdlovým kalem v první odstředivce (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

V současné době se používají moderní postupy hlubokého odslizení, které snižují koncentraci fosfolipidů až na 5 – 15 mg.kg⁻¹ P. Používá se fosforečná nebo citronová kyselina, které mají za cíl zvýšit hydrovatelnost oleje rozrušením komplexů glycerofosfolipidů s kovy, dále následuje koagulace a separace (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

Dalším krokem rafinace olejů je proces odkyselování. Tento proces je založen na neutralizaci volných mastných kyselin vodným roztokem hydroxidu sodného za vzniku mýdel, která přecházejí do vodné fáze (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2012).

V současnosti kontinuální postupy zkracují dobu styku oleje s louhem, a tím se snižují i ztráty oleje. Součástí linky je několik procesních stupňů. První je hydratační stupeň, který spočívá v hydrataci surového oleje fosforečnou kyselinou, další je neutralizační stupeň (1. samoodkalovací talířová odstředivka), promývací stupeň (2. až 3. odstředivka) a poslední sušící stupeň, který představuje vakuový sušič. Většinou stroje obsahují 2 až 3 odstředivky, kde se na první samoodkalovací odstředivce odděluje tzv. mýdlový kal (soapstock) a následně se v promývacím stupni odstraní zbytky mýdel destilovanou vodou. Tímto procesem se získá odkyselený olej obsahující 0,05 % volných mastných kyselin, 0,05 % vody, do 0,007 % mýdla a do 3 – 5 mg.kg⁻¹ P fosfolipidů. Soapstock se rozloží pomocí sírové kyseliny na rafinační mastné kyseliny, které se použijí na technické účely (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

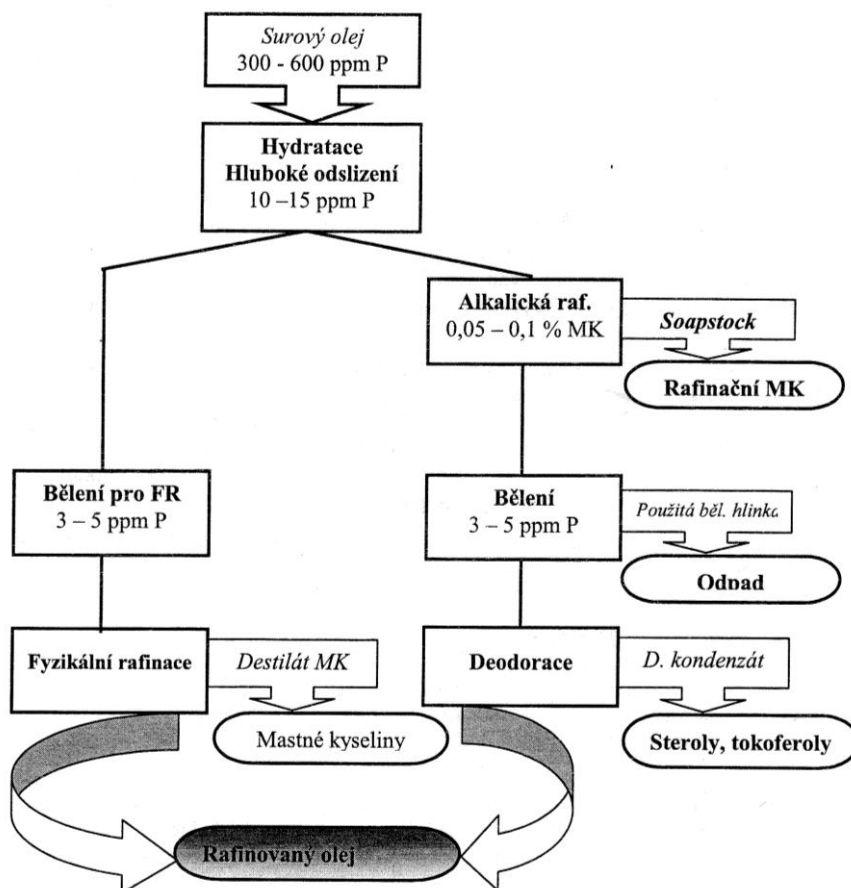
Po procesu odkyselování následuje bělení oleje, kdy se odstraňují karotenoidní a feofytinová barviva. Bělení se provádí na bělicí hlince bentonitového typu. K bělení se používá přírodní bentonit, např. montmorillonit, který se kysele aktivuje, nebo se u obtížně bělitelných olejů přidává aktivní uhlí. Vlastní bělení se provádí v kontinuálních bělicích, kde je bělicí hlinka

plynule dávkována do proudu oleje. Zařízení pracuje za sníženého tlaku 40 – 80 hPa, teplot 80 – 95 °C a doby bělení 25 – 35 minut. Nakonec se provádí filtrace v uzavřených automaticky pracujících semikontinuálních filtrech (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

Posledním krokem technologického postupu rafinace je deodorace oleje. U deodorace se deodoruje bělený olej, který musí mít nízký obsah fosfolipidů pod hranicí 3 – 5 mg.kg⁻¹ P. Jde o destilaci s vodní parou za teploty 180 – 240 °C a tlaku 5 – 20 hPa. Deodorace většinou trvá 1,5 až 6 hodin, odstraňují se nežádoucí pachové a chuťové látky (aldehydy, ketony, alkoholy), volné mastné kyseliny, steroly a tokoferoly (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

Výsledný rafinovaný olej je téměř čistá směs triacylglycerolů s menším množstvím parciálních esterů glycerolu a některých žádoucích doprovodných látek (např. tokoferolů). Při rafinaci se rozloží také peroxidy a část dalších oxidačních produktů (STRATIL, 2010).

Obr. č. 6 – Schéma procesů výroby rafinovaných rostlinných olejů (KADLEC a kol. 2002)



Rafinované rostlinné oleje se používají většinou ve studené kuchyni jako salátové oleje. Vzhledem k nižší oxidační stabilitě je jejich použití v teplé kuchyni omezené. Oleje jsou

základní složkou pro výrobu majonéz. Pro smažení a fritování se používají speciálně vyrobené oleje se zvýšenou oxidační stabilitou (KADLEC a kol. 2002).

3.3.2 Řepkový olej

Řepkový olej je v mnoha ohledech zdravější než slunečnicový olej a je pro kardiovaskulární systém lidí stejně významný jako olivový olej (MATĚJKOVÁ, 2011).

Již ve starých kulturách Asie a Středozeří se používal řepný olej pro svícení, v Evropě až od středověku. Nakonec byl nahrazen levnějším petrolejem. Dříve ho lidé jedli, stejně jako se ve formě margarínu jedl i za druhé světové války. Řepka je vynikající producent tuku a zároveň i dobrá technická surovina. Pro lidskou výživu jsou důležité hlavně nové odrůdy s vysokým obsahem kyseliny olejové (HRUDOVÁ, CHLOUPEK a PROCHÁZKOVÁ, 2009).

Řepkový olej obsahuje 12 – 24 % olejové kyseliny, 12 – 16 % linolové kyseliny, 7 – 10 % linolenové kyseliny a 40 – 55 % erukové kyseliny (KADLEC, MELZOCH a VOLDRICH, 2009).

Největší skupinou, která je obsažena v řepkovém oleji, jsou triacylglyceroly. Přítomnost vysoce nenasycených mastných kyselin ve fosfolipidech je důležitá pro kvalitu oleje, protože tyto mastné kyseliny jsou náchylné k oxidaci a mohou rychle způsobit zhoršení oleje. Fosfolipidy tvoří komplexy s těžkými kovy a tyto komplexy jsou stabilními katalyzátory, které mohou iniciovat a stimulovat oxidaci (GUNSTONE, 2002).

Hlavními složkami nezmýdelnitelných látek v rostlinných olejích jsou tokoferoly a steroly. Tokoferoly jsou velmi účinné přírodní antioxidanty, jejich množství v rostlině souvisí s obsahem nenasycených mastných kyselin. Řepkový olej obsahuje relativně vysokou hladinu tokoferolů. Vysoká účinnost tokoferolů je důsledkem jejich schopnosti transformovat strukturu z oxidované formy zpět do aktivní formy jinými molekulami, např. askorbová kyselina je glutationem redukována zpět. Řepkový olej obsahuje většinou α -tokoferol a γ -tokoferol, obsah tokoferolů v rafinovaném, běleném a deodorovaném oleji se snižuje zpracováním, zejména rafinací, extrakcí a deodorací (GUNSTONE, 2002).

V řepkovém oleji jsou obsaženy volné a esterifikované steroly zejména sitosterol, campesterol a brassicasterol. Brassicasterol je hlavním steroidem v řepkovém oleji a často je používán k detekci falšování jiných olejů. Ze stopových prvků obsahuje např. Fe, Cu, Pb, As, S, P. Tyto stopové prvky jsou přirozeně obsaženy v semeni, ale do oleje se mohou dostat během manipulace a zpracování (GUNSTONE, 2002).

Řepkový olej má dobrou chuťovou stabilitu, protože obsahuje nízké množství polynenasycených mastných kyselin a vysoký obsah mononenasycených mastných kyselin, ačkoliv obsahuje také linolenovou kyselinu (GUNSTONE, 2002).

Řepkový olej se používá jako přísada do salátů nebo salátových dresinků, jako stolní olej a pro smažení potravin na pánvi (GUNSTONE, 2002).

Řepkový olej je použitelný jako potravinářský olej pouze po úplné hydrogenaci (KADLEC, MELZOCH a VOLDŘICH, 2009).

3.3.3 Slunečnicový olej

Slunečnicový olej se získává ze semen slunečnice roční (*Helianthus annuus*), vyrábí se hlavně v jihovýchodním Rusku, na Ukrajině, ve Francii a v zemích jihovýchodní Evropy. Uplatňuje se především slunečnicový olej rafinovaný, který by se měl v kuchyni používat hlavně jako salátový olej. V potravinářských výrobcích je kapalnou složkou tukových násad margarínů a pokrmových tuků a slouží také k výrobě majonéz. Slunečnice byla společně s dalšími rostlinami vyšlechtěna pro produkci oleje s vysokým obsahem olejové kyseliny (85 %). Takové oleje mají vysokou oxidační stabilitu, takže jsou vhodné pro výrobu fritovacích olejů (SVĚT POTRAVIN, 2013).

Slunečnicový olej obsahuje nasycené mastné kyseliny, jako jsou palmitová (6,5 %) a stearová kyselina (5 %), nenasycenou olejovou kyselinu (24 %), polynenasycenou linolovou kyselinu (63 %) a pouze v zanedbatelném množství linolenovou kyselinu (0,3 %). Významný je obsah vitamínu E, panenské oleje obsahují více tohoto vitamínu (270 – 1240 mg.kg⁻¹) než oleje rafinované (270 – 940 mg.kg⁻¹), (SVĚT POTRAVIN, 2013).

Slunečnice pro produkci oleje se dělí do tří kategorií podle obsahu mastných kyselin:

- a) Tradiční odrůdy – obsahují vysoký podíl linolové kyseliny 65 – 70 %
- b) Odrůdy s vysokým obsahem kyseliny olejové – obsahují více jak 80 % olejové kyseliny a 5 – 9 % linolové kyseliny
- c) Střední olejové odrůdy - obsahují 55 – 75 % olejové kyseliny a 15 – 35 % linolové kyseliny

Slunečnicový olej dále obsahuje tokoferoly, steroly, fosfolipidy, vosky, karotenoidy, chlorofyl a stopové kovy. Tokoferoly jsou přírodní antioxidanty, slunečnicový olej obsahuje vysoký podíl α -tokoferolu, který působí proti fotooxidaci a menší podíl γ -tokoferolu, který zajišťuje oxidační stabilitu. Slunečnicový olej není vhodný pro výrobu trvanlivých smažených

potravin, protože olej prochází rozsáhlou autooxidací v procesu smažení (GUNSTONE, 2002).

Fosfolipidy jsou přirozeně přítomné v olejnatých semenech, jsou rozpustné v oleji a do oleje se dostanou po extrakci semen. V olejích jsou obsaženy čtyři hlavní skupiny fosfolipidů – fosfatidylcholin, fosfatidylethanolamin, fosfatidylinositol a fosfatidové kyseliny (GUNSTONE, 2002).

Vosky jsou přítomné v oplodí semene a způsobují v chladu zákal oleje. Obsah vosků se snižuje během zpracování. Karotenoidy jsou rozpustné v oleji a rozšiřují jeho načervenalý nádech, ale jejich hladina se snižuje během bělení a deodorace. Chlorofyl způsobuje zelenou barvu oleje a stejně jako stopové prvky je jeho obsah snížen během procesu bělení (GUNSTONE, 2002).

Slunečnicové semínko je cenným zdrojem vitamínu E, selenu, železa a zinku a používá se jako potravinu nebo jako krmivo pro zvířata (GUNSTONE, 2002).

Dále se používá slunečnicový olej k výrobě stolních olejů, ke konzervaci ryb, pro výrobu mýdel apod. Využití má například i v lékařství (VALÍČEK a kol., 2002).

3.3.4 Olivový olej

Olivový olej je hlavní složkou stravy zemích obklopující Středozemní moře. Používá se zde jako hlavní zdroj tuku při zpracování potravin. V poslední době se spotřeba olivového oleje rozrostla i do severní Evropy, USA a Kanady. Olivový olej působí pozitivně v prevenci některých chorob, např. koronárního srdečního onemocnění (GUNSTONE, 2002).

Plody se lisují celé spolu se semeny. První lisování se provádí při nižším tlaku o teplotě 20 – 25 °C, tím se získává nejkvalitnější tzv. panenský olej. Tento olej je bezbarvý a příjemné chuti, proto je i více ceněný než rafinovaný olej. Dalším lisováním při stejné teplotě, ale vyšším tlaku se získává tzv. olej brabantový, který je slabě nažloutlý. Lisováním za vyšší teploty se získává potravinářský olej světle žluté barvy se slabým zákalem, proto se dále rafinuje. Ze zbytků plodů po vylisování se vyrábí extrakcí technický olej, který se používá na výrobu mýdla (VALÍČEK a kol., 2002).

Druhy olivového oleje:

- 1) Panenský olivový olej – získaný z plodů olivovníku pouze mechanickými nebo jinými fyzikálními postupy za teplotních podmínek, které nevedou ke změnám v oleji. Při zpracování se používají pouze metody praní, odstředování a filtrace.

- 2) Extra panenský olivový olej – tento olej má dokonalou chuť a vůni a maximální kyselost 1 g/100 g vyjádřených jako olejová kyselina.
- 3) Obyčejný panenský olivový olej – tento typ má dobrou chuť a vůni a maximální obsah kyselin 3,3 g/100 g vyjádřených jako olejová kyselina.
- 4) Rafinovaný olivový olej – získává se z panenského olivového oleje rafinací, která nevede k počáteční změně triacylglycerolů. Má maximální obsah kyselin 0,5 g/100 g vyjádřených jako olejová kyselina.
- 5) Olivový olej z pokrutin – získává se zpracováním olivových výlisků s rozpouštědly.
- 6) Rafinovaný olivový olej z pokrutin – získává se ze surového olivového oleje z pokrutin rafinací. Kyselost má $\leq 0,5$ g/100 g vyjádřených jako olejová kyselina (GUNSTONE, 2002).

Olivový olej obsahuje nejvíce olejové kyseliny 55 – 85 %, dále 7,5 – 20 % palmitové a linolové kyseliny, 0,5 – 5 % stearové kyseliny, 0,3 – 3,5 % palmitoolejové kyseliny a do 1,5 % linolenové kyseliny, ostatní mastné kyseliny se vyskytují jen ve stopovém množství. Dále obsahuje fosfolipidy, tokoferoly, volné steroly, chlorofyly, karotenoidy a polární sloučeniny jako je tyrosol a hydroxytyrosol. Z tokoforelů je nejvíce obsažen α -tokoferol, který působí jako antioxidant, jeho obsah je 95 % z celkového množství tokolů, zbytek tvoří β -tokoferol a γ -tokoferol. Obsah vitamínu E se postupně snižuje během zpracování. V olivovém oleji se nachází také dva uhlovodíky skvalen a β -karoten. Skvalen je nenasycený alifatický uhlovodík, působí proti některým druhům rakoviny a má mírné antioxidační vlastnosti. β -karoten patří mezi hlavní karotenoidy v olivovém oleji, tvoří žlutočervenou barvu výrobků nebo slouží jako prekurzor vitamínu A. Z kovů obsahuje hlavně měď a železo, dále pak chrom, mangan, cín, nikl a olovo (GUNSTONE, 2002).

Olivový olej je vhodný pro studenou kuchyni, hlavně do salátů. Pro opakované smažení je nevhodný, protože má menší tepelnou stabilitu a do potravin mohou přecházet škodlivé látky vzniklé během smažení (GUNSTONE, 2002).

3.3.5 Palmový olej

Palmový olej je třetí nejrozšířenější jedlý olej po celém světě, zařazuje se těsně za sójový a řepkový olej (JEFFRIES, PHOSRI, RODRIGUEZ a SANDERS, 2010).

Největší pěstitelskou oblastí palmy olejně je jihovýchodní Asie. Nejvíce se palmový olej vyrábí v Malajsii a Indonésii. V ostatních zemích se palmový olej vyrábí v malém rozsahu (GUNSTONE, 2002).

Dominantní třídy lipidů v palmovém oleji jsou triacylglyceroly a diacylglyceroly. Dále obsahuje fosfolipidy a galaktolipidy, ostatní lipidy jsou obsaženy jen ve stopovém množství (CHEONG, SHUI a WENK, 2014).

Palmový olej má vyvážený obsah mastných kyselin, ve kterém je obsah nasycených mastných kyselin stejný jako obsah nenasycených mastných kyselin. Obsah palmitové kyseliny je 44 %, olejové kyseliny 40 %, linolové kyseliny 10 % a jen stopové množství linolenové kyseliny. Díky nízké hladině linolové kyseliny a stopovému množství linolenové kyseliny má palmový olej dobrou oxidační stabilitu. Dále obsahuje karoteny, tokoferoly, steroly, fosfolipidy, skvaleny, alifatické uhlovodíky a další. Karoteny a tokoferoly jsou antioxidanty a stabilizují olej proti oxidaci. Při rafinaci, bělení, deodoraci je část těchto látek odstraněna. Olej má červeno-oranžovou barvu, která je způsobená vysokou koncentrací karotenoidů a anthokyaninů. Hlavními zástupci karotenoidů v palmovém oleji jsou α -karoten, β -karoten, pytoen, γ -karoten, δ -karoten a lykopen (GUNSTONE, 2002).

Surový palmový olej se v mnoha zemích využívá jako zdroj prekurzorů vitamínu A. Červeno-oranžové barvivo se používá jako přírodní barvivo pro přípravu potravin, margarínů, sušenek a cukrovinek. Kromě vysokého obsahu karotenoidů má také vysoký obsah vitamínu E (tokoferolů a tokotrienolů). Na rozdíl od jiných olejů je většina z vitamínu E obsažena ve formě γ -tokotrienolů. Bylo zjištěno, že tokotrienoly vykazují vysokou účinnost při ochraně před nemocemi srdce a některých druhů rakoviny. Ze sterolů obsahuje β -sitosterol, stigmasterol a campesterol. Frakcionací a rafinací se jejich obsah a složení snižuje (GUNSTONE, 2002).

Palmový olej se používá z 90 % jako jedlý produkt, např. při vaření, fritování, do margarínů a pečiva. Díky vysoké oxidační stabilitě je vhodný i na smažení (GUNSTONE, 2002).

3.4 Kvalita a vlastnosti olejů

3.4.1 Oxidace tuků

Při oxidaci tuků se během skladování zhoršuje senzorická kvalita. Tento jev se nazývá žluknutí. Existují tři druhy žluknutí – hydrolytické, oxidační a ketonové. Při hydrolýze tuků se uvolňují mastné kyseliny, které způsobují nepříjemný pach hydrolytického žluknutí. Oxidační žluknutí způsobují oxidační produkty hydroperoxidů, které vyvolávají charakteristické pachutě závislé na složení a koncentraci sekundárních produktů. Některé oxidační reakce (enzymatické nebo neenzymatické) jsou žádoucí, protože určitými oxidačními produkty jsou charakteristické aromatické látky mnoha potravin např. některých druhů ovoce, zeleniny nebo smažených pokrmů. Ke ketonovému žluknutí dochází zejména v másle. Uvolněné mastné

kyseliny se enzymově oxidují a po odštěpení karboxylu vznikají methylketony. Ty mají specifickou parfémovou příchut'. V plísňových sýrech je tato chuť žádoucí (STRATIL, 2010).

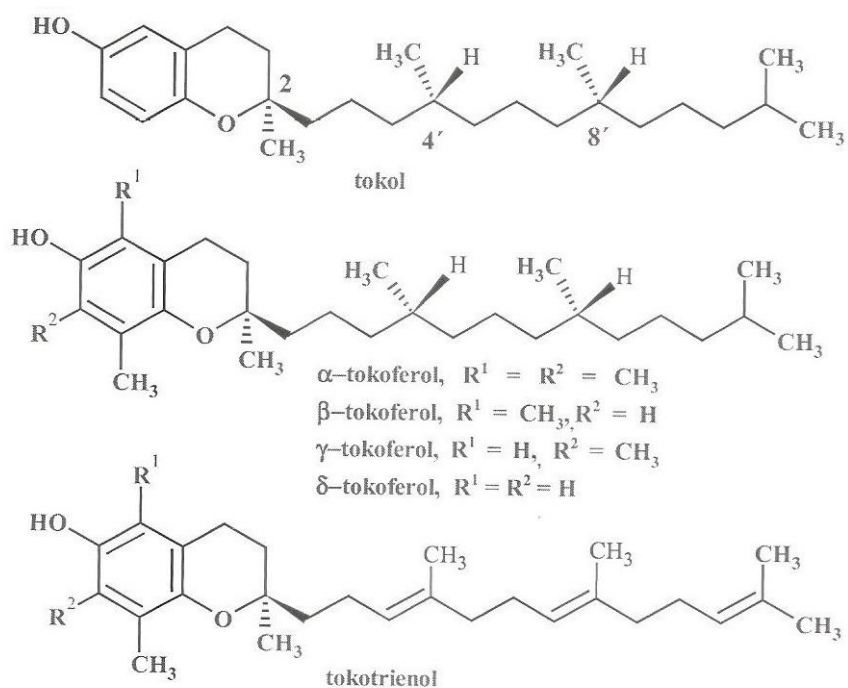
3.4.2 Změny při smažení

Smažení je tepelná úprava potravin, při které je tuk rozeřtý na teploty 150 – 200 °C. Smažení je možné provádět v tenké vrstvě tuku, nebo ve vrstvě silné více než 50 mm, většinou však 100 – 200 mm. Tomuto procesu se říká fritování, kdy je smažená potravina zcela ponořena v tuku nebo v něm plave. Během smažení probíhá několik skupin reakcí, např. hydrolytické procesy, oxidační procesy, polymerační reakce a pyrolytické procesy. Hydrolytické procesy nastávají působením horké vodní páry za vzniku volných mastných kyselin, které se z velké části absorbují na potravinu nebo unikají do okolí. Oxidační procesy probíhají velmi rychle. Po spotřebování rozpuštěného kyslíku v tuku probíhá oxidace v závislosti na difúzi kyslíku do tuku. Polymerační reakce vznikají reakcemi mezi volnými radikály, interakcemi karboxylových skupin volných mastných kyselin s hydroxylovými a epoxidovými skupinami oxidovaných mastných kyselin. Mezi pyrolytické procesy se řadí např. dehydratace oxidačních produktů, rozklad glycerolu na akrolein a další. Při překročení obsahu vznikajících polárních látek nad 25 % a polymerů nad 10 % se zhoršují chuťové vlastnosti (STRATIL, 2010).

3.4.3 Vitamin E

Aktivitu vitamínu E vykazuje osm základních strukturně příbuzných derivátů chromanu. Strukturním základem pro všechny sloučeniny vykazující aktivitu vitamínu E jsou tokol a tokotrienol obsahující chromanový cyklus s nasyceným nebo nenasyceným isoprenoidním postranním řetězcem, který obsahuje 16 atomů uhlíku. Existují čtyři formy vitamínu E s nasyceným postranním řetězcem odvozené od tokolu, které se nazývají tokoferoly. Další čtyři formy s nenasyceným postranním řetězcem jsou odvozené rovněž od tokolu a nazývají se tokotrienoly. Jednotlivé formy tokoferolu a tokotrienolu se liší polohou a počtem methylových skupin v chromanovém cyklu (VELÍŠEK, 1999).

Obr. č. 7 – Chemické struktury tokolů (STRATIL, 2010)



Vitamin E je považován za prevenci oxidace lipidů biomembrán, a proto je faktorem zpomalujícím proces stárnutí organismu a uplatňujícím se v prevenci kardiovaskulárních chorob a vzniku rakoviny. Potřebu vitaminu E pokrývají hlavně rostlinné lipidy, zejména oleje nebo margaríny. Důležitým zdrojem jsou i další potraviny rostlinného i živočišného původu obsahující sice malé množství vitaminu, ale konzumující se pravidelně ve větším množství, (zejména maso, ovoce a zelenina), (VELÍŠEK, 1999).

Tokoferoly působí jako antioxidanty tím, že zachytí meziprodukty hydroperoxidů a zastaví řetězové reakce autooxidace. Jednotlivé tokoferoly působí blahodárně na člověka. Například α -tokoferol ovlivňuje výživový a zdravotní stav lidí a γ -tokoferol vykazuje v semenech silnou aktivitu v ochraně sloučenin před oxidací, zejména mastných kyselin (CARROLA, PAIVA-MARTINS, PINTO a SILVA, 2010).

Deficit vitaminu E je poměrně vzácný a vyskytuje se u novorozenců a adolescentů. Projevuje se praskáním červených krvinek. Projevem jsou hlavně nervové a svalové změny (myopatie a encefalomalácie). Nadměrná konzumace se objevuje jen výjimečně. Vitamin E se používá pro fortifikaci potravin a krmiv a pro farmaceutické účely (VELÍŠEK, 1999).

Při rafinaci olejů dochází ke snížení obsahu vitaminu na 10 – 50 % původního obsahu. K hlavním ztrátám dochází při odkyselování a bělení. V nepřítomnosti kyslíku a oxidovaných

lipidů je vitamin E stálý při běžných postupech kulinárního a průmyslového zpracování potravin. K největším ztrátám dochází během smažení a pečení (VELÍŠEK, 1999).

3.4.4 Peroxidové číslo

Tuky a oleje jsou vysoce využívané v potravinářském průmyslu, ale jejich negativní vlastností je oxidace, ke které dochází při zpracování, výrobě a skladování. Oxidace může mít za následek toxicitu potravin. Z pohledů kvality a bezpečnosti potravin je stanovení peroxidového čísla velmi důležité ke zjištění kvality potravinářských olejů, protože se jedná o indikátor primárního stavu oxidace oleje. Peroxidové číslo udává koncentraci hydroperoxidů (primární oxidační sloučeniny), které nejsou stabilní a snadno se rozkládají na vedlejší oxidační produkty, jako jsou aldehydy a ketony. Aldehydy a ketony způsobují změnu vůně a chuti olejů (CHEN, LI, YANG, YU a WANG, 2014).

3.4.5 Jodové číslo

Jodové číslo je měřítkem stupně nenasycenosti tuku. Je také užitečným parametrem při studiu oxidačního žluknutí tuků, protože vyšší nenasycenost způsobuje větší náchylnost ke žluknutí (MANICKAM a SADASIVAM, 2005).

Podle hodnoty jodového čísla se rostlinné oleje dělí na nevysychavé (JČ do 60 %), polovysychavé (JČ 60 – 120 %) a vysychavé (JČ nad 120 %), (HÁLKOVÁ, RIEGLOVÁ a RUMÍŠKOVÁ, 2001).

3.5 Princip separační metody pro stanovení jednotlivých tokolů

3.5.1 Vysoce účinná kapalinová chromatografie

Chromatografie je separační metoda, při které se oddělují (separují) složky obsažené ve vzorku. Ve chromatografii se vzorek vnáší mezi dvě vzájemně nemísitelné fáze – stacionární a mobilní fázi. Stacionární fáze na rozdíl od mobilní fáze je nepohyblivá. Vzorek se umístí na začátek stacionární fáze a pohybem mobilní fáze přes stacionární fázi je vzorek touto soustavou unášen. Složky vzorku mohou být stacionární fází zachycovány, a proto se při pohybu zdržují. Složky, které jsou poutány stacionární fází silněji, se zdržují déle. Tímto způsobem se složky od sebe separují a na konec stacionární fáze se dostávají dříve složky méně zadržované (KLOUDA, 2003).

V kapalinové chromatografii je mobilní fází kapalina. Během separace se analyt rozděluje mezi mobilní a stacionární fázi. Čas, který stráví analyt v jedné nebo ve druhé fázi, závisí na jeho afinitě ke každé z nich. Klasická kapalinová chromatografie nemá potřebnou účinnost, a proto je základem pro vysoce účinnou kapalinovou chromatografii. U vysoce účinné

kapalinové chromatografie je nutné použít k účinné separaci dostatečně malých zrníček sorbentu, která kladou prostupující kapalině odpor, a proto je nutné pracovat pod vysokým tlakem (KLOUDA, 2003).

Detektory v HPLC by měly být selektivní pro analyty a málo citlivé na mobilní fázi. Průtočná cela musí snést tlak mobilní fáze a udržet těsnost. Nejčastěji se používá detektor fotometrický, refraktometrický a fluorescenční. Fluorescenční detektor je založen na principu fluorescence, tedy schopnosti látek absorbovat ultrafialové záření a následně vysílat záření o vyšší vlnové délce, které se měří fotonásobičem kolmo na směr vstupujícího záření. Tento detektor má detekční limit až 10^{-12} g.ml⁻¹ analytu. Jedná se o vysoce selektivní detektor a je vhodné jej kombinovat s fotometrickým detektorem (KLOUDA, 2003).

4 MATERIÁL A METODY

Cílem této diplomové práce bylo zjišťování změn kvality rostlinných olejů, které byly vybrány na základě obsahu mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin. Pro všechna stanovení byly vybrány čtyři druhy rostlinných olejů – olivový, řepkový, slunečnicový a palmový olej. Tyto oleje byly skladovány na světle a v temnu při pokojové teplotě a v lednici při teplotě 4 – 8 °C po dobu 10 měsíců. Na začátku skladování bylo ve všech olejích stanoveno jodové číslo, peroxidové číslo a obsah vitamínu E. Stanovované oleje byly rozděleny do tří skupin po jedné lahvičce (100 ml) každého druhu oleje a uloženy na světlo, do temna a do lednice. Následně každý měsíc bylo provedeno stanovení obsahu vitamínu E a peroxidového čísla.

Stanovované oleje

a) Řepkový olej – Vitae d'oro

- Jedlý rostlinný olej řepkový, jednodruhový
- Výrobce: Česká republika
- Prodávající: Kaufland Česká republika v.o.s., Pod Višňovkou 25, 140 00, Praha 4
- Složení: rafinovaný řepkový olej 100%
- Použití: Vhodný do salátů a pro vaření při nízkých i vysokých teplotách.
- Objem: 1 litr
- Minimální trvanlivost: 25. 4. 2015
- Obsah tuků na 100 ml: 92,0 g

b) Slunečnicový olej – Lukana

- Jednodruhový rostlinný olej
- Výrobce: Usti Oils s.r.o., Na strži 1702/ 65, 140 00 Praha 4, Česká republika
- Složení: slunečnicový olej, vitamin E
- Použití: určeno pro studenou i teplou kuchyni
- Objem: 1 litr
- Minimální trvanlivost: 23. 4. 2015
- Obsah tuků na 100 g: 100 g

c) Olivový olej – Delphi

- Olivový olej z pokrutin
- Výrobce: Řecko
- Prodávající: Kaufland Hrvatska k.d., Vile Velebita 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
- Složení: Olivový olej obsahující pouze olej získaný zpracováním zbytků po extrakci olivového oleje a olej získaný přímo z oliv
- Objem: 750 ml
- Minimální trvanlivost: 23. 9. 2015
- Obsah tuků na 100 ml: 92 g

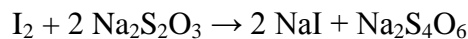
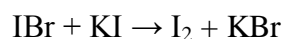
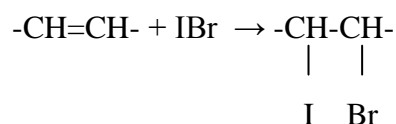
d) Palmový olej – Marina

- 100% rostlinný olej
- Dovozce: de Wolf GROUP s.r.o., Americká 2452/14, 350 02, Cheb
- Země původu: Srí Lanka
- Použití: na smažení, fritování, stolní kuchyňský olej na vaření
- Objem: 1 litr
- Minimální trvanlivost: 22. 3. 2016
- Obsah tuku na 100 g: 100 g

4.1 Stanovení jodového čísla podle Hanuše

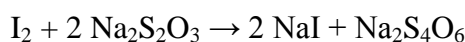
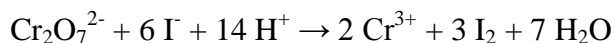
Princip stanovení

Jodové číslo udává procento halogenu (počítáno jako jod), který se může za určitých podmínek adovat na dvojně vazby. Vlastním reakčním činidlem je bromid jodný IBr, který se přidává v přebytku. Nezreagovaný bromid jodný se po reakci s tukem převede jodidem draselným na jod, který se titruje thiosíranem sodným.



4.1.1 Příprava a standardizace odměrného roztoku Na₂S₂O₃

Roztok thiosíranu sodného se standardizuje na základní látku K₂Cr₂O₇, která reaguje v kyselém prostředí s přebytečným množstvím I⁻ za vzniku ekvimolárního množství I₂, které se titruje odměrným roztokem Na₂S₂O₃.



4.1.1.1 Použité chemikálie

- Dichroman draselný K₂Cr₂O₇ p.a.
- Thiosíran sodný pentahydrát Na₂S₂O₃ · 5 H₂O p.a.
- Škrobový maz p.a.
- Kyselina chlorovodíková (1 : 5) HCl p.a.
- Uhličitan sodný Na₂CO₃ p.a.
- Jodid draselný KI p.a.

4.1.1.2 Postup:

- 1) Příprava 500 ml odměrného roztoku c(Na₂S₂O₃) = 0,1 mol.l⁻¹

Na analytických vahách bylo naváženo 7,906 g Na₂S₂O₃ a následně rozpuštěno v destilované vodě a stabilizováno přidávkem 0,5 g uhličitanu sodného. Takto připravené množství bylo kvantitativně převedeno do odměrné baňky na 500 ml, doplněno destilovanou vodou po rysku a následně promícháno.

- 2) Příprava zásobního roztoku základní látky K₂Cr₂O₇

Na analytických vahách bylo naváženo 0,4903 g základní látky, následně byl obsah v baňce rozpuštěn v destilované vodě a kvantitativně převeden do odměrné baňky na 100 ml. Následně byl roztok doplněn po rysku destilovanou vodou a promíchán.

- 3) Standardizace odměrného roztoku c(Na₂S₂O₃) = 0,1 mol.l⁻¹

Do jodové baňky bylo pipetováno 20 ml zásobního roztoku K₂Cr₂O₇ a zředěno 20 ml destilované vody. Dále bylo přidáno 2 g pevného KI, 5 ml HCl (1 : 5), baňka byla uzavřena a na 5 minut umístěna do temna. Potom byly stěny a zátka opláchnuty destilovanou vodou, zředěny na objem 150 ml a následně byla provedena titrace odměrným roztokem Na₂S₂O₃ do

světle žluté barvy. Následně bylo přidáno 5 ml škrobového mazu a dotitrováno z modrého zbarvení do odbarvení. Toto stanovení bylo provedeno ve třech opakováních a z naměřených hodnot byl vypočítán titr odměrného roztoku $c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1 \text{ mol.l}^{-1}$

4.1.2 Stanovení jodového čísla

4.1.2.1 Použité chemikálie

- roztok bromidu jodného (Hanušův roztok) IBr p.a.
- chloroform CH_3Cl p.a.
- roztok thiosíranu sodného pentahydrátu $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ p.a
- 10% roztok jodidu draselného KI p.a.
- roztok škrobu p.a.
- ledová kyselina octová CH_3COOH p.a.

4.1.2.2 Příprava Hanušova roztoku

V porcelánové misce bylo pečlivě rozetřeno 6,35 g jodu se 70 ml ledové octové kyseliny a poté za stálého roztírání po kapkách přidány 4 g bromu. Směs byla kvantitativně převedena do odměrné baňky na 500 ml a doplněna ledovou octovou kyselinou po rysku.

4.1.2.3 Postup

Do zábrusové Erlenmeyerovy baňky obsahu 300 ml byl odvážen na analytických vahách vzorek oleje podle očekávaného jodového čísla. Vzorek byl rozpuštěn 10 ml chloroformu, následně bylo přidáno v digestoři byretou přesně 25 ml Hanušova roztoku. Baňka byla uzavřena, důkladně promíchána a ponechána stát hodinu při pokojové teplotě v temnu. Během této doby byla občas krouživým pohybem promíchávána. Poté byla zátka opláchnuta destilovanou vodou, přidáno 20 ml 10% roztoku KI, 100 ml vody a obsah baňky byl titrován odměrným roztokem thiosíranu sodného do slabě žlutého zbarvení. Následně byl přidán 1 ml roztoku škrobu a dále bylo titrováno do ztráty modrého zbarvení horní vodné fáze. Stanovení bylo provedeno pro každý druh rostlinného oleje jedenkrát. Stejně bylo provedeno i stanovení slepého pokusu, které slouží ke stanovení spotřeby thiosíranu na přidávaných 25 ml roztoku bromidu jodného.

4.1.2.4 Výpočet jodového čísla

$$\text{jodové číslo (JČ)} = \frac{(a - b) \cdot x \cdot 12,69}{n} [\%]$$

kde a – spotřeba odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ při slepém pokusu (ml)

b – spotřeba odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ při vlastním stanovení (ml)

x – titr odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

n – navážka tuku v g

4.2 Stanovení jednotlivých forem vitamínu E

4.2.1 Použité chemikálie

- propan-2-ol p.a.
- metanol p.a.

4.2.2 Postup

Do 10ml odměrné baňky bylo pipetováno 100 μl homogenizovaného vzorku oleje a na analytických vahách zjištěna hmotnost vzorku s přesností na tisícinu g. Poté byly baňky doplněny propanolem po rysku, uzavřeny parafilmem a umístěny na 30 s do ultrazvukové lázně. Následně byly pečlivě promíchány a alikvotní podíl byl převeden přes nylonový mikrofiltr (0,22 μm) do tmavé 1ml vialky. Jednotlivé tokoly byly stanoveny metodou HPLC s isokratickou elucí a fluorescenční detekcí s využitím chromatografického systému Ultimate 3000. Mobilní fázi tvořila směs metanolu a deionizované vody (97 : 3). Teplota kolony byla 30 °C a nástřik vzorků 10 μl . Pro detekci byly použity tyto vlnové délky: excitační – 292 nm a emisní – 330 nm. Obsahy tokolů byly vyjádřeny v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ oleje. Stanovení bylo prováděno jedenkrát pro každý olej ze všech skupin.

4.3 Stanovení peroxidového čísla

Princip metody spočívá v titračním stanovení jodu uvolněného z jodidu draselného hydroperoxydů nenasycených lipidů v kyselém prostředí. Uvolněný jod se titruje 0,01M roztokem thiosíranu sodného. Konec titrace je indikován škrobovým roztokem. Peroxidové číslo vyjadřuje množství látek v roztoku, které oxidují jodid draselný za daných podmínek. Výsledek se uvádí v miliekvivalentech aktivního kyslíku na 1 kg oleje.

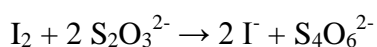
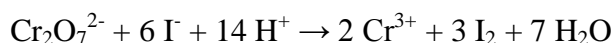
4.3.1 Použité chemikálie

- dichroman draselný $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ p.a.
- jodid draselný KI p.a.
- thiosíran sodný pentahydrát $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ p.a.

- škrob p.a.
- ledová kyselina octová CH₃COOH p.a.
- 2,2,4-trimethylpentan p.a.

1) Standardizace roztoku 0,01M thiosíranu sodného na dichroman draselný

Na analytických vahách bylo naváženo 0,0080 g dichromanu draselného do kádinky a kvantitativně převedeno do titrační baňky. Následně byl obsah v titrační baňce naředěn přiměřeným objemem destilované vody a poté bylo odměrným válečkem přidáno 3 ml HCl. Poté bylo do roztoku přidáno 0,6 g jodidu draselného a roztok byl intenzivně promíchán. Žlutohnědě zbarvený roztok byl titrován odměrným roztokem thiosíranu sodného do slabě nažloutlého odstínu. Následně bylo přidáno 5 ml škrobového roztoku a poté se modře zbarvený roztok dotitroval do odbarvení. Přesná koncentrace odměrného roztoku thiosíranu sodného byla vypočtena z navážky dichromanu draselného, spotřeby thiosíranu sodného a titrační stechiometrie.



4.3.2 Příprava škrobového roztoku

Bylo odváženo 4 g rozpustného škrobu a rozmícháno ve třence s malým množstvím vody na kaši, která byla po částech splachována vroucí vodou až na objem jednoho litru. Z takto připraveného roztoku bylo přidáváno vždy po 5 ml na 100 ml titrované tekutiny.

4.3.3 Stanovení peroxidového čísla

Do titrační baňky bylo naváženo 3 g vzorku oleje. Navážka byla rozpuštěna v 50 ml směsi ledové kyseliny octové a 2,2,4-trimethylpentanu (3 : 2) s přídatkem 0,5 ml nasyceného roztoku jodidu draselného. Baňka byla protřepávána jednu minutu a poté bylo ihned přidáno 50 ml destilované vody. Roztok byl za intenzivního míchání titrován 0,01M thiosíranem sodným po dobu, než se barva roztoku změnila na světle žlutou. Následně bylo přidáno 5 ml škrobového roztoku a titrováno thiosíranem sodným do odbarvení. Obdobně byl stanoven i slepý pokus. Stanovení vzorků oleje bylo provedeno jedenkrát pro každý olej ze všech kategorií.

Peroxidové číslo bylo vypočítáno ze vztahu:

$$P\check{C} = \frac{(V - V_0) \cdot c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot 1000}{m}$$

kde $P\check{C}$ – peroxidové číslo (miliiekvivalent $\text{O}_2 \cdot \text{kg}^{-1}$ oleje)

$c(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$ – koncentrace thiosíranu sodného ($\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$)

m – navážka oleje (g)

V – spotřeba thiosíranu sodného při vlastním stanovení (ml)

V_0 – spotřeba thiosíranu sodného při slepém pokusu (ml)

5 VÝSLEDKY

5.1 Stanovení jodového čísla

Jodové číslo bylo stanoveno na začátku celého hodnocení a bylo stanoveno jedenkrát pro každý druh oleje. Výsledky stanovení jsou uvedeny v tabulce č. 4.

Tab. č. 4 – Jodové číslo jednotlivých druhů olejů ze stanovení podle Hanuše

Olej	Navážka	Jodové číslo
Řepkový	0,31 g	84,93 %
Slunečnicový	0,21 g	126,07 %
Olivový	0,33 g	80,41 %
Palmový	0,37 g	57,47 %

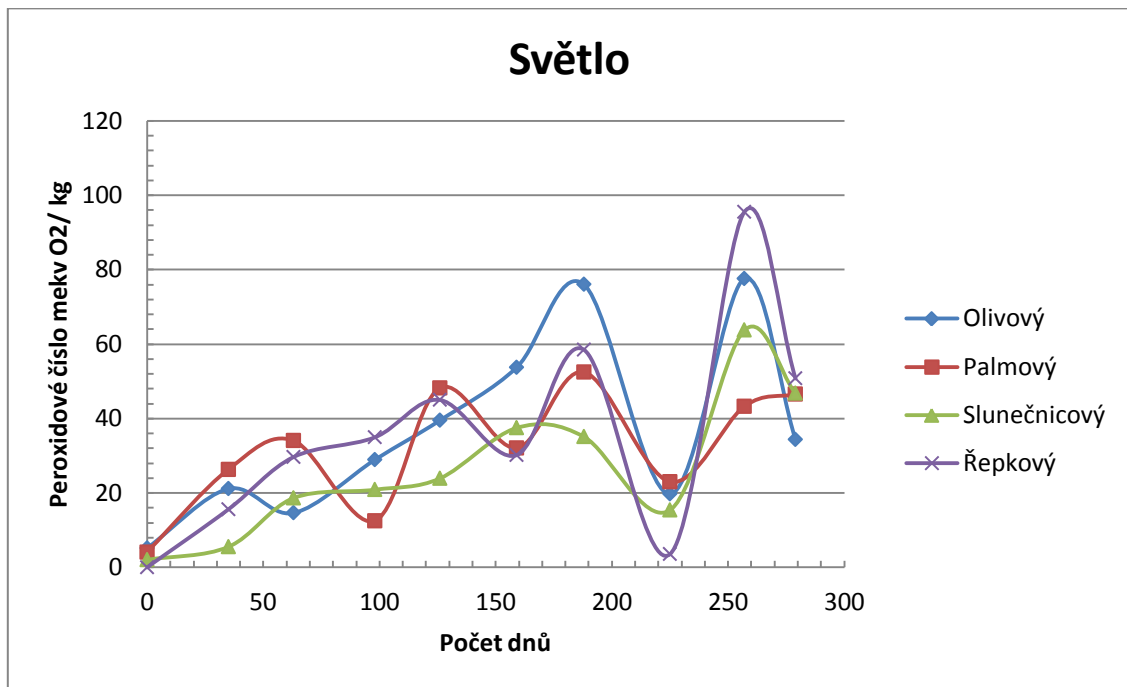
5.2 Stanovení peroxidového čísla

Na začátku hodnocení bylo stanoveno peroxidové číslo ve všech druzích olejů, následně byly oleje rozděleny do tří skupin. První skupina byla uchovávána přímo v laboratoři (na světle), druhá skupina ve tmě při laboratorní teplotě a třetí skupina v lednici. Poté bylo cca jedenkrát měsíčně stanoveno peroxidové číslo ve všech druzích olejů a pro všechny způsoby skladování. V tabulce č. 5 jsou uvedena peroxidová čísla vzorků olejů skladovaných v laboratoři a jsou uspořádána podle doby skladování. Na obrázku č. 8 je znázorněn průběh peroxidového čísla při skladování olejů na světle v závislosti na době skladování.

Tab. č. 5 – Peroxidové číslo jednotlivých druhů olejů při skladování za světla

Doba skladování (dny)	Vzorek oleje	Peroxidové číslo (mekv O₂.kg⁻¹)
0	Řepkový	0,00
	Slunečnicový	2,06
	Olivový	5,18
	Palmový	4,07
35	Řepkový	15,59
	Slunečnicový	5,54
	Olivový	21,16
	Palmový	26,29
63	Řepkový	29,65
	Slunečnicový	18,65
	Olivový	14,67
	Palmový	34,07
98	Řepkový	34,96
	Slunečnicový	20,91
	Olivový	28,94
	Palmový	12,49
126	Řepkový	45,02
	Slunečnicový	23,93
	Olivový	39,53
	Palmový	48,19
159	Řepkový	30,17
	Slunečnicový	37,52
	Olivový	53,74
	Palmový	32,06
188	Řepkový	58,49
	Slunečnicový	35,14
	Olivový	76,06
	Palmový	52,47
225	Řepkový	3,58
	Slunečnicový	15,42
	Olivový	19,74
	Palmový	22,99
257	Řepkový	95,52
	Slunečnicový	63,79
	Olivový	77,59
	Palmový	43,26
279	Řepkový	50,79
	Slunečnicový	46,81
	Olivový	34,36
	Palmový	46,55

Obr. č. 8 – Peroxidové číslo olejů při skladování na světle

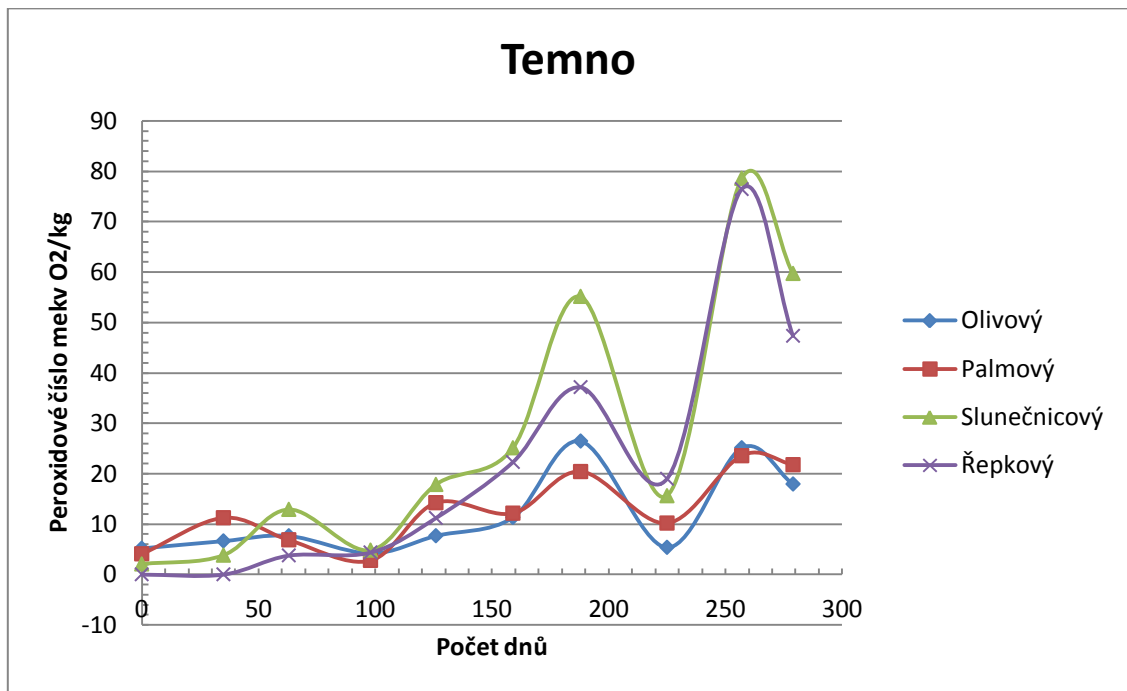


V tabulce č. 6 jsou uvedena peroxidová čísla vzorků olejů skladovaných v temnu a jsou uspořádána podle doby skladování. Na obrázku č. 9 je znázorněn průběh peroxidového čísla olejů skladovaných v temnu v závislosti na době skladování.

Tab. č. 6 – Peroxidové číslo jednotlivých druhů olejů při skladování v temnu

Doba skladování (dny)	Vzorek oleje	Peroxidové číslo (mekv O₂.kg⁻¹)
0	Řepkový	0,00
	Slunečnicový	2,06
	Olivový	5,18
	Palmový	4,07
35	Řepkový	0,00
	Slunečnicový	3,81
	Olivový	6,63
	Palmový	11,23
63	Řepkový	3,76
	Slunečnicový	12,89
	Olivový	7,65
	Palmový	6,85
98	Řepkový	4,36
	Slunečnicový	4,81
	Olivový	4,19
	Palmový	2,77
126	Řepkový	11,19
	Slunečnicový	17,83
	Olivový	7,66
	Palmový	14,21
159	Řepkový	22,28
	Slunečnicový	25,11
	Olivový	11,30
	Palmový	12,13
188	Řepkový	37,14
	Slunečnicový	55,14
	Olivový	26,44
	Palmový	20,39
225	Řepkový	18,97
	Slunečnicový	15,60
	Olivový	5,36
	Palmový	10,17
257	Řepkový	76,42
	Slunečnicový	78,56
	Olivový	25,11
	Palmový	23,53
279	Řepkový	47,32
	Slunečnicový	59,69
	Olivový	17,92
	Palmový	21,75

Obr. č. 9 – Peroxidové číslo olejů při skladování v temnu

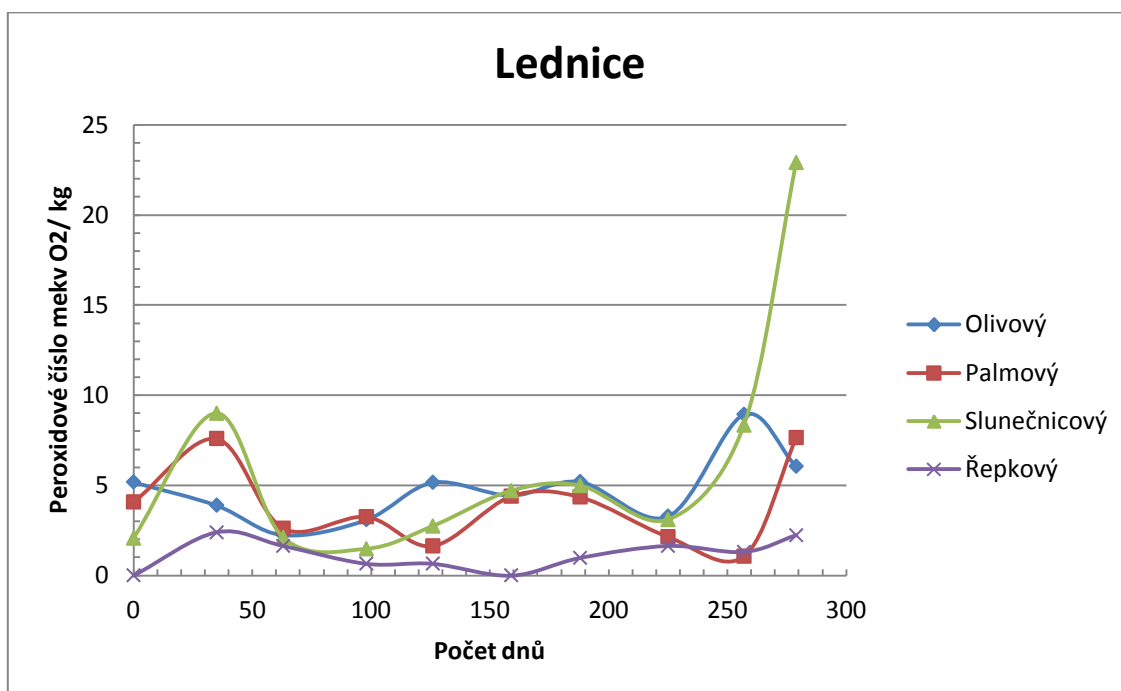


V tabulce č. 7 jsou uvedena peroxidová čísla vzorků olejů skladovaných v lednici a jsou uspořádána podle doby skladování. Na obrázku č. 10 je znázorněn průběh peroxidového čísla při skladování olejů v lednici v závislosti na době skladování.

Tab. č. 7 – Peroxidové číslo jednotlivých druhů olejů při skladování v lednici

Doba skladování (dny)	Vzorek oleje	Peroxidové číslo (mekv O₂.kg⁻¹)
0	Řepkový	0,00
	Slunečnicový	2,06
	Olivový	5,18
	Palmový	4,07
35	Řepkový	2,38
	Slunečnicový	8,99
	Olivový	3,89
	Palmový	7,59
63	Řepkový	1,63
	Slunečnicový	2,10
	Olivový	2,25
	Palmový	2,61
98	Řepkový	0,65
	Slunečnicový	1,47
	Olivový	3,09
	Palmový	3,25
126	Řepkový	0,65
	Slunečnicový	2,73
	Olivový	5,16
	Palmový	1,63
159	Řepkový	0,00
	Slunečnicový	4,69
	Olivový	4,44
	Palmový	4,39
188	Řepkový	0,97
	Slunečnicový	4,98
	Olivový	5,20
	Palmový	4,35
225	Řepkový	1,63
	Slunečnicový	3,09
	Olivový	3,28
	Palmový	2,14
257	Řepkový	1,30
	Slunečnicový	8,33
	Olivový	8,93
	Palmový	1,06
279	Řepkový	2,22
	Slunečnicový	22,90
	Olivový	6,05
	Palmový	7,64

Obr. č. 10 – Peroxidové číslo olejů při skladování v lednici



5.3 Stanovení jednotlivých forem vitamínu E

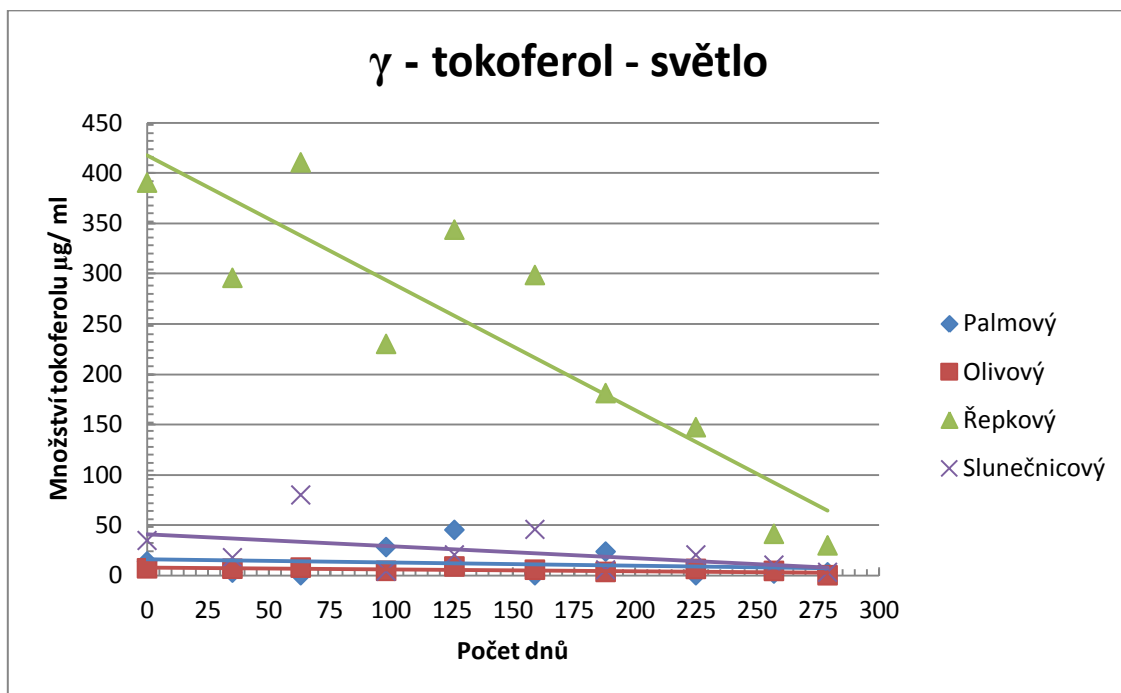
Na začátku hodnocení byly metodou HPLC s fluorescenčním detektorem stanoveny jednotlivé formy vitamínu E ve všech druzích olejů a poté byl stanovován cca jedenkrát měsíčně ve všech druzích olejů a pro všechny způsoby skladování. V tabulce č. 8 je uvedeno množství γ -tokoferolu ve všech stanovovaných olejích a při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 11 jsou znázorněny změny v množství γ -tokoferolu při skladování olejů na světle v závislosti na době skladování, na obrázku č. 12 jsou porovnány změny v množství γ -tokoferolu při skladování olejů v temnu v závislosti na době skladování a na obrázku č. 13 jsou porovnány změny v množství γ -tokoferolu při skladování olejů v lednici v závislosti na době skladování.

Tab. č. 8 – Obsah γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve stanovovaných olejích při různém způsobu skladování

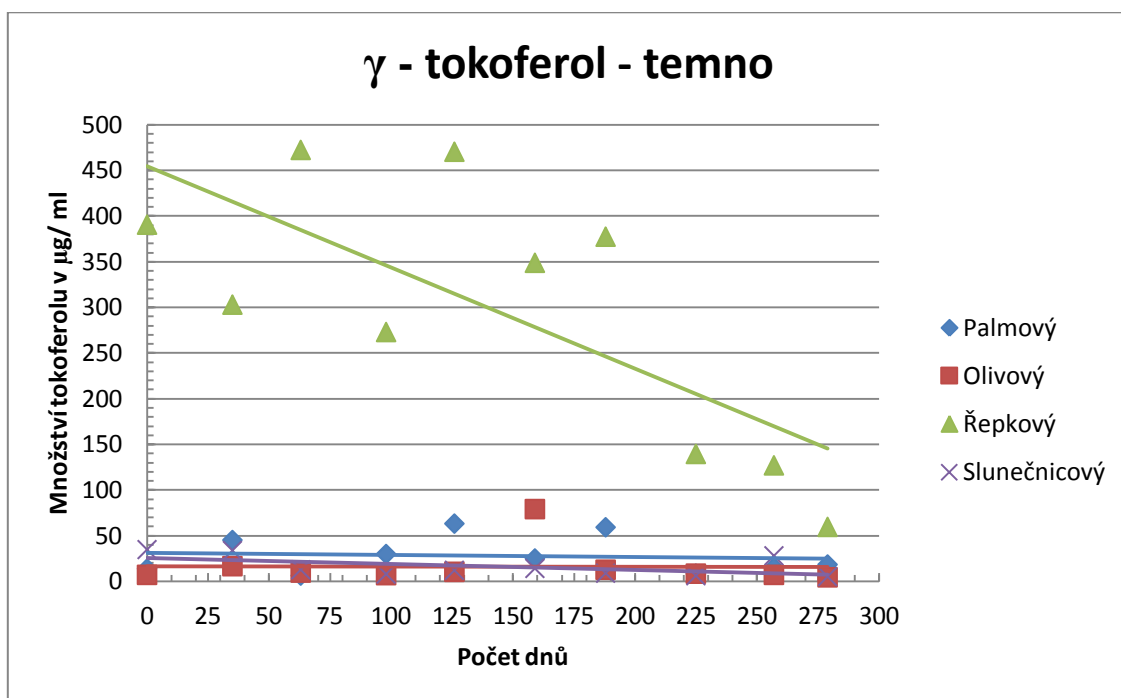
Způsob skladování	Doba skladování (dny)	Palmový olej	Olivový olej	Řepkový olej	Slunečnicový olej
Světlo	0	13,7	6,9	390,4	34,6
	35	2,6	6,5	295,7	17,5
	63	< MD	7,6	410,5	79,8
	98	28,0	4,4	230,0	4,0
	126	45,1	8,7	343,6	20,3
	159	< MD	5,5	298,5	45,6
	188	23,5	3,3	181,1	5,3
	225	< MD	6,3	147,2	20,3
	257	1,7	4,3	41,2	10,1
	279	2,9	< MD	29,7	2,9
Temno	0	13,7	6,9	390,4	34,6
	35	45,0	16,4	302,8	33,6
	63	6,1	9,4	472,2	12,5
	98	29,7	6,6	272,8	7,7
	126	63,0	10,2	470,2	11,9
	159	24,8	78,9	348,6	13,9
	188	59,0	12,5	377,2	8,7
	225	8,2	8,2	139,3	6,0
	257	14,8	6,9	126,8	27,8
	279	18,2	4,2	59,4	5,0
Lednice	0	13,7	6,9	390,4	34,6
	35	13,2	7,3	326,8	35,3
	63	8,7	7,4	470,7	6,3
	98	34,8	6,3	282,7	8,9
	126	65,0	17,8	477,7	10,0
	159	20,3	51,5	411,7	12,4
	188	71,7	20,8	481,7	9,2
	225	72,3	20,4	409,7	7,5
	257	21,7	10,0	385,5	71,8
	279	58,2	11,3	416,1	6,4

MD – mez detekce (0,04 – 0,29 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

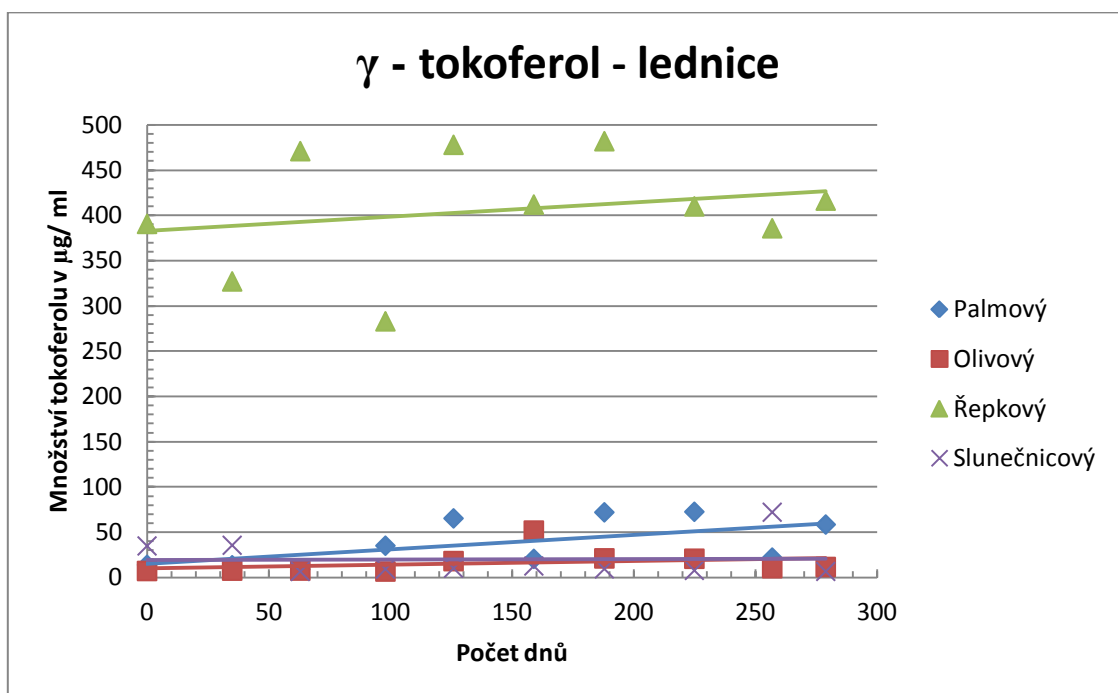
Obr. č. 11 – Množství γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů na světle



Obr. č. 12 – Množství γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v temnu



Obr. č. 13 – Množství γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v lednici



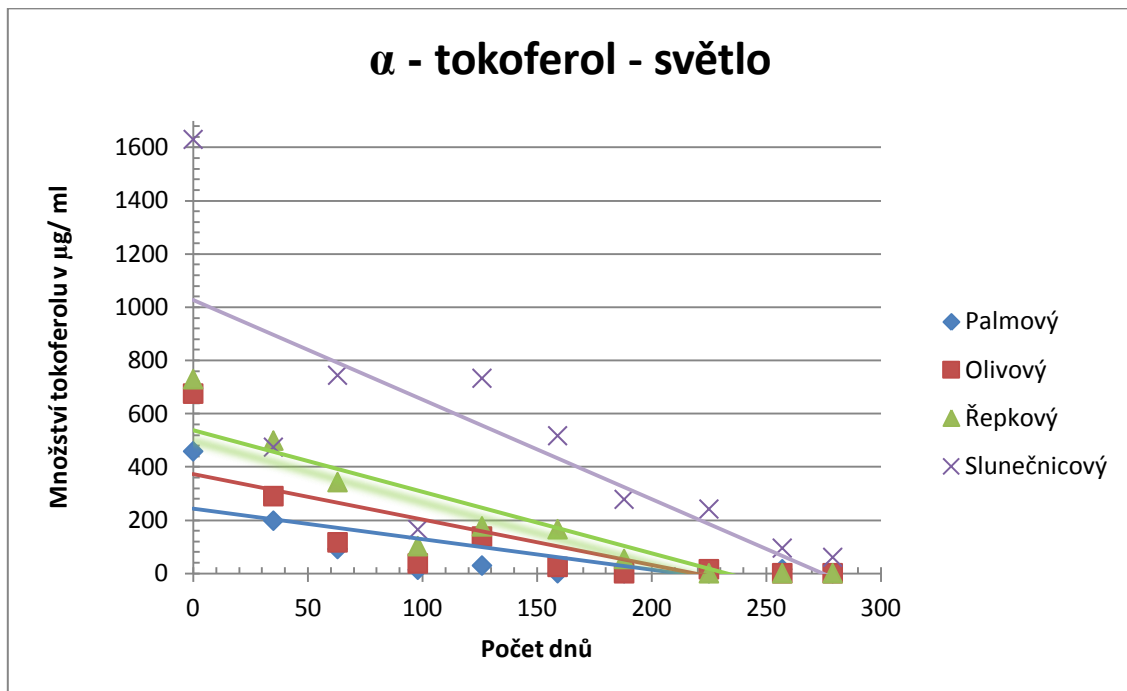
V tabulce č. 9 je uvedeno množství α -tokoferolu ve všech stanovovaných olejích a při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 14 jsou znázorněny změny v množství α -tokoferolu při skladování olejů na světle v závislosti na době skladování, na obrázku č. 15 jsou porovnány změny v množství α -tokoferolu při skladování olejů v temnu v závislosti na době skladování a na obrázku č. 16 jsou porovnány změny v množství α -tokoferolu při skladování olejů v lednici v závislosti na době skladování.

Tab. č. 9 – Obsah α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve stanovovaných olejích při různém způsobu skladování

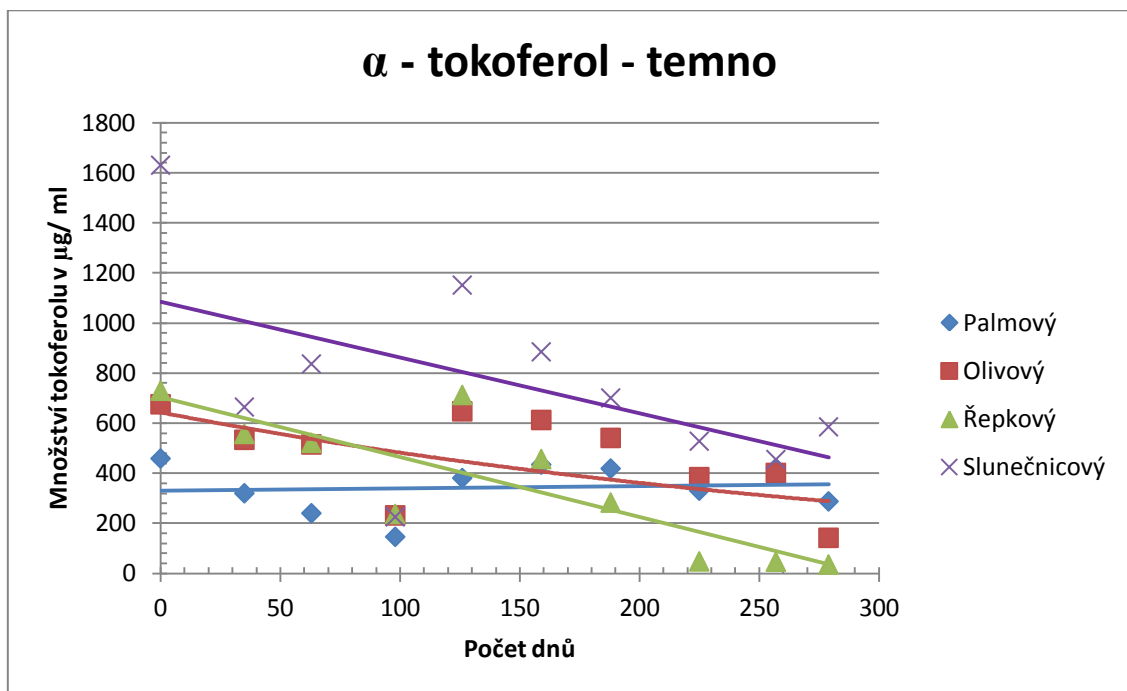
Způsob skladování	Doba skladování (dny)	Palmový olej	Olivový olej	Řepkový olej	Slunečnicový olej
Světlo	0	457,9	674,6	728,8	1629,5
	35	197,3	289,6	498,3	473,5
	63	91,0	116,0	342,4	743,5
	98	13,1	36,9	101,8	164,0
	126	28,9	137,8	176,1	732,3
	159	< MD	24,0	165,4	516,5
	188	< MD	< MD	53,6	277,6
	225	< MD	14,9	< MD	241,2
	257	14,9	< MD	< MD	94,4
	279	< MD	< MD	< MD	59,7
Temno	0	457,9	674,6	728,8	1629,5
	35	319,0	532,7	556,2	663,6
	63	239,3	514,2	520,7	835,6
	98	145,1	230,7	236,5	224,7
	126	380,0	646,5	711,7	1150,7
	159	433,5	611,9	455,8	884,1
	188	417,8	540,2	281,9	699,9
	225	329,5	383,4	47,0	527,0
	257	419,4	400,1	45,8	454,3
	279	286,6	141,1	34,4	584,4
Lednice	0	457,9	674,6	728,8	1629,5
	35	238,2	518,0	478,4	510,1
	63	290,3	463,6	545,0	651,1
	98	121,3	212,8	233,1	257,5
	126	438,0	676,6	627,2	760,6
	159	481,5	543,2	704,3	1014,6
	188	496,5	550,5	768,9	730,9
	225	376,6	436,9	609,2	488,2
	257	391,9	553,6	618,9	650,4
	279	391,1	510,1	636,3	755,9

MD – mez detekce (0,04 – 0,29 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

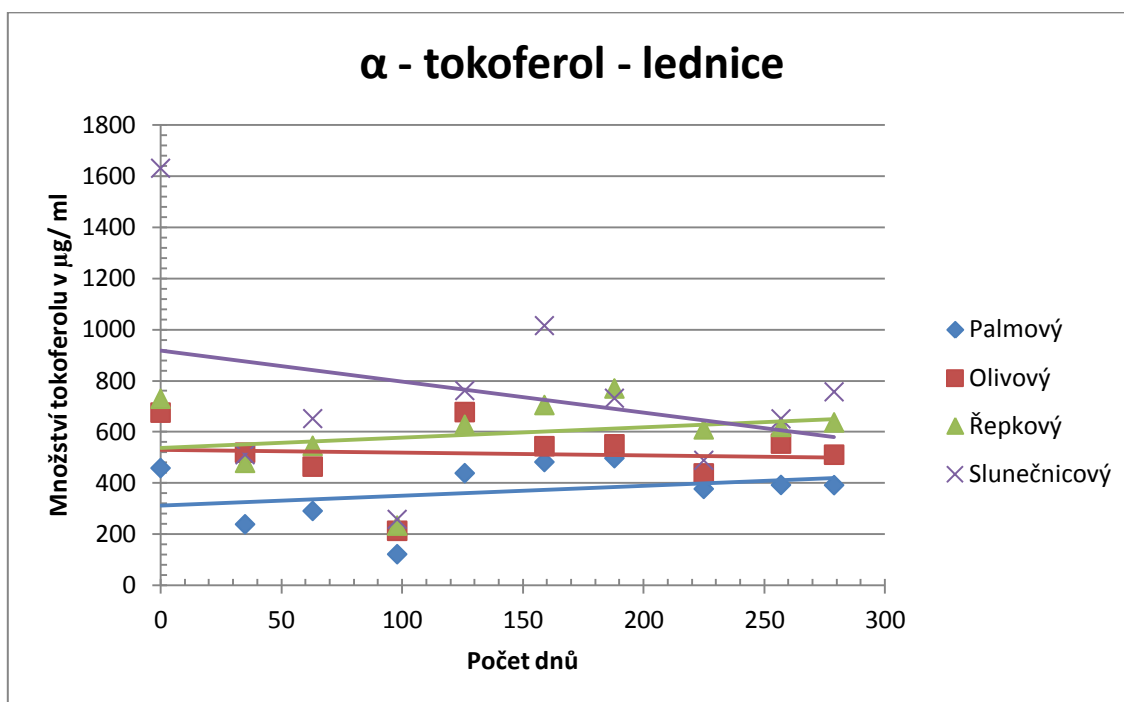
Obr. č. 14 – Množství α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů na světle



Obr. č. 15 – Množství α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v temnu



Obr. č. 16 – Množství α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v lednici

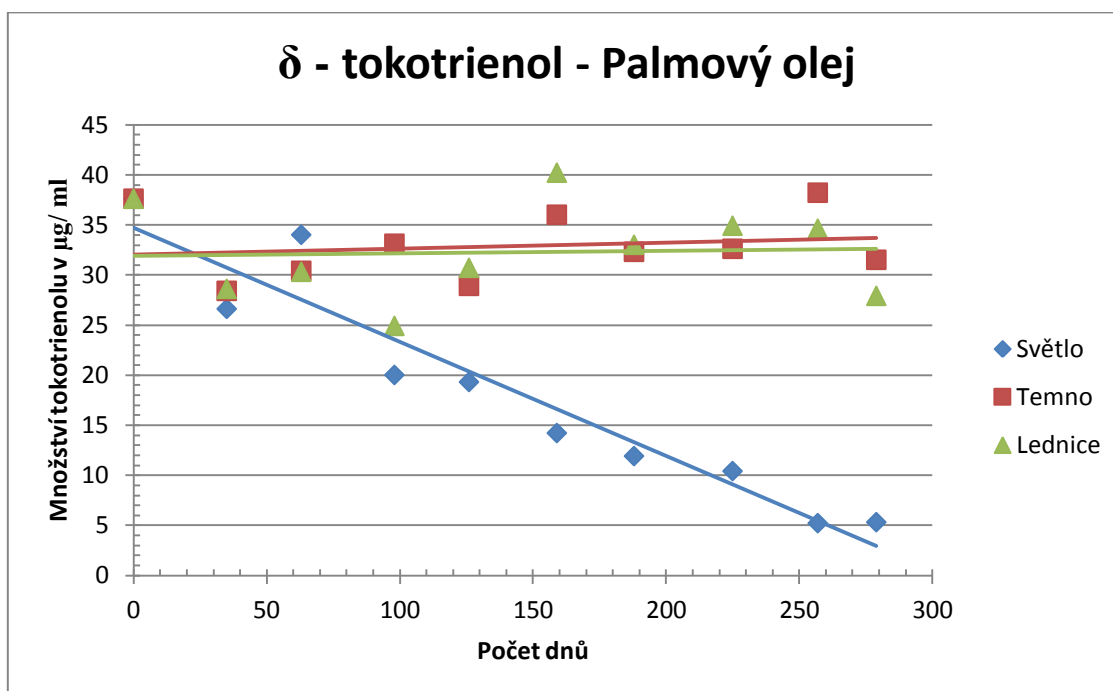


V tabulce č. 10 je uvedeno množství δ -tokotrienolu obsaženém v palmovém oleji při různém způsobu skladování v závislosti na době skladování. Na obrázku č. 17 jsou znázorněny změny v obsahu δ -tokotrienolu v palmovém oleji při různém způsobu skladování v závislosti na době skladování.

Tab. č. 10 – Obsah δ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování

Doba skladování (dny)	Způsob skladování		
	Světlo	Temno	Lednice
0	37,6	37,6	37,6
35	26,6	28,4	28,6
63	34,0	30,4	30,3
98	20,0	33,1	24,9
126	19,3	28,9	30,7
159	14,2	36,0	40,2
188	11,9	32,3	33,0
225	10,4	32,6	34,9
257	5,2	38,2	34,6
279	5,3	31,5	27,9

Obr. č. 17 – Obsah δ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování

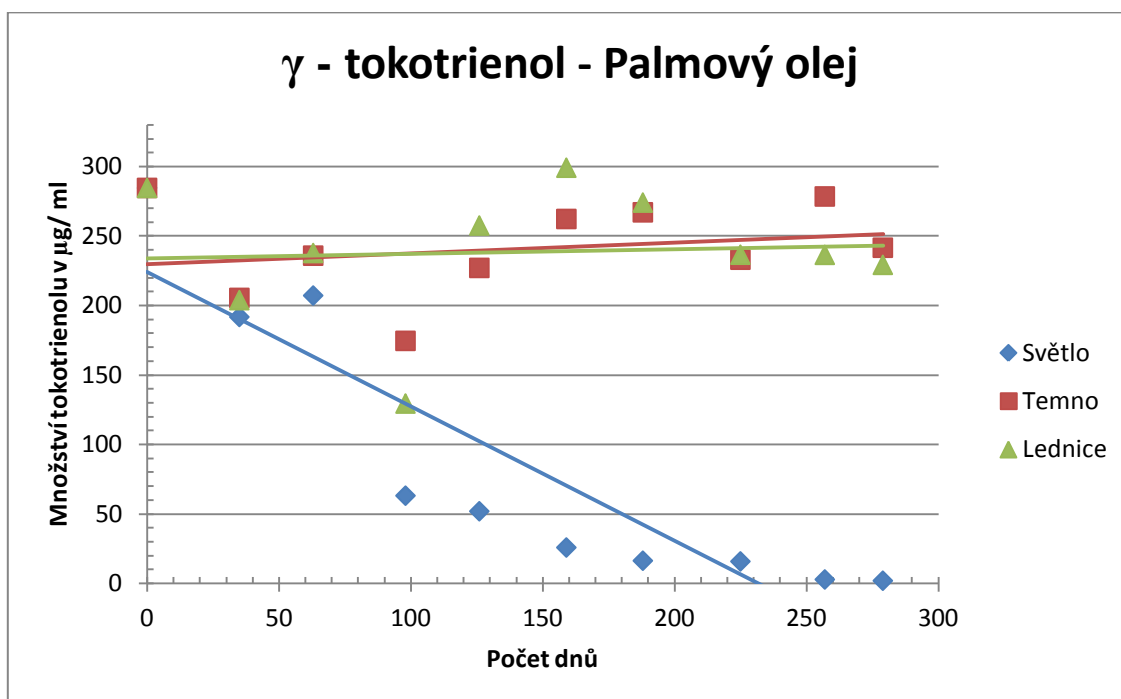


V tabulce č. 11 je uvedeno množství γ -tokotrienolu obsaženém v palmovém oleji při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 18 jsou znázorněny změny v obsahu γ -tokotrienolu v palmovém oleji při různém způsobu skladování v závislosti na době skladování.

Tab. č. 11 – Obsah γ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování

Doba skladování (dny)	Způsob skladování		
	Světlo	Temno	Lednice
0	284,4	284,4	284,4
35	191,6	205,3	203,7
63	207,0	235,7	237,6
98	63,0	174,4	129,3
126	51,8	226,9	257,4
159	25,7	262,1	299,0
188	16,2	266,9	273,9
225	15,7	232,8	236,4
257	2,7	278,3	236,3
279	1,8	241,4	229,1

Obr. č. 18 – Obsah γ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování



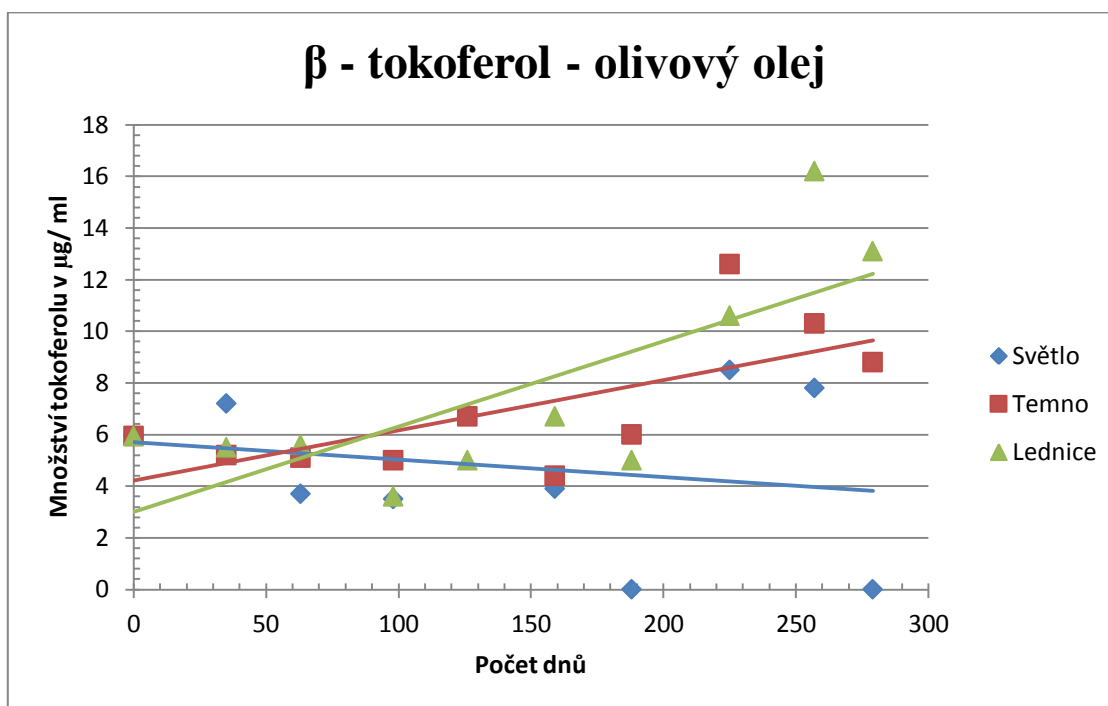
V tabulce č. 12 je uvedeno množství β -tokoferolu obsaženém v olivovém oleji při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 19 jsou znázorněny změny v obsahu β -tokoferolu v olivovém oleji při různém způsobu skladování v závislosti na době skladování.

Tab. č. 12 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v olivovém oleji při různém způsobu skladování

Doba skladování (dny)	Způsob skladování		
	Světlo	Temno	Lednice
0	5,9	5,9	5,9
35	7,2	5,2	5,5
63	3,7	5,1	5,6
98	3,5	5,0	3,6
126	6,8	6,7	5,0
159	3,9	4,4	6,7
188	< MD	6,0	5,0
225	8,5	12,6	10,6
257	7,8	10,3	16,2
279	< MD	8,8	13,1

MD – mez detekce ($0,04 - 0,29 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

Obr. č. 19 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v olivovém oleji při různém způsobu skladování

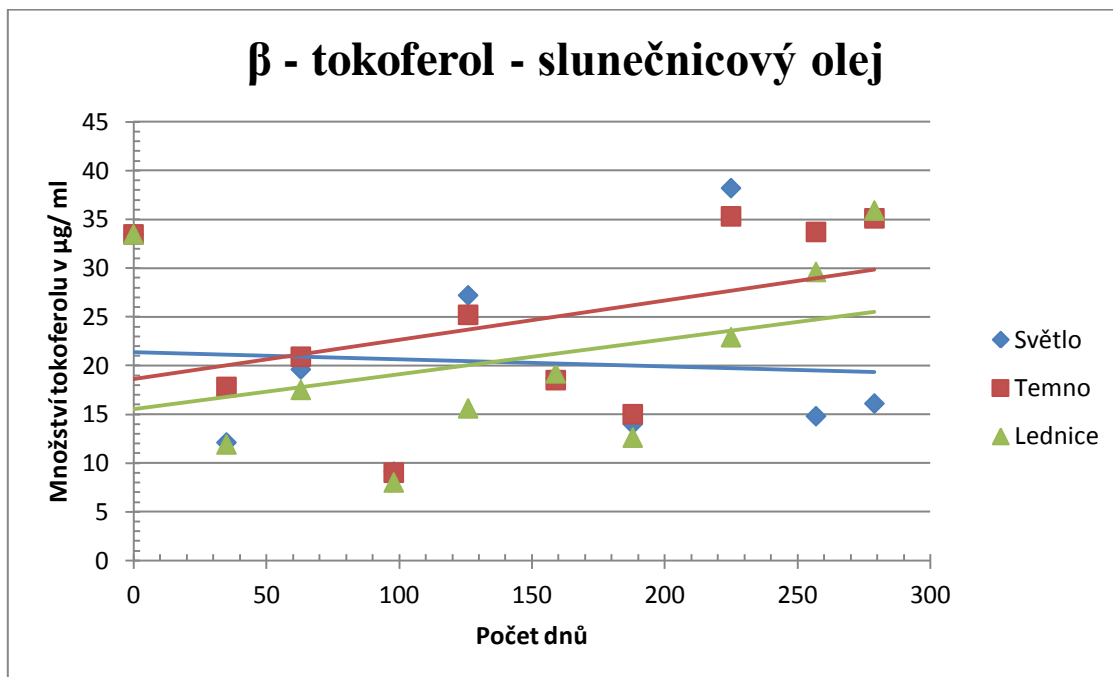


V tabulce č. 13 je uvedeno množství β -tokoferolu obsaženém ve slunečnicovém oleji při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 20 jsou znázorněny změny v obsahu β -tokoferolu ve slunečnicovém oleji při různém způsobu skladování v závislosti na době skladování.

Tab. č. 13 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve slunečnicovém oleji při různém způsobu skladování

Doba skladování (dny)	Způsob skladování		
	Světlo	Temno	Lednice
0	33,4	33,4	33,4
35	12,1	17,8	11,9
63	19,6	20,9	17,5
98	9,1	9,0	8,0
126	27,2	25,2	15,6
159	18,7	18,5	19,2
188	14,0	15,0	12,6
225	38,2	35,3	22,9
257	14,8	33,7	29,6
279	16,1	35,1	35,9

Obr. č. 20 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve slunečnicovém oleji při různém způsobu skladování

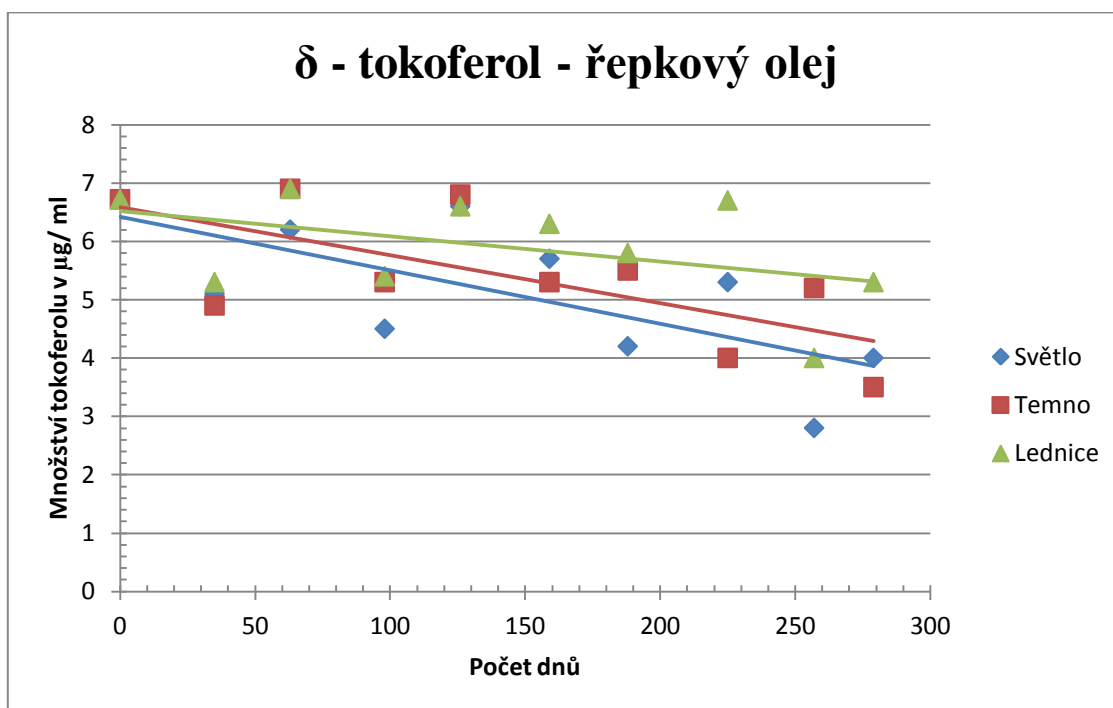


V tabulce č. 14 je uvedeno množství δ -tokoferolu obsaženém v řepkovém oleji při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 21 jsou znázorněny změny v obsahu δ -tokoferolu v řepkovém oleji při různém způsobu skladování v závislosti na době skladování.

Tab. č. 14 – Obsah δ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v řepkovém oleji při různém způsobu skladování

Doba skladování (dny)	Způsob skladování		
	Světlo	Temno	Lednice
0	6,7	6,7	6,7
35	5,1	4,9	5,3
63	6,2	6,9	6,9
98	4,5	5,3	5,4
126	6,6	6,8	6,6
159	5,7	5,3	6,3
188	4,2	5,5	5,8
225	5,3	4,0	6,7
257	2,8	5,2	4,0
279	4,0	3,5	5,3

Obr. č. 21 – Obsah δ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v řepkovém oleji při různém způsobu skladování



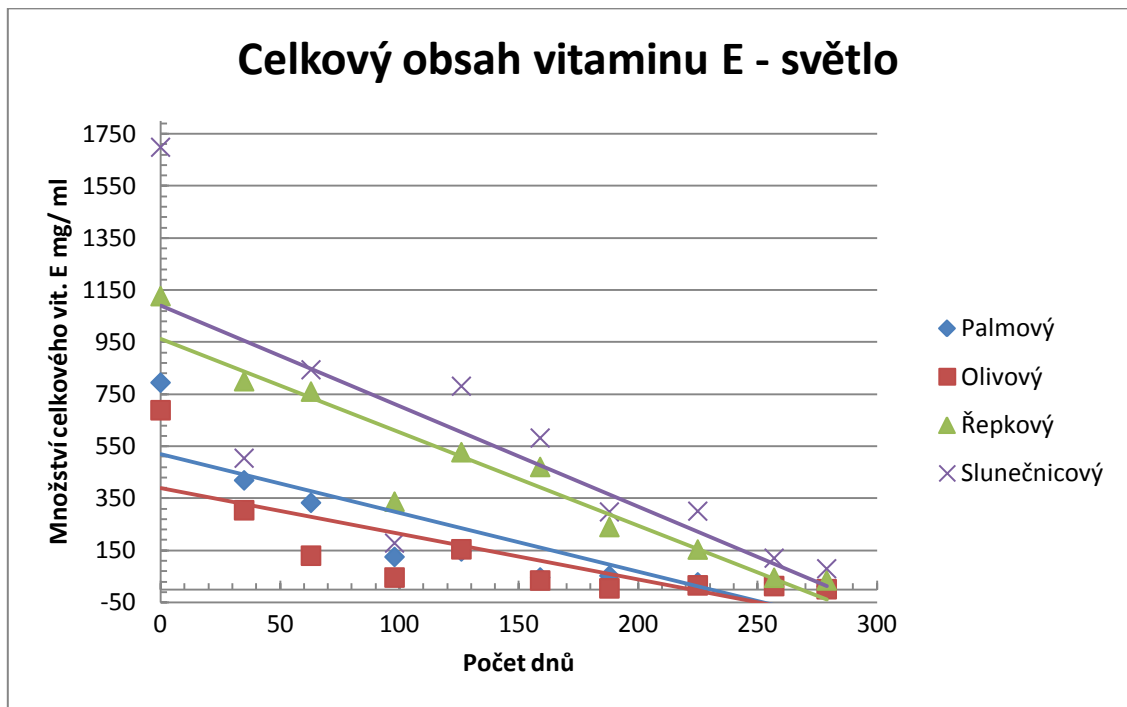
V tabulce č. 15 je uvedeno celkové množství vitamínu E ve všech stanovovaných olejích a při různém způsobu skladování. Na obrázku č. 22 jsou znázorněny změny v množství celkového vitamínu E při skladování olejů na světle v závislosti na době skladování, na obrázku č. 23 jsou porovnány změny v množství celkového vitamínu E při skladování olejů v temnu v závislosti na době skladování a na obrázku č. 24 jsou porovnány změny v množství celkového vitamínu E při skladování olejů v lednici v závislosti na době skladování.

Tab. č. 15 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve stanovovaných olejích při různém způsobu skladování

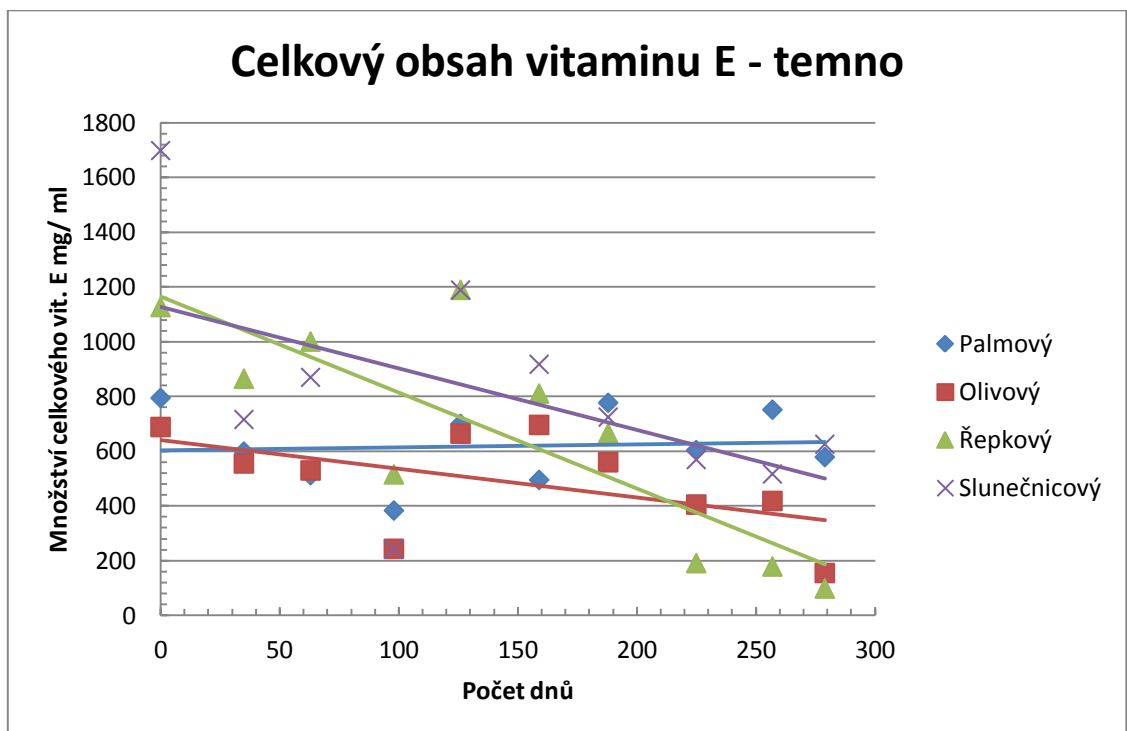
Způsob skladování	Doba skladování (dny)	Palmový olej	Olivový olej	Řepkový olej	Slunečnicový olej
Světlo	0	793,6	687,5	1125,9	1697,6
	35	418,1	303,3	799,1	503,1
	63	332,0	128,7	759,1	842,9
	98	124,1	44,8	336,3	177,1
	126	145,1	153,3	526,3	779,8
	159	45,0	33,4	469,6	580,8
	188	51,6	3,3	238,9	296,9
	225	26,1	14,8	152,5	299,7
	257	24,5	12,1	44,0	119,3
	279	10,0	< MD	33,7	78,7
Temno	0	793,6	687,5	1125,9	1697,6
	35	597,7	554,3	863,9	715,0
	63	511,5	528,7	999,8	869,0
	98	382,3	242,3	514,6	241,4
	126	698,8	663,4	1188,7	1187,8
	159	494,3	695,2	809,7	916,5
	188	776,0	558,7	664,6	723,6
	225	603,1	404,2	190,3	568,3
	257	750,7	417,3	177,8	515,8
	279	577,7	154,1	97,3	624,5
Lednice	0	793,6	687,5	1125,9	1697,6
	35	483,7	530,8	810,5	557,3
	63	566,9	476,6	1022,6	674,9
	98	310,3	222,7	521,2	274,4
	126	791,1	699,4	1111,5	786,2
	159	841,0	601,4	1122,3	1046,2
	188	875,1	576,3	1256,4	752,7
	225	720,2	467,9	1025,6	518,6
	257	684,5	579,8	1008,4	751,8
	279	706,3	534,5	1057,7	798,2

MD – mez detekce (0,04 – 0,29 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

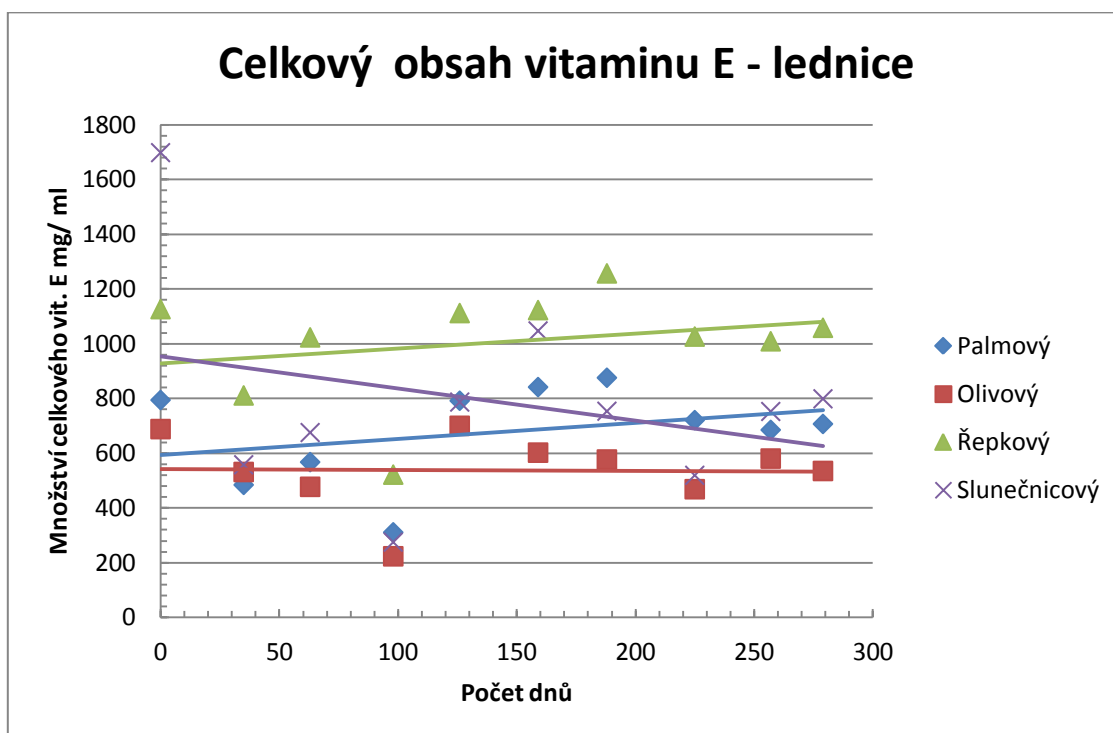
Obr. č. 22 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů na světle



Obr. č. 23 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v temnu



Obr. č. 24 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v lednici



6 DISKUZE

Z výsledků jodového čísla uvedených v tabulce č. 4 je zřejmé, že hodnoty jodového čísla slunečnicového a olivového oleje odpovídají údajům, které uvádí Codex Alimentarius. Hodnota jodového čísla v palmovém oleji byla těsně nad hranicí, kterou uvádí Codex Alimentarius (50 – 55 %). Podle stanovené hodnoty je možné, že se jedná o palmový olein, pro který Codex Alimentarius uvádí hodnotu 56 %. Stanovená hodnota je blíže k tomuto údaji, je však možné, že odchylka je způsobená experimentální chybou. Stanovená hodnota jodového čísla v řepkovém oleji je o 9,07 % menší než hodnota, kterou uvádí Codex Alimentarius (94 – 120 %).

Při stanovení jednotlivých forem vitamínu E bylo zjištěno, že stanovované oleje se liší ve složení jednotlivých forem vitamínu E a také v jejich množství (tab. č. 15). Při skladování olejů na světle (obr. č. 22) dochází ve všech stanovovaných olejích k poklesu celkového obsahu vitamínu E. V olivovém oleji došlo ke ztrátě vitamínu E až o 100 %, na konci hodnocení byla hodnota celkového vitamínu E pod mezí detekce (0,04 – 0,29 mg.kg⁻¹). Při skladování olejů v temnu (obr. č. 23) došlo k nejvyššímu poklesu celkového obsahu vitamínu E v řepkovém oleji (92 %). Nejvíce stabilní obsah vitamínu E při skladování olejů v temnu byl v palmovém oleji, kde došlo ke ztrátám jen o 27 %. Z obr. č. 24 vyplývá, že při skladování olejů v lednici dochází pouze ve slunečnicovém oleji ke ztrátě vitamínu E, v řepkovém a palmovém oleji došlo ke zvýšení jeho obsahu a v olivovém oleji zůstal jeho obsah téměř beze změny. Z hlediska ztrát vitamínu E bylo prokázáno, že nejstabilnějším olejem je palmový olej, který má celkově ve všech způsobech skladování jen 49,5 % ztrát. Nejméně stabilní je olivový olej, který má ztráty vitamínu E až 74,5 %. Odlišnost ve složení jednotlivých forem vitamínu E a v jejich množství je podle Elisia et al. (2013) dána charakteristikou rostlinného genotypu, životním prostředím a podmínkami během zpracování a uskladnění jednotlivých olejů.

Z tokoferolů je nejvíce obsažen α -tokoferol a γ -tokoferol. Z grafů uvedených na obr. č. 11, 12 a 13 vyplývá, že γ -tokoferol je nejvíce obsažený v řepkovém oleji. Toto zjištění potvrzuje Gunstone (2002) a Elisia et al. (2013). Při skladování olejů na světle došlo v řepkovém oleji k poklesu obsahu γ -tokoferolu až o 93 %. Snížení mohlo být důsledkem působení slunečního záření na vzorek během skladování, a tím způsobené oxidaci, nebo změny teplot v průběhu dne a doby skladování. Podobně tomu bylo i při skladování v temnu. Nejstabilnější byl obsah γ -tokoferolu při skladování řepkového oleje v lednici, kdy obsah γ -tokoferolu vzrostl o 6,5 %.

V olivovém oleji byl obsah γ -tokoferolu o 98 % nižší než v řepkovém oleji. Po celou dobu skladování na světle měl jeho obsah sestupnou tendenci. Na konci hodnocení po 279 dnech bylo zjištěno, že obsah γ -tokoferolu v olivovém oleji byl pod mezí detekce. Při skladování olivového oleje v temnu byl obsah γ -tokoferolu po dobu 225 dnů téměř stabilní, avšak na konci stanovení postupně klesal. Vzhledem k nižšímu poklesu obsahu γ -tokoferolu při skladování v temnu je pravděpodobné, že olivový olej bude mít v temnu delší trvanlivost, než při skladování na světle. Při delším skladování, než bylo hodnoceno v této diplomové práci, by podle grafu č. 12 měl být obsah γ -tokoferolu po více jak 279. dnech pod mezí detekce. Naopak při skladování v lednici se obsah γ -tokoferolu v olivovém oleji zvyšoval a na konci hodnocení byla hodnota o 63 % vyšší než na začátku měření. Obsah γ -tokoferolu ve slunečnicovém oleji při skladování na světle (obr. č. 11) postupně klesal a na konci hodnocení byl jeho obsah pod mezí detekce. Změny obsahu γ -tokoferolu při skladování slunečnicového oleje v temnu (obr. č. 12) měly stejný průběh jako při skladování na světle, při skladování v lednici byl obsah γ -tokoferolu stabilní. V palmovém oleji byl obsah γ -tokoferolu při skladování na světle (obr. č. 11) téměř stabilní, avšak byly vyhodnoceny i hodnoty pod mezí detekce. Toto snížení mohlo být způsobeno změnou slunečního záření během celé doby skladování. Při skladování v temnu byl obsah γ -tokoferolu stabilnější než při skladování na světle, avšak nejstabilnější bylo skladování palmového oleje v lednici, kdy došlo ke zvýšení obsahu γ -tokoferolu o 23 %.

Z uvedených grafů (obr. č. 14, 15 a 16) vyplývá, že nejvíce α -tokoferolu obsahuje slunečnicový olej. Toto zjištění je v souladu s tvrzením Elisia et al. (2013) a Tabea et al. (2008). Při skladování olejů na světle nebyl obsah α -tokoferolu stabilní a ve všech stanovovaných olejích se postupně snižoval. Na konci stanovení byl v řepkovém, olivovém a palmovém oleji pod mezí detekce. Ztráta α -tokoferolu může být podle Elisia et al. (2013) způsobena typem skladování, přístupem kyslíku a také typem obalového materiálu. Při skladování olejů v temnu obsah α -tokoferolu v řepkovém oleji postupně klesal a po 225 dnech byl pod mezí detekce. Ve slunečnicovém oleji došlo při skladování v temnu na začátku stanovení k prudkému poklesu obsahu α -tokoferolu o 60 % (obr. č. 15) v dalším průběhu stanovení jeho obsah postupně klesal. V olivovém oleji byl obsah α -tokoferolu při skladování v temnu téměř stabilní a teprve od 126. dne se postupně snižoval. Obsah α -tokoferolu při skladování v temnu byl stabilní jen v palmovém oleji, který obsahuje jako jediný tokotrienoly. Stabilita palmového oleje může být způsobena přítomností nasyčených mastných kyselin, které jsou více stabilní než nenasycené mastné kyseliny. Při skladování olejů v lednici byl obsah α -tokoferolu téměř stabilní, akorát u slunečnicového oleje došlo k poklesu o 54 %.

Tento pokles může být příčinou vyššího obsahu linolové kyseliny. V průběhu skladování ve stanovovaných olejích došlo ke kolísání obsahu α -tokoferolu, které mohlo být způsobené experimentální chybou.

Tokotrienoly obsahuje pouze palmový olej, a to δ -tokotrienol a γ -tokotrienol. Tento poznatek byl potvrzen Tabeem et al. (2008). Obsah δ -tokotrienolu (obr. č. 17) je nejstabilnější při skladování palmového oleje v temnu a v lednici. Při skladování na světle se obsah δ -tokotrienolu postupně snižoval a na konci hodnocení byl jeho obsah o 86 % nižší než na začátku hodnocení. Obsah γ -tokotrienolu (obr. č. 18) se při skladování na světle také postupně snižoval a jeho obsah na konci hodnocení byl téměř nulový. Stabilní byl obsah γ -tokotrienolu při skladování palmového oleje v temnu a v lednici. Podle Tabeem et al. (2008) obsahuje palmový olej nejvíce γ -tokotrienolu a to je zřejmé i z tabulky č. 10 a 11.

β -tokoferol obsahují slunečnicový a olivový olej. V olivovém oleji byl obsah β -tokoferolu při všech způsobech skladování na začátku hodnocení stabilní. Po 155 dnech se obsah β -tokoferolu při skladování v temnu a v lednici zvyšoval a při skladování na světle naopak klesal. Při skladování na světle se obsah β -tokoferolu prudce snížil pravděpodobně vlivem změny slunečního záření nebo změnami teplot během celé doby skladování. Z obr. č. 20 vyplývá, že obsah β -tokoferolu ve slunečnicovém oleji je stabilní v temnu a v lednici, kdy se jeho obsah postupně zvyšoval. Při skladování slunečnicového oleje na světle byl obsah β -tokoferolu snížen o 52 %.

δ -tokoferol jako jediný ze stanovovaných olejů obsahuje řepkový olej. Tabeem et al. (2008) rovněž popisují, že δ -tokoferol obsahuje v malém množství jen řepkový olej. δ -tokoferol při skladování řepkového oleje není příliš stabilní, jeho množství se mění v závislosti na době skladování. Při různém způsobu skladování se obsah δ -tokoferolu během hodnocení mírně snižoval. Při skladování olejů na světle se obsah δ -tokoferolu snižoval nejvíce (41 %) a při skladování v lednici nejméně (22 %).

Stanovením peroxidového čísla bylo zjištěno, že nejlepší způsob skladování je uskladnění olejů v chladnu při teplotě 4 – 8 °C. Naopak nevhodné je skladování olejů na světle. Světlo má největší vliv na jejich stabilitu. Ve vzorcích, které byly skladovány na světle, byly hodnoty peroxidového čísla mnohem vyšší než ve vzorcích skladovaných v chladu. Vliv světla se na vzorku projevil již po 35 dnech stanovení, z toho vyplývá, že oxidační reakce v oleji uskladněném na světle, probíhala velmi rychle. K rychlému průběhu oxidačních reakcí došlo vlivem působení slunečního záření během celé doby skladování. Příčinou může být také rozdílné zastoupení mastných kyselin ve stanovovaných olejích, proto např. v palmovém oleji

probíhají oxidační reakce pomaleji než v ostatních olejích. Palmový olej obsahuje více nasycených mastných kyselin, které mají vynikající oxidační stabilitu. Slunečnicový, řepkový a olivový olej obsahují vyšší množství nenasycených mastných kyselin, které jsou oxidačně labilní. Proto tyto oleje podléhají rychleji oxidaci. Největší nárůst hodnoty peroxidového čísla byl zjištěn v řepkovém oleji, který na začátku měření žádné peroxidy neobsahoval, a na konci měření se hodnota zvýšila na 50 mekv $O_2.kg^{-1}$. Vyšší hodnoty peroxidového čísla v olejích uskladněných na světle jsou, podle Lamase et al. (2014) spojené s mnoha faktory, např. teplotou, přístupem kyslíku a koncentrací minoritních látek s antioxidačními vlastnostmi. Lamas et al. (2014) uvádí, že hydroperoxy jsou hlavními produkty vytvořené v průběhu oxidační reakce, ale jsou labilními produkty, které se rozkládají na několik vedlejších oxidačních produktů. Z obr. č. 8 vyplývá, že nejméně náchylný na světlo je palmový olej, jehož hodnota peroxidového čísla se zvýšila jen o 12 %, což odpovídá i nejnižší hodnotě stanovení jodového čísla. Během skladování na světle se v řepkovém a slunečnicovém oleji, zřejmě vlivem oxidace, změnila barva i vůně. Ke změně barvy a vůně došlo vlivem působení slunečního záření k rozkladu hydroperoxidů na vedlejší oxidační produkty, aldehydy a ketony, které změnu barvy a vůně způsobují. Skladování olejů v temnu je nevhodné pro slunečnicový a řepkový olej. Temno způsobuje u těchto olejů větší kolísání hodnot peroxidového čísla. Rozptyl hodnot v temnu může být důsledkem experimentálních chyb. Stanovení je experimentálně náročné, vitamin E je světlocitlivý a při přípravě vzorků nemusela být v místnosti dostatečná tma. Naopak je temno nejvhodnější pro olivový a palmový olej, ve kterých došlo během měření jen k mírnému vzrůstu hodnot peroxidového čísla. Delší doba skladování v lednici nevyhovuje slunečnicovému oleji, z obrázku č. 10 je zřejmé, že na konci stanovení došlo k prudkému nárůstu hodnoty peroxidového čísla. Podle Ceci et al. (2010) může být příčinou vysoký obsah linolové kyseliny, která podléhá rychleji oxidaci, nebo mohlo dojít k experimentální chybě. Nejvíce stabilní v lednici je řepkový olej, jehož hodnota peroxidového čísla se během skladování změnila jen o 7 %. Na základě údajů uvedených v Codex Alimentarius, který uvádí maximální hodnotu peroxidového čísla pro všechny rostlinné oleje 10 mekv $O_2.kg^{-1}$, je skladování olejů v chladničce z hlediska jejich oxidace po dobu 10 měsíců vyhovující. Výjimkou je pouze slunečnicový olej, ve kterém byla hodnota peroxidového čísla při posledním měření 22,9 mekv $O_2.kg^{-1}$. Oxidační stabilita je dána složením mastných kyselin, které je u všech olejů rozdílné, a proto se liší i jejich hodnoty peroxidového čísla při různém způsobu skladování. Oxidační stabilita souvisí také s jodovým číslem, které uvádí stupeň nenasycenosti tuků. Bylo prokázáno, že slunečnicový olej má nejvyšší hodnotu jodového čísla, protože obsahuje vyšší množství nenasycených

mastných kyselin – linolová kyselina (63 %) a olejová kyselina (24 %), naopak palmový olej má nejnižší hodnotu jodového čísla, protože obsahuje vyšší množství nasycených mastných kyselin – palmitová kyselina (44 %). Nasycené mastné kyseliny jsou méně reaktivní a teplotně stabilní než nenasycené mastné kyseliny. Kadlec et. at. (2012) uvádí, že oleje obsahující vyšší množství linolové kyseliny mají nižší oxidační stabilitu, toto tvrzení bylo prokázáno u slunečnicového oleje. Ke konzumaci lze doporučit palmový olej, protože má nejnižší hodnotu jodového čísla a z hlediska ztrát vitamínu E je nejstabilnější. Avšak v mnoha obchodních řetězcích není k dispozici. Nasycené mastné kyseliny ve větším množství jsou pro zdraví škodlivé. Důležitá je konzumace všech stanovovaných olejů, ale v přiměřeném množství.

7 ZÁVĚR

Byly skladovány čtyři druhy rostlinných olejů na světle a v temnu při pokojové teplotě a v chladničce při teplotě 4 – 8 °C po dobu 279 dnů. Během této doby byla sledována jejich kvalita na základě jodového čísla, peroxidového čísla a stanovení vitamínu E.

Bylo zjištěno, že:

- Hodnoty jodového čísla pro olivový a slunečnicový olej byly v souladu s údaji uvedenými v Codexu Alimentarius. Naopak hodnoty jodového čísla zejména pro palmový a řepkový olej byly mírně vyšší.
- α -tokoferol a γ -tokoferol jsou nejvíce zastoupenými formami vitamínu E ve sledovaných olejích.
- Palmový olej obsahuje jako jediný tokotrienoly, zejména δ -tokotrienol a γ -tokotrienol, řepkový olej obsahuje jako jediný δ -tokoferol.
- Nejvíce stabilní jsou oleje v chladničce, kdy dochází jen k malým změnám hodnot peroxidového čísla a vitamínu E v průběhu stanovení.
- Nejstabilnějším olejem z hlediska ztrát vitamínu E je palmový olej a nejvíce stabilní formou vitamínu E je α -tokoferol.
- Dlouhodobou stabilitu rostlinných olejů nejvíce ovlivňuje sluneční záření, které způsobuje ztrátu vitamínu E a zároveň rychlejší průběh oxidace.
- Palmový olej je nejméně náchylný na světlo, což souvisí s jeho nejnižší hodnotou jodového.
- Pouze u olejů skladovaných v lednici nepřekračuje hodnota peroxidového čísla v průběhu skladování max. limit uvedený ve standardu Codex Alimentarius.
- V řepkovém a slunečnicovém oleji došlo během skladování na světle ke změnám barvy a vůně vlivem rozkladu hydroperoxidů na vedlejší oxidační produkty.
- Oxidační stabilita souvisí s hodnotou jodového čísla, slunečnicový olej má nejvyšší hodnotu jodového čísla, protože obsahuje vyšší množství nenasycených mastných kyselin. Palmový olej má nejnižší hodnotu jodového čísla, protože obsahuje vyšší množství nasycených mastných kyselin.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AZADMARD-DAMIRCHI, S., DUTTA, P.C., JAGERSTAD, M., TABEE, E. 2008. Effects of α -Tocopherol on Oxidative Stability and Phytosterol Oxidation During Heating in Some Regular and High-Oleic Vegetable Oils. *Food and Drug*. vol. 85 (9). p. 857 – 867.

BEČKA, V., MIKŠÍK, V., VAŠÁK, J., ZUKALOVÁ, H. 2007. Řepka ozimá – pěstitelský průvodce. Praha. Kurent s.r.o. 58 s. ISBN: 978-80-87111-05-5

CARELLI, A.A., CECI, L.N. 2010. Relation between oxidative stability and composition in argentinian olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. vol. 87 (10). p. 1189 – 1197.

CARROLA, J., PAIVA-MARTINS, F., PINTO, J., SILVA, L. 2010. Oxidative stability of olive oil after food processing and comparison with other vegetable oils. *Food Chemistry*. vol. 121 (4). p. 1177 – 1187.

CHEN, X., LI, Q., YANG, Y., YU, X., a WANG, Y. 2014. A novel method for determining peroxide value of edible oils using electrical conductivity. *Food Control*. vol. 39. p. 198 – 203.

CODEX ALIMENTARIUS. 1999. CODEX-STAN 210 – 1999. Codex standard for named vegetable oils.

CONSENLA, D. T., CRAPISTE, G. H., LAMAS D. L. 2014. Changes in quality and composition of sunflower oil during enzymatic degumming process. *Food Science and Technology*. vol. 58 (1). p. 71 – 76.

ČEPIČKA, J. ČURDA, L. DOSTÁLOVÁ, J. FILIP, V. KADLEC, P. MELZUCH, K. PLOCKOVÁ, M. RYCHTERA, M. ŠMIDRKAL, J. ŠTĚTINA, J. VOLDŘICH, M. 2002. *Technologie potravin II*. Praha. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN:80-7080-510-2.

Elaeis guineensis. [online]. [cit. 2014-09-06]. Dostupný z [www: http://en.wikipedia.org/wiki/Elaeis_guineensis](http://en.wikipedia.org/wiki/Elaeis_guineensis)

ELISIA, I., KITTS, D. D., YOUNG, J. W., YUAN, Y. V. 2013. Association between tocopherol isoform composition and lipid oxidation in selected multiple edible oils. *Food Research International*. vol. 52 (2). p. 508 – 514.

GUNSTONE, D. F. 2002. *Vegetable oils in food technology: Composition, Properties and Uses*. USA and Canada. Blackwell Publishing. p. 337. ISBN: 1-84127-331-7.

HÁLKOVÁ, J., RIEGLOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M. 2001. *Analýza potravin. Újezd u Brna*. Straka – vydavatel odborných publikací. 101 s. ISBN: 80-86494-02-0.

HLAVA, B., HOLUBOVÁ, K., HUŠÁK, S., KOKOŠKA, L., MATĚJKA, V., MICHL, J., PAVEL, L., POLESNÝ, Z., VALÍČEK, P., WROBLEWSKÁ, E., ZELENÝ, V. 2002. *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Praha. Akademie věd ČR. 488 s. ISBN:80-200-0939-6.

HRUDOVÁ, E., CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B. 2009. *Pěstování a kvalita rostlin*. Brno. Mendelova univerzita. 173 s. ISBN: 978-80-7157-897-0.

CHEONG, W. F., SHUI, G., WENK, M. R. 2014. Comprehensive Analysis of Lipid Composition in Crude Palm Oil Using Multiple Lipidomic Approaches. *Journal of Genetics and Genomics*. vol. 41 (5), p. 293 – 304.

Jak pěstovat olivovník. [online]. 16. prosince 2013 [cit. 2014-09-02]. Copyright. Dostupný z www: <<http://www.jaktak.cz/jak-pestovat-olivovnik.html>>

JEFFRIES, P., PHOSRI, CH., RODRIGUEZ, A., SANDERS, I.R. 2010. The role of mycorrhizas in more sustainable oil palm cultivation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. vol. 135 (3), p. 187 – 193.

KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. 2012. *Technologie potravin – Přehled tradičních potravinářských výrob*. Ostrava. Key publishing. 577 s. ISBN:978-80-7418-145-0

KADLEC, P., MELZOCH, K., VOLDŘICH, M. 2009. *Technologie potravin – Co byste měli vědět o výrobě potravin*. Ostrava. Key publishing. 536 s. ISBN: 978-80-7418-051-4

KLOUDA, P. 2003. Moderní analytické metody. Ostrava. Nakladatelství Petr Klouda. 132 s. ISBN: 80-86369-07-2.

KOPŘIVA, J. Jak pěstovat olivovník?. [online]. 14. února 2014 [cit. 2014-09-02]. Tarsago. Dostupný z www: <<http://www.ireceptar.cz/zahrada/okrasna-zahrada/jak-pestovat-olivovnik/>>

KUNTE, L., ZELENÝ, V. 2009. Okrasné rostliny tropů a subtropů. Praha. Grada Publishing. 224 s. ISBN:978-80-247-1548-3

MANICKAM, A., SADASIVAM, S. 2005. Biochemical methods. India. New age international. p. 258. ISBN: 81-224-0976-8

MARTINŮ, M. 2008. Studium vlastností různých rostlinných olejů. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Chemická fakulta. Brno. 132 s.

Mastné kyseliny. [online]. [cit. 2014-06-20]. Dostupný z www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mastn%C3%A1_kyselina>

MATĚJKOVÁ, M. 2011. Kvalitní olej. Svět potravin. 11 (03) 20.

Nasycené mastné kyseliny. [online]. Institut galenus. [cit. 2014-07-14]. Dostupný z www: <<http://galenus.cz/clanky/vyziva/nasycene-mastne-kyseliny>>

NAZ, S., SAYSEED, S. A., SIDDIQI, R., a SHEIKH, H. 2004. Oxidative stability of olive, corn and soybean oil under different conditions. Food Chemistry. vol. 88 (2), p. 253 – 259.

NOVOTNÁ, K. 2009. Chemické složení a vlastnosti olivového oleje. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Technologická fakulta. Zlín. 57 s.

NOWAK, B., SCHULZOVÁ, B. 2002. Tropické plody. Praha. Euromedia Group. 240 s. ISBN:80-242-0785-0.

Olej. [online]. [cit. 2014-06-20]. Dostupný z www: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Olej>>

Palma olejná. [online]. [cit. 2014-09-04]. Dostupný z www: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Palma_olejn%C3%A1>

PAZDERA, Z. Řepka olejná. [online]. [cit. 2014-08-13]. Savana. Dostupný z www: <<http://botanika.wendys.cz/kytky/foto.php?741>>

Pěstování oliv. [online]. [cit. 2014-08-19]. Internet stream. Dostupný z www: <<http://www.olivy.cz/o-olivach/pestovani-oliv>>

ROHWER, J.G. 2002. Tropické rostliny. Praha. Euromedia Group. 288 s. ISBN:80-242-0774-5.

Skližeň oliv. [online]. [cit. 2014-09-04]. Webnode. Dostupný z www: <<http://olivovnik.webnode.cz/olivovy-olej/sklizen-oliv/>>

Složení oleje je pro zdraví rozhodující. 2013. Svět potravin. 13 (02). 17

Slunečnice roční. [online]. [cit. 2014-08-17]. Dostupný z www: <evvojaroska.websnadno.cz/pestovani_slunecnice_v.pdf>

STRATIL, P. 2010. Základy chemie potravin část 1. Brno. Mendelova univerzita. 254 s.

TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. Olejniny. [online]. 13. prosince 2006. [cit. 2014-08-07]. Fond rozvoje vysokých škol. Dostupný z www: <<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/olejniny.htm>>

TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. Řepka olejná. [online]. 13. prosince 2006. [cit. 2014-08-13]. Fond rozvoje vysokých škol. Dostupný z www: <<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/repka.htm>>

TICHÁ, M., VYZÍNOVÁ, P. Slunečnice roční [online]. 13. prosince 2006. [cit. 2014-08-17]. Fond rozvoje vysokých škol. Dostupný z www: <<http://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/czech/slunecnice.htm>>

VACÍK, J. 1990. Přehled středoškolské chemie. SPN – pedagogické nakladatelství. 365 s.
ISBN: 80-85937-08-5

VELÍŠEK, J. 1999. Chemie potravin 1. díl. Tábor. OSSIS. 331 s. ISBN: 80-86659-00-3

9 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Seznam obrázků

- 1) Obrázek č. 1 – Řepka olejná
- 2) Obrázek č. 2 – Květ slunečnice roční
- 3) Obrázek č. 3 – Olivovník
- 4) Obrázek č. 4 – Palma olejná
- 5) Obrázek č. 5 – Schéma technologie procesů výroby rostlinných olejů
- 6) Obrázek č. 6 – Schéma procesů výroby rafinovaných rostlinných olejů
- 7) Obrázek č. 7 – Chemické struktury tokolů
- 8) Obrázek č. 8 – Peroxidové číslo při skladování olejů na světle
- 9) Obrázek č. 9 – Peroxidové číslo při skladování olejů v temnu
- 10) Obrázek č. 10 – Peroxidové číslo při skladování olejů v lednici
- 11) Obrázek č. 11 – Množství γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů na světle
- 12) Obrázek č. 12 – Množství γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v temnu
- 13) Obrázek č. 13 – Množství γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v lednici
- 14) Obrázek č. 14 – Množství α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů na světle
- 15) Obrázek č. 15 – Množství α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v temnu
- 16) Obrázek č. 16 – Množství α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v lednici
- 17) Obrázek č. 17 – Obsah δ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování
- 18) Obrázek č. 18 – Obsah γ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování
- 19) Obrázek č. 19 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v olivovém oleji při různém způsobu skladování
- 20) Obrázek č. 20 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve slunečnicovém oleji při různém způsobu skladování
- 21) Obrázek č. 21 – Obsah δ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v řepkovém oleji při různém způsobu skladování
- 22) Obrázek č. 22 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů na světle
- 23) Obrázek č. 23 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v temnu
- 24) Obrázek č. 24 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] při skladování olejů v lednici

Seznam tabulek

- 1) Tabulka č. 1 – Nasycené mastné kyseliny vyskytující se v tucích
- 2) Tabulka č. 2 – Tržní požadavky na kvalitu řepky
- 3) Tabulka č. 3 – Vlastnosti a koncentrace uhlovodíků v technickém hexanu
- 4) Tabulka č. 4 – Jodové číslo jednotlivých druhů olejů ze stanovení podle Hanuše
- 5) Tabulka č. 5 – Peroxidové číslo jednotlivých druhů olejů při skladování za světla
- 6) Tabulka č. 6 – Peroxidové číslo jednotlivých druhů olejů při skladování v temnu
- 7) Tabulka č. 7 – Peroxidové číslo jednotlivých druhů olejů při skladování v lednici
- 8) Tabulka č. 8 – Obsah γ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve stanovovaných olejích při různém způsobu skladování
- 9) Tabulka č. 9 – Obsah α -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve stanovovaných olejích při různém způsobu skladování
- 10) Tabulka č. 10 – Obsah δ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování
- 11) Tabulka č. 11 – Obsah γ -tokotrienolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v palmovém oleji při různém způsobu skladování
- 12) Tabulka č. 12 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v olivovém oleji při různém způsobu skladování
- 13) Tabulka č. 13 – Obsah β -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve slunečnicovém oleji při různém způsobu skladování
- 14) Tabulka č. 14 – Obsah δ -tokoferolu [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] v řepkovém oleji při různém způsobu skladování
- 15) Tabulka č. 15 – Celkový obsah vitamínu E [$\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$] ve stanovovaných olejích při různém způsobu skladování