

# **Vliv tepelné zátěže na základní ukazatele kvality u vybraných potravinářských olejů**

Mgr. Iva Bartíková

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav biochemie a analýzy potravin  
akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Mgr. Iva BARTÍKOVÁ**  
Osobní číslo: **T090251**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv tepelné zátěže na základní ukazatele kvality u vybraných potravinářských olejů**

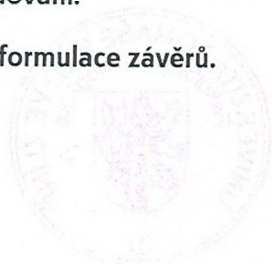
Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Tuky ve výživě člověka.
2. Technologie zpracování tuků.
3. Vliv teploty a skladování na kvalitu vybraných rostlinných olejů.
4. Laboratorní vyšetřování olejů.

### II. Praktická část

1. Stanovení základních ukazatelů kvality rostlinných olejů v závislosti na tepelné zátěži a délce skladování.
2. Shrnutí výsledků a formulace závěrů.



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

[1] VIDRICH, R., VIDA KOVIČ, S., ABRAMOVIČ, H. Biochemical Parameters and Oxidative Resistance to Thermal Treatment of refined and Unrefined Vegetable Edible Oils. Czech Journal of Food Science, 2010, vol. 28, p. 376-384.

[2] PELIKÁN, M. Zpracování obilovin a olejnin, 1. vydání, Brno: ediční středisko MZLU, 2001, 148 s.

[3] KOMPRDA, T. Základy výživy člověka, Brno: ediční středisko MZLU, 2007, 164 s.

[4] PRZYBYLSKI, R., MCDONALD, B. Development and processing of vegetable oils for human nutrition, AOCS Press, USA, 1995, 36 s.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Stanislav Kráčmar, DrSc.**  
Ústav biochemie a analýzy potravin

Datum zadání diplomové práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **20. května 2011**

Ve Zlíně dne 21. března 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....

.....

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

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

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

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

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

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

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

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

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

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

## ABSTRAKT

V teoretické části řeší diplomová práce problematiku rostlinných tuků a olejů, zejména po stránce jejich úlohy ve výživě člověka. Kromě základních kroků technologie zpracování tuků se zabývá vlivem teplotní zátěže a doby skladování na jejich kvalitu a popisuje stanovená kvalitativní kritéria (číslo kyselosti a peroxidové číslo). V praktické části vyhodnocuje vliv tepelné zátěže a dlouhodobého skladování na zmíněné ukazatele kvality u různých druhů rostlinných olejů zakoupených v tržní síti. Celkem bylo vyšetřeno 69 vzorků, z toho 49 bylo z rostlinných olejů po smažení bramborových hranolků, 10 čerstvých olejů a 10 olejů po jejich dlouhodobém skladování (60 měsíců). Výsledky měření byly porovnány se stanovenými parametry.

**Klíčová slova:** rostlinné tuky, skladování, fritování, bramborové hranolky, kvalitativní vyšetření, peroxidové číslo, číslo kyselosti tuku

## ABSTRACT

The theoretical part of the thesis deals with the issue of vegetable fats and oils, particularly in respect to their role in human nutrition. In addition to the basic steps in fat processing technology, it addresses the influence of temperature load and storage time on fat quality, and describes conventional qualitative criteria (acid number and peroxide value). The practical part evaluates the impact of heat stress and long-term storage on the previously defined quality indicators for different types of vegetable oils available on the market. 69 samples were examined in total, of which 49 were from vegetable oils after frying french fries, 10 fresh oils and 10 oils after their long-term storage (60 months). The measurement results were compared with established parameters.

**Keywords:** vegetable fats, storage, frying, french fries, qualitative tests, peroxide value, acid number of fat

Na začátku bych velmi ráda poděkovala vedoucímu práce prof. Ing. Stanislavu Kráčmarovi, Dr.Sc, který mi velmi pomohl s vypracováním této diplomové práce prostřednictvím potřebných rad, odborného vedení a hlavně vstřícností. Také musím velmi poděkovat Doc. MVDr. Vladimíru Pažoutovi, CSc. a celému Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce FVHE VFU Brno za ochotu a odbornou pomoc při získávání dat pro zpracování této práce.

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

# OBSAH

ÚVOD.....	10
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>12</b>
<b>1 TUKY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA .....</b>	<b>13</b>
1.1 VITAMINY ROZPUSTNÉ V TUCÍCH.....	13
1.2 OSTATNÍ SLOŽKY TUKŮ .....	19
1.3 RIZIKA SPOJENÁ S KONZUMACÍ TUKŮ.....	19
1.4 ROZDĚLENÍ TUKŮ A OLEJŮ .....	22
1.4.1 Druhy rostlinných olejů.....	24
1.5 VYUŽITÍ TUKŮ A OLEJŮ V POTRAVINÁŘSTVÍ.....	29
1.5.1 Ztužené tuky.....	30
1.5.2 Emulgované a pokrmové tuky .....	30
1.5.3 Speciální tuky.....	31
<b>2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ TUKŮ .....</b>	<b>32</b>
2.1 ZÍSKÁVÁNÍ ROSTLINNÝCH OLEJŮ.....	32
2.1.1 Rafinace rostlinných olejů.....	33
<b>3 VLIV TEPLoty NA KVALITU TUKŮ A OLEJŮ.....</b>	<b>35</b>
3.1 FYZIKÁLNÍ ZMĚNY SMAŽÍCÍHO OLEJE A SMAŽENÉHO POKRMU .....	35
3.2 BIOLOGICKÉ A TOXIKOLOGICKÉ ÚČINKY OXIDOVANÝCH TUKŮ .....	36
3.3 CHEMICKÉ ZMĚNY BĚHEM TEPELNÉHO ZATÍŽENÍ TUKŮ .....	36
3.3.1 Žluknutí tuků.....	38
3.3.2 Chuťová reverze.....	38
3.3.3 Ztráty výživné hodnoty při oxidaci a záhřevu tuků .....	39
3.3.4 Vliv skladování na kvalitu tuků a olejů.....	39
<b>4 LABORATORNÍ VYŠETŘOVÁNÍ TUKŮ.....</b>	<b>40</b>
4.1 IZOLACE A STANOVENÍ CELKOVÝCH LIPIDŮ.....	40
4.2 STANOVENÍ STUPNĚ ŽLUKLOSTI A STABILITY TUKŮ.....	40
4.3 STANOVENÍ NEZMÝDELNITELNÝCH LÁTEK.....	40
4.4 STANOVENÍ FRAKČÍ LIPIDŮ.....	41
4.5 STANOVENÍ FUNKČNÍCH SKUPIN LIPIDŮ.....	41
<b>5 SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA.....</b>	<b>42</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>43</b>
<b>6 CÍL PRÁCE .....</b>	<b>44</b>
<b>7 MATERIÁL A METODIKA .....</b>	<b>45</b>
7.1 POUŽITÝ MATERIÁL.....	45
7.2 POUŽITÉ METODIKY.....	46
7.2.1 Metody laboratorního stanovení kvality tuků .....	55
7.2.2 Metody zpracování výsledků .....	55
<b>8 VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>56</b>
8.1 ČÍSLA KYSELOSTI A PEROXIDOVÁ ČÍSLA U OLEJŮ PO SMAŽENÍ .....	56
8.2 ČÍSLA KYSELOSTI A PEROXIDOVÁ ČÍSLA U SKLADOVANÝCH OLEJŮ .....	66
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>69</b>



<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>76</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>78</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>80</b>

## ÚVOD

Tuky patří mezi hlavní živiny, které mají nezastupitelné místo ve výživě lidí, neboť jsou nositeli velkého podílu sensoricky aktivních látek, zdrojem esenciálních mastných kyselin, a díky nim může organismus přijímat a využívat řadu látek včetně vitamínů rozpustných v tucích. Z těchto důvodů by se měly tuky podílet alespoň z 20 % na energii dodávané tělu. Při jejich nedostatku se mohou objevit nemoci kůže, poruchy rozmnožování až sterilita, náchylnost k infekcím, snadná srážlivost plazmatických membrán, aj. Tuky jsou pro organismus důležitou energetickou rezervou, mají výborné chuťové vlastnosti a navozují pocit sytosti. To jsou příčiny, proč je u obyvatel průmyslově vyspělých zemí nadměrný příjem tuků (často o 10 – 15 %) ve stravě častým výživovým problémem. Ten s sebou přináší i řadu zdravotních komplikací, jako je obezita, zvýšený obsah cholesterolu nebo ateroskleróza. Není to však způsobeno pouze nadměrným příjmem tuků, ale příjmem jednostranným, tzn. nevhodnou skladbou tuků z hlediska zastoupení nasycených a nenasycených mastných kyselin.

Tuky a oleje řadíme do skupiny lipidů. Jsou to organické sloučeniny, které je velmi složité vyrábět syntetickým způsobem. Získávají se proto nejčastěji z různých rostlinných částí a živočišných tukových tkání. Po chemické stránce jsou to estery trojsytného alkoholu glycerolu a mastných kyselin. Rozdílné mastné kyseliny a způsob jejich uložení v molekule ovlivňuje ve značné míře fyzikální a chemické vlastnosti tuků a olejů, především jejich konzistenci. Při vyšším obsahu nasycených mastných kyselin s vyšším bodem tání (kyseliny stearová, palmitová, aj.) je konzistence tuhá (lůj), nebo polotuhá (sádlo), zatímco vyšší obsah nenasycených mastných kyselin (olejová, linolová, aj.) dává tukům až charakter tekutý (olej řepkový, aj.).

Tuky se rozdělují podle svého původu na živočišné a rostlinné. Rozdíl mezi nimi je nejen v jejich konzistenci za pokojové teploty, ale i rozdílný obsah a složení mastných kyselin. Rostlinné tuky obsahují mastné kyseliny nenasycené, jejichž význam je větší, protože nenasycené mastné kyseliny jsou nezbytné pro vývoj mozku, nervů a jsou součástí buněčných i vnitrobuněčných membrán. Nadměrný příjem nenasycených mastných kyselin, ale také není vhodný, poněvadž vede ke zvýšené tvorbě volných radikálů. Živočišné tuky mají naopak vysoký obsah nasycených mastných kyselin a velmi nízký obsah esenciálních kyselin a obsahují poměrně hodně cholesterolu. Výhodou je však jejich vyšší oxidační stabilita a příznivé chuťové vlastnosti.

U nás převažoval dříve konzum živočišných tuků a rostlinné suroviny nebo oleje se většinou dovážely. Obrat nastal po druhé světové válce rozšířením pěstování olejnin, především řepky olejné, z důvodu nedostatečného dovozu surovin ze zámoří, a rovněž zvýšená poptávka po tucích rostlinného původu, jejichž výroba je levnější, než produkce tuků živočišných. V té době došlo u nás ke koncentraci výroby i k organizačním změnám, takže výroba tuků dostala zcela průmyslový charakter. Z ročně vyrobených téměř 70 miliónů tun se asi 75 % používá na výživu lidí a výživu zvířat, zbytek se používá na výrobu mýdla a kosmetiky nebo jako surovina pro chemický a farmaceutický průmysl.

Tuky a oleje patří do skupiny potravin, které snadno podléhají zkáze. Proto je velmi důležité sledovat jejich kvalitu. Procesem hydrolýzy nebo oxidace tuků mohou vznikat v tucích samotných, ale i pokud jsou součástí potravin, tak i v těchto potravinách, nežádoucí změny. Jedná se především o žluknutí tuků. Takto změněné tuky mohou nepříznivě působit na zdravotní stav člověka.

Současným trendem je také používání rostlinných tuků a olejů k tepelné úpravě pokrmů, zejména fritování. K tomu je potřeba používat kvalitní fritovací oleje, které jsou odolné k tepelnému zatížení a mají vyšší trvanlivost.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 TUKY VE VÝŽIVĚ ČLOVĚKA

Tuky a oleje jsou přírodní látky rostlinného a živočišného původu, obsahující estery vyšších mastných kyselin. Funkčně i chemicky jsou velmi rozdílné, ale jejich společnou charakteristickou vlastností je nerozpustnost ve vodě a dobrá rozpustnost v organických rozpouštědlech [7]. Lipidy jsou nezbytnou součástí výživy lidí, především svojí energetickou hodnotou, pro činnost svalstva, nervů, ale jsou rovněž důležitou složkou buněčných membrán. V poslední době se zjistilo, že lipidy mají významnou úlohu při mnoha dalších životních pochodech. Ve srovnání s bílkovinami a sacharidy, jejichž spalné teplo činí 16,7 kJ/g, je energetická hodnota tuků 37,7 kJ/g. Spalují se v těle buď přímo, nebo se ukládají jako zásobní látky (hlavně depotní tuk); ve stravě však dávají pokrmům příjemnější chuť a brzdí proces trávení, takže nedochází tak brzo k pocitu hladu. Rovněž tvoří v těle ochranné vrstvy pro vnitřní citlivé orgány a plní funkci tepelných izolátorů. Vedle přísunu energie jsou zejména rostlinné oleje výhradním zdrojem některých cenných látek, a to vitaminů rozpustných v tucích (A, D, E a K) a také esenciálních mastných kyselin [42]. Kvalita rostlinných olejů je dána především obsahem těchto esenciálních mastných kyselin, tj. nenasycených mastných kyselin, které nemůže lidský organismus syntetizovat a proto musí být k dispozici v potravě. Nenasycené mastné kyseliny snižují obsah cholesterolu v krevní plazmě, zvyšují funkci ledvin a snižují vysoký krevní tlak. Kvalitní konzumní olej by měl obsahovat 2 – 10 % nenasycených kyselin a co nejvíce linolové a olejové kyseliny. Vyšší obsah linolenové kyseliny není žádoucí, protože urychluje žluknutí oleje. Poměr kyseliny linolové k linolenové by měl být 5:1. Vyšší podíl kyseliny olejové je výhodou pro vyšší tepelné namáhání [22].

### 1.1 Vitaminy rozpustné v tucích

Předpokladem racionální výživy, při které naše tělo zůstává zdravé a zdatné, je dostatečné a dlouhodobé zásobení těla energií, bílkovinami, tuky, cukry, vitaminy, minerály a také tzv. stopovými prvky [9]. Že jsou vitaminy "zdravé", víme všichni jistě již od dob našeho dětství. Ale skutečnost, že vitaminy jsou nezbytné pro život, si uvědomujeme asi méně. Jak jinak si lze vysvětlit, že mnoho lidí právě v průmyslových státech není dostatečně vitaminy zabezpečeno, přestože přeplněné obchody všude na světě nabízejí téměř všechny potraviny. Tento nedostatečný přísun sice nemusí být příčinou "klasických" chorob, ale může vést k únavě, zesláblosti, poruchám koncentrace, bolestem hlavy, změnám na pokožce a střev-

ním potíží [53]. Autotrofní organizmy jsou schopny jejich syntézy, organizmy heterotrofní, mezi něž patří i člověk, jsou nuceny vitaminy přijímat exogenně. Jako nepostradatelné součásti katalyzátorů biochemických reakcí je možno vitaminy nazvat esenciálními exogenními biokatalyzátory. Tradičně se vitaminy dělí podle rozpustnosti na:

- rozpustné ve vodě: skupina B, C
- rozpustné v tucích: A, D, E, K [28]

Vitaminy rozpustné v tucích je tělo schopno získat ze zažívacího ústrojí pouze tehdy, jsou-li zároveň v potravě obsaženy tuky a organismus je schopen je vstřebat (není tomu tak například při neprůchodnosti žlučových cest). Protože neexistuje jiný způsob, jak by se tyto vitaminy mohly v těle vstřebat, může v případě nepřítomnosti tuků v potravě dojít ke vzniku chorobného stavu, způsobeného nedostatkem některého vitamínu z této skupiny. Vitaminy rozpustné v tucích jsou uloženy v poměrně značných množstvích v játrech, čímž je umožněno oddálení vzniku projevů jejich nedostatku. Jejich vyloučení z těla v případě nadměrného přívodu je však obtížnější, protože se nevyklučují do moči, a proto může snáze dojít k onemocnění způsobené jejich nadbytkem. Onemocnění způsobená nedostatkem vitamínů rozpustných v tucích se častěji vyskytují u dětí při nevhodném složení potravy [9]. Stav nedostatečné saturace organismu daným vitamínem se nazývá hypovitaminóza, absolutní nedostatek, který se projevuje závažnými zdravotními poruchami, je avitaminóza. Zatímco avitaminóza v populaci České republiky prakticky nepřichází v úvahu, je hypovitaminóza některých vitamínů relativně běžná, což je způsobeno mimo jiné nedostatečnou konzumací ovoce a zeleniny v rámci české populace [28]. Stejně jako nedostatek vitamínů může za určitých okolností vzniknout v těle také chorobný proces, způsobený jejich nadbytečným přívodem – hypervitaminóza. To bývá spíše u vitamínů rozpustných v tucích (zvláště A a D) při dlouhodobém podávání potravin, obsahujících některý z nich ve vysokém množství, například dlouhodobé podávání vitamínů ve formě léků [9].

Vitamin A je tmavočervená látka, která účinkem ultrafialového záření v přítomnosti kyslíku ztrácí účinnost. Z chemického hlediska se jedná především o retinol. Vyskytuje se především v játrech, vaječném žloutku a másle. V rostlinách se vyskytuje ve formě karotenů, nejčastěji jako  $\beta$ -karoten [20]. Vitamin A má prakticky čtyři základní funkce: vidění, ovlivnění buněčné diferenciace, embryogeneze a imunitní odezva. Vitamin A přijatý v potravě je běžně estericky vázán s mastnými kyselinami (ke kvantitativně nejvýznamnějším esterům patří retinylpalmitát). Působením žluči a pankreatické esterázy dochází v tenkém střevě k hydrolyze těchto esterů. Uvolněný retinol je zabudován do micel a v této

formě se dostává přes membránu enterocytu. V enterocytu se váže na specifický protein, následně je zpětně esterifikován a inkorporován do chylomiker. V této formě přichází do lymfy, kde probíhá hydrolýza plazmatickými lipázami. Uvolněný retinol (resp. další účinné formy vitamínu) se dostává především do jater, ale i do dalších tkání. Ve vazbě na příslušný protein je v plazmě transportován nejen retinol, ale i plazmatické karotenoidy: zeaxanthin, lutein, lykopen, kryptoxanthin,  $\alpha$ -karoten,  $\beta$ -karoten. Hlavním depotním orgánem pro retinol jsou játra. V játrech je skladováno 80 – 90 % vitamínu A, přítomného v organismu člověka, a to v parenchymatických buňkách a dále v tzv. hvězdicových buňkách. Kromě toho je vitamin A skladován také v tukové tkáni, v plicích, ve varlatech, v kostní dřeni, v oku a v ledvině [28]. Zatímco vitamin A je možný předávkovat, v případě  $\beta$ -karotenu tento případ nebyl prokázán. Proto je výhodnější potravou zajistit přísun dostatečného množství  $\beta$ -karotenu a tím umožnit tělu, vytvořit si tolik vitamínu A, kolik právě potřebuje. Nevyužitý  $\beta$ -karoten je vyloučen z těla ven. Upřednostnění konzumace  $\beta$ -karotenu před vitamínem A je zejména žádoucí u těhotných žen [20]. S těžkými formami onemocnění, způsobenými nedostatkem vitamínu A, se dnes můžeme setkat pouze v případech, kdy dochází k těžkým poruchám výživy (rozvojové země), při některých onemocněních jater, kdy se nemohou vytvořit zásoby vitamínu A a při některých onemocněních ledvin, kdy se vitamin A ve zvýšené míře vylučuje. Častěji se však setkáváme s lehčími formami jeho nedostatku – hypovitaminóza [9]. Nedostatek vitamínu A může zvýšit například těhotenství a kojení, redukční dieta, složení stravy chudé na bílkoviny, zinek, vitamin E nebo železo, stáří, nevyvážená strava, velká spotřeba alkoholu, chronická onemocnění, která postihují příjem nutričních látek, velké gastrointestinální operace a další [1]. Nejčastějším příznakem hypovitaminózy, způsobené nedostatkem vitamínu A, bývá zpomalení adaptace zraku při přechodu ze světla do tmy, později až šeroslepost. Při déle trvajícím nedostatku pak vznikají změny na sliznicích a pokožce (suchost spojivek a zhrubnutí kůže), snižuje se odolnost organismu proti infekcím, zastavuje se růst, horší se hojení ran [9]. Při dlouhotrvajícím příjmu nadbytku vitamínu A může dojít ke zvýšenému vypadávání vlasů, krvácení z nosu a k revmatickým bolestem v kloubech. Objevují se bolesti hlavy, nevolnost a zvracení. Při velmi vysokých dávkách může dojít k poškození jater. Aby se předešlo možnému předávkování, doporučuje se konzumovat doplňky výživy, obohacené vitamínem A současně s vitamínem E a zinkem, neboť obě tyto látky zlepšují vstřebávání vitamínu A v játrech [20]. Vhodnými potravinovými (přírozenými) zdroji jsou

v případě vitamínu A játra, mléko a mléčné výrobky, tučné ryby, v případě provitamínových karotenoidů je to mrkev ( $\beta$ -karoten), listová zelenina a pomeranče [28].

Vitamin D není jednou látkou. Jedná se o komplex sloučenin, zařazených do skupiny kalciferolů. Praktický význam mají pouze vitamin D<sub>2</sub> neboli ergokalciferol a vitamin D<sub>3</sub>, označovaný jako cholekalciferol. Vznikají v kůži působením ultrafialového záření. Jak název napovídá, cholekalciferol má svůj původ v tolik obávaném cholesterolu. Jedná se o bezbarvé krystalické látky, rozpustné v tucích. Jsou poměrně stálé při vyšších teplotách, na světle a za přístupu vzduchu se rozkládají. K rozkladu nedochází, jsou-li rozpuštěné v oleji. Obsahuje-li připravované jídlo tuk, jsou ztráty vitamínu D při zpracování malé [20]. Účinná forma cholekalciferolu je 1,25-dihydroxycholekalciferol, který vzniká v organismu následujícími pochody: působením UV záření vzniká v pokožce z cholesterolu 7-dehydrocholesterol a z něj následně provitamin D a konečně cholekalciferol. Ten je transportován do jater, kde dochází k hydroxylaci v poloze 25. 25-hydroxycholekalciferol se následně dostává do ledviny, kde proběhne druhá hydroxylace v poloze 1. Syntéza kalciferolů je řízena parathormonem a stavem nasycenosti organismu vitamínem D [28]. Vitamin D má vliv především na regulaci vstřebávání a vylučování vápníku a fosforu trávicím ústrojím a ledvinami, tvorbu a přetváření kostí a udržení vápníku v krvi [9]. Potřeba vitamínu D se pohybuje v rozmezí 5-10  $\mu\text{g}/\text{den}$ . Stanovení alimentární potřeby je však obtížné, neboť hlavní zdroj vitamínu je odvozen z pokožky a závisí na rozsahu vystavení slunečnímu záření [28]. Nedostatek vitamínu D vzniká velmi pomalu při nedostatku slunce, nedostatečném přísunu vitamínu D potravou, při některých onemocněních střev, jater a ledvin, při přísných dietách omezujících přísun tuků (jedná se o vitamin rozpustný v tucích, bez jejich přítomnosti v potravě se v trávicím traktu nemůže vstřebat). Projevy nedostatku se liší podle věku, kdy tato situace nastane [9]. Nedostatek vitamínu D u dětí způsobuje nedostatečnou mineralizaci růstové ploténky kostí, což se klinicky projevuje jako tzv. křivice (deformace skeletu, bolesti kostí, svalová bolest, náchylnost k respiračním infekcím). U dospělých je důsledkem nedostatku vitamínu D nedostatečná mineralizace kostí s klinickým projevem osteomalacie - měknutí kostí (bolesti v oblasti páteře, boků, ramen, hypokalcemie, hypofosfatemie) [28]. Ze všech vitamínů je předávkování vitamínem D nejnebezpečnější. Při nadbytečném příjmu dochází k nevolnostem, zvracení, ke zvýšení krevního tlaku, projevuje se výrazná nechůť k jídlu, pocit žízně, svědění pokožky, průjmy a snižování tělesné hmotnosti. Při současném podávání vyšších dávek vitamínu D s mlékem může nastat zvýšené vylučování hořčičku. Za již značně rizikovou



hranici se považuje dávka 100 µg. Dlouhotrvající nadbytek vede k nadměrnému ukládání vápníku, především v ledvinách a může vést až k jejich selhání [20]. Vitamin D se nachází především v mléčných výrobcích, vejcích, másle, oleji z tresčích jater, ovoci a v zelenině. Potraviny jsou ovšem pouze minoritním zdrojem vitaminu D, hlavním zdrojem je expozice slunečnímu záření [28].

Ke skupině společně s vitaminem E patří celkem 8 látek (tokoferoly), které sice tvoří chemicky příbuzné sloučeniny, ale ve svých účincích se značně odlišují. Nejdůležitější z nich je  $\alpha$ -tokoferol, protože představuje i v těch nejnepatrnějších dávkách účinnou látku, která se vyznačuje vitaminovými účinky [53]. Jsou to bezbarvé nebo slabě žluté viskózní oleje, velmi dobře rozpustné v tucích. V kyselém prostředí jsou stále už i při 100°C, v zásaditém prostředí se za vyšších teplot rozkládají. Jsou velmi citlivé na přítomnost kyslíku a snadno se oxidují [20]. Z hlediska biochemické funkce je vitamin E možno charakterizovat jako nejvýznamnější lipofilní antioxidant. Chrání nenasycené lipidy před poškozením tím, že vychytává volné radikály. Chráněny jsou především PUFA v buněčných membránách a dále plazmatické lipoproteiny, zejména LDL (lipoproteiny nízké hustoty), které jsou nej náchylnější k oxidaci a mají také největší aterogenní potenciál. Právě oxidace LDL-částic zahajuje proces aterosklerózy, tedy dlouhodobě probíhající chronické degenerativní změny cévní stěny, které v konečném důsledku vedou např. k infarktu myokardu nebo mozkové příhodě. Kromě volných radikálů vychytává vitamin E také velice reaktivní (a tedy pro buňku nebezpečný) singletový kyslík. Vitamin E, přítomný v potravě, je po přesunu do tenkého střeva převeden do emulgovaného stavu pomocí solí žlučových kyselin a produktů slinivky břišní. V emulgovaném stavu je absorbován do enterocytu, kde dochází k jeho inkorporaci do chylomikér. V této formě přechází do lymfy a následně do krve. Zde je vitamin E transportován jednak v erythrocytech, jednak v lipoproteinech. Působením lipoproteinové lipázy dojde k rozkladu chylomikér na chylomikronové zbytky, tokoferol je uvolněn a váže se v HDL-částicích, odkud přestupuje do LDL-částic. Do buňky vstupuje přes LDL-receptor. Uvedený mechanismus vstřebávání platí pro vitamin E přirozeně přítomný v potravinách. V potravinových doplňcích je tokoferol přítomen ve formě esterů, které musí být nejprve ve střevě hydrolyzovány pomocí příslušných enzymů a teprve potom může být vitamin E vstřebán [28]. Projevy nedostatku se zpravidla u zdravých lidí neobjevují, protože vitamin E se nachází ve všech základních potravinách a kromě toho je uložen v tukové tkáni [53]. V krajně vzácných případech může docházet při nedostatku vitaminu E k odbourávání nervové tkáně a svalové hmoty, k poruchám trávení a alergiím

[33]. Důvodem je buď obecně nedostatečná výživa, nebo v našich zeměpisných šířkách rozšířené narušené vstřebávání tuků, žloutenka, onemocnění slinivky břišní a žlučníku [53]. Naopak vysoké dávky vitamínu E mohou vést k závažným zdravotním problémům, jako jsou srdeční selhání nebo poruchy imunity [37]. Jak již bylo řečeno, vitamin E je obsažen v převážné většině potravin. Pokud bychom přece jen chtěli nějaké vyzdvihnout, pak by to byly rostlinné oleje, obilné klíčky, sója, černý kořen, vnitřnosti, vejce, mléko.

U vitamínu K se jako v jiných případech nejedná jen o jednu látku, ale o skupinu látek přirozeného nebo syntetického původu [9]. O látkách s účinkem vitamínu K hovoříme v případě dvou nejdůležitějších derivátů menadionu (2-methyl-1,4-naftochinonu), tedy fylochinonu, resp. menachinonu. Fylochinon s fytylovým bočním řetězcem (podobným struktuře chlorofylu) se nachází v rostlinách a označuje se jako vitamin K<sub>1</sub>. Menachinon, vitamin K<sub>2</sub>, je tvořen bakteriemi (mimo jiné v trávicím traktu člověka) a obsahuje v bočním řetězci několik prenylových jednotek [28]. Vitaminy K<sub>3</sub> a K<sub>4</sub> byly vytvořeny uměle a jsou rozpustné ve vodě, nikoli v tucích [9]. Vitamin K je metabolizován především v játrech. 60 - 70 % přijatého množství je vyloučeno do tří dnů, a to 20 % celkového metabolizovaného množství v moči a 40 – 50 % ve výkalech (přes žluč). Dochází tedy neustále k obnově tělesných rezerv [28]. Biochemická aktivita vitamínu K souvisí bezprostředně s účastí vápníku při srážení krve. Umožňuje totiž vazbu funkčních skupin na bílkoviny, které se procesu srážení účastní. Tyto skupiny pak následně váží vápník, což v dalším kroku umožní přeměnu protrombinu na účinný trombin. Tento enzym umožní vznik fibrinové sítě, na které se zachycují červené a bílé krvinky. Vytvoří se tak krevní sráženina uzavírající poraněné místo [20]. Hodnota doporučeného příjmu je 1 µg/kg tělesné hmotnosti [28]. Nedostatek vitamínu K, který se projevuje především krvácivostí, se za normálních okolností nevyskytuje [9]. Relativní nedostatek může být vyvolán přítomností antagonistů vitamínu K, např. při aplikaci některých preparátů používaných pro prevenci a léčení tromboembolie. Závažnější jsou však případy nedostatku vitamínu K u novorozenců, kdy dochází ke krvácení do mozku a dochází k závažnému poškození. Příčinou je nízká koncentrace vitamínu K v mateřském mléce a dále malé zásoby vitamínu v játrech novorozence z důvodu relativně nízkého přestupu placentou. Dalším důsledkem nedostatku vitamínu K v organismu je také poškození kostí [28]. Vysoké dávky vitamínu K mohou vyvolat zvýšené vylučování bilirubinu a tím navodit příznaky žloutenky. Avšak tak vysoké dávky, které byly použity k nastavení tohoto stavu, není prakticky možné z potravy zajistit. Při použití doplňků výživy se jedná o vitamin, který lze předávkovat. Zvyšuje krevní sráž-

livost a proto je zřejmé, že může být používán jen se souhlasem lékaře. Předávkování se projevuje návaly do hlavy a pocením. Vitamin K se vyskytuje především v zelených rostlinných tkáních, jako je zelí, špenát, květák a luštěniny. Ze živočišných tkání jsou to především játra [20].

## 1.2 Ostatní složky tuků

Rostlinné a živočišné tuky obsahují kromě neutrálních tuků ještě mnoho průvodních látek. Tyto složité a různorodé látky, označované jako lipoidy, i když se nacházejí v tucích v některých případech pouze ve velmi malém množství, jsou pro řádnou funkci organismu člověka nepostradatelné. Nejdůležitější z nich je lecitin, organicko-minerální ester troj-  
sytného alkoholu glycerolu a kyseliny palmitové, olejové a fosforečné, na kterou je navázán cholin. Na lecitin je zvlášť bohatá sója [16].

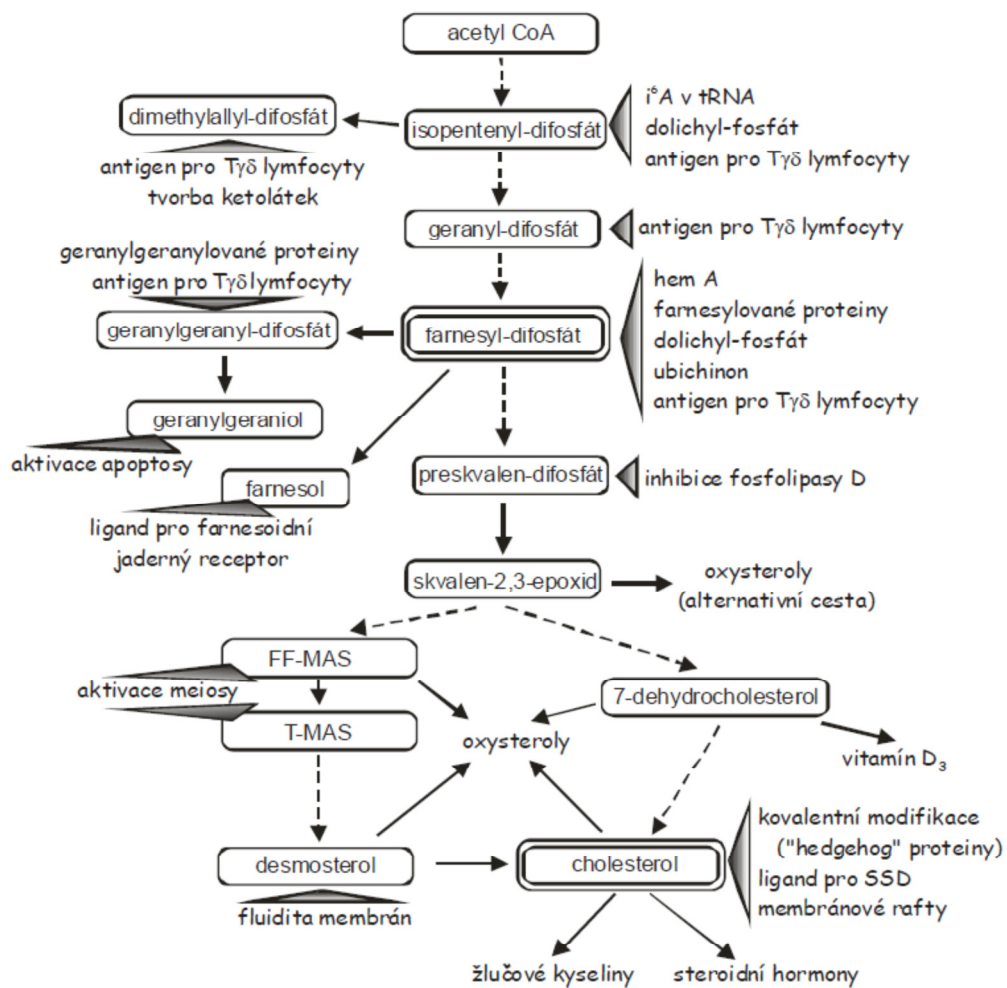
## 1.3 Rizika spojená s konzumací tuků

Z hlediska nutriční toxikologie je závažným problémem zejména nadbytečný přívod tuků ve vztahu k jejich potřebě. Kapacita možného energetického využití mastných kyselin oxidací při zajištění všech fyziologických podmínek představuje asi 20 % celkového energetického přívodu. Tím je, spolu s dalším fyziologickým využitím tuků pro funkční i stavební látky (asi 10 %), dána hodnota pro výživová doporučení – znamená to maximálně 30 % energetického podílu, vyhrazeného pro tuk. Ovšem snížení až na 20 % je ve vztahu ke zdravotnímu stavu výrazně pozitivním jevem. Hodnocení nutričně-toxikologického efektu lipidů musí brát v úvahu také složení přijímaného tuku. Nejedná se pouze o podíl nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin (měl by být 1:1:1), ale též o případné zastoupení abiogenních mastných kyselin. Klasickým případem abiogenní mastné kyseliny je kyselina eruková. Při metabolismu vstupuje spolu s jinými mastnými kyselinami do buněk kosterního svalstva i myokardu, kde však se zřetelem k její struktuře nemůže být energeticky využita. Tím vlastně dochází ke kumulaci této mastné kyseliny ve svalových buňkách a tento stav následně narušuje i další pochody v buňce, což zejména u srdečních svalových buněk je krajně nežádoucí. Na základě epidemiologických studií je zvýšený přívod tuků dáván do souvislosti se zvýšeným výskytem karcinomu střev, mammy, endometria a snad i prostaty a pankreatu. Zvýšený přívod tuků je provázen zvý-

šenou sekrecí žlučových kyselin, nezbytných pro jejich metabolismus. Ty se mohou měnit za účasti střevní mikroflóry na sekundární či fekální žlučové kyseliny (deoxycholová, lithocholová). Tím se zvyšuje onkogenní riziko, protože některé ze sekundárních žlučových kyselin mají poměrně vysokou karcinogenní a mutagenní aktivitu. Vysokotuková strava souvisí i s hormonální dysbalancí organismu, snižuje imunitní obranné mechanismy, tvoří prostředí stimulující růst nádorových buněk. Není zanedbatelný ani fakt, že s vyšší konzumací tuku stoupá i expozice k cizorodým látkám lipofilního charakteru, které se kumulují v tucích [52].

Mezi rizika spojená s konzumací tuků také jistě patří zvýšená hladina cholesterolu v krvi a obezita. Cholesterol je nejznámější a také jeden z nejdůležitějších sterolů, podskupiny steroidů, obsahujících nezaměnitelnou strukturu cyklopentanofenanthrenu a hydroxylskupinu na uhlíku č. 3. Patří k základním strukturním komponentám buněčné membrány a dále představuje mimo jiné výchozí sloučeninu pro biosyntézu významných signálních molekul-steroidních hormonů, které řídí celou řadu procesů. Steroidní hormony regulují metabolismus minerálů a vody, glukoneogenezi, zajišťují pohlavní diferenciaci, reprodukční funkce a odpověď organismu na stresové reakce [34]. Dále je v lidském těle cholesterol prekurzorem žlučových kyselin, které pomáhají při absorpci živin. 7-

dehydrocholesterol (7-DHC), meziprodukt biosyntézy cholesterolu, je prekurzorem cholekalciferolu (vitaminu D<sub>3</sub>), který se uplatňuje v řízení kalcium-fosfátového metabolismu (viz Obr. 1).



Obr. 1. Metabolický význam biosyntetické dráhy cholesterolu, FF-MAS – sterol aktivující folikulární meiosis, T-MAS – sterol aktivující testikulární meiosis, SSD – sterol sensing domain (proteinová doména citlivá na steroly),  $i^{\delta}A-N^{\delta}$ -isopentenyladenosin v molekule transferové RNA [34].

Nedávno byla objevena důležitá úloha cholesterolu v lidské embryogenezi a byla identifikována řada dědičných metabolických poruch biosyntézy cholesterolu [58]. V kontrastu s výše uvedeným však stojí to, že vysoká hladina cholesterolu, zvláště pak nadbytek LDL frakce, je dnes považován za hlavní příčinu aterosklerózy. Ateroskleróza je onemocnění, které je v rozvinutých zemích vedoucí příčinou úmrtnosti v populaci. Tím si získal cholesterol mimořádnou pozornost nejen lékařů, ale také farmakologického a genetického výzkumu a vešel i do podvědomí široké veřejnosti [36]. Naopak HDL cholesterol působí v podstatě opačně. Důležitou úlohu hrají antioxidantia, která mají schopnost bránit LDL složku proti oxidaci a do organismu přicházejí spolu s potravou [39]. Obezita je ve sku-

tečnosti chorobný stav, charakterizovaný nadměrnou tvorbou a malým odbouráváním tuku. Tvorba tuku je fyziologický proces, při kterém dochází k tzv. depotizaci přebytečné energie, ukládané pro případ okamžité potřeby. Dochází-li opakovaně po určitou dobu k nepoměru mezi příjmem a výdejem energie, tuková tkáň se ukládá. Obezita postihuje výrazně pohybový aparát, vede k dušnosti a představuje také nebezpečnou komplikaci některých závažných chorob, například cukrovky [40].

#### 1.4 Rozdělení tuků a olejů

Obvykle se dělí lipidy podle struktury a chování do pěti tříd:

- neutrální lipidy čili tuky, triacylglyceroly
- vosky
- polární lipidy
- nezmýdelnitelné neboli isoprenoidní lipidy
- lipoproteiny

Podle chemického složení se lipidy také někdy rozdělují na dvě velké skupiny - na lipidy jednoduché (tuky, vosky a isoprenoidní lipidy) a lipidy složené (polární lipidy) [50].

Tuky, resp. neutrální lipidy, jsou acylglyceroly s vázanými vyššími mastnými kyselinami [14]. V tucích jsou vázány mastné kyseliny nasycené i nenasycené. Poměr mezi těmito kyselinami určuje fyzikální vlastnosti tuku. Čím větší je počet vázaných nasycených mastných kyselin, tím vyšší je bod tání tuku. Naopak podle Šíchy, Vodrážky a Králové se vzrůstajícím počtem nenasycených vazeb v molekule tuku klesá jeho bod tání (oleje) [50]. Mezi nejběžnější mastné kyseliny, vyskytující se nejčastěji v tucích, patří kyselina olejová, která je alespoň v malém množství vázaná v každém tuku. V živočišných tucích převládají hlavně nasycené kyseliny, např. máslo obsahuje kyselinu máselnou, kapronovou, kaprylovou a kaprinovou, v hovězím loji převládá kyselina stearová a palmitová. Rybí tuky obsahují značné množství nenasycených mastných kyselin (např. kyselinu klupanodovou). Rostlinné tuky jsou bohaté zejména na kyselinu olejovou, některé, např. lněný olej, na kyselinu linolovou a  $\alpha$  - linolenovou [14].

Vosky jsou estery mastných kyselin s vyššími jednosytnými alifatickými alkoholy, nejčastěji primárními, někdy i sekundárními. Ve voscích bývají často vázány kyseliny palmitová, stearová a olejová. Charakteristické jsou také kyseliny feritová, montanová a kyseliny s ještě delším uhlíkatým řetězcem [50]. Vosky jsou látky ve vodě nerozpustné a velmi má-

lo rozpustné v alkoholu. Dobře se rozpouštějí v organických nepolárních rozpouštědlech (ether, chloroform). Vyskytují se jak v rostlinách, tak i v některých živočišných tkáních. V rostlinách jsou nahromaděny do povrchu listů a plodů, chrání je před vysušením a vyzužují jejich povrch. Nejznámější z vosků rostlinného původu je karnaubský vosk, palmový vosk, lněný vosk aj. Ze živočišných vosků má největší význam lanolin z ovčí vlny, včelí vosk a vosk z lebeční dutiny různých vorvaňů. Vosky, které nacházíme v přírodě, bývají doprovázeny parafiny. Kromě parafinů nacházíme ve voscích také volné vyšší mastné kyseliny, ketokyseliny a vyšší ketony. Tyto látky vznikly sekundárně metabolickými pochody z vyšších mastných kyselin [14].

Na rozdíl od nepolárních lipidů, které mají nepolární charakter, rozlišujeme tzv. polární lipidy, obsahující kromě alkoholu a mastných kyselin ještě složku, která jim dodává polární charakter [50]. Je to nejčastěji kyselina fosforečná, na níž bývá vázán ještě cholin, ethanolamin nebo serin. Jako polární složka však může vystupovat i sacharid [14].

Významnou skupinu tzv. isoprenoidních lipidů tvoří steroidy. Jsou to rozmanité látky rostlinného nebo živočišného původu s rozlišnými funkcemi. Steroidní látky dělíme na steroidní hormony, žlučové kyseliny, vlastní steroly, steroidní vitamíny, geniny, steroidní alkaloidy [50].

Lipoproteiny jsou málo stabilní komplexy bílkovin s lipidy, zejména s fosfolipidy [14]. Čím obsahují lipoproteiny více nepolárních lipidů, tím je jejich specifická hmotnost nižší. Dodnes se podle toho označují jako lipoproteiny s nízkou (LDL) a vysokou hustotou (HDL). Lipoproteiny přenášejí nejen lipidy, ale také cholesterol, včetně cholesterolu v těle syntetizovaného.

Člověk tuky přijímá hlavně požíváním rostlinných pletiv a rezervních tkání živočichů, v nichž jsou uloženy. Podle původu Velíšek tuky dělí na :

- rostlinné
- živočišné
- jiné [54].

Tuky rostlinného původu jsou většinou kapalné konzistence, a proto se označují často jako rostlinné oleje. V přírodě se vyskytují v různých částech rostlin, nejčastěji v semenech nebo v plodech [16]. Složení tuku je dáno hlavně složením mastných kyselin, ale uplatňují se také odchylky dané specifickými vlastnostmi lipas.

Živočišné tuky se dělí na tuky suchozemských živočichů (ty zahrnují mléčné tuky a depotní tuky) a mořských živočichů (zde se jedná o tuky mořských savců, např. velryb, a o rybí tuky). V živočišných produktech se konzumuje hlavně podkožní tuková tkáň, ale tuky se ukládají také ve svalovině a ve vnitřnostech, u některých ryb v játrech [54]. Rostlinné tuky jsou stravitelnější a biologicky hodnotnější než tuky živočišné [16].

Většina tuků rostlinného původu je tekutá a řadí se mezi oleje. Nejčastěji se využívá např. olej řepkový, slunečnicový, sójový, olivový, aj. Uplatnění rostlinných olejů ve výživě je žádoucí, protože mají díky obsahu esenciálních mastných kyselin vysokou biologickou hodnotu a nejsou zdrojem cholesterolu, jako živočišné tuky [31].

#### 1.4.1 Druhy rostlinných olejů

**Olivový olej** se získává z plodů olivovníku, jehož dužina obsahuje 40 – 60 % oleje [42]. Pěstování olivovníků začalo před 6000 lety v oblasti dnešní Sýrie, Libanonu a Izraele. Kolem roku 1700 před našim letopočtem došlo k rozšíření pěstování oliv přes Řecko, Itálii, Severní Afriku a Španělsko. Po roce 1492 byly olivovníky rozšířeny do oblasti Ameriky, jižní Afriky a Austrálie s podobnými klimatickými podmínkami jako ve Středomoří. Většina olivovníků je v současné době pěstována v oblasti Středomoří. Co se týče produkce a spotřeby olivového oleje, je v tomto regionu nejvyšší na světě. Mezi největší producenty olivového oleje patří Španělsko, Itálie a Řecko. Olivovníky jsou stále zelené stromy, které dorůstají výšky 20 m a sklizeň z jednoho stromu činí 55 kg oliv. Sběr probíhá krátce před dozráním, tedy většinou od září do listopadu, v Řecku a Španělsku i v období od ledna do března. Sběr oliv může probíhat třemi tradičními metodami, kdy první metoda nazývaná Brucatura spočívá v trhání oliv ze stromu, metodou Raccattatura jsou sbírány spadlé olivy a metoda Scuotitura spočívá v setřesení plodů ze stromu a následném sbírání spadlých oliv. Olivový olej obsahuje jako všechny tuky triacylglyceroly. Složení mastných kyselin olivového oleje se mění v závislosti na jeho původu. Olivový olej obsahuje obecně nejvyšší množství kyseliny olejové, její množství se pohybuje v rozmezí 55 – 83 % [45]. Proto má tento olej vynikající oxidační stabilitu oproti olejům, které mají vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin [27]. Obsah dalších mastných kyselin olivového oleje je 7,5-20 % kyseliny palmitové, 0,5-5 % kyseliny stearové, 3,5-21 % kyseliny linolové a maximálně 0,9 % kyseliny linolenové [45]. Tím, že neobsahuje téměř žádnou linolenovou kyselinu, zaručuje u olivového oleje velkou trvanlivost a čírost i při nízkých teplotách [42]. Olivový



olej obsahuje také vyšší množství skvalenu, zejména v panenském olivovém oleji v množství až 900 mg/100 g tuku. Skvalen má významné antioxidační a chemopreventivní účinky [30]. Další důležitou složkou olivového oleje jsou fytoosteroly (asi 180 mg/100 g), z nichž je to především  $\beta$ -sitosterol (jehož obsah je 93 % ze všech sterolů). Na rozdíl od cholesterolu (sterolu živočišného původu) se vstřebávají minimálně a hladinu cholesterolu v krvi snižují. Obsahuje i řadu vitamínů, vedle  $\beta$ -karotenu, tokoferolů a chlorofylů obsahuje panenský olivový olej i lineární alkoholy s krátkým i dlouhým řetězcem, triterpenické kyseliny, fenolové a polyfenolové sloučeniny, které jsou pro panenský olivový olej charakteristické [45]. Za nejcennější olivový olej je považován extra panenský olivový olej. Jedná se o zcela přírodní produkt. Lisuje se z oliv mechanicky (omytím, centrifugací a filtrací), bez použití chemikálií a zahřívá se na teploty ne vyšší než 33 °C. Tento olej si zachovává veškeré zdravotně prospěšné látky [18]. Má vynikající oxidační stabilitu a největší cenu z rostlinných olejů, tzn., že se mj. často falšuje a jeho legislativa je proto nejpracovanější a nejobsáhlejší [27].

**Slunečnice** pochází z jihozápadní části Ameriky a do Evropy byla Španěly dovezena po objevení Ameriky v 16. století a pak se stala i hlavní pěstovanou plodinou v Rusku, a to až do 19. stol. jako plodina okrasná. Díky ruským šlechtitelům se stala významnou olejninou a několik vysokoolejnatých odrůd, rostoucích na světě, je odvozeno (má původ) právě od nich. Kromě Ruska je slunečnice jednou z důležitých světových olejin a surovinou rostlinných jedlých olejů také v Ukrajině a ostatních zemích východní Evropy. Tyto tři oblasti zaujímají téměř 50 % ploch produkce slunečnice na světě. Co se týká území naší republiky, nemá slunečnice na většině území optimální klimatické pěstelské podmínky, protože u všech olejin a tedy i u slunečnice všeobecně platí, že obsah oleje významně ovlivňuje teplota, kdy chladné počasí i studené lokality zvyšují olejnatost ve srovnání s teplými lokalitami i počasím [48]. Plodem slunečnice je nažka, tvořená slupkou a semenem [47]. Olej se získává ze semen slunečnice, zanedbatelné množství je ho ve slupce [27]. Formy slunečnice, určené pro produkci semene, se liší dle využití svými obsahovými látkami. Máme typ cukrářský, který má velké nažky se silnou slupkou a zvýšené množství bílkovin (až 38 %) a cukrů (32 až 38 %), a typ olejný - A a B, který má středně velké nažky, tenkou slupku a vysoký obsah oleje (42 – 53 %). Olejný typ B je charakterizován menšími nažkami a zvýšeným množstvím kyseliny olejové.

Slunečnicový olej má, vzhledem ke svému složení, významné nutriční vlastnosti díky vysokému obsahu polynenasycených kyselin, prostých toxických látek, a je teda významným

zdrojem esenciálních mastných kyselin [48]. Obsahem kyseliny linolové předčí i olej sójový, nízký obsah kyseliny linolenové mu dává vysokou trvanlivost [42].

Slunečnice, ve srovnání s ostatními olejninami, obsahuje více minerálií, a to především vápníku a fosforu. Je bohatá na vitamíny skupiny B – thiamin, riboflavin a niacin a v tučných rozpustné vitaminy A, D a K. Ve srovnání s řepkou má slunečnice vyšší obsah tokoferolů, z nichž je nejvíce zastoupen  $\alpha$ -tokoferol, a je tedy významným zdrojem vitamínu E [48]. Na trhu se zpravidla objevuje rafinovaný slunečnicový olej [24]. Vzhledem k tomu, že při rafinaci surového oleje dochází částečnému odstranění těchto cenných látek, je jimi v konečných fázích výroby olej fortifikován [48]. Slunečnicový olej, lisovaný za studena, je olejová specialita. Má neutrální chuť a vůni. Rafinovaný slunečnicový olej je oblíbený především ke smažení, pečení a dušení. Kvůli jeho neutrální chuti jej však lze s úspěchem použít i ve studené kuchyni při výrobě majonéz a remulád [24].

**Sójový olej** převládá ve světovém obchodu s konzumními oleji i přesto, že olejnatost sójových bobů činí pouze 20 – 23 %, a používá se ke smažení, do salátů a k výrobě margarínu [22]. Z dietetického hlediska je sójový olej vynikající, obsahuje 50 % kyseliny linolové a má téměř 80 % nenasycených mastných kyselin [42]. Obsahuje nejvíce vitamínu E z běžných dostupných olejů [6].

**Řepka olejná** má v současnosti silné postavení v českém i evropském zemědělství. Je svým původem amfidiplodní plodina, která vznikla za spontánního křížení druhů *Brassica campestris* a *Brassica oleracea*. Z tohoto důvodu byla její kvalita zpočátku velmi problematická. Za posledních 30 let prošla plodina díky šlechtitelskému pokroku výraznou kvalitativní změnou. Značný posun ve snížení obsahu nežádoucích glukosinolátů (GSL) ve šrotu a kyseliny erukové (KE) v oleji je toho jasným důkazem. Kvalita řepkového oleje je dána nízkým obsahem nasycených mastných kyselin (kyselina palmitová, stearová, arachová a behenová) a příznivým poměrem i obsahem esenciálních kyselin linolenové a linolové v poměru 2:1 [48]. Řada studií dokazuje i vysokou hodnotu kyseliny olejové, jejíž obsah se v řepkovém oleji blíží obsahu v oleji olivovém [3]. Velmi nežádoucí byl dříve obsah kyseliny erukové v řepkovém oleji, který byl ale díky šlechtitelskému pokroku snížen téměř na nulovou hodnotu. Kyselina eruková způsobovala špatnou resorpci při trávení, retardaci růstu a kardiální lipidózu [48]. Řepkový olej je doporučován řadou reprezentativních světových pracovišť, zabývajících se lidskou výživou, jako olej špičkové dietetické kvality (v USA např. Úřad pro potraviny a léčiva). Řada zpracovatelů v zahraničí se orien-

tuje také na řepkový olej se zvýšenou kvalitou, jako je olej lisovaný za studena, jádrový olej z odslupkovaných semen apod. [3].

**Lněný olej** se vyrábí ze 100 % z lněných semen [24]. Len setý je jednoletá rostlina, botanicky řazená do čeledi Inovitých. Ve světě i v ČR se pěstují tři typy lnů – přadný, olejný a olejnopřadný, lišící se dle poskytovaného hlavního a vedlejšího produktu. Základním produkčním hlediskem výroby olejného lnu je dosažení vysokých parametrů výnosu semen a obsahu oleje za současného nízkého obsahu cizorodých látek. Olejný len, na rozdíl od lnu přadného, se sklízí v plné zralosti, kdy je jeho semeno plně vyzrálé, má proto nejvyšší hmotnost i obsah tuku, a stává se tak jakostnějším produktem pro další využití. V naší republice jsou k výrobě olej a jako potravinové zdroje využívána převážně semena řepky a slunečnice, ale v cizině je nejen semeno lnu, ale i lněný olej velmi cenným produktem. Právě semena lnu obsahují fytoestrogen secoisolariciresinol-diglykosid (SDG), který je v semeni ve vysoké koncentraci a vykazuje silné antioxidační účinky. Střevní mikroflórou je SDG metabolizován na lignany enterolakton (EL) a enterodiol (ED). Tyto lignany mají ještě silnější antioxidační vlastnosti, než SDG a působí proti hypercholesterolemické ateroskleróze a s ní spojeným mozkovým příhodám a proti infarktu myokardu, proti diabetu a endotoxickému šoku a vykazují i protirakovinotvorné účinky. Semeno lnu také obsahuje 18-20 % vysoce kvalitních lehce stravitelných proteinů se zastoupením hlavních esenciálních aminokyselin – lysinu, leucinu, isoleucinu, valinu, methioninu, fenylyalaninu a kolem 22 % bezdušíkatých extrahovatelných látek. Dieteticky je neméně významný i obsah slizu (3-6 %), který po hydrolýze dává D-galaktosu, L-arabinosu, D-xylosu, L-rhamnosu, kyselinu galakturonovou a manuronovou. Kromě toho jsou zde přítomny další proteiny, steroly, vláknina (9 %), 3-5 % minerálních látek včetně stopových prvků a vitamínů E, A a D [48]. Lněný olej se prodává jak lisovaný za studena, tak i rafinovaný. Oba oleje by se neměly příliš zahřívat z důvodu vysokého obsahu kyseliny linolenové. Lněný olej lisovaný za studena má mírně trpkou chuť. Má zakalenou žlutou barvu.

**Podzemnicový olej** je vyroben ze 100 % z arašídů nebo burských oříšků [24]. Obsahuje až 60 % kyseliny olejové, maximálně 33 % kyseliny linolové a žádnou kyselinu linolenovou. Má proto velkou trvanlivost [42]. V našich obchodech naleznete převážně rafinovaný podzemnicový olej. Existují ale i lisované podzemnicové oleje [24].

**Olej z vlašských ořechů** se získává výhradně ze stejnojmenné suroviny, má zvláště vysoký obsah kyseliny linolenové, která patří k esenciálním mastným kyselinám. Dostane

se zpravidla lisovaný za studena. Nerafinuje se, neboť by tak ztratil své typické aroma. Má tmavě žlutou barvu a jemnou aromatickou, ořechovou chuť.

**Mák setý** je olejninou, v jejíž produkci zaujímá ČR významné postavení a je naší výbornou exportní komoditou [47]. Originalita tkví právě v bezztrátovosti, semeno se využívá jako olejnina a pochutina s významnými dietetickými účinky, vymlácené prázdné tobolky máku - makovina pak jako surovina pro farmaceutický průmysl obsahuje významné alkaloidy, mák je tedy i významnou léčivou rostlinou [48]. Makový olej se získává výhradně z makových semen [24]. Semena máku obsahují přes 60 % oleje s obsahem až 70 % kyseliny linolové [42]. Zpravidla se prodává makový olej lisovaný za studena. Vyznačuje se obzvláště jemnou a mírně natrpklou chutí máku. Má světle žlutou barvu [24].

**Sezamový olej** se lisuje ze sezamových semen, která mohou být buď pražená, nebo tepelně neupravená. U nás se tradičně sezamový olej nepoužívá, ale pro indickou, čínskou nebo třeba korejskou kuchyni je velmi typický. Obsahuje velké množství mononenasycených MK a omega-6 MK. Světlý sezamový olej snáší i vysoké teploty, tmavý olej z pražených semen je tepelně méně stálý [29].

**Lískový olej** se získává z lískových ořechů. Ty obsahují 60 – 66 % tuku. Většinou se získává lisováním za studena. Rafinovaný lískový olej jako stolní olej téměř neexistuje.

**Olej z kukuřičných klíčků** se získává výhradně z kukuřičných klíčků. Prodává se většinou rafinovaný, přesto existuje i jako lisovaný za studena. Olej obsahuje vysoký podíl kyseliny linolové a olejové, jež mají pozitivní vliv na hodnotu tuku a cholesterolu v krvi.

**Olej z pšeničných klíčků** se získává výhradně z klíčků pšeničného zrna. Nabízí se zpravidla jako lisovaný za studena. Obsahuje kromě vysokého množství vitamínu E i hodně lecitinu a provitamínu A. Jedna lžice oleje z pšeničných klíčků poskytne doporučenou denní dávku vitamínu E. Má příjemnou chuť po obilí a je žlutooranžové barvy.

**Olej z hroznových peciček** se získává z peciček hroznového vína. Vedle extrahovaného a rafinovaného oleje je stále více rozšířená výroba tohoto oleje lisováním za studena. Olej lisovaný za studena je bohatý na procyanidin – bioflavonoid. Olej z hroznových peciček má zelenou barvu a i jako rafinovaný si uchovává svou jedinečnou chuť. Olej lisovaný za studena je sytější zelený a velmi aromatický [24].

**Kokosový olej** se získává z plodů kokosové palmy. Sušená dužina, tzv. kopra obsahuje 60 – 70 % oleje. Po rafinaci je světlý, taje při 24 °C, tuhne při 10 °C. 90 % mastných kyselin má nasycených, především obsahuje kyselinu laurovou [38]. Obsahuje jen 5 – 8 % nenasyčených mastných kyselin a užívá se k výrobě ztužených rostlinných tuků [59]. Nízký obsah nenasyčených mastných kyselin zaručuje oleji odolnost proti žluknutí.

**Palmový a palmojádrový olej** se získává z plodu palmy olejové. Olej získaný z dužniny je oranžové barvy a fialkové vůně [38]. Palmový olej lisovaný za studena neexistuje. Olej obsahuje obzvláště vysoký podíl provitaminu A, případně  $\alpha$ - a  $\beta$ - karotenu [24]. Je stálý a je to výborná surovina pro výrobu ztužených tuků. Složením se podobá kokosovému, převažuje kyselina laurová, myristová, kaprinová [38].

Zdrojem **bavlníkového oleje** je bavlníkové semeno, které obsahuje 30 – 50 % oleje. Rafinovaný olej je kvalitní, dieteticky hodnotný, obsahuje 45 % kyseliny linolové a asi 20 % kyseliny palmitové.

**Mandlový olej** se získává ze semen mandlovníku, obsahujících 62 – 66 % kyseliny olejové. Jeho použití je ale hlavně v kosmetice.

Olej obsahují také např. jádra melounů, dýní, rajských jablíček, papriky a tabáková semena. Problém jejich zpracování je krátká skladovatelnost a vysoké nároky na sušení [42].

## 1.5 Využití tuků a olejů v potravinářství

Pro potravinářské účely se oleje musí rafinovat, aby rafinovaný olej získal světle žlutou barvu a z hlediska chuti a vůně byl zcela neutrální. Rafinované rostlinné oleje se už pouze vitaminizují (obvykle vitamínem A a E). Oleje a tuky nejsou oxidačně stabilní, podléhají zvýšené autooxidaci vzdušným kyslíkem úměrně obsahu polyenových mastných kyselin. Proto jsou oleje s vyšším obsahem polyenových mastných kyselin (sojový nebo slunečnicový olej) určeny spíše pro studenou kuchyni [51]. Použití v teplé kuchyni pro smažení, vzhledem k nižší oxidační stabilitě, by mělo být omezeno na oleje s relativně nízkým obsahem polyenových mastných kyselin (praxe v ČR je bohužel jiná). Pro smažení a fritování se vyrábí speciální oleje se zvýšenou oxidační stabilitou, jejich základem je obvykle palmolein [27]. Rostlinné oleje ale dále slouží pro výrobu řady tukových potravin, jako jsou majonézy, tukové násady margarínů a pokrmových tuků [51].

### 1.5.1 Ztužené tuky

Jen omezená část přírodních rostlinných olejů má vyhovující konzistenci, jako např. palmový olej. Většina vyprodukovaných rostlinných lipidických surovin jsou kapalné („měkké“) oleje [27]. Pro celou řadu výrobků je třeba tuky s vyšším obsahem nasycených mastných kyselin. Proto se některé tuky hydrogenují [42]. Ztužování tuků představuje nasycování dvojných vazeb nenasyčených mastných kyselin rostlinných olejů. Adice vodíku na nenasyčené vazby volných mastných kyselin za vzniku nasycených sloučenin patří do skupiny heterogenně katalyzovaných reakcí. Jejich společným znakem je to, že katalyzátor je vždy v tuhé fázi a reaktanty jsou často kapaliny. Důležitým měřítkem vhodnosti a kvality katalyzátoru je jeho aktivita, selektivita a životnost [15]. Při hydrogenaci se používá teplota 150 – 200 °C a mírný přetlak. Jako katalyzátory slouží kovy v práškovém stavu – např. nikl, platina, měď nebo olovo [38]. Po ukončení procesu se katalyzátor odstraní odfiltrováním na kalolisu. Ztužený tuk se rafinuje a používá se jako přísada do pokrmových tuků, šlehaných tuků a margarínů [6].

### 1.5.2 Emulgované a pokrmové tuky

Emulgovaný tuk (u nás běžnější synonymum margarín) je potravina, vyrobená ve formě emulze převážně typu voda v oleji ze směsi přirozených i technologicky upravených olejů a tuků rostlinného a živočišného původu. Podnětem pro objevení margarínu byl nedostatek másla a dalších živočišných tuků, který byl v polovině minulého století v Evropě vyvolán značným zvyšováním počtu obyvatelstva, postupující industrializací a stagnací hospodářské krize.

Podstatou výroby margarínu je převedení roztopené tukové násady ve formě kapalné emulze do více či méně plastického stavu prudkým ochlazením a mechanickým přehnětím emulze [15]. Hlavní technologické operace při výrobě margarínu jsou: příprava tukové a vodní fáze, emulgace, zchlazení emulze, mechanické propracování zchlazené emulze a balení. Základní složky pro výrobu margarínu jsou: tuková násada, zakvašené mléko nebo syrovátka (16 až 18 %), emulgátor, barviva, aroma, někdy vitamíny A, D, E a sůl (0,5 %). Tukovou násadu tvoří pevné tuky (živočišné nebo ztužené) a kapalnou část oleje, nevhodnější je slunečnicový olej [42]. Aroma se používá přirozené, vzniklé kvašením mléka, nebo syntetické, aby se chutí a vůní tuk přiblížil máslu. K obarvení se používá barvivo karoten [6].

Sortiment vyráběných margarínů je možné rozdělit na dvě hlavní skupiny, a to margaríny pro malospotřebitelský trh a margaríny pro průmyslové zpracování. Margaríny pro kuchyňské použití se označují jako stolní a nejsou zpravidla fortifikované vitamíny [15]. Pro průmyslové zpracování se margarín vyrábí ve třech druzích: stolní margarín pro pekárenský průmysl, stolní margarín cukrářský s dobrou šlehatelností pro zpracování cukrářských výrobků a těžný margarín s vyšším podílem hovězího loje pro výrobu lístkového těsta. Existují i margaríny s nižším obsahem tuku. Jedná se o margaríny s nižším obsahem tukového podílu (40 %) a vyšším obsahem vody (60 %). Protože mají zhruba o 40 % sníženou energetickou hodnotu, doporučují se u redukční diety. V prodeji je u nás vyráběná Diana a dovážený Halvarin [6].

Pokrmové tuky představují výrobky neobsahující vodnou fázi jako disperzní podíl. Obsah vody je maximálně v desetinách % hm., a proto se někdy hovoří o 100% tucích. Rozdělují se podle konzistence na výrobky s tužší konzistencí, balené do tablet s použitím pro tepelné úpravy v kuchyni, dále na výrobky polotuhé, polotekuté (při 20 °C) určené pro použití v pekařství, případně jako tuky pro smažení. Pokrmový tuk může být vyráběn ve šlehané formě, kdy je do tukové fáze zašlehan inertní plyn, obvykle dusík [8].

### 1.5.3 Speciální tuky

Do této skupiny lze zařadit výrobu tuků a olejů, určených pro specifické účely, a proto mají také specifické vlastnosti a technologii výroby. Jedná se např. o tuky určené pro čokoládovny, pro výrobu cukrovinek, tukových náplní do trvanlivého pečiva, tukových polev aj. Na tyto druhy se kladou vysoké nároky především z hlediska konzistence. Vyrábí se např. parciální katalytickou hydrogenací za použití speciálních katalyzátorů, dále postupy interesterifikace a frakcionace, běžné jsou kombinace těchto technologií. Sem patří výroba náhražek kakaového másla [8].

## 2 TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ TUKŮ

### 2.1 Získávání rostlinných olejů

Získávání rostlinných olejů zahrnuje řadu výrobních fází jako je doprava, čištění, loupání, vážení, drcení, mletí, klimatizace suroviny, získávání olejů lisováním nebo extrakcí a závěrečná rafinace.

Semena ze sil nebo sýpek se dopravují k dalšímu zpracování dopravníky různých typů. Čištění semen od různých organických a anorganických nečistot se provádí na sítích, aspirátorech nebo kombinovaných čističkách na základě stejných principů jako u obilovin [25].

Po odstranění nečistot musí být olejnaté suroviny rozmělněny, což má význam pro snazší získávání olejů vlivem rozrušení struktury semen, částečného narušení pletiv a buněk i zvětšení plochy, aby se usnadnilo vytékání oleje. Loupání semen se neprovádí u všech semen a vždy. Loupají se například sójové boby, pokud se jako vedlejší produkt mají získat kvalitní bílkoviny, slunečnice se loupe z důvodu snížení podílu vosku v oleji a například semena řepky se zpravidla neloupají vůbec [26].

Klimatizace olejin má za účel připravit rozmělněnou surovinu pro další zpracování. Jedná se o pochod, kombinující působení fyzikálně-chemických a biochemických pochodů na namleté semeno [25]. Pochod probíhá ve dvou fázích. Nejprve se účinkem přímé syté páry za zvýšené teploty 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. Obsah vody stoupá na 12 – 15 %. Ve druhé fázi se provádí sušení nepřímým ohřevem, kdy se obsah vody upravuje tak, aby materiál získal optimální mechanické vlastnosti. Negativně se projevuje vliv klimatizace na barvu oleje, na zvýšenou koncentraci fosfolipidů v oleji, dochází k oxidaci a částečné denaturaci oleje [26].

V současné době se oleje a tuky získávají z rostlinných semen dvěma základními pochody a to lisováním (mechanickým oddělením oleje z rostlinných pletiv za tlaku) a extrakcí (extrakce oleje z rostlinných pletiv organickým rozpouštědlem – obvykle hexanem). Řada významných výrobců kombinuje oba pochody [27]. Extrahovaný a lisovaný surový olej se po oddělení mechanických nečistot obvykle dále zpracovávají společně [26]. Jedním z hlavních kritérií, které rozhodují o volbě základního procesu surovarny, je olejnatost



vstupující olejniny. Za hranici se považuje 25 % oleje v semeni, oleje pod touto hranicí se již nelisují a probíhá pouze extrakce [15]. Hlavním smyslem extrakce je získat pomocí vhodných rozpouštědel maximální množství olejů z nízkoolejnatých surovin nebo z výlisků vysokoolejnatých semen [8]. Tzv. panenské oleje se získávají pouze lisováním bez předchozího záhřevu. Jsou významné hlavně u olejů z oliv. Sójový olej se často získává pouze extrakcí, protože obsah oleje v semenech činí jen kolem 20 %, takže by bylo použití kombinace lisování s extrakcí zbytečně nákladné [54].

### 2.1.1 Rafinace rostlinných olejů

Jedlý olej musí být průzračný, světlé barvy a příjemné chuti, proto se odstraňují před jeho expedicí nežádoucí příměsi čistícím procesem, tzv. rafinací. Výsledným produktem rafinace je plně rafinovaný rostlinný olej, který představuje směs acylglycerolů s minimální koncentrací fosfolipidů (0 - 1 ppm P), volných mastných kyselin (0,1 – 0,2 %), barviv (slabě nažloutlé kapaliny) a sensoricky je z hlediska chuti a vůně plně neutrální [27].

Mezi základní rafinační postupy patří hydratace-odslizení, alkalická rafinace, bělení a deodorace [26].

Surový olej se nejprve zbaví tuhých podílů (mechanických nečistot, částí semen a buněčných pletiv) filtrací nebo odstředěním, bílkovin, sacharidů, rostlinných slizů, produktů oxidace mastných kyselin a heterolipidů odslizením. To spočívá v záhřevu surového oleje s vodou nebo s roztoky kyselin a následném oddělení sraženiny [54]. Surové oleje se obvykle zbavují slizů již před uskladněním. Když není toto provedeno, je třeba slizy odstranit v rafinerii, protože tyto silně povrchově aktivní látky (emulgátory) zvyšují ztrátu oleje při neutralizaci, zhoršují jakost rafinačních mastných kyselin a při ztužování inaktivují katalyzátor. Některé složky slizů, bílkovinné látky a zejména jejich rozkladné produkty dodávají olejům nepříjemně hořkou nebo ostrou příchut'. Surové oleje je výhodnější odslizovat v čerstvém stavu i proto, že fosfolipidy mají pak lepší jakost než fosfolipidy získané ze skladovaných olejů [14].

Alkalická rafinace (neutralizace) je založena na neutralizaci volných mastných kyselin vodným roztokem hydroxidu sodného za vzniku mýdel, která přecházejí do vodní fáze. Koncentrace použitého louhu (3 – 20 % hm.) se přímo řídí obsahem volných mastných kyselin (0,5 – 3 a více % hm.), zatímco teplota se zvyšující se koncentrací hydroxidu sodného snižuje z 90 na 50 °C [27]. Současné kontinuální postupy výrazně zkracují dobu sty-

ku oleje s louhem a tím i ztráty oleje. Součástí linky je hydratační stupeň (další hydratace surového oleje kyselinou fosforečnou), neutralizační (1. samoodkalovací odstředivka), promývací (2. a příp. 3. odstředivka) a sušící stupeň. Na první odstředivce se odstraní mýdlový kal a v promývací části se odstraní zbytky mýdel destilovanou vodou. Mýdlový kal se rozloží kyselinou sírovou na rafinační mastné kyseliny, které se využívají k technickým účelům [26].

Při bělení se odstraňují karotenoidní barviva. Podstatou procesu je adsorpce barviv na bělicí hlince bentonitového typu (přírodní bentonit, např. montmorilonit se kyselé aktivuje). U obtížně bělitelných olejů je možné přidávat aktivní uhlí [27]. Vlastní bělení probíhá v kontinuálních bělicích, bělicí hlinka je plynule dávkována do proudu oleje. Zařízení pracuje za sníženého tlaku z důvodů omezení oxidace lipidů, pracovní teplota je 80 – 95°C. Filtrace oleje po bělení se provádí v uzavřených automaticky pracujících semikontinuálních filtrech [26].

Těkavé látky se odstraní deodorací, což je destilace s vodní parou za sníženého tlaku [54]. Těkavé látky jsou hlavním nositelem nepříjemné pachuti surových olejů, takže se tímto procesem získají oleje sensoricky neutrální [55]. Při deodoraci za zvýšené teploty klesá obsah přirozeně se vyskytujících antioxidantů, jako jsou tokoferoly, steroly, karotenoidy [26].

Při tzv. fyzikální rafinaci se vynechává alkalická rafinace [54]. Jedná se o destilační postup odstraňování volných mastných kyselin za analogických stavových podmínek, jako probíhá dezodorace. Podmínkou je předchozí náročně provedená hydratace a bělení se sníženým obsahem P pod 3 – 5 ppm. Z ekonomického hlediska je tento postup vhodný i pro oleje s vyšším obsahem volných mastných kyselin. V současnosti technologie fyzikální rafinace ve spojení s technologií úplného odslizení vytlačuje technologii alkalické rafinace [27].

Panenský olivový olej se jen přefiltruje a nerafinuje. Rovněž živočišné tuky se obvykle nerafinují [54].

### 3 VLIV TEPLoty NA KVALITU TUKŮ A OLEJŮ

V současné době je stále častější využívání rostlinných tuků a olejů k tepelné úpravě potravin, zejména smažení [43]. Smažení patří k nejoblíbenějším způsobům přípravy pokrmů, a to hlavně pro jeho rychlost a jednoduchost, takže jde o způsob přístupný i málo zkušeným kuchařům i kuchařkám. K tomu přistupuje příjemná vůně i chuť smažených pokrmů [46].

Existují dva způsoby smažení, a to smažení na tenké vrstvě a smažení v hluboké vrstvě. Prvý způsob je u nás tradiční. Tuk ve vrstvě tlusté 2–5 mm se přehřeje na pánvi na teplotu kolem 180°C. Smažení trvá 5-10 min a použitý tuk se zužitkuje k omaštění vzniklého pokrmu. U druhého způsobu – fritování – je vrstva tuku tlustá 20-150 mm. Tuk se přehřeje na 150-180°C a do tuku se pak vloží smažené potraviny, které v něm plavou. Teplota zprvu klesne o 10-40°C, ale během smažení opět stoupá. Podle druhu připravovaného pokrmu smažení trvá 2-10 min. Smažící tuk se použije několikrát po sobě [44].

#### 3.1 Fyzikální změny smažícího oleje a smaženého pokrmu

Během smažení probíhá jednak přenos tepla ze smaženého oleje do smažené potraviny, ale i výměna tuku a vody mezi oběma substráty. Vzhledem ke značnému tepelnému gradientu je prostup tepla velmi rychlý, a proto může být doba přípravy proti jiným tepelným procesům poměrně krátká [46].

Při styku s přehřátým olejem se z povrchových vrstev odpařuje rychle voda a uniká ve formě vodní páry. Hlavně tímto procesem se smažící olej ochlazuje. Množství smažené potraviny nesmí být proto příliš velké, jinak se tuk odpařováním vody rychle ochladí, smažení trvá příliš dlouho a usmažený pokrm je méně chutný.

Dalším důležitým procesem je výměna tuku. Hlavně jde o absorpci, kterou usnadňují polární produkty ve smažícím oleji [44]. U potravin na tuk chudých zůstanou po úniku vodní páry póry ve smažícím materiálu, a ty se rychle naplní tukem [41]. Proto potraviny s vysokým obsahem vody, jako jsou brambory, zelenina nebo houby, přiberou při smažení mnoho tuku. Tím se sice stanou chutnými, ale obsah energie v hotovém pokrmu je vyšší, než je žádoucí. Proto se např. bramborové hranolky před smažením na povrchu osuší. Jiná možnost je obalování těstíčkem nebo rozšlehanými vejci a strouhankou. Existují také prů-

myslové výrobky pro tento účel. Jejich použitím se nasávání tuku sníží až na polovinu [46].

### 3.2 Biologické a toxikologické účinky oxidovaných tuků

V těchto tucích je snížený obsah nenasycených mastných kyselin. Působí zde negativně i řada dalších sloučenin jako jsou hydroperoxydy, karbonyly, hydrosloučeniny a mastné kyseliny s krátkým řetězcem [14]. Oxidované lipidy mají jen nízkou akutní toxicitu, takže byl jejich účinek na zdraví podceňován.

U tuků použitých ke smažení nebyla toxicita bezpečně prokázána, proto stanovená hranice jejich použitelnosti na 25 % polárních látek a 10 % polymerů spíše indikuje, kdy se zhoršují funkční vlastnosti a smažený pokrm dostává horší chuť. Při stanovení chronické toxicity se nepříznivě projevíly cyklické dimery, zvláště cyklohexenové deriváty. Vyšší obsah hydroperoxidů vyvolává příznaky deficitu vitamínu E a esenciálních mastných kyselin. Zvyšuje se také propustnost pokožky pro vodu. Oxidované lipidy se rovněž hůře enzymově štěpí a obtížně se stravují.

V poslední době však bylo prokázáno, že se při vyšším příjmu oxidovaných tuků zvyšuje jejich hladina v krevním séru a oxidované mastné kyseliny nebo z nich vzniklé volné radikály reagují s některými bílkoviny krevního séra a cévních stěn za vzniku atherosklerotických usazenin. Oxidované steroly jsou v tomto směru zvláště aktivní. Podobné usazeniny se tvoří např. v nervové tkáni a některých důležitých orgánech.

Oxidační produkty lipidů a jejich volné radikály mohou také reagovat s nukleovými kyselinami a jejich pozměněním mohou usnadnit vznik zhoubného nádorového bujení.

Z těchto důvodů se doporučuje při zvýšeném příjmu snadno oxidovatelných polyenových lipidů zvýšit hladinu přijímaných přirozených antioxidantů, hlavně tokoferolů a karotenů [54].

### 3.3 Chemické změny během tepelného zatížení tuků

Při smažení probíhají ve smažícím oleji čtyři typy reakcí: hydrolytické procesy, oxidativní procesy, polymerační procesy a pyrolytické procesy.

Hydrolyza je rozsáhlejší než by se mohlo zdát. Působí jí vodní pára uvolněná ze smažené potraviny. Je urychlována přítomností polárních látek v oleji, protože ty přispívají k tvorbě jemné disperze, a tím ke zvětšení styčné plochy obou reaktantů. Přesto je reakce triacylglycerolů na diacylglyceroly a mastné kyseliny poměrně pomalá. Diacylglyceroly se hromadí na mezifázi disperze, takže se rychleji rozkládají na monoacylglyceroly, a ty ještě rychleji na volné mastné kyseliny a glycerol [46]. Volné mastné kyseliny ovlivňují senzorickou jakost výrobku, ale částečně těkají s vodní parou, takže jejich množství stoupá jen pomalu a nepřesahuje obvykle 2-3 % hmotnosti oleje. Glycerol se při záhřevu dehydratuje na akrolien (propenal), který dráždí oči a sliznice obsluhujícího personálu. K tomu přispívají také páry mastných kyselin, které ovšem částečně vznikají také oxidačními reakcemi [35].

Oxidačními reakcemi se z dvojných vazeb v triacylglycerolech tvoří hydroperoxydy se stejným počtem dvojných vazeb. Zatímco při skladovacích teplotách reagují prakticky jen vázané dienové a trienové mastné kyseliny, za teplot smažení se oxidují dosti rychle také monoenové mastné kyseliny a dokonce i nasycené mastné kyseliny vázané v oleji [46]. Hydroperoxydy se ovšem při teplotách smažení rychle rozkládají, takže jejich obsah zřídka přesáhne 1 % hmotnosti. Část hydroperoxidů se rozkládá na netěkavé reakční produkty, částečně se však při rozkladu štěpí jejich řetězec za vzniku těkavých, senzoryicky aktivních produktů s 3-10 atomy uhlíku [43]. Ty do značné míry z oleje také těkají do prostoru smažírny [23].

Polymerační procesy jsou způsobené jednak reakcemi mezi volnými radikály, jednak interakcemi karboxylových skupin volných mastných kyselin s hydroxylovými a epoxidovými skupinami oxidovaných mastných kyselin tuku [54]. Obsah polymerů se během smažení lineárně postupně zvyšuje a při překročení 10 % by se měl olej vyměnit za čerstvý [46].

Pyrolytické procesy, např. dehydratace oxidačních produktů nebo jejich reakce s bílkovinami jinými složkami smažené potraviny, při nichž vznikají senzoryicky výrazně aktivní látky; k pyrolytickým reakcím patří rozklad glycerolu na akrolein. Jestliže obsah polárních látek, vznikajících hydrolytickými a oxidačními reakcemi, překročí 25 %, doporučuje se tuk vyměnit za čerstvý [54].

### 3.3.1 Žluknutí tuků

Podle Velíška rozeznáváme několik typů žluknutí:

- hydrolytické
- oxidační
- ketonové
- chuťovou reverzi [54].

Aby se zabránilo nežádoucí autooxidaci nenasycených mastných kyselin, přidávají se do tuků v malém množství tzv. antioxidanty (některé polyfenoly, deriváty kyseliny askorbové aj.). Z přirozených antioxidantů mají největší význam tokoferoly (vitamín E), které jsou obsaženy v některých rostlinných olejích [50].

Hydrolyza vzniká převážně účinkem lipáz mikroorganismů. Postupem žluknutí se flóra mění, počet mikrobů klesá a převládají vyšší organismy. Úplně žluklý tuk může být sterilní. Výsledkem hydrolyzy jsou obyčejné mastné kyseliny o 16 – 18 atomech uhlíku, které málo narušují chuť tuku. Avšak uvolňování nižších mastných kyselin (6 – 8 uhlíků) vede k znatelnému porušení chutě a vůně. Proto prostou hydrolyzu můžeme odlišit od současné oxidace s tvorbou kyselin a aldehydů. Pouze zvýšení kyselosti není tedy spolehlivým ukazatelem zkázy tuku [59].

Při oxidaci nemají vznikající peroxidy vliv na sensorickou jakost, ale jejich oxidační produkty vyvolávají charakteristické pachutě, které závisí na koncentraci sekundárních produktů a na jejich složení.

S ketonovým žluknutím se setkáváme hlavně u másla. Uvolněné mastné kyseliny s 6 – 12 atomy uhlíku se enzymově (hlavně mikrobiální enzymy) oxidují a po odštěpení karboxylu vznikají alkan-2-ony zvané methylketony. Ty mají specifickou parfémovou příchut', která sama o sobě není nepříjemná, ale pro jedlé tuky je nepříjemná.

### 3.3.2 Chuťová reverze

Chuťová reverze je charakteristická pro sójový olej, někdy se také vyskytuje u jiných olejů, obsahujících linolenovou kyselinu, např. u řepkového oleje. Projevuje se v době, kdy olej obsahuje ještě poměrně málo hydroperoxidů mastných kyselin. Nositeli pachu po trávě a fazolích, označovaného jako chuťová reverze, jsou různé sloučeniny, vznikající

rozkladem hydroperoxidů. Olej, u kterého se tato vada projevila, lze pachy zbavit rafinací, ale vada se po určité době znovu objeví, proto název reverze [54].

### 3.3.3 Ztráty výživné hodnoty při oxidaci a záhřevu tuků

Při smažení se nemění jen smažící olej, ale i smažená potravina. Změny obsahu živin mohou být značné, byť výraznější jsou v povrchových vrstvách. K typickým změnám patří neenzymové hnědnutí přítomných aminokyselin s redukujícími cukry, které vyvolávají barevné změny na povrchu smažených výrobků. Při smažení se rychle rozkládá askorbová kyselina, vitamin E, karoteny a některé další vitaminy. Bílkoviny a jiné složky smažené potraviny inhibují degradaci smažícího oleje. Mění se i obsah zdánlivě stabilních složek, jako jsou minerální látky. Těkavější částecně uniknou, např. sloučeniny selenu, které se ovšem mohou také oxidovat na netěkavé sloučeniny [46].

### 3.3.4 Vliv skladování na kvalitu tuků a olejů

V lipidickém podílu zaujímají bezesporu nejvýznamnější místo tuky a oleje. Z hlediska konzervační technologie jsou však důležité zejména tím, že snadno podléhají rozličným nežádoucím přeměnám, které mohou znehodnocovat nejen samotné tuky, ale i některé složky potravin a ovlivňovat tak nepříznivě jejich celkovou nutriční i sensorickou hodnotu. Poznali jsme, že těmto změnám předchází většinou spontánní „autolytické“ deesterifikační štěpení tuků na mastné kyseliny a glycerol. Mikroby vybavené lipasami mají schopnost odštěpovat z tuků glycerol a využívat ho jako zdroj energie. Uvolněné mastné kyseliny pak podléhají dehydrogenaci, která vede ke žluknutí [32].

## 4 LABORATORNÍ VYŠETŘOVÁNÍ TUKŮ

### 4.1 Izolace a stanovení celkových lipidů

Pro většinu vzorků, hlavně pro vzorky s nízkým obsahem vody, je stále nejběžnější metodou stanovení obsahu lipidů metoda podle Soxhleta v různých modifikacích. Metoda je vhodná pro analýzu olejnin a podobných materiálů, bohatých na neutrální lipidy s nízkým obsahem vody. Pro pečivo a jiné výrobky s vysokým obsahem sacharidů se používá metoda stanovení tuků podle Grossfelda. Dále se ke stanovení obsahu lipidů používá extrakce směsí chloroformu a methanolu – metoda podle Folcheho. Tato metoda je vhodná pro vzorky s vyšším obsahem vody a polárních lipidů jako fosfolipidy a komplexní lipidy [21].

### 4.2 Stanovení stupně žluklosti a stability tuků

Při stanovení stupně žluklosti je třeba nejprve z analyzovaného materiálu vyextrahovat lipidy některou velmi šetrnou metodou, například extrakcí chloroformem nebo směsí chloroformu a methanolu při teplotě místnosti, aby se nerozložily nebo nedošlo k další oxidaci nebo naopak ke ztrátám těkavých oxidačních produktů. Zřídka stačí k hodnocení žluklosti jedna metoda. Zpravidla se stanoví obsah primárních oxidačních produktů pomocí peroxidového čísla [12]. Hydroperoxydy mastných kyselin se stanoví jodometricky. Výsledky se vyjádří jako peroxidové číslo tuku [13].

### 4.3 Stanovení nezmýdelnitelných látek

Jako nezmýdelnitelné látky označujeme látky nerozpustné ve vodě a naopak dobře rozpustné v použitých tukových rozpouštědlech po zmýdelnění vzorku. Patří k nim doprovodné složky tuků a olejů (steroly, alkoholy, uhlovodíky, tokoferoly, karoteny) i některé málo těkavé látky (např. minerální nebo silikonové oleje), které mohou být k tuku úmyslně přidány.

Ke stanovení nezmýdelnitelných látek se používá nejčastěji metoda stanovení extrakcí petroletherem nebo diethyletherem. Stanovení nezmýdelnitelných látek extrakcí petroletherem je metoda vhodná pro všechny tuky a oleje. Pro vyšší obsahy nezmýdelnitelných látek se hodí metoda diethyletherová, pro nižší obsahy petroletherová. Výsledky obou metod se významně liší, takže je nutné uvést, jakého rozpouštědla bylo užito.



#### 4.4 Stanovení frakcí lipidů

Celkové lipidy izolované z potravinářského materiálu jsou většinou komplikovanou směsí a je nutné je rozdělit před konečnou analýzou do jednodušších frakcí. Nejvýhodnějšími separačními metodami jsou metody chromatografické.

Používá se chromatografie v plošném uspořádání, která zahrnuje metody jako je dělení lipidů na papíře impregnovaným silikagelem nebo dělení lipidů chromatografií na tenké vrstvě silikagelu. Dalším typem chromatografie je chromatografie sloupcová. Při dělení sloupcovou chromatografií je nejvýhodnější u vzorků neznámého složení začít se sloupcem silikagelu. Metoda kapalinové chromatografie (HPLC) se využívá při dělení neutrálních lipidů. Jako stacionární fáze se používá silikagel, mobilní fází je rozpouštědlový systém. Plynová chromatografie je k dělení lipidů na frakce méně použitelná, protože lipidy jsou málo těkavé.

#### 4.5 Stanovení funkčních skupin lipidů

Význam z těchto metod má dosud stanovení čísla kyselosti, které je kritériem kvality surovin k výrobě jedlých tuků a případných změn při různých technologických operacích, např. při smažení [21]. Metoda je vhodná pro tuky a oleje nebo mastné kyseliny. Jestliže obsahují také minerální kyseliny, je třeba užít jiného postupu [12]. Číslo kyselosti tedy udává míru obsahu volných mastných kyselin.

Mezi další metody stanovení funkčních skupin lipidů patří stanovení jodového čísla. Jodové číslo vyjadřuje míru obsahu dvojných vazeb. Na dvojně vazby mastných kyselin se váže halogen a jeho nespoteřované množství se stanoví titrací. Jodové číslo je definováno jako procentuální množství halogenu, vyjádřeného jako jód, vázaného na tuk za podmínek metody [21].

## 5 SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA

**Zákon 110/1997 Sb.** o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů (novelizován 120/2008 Sb.) [60].

Ve **Vyhláše MZe č. 77/2003 Sb.**, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje (novelizovaná 370/2008 Sb.) je uvedené členění jedlých tuků a olejů na druhy, skupiny a podskupiny, způsob jejich uvádění do oběhu a také požadavky na velkoobjemovou přepravu tuků a olejů po moři [57]

Podle **Vyhlášky MZe č. 329/2007 Sb.**, kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena (novelizovaná 418/2000 Sb.), jsou olejnatá semena suchá, čistá a tříděná semena olejin neloupaná nebo loupaná, určená pro přímou spotřebu. Je zde uvedeno také jejich členění na druhy, skupiny a podskupiny, způsob jejich označení, požadavky na jakost a na skladování [56].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 CÍL PRÁCE

Cílem této práce je zhodnocení kvality nejpoužívanějších rostlinných olejů při tepelném zatížení a při dlouhodobém skladování.

Pro dosažení cílů bylo potřeba v teoretické části:

- charakterizovat tuky ve výživě člověka
- stručně popsat technologii zpracování tuků
- blíže charakterizovat vliv teploty a vliv dlouhodobého skladování na kvalitu rostlinných olejů
- charakterizovat laboratorní vyšetřování olejů
- stručně přiblížit současnou legislativu

V praktické části bylo nutné se zaměřit na tyto dílčí cíle:

- vybrat a zakoupit vhodné rostlinné oleje
- stanovit v těchto vzorcích číslo kyselosti a peroxidové číslo tuku
- na základě naměřených výsledků formulovat závěry s následnou diskuzí se soubou aktuální literaturou

## 7 MATERIÁL A METODIKA

### 7.1 Použitý materiál

V roce 2010 a 2011 bylo v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce FVHE VFU vyšetřeno celkem 49 vzorků rostlinných olejů (Příloha PI):

- 7 vzorků KREOLIS – extra panensky olivový olej
- 7 vzorků LUKANA – fritovací olej
- 7 vzorků VEGETOL – slunečnicový olej
- 7 vzorků BRÄNDLE – olej z vlašských ořechů
- 7 vzorků BRÄNDLE – olej z hroznových jader
- 7 vzorků BRÄNDLE – olej sezamový
- 7 vzorků BRÄNDLE – bylinkový olej

V roce 2006 a opakovaně v roce 2011 bylo v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce FVHE VFU vyšetřeno celkem 20 vzorků rostlinných olejů (Příloha PII):

- 2 vzorky KREOLIS – extra panensky olivový olej (minimální trvanlivost 05.08)
- 2 vzorky BRÖLIO – sójový olej (minimální trvanlivost 11.08)
- 2 vzorky LUKANA – slunečnicový olej (minimální trvanlivost 01.09)
- 2 vzorky SABRINA – arašídový olej (minimální trvanlivost 12.08)
- 2 vzorky FLORIANA – kukuřičný olej (minimální trvanlivost 02.08)
- 2 vzorky BRÄNDLE – podzemnicový olej (minimální trvanlivost 03.08)
- 2 vzorky BRÄNDLE – olej z hroznových jader (minimální trvanlivost 03.08)
- 2 vzorky BRÄNDLE – olej z bodláků (minimální trvanlivost 03.08)
- 2 vzorky BRÄNDLE – olej sezamový (minimální trvanlivost 03.08)
- 2 vzorky BRÄNDLE – bylinkový olej (minimální trvanlivost 03.08)

Použité chemikálie:

- 0,1 N roztok KOH
- směs 95% etanolu a diethyletheru v poměru 1:1
- chloroform
- kyselina octová
- nasycený vodný roztok KI
- 0,1 N roztok thiosíranu sodného
- indikátory fenolftalein (1% alkoholový roztok) a škrobový maz

Přístroje a pomůcky:

- fritovací hrnec Tefal
- laboratorní pomůcky uvedené v ČSN ISO 660 58 8756 (teploměry, byrety, laboratorní váhy,...)

Fritovaly se před smažené bramborové hranolky, které se skladovaly při -12 °C.

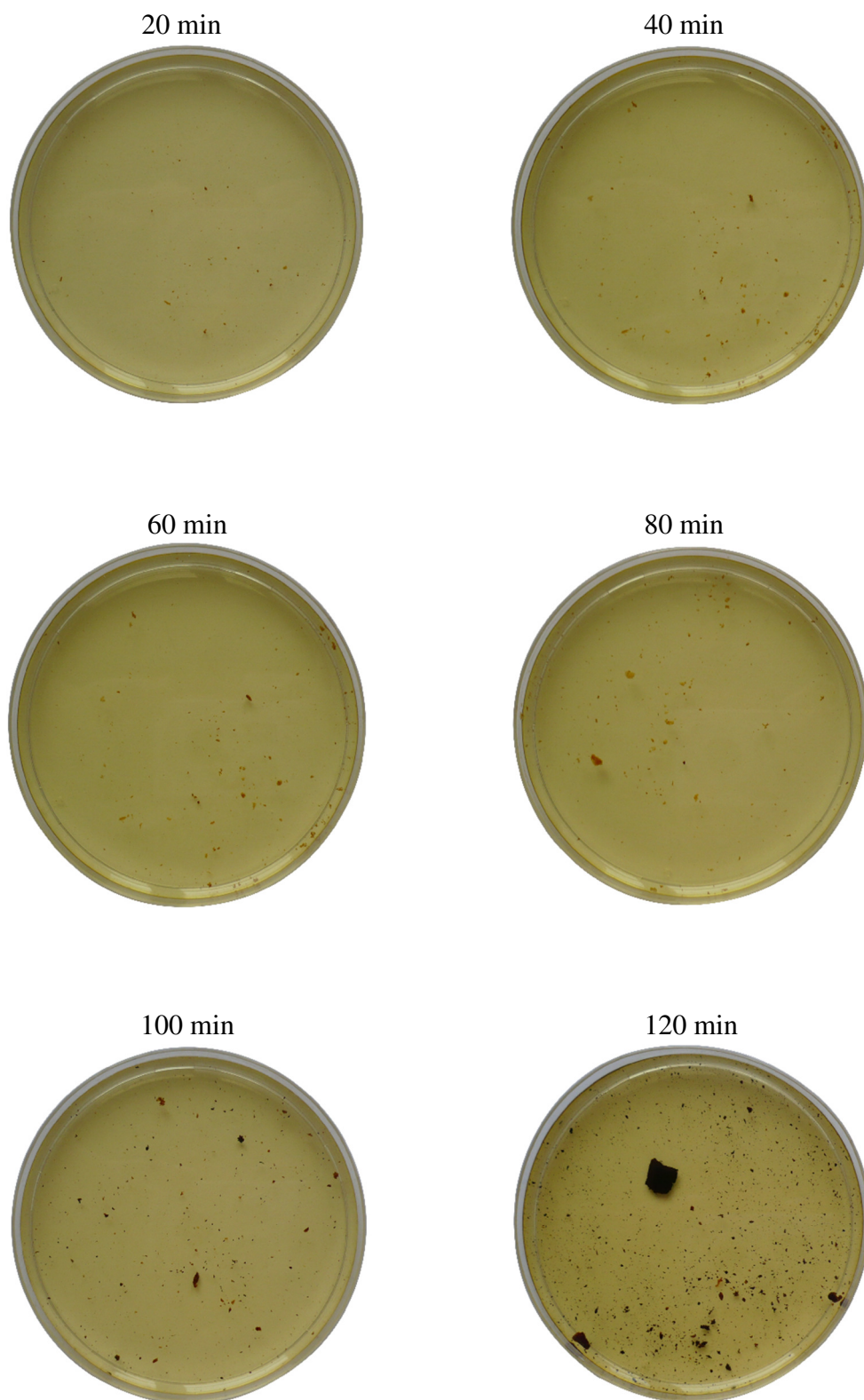
## 7.2 Použité metodiky

V roce 2010 a 2011 bylo zakoupeno 7 druhů rostlinných olejů, u kterých bylo stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo. Každé stanovení bylo provedeno třikrát a byl stanoven průměr. V každém oleji byly pak po dobu 120 minut smaženy při 160 – 170 °C před smažené bramborové hranolky (viz Obr. 2). Každých dvacet minut byl odebrán vzorek, u kterého bylo stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo. Každé stanovení bylo opět provedeno třikrát a byl stanoven průměr. Odebrané vzorky byly nafoceny a jsou dokumentovány na Petriho miskách (viz Obr. 3-9). Fritovalo se ve fritovacím hrnci Tefal. Před použitím byla vnitřní část fritézy umytá v teplé vodě s prostředkem na mytí nádobí, aby byla zbavena prachu, dobře opláchnutá čistou vodou a osušena. Před fritováním byl fritovací hrnec naplněn olejem na maximum (podle rysek min. a max. na stěně fritovacího hrnce) a před vložením dalších hranolek bylo vždy zkontrolováno, zda množství oleje nekleslo pod minimum. Pokud ano, olej byl doplněn. Při nízké náplni oleje může dojít k jeho zbytečnému vystavení vysoké teplotě a poškození fritovacího hrnce. Postup viz příručka -Návod k použití fritovacího hrnce.



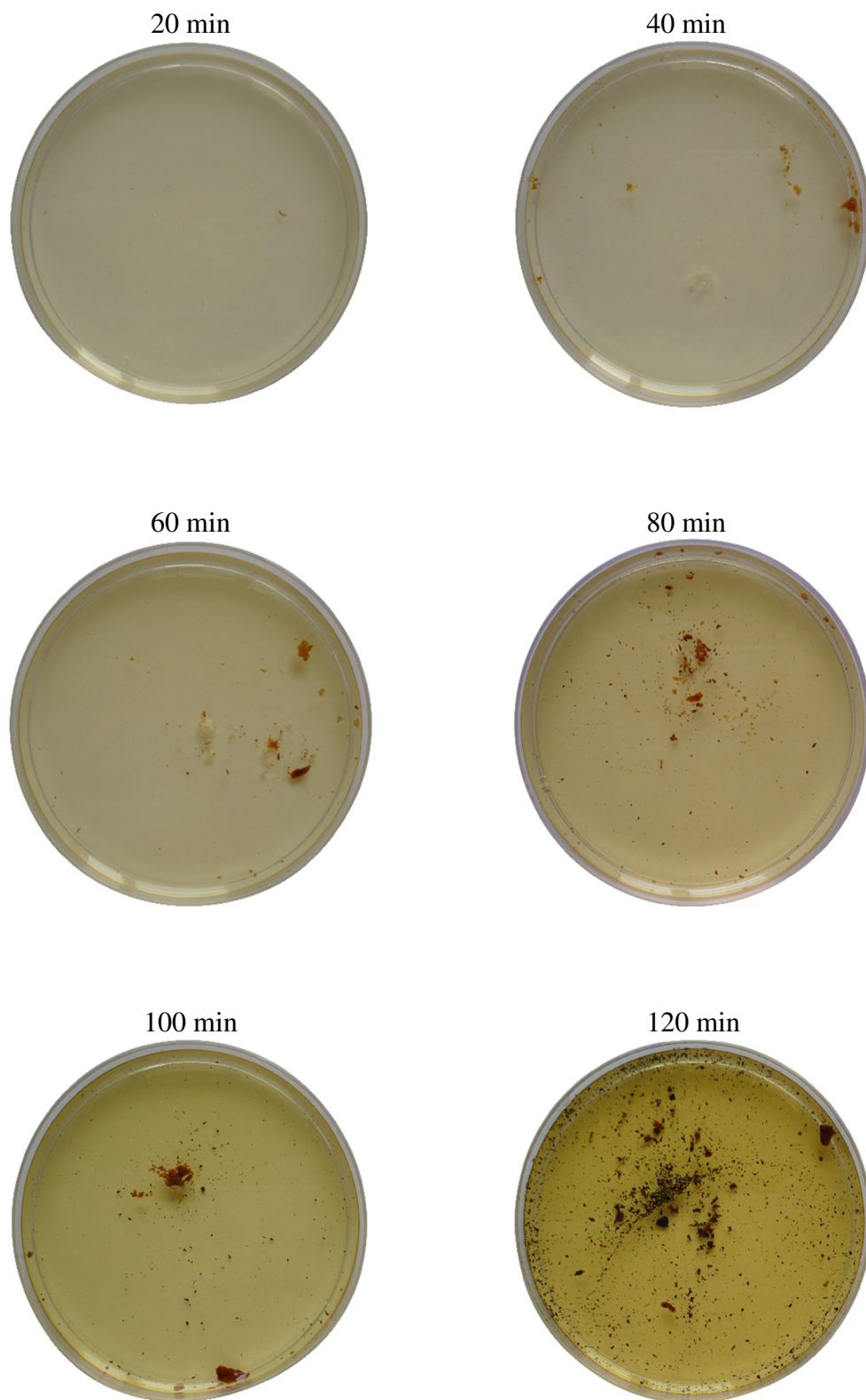
*Obr. 2. Smažení bramborových hranolků*

V roce 2006 bylo zakoupeno 10 vzorků rostlinných olejů, u kterých bylo stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo. Každé měření bylo provedeno třikrát a byl stanoven průměr. Tyto oleje byly následně skladovány v temnu při pokojové teplotě 60 měsíců do roku 2011, poté bylo opět třikrát stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo a z nich stanoven průměr.

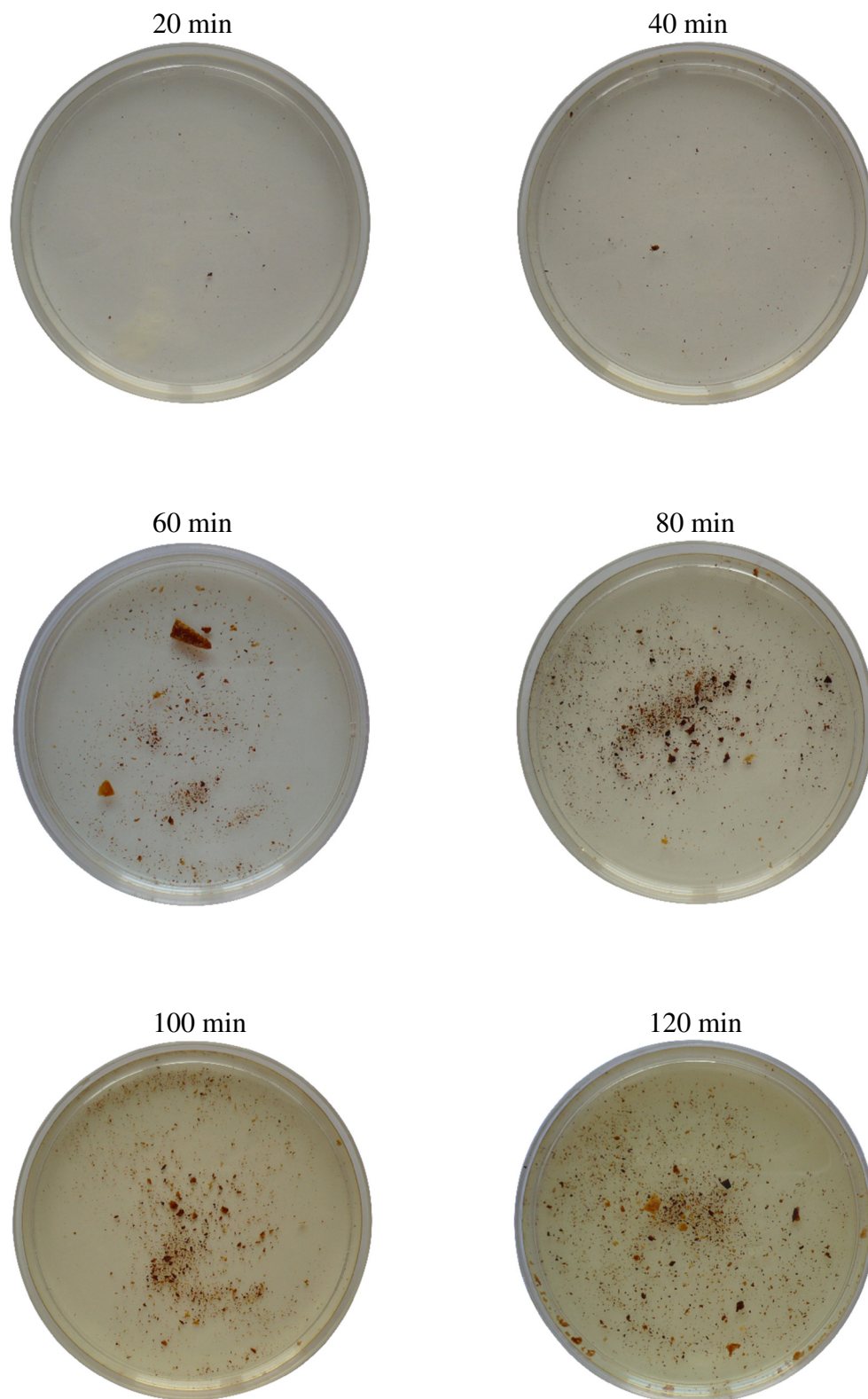


*Obr. 3. KREOLIS – extra panenský olivový olej*

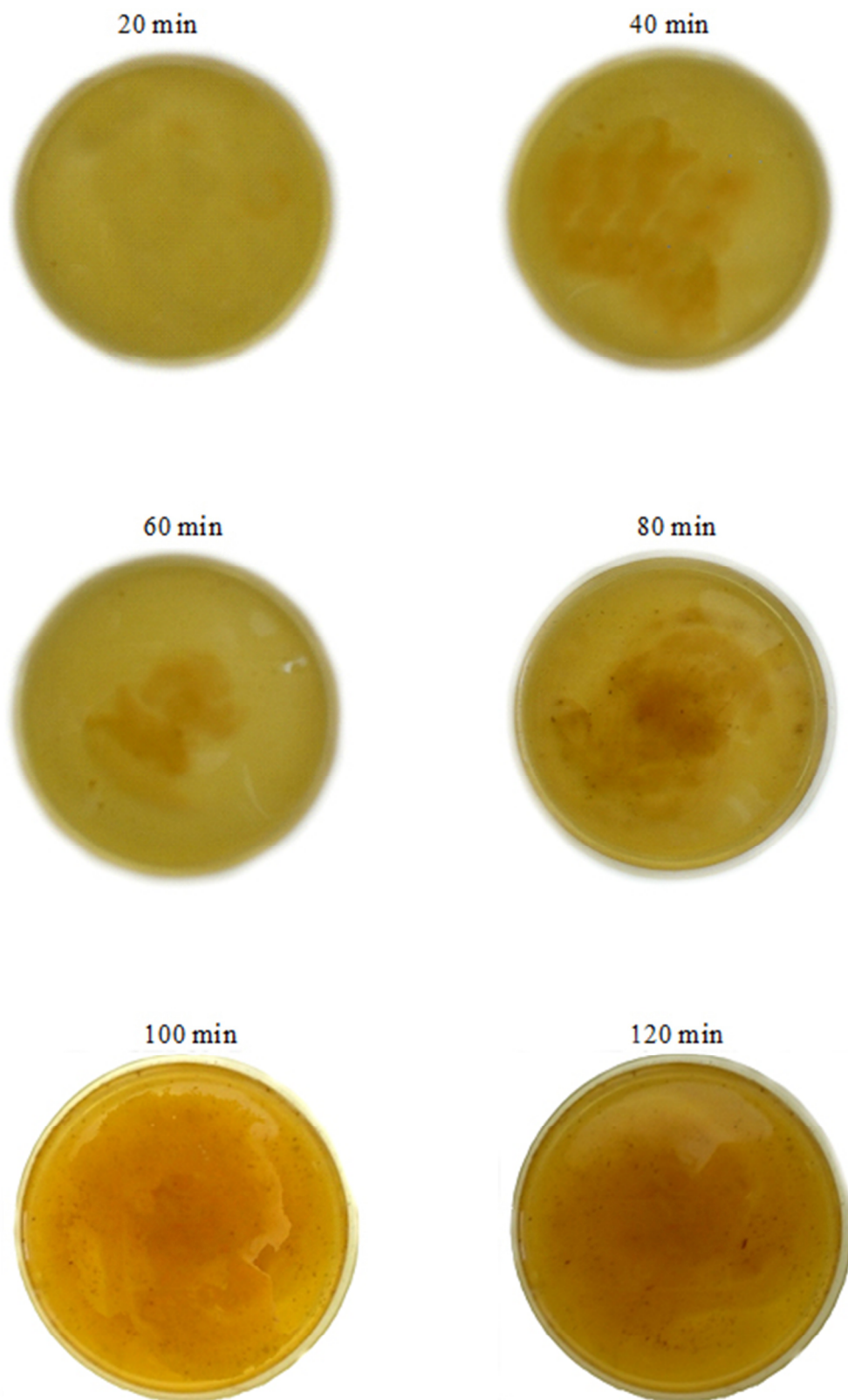




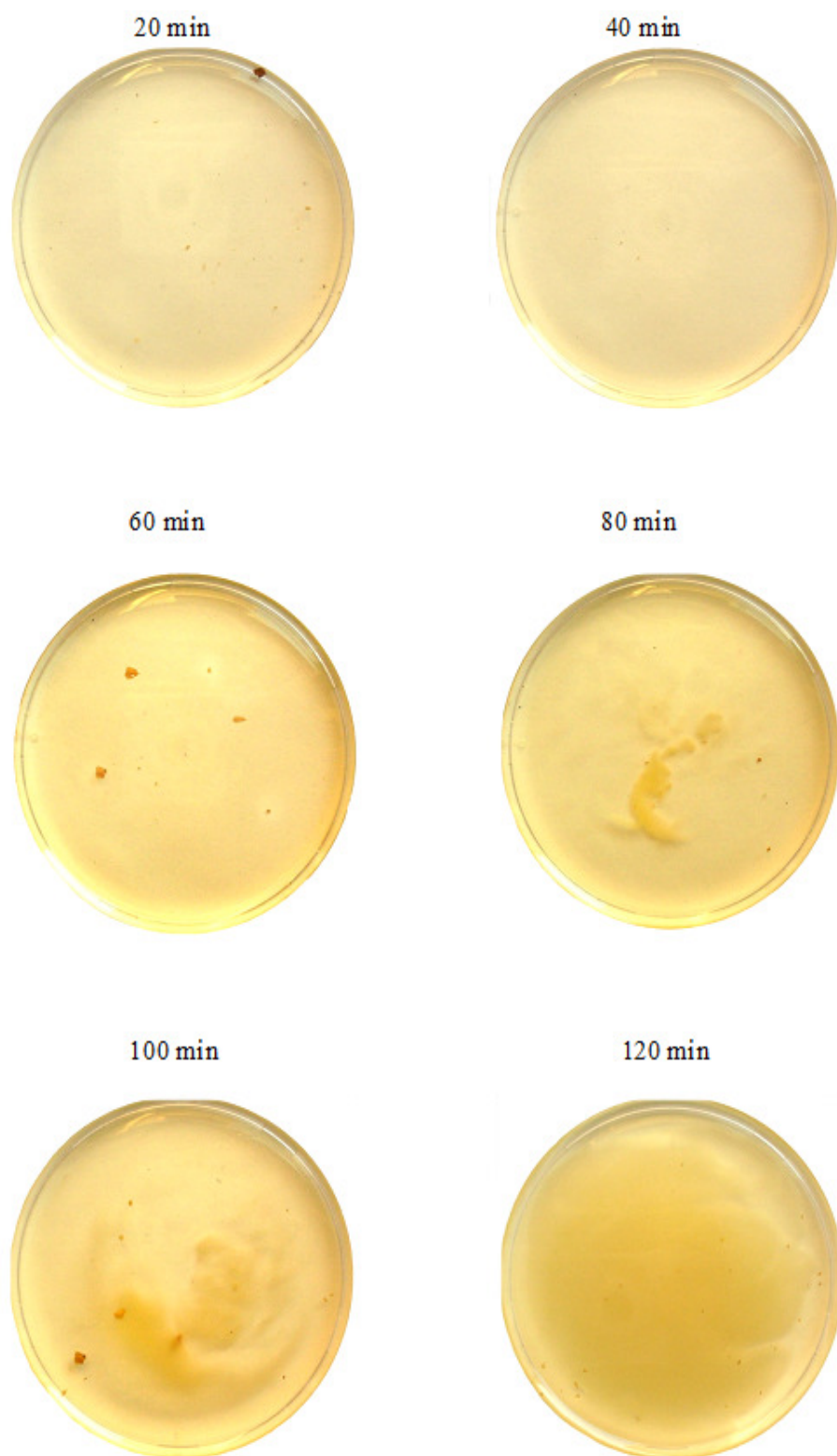
*Obr. 4. LUKANA – fritovací olej*



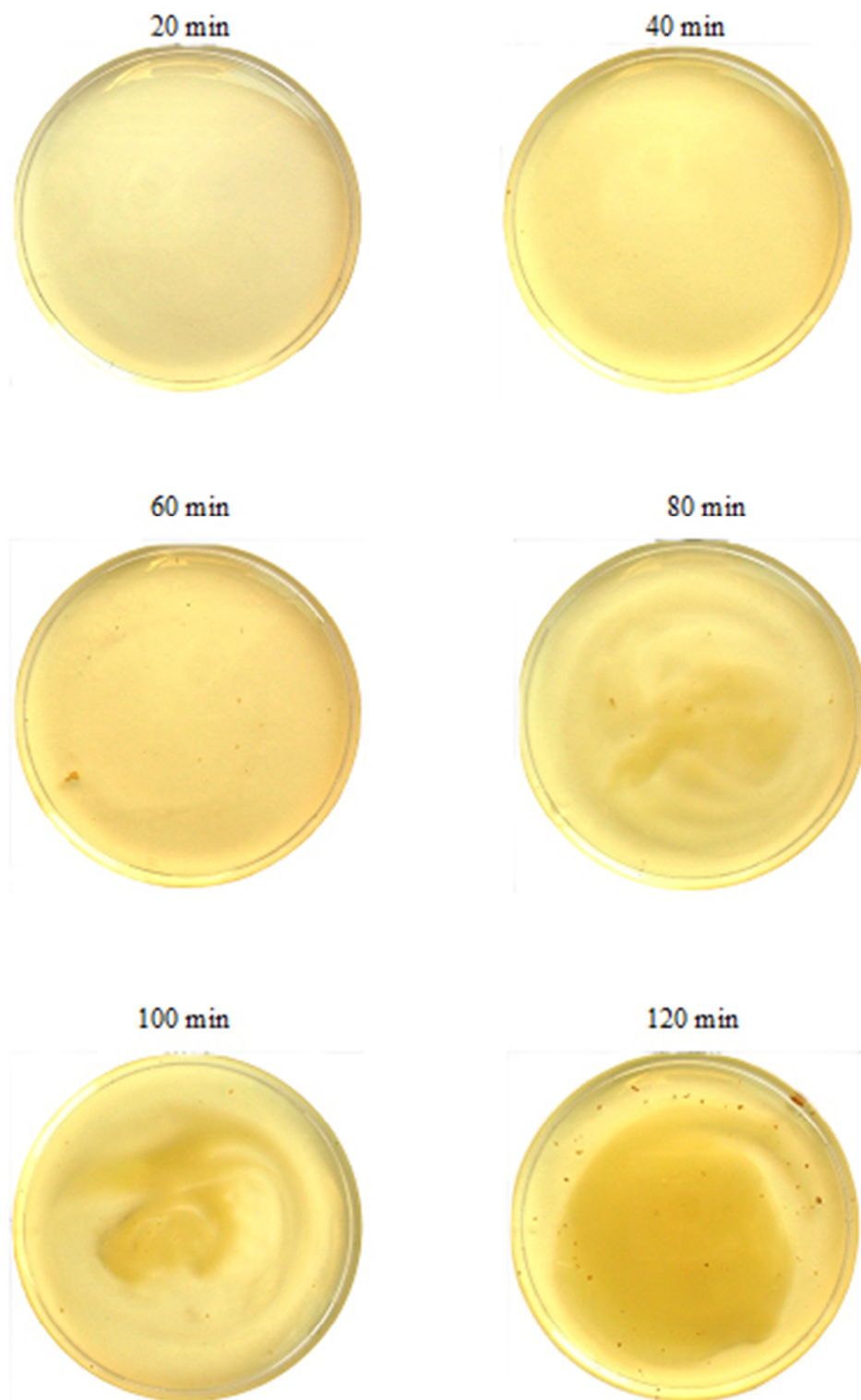
*Obr. 5. VEGETOL – slunečnicový olej*



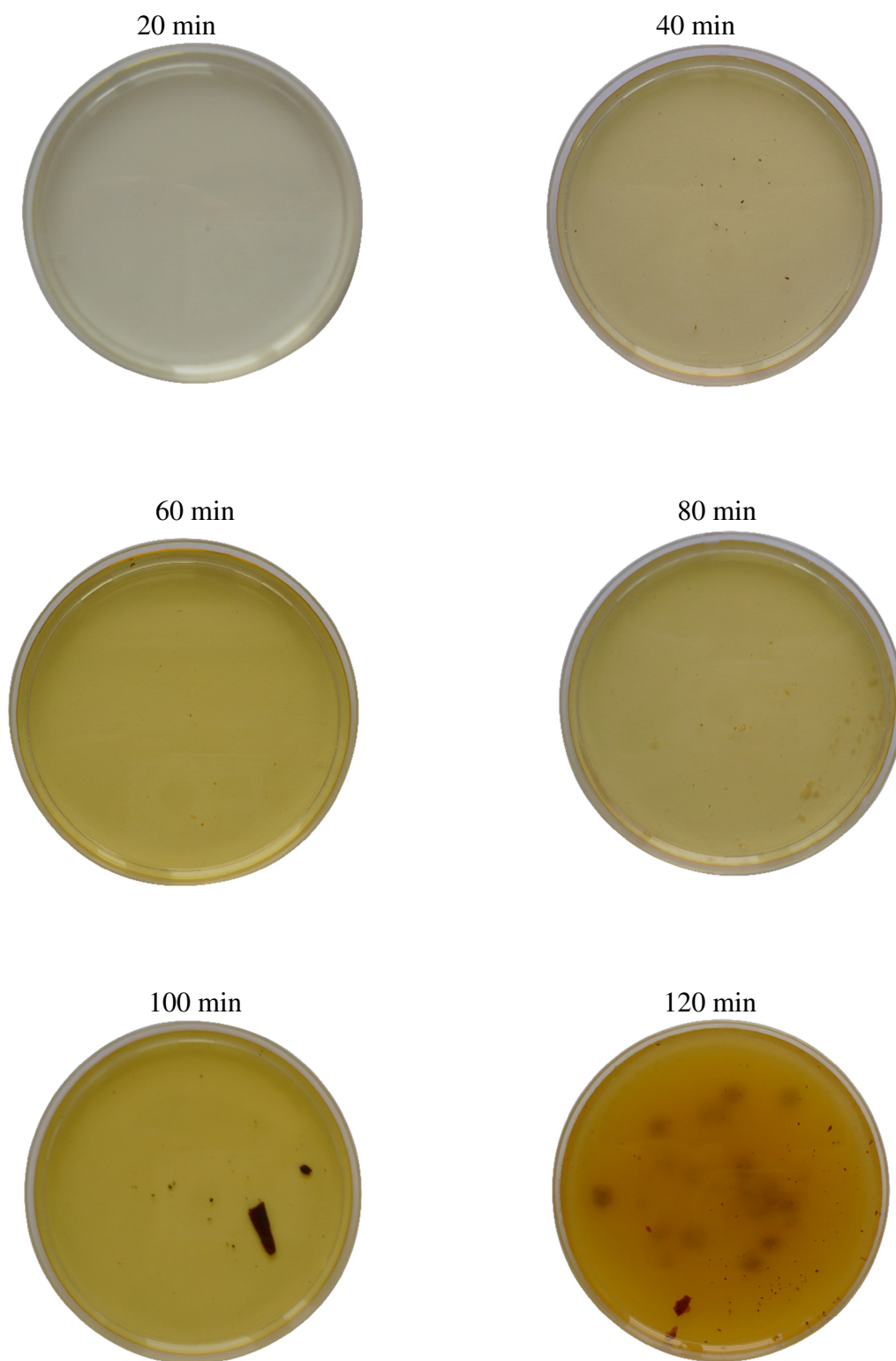
*Obr. 6. BRÄNDLE – olej z vlašských ořechů*



Obr. 7. BRÄNDLE – olej z hroznových jader



*Obr. 8. BRÄNDLE –sesamový olej*



*Obr. 9. BRÄNDLE – bylinkový olej*

### 7.2.1 Metody laboratorního stanovení kvality tuků

Stanovení čísla kyselosti tuku:

Vzorek se rozpustí v polárním rozpouštědlovém systému a ztitruje ethanolickým roztokem hydroxidu draselného na indikátor s intervalem přechodu v mírně alkalické oblasti. Metoda je vhodná pro tuky a oleje nebo mastné kyseliny. Vzorek se odváží do baňky, rozpustí se ve směsi stejných objemových dílů ethanolu a diethyletheru. Roztok se titruje ethanolickým roztokem hydroxidu draselného na fenolftalein nebo u tmavých vzorků na thymolftalein. Jestliže má vzorek zvláště tmavou barvu, lze titrovat s potenciometrickou indikací. Číslo kyselosti se vyjádří jako množství (v mg) hydroxidu draselného potřebného k neutralizaci 1 g vzorku. Někdy se výsledek vyjadřuje v ml 1 M roztoku hydroxidu draselného potřebného k neutralizaci 100 g vzorku (Hálková a Rumíšková, 2001).

Stanovení peroxidového čísla tuku:

S přesností na 1 mg se odváží vhodné množství vzorku. Vzorek se rozpustí v chloroformu, přidá se koncentrovaná kyselina octová, promíchá se a přidá nasycený vhodný roztok jodu draselného (tento roztok je asi 50% a musí být buď bezbarvý, nebo jen nepatrně nažloutlý). Baňkou se třepe jednu minutu a pak se nechá stát v temnu po dobu 5 minut. Potom se přidá voda a uvolněný jód se titruje za intenzivního třepání vodným roztokem thiosíranu sodného. Stejným způsobem se provede slepý pokus, jehož hodnota se odečte od vlastního stanovení (Davídek, 1977).

### 7.2.2 Metody zpracování výsledků

Po získání výsledných hodnot čísla kyselosti a peroxidového čísla u vzorků rostlinných tuků ČSN ISO 660 58 8756 a ČSN EN ISO 3960 (58 8765) byly výsledky zpracovány do tabulek v programu Microsoft Word (2007) a následně k nim související grafy v programu Microsoft Excel (2007). Tomuto předcházelo nastudování literatury související s danou tematikou a postupné zpracovávání kapitoly Současný stav literatury.

## 8 VÝSLEDKY A DISKUSE

U 69 vzorků rostlinných olejů, které byly zakoupeny v tržní síti, bylo postupně stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo. Jako limitní hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla byly použity limity tukových konstant, které uvádí Vyhláška 77/2003 Sb.

Olivové oleje tvoří zvláštní skupinu rostlinných olejů, proto jsou na ně kladeny jiné požadavky než na ostatní rostlinné tuky. Hodnota peroxidového čísla u olivových olejů by neměla překročit 15,0 mekv.per.kysl./kg. Pro extra panenské a panenské olivové oleje by měla být hodnota peroxidového čísla menší než 20 mekv.per.kysl./kg. Pro oleje lisované za studena udává legislativa limitní hodnotu čísla kyselosti tuků 4,0 mg KOH/g.

Limitní hodnoty peroxidového čísla u ztužených a ostatních tuků by neměly přesahovat 10,0 mekv.per.kysl./kg a limitní hodnoty čísla kyselosti by měly být menší než 0,6 mg KOH/g.

### 8.1 Číslo kyselosti a peroxidová čísla u olejů po smažení

V roce 2010 a 2011 bylo v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce vyšetřeno 49 vzorků rostlinných olejů. Jednalo se o extra panenský olivový olej Kreolis, fritovací olej Lukana, slunečnicový olej Vegetol, olej z vlašských olejů Brändle, olej z hroznových jader Brändle, sezamový olej Brändle a bylinkový olej Brändle.

Výsledky získané stanovením čísla kyselosti a peroxidového čísla u čerstvých olejů a následně u vzorků opakovaně odebraných v dvacetiminutových intervalech jsou uvedeny v Příloze PIII. V tabulce 1 jsou uvedeny výsledky stanovení u čerstvých olejů (1. odebrané vzorky) a v tabulkách 2-4 jsou uvedeny výsledky stanovení u vzorků odebraných vždy po 40ti minutách fritování (3., 5. a 7. odebrané vzorky).

U tuků uvedených v tabulce 1 nebyla stanovena žádná hodnota čísla kyselosti a peroxidového čísla, která by překračovala horní hranici limitu. Výsledky tedy ukazují, že tyto rostlinné oleje, prodávané v tržní síti, vyhovují dané legislativě.

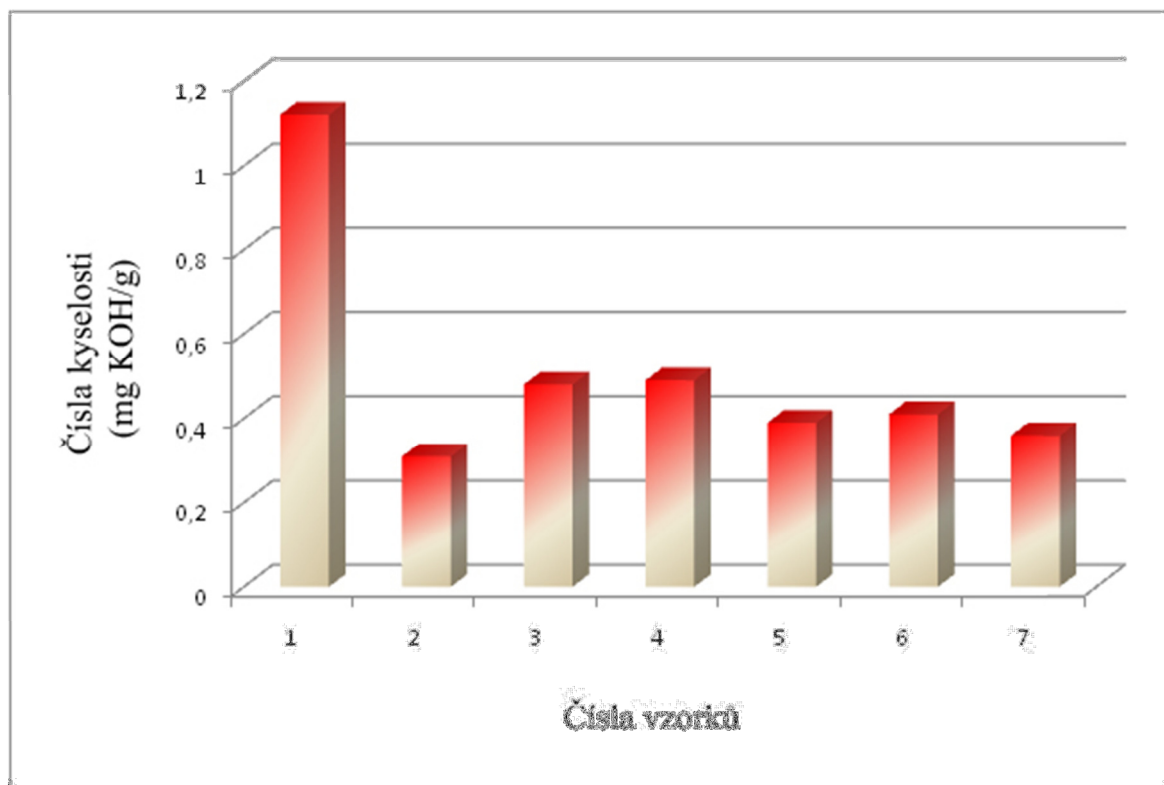


Tab. 1. Čísla kyselosti a peroxidová čísla čerstvých tuků

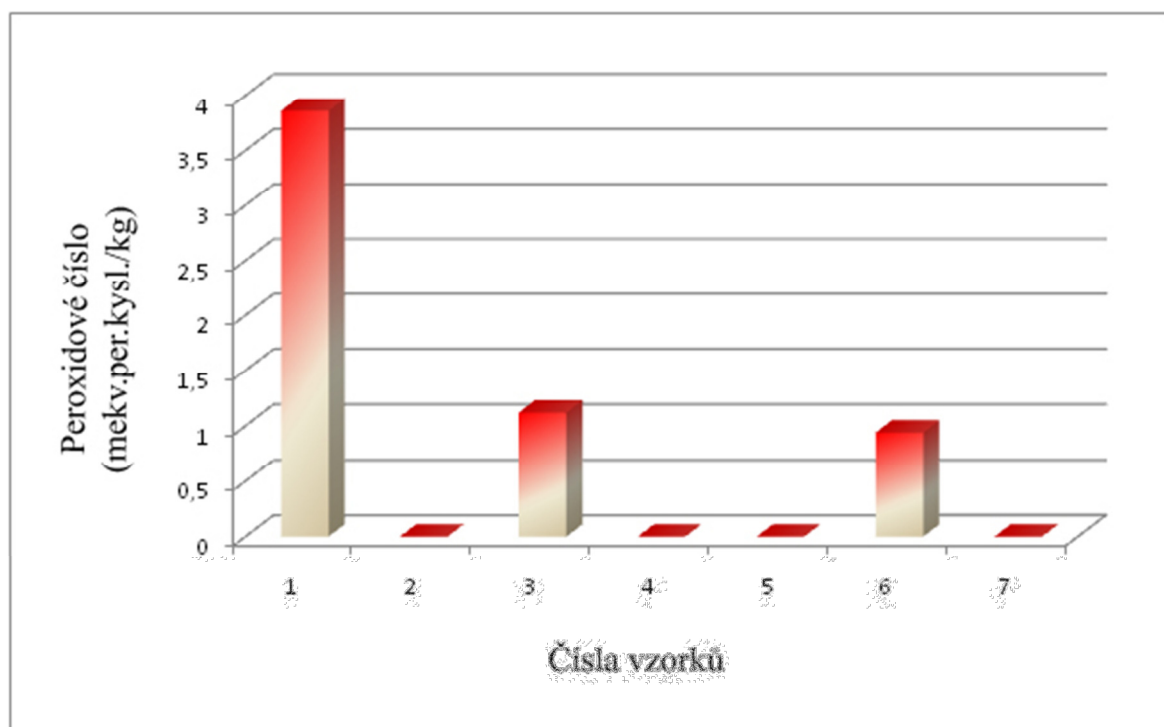
Číslo a název oleje	Ukazatel Číslo kyselosti (mg KOH / g)	Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)
<b>1 KREOLIS</b> Extra panenský olivový olej	1,12	3,86
<b>2 LUKANA</b> fritovací olej	0,31	0
<b>3 VEGETOL</b> slunečnicový olej	0,53	1,12
<b>4 BRÄNDLE</b> olej z vlašských ořechů	0,49	0
<b>5 BRÄNDLE</b> olej z hroznových jader	0,39	0
<b>6 BRÄNDLE</b> sezamový olej	0,41	0,94
<b>7 BRÄNDLE</b> bylinkový olej	0,36	0

U tuků uvedených v tabulce 1 nebyla stanovena žádná hodnota čísla kyselosti a peroxidového čísla, která by překračovala horní hranici limitu. Výsledky tedy ukazují, že tyto rostlinné oleje, prodávané v tržní síti, vyhovují dané legislativě.

Z hodnot uvedených v tabulce 1 byly sestaveny grafy 1 a 2, které prezentují a porovnávají hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla u jednotlivých druhů olejů. Z grafů jsou patrné výrazné rozdíly hodnot mezi jednotlivými oleji. V grafu 1 jsou uvedeny hodnoty čísla kyselosti, kdy olivový olej (vzorek 1), pro který byla legislativou dána hranice 4 mg KOH/g, nedosahuje ani poloviny této hodnoty, kdežto olej slunečnicový (vzorek 3) se hodnotou 0,53 mg KOH/g velmi blíží hranici limitu. Naše výsledky uvedené v grafu 2 ukazují, že nejvyšší hodnoty peroxidového čísla u tuků na trhu jsou opravdu u olivového oleje, jak udává také Kadlec [27].



Graf 1. Číslo kyselosti u čerstvých tuků



Graf 2. Peroxidová čísla u čerstvých tuků

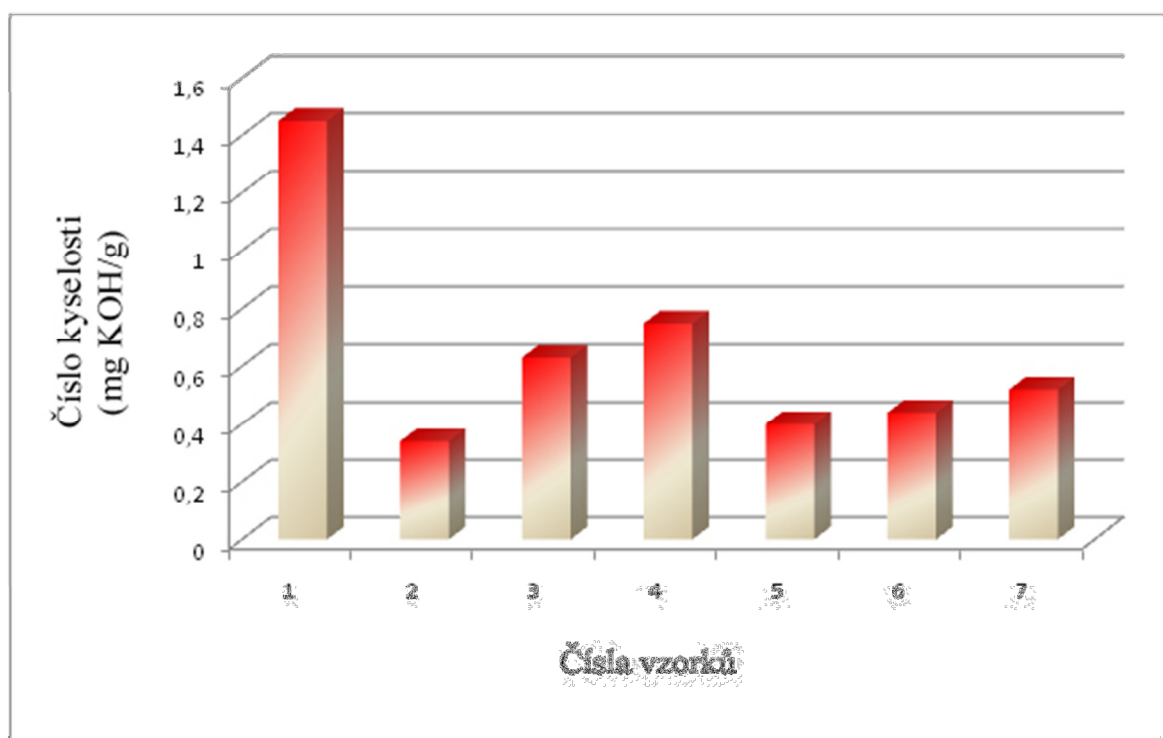
V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla u vybraných olejů, zatížených 40ti minutovým fritováním bramborových hranolků v dávce dle návodů výrobce fritovacího hrnce, při teplotě 160-170 °C (viz kapitola Materiál a metodika). Z tabulky vyplývá, že pouze dvě hodnoty překročily limit, a to hodnota čísla kyselosti u slunečnicového oleje Vegetol (vzorek 3), kdy hodnota dosáhla 0,63 mg KOH/g, a hodnota čísla kyselosti u oleje z vlašských ořechů Brändle (vzorek 4), kdy hodnota dosáhla 0,75 mg KOH/g. Překročení limitu u čísla kyselosti signalizuje, že tyto oleje jsou ve studované skupině nejcitlivější, a v souladu s údaji Velíška podléhají vyšší intenzitě hydrolytického kažení [54].

Tab. 2. Čísla kyselosti a peroxidová čísla po 40ti minutách smažení

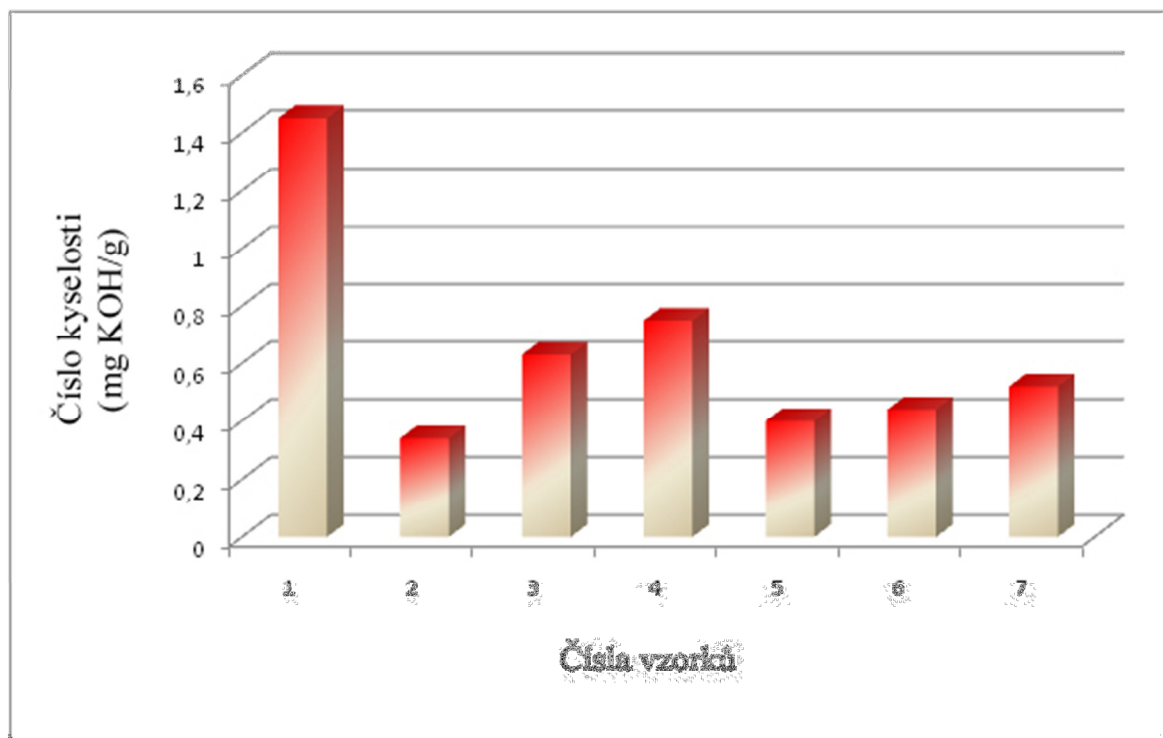
Číslo a název oleje	Ukazatel	Číslo kyselosti (mg KOH / g)	Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)
<b>1 KREOLIS</b> Extra panenský olivový olej		1,45	4,17
<b>2 LUKANA</b> fritovací olej		0,34	0
<b>3 VEGETOL</b> slunečnicový olej		0,63	2,15
<b>4 BRÄNDLE</b> olej z vlašských ořechů		0,75	2,52
<b>5 BRÄNDLE</b> olej z hroznových jader		0,40	1,13
<b>6 BRÄNDLE</b> sezamový olej		0,44	0
<b>7 BRÄNDLE</b> bylinkový olej		0,52	0,65

Z tabulky 2 byly sestaveny grafy 3 a 4. Z grafu 3 je zřejmé, že nejvyšší hodnota čísla kyselosti je u oleje z vlašských olejů Brändle (vzorek 4), naopak nejnižší hodnotu vykazuje fritovací olej Lukana (vzorek 2). 40timinutové fritování neovlivňuje zjištěné hodnoty peroxidového čísla u fritovacího oleje Lukana (vzorek 2) a sezamového oleje Brändle (vzorek 6), u nichž je stanovená hodnota peroxidového čísla nulová. Naopak menší nárůst při tomto typu tepelného zatížení můžeme sledovat u ostatních olejů (graf 4). U fritovacího oleje Lukana (vzorek 2) je relativně nízké i číslo kyselosti, což může již s určitou vypovídací schopností presentovat tepelnou odolnost tohoto oleje, kdežto při vyhodnocení a srov-

nání výsledků sezamového oleje lze pozorovat o něco vyšší číslo kyselosti a peroxidy jako složka nestabilní s vysokou pravděpodobností při záhřevu již ze vzorku zmizely. Naše vyhodnocení je v souladu s údaji Belitze a Grosche, kteří uvádějí hodnoty peroxidového čísla v závislosti na délce zahřátí oleje z bavlníkových semen při teplotě 225°C následující: 0 hodin (čerstvý olej) 2,5 mekv.per.kysl/kg, za 72 hodin 1,5 mekv.per.kysl/kg a za 194 hodin 0,0 mekv.per.kysl/kg [4]. To potvrzuje, že polymery a oxidované mastné kyseliny nejsou stabilní a při zahřátí jejich hladina ubývá. Námi použitou teplotu považují za vhodnou a doporučují pro opracování výrobků z brambor (bramborových hranolků) teplotu až do 180°C. Samostatné stanovení peroxidů považují za nedostačující k objektivnímu vyhodnocení kvality použitých olejů. Vliv tepelné zátěže na tuk popisuje také Franzke, který zdůrazňuje zejména polymeraci tuků při tepelné zátěži začínající již od teploty 200°C. Upozorňuje, že k polymeraci může docházet již při rafinaci rostlinných tuků (zejména při dezodoraci), kde se uplatňuje vliv teploty nejvýrazněji. Za nejvýznamnější považuje oxidativní polymeraci při pečení a fritování na horkém tuku, která se výrazně uplatňuje zejména při delším zahřívání. Franzke upozorňuje na současnou tvorbu senzoric-ky aktivních produktů, kterou je nutno při zahřívání tuků respektovat [17].



Graf 3. Čísla kyselosti po 40ti minutách smažení



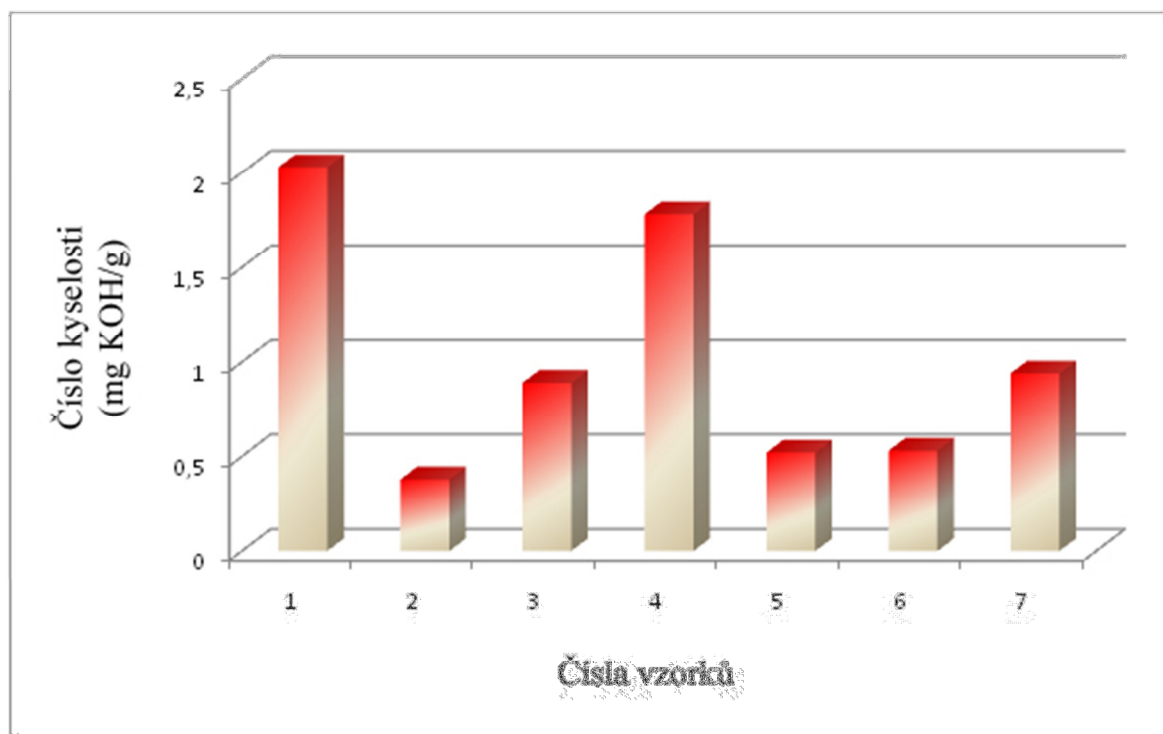
Graf 4. Peroxidová čísla po 40ti minutách smažení

V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla po 80ti minutách fritování. Z této tabulky vyplývá, že číslo kyselosti kromě slunečnicového oleje Vegetol (vzorek 3) a oleje z vlašských ořechů Brändle (vzorek 4) překročilo i u bylinkového oleje Brändle (vzorek 7), kde hodnota dosáhla 0,94 mg KOH/g. Z hodnot uvedených v této tabulce byly sestaveny grafy 5 a 6.

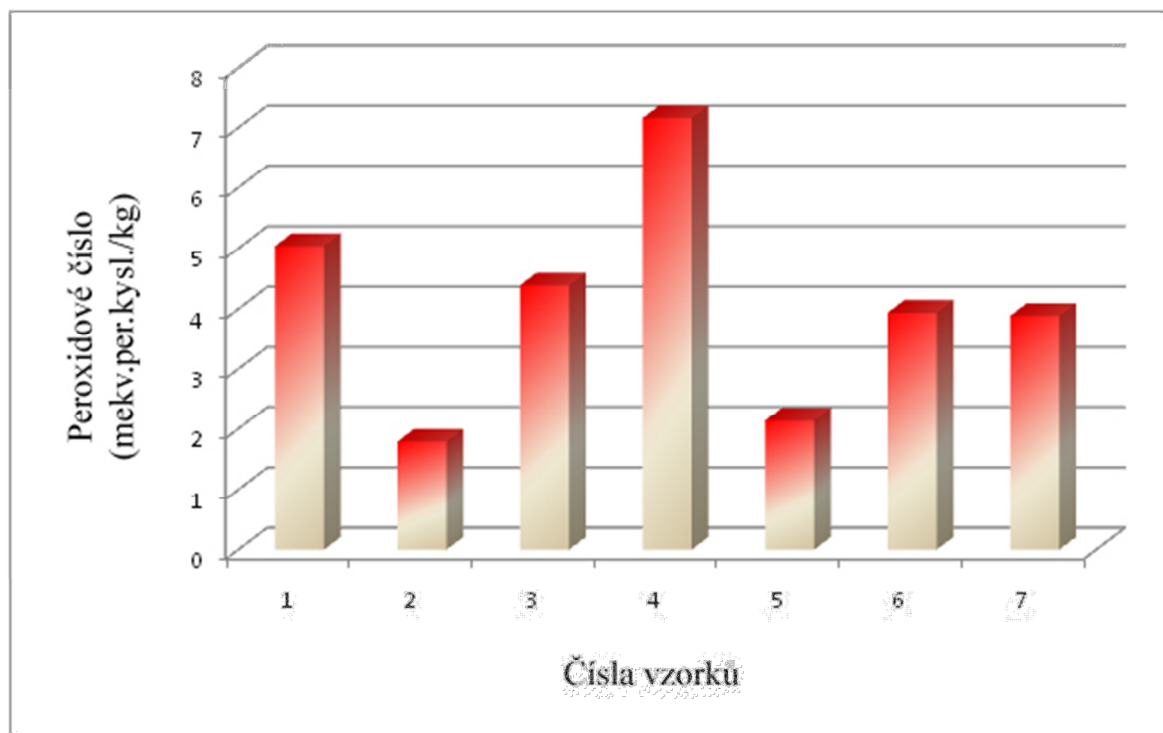
Z grafů je patrné, že nejvíce zatížen je olej z vlašských ořechů Brändle (vzorek 4), který vykazuje jak nevyšší číslo kyselosti, tak i nejvyšší peroxidové číslo ze všech zkoumaných olejů. Naopak nejnižší číslo kyselosti i peroxidové číslo bylo stanoveno u fritovacího Lukana (vzorek 2), kde číslo kyselosti dosáhlo hodnoty 0,38 mg KOH/g a peroxidové číslo 1,79 mekv.per.kysl./kg. Na základě vyhodnocení našich výsledků mohu tedy souhlasit s Brátem a kol., kteří uvedli, že na fritování je nejvhodnější používat fritovací oleje a oleje určené na smažení [5].

Tab. 3. Čísla kyselosti a peroxidová čísla po 80ti minutách smažení

Číslo a název oleje	Ukazatel	Číslo kyselosti (mg KOH / g)	Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)
1 KREOLIS Extra panenský olivový olej		2,03	5,04
2 LUKANA fritovací olej		0,38	1,79
3 VEGETOL slunečnicový olej		0,89	4,39
4 BRÄNDLE olej z vlašských ořechů		1,78	7,16
5 BRÄNDLE olej z hroznových jader		0,52	2,14
6 BRÄNDLE sezamový olej		0,53	3,94
7 BRÄNDLE bylinkový olej		0,94	3,89



Graf 5. Čísla kyselosti po 80ti minutách smažení



Graf 6. Peroxidová čísla po 80ti minutách smažení

Po 120ti minutách fritování, na konci našeho experimentu, došlo k překročení čísla kyselosti i u sezamového oleje Brändle (vzorek 6), jak uvádí tabulka 4. Nejvyšších hodnot dosáhl olej z vlašských ořechů (vzorek 4), a to hodnotou 2,11 mg KOH/g, dále pak bylinkový olej Brändle (vzorek 7) hodnotou 1,39 mg KOH/g a slunečnicový olej Vegetol (vzorek 3) hodnotou 1,27 mg KOH/g. Nemohu tedy souhlasit s Iburgem, který uvádí, že slunečnicový olej je vhodný především na smažení, pečení a dušení [24]. Z mých výsledků totiž vyplývá, že již po 40ti minutách fritování u něj došlo ke zvýšení čísla kyselosti nad limit daný legislativou. Na základě mých výsledků nemohu souhlasit ani s Baranykem, který napsal, že olivový olej je nevhodný na smažení [2]. Z tabulky 4 je totiž patrné, že extra panenský olivový olej Kreolis (vzorek 1) odpovídá hodnotou čísla kyselosti i hodnotou peroxidového čísla po 120ti minutách fritování daným limitům. Mohu tedy souhlasit s Frohmem, že se olivový olej hodí pro vaření, pečení, dušení i smažení mnohem lépe než ostatní tuky a oleje. Tuto vysokou stabilitu olivových olejů přisuzuje zejména zvýšenému množství přírodních antioxidantů, především vitamínu E, který olej chrání před oxidačními procesy. K pečení, smažení a vůbec k přípravě jídel na horkém oleji se podle něj hodí zvláště extra panenský olivový olej [19]. Hodnotami pod stanovenými limity skončil po 120ti minutách i fritovací olej Lukana (vzorek 2) a olej z hroznových jader Brändle (vzorek 5). Proto bych

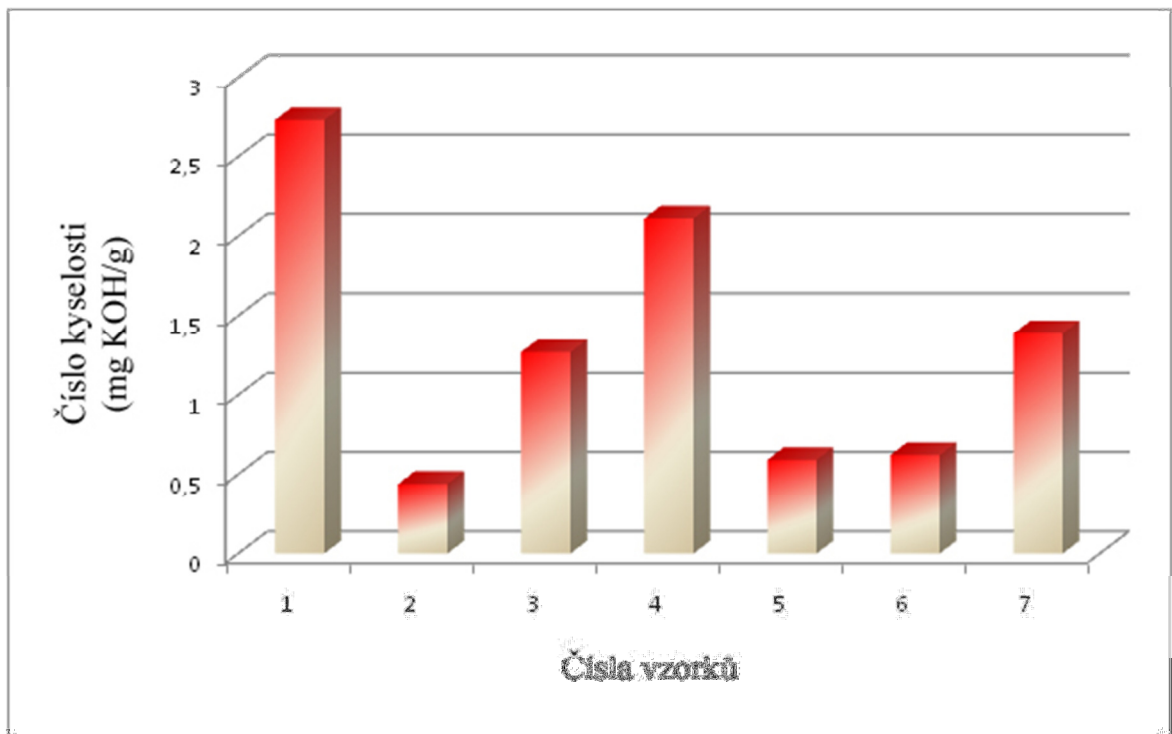
stejně jako Šimek doporučila pro tepelnou kuchyni používat pouze oleje a rostlinné tuky, které jsou pro tyto účely vyrobeny a tudíž doporučeny [49]. Jak uvádí Baranyk, vhodné jsou pro tento účel speciálně vyvinuté tuky, které jsou stabilní při vysokých teplotách, tzv. pokrmové tuky, např. Ceres soft aj., a oleje fritovací [2].

Tab. 4. Čísla kyselosti a peroxidová čísla po 120ti minutách

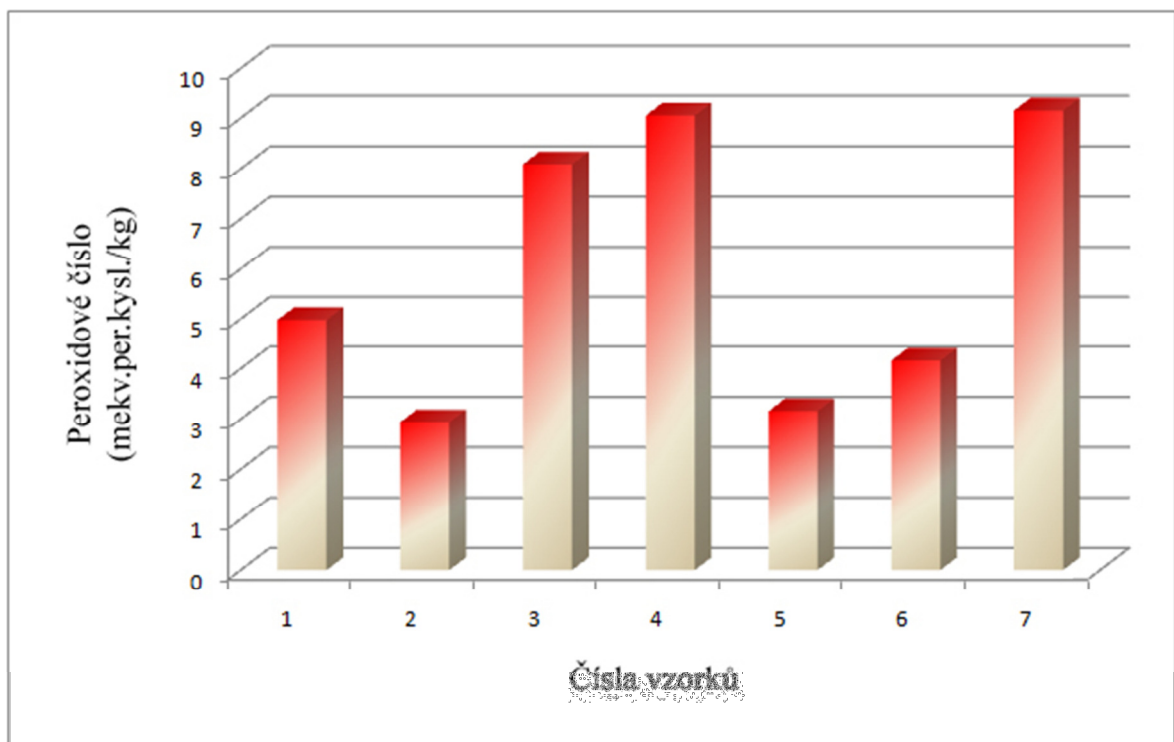
Číslo a název oleje	Ukazatel	Číslo kyselosti (mg KOH / g)	Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)
<b>1 KREOLIS</b> Extra panenský olivový olej		2,73	4,98
<b>2 LUKANA</b> fritovací olej		0,44	2,94
<b>3 VEGETOL</b> slunečnicový olej		1,27	8,09
<b>4 BRÄNDLE</b> olej z vlašských ořechů		2,11	9,05
<b>5 BRÄNDLE</b> olej z hroznových jader		0,59	3,16
<b>6 BRÄNDLE</b> sezamový olej		0,62	4,16
<b>7 BRÄNDLE</b> bylinkový olej		1,39	9,15

Z tabulky 4 byly sestaveny grafy 7 a 8, kde můžeme vidět rozdíly mezi jednotlivými oleji.





Graf 7. Číslo kyselosti po 120ti minutách smažení



Graf 8. Peroxidová čísla po 120ti minutách smažení

## 8.2 Čísla kyselosti a peroxidová čísla u skladovaných olejů

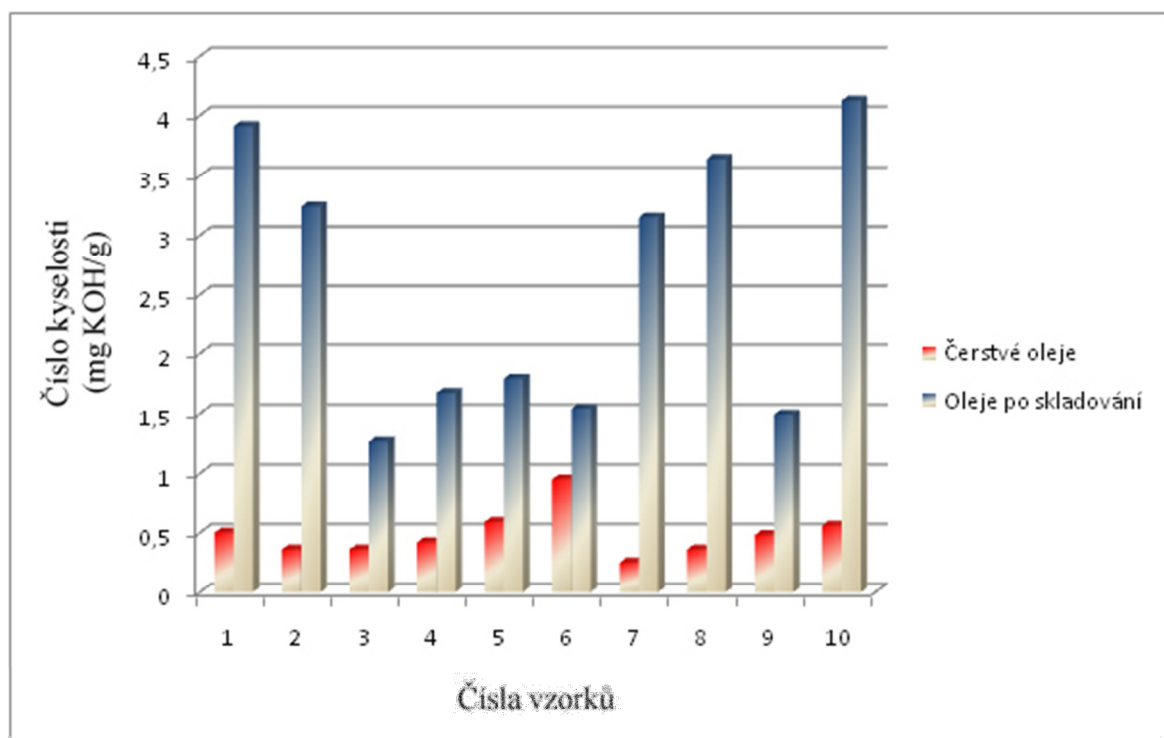
V roce 2006 bylo v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce vyšetřeno 10 vzorků rostlinných olejů. Jednalo se o extra panenský olivový olej Kreolis, sojový olej Brölio, slunečnicový olej Lukana, arašídový olej Sabrina, kukuřičný olej Floriana, podzemnicový olej Brändle, olej z hroznových jader Brändle, olej z bodláků Brändle, sezamový olej Brändle a bylinkový olej Brändle.

Tab. 5. Čísla kyselosti a peroxidová čísla u skladovaných tuků

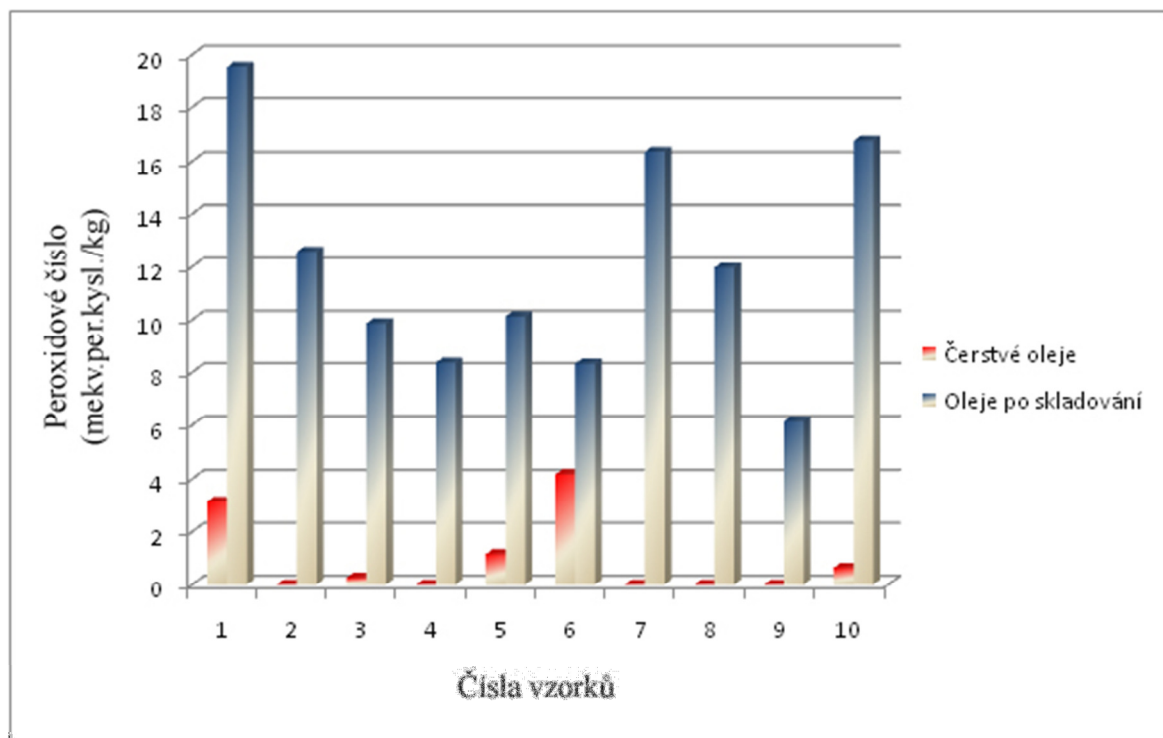
Ukazatel Číslo a název oleje	Čerstvé oleje		Oleje po skladování	
	Číslo kyselosti (mg KOH / g)	Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)	Číslo kyselosti (mg KOH / g)	Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)
<b>1 KREOLIS</b> Extra panenský olivový olej	0,50	3,14	3,91	19,54
<b>2 BRÖLIO</b> sojový olej	0,36	0	3,24	12,56
<b>3 LUKANA</b> slunečnicový o.	0,36	0,26	1,26	9,86
<b>4 SABRINA</b> arašídový olej	0,42	0	1,67	8,36
<b>5 FLORIANA</b> kukuřičný olej	0,59	1,15	1,79	10,12
<b>6 BRÄNDLE</b> podzemnicový o.	0,95	4,16	1,54	8,32
<b>7 BRÄNDLE</b> o. z hroznových jader	0,25	0	3,15	16,35
<b>8 BRÄNDLE</b> olej z bodláků	0,36	0	3,64	11,96
<b>9 BRÄNDLE</b> olej sezamový	0,48	0	1,49	6,15
<b>10 BRÄNDLE</b> bylinkový olej	0,56	0,64	4,12	16,75

Z výsledků uvedených v tabulce 5 je patrné, že u čerstvých rostlinných tuků byla hodnota čísla kyselosti překročena u podzemnicového oleje Brändle (vzorek 6). Tento olej výrazně překračuje číslo kyselosti tuku u celé skupiny olejů této značky, což signalizuje, že ne všechny oleje této značky Brändle poskytují záruku kvality. Některé druhy těchto olejů se u nás prodávají krátce a není nějak zvláště zabezpečena jejich kvalita a můžeme se u nich setkat v souladu s údaji Kadlece i se šaržemi s vyšším obsahem volných mastných kyselin [27]. Podle Hálkové a Rumíškové právě číslo kyselosti udává míru obsahu volných mastných kyselin [21]. Peroxidové číslo nebylo překročeno u žádného z olejů.

Z olejů zkoumaných po jejich skladování jako jediný vyhovuje našim limitům extra panenský olivový olej Kreolis (vzorek 1), u něhož bylo stanoveno číslo kyselosti 3,91 mg KOH/g a peroxidové číslo 19,54 mekv.per.kysl/kg. Pokorná a Filip přisuzují tuto výbornou stabilitu olivového oleje zejména nízkému obsahu kyseliny linoleové [46].



Graf 9. Čísla kyselosti u skladovaných tuků



Graf 10. Peroxidová čísla u skladovaných tuků

Z tabulky 5 byly sestaveny grafy 9 a 10. V grafu 9 můžeme vidět porovnání výsledků čísla kyselosti u čerstvých olejů a olejů po skladování. Nejnižšího nárůstu čísla kyselosti po olivovém oleji (vzorek 1) dosáhl slunečnicový olej Lukana (vzorek 3), naopak nejvyšší číslo kyselosti bylo naměřeno u bylinkového oleje Brändle (vzorek 10). Slunečnicový olej má stejně jako olivový olej nízký obsah kyseliny linolenové, která mu podle Pelikána dává vysokou trvanlivost [42]. V grafu 10 můžeme vidět porovnání výsledků stanovení peroxidového čísla u čerstvých olejů a olejů po jejich skladování. Zejména u olivového oleje Kreolis (vzorek 1) se potvrzuje, že zvyšování hodnot čísla kyselosti a peroxidového čísla je v souladu, což potvrzuje jeho relativně vysokou stabilitu při skladování. Naopak u sezamového oleje Brändle (vzorek 9) se mění hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla nestejně, což signalizuje jeho pokročilejší stupeň kažení ve srovnání s olejem olivovým, jak uvádí Belitz a Grosche [4].

## ZÁVĚR

Diplomová práce jsem se zabývala vyhodnocením vybraných zkoušek rostlinných tuků při jejich použití k tepelnému opracování potravin a při dlouhodobém skladování. Na základě stanovení čísla kyselosti a peroxidového čísla tuků, jako ukazatelů kvality tuků, jsem posoudil citlivost rostlinných tuků při fritování bramborových hranolků a následně po jejich dlouhodobém skladování. Překročení limitních hodnot poukazuje na určité snížení kvality těchto tuků a také na výskyt nežádoucích změn nejen chemického, ale i sensorického charakteru, které vylučují zkoumané tuky z tuků požitelných.

Celkem bylo vyšetřeno 69 vzorků, z toho 49 vzorků bylo z rostlinných olejů po smažení bramborových hranolků, 10 vzorků čerstvých olejů a 10 vzorků olejů po jejich dlouhodobém skladování (60 měsíců).

V roce 2010 a 2011 bylo v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce vyšetřeno 49 vzorků. Jednalo se o extra panenský olivový olej Kreolis, fritovací olej Lukana, slunečnicový olej Vegetol, olej z vlašských olejů Brändle, olej z hroznových jader Brändle, sezamový olej Brändle a bylinkový olej Brändle. Tuky byly použity ke 120ti minutovému fritování bramborových hranolků a v pravidelných intervalech po 20ti minutách byly odebírány vzorky a stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo.

Z výsledků vyplývá, že u extra panenského olivového oleje Kreolis, u fritovacího oleje Lukana a u oleje z hroznových semen Brändle číslo kyselosti a peroxidové číslo nepřekračovalo limit ani po 120ti minutách smažení bramborových hranolků. Číslo kyselosti dosáhlo u extra panenského olivového oleje Kreolis hodnoty 2,73 mg KOH/g a peroxidové číslo hodnoty 4,98 mekv.per.kysl./kg. U fritovacího oleje Lukana číslo kyselosti dosáhlo na konci experimentu hodnoty 0,44 mg KOH/g a peroxidové číslo hodnoty 2,94 mekv.per.kysl./kg, u oleje z hroznových jader Brändle číslo kyselosti skončilo na hodnotě 0,59 mg KOH/g a peroxidové číslo na hodnotě 3,16 mekv.per.kysl./kg.

U slunečnicového oleje Vegetol přesáhlo číslo kyselosti limit Vyhlášky č. 77/2003 Sb., která jako jediná obsahuje nějaké konkrétní limity, již po 40ti minutách fritování hodnotou 0,63 mg KOH/g, peroxidové číslo však po celých 120 minut fritování zůstalo pod daným limitem.

Olej z vlašských ořechů Brändle byl ze všech olejů při tepelném zatížení poškozen nejvíce. Již po 40ti minutách fritování bramborových hranolků bylo překročeno číslo kyselosti

a dosáhlo hodnoty 0,75 mg KOH/g. Peroxidové číslo překročeno nebylo ani po 120ti minutách.

U sezamového oleje Brändle peroxidové číslo na konci experimentu dosáhlo hodnoty 4,16 mekv.per.kysl./kg. Číslo kyselosti překročilo limit až po 120ti minutách, a to hodnotou 0,62 mg KOH/g.

U bylinkového oleje Brändle bylo stanoveno po 120ti minutách nejvyšší peroxidové číslo, a to 9,15 mekv.per.kysl./kg. Číslo kyselosti bylo překročeno již po 60ti minutách hodnotou 0,74 mg KOH/g.

V roce 2006 bylo v laboratoři na Ústavu vegetabilních potravin a rostlinné produkce vyšetřeno 10 vzorků rostlinných olejů. Jednalo se o extra panenský olivový olej Kreolis, sojový olej Brölio, slunečnicový olej Lukana, arašídový olej Sabrina, kukuřičný olej Floriana, podzemnicový olej Brändle, olej z hroznových jader Brändle, olej z bodláků Brändle, sezamový olej Brändle a bylinkový olej Brändle. Bylo u nich stanoveno číslo kyselosti a peroxidové číslo. Oleje byly následně skladovány v temnu do roku 2011, kdy u nich opět bylo stanoveno číslo kyselosti i peroxidové číslo. Ze získaných výsledků vyplývá, že jako jediný vyhovuje extra panenský olivový olej Kreolis, u kterého číslo kyselosti dosáhlo hodnoty 3,91 mg KOH/g a peroxidové číslo 19,54 mekv.per.kysl./kg. Ostatní oleje podléhají vysokému stupni hydrolytického i oxidativního kažení a neměly by se k přípravě pokrmů používat.

Na základě získaných výsledků doporučujeme k fritování používat pouze extra panenské olivové oleje nebo oleje k tomuto účelu určené, protože tyto oleje mají vyšší tepelnou odolnost. Ostatní oleje, jako jsou např. oleje slunečnicové, oleje z vlašských ořechů, bylinkové oleje, atd. používat spíše ve studené kuchyni nebo pouze ke krátkodobému smažení. Dále doporučujeme k delšímu skladování využívat extra panenské olivové oleje, protože tyto oleje díky téměř nulovému obsahu kyseliny linolenové mají velkou trvanlivost.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **AGERBO, P., ANDERSEN, F., H.** *Vitaminy a minerály pro zdravý život*. 1.vyd. Praha: Ferrosan A/S, 1997. s. 42 - 46. ISBN 80-7169-489-4.
- [2] **BARANYK, P.** *Rostliny, které dodávají olej*. [online]. [cit. 12.02.2009] Dostupný z WWW: <<http://zdravi.dama.cz/clanek.php?d=6128>>
- [3] **BARANYK, P., FÁBRY, A., ŠKERŮ, J.** Přímý konzum řepkového oleje je perspektivní. *Výživa a potraviny*, 59, 2004, č. 5, s. 137-138.
- [4] **BELITZ, H.D., GROSCH, W.** *Lebensmittelchemie*. 2. Auflage. Berlin: Springer-Verlag, 1987. p. 771-777. ISBN 3-540-41096-1.
- [5] **BRÁT, J. a kol.** Vliv technologie smažení na obsah a změny tuku. *Výživa a potraviny*, 60, 2005, č. 6, s. 142-143.
- [6] **BULKOVÁ, V.** *Nauka o poživatinách 1. část*. 1. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1999. 204 s. ISBN 80-7013-293-0.
- [7] **ČÁŇOVÁ, E., LÍSA, M., HOLČAPEK, M.** Analýza lipidů v přírodních extraktech pomocí HPLC/MS. *Chemické listy*, 103, 2009, s. 154-155.
- [8] **ČEPIČKA, J., a kol.** *Obecná potravinářská technologie*.(Učební texty). 1. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1995. s. 67 – 80.
- [9] **ČERMÁK, B.** *Výživa člověka*. (Učební texty). 1. Vydání. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2002. 224 s.
- [10] **ČSN ISO 660 58 8756** Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Stanovení čísla kyselosti a kyselosti.
- [11] **ČSN EN ISO 3960 (58 8765) 2001-0401** Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Stanovení peroxidového čísla.
- [12] **DAVÍDEK, J.** *Laboratorní příručka analýzy potravin*. 1. vydání. Praha: SNTL, 1977. s. 264 – 303.
- [13] **DAVÍDEK, J., VELÍŠEK, J.** *Analýza potravin*. 2. vydání. Praha: ediční středisko VŠCHT, 1992. s. 39 – 54. ISBN 80-7080-163-8.
- [14] **DOBEŠ, M., HEJLOVÁ, Š.** *Hygiena a technologie tuků a potravinářských polotovarů*. (Učební texty). 1. vydání. Brno: ediční středisko VŠV, 1988. 175 s.
- [15] **DRDÁK, M., STUDNICKÝ, J., MÓROVÁ, E., KAROVIČOVÁ, J.** *Základy potravinářských technologií*. 1. vydání. Bratislava: Malé Centrum, 1996. 512 s.
- [16] **DUDÁŠ, F.** *Skladování a zpracování rostlinných výrobků*. 1. vydání Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1981. 384 s.

- [17] **FRANZKE, C.** *Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. 3. Auflage. Hamburg: Behr.1996. p. 629-631. ISBN 3-86022-234-1.
- [28] **FREJ, D.** *Zdravé tuky omega*. 1. vydání. Praha: nakladatelství EB, Eva Babická, 2004, 166 s. ISBN 80-903234-1-3.
- [39] **FROHN, B.** *Olivový olej a přírodní léčba*. 1. vydání Praha: Fontána, 2002. 164 s. ISBN 80-7336-016-0.
- [20] **GEBAUER, K. Dr.** *Zdravíčko Vám radí*. 1. vydání. Zlín:vydáno autorem, 1999, 195 s. ISBN 80-238-3306-5.
- [21] **HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J.** *Analýza potravin*. 2. vydání. Újezd u Brna: vydal RNDr. Ivan Straka, vydavatel odborných publikací, 2001. s. 60 – 70. ISBN 80-86494-02-0.
- [22] **CHLOUPEK, O., PROCHÁZKOVÁ, B., HRUDOVÁ, E.** *Pěstování a kvalita rostlin*. (Učební texty). 1. vydání. Brno: ediční středisko MZLU, 2005, s. 111 – 116.
- [23] **CHUN, H. K., HO, C.T.** Volatile nitrogen-containing compounds generated from maillard reactions under simulated deep-fat frying conditions. *Journal of Food Lipids*, 1997, vol. 4, p. 239-244.
- [24] **IBURG, A.** *Lexikon octů a olejů*. 1. vydání Dobřejovice: Rebo Productions CZ, spol. s.r.o., 2004, 280 s. ISBN 80-7234-382-3.
- [25] **INGR, I.** *Zpracování zemědělských produktů*. (Učební texty). 2. vydání. Brno: ediční středisko MZLU, 2003, 249 s.
- [26] **KADLEC, P.** *Co byste měli vědět o výrobě potravin?* 1. vydání. Praha: Key Publishing, 2009, 534 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [27] **KADLEC, P. a kolektiv** *Technologie potravin 2*. 1.vydání. Praha: Firma – JK, 2002, 236 s.
- [28] **KOMPRDA, T.** *Základy výživy člověka*. (Učební texty). Dotisk. Brno: ediční středisko MZLU, 2007, 164 s.
- [29] **KONSOULA, Z., LIAKOPOLOU-KYRIAKIDES, M.** Effect of endogenous antioxidants of sesame seeds and sesame oil to the thermal stability of edible vegetable oils. *Food Science and Technology*, 2010, vol. 43, p. 1379-1386.
- [30] **KOPICOVÁ, Z.** Skvalen-zajímavá část tukové složky tkání. *Výživa a potraviny*, 61, 2006, č. 5, s. 121.



- [31] **KRAJČOVÁ, J.** *Zbožížnalství*. 3. vydání. Praha: Vysoká škola hotelová, 2005, 251 s.
- [32] **KYZLINK, V.** *Základy konzervace potravin*. 2. vydání Praha: SNTL, 1980, 516 s.
- [33] **LEE, W.S., CHUNG, S.S.** A review of the effects of vitamins and other dietary supplements on seizure activity. *Epilepsy & Behavior*, 2010, vol. 18, p. 139-150.
- [34] **LUBANDA, H., VECKA, M.** Cholesterol: A Friend or Foe? *Chemické listy*, 103, 2009, p. 40-51.
- [35] **MÁFQUEZ-RUIZ, G., DOBARGENANES, C.** Short-chain fatty acid formation during thermoxidation and frying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1996, vol. 70, p. 120-126.
- [36] **MCNAMARA, J.R., WARNICK, G.R., COOPER, G.R.** A Brief history of lipid and lipoprotein measurements and their contribution to clinical chemistry. *Clinica Chimica Acta*, 2006, vol. 369, p. 158-167.
- [37] **MILLER, E.R.** Meta-analysis: high-dosage vitamin E supplementation may increase all-cause mortality. *Annals of Internal Medicine*, 2005, vol. 142, p. 37-46.
- [38] **NAJMAN, L.** *Hygiena vegetabilii*. 1. vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1989, 238 s.
- [39] **NEUMANN, J.** Trápí vás cholesterol? *Potravinářský zpravodaj*, IV, 2003, č. 2, s. 16.
- [40] **NEUMANN, J.** Obezita – vážný problém současnosti. *Potravinářský zpravodaj*, IV, 2003, č. 3, s. 18.
- [41] **PARASKEVOPOULOU, A., KIOSSEOGLOU, V.** Cholesterol and other lipid extraction from egg yolk using organic solvents: Effects on functional properties of yolk. *Czech Journal of Food Science*, 1994, vol. 59, p. 766-768.
- [42] **PELIKÁN, M.** *Zpracování obilovin a olejnin*. (Učební texty). 1. vydání. Brno: ediční středisko MZLU, 2001, 148 s. ISBN 80-7157-525-9.
- [43] **PERKINS, E.G.** *Deep Frying*. AOCS Press: Champaign, 1996, p. 43
- [44] **PINTHUS, E.J. SAGUY, I.S.:** Initial interfacial tension and oil uptake by deep-fat fried foods. *Czech Journal of Food Science*, 1994, vol. 59, p. 804-807.
- [45] **POKORNÁ, I., FILIP, V.** Olivový olej. *Výživa a potraviny*, 62, 2007, č. 6, s. 142-144.

- [46] **POKORNÝ, J., PARKÁNYIOVÁ, L.** Food Frying from the View of a Chemist. *Chemické listy*, 95, 2001, p. 616 – 620.
- [47] **PRUGAR, J.** Produkce a zpracování olejnin v České republice. *Výživa a potravin*, 58, 2003, č. 5, s. 139-140.
- [48] **PRUGAR, J. a kolektiv.** *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí*. 1. vydání Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., 2008, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [49] **ŠIMEK, J.** Přístup k výběru a konzumaci rostlinných olejů [online]. [cit. 08.01.2009]. Dostupný z WWW: <http://www.vyzivaspol.cz/clanky-casopis/pristup-k-vyberu-a-konzumaci-rostlinnych-oleju.html>
- [50] **ŠÍCHO, V., VODRÁŽKA, Z., KRÁLOVÁ, B.** *Potravinářská biochemie*. 2. vydání. Praha a Bratislava: SNTL, ALFA, 1981, s. 52 – 60.
- [51] **ŠMIDRKAL, J., FILIP, V., BĚLOHLAV, Z., ZÁMOSTNÝ, P., HONIG, V.** Současný stav a perspektivy využití rostlinných olejů. *Chemické listy*, 102, 2008, s. 984-991.
- [52] **TUREK, B., HRUBÝ, S., ČERNÁ, M.** *Nutriční toxikologie*. 1. vydání. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1994, 123 s. ISBN 80-7013-177-2.
- [53] **UNGEROVÁ-GÓBELOVÁ, U.** *Vitaminy*. 1. vydání. Praha: Ikar, a.s., 1999, s. 5-15. ISBN 80-7202-508-2.
- [54] **VELÍŠEK, J.** *Chemie potravin 1*. 2. vydání. Tábor: OSSIS, 2002. 332 s. ISBN 80-86659-00-6.
- [55] **VIDRICH, R., VIDAKOVIČ, S., ABRAMOVIČ, H.** Biochemical Parameters and Oxidative Resistance to Thermal Treatment of Refined and Unrefined Vegetable Edible Oils. *Czech Journal of Food Science*, 2010, vol. 28, p. 376-384.
- [56] **VYHLÁŠKA MZe č. 329/2007 Sb.**, kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro škrob a výrobky ze škrobu, luštěniny a olejnatá semena. *Sbírka zákonů ČR*, 2007, částka 104.
- [57] **VYHLÁŠKA MZe č. 77/2003 Sb.**, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje (novelizovaná 370/2008 Sb.). *Sbírka zákonů ČR*, 2003, částka 32.

- [58] **WATERHAM, H. R.** Inherited disorders of cholesterol biosynthesis. *Clinical Genetics*, 2002, vol. 61, p. 393-403.
- [59] **WOLF, A.** *Hygienu výživy*. 1. vydání Praha: Avicenum, 1985, s. 32, s. 184.
- [60] **ZÁKON 110/1997 Sb.** o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů (novelizován 120/2008 Sb.) *Sbírka zákonů ČR*, částka 38, s. 2178-2189.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

%	Procento.
°C	Stupeň Celsia.
PUFA	Z anglického slova „PolyUnsaturated Fatty Acid“ (vícenenasyčené mastné kyseliny).
LDL	Z anglického slova „Low density lipoprotein“ (nízkodenzitní lipoprotein).
HDL	Z anglického slova „High density lipoprotein“ (vysokodenzitní lipoprotein).
PCB	Polychlorované bifenyly.
m	Metr.
kg	Kilogram.
mg/g	Miligram/gram.
ppm	Z anglického Parts per million.
HPLC	Z anglického slova „High Performance Liquid Chromatography“ (vysokotlaká kapalinová chromatografie).
KOH	Hydroxid draselný.
mekv.per.kysl./kg	Miliekvivalent aktivního kyslíku / kilogram.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Metabolický význam biosyntetické dráhy cholesterolu .....	21
Obr. 2. Smažení bramborových hranolků .....	47
Obr. 3. KREOLIS - extra panenský olivový olej.....	48
Obr. 4. LUKANA- fritovací olej .....	49
Obr. 5. VEGETOL - slunečnicový olej .....	50
Obr. 6. BRÄNDLE - olej z vlašských ořechů.....	51
Obr. 7. BRÄNDLE - olej z hroznových jader .....	52
Obr. 8. BRÄNDLE - sezamový olej .....	53
Obr. 9. BRÄNDLE - bylinkový olej.....	54

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Čísla kyselosti a peroxidová čísla čerstvých olejů .....	57
Tab. 2. Čísla kyselosti a peroxidová čísla po 40ti minutách smažení .....	59
Tab. 3. Čísla kyselosti a peroxidová čísla po 80ti minutách smažení .....	62
Tab. 4. Čísla kyselosti a peroxidová čísla po 120ti minutách smažení .....	64
Tab. 5. Čísla kyselosti a peroxidová čísla u skladovaných tuků.....	66

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Čísla kyselosti u čerstvých tuků .....	58
Graf 2. Peroxidová čísla u čerstvých tuků .....	58
Graf 3. Čísla kyselosti po 40ti minutách smažení .....	60
Graf 4. Peroxidová čísla po 40ti minutách smažení .....	61
Graf 5. Čísla kyselosti po 80ti minutách smažení .....	62
Graf 6. Peroxidová čísla po 80ti minutách smažení .....	63
Graf 7. Čísla kyselosti po 120ti minutách smažení .....	65
Graf 8. Peroxidová čísla po 120ti minutách smažení .....	65
Graf 9. Čísla kyselosti u skladovaných tuků.....	67
Graf 10. Peroxidová čísla u skladovaných tuků .....	68

## SEZNAM PŘÍLOH

- P I Oleje použité ke smažení bramborových hranolků
- P II Oleje použité ke skladování
- P III Čísla kyselosti a peroxidová čísla u smažených olejů



## PŘÍLOHA PI: OLEJE POUŽITÉ KE SMAŽENÍ BRAMBOROVÝCH HRANOLKŮ

1 KREOLIS – extra panenský olivový olej



2 LUKANA – fritovací olej



### 3 VEGETOL – slunečnicový olej



### 4 BRÄNDLE – olej z vlašských ořechů



5 BRÄNDLE – olej z hroznových jader



6 BRÄNDLE – sezamový olej



## 7 BRÄNDLE – bylinkový olej



## PŘÍLOHA P II: OLEJE POUŽITÉ KE SKLADOVÁNÍ

### 1 KREOLIS – extra panenský olivový olej



### 2 BRÖLIO – sójový olej



### 3 LUKANA – slunečnicový olej



### 4 SABRINA – arašídový olej



5 FLORIANA – kukuřičný olej



6 BRÄNDLE – podzemnicový olej



7 BRÄNDLE – olej z hroznových jader



8 BRÄNDLE – olej z bodláků





9 BRÄNDLE – olej sezamový



10 BRÄNDLE – bylinkový olej



**PŘÍLOHA P III: ČÍSLA KYSELOSTI A PEROXIDOVÁ ČÍSLA  
U SMAŽENÝCH OLEJŮ**

---

**KREOLIS - extra panenský olivový olej**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	1,12	3,86
2	20	1,10	4,13
3	40	1,45	4,17
4	60	1,93	0
5	80	2,03	5,04
6	100	2,56	5,12
7	120	2,73	4,98

---

---

**LUKANA - fritovací olej**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	0,31	0
2	20	0,35	0
3	40	0,34	0
4	60	0,37	0
5	80	0,38	1,79
6	100	0,42	0
7	120	0,44	2,94

---

---

**VEGETOL - slunečnicový olej**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	0,53	1,12
2	20	0,54	1,19
3	40	0,63	2,15
4	60	0,72	0
5	80	0,89	4,39
6	100	1,23	7,63
7	120	1,27	8,09

---

---

**BRÄNDLE – olej z vlašských olejů**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	0,49	0
2	20	0,53	2,76
3	40	0,75	2,52
4	60	1,12	4,65
5	80	1,78	7,16
6	100	2,04	8,93
7	120	2,11	9,05

---

---

**BRÄNDLE – olej z hroznových jader**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	0,39	0
2	20	0,41	1,15
3	40	0,40	1,13
4	60	0,45	2,06
5	80	0,52	2,14
6	100	0,54	3,02
7	120	0,59	3,16

---

---

**BRÄNDLE – sezamový olej**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	0,41	0,94
2	20	0,39	0
3	40	0,44	0
4	60	0,47	1,15
5	80	0,53	3,94
6	100	0,57	4,05
7	120	0,62	4,16

---

---

**BRÄNDLE – bylinkový olej**

<b>Vzorek</b>	<b>Čas odběru (min.)</b>	<b>Číslo kyselosti (mg KOH /g)</b>	<b>Peroxidové číslo (mekv.per.kysl./kg)</b>
1	0	0,36	0
2	20	0,44	0
3	40	0,52	0,65
4	60	0,74	2,14
5	80	0,94	3,89
6	100	1,31	6,43
7	120	1,39	9,15

---