

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Stanovení skladby mastných kyselin v suchých
skořápkových plodech**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Monika Cejpková

Vedoucí práce: Ing. Jan Táborský, Ph.D.

© 2015 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 10.4.2015

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Janu Táborskému, Ph.D. za odborné rady a připomínky při zpracování diplomové práce a za vstřícnost, kterou během vedení této práce projevil. Děkuji také své rodině a přátelům za podporu a trpělivost během celého mého studia.

Stanovení skladby mastných kyselin v suchých skořápkových plodech

Souhrn

Suché skořápkové plody (ořechy) jsou ceněny pro svoje senzorické a nutriční vlastnosti, především díky vysokému obsahu oleje bohatého na nenasycené mastné kyseliny, které mají nezastupitelnou roli v lidské výživě.

Cílem diplomové práce bylo stanovit a porovnat skladbu mastných kyselin obsažených v olejích suchých skořápkových plodů běžně dostupných v ČR. Pro tuto práci bylo vybráno osm druhů skořápkových plodů (kešu ořechy, lískové ořechy, makadamové ořechy, mandle, para ořechy, pekanové ořechy, piniové oříšky a vlašské ořechy), které byly analyzovány ve třech sériích získaných ze tří různých nákupních míst. Z analyzovaných vzorků byl izolován olej extrakcí hexanem za studena, mastné kyseliny v oleji byly převedeny na methylestery a analyzovány metodou plynové chromatografie s plamenno-ionizačním detektorem.

U všech druhů olejů suchých skořápkových plodů byly nejvíce zastoupeny monoenoové a polyenoové mastné kyseliny, které dohromady tvořily od 75 % (para ořechy) do 90 % (lískové ořechy, mandle, vlašské ořechy) celkového obsahu identifikovaných mastných kyselin v oleji. Olejová a linolová kyselina přispívaly svým obsahem u většiny druhů v největším množství. Olejová kyselina byla u různých druhů přítomna v rozmezí od 17,6 % (vlašský ořech) do 80,9 % (lískový ořech) a linolová kyselina v rozmezí od 1,8 % (makadamové ořechy) do 59 % (vlašské ořechy). U makadamových ořechů byla jako u jediného druhu detekována ve významném množství palmitolejová kyselina (20,7 %). Olej z vlašských ořechů jako jediný vykázal oproti ostatním druhům významné množství α -linolenové kyseliny (12,9 %). Nejvyšší množství nasycených mastných kyselin bylo detekováno u para ořechů (23,5 %), zatímco nejnižší množství u piniových oříšků (6,8 %).

Výsledky potvrzují doporučení specialistů v oblasti výživy, že ořechy nebo olej z nich získaný jsou významným zdrojem zdraví prospěšných nenasycených mastných kyselin (olejové, linolové, u vlašského ořechu také α -linolenové kyseliny), avšak vzájemné poměry obsahů těchto látek se u některých druhů výrazně liší. Vzhledem k současnému obsahu fytoosterolů a antioxidantů lze určité druhy ořechů při vhodném zařazení do stravy využít jako prevenci kardiovaskulárních onemocnění.

Klíčová slova: mastné kyseliny; suché skořápkové plody; ořechy; olej z ořechů; plynová chromatografie

Determination of fatty acid composition in nut oil

Summary

Nuts are valued for their sensoric and nutritional attributes, especially for the high content of oil, rich in unsaturated fatty acids, which are important in human nutrition.

The aim of this thesis was to determine and compare the fatty acids profile in the oils of different nut types which are commonly available in the CR. Eight types of nuts were chosen for the purposes of this study (hazelnuts, cashews, macadamia nuts, almonds, brazil nuts, pecan nuts, pine nuts and walnuts). These were analysed in three series, procured in three different sale locations. The oil was isolated by cold extraction with the use of organic solvent (hexane); fatty acids were transesterified to methyl esters, and these samples were analysed by using gas chromatography with a flame ionization detector.

Across all the different nut types, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids were found to have the highest percentage in the extracted oil, ranging from 75 % (brazil nuts) to 90 % (hazelnuts, almonds, walnuts). Of that percentage, oleic and linoleic acids were the highest contributors in most of the nut types. Oleic acid ranged from 17,6 % (walnuts) to 80,9 % (hazelnuts), with linoleic acid ranging from 1,8 % (macadamia nuts) to 59 % (walnuts). In macadamia nuts, palmitoleic acid percentage was found to be far higher than in any other nut type. Similarly, walnuts exhibited the highest, and comparative highest percentage across nut types of α -linolenic acid (12,9 %). The highest percentage of saturated fatty acids was found in brazil nuts (23,5 %), while the lowest was found in pine nuts (6,8 %).

These results confirm the recommendation of nutritionists that nuts or nut oil is important source of health beneficial unsaturated fatty acids (oleic, linoleic and with walnut also containing α -linolenic acid), although amounts across nuts differ. Regarding to their parallel content phytosterols and antioxidants, some type of nuts can be used, when moderately included in a diet, to prevent risks of cardiovascular diseases.

Keywords: fatty acids; dried shelled fruits; nuts; nut oil; gas chromatography

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Úvod | 8 |
| 2 | Vědecká hypotéza a cíl práce | 9 |
| 3 | Literární rešerše | 10 |
| 3.1 | Mastné kyseliny | 10 |
| 3.1.1 | Nasyčené mastné kyseliny | 11 |
| 3.1.2 | Monoenové mastné kyseliny | 12 |
| 3.1.3 | Polyenové mastné kyseliny | 13 |
| 3.1.4 | Biosyntéza mastných kyselin | 15 |
| 3.1.5 | Esenciální mastné kyseliny..... | 15 |
| 3.1.6 | Odbourávání mastných kyselin v organismu..... | 16 |
| 3.1.7 | Mastné kyseliny ve výživě | 17 |
| 3.2 | Suché skořápkové plody | 19 |
| 3.2.1 | Výživová hodnota..... | 19 |
| 3.2.2 | Zdravotní benefity konzumace ořechů | 24 |
| 3.3 | Popis vybraných druhů skořápkových plodů | 26 |
| 3.3.1 | Kešu ořechy | 26 |
| 3.3.2 | Makadamové ořechy..... | 27 |
| 3.3.3 | Mandle | 28 |
| 3.3.4 | Lískový ořech | 29 |
| 3.3.5 | Para ořechy | 30 |
| 3.3.6 | Pekanový ořech | 31 |
| 3.3.7 | Piniové oříšky | 33 |
| 3.3.8 | Vlašský ořech | 34 |
| 3.4 | Metody analýzy mastných kyselin | 36 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.1 | Plynová chromatografie..... | 36 |
| 3.4.2 | Praktické aplikace GC..... | 40 |
| 4 | Materiál a metodika..... | 42 |
| 4.1 | Analyzované druhy suchých skořápkových plodů | 42 |
| 4.2 | Extrakce olejů | 43 |
| 4.3 | Příprava methylesterů | 43 |
| 4.4 | Analýza vzorků metodou plynové chromatografie..... | 44 |
| 4.5 | Použité chemikálie..... | 45 |
| 5 | Výsledky..... | 46 |
| 6 | Diskuze..... | 58 |
| 7 | Závěr..... | 62 |
| 8 | Seznam použité literatury..... | 63 |
| 9 | Seznam použitých zkratk..... | 68 |

1 Úvod

Mastné kyseliny jsou nejvýznamnější složkou lipidů z hlediska lidské výživy. Jsou součástí rostlinných a živočišných organismů, kde slouží jako zásobárna energie, a jsou také nedílnou součástí buněčných membrán. Zvláštní význam mají především monoenoové a polyenoové mastné kyseliny, jejichž nahrazení ve stravě za nasycené mastné kyseliny má příznivé účinky na zdraví projevující se jako snížení rizika kardiovaskulárních onemocnění. Esenciální mastné kyseliny (linolová a α -linolenová) ze skupiny polyenových mastných kyselin je nezbytné přijímat potravou, neboť je lidský organismus nedokáže syntetizovat. Dostatečný příjem těchto esenciálních mastných kyselin je důležitý pro optimální růst a vývoj buněk a pro správnou funkci organismu.

Současná výživová doporučení jsou směřována k prevenci chronických onemocnění, mezi které se řadí také ischemická choroba srdeční nebo ateroskleróza. Doporučení odborníků je snižovat příjem nasycených mastných kyselin a cholesterolu ve stravě a zvyšovat příjem nenasyčených mastných kyselin ze zdrojů jako jsou rostlinné oleje, ryby a ořechy.

Suché skořápkové plody zahrnují především ořechy a jim podobné typy plodů z různých rostlinných čeledí, pěstované v různých podmínkách a podnebných pásmech. Jsou vysoce ceněny pro své senzorycké, výživové a zdravotní atributy. Ořechy jsou bohatým zdrojem rostlinných olejů, kvalitních bílkovin, některých vitaminů, minerálních látek a jiných pro lidský organismus prospěšných fytochemikálií. Oleje z ořechů jsou stejně jako samotné plody využívány v kulinářství, ale také v kosmetickém či farmaceutickém průmyslu. Každý druh je však specifický svým složením, tedy i zastoupením mastných kyselin v oleji, a rozdíly mohou být významné především z hlediska jejich nutriční kvality.

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

Hlavním cílem této diplomové práce bylo stanovit a porovnat zastoupení mastných kyselin v olejích ze suchých skořápkových plodů běžně dostupných v České republice a na základě tohoto kritéria posoudit jejich zdravotní benefity využitelné ve výživě člověka. Pro vlastní experimentální práci bylo za tímto účelem vybráno osm druhů skořápkových plodů, které jsou v potravinářské terminologii běžně označovány jako ořechy (jejich seznam je uveden v kapitole 4.1). Cílem práce bylo rovněž posoudit variabilitu složení mastných kyselin v rámci jednotlivých analyzovaných druhů (opakovaná analýza vzorků stejného druhu získaných z různých, navzájem nezávislých zdrojů). Souhrnným cílem práce pak bylo porovnat experimentálně získané výsledky s údaji dostupnými v odborné literatuře.

Diplomová práce vychází z následujících hypotéz:

- 1) Jednotlivé druhy suchých skořápkových plodů se navzájem liší zastoupením mastných kyselin v oleji.
- 2) Tyto rozdíly jsou významné především z hlediska obsahu nutričně důležitých nenasycených mastných kyselin (linolová kyselina, α -linolenová kyselina).

3 Literární rešerše

3.1 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou důležitou stavební složkou lipidů a jejich nejvýznamnější součástí z hlediska lidské výživy. V organické chemii jsou jako mastné kyseliny označovány karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. Řetězec může být buď nasycený, je-li bez dvojných vazeb, nebo nenasycený, pokud obsahuje jednu či více dvojných vazeb. Vyskytují se hlavně jako estery v přírodních tucích a olejích, ale mohou být přítomné i v neesterifikované podobě jako volné mastné kyseliny, které jsou transportní formou přítomnou v krevní plasmě (Murray et al., 2002). Přirozeně se vyskytující mastné kyseliny v tucích mají zpravidla nevětvený řetězec obsahující sudý počet uhlíkových atomů o počtu 14 – 24 (Damodaran et al., 2007). Některé mastné kyseliny obsažené v lipidech mohou být také alicyklické nebo aromatické sloučeniny (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Dle stupně nasycenosti se rozlišují mastné kyseliny:

- nasycené (saturated fatty acids, SFA)
- nenasycené monoenové (monounsaturated fatty acids, MUFA)
- nenasycené polyenové (polyunsaturated fatty acids, PUFA)

Podle počtu atomů uhlíku se rozlišují nižší mastné kyseliny (C4 – C6), mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem (C8 – C12), mastné kyseliny s dlouhým řetězcem (C14 – C18), velmi dlouhým řetězcem (C20 – C26) a ultra dlouhým řetězcem (C28 – C38) (Velíšek a Hajšlová, 2002).

Mastné kyseliny jsou bezbarvé kapaliny nebo tuhé látky, jejichž fyzikální a fyziologické vlastnosti jsou ovlivněny délkou řetězce a přítomností dvojných vazeb. Obecně se body tání mastných kyselin se sudým počtem uhlíků zvyšují s délkou řetězce a klesají s přibývajícím počtem dvojných vazeb (Murray et al., 2002).

Přes 99 % mastných kyselin se v přírodě vyskytuje ve formě esterů s glycerolem. Triacylglyceroly jsou nejběžnější, ačkoliv mono- a diacylglyceroly jsou někdy užívány jako potravinová aditiva, například emulgátory (Damodaran et al., 2007). Na esterových pozicích v glycerolech nemusí být vždy stejná mastná kyselina. Triacylglyceroly patří mezi nejrozšířenější lipidy, a to především jako živočišné tuky, ve kterých převažují SFA a rostlinné oleje, pro které je charakteristický vysoký obsah MUFA a PUFA (McMurry,

2004). V organismech slouží triacylglyceroly jako zdroj energie (Velíšek a Hajšlová, 2009). Mastné kyseliny se vyskytují také ve fosfolipidech buněčných membrán organismů, kde plní důležitou strukturní funkci, či v glykolipidech, které jsou důležitou složkou nervové tkáně u živočichů (Murray et al., 2002).

Kromě systematických názvů, odvozených od odpovídajících uhlovodíků, se u většiny mastných kyselin běžně užívají jejich triviální názvy či zkrácené zápisy. Různé dohody platí pro značení počtu a pozice dvojných vazeb. Například zápis 18:1 Δ 9 znamená, že daná mastná kyselina má 18 atomů uhlíku a jednu dvojnou vazbu vycházející od 9. uhlíku od karboxylu (Velíšek a Hajšlová, 2009).

3.1.1 Nasycené mastné kyseliny

Nasycené mastné kyseliny (SFA) neobsahují ve svém řetězci žádnou dvojnou vazbu a tvoří zpravidla přímé nerozvětvené řetězce o sudém počtu atomů uhlíku (4 – 38 C). Nejrozšířenější nasycenou mastnou kyselinou je palmitová kyselina, která se vyskytuje prakticky ve všech živočišných a rostlinných lipidech, a to v triacylglycerolech i fosfolipidech (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Mastné kyseliny se sudým počtem uhlíků jsou v malém množství doprovázeny mastnými kyselinami s lichým počtem uhlíků, běžně např. pentadekanová (15:0) a heptadekanová (17:0) kyselina. Ty se ve formě esterů nacházejí v mikrobiálních lipidech a ve stopovém množství ve většině živočišných tkání. (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Tabulka 1: Přehled vybraných nasycených kyselin (Velíšek a Hajšlová, 2009)

| Systematický název | Zkrácený zápis | Triviální název |
|--------------------|----------------|-----------------|
| butanová | C4:0 | máselná |
| hexanová | C6:0 | kapronová |
| oktanová | C8:0 | kaprylová |
| dekanová | C10:0 | kaprinová |
| dodekanová | C12:0 | laurová |
| tetradekanová | C14:0 | myristová |
| hexadekanová | C16:0 | palmitová |
| oktadekanová | C18:0 | stearová |
| eikosanová | C20:0 | arachová |
| dokosanová | C22:0 | behenová |
| tetrakosanová | C24:0 | lignocerová |

Nasycené mastné kyseliny s krátkým řetězcem, například kyselina máselná, jsou charakteristické pro mléčné tuky, kdežto mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem a dlouhým řetězcem, např. kyseliny laurová a myristová, jsou ve větší míře obsaženy v tucích palmových semen. Myristová kyselina je běžnou složkou většiny živých organismů. Pro živočišné tkáně je typický vysoký obsah dalších mastných kyselin s dlouhým řetězcem, hlavně palmitové a stearové kyseliny. Kyseliny s velmi dlouhým řetězcem (např. arachová, behenová, lignocerová) se vyskytují v přírodních tucích jen ve stopových množstvích s výjimkou některých olejů (Velíšek a Hajšlová, 2009). Například lignocerová kyselina je součástí cerebrosidů a podzemnicového oleje (Murray et al., 2002).

3.1.2 Monoenové mastné kyseliny

Monoenové mastné kyseliny (MUFA) obsahují ve svém řetězci jedinou dvojnou vazbu, která se u různých MUFA může lišit polohou nebo její prostorovou konfigurací. U nenasyčených mastných kyselin se vyskytuje typ geometrické izomerie *cis* a *trans*. Většina přirozeně se vyskytujících nenasyčených mastných kyselin je v konfiguraci *cis* a jejich molekuly jsou v místě dvojně vazby ohnuté o 120°, kdežto jejich *trans*-izomery zůstávají napříměné (Murray et al., 2002).

U těchto kyselin se často užívají systematické názvy, obvykle je-li nutné specifikovat polohu a prostorovou konfiguraci dvojně vazby v molekule. Jejich systematické názvy jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Přehled vybraných monoenových kyselin (Damodaran et al., 2007)

| Systematický název | Zkrácený zápis | Triviální název |
|-------------------------------|----------------|-----------------------------------|
| <i>cis</i> -9-tetradecenová | C14:1 Δ9 | myristolejová |
| <i>cis</i> -9-hexadecenová | C16:1 Δ9 | palmitolejová |
| <i>cis</i> -9-oktadecenová | C18:1 Δ9 | olejová |
| <i>trans</i> -9-oktadecenová | C18:1 Δ9 | elaidová |
| <i>cis</i> -11-oktadecenová | C18:1 Δ11 | <i>cis</i> -vakcenová (asklepová) |
| <i>trans</i> -11-oktadecenová | C18:1 Δ11 | <i>trans</i> -vakcenová |
| <i>cis</i> -9-eikosenová | C20:1 Δ9 | gadolejová |
| <i>cis</i> -13-dokosenová | C22:1 Δ13 | eruková |
| <i>cis</i> -11-dokosenová | C22:1 Δ11 | cetolejová |
| <i>cis</i> -15-tetrakosenová | C24:1 Δ15 | nervonová |

Nejrozšířenější nenasycenou mastnou kyselinou, která se alespoň v menším množství vyskytuje ve všech v rostlinných i živočišných lipidech, je kyselina olejová. Její vysoký obsah je v olivovém (78 %), řepkovém a slunečnicovém oleji. Vedle ní se vyskytuje také malé množství asklepové (vakcenové) kyseliny odlišující se polohou dvojně vazby. V přírodě se vyskytují také *trans*-izomery těchto kyselin, kterými jsou elaidová a *trans*-vakcenová kyselina. Další poměrně rozšířenou MUFA je palmitolejová kyselina, která se nachází ve větším množství v rybím a velrybím tuku, plodech rakytníku řešetlákového a v oleji makadamových ořechů (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Obsah nenasycených mastných kyselin se v rostlinách velmi liší, od více než 90 % všech mastných kyselin v řepkovém oleji po méně než 10 % v kokosovém tuku. V živočišných tkáních jsou zastoupeny v menším množství a rozmezí, s výjimkou rybího oleje. V rostlinách je také větší rozmanitost zastoupení nenasycených mastných kyselin.

Trans-mastné kyseliny vznikají přirozeně činností mikroorganismů (biohydrogenací) v batoru přežvýkavců a jejich malé množství se pak objevuje v produktech z těchto zvířat, a to v mase a v mléce. *Trans*-nenasycené mastné kyseliny vznikají také průmyslovou katalytickou hydrogenací při ztužování rostlinných olejů a při dlouhodobé tepelné zátěži tuků, například při smažení (Bhardwaj et al., 2011). *Trans*-mastné kyseliny z potravy se nesnadno odbourávají a jsou určitou zátěží pro organismus (Velíšek a Hajšlová, 2009). Zvyšují hladinu cholesterolu ve formě lipoproteinů o nízké hustotě (LDL-cholesterolu) a jejich zvýšený příjem představuje rizikový faktor aterosklerózy. Dále zhoršují insulinovou rezistenci, a tak zvyšují riziko vzniku diabetu mellitu 2. typu, ovlivňují plodnost žen a narušují vývoj plodu (Bhardwaj et al., 2011).

3.1.3 Polyenové mastné kyseliny

Polyenové mastné kyselin (PUFA) obsahují ve své molekule dvě nebo více dvojných vazeb, které jsou většinou navzájem oddělené methylenovou ($-CH_2$) skupinou. PUFA jsou často klasifikovány na základě umístění první dvojně vazby od koncové methylové skupiny, tyto pak mají společný původ syntézy a podobnou biologickou aktivitu. Řada nenasycených mastných kyselin n-3 (ω -3) má první dvojnou vazbu umístěnou na 3. uhlíku od methylového konce, podle stejného pravidla rozeznáváme mastné kyseliny řady n-6 (ω -6) a n-9 (ω -9) a n-7 (ω -7) (Das, 2006).

Mastných kyselin s dvěma dvojnými vazbami se v přírodních lipidech v podstatném množství vyskytuje jen několik, nejvýznamnější z nich je linolová kyselina z řady n-6. Nejběžnější mastnou kyselinou se třemi izolovanými *cis*-dvojnými vazbami je α -linolenová kyselina z řady n-3, která má odlišnou fyziologickou účinnost než její isomerní forma γ -linolenová kyselina z řady n-6. Mastné kyseliny se čtyřmi a více *cis* dvojnými vazbami v molekule se v přírodě vyskytují poměrně vzácně, nejvýznamnější jsou pak mastné kyseliny se čtyřmi a pěti dvojnými vazbami. Jejich příkladem je arachidonová kyselina (C20:4) z řady n-6 (Velíšek a Hajšlová, 2009). Zvýšení počtu dvojných vazeb vede k rozmanitému prostorovému uspořádání molekuly (Murray et al., 2002).

Tabulka 3: Přehled vybraných polyenových masných kyselin (Damodaran et al., 2007)

| Systematický název | Zkrácený zápis | Triviální název |
|---|----------------|----------------------|
| all- <i>cis</i> -9,12-oktadienová | C18:2 n-6 | linolová |
| all- <i>cis</i> -9,12,15-oktadekatrienová | C18:3 n-3 | α -linolenová |
| all- <i>cis</i> -6,9,12-oktadekatrienová | C18:3 n-6 | γ -linolenová |
| all- <i>cis</i> -5,8,11,14-eikostetraenová | C20:4 n-6 | arachidonová |
| all- <i>cis</i> -5,8,11,14,17-eikosapentaenová | C20:5 n-3 | timnodonová (EPA) |
| all- <i>cis</i> -7,10,13,16, 19-dokosapentaenová | C22:5 n-6 | klupadonová (DPA) |
| all- <i>cis</i> -4,7,10,13,16,19-dokosahehexanová | C22:6 n-3 | cervonová (DHA) |

Linolová kyselina je v podstatném množství obsažena například ve slunečnicovém a sójovém oleji, α -linolenová především ve lněném oleji. γ -linolenová kyselina (ω -6) je hojně zastoupena v pupalce dvouleté či černém rybízu (Velíšek a Hajšlová, 2009).

Nenasycené mastné kyseliny v tucích a olejích podléhají v potravinách oxidačním a autooxidačním reakcím, které se také označují jako oxidační žluknutí tuků a olejů. Při tomto ději dochází k oxidaci dvojných vazeb mastných kyselin molekulárním kyslíkem, vznikají volné radikály a hydroperoxydy, které se později polymerují a rozkládají na aldehydy, ketony a jiné uhlovodíky. Stupeň oxidace se zvyšuje se stoupajícím počtem dvojných vazeb v molekule mastné kyseliny (Damodaran et al., 2007).

3.1.4 Biosyntéza mastných kyselin

Mastné kyseliny pochází buď z tuků přijatých potravou, nebo mohou být v buňkách syntetizovány. Syntéza mastných kyselin s dlouhým řetězcem je uskutečňována dvěma multienzymovými systémy přítomnými v cytosolu buněk: acetyl-CoA-karboxylasou a synthasou mastných kyselin (Murray et al., 2002). Výchozí látkou syntézy je acetyl-CoA, který je za účasti karboxylázy přeměněn na malonyl-CoA, ze kterého se nasycené mastné kyseliny syntetizují kondenzačními reakcemi za pomoci synthasy mastných kyselin. Tyto reakce probíhají v několika cyklech v závislosti na délce mastné kyseliny. Při každém cyklu se prodlouží řetězec mastné kyseliny vždy o dva atomy uhlíku. Biosyntéza se většinou zastaví po dosažení 16 – 18 atomů uhlíku a uvolní se příslušné mastné kyseliny. U rostlin produkujících vosky postupuje biosyntéza dále (Velíšek a Hajšlová, 2009). Metabolická dráha přeměny acetyl-CoA na palmitát vyžaduje NADPH, ATP, Mn^{2+} , biotin a kyselinu pantothenovou jako kofaktory. Prodlužování řetězce mastných kyselin se děje v endoplazmatickém retikulu za katalýzy enzymovým systémem mikrosomálními enzymy (Murray et al., 2002).

Mastné kyseliny s lichým počtem atomů uhlíku vznikají inkorporací propionyl-CoA místo acetyl-CoA, nebo po ztrátě jednoho atomu uhlíku v procesu zvaném α -oxidace. Nenasycené mastné kyseliny vznikají z produktů dráhy katalyzované synthasou mastných kyselin působením desaturačních a elongačních enzymů. Lidský organismus nedokáže syntetizovat linolovou ani α -linolenovou kyselinu, které vznikají jen u rostlin a hub. Působením Δ^{12} -desaturasy vzniká z olejové kyseliny linolová kyselina, Δ^{15} -desaturasa katalyzuje biosyntézu linolenové kyseliny (Velíšek a Hajšlová, 2009).

3.1.5 Esenciální mastné kyseliny

Linolová kyselina (LA) z řady n-6 a α -linolenová kyselina (ALA) z řady n-3 hrají významnou roli ve výživě člověka. Lidský organismus je nedokáže sám syntetizovat z jiných složek a musí být proto přijímány potravou. Tyto kyseliny jsou syntetizovány především rostlinami a jsou prekurzorem pro biosyntézu dalších PUFA v lidském organismu. Z linolové kyseliny vzniká v komplexní sérii desaturačních a elongačních reakcí arachidonová kyselina (AA, řada n-6) a z α -linolenové vzniká eikosapentaenová kyselina (EPA, řada n-3), která je dále upravována na dokosahexaenovou kyselinu (DHA, řada n-3). AA a EPA jsou prekurzory

různých skupin eikosanoidů (Russo, 2009), mezi které patří prostaglandiny, prostacykliny, thromboxany a leukotrieny. Tyto látky se podílejí na vnitrobuněčné signalizaci, ovlivňují srážení krve, bolest nebo například zánětlivé procesy (Murray et al., 2002). Eikosanoidy odvozené od PUFA z řady n-3 mají vazodilatační a protizánětlivé účinky a snižují shlukování krevních destiček, kdežto eikosanoidy odvozené od PUFA z řady n-6 mají opačné fyziologické účinky, působí prozánětlivě, vazokonstrikčně a zvyšují shlukování krevních destiček. DHA hraje důležitou roli v nervové soustavě pro optimální neuronální funkci a signalizaci (Russo, 2009). AA je důležitou složkou fosfolipidů buněčných membrán, kde ovlivňuje jejich fluiditu a tím také chování membránově vázaných receptorů a enzymů. (Das, 2001).

Nejvýznamnějšími potravinovými zdroji LA a ALA je většina rostlinných olejů, obiloviny a vlašské ořechy. AA je součástí oleje podzemnice olejně. EPA a DHA jsou ve velkém množství obsaženy v rybách a rybím tuku. Nedostatečný příjem esenciálních mastných kyselin ve výživě může mít za následek kožní problémy (ekzémy), poruchy růstu a funkcí imunitního a nervové systému, problémy s rozmnožováním a je spojován s větším rizikem kardiovaskulárních onemocnění (Russo, 2009).

3.1.6 Odbourávání mastných kyselin v organismu

Odbourávání mastných kyselin se uskutečňuje v mitochondriích, na rozdíl od jejich syntézy. V lidském organismu se mastné kyseliny nejčastěji odbourávají takzvanou β -oxidací, kdy se z molekuly postupně odštěpuje acetyl-CoA. Před štěpením jsou mastné kyseliny za přítomnosti ATP a koenzymu A aktivovány reakcí katalyzovanou enzymem acyl-CoA-synthetasou za vzniku acyl-CoA. Mastné kyseliny, tedy acyl-CoA, s dlouhým řetězcem pronikají přes vnitřní mitochondriální membránu jako deriváty karnitinu. Molekuly acyl-CoA jsou při β -oxidaci štěpeny od karboxy- konce za uvolnění dvouuhlíkatých zbytků acetyl-CoA a řetězec se zkrátí o dva atomy uhlíku. Acetyl-CoA je poté oxidován v citrátovém cyklu. Mastné kyseliny s lichým počtem uhlíkových atomů poskytují při β -oxidaci kromě acetyl-CoA navíc také jednu molekulu propionil-CoA (Murray et al., 2002).

Existuje také méně běžný mechanismus α -oxidace, při kterém dochází k odštěpení karboxylu a řetězec se zkrátí o jeden atom uhlíku za vzniku mastných kyselin s lichým počtem atomů. Minoritní dráhou je také ω -oxidace, kde se nejdříve oxiduje methylová

skupina na konci řetězce a tvoří se dikarboxylové kyseliny. Mastné kyseliny s velmi dlouhým řetězcem (např. C20, C22) jsou oxidovány v peroxisomech za vzniku acetyl-CoA a peroxidu vodíku. Štěpení nenasycených mastných kyselin se děje modifikovanou β -oxidací dle obdobných mechanismů (Velíšeka a Hajšlová, 2009).

3.1.7 Mastné kyseliny ve výživě

Člověk přijímá ve stravě jen málo volných mastných kyselin. Hlavní forma mastných kyselin přijímaných potravou jsou triacylglyceroly, které jakožto potravní tuky slouží jako zdroj energie poskytující $38 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ (Velíšek a Hajšlová, 2009). Současný doporučený příjem tuků ve stravě dle Světové zdravotnické organizace (WHO) ve spolupráci s Organizací pro výživu a zemědělství (FAO) by měl tvořit 20 až 35 % celkového denního příjmu energie, v závislosti na pohlaví, stavu a fyziologických potřebách. SFA by neměly přesáhnout více než 10 % potravou přijímané energie (FAO/WHO, 2008), neboť strava bohatá na SFA vede ke zvyšování LDL-cholesterolu, který je rizikovým faktorem rozvoje ischemické choroby srdeční (Damoradan et al., 2007).

Tuky přijímané potravou by měly obsahovat SFA : MUFA : PUFA v poměru $< 1 : 1,4 : 0,6$ (Velíšek a Hajšlová, 2009). Nenasycené mastné kyseliny, pocházející především z rostlinných olejů, ořechů a mořských ryb, jsou typickou součástí stravy obyvatel oblastí kolem Středozemního moře. Studie zvaná PREDIMED (Prevención con Dieta Mediterránea) se zabývala vlivem středomořské stravy na kardiovaskulární zdraví. Tato studie prokázala, že středomořská strava s obsahem olivového oleje, pro který je charakteristický vysoký obsah olejové kyseliny, a konzumace ořechů mají příznivé účinky na krevní tlak, profil krevních lipidů a lipoproteinů, zánět, oxidativní stres a jiné parametry spojené s rizikem kardiovaskulárních onemocnění (CVD) (Estruch et al., 2006). Nahrazení monoenoových mastných kyselin ve stravě za nasycené mastné kyseliny snižuje rezistenci LDL-cholesterolu k oxidaci, která může způsobit zánět vedoucí k rozvoji CVD (Russo, 2009).

Významný je z hlediska výživy také poměr ω -6 a ω -3 polyenoových mastných kyselin. Ve stravě současné populace západních zemí převažuje příjem ω -6 nad ω -3, Simopoulos (2002) udává poměr 15 až 17 : 1. Vysoký poměr je spojován se zvýšeným rizikem chronických onemocnění, jako jsou kardiovaskulární onemocnění. Optimální poměr nebyl přesně stanoven, pozitivní efekty na zdraví v různých aspektech vykázaly poměry do 5 : 1 (Simopoulos, 2002). Důležitý je tedy dostatečný příjem ω -3 polyenoových mastných

kyselin, obzvláště EPA a DHA z mořských ryb, neboť právě tyto působí proti zánětlivým procesům a rizikům chronických onemocnění spojeným se srdcem (Russo, 2009). Celkový denní příjem všech ω -3 PUFA by měl tvořit 0,5 – 2 % přijímané energie a minimálně 0,5 % energetického příjmu by měla představovat α -linolenová kyselina. EPA a DHA by měly být obsaženy ve stravě v množství 0,25 až 2 gramy denně v sekundární prevenci vzniku ischemické choroby srdeční. *Trans*-mastné kyseliny by měly tvořit maximálně do 1 % denního příjmu energie (WHO/FAO, 2008).

Tabulka 4: Zdroje mastných kyselin v potravinách (Mourek, 2007; Murray 2002)

| Skupina mastných kyselin | | Výskyt v potravinách |
|-------------------------------------|------------------|---|
| SFA | | tučné maso a masné výrobky, mléčné výrobky, sýry sádlo, ztužené tuky, palmový a kokosový olej |
| MUFA | | olivový olej, řepkový olej, ořechy, avokádo |
| PUFA ω-3 | ALA | lněný olej, řepkový a sójový olej, vlašské ořechy |
| | EPA a DHA | losos, makrela, sled' pstruh |
| PUFA ω-6 | LA | slunečnicový a sójový olej, vlašské ořechy, pšeničné klíčky, kukuřice, některé druhy margarínů |
| | AA | mořští živočichové, vejce, podzemnice olejná |
| <i>Trans</i>-mastné kyseliny | | hovězí a skopové maso, některé tuky na smažení, průmyslově ztužované tuky k výrobě cukrovinek, tučné mléčné výrobky |

3.2 Suché skořápkové plody

Suché skořápkové plody tvoří specifickou skupinu ovoce běžně označovanou jako ořechy či oříšky. Jedná se o jedlá jádra, která nejsou u ostatních skupin ovoce konzumována a jsou relativně delší dobu uchovatelná bez výrazných ztrát na jakosti. Pocházejí z různých botanických čeledí, avšak společným znakem těchto druhů je, že mají vysoký obsah oleje složeného především z nenasycených mastných kyselin a mnoha jiných biologicky aktivních látek, jež mohou mít prospěšné zdravotní účinky (Pokora, 2005).

V botanice je termín ořech konkrétně vymezen pro jednosemenný nepukavý plod se zdřevnatělým oplodím, které volně objímá semeno a odděluje se od mateřské rostliny jako celek. Většina skořápkového ovoce, které běžně nazýváme ořechy, ve skutečnosti plodem ořechem není, často se jedná o peckovice či jiné plody (Flowerdew, 1995). Takzvaným pravým oříškem ze skořápkových plodů je z botanického hlediska např. lískový ořech. Zvláštní skupinu tvoří arašídny neboli burské oříšky (plody podzemnice olejné), které botanicky patří mezi luštěniny, avšak sdílí podobné složení a nutriční hodnotu (Alasalvar et al., 2008).

3.2.1 Výživová hodnota

Ořechy patří mezi vysokoenergetické potraviny poskytující vysoké množství energie (20 – 30 kJ/g). Obsahují všechny hlavní makronutrienty: bílkoviny, tuky a sacharidy (především vlákninu). Ořechy jsou také významným zdrojem vitaminů a minerálních látek a dalších biologicky aktivních látek jako jsou fytoosteroly a fenolické sloučeniny. Jejich složení se mezidruhově i vnitrodruhově liší v závislosti na geografickém původu, podmínkách pěstování a následném skladování. Pražením v oleji se jejich energetický obsah zvyšuje a výživová hodnota finálního produktu závisí na kvalitě oleje a technologickém procesu, který byl použit při zpracování. Obojí výše uvedené může ovlivnit složení mastných kyselin v produktu (Brufau et al., 2006).

Tabulka 5: Výživová hodnota vybraných druhů ořechů na 100 g hmotnosti (USDA, 2014)

| Ořechy | Energie (kcal) | Tuk (g) | Bílkoviny (g) | Sacharidy (g) | Vláknina (g) |
|------------|----------------|---------|---------------|---------------|--------------|
| Arašídy | 587 | 49,7 | 24,4 | 21,3 | 8,4 |
| Kešu | 574 | 46,4 | 15,3 | 32,7 | 3,0 |
| Lískové | 628 | 60,8 | 15,0 | 16,7 | 9,7 |
| Makadamové | 718 | 75,8 | 7,9 | 13,8 | 8,6 |
| Mandle | 579 | 49,9 | 21,2 | 21,5 | 12,5 |
| Para | 659 | 67,1 | 14,3 | 11,7 | 7,5 |
| Pekanové | 691 | 72,0 | 9,2 | 13,9 | 9,6 |
| Piniové | 673 | 68,4 | 13,7 | 13,1 | 3,7 |
| Pistácie | 567 | 44,8 | 21,0 | 29,4 | 9,9 |
| Vlašské | 654 | 65,2 | 15,2 | 13,7 | 1,9 |

Tuky, respektive oleje jsou hlavní složkou ořechů tvořící 45 % (pistácie) až 75,8 % (makadamový ořech) jejich hmotnosti. Představují tak jeden z nejbohatších zdrojů rostlinných olejů v potravinách. Olej je tvořen převážně monoenovými a polyenovými mastnými kyselinami, které dohromady tvoří více než 75 % celkového obsahu tuku, a nízkým obsahem nasycených mastných kyselin (Sathe et Venkatachalam, 2006). Ve většině ořechů jsou dominantní skupinou MUFA, především olejová kyselina (OLA). Podobné množství MUFA jako PUFA, hlavně linoleové kyseliny, je charakteristické pro para ořechy, a převaha PUFA nad MUFA se pak vyskytuje u piniových ořechů. U vlašských ořechů je typická naprostá převaha PUFA, a to jak linolové kyseliny, tak α -linolenové kyseliny. Vlašské ořechy jsou plnohodnotnou potravinou s nejvyšším obsahem ALA ze všech potravin rostlinného původu. Poměr LA : ALA v nich tvoří asi 4 : 1. Příznivý profil mastných kyselin, který je zvláště u vlašských ořechů bohatý na n-3 PUFA, má díky pravidelné konzumaci ořechů příznivé účinky na zdraví, kterými jsou ochrana proti ischemické chorobě srdeční a náhlé srdeční smrti, snižování LDL-cholesterolu a jeho ochrana proti oxidaci a zlepšení endoteliální funkce. (Ros et Mataix, 2006).

Vysoký obsah olejů obsažených v ořeších může podléhat postupným oxidačním změnám, které jsou obecně známé jako žluknutí. Oxidační žluknutí je hlavním problémem při jejich skladování, neboť je důsledkem nežádoucích chutí a aroma a negativně ovlivňuje jejich výživovou hodnotu a může vést až ke vzniku toxických sloučenin. Je ho možné

minimalizovat aplikací antioxidantů, například vitamínu E, zamezením přístupu kyslíku, světla a tepla (Miraliakbari et Shadidi, 2008).

Tabulka 6: Obsah vybraných mastných kyselin na 100 g hmotnosti plodu (USDA, 2014)

| Ořechy | SFA | MUFA | PUFA | OLA (18:1) | LA (18:2 ω-6) | ALA (18:3 ω-3) |
|---------------|------------|-------------|-------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| Arašídý | 6,28 | 24,43 | 15,56 | 23,76 | 15,56 | 0,00 |
| Kešu | 9,16 | 27,32 | 7,84 | 26,81 | 7,66 | 0,16 |
| Lískové | 4,46 | 45,65 | 7,92 | 45,41 | 7,83 | 0,09 |
| Makadamové | 12,06 | 58,88 | 1,50 | 43,76 | 1,30 | 0,21 |
| Mandle | 3,80 | 31,55 | 12,33 | 31,29 | 12,32 | 0,00 |
| Para | 16,13 | 23,88 | 24,40 | 23,59 | 23,86 | 0,02 |
| Pekanové | 6,18 | 40,80 | 21,61 | 40,59 | 20,63 | 0,99 |
| Piniové | 4,90 | 18,76 | 34,07 | 17,95 | 33,15 | 0,11 |
| Pistácie | 5,46 | 23,68 | 13,45 | 23,03 | 13,20 | 0,24 |
| Vlašské | 6,13 | 8,93 | 47,17 | 8,80 | 38,09 | 9,08 |

Ořechy mají relativně vysoký obsah bílkovin, což z nich dělá dobrý rostlinný zdroj kvalitních bílkovin při jednostranně zaměřené stravě, například u vegetariánů (Alsavar et Shadidi, 2008). Některé druhy obsahují značné množství L-argininu a relativně nízký obsah lysinu. L-arginin je prekurzorem oxidu dusnatého, který je endogenním vasodilatátorem a je odpovědný za správnou endoteliální funkci. Nízký poměr lysinu ku argininu, který se všeobecně vyskytuje v rostlinných bílkovinách a je mnohem nižší než v bílkovinách živočišných, je spojován s menším rizikem kardiovaskulárních onemocnění (Kritechvsky, 1990). V ořeších se tento poměr vyskytuje v rozmezí 0,13 – 0,57, kdežto například v sójovém mléku je 0,5 – 1 a v mléce kravském 2 – 4 (Brufau et al., 2006).

Celkový obsah sacharidů se liší v rozmezí od 12 % (para ořechy) do 33 % (kešu). Sacharidy jsou tvořeny primárně vlákninou a jednoduchými cukry (tj. monosacharidy a disacharidy). Nejzastoupenějším jednoduchým cukrem je sacharóza. Obsah sacharidů se mezidruhově a vnitrodruhově velmi liší v závislosti na podmínkách růstu rostliny, zralosti jádra, odrůdě a zeměpisné lokalitě.

Vláknina má ochranné účinky na trávicí trakt a kardioprotektivní účinky. Zkracuje dobu průchodu tráveniny ve střevě a zvyšuje objem stolice, což vede k rychlejšímu a efektivnějšímu odstraňování karcinogenních látek z těla. Krátké mastné kyseliny vznikající

fermentací vlákniny bakteriemi v tlustém střevě představují důležitý zdroj energie pro buňky kolonu (části tlustého střeva) a zároveň mohou inhibovat růst rakovinových buněk střevního traktu. Vláknina také zvyšuje pocit sytosti, což je spojováno s nižším indexem tělesné hmotnosti (body mass index, BMI) a může tak pomáhat regulovat tělesnou hmotnost. Snižuje hladinu celkového sérového cholesterolu i LDL-cholesterolu a snižuje vzestup hladiny glukosy v krvi po požití potravy bohaté na sacharidy (Salas-Salvadó et al., 2006).

Kromě všech důležitých makronutrientů obsahují ořechy také významné množství mikronutrientů, z vitaminů např. vitamin E, thiamin (B1), niacin (B3), kyselinu listovou (B9) a některé druhy také vitamin K (tabulka 7). Především mandle jsou bohatým zdrojem α -tokoferolu, který je nejaktivnější formou vitaminu E, zatímco vlašské ořechy obsahují značné množství jeho izomerní formy γ -tokoferolu (Ros, 2010). Vitamin E je významný antioxidant, neutralizuje účinky volných radikálů (ROS) a chrání tak buňky před oxidačním stresem, který zvyšuje rizika onemocnění srdce a některých druhů rakoviny. Vitamin E inhibuje peroxidaci lipidů, agregaci krevních destiček a působí protizánětlivě. Kyselina listová hraje důležitou roli v syntéze nukleotidů, methylaci, genové expresi a syntéze proteinů. Její nedostatek může vést ke kumulaci homocysteinu v plazmě a zvýšení rizika kardiovaskulárních onemocnění. Kyselina listová je ve významných koncentracích obsažena v lískových ořeších a arašidech.

Tabulka 7: Obsah vybraných vitaminů na 100 g hmotnosti plodu (USDA, 2014).

| Ořechy | B1 (mg) | B3 (mg) | B5 (mg) | B6 (mg) | B9 (μ g) | E (μ g) | K (μ g) |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------------|--------------|--------------|
| Arašidy | 0,64 | 12,07 | 1,77 | 0,35 | 240 | 8,33 | - |
| Kešu | 0,20 | 1,40 | 1,22 | 0,26 | 69 | 0,92 | 34,7 |
| Lískové | 0,64 | 1,80 | 0,92 | 0,56 | 113 | 15,03 | 14,2 |
| Makadamové | 1,20 | 2,47 | 0,76 | 0,28 | 11 | 0,54 | - |
| Mandle | 0,21 | 3,32 | 0,47 | 0,14 | 44 | 25,63 | - |
| Para | 0,62 | 0,30 | 0,18 | 0,10 | 22 | 5,65 | - |
| Pekanové | 0,66 | 1,17 | 0,86 | 0,21 | 22 | 1,40 | 3,5 |
| Piniové | 0,36 | 4,39 | 0,31 | 0,09 | 34 | 9,33 | 53,9 |
| Pistácie | 0,70 | 1,37 | 0,51 | 1,12 | 51 | 2,42 | 13,2 |
| Vlašské | 0,34 | 1,13 | 0,57 | 0,54 | 98 | 0,70 | 2,7 |

Obecně jsou ořechy bohaté na minerální látky mangan, hořčík, fosfor a draslík (tabulka 8). Mandle navíc obsahují významné množství vápníku a para ořechy obsahují

značné množství selenu, který je esenciálním kofaktorem glutathion peroxidasy (GPX). GPX neutralizuje nebo eliminuje ROS a předchází tak peroxidaci lipidů a poškození buněk (Alasalvar et Shahidi, 2008).

Tabulka 8: Obsah vybraných minerálních látek na 100 g hmotnosti (USDA, 2014)

| Ořechy | Ca (mg) | Fe (mg) | Mg (mg) | P (mg) | K (mg) | Zn (mg) | Cu (mg) | Mn (mg) | Se (µg) |
|------------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Arašídý | 92 | 4,58 | 168 | 376 | 705 | 3,27 | 1,14 | 1,93 | 7,2 |
| Kešu | 45 | 6,00 | 260 | 490 | 565 | 5,60 | 2,22 | 0,83 | 11,7 |
| Lískové | 114 | 4,70 | 163 | 290 | 680 | 2,45 | 1,73 | 6,18 | 2,4 |
| Makadamové | 85 | 3,69 | 130 | 188 | 368 | 1,30 | 0,76 | 4,13 | 3,6 |
| Mandle | 269 | 3,71 | 270 | 481 | 733 | 3,12 | 1,03 | 2,18 | 4,1 |
| Para | 160 | 2,43 | 376 | 725 | 659 | 4,06 | 1,74 | 1,22 | 1917,0 |
| Pekanové | 70 | 2,53 | 121 | 277 | 410 | 4,53 | 1,20 | 4,50 | 3,8 |
| Piniové | 16 | 5,53 | 251 | 575 | 597 | 6,45 | 1,32 | 8,80 | 0,7 |
| Pistácie | 107 | 4,03 | 109 | 469 | 1007 | 2,34 | 1,29 | 1,24 | 10,0 |
| Vlašské | 98 | 2,91 | 158 | 346 | 441 | 3,09 | 1,59 | 3,41 | 4,9 |

Ořechy obsahují mnoho fenolických sloučenin, včetně ellagové kyseliny, flavonoidů (např. kvercetin a kaempferol) a proanthokyanidů. Fenolické látky jsou podobně jako vitamin E účinnými antioxidanty a chrání tak před degenerativními onemocněními spojenými s oxidačním stresem. Nejvyšší obsah fenolických sloučenin obsahují pekanové a vlašské ořechy. Tyto látky jsou obsaženy ve vnější tenké povrchové slupce ořechů. Ořechy obsahují také karotenoidy, například lutein a zeaxanthin (Alasalvar et Shahidi, 2008).

Ořechy jsou rovněž významným zdrojem fytosterolů, které jsou důležitou součástí rostlinných membrán. Fytosteroly interferují s absorpcí cholesterolu ve střevním lumen a mají tak schopnost snižovat jeho obsah v krvi. Tento efekt může být dán tím, že fytosteroly jsou hydrofobnější než cholesterol a mohou s ním soutěžit o inkorporaci do smíšených micel v trávicím traktu. Cholesterol je tak nahrazován v micelách fytosteroly, což vede ke snížení jeho absorpce cholesterolu a zvýšení jeho fekální exkrece (Segura et al., 2006). Z fytosterolů jsou zastoupeny β-sirosterol, kampesterol a stigmasterol (USDA, 2014).

3.2.2 Zdravotní benefity konzumace ořechů

Z předchozích odstavců je zřejmé, že ořechy jsou komplexní potravinou obsahující mnoho bioaktivních látek, které samy o sobě mohou příznivě ovlivňovat lidskou fyziologii.

Mnoho epidemiologických pozorování a krátkodobých klinických testů prokázalo, že pravidelná konzumace ořechů má pozitivní vliv na mnoho rizikových faktorů spojených s kardiovaskulárním zdravím, jako například na zlepšení profilu krevních lipidů, snižování hladiny cholesterolu, dále redukuje rizika diabetu mellitu 2. typu u žen, vznik žlučových kamenů, zánětů spojených s oxidativním stresem, inzulinové rezistence a pozitivně ovlivňuje endoteliální funkce (Alasalvar et Shahidi, 2008).

Na základě ověřených vědeckých podkladů Úřad pro kontrolu potravin a léčiv (U.S. Food and Drug Administration, FDA) v červenci roku 2003 schválil zdravotní tvrzení, že konzumace ořechů v množství do 42,5 g denně jako součást stravy s nízkým obsahem nasycených mastných kyselin a cholesterolu může pomáhat snižovat riziko ischemické choroby srdeční (FDA, 2003). Mechanismus, kterým pravidelná konzumace ořechů napomáhá prevenci CVD, spočívá v synergickém působení mnoha složek, které se tak podílejí na výsledném efektu (Ros, 2006).

Kardiovaskulární onemocnění (CVD)

Předpokládá se, že příznivý profil mastných kyselin ořechů pravděpodobně přispívá ke kardioprotektivním účinkům jejich pravidelné konzumace (Ros, 2006). Nenasycené mastné kyseliny, ale také antioxidanty, potravní vláknina a arginin hrají roli v ovlivňování zánětu, který je klíčovým procesem při tvorbě aterosklerotických plátů v tepnách a rozvoje ischemické choroby srdeční (Alasalvar et Shahidi, 2008). Jedna ze studií, která se zabývala konzumací ořechů a jejím vlivem na riziko aterosklerózy, prokázala snížení hladiny C-reaktivního proteinu (CRP), interleukinu-6 a fibrinogenu, které jsou používány jako ukazatelé zánětu, které cirkulují v krvi (Jiang et al., 2006). V jiné studii, kde byla konzumace ořechů zahrnuta jako součást středomořské stravy, bylo účastníkům podáváno 30 g ořechů denně po dobu tří měsíců. Ti měli po uplynutí této doby a po vyhodnocení fyziologických faktorů snížené riziko CVD oproti kontrolní skupině (Estruch et al., 2006).

Ořechy, především vlašské ořechy, obsahují α -linolenovou kyselinu, jejíž prospěšný efekt na kardiovaskulární zdraví lze vysvětlit různými mechanismy. Zaprvé ALA interferuje

s agregací krevních destiček, protože inhibuje tromboxan A₂ (typ eikosanoidu), který napomáhá srážení krve a zvyšuje přilnavost krevních destiček. Zadruhé, ALA redukuje tvorbu aterosklerotických plátů tím, že snižuje uvolnění prozánětlivých látek jako jsou adhezivní molekuly a chemokiny z endoteliálních buněk cévní stěny. V neposlední řadě ALA také redukuje hladinu triacylglycerolů (TAG) v krevním séru jako důsledek snížení jaterní sekrece lipoproteinů o velmi nízké hustotě (VLDL) bohaté na TAG (Alasalvar et al., 2008).

Konzumace ořechů a obezita

Kvůli vysokému obsahu energie pocházející především z tuku byly ořechy dlouhou dobu považovány za potraviny, jejichž častá konzumace může vést ke zvýšení tělesné hmotnosti a vzniku metabolických komplikací spojených s rozvojem obezity (Alsalvar a Shadidi, 2008; Ros, 2010). V posledních letech však bylo publikováno množství studií, které konstatují, že pravidelná konzumace ořechů nezvyšuje riziko obezity (Garcia-Lorda et al., 2003; Sabate, 2003) nebo dokonce může vést ke snížení hmotnosti. V druhém případě je tomu tak, jsou-li ořechy zařazeny jako součást stravy s omezeným energetickým příjmem (Wien et al., 2003).

Bylo navrženo několik mechanismů, které mohou být zodpovědné za udržování tělesné hmotnosti či jejího poklesu způsobeného pravidelnou konzumací ořechů. Jeden z nich je založen na skutečnosti, že absorpce energie z ořechů je neúplná, pravděpodobně kvůli vysokému obsahu vlákniny, nebo kvůli struktuře buněčných membrán v buňkách ořechů (Brufau et al., 2006). Mastné kyseliny jsou uzavřeny v buněčných membránách, ve kterých nejsou po konzumaci pohotově dostupné pro trávicí enzymy. Při žvýkání se narušuje pouze první vrstva buněk rozrušeného povrchu, což má za následek nekompletní uvolnění mastných kyselin v tenkém střevě během trávení (Ellis et al., 2004). Coates a Howe (2007) navrhuje druhý možný mechanismus, a to že konzumace ořechů navozuje pocit sytosti, který je způsoben jejich vysokým obsahem vlákniny, proteinů a energie. Poslední možností je skutečnost, že vysoký obsah nenasycených mastných kyselin má pozitivní efekt na metabolismus tuku a jeho ukládání. Vysoký poměr PUFA : SFA a vysoký obsah bílkovin zvyšují termogenezi indukovanou potravinami a oxidaci tuků, což má za následek snížení akumulace tělesného tuku (Brufau et al., 2006).

3.3. Popis vybraných druhů skořápkových plodů

V této kapitole budou popsány jednotlivé druhy skořápkových plodů, které byly vybrány pro stanovení profilu mastných kyselin v experimentální části.

3.3.1 Kešu ořechy

Kešu ořechy jsou plody ledvinovníku západního (*Anacardium occidentale* L.) z čeledi *Anacardiaceae*. Ledvinovník je stálezelený silně větvený strom vysoký až 15 metrů, původem ze severovýchodní Brazílie z oblastí rovníku. Odtud byl rozšířen do mnoha tropických oblastí celého světa, mezi největší pěstitele dnes patří především Indie a Nigérie.

Plody jsou jednosemenné nažky ledvinovitého tvaru, při jejichž dozrávání zduřuje také plodná stopka s květním lůžkem a vytvářejí nepravý plod, takzvané kešu jablko (Valíček et al., 2002). To je 5 až 10 cm velké, žluté nebo červené barvy a na jeho konci visí vlastní plod, uvnitř kterého je chutné bělavé semeno. Jeho hnědozelené z dřevnatělé skořápky obsahují leptavý olej kardol, který dráždí pokožku. Plody se proto nejprve nahřívají v horkém vzduchu nebo se praží, skořápka pak se ručně nebo mechanicky odstraní (Nowak et Schulzova, 2002).

Konzumují se v různých formách (pražené, solené, slazené) nebo se používají jako ingredience do různých potravinářských výrobků. Získává se z nich také lehký kuchyňský olej. Olej získaný ze skořápky se využívá pro přípravu insekticidů nebo antiseptických přípravků, dále například na výrobu trvanlivých laků a barev. Kešu jablko se konzumuje syrové, dužina má sladkokyselou chuť a ovocné aroma, obsahuje také vysoké množství vitamínu C. Používá se na výrobu džemů, nápojů nebo vína (Nowak et Schulzova, 2002).

Složení plodu: 46 % tuku, 15 % bílkovin, 33 % sacharidů. Z vitamínů jsou především významným zdrojem vitamínu B3 a vitamínu K, z minerálních látek zinku a mědi. Z mastných kyselin mají největší zastoupení v celkovém obsahu oleje kyseliny: olejová 57,8 %, linolová 16,5 %, palmitová 9,4 % a stearová 6,4 % (procentuální zastoupení mastných kyselin je přepočítáno ve vztahu k celkovému obsahu oleje, které je v oficiálním zdroji – USDA, 2014 – uváděno v gramech na 100 gramů plodu.).



Obrázek 1: Plody ledvinovníku západního

(Dostupné z <<http://www.nuthealth.org/cashews/>> [11.3.2013])

3.3.2 Makadamové ořechy

Makadamové ořechy, někdy také označované jako queenslandské ořechy, jsou plody stálezeleného stromu makadamie *Macadamia integrifolia* Maiden & Betche z čeledi *Proteaceae*. Tento tropický strom vysoký až 15 m s rozložitou korunou má původ v severovýchodní Austrálii, odkud byl dále rozšířen do mnoha zemí tropického a subtropického pásu. Dnes se mezi největší pěstitele řadí Havajské ostrovy (Valíček, 2002; Nowak et Schulzová, 2002).

Plody jsou kulaté peckovice s tenkou kuželovitou špičkou. Mají hladkou zelenou pokožku (exokarp), která ve zralosti puká, pod ní je hladká velmi tvrdá dřevnatá skořápka (endokarp) uzavírající tučné béžové jádro. Makadamové ořechy obsahují nejvyšší obsah tuků ze všech druhů ořechů, až 76 %, díky čemuž jsou hojně využívány pro výrobu vysoce kvalitního oleje. Mají měkce ořechovitou konzistenci a jemnou chuť a patří mezi jedny z nejdražších ořechů na trhu (Lehari et Colditz, 2002; Valíček et al.2002).

Jádra se konzumují syrová nebo pražená, přidávají se však i do pečiva, dezertů, zmrzlin a jiných potravinářských výrobků. Makadamový olej se kromě potravinářství využívá také pro výrobu kosmetických přípravků. Velmi tvrdé skořápky, ze kterých je velmi obtížné semena vyloupnout bez jejich poškození, jsou vysoce hořlavé a uvažuje se o jejich využití jako o zdroji obnovitelné energie (Alasalvar et Shahidi, 2008). Kvůli vysokému obsahu oleje jsou však ořechy náchylné ke žluknutí (Flowerdew, 1995).

Složení: 76 % tuku, 8 % bílkovin, 14 % sacharidů. Z vitaminů jsou významným zdrojem vitamínu B1 a z minerálních látek manganu, železa a mědi. Z mastných kyselin má největší zastoupení olejová kyselina 57,7 %, palmitolejová 17,1 %, palmitová 8 % a stearová 3,1 % (USDA, 2014).



Obrázek 2: Plody makadamie

(Dostupné z <<http://www.nuthealth.org/macadamias/>> [11.3.2013])

3.3.3 Mandle

Mandle jsou semena plodů stromu mandloně obecné, *Prunus dulcis* (Mill.) D. A. Webb (synonyma: *Amygdalus communis* L., *Amygdalus dulcis* Mill.) patřící do čeledi *Rosaceae*. Mandloň je opadavý strom, až 12 m vysoký, rostoucí v subtropických a teplých oblastech mírného pásu. Pochází ze Střední a západní Asie, kde se také dnes nejvíce pěstuje, a dále ze Středomoří či Kalifornie.

Plodem mandloně je vejcovitá peckovice s ochmýřeným kožovitým oplodím. Pecka (endokarp) obsahuje ploché oválné semeno, jádro zvané mandle. Existuje velké množství odrůd, které se z praktického hlediska rozdělují do několika skupin, z nichž mají největší význam sladké a hořké mandle (Valíček et al., 2002).

Sladké mandle mají uplatnění v potravinářství jako ingredience nebo jako samostatná potravina. Jádra lze oloupat nebo ponechat v hnědém blanitém osemení. Mohou se konzumovat syrová, tepelně upravená či jako mandlové mléko (Flowerdew, 1995). Lisováním

lze připravit jemný olej, který má využití v lékařství a kosmetickém průmyslu (Dlouhá et al, 1997). Hořké mandle mají vysoký obsah glykosidu amygdalinu, který jim dává hořkou chuť a nejsou vhodné ke konzumaci. Používají se však k ochucování pokrmů jako aroma a zdroj oleje (Flowerdew, 1995).

Složení: 50 % tuky, 21 % bílkoviny, 22 % sacharidy. Mandle jsou významným zdrojem vitaminů B3, B9 a vitaminu E a především vápníku a draslíku. Z mastných kyselin mají největší zastoupení kyseliny: olejová 62,7 %, linolová 24,7 %, palmitová 6,2 % a stearová 1,3 % (USDA, 2014).



Obrázek 3: Plody mandloně obecné

(Dostupné z <<http://www.naturephoto-cz.com/sweet-almond-tree-photo-11035.html>> [11.3.2015])

3.3.4 Lískový ořech

Lískové ořechy jsou plody keřů či stromů různých druhů rodu lísky (rod *Corylus*) z čeledi *Betulaceae*. Předpokládá se, že první lísky byly dovezeny do starověkého Řecka z Malé Asie. Dnes roste líska ve své plané formě téměř po celé Evropě a představuje velké množství druhů a jejich odrůd. Nejvíce se pěstují v Turecku, jižní Evropě, Zakavkazsku, Francii a Anglii (Dlouhá et al., 1997).

Odrůdy pěstované pro jejich jádra pocházejí především z druhu líska obecná (*Corylus avellana* L.) a líska velká (*Corylus maxima* Mill.), případně z kříženců mezi oběma druhy

(Valíček 2002; Nesrsta, 2013). Zellské odrůdy, pocházející z druhu lísky obecné, tvoří 5 – 8 m vysoký bohatě rozvětvený keř. Plody jsou pravé oříšky, velikostí a tvarem se velmi liší, mohou být kulovité, hranaté i polodlouhé. Punčoška (listenový obal) je odstálá a kratší nebo stejně dlouhá jako plod, na rozdíl od lísky veliké (Dlouhá et al., 1997).

Kromě přímého konzumu se využívají v potravinářství jako doplněk sladkých jídel a jako ingredience pro výrobu různých cukrovinek. Vyrábí se z nich likér a lisuje lehký stolní olej, který je aromatický a používá se i k výrobě různých kosmetických přípravků (Flowerdew, 1995; Dlouhá et al., 1997).

Složení: 61 % tuku, 15 % bílkovin, 17 % sacharidů. Lískové ořechy jsou významným zdrojem vitaminů skupiny B, především kyseliny listové (B9), vitaminů E a K a minerálních látek manganu, železa a mědi. Z mastných kyselin mají největší zastoupení kyseliny: olejová 74,7 %, linolová 12,9 %, palmitová 9,4 % a stearová 2,1 % (USDA, 2014).



Obrázek 4: Plody lísky obecné

(Dostupné z <<http://www.plantasmallorca.com/otros/205-corylus-avellanaavellanoc-35241.html>> [11.3.2015])

3.3.5 Para ořechy

Para ořechy neboli brazilské ořechy jsou semena plodu stálezeleného stromu juvie ztepilé (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) z čeledi *Lecythidaceae*. Juvie je až 50 metrů vysoký stálezelený strom se vzpřímeným kmenem, který je rozvětvený pouze v horní části.

Pochází z tropických deštných lesů Amazonie a mimo svůj přirozený areál rozšíření se dnes vyskytuje velmi omezeně (Nowak et Schulzová, 2002).

Plodem tohoto stromu je tvrdě dřevnatá kulovitá tobolka o hmotnosti 1 – 2 kg, s pevným vnějším oplodím uzavírajícím průměrně 12 – 22 semen klínovitého tvaru. Semena mají rovněž pevnou skořápku, ve které je uloženo bílé jádro – para ořech. Jádra se konzumují v čerstvém stavu nebo se používají do různých potravinářských výrobků (cukroví, čokoláda, pečivo) a získává se z nich stolní olej užívaný i v parfumerii a k technickým účelům (Valíček at al., 2002; Nowak at Schulzova, 2002). Podobně jako jádra makadamových ořechů, také para ořechy kvůli vysokému obsahu tuku rychle žluknou. Z výživového hlediska je především významným zdrojem selenu (Flowerdew, 1995).

Složení: 67 % tuky, 14 % bílkoviny, 12 % sacharidy. Para ořechy jsou významným zdrojem minerálních látek, vynikají především vysokým obsahem selenu. Dále jsou významným zdrojem fosforu, hořčíku, zinku a manganu (USDA, 2014).



Obrázek 5: Plody (tobolky) juvie ztepilé

(Dostupné z <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/78309/Brazil-nut>> [11.3.2015])

3.3.6 Pekanový ořech

Pekanové ořechy jsou plody stromu ořechovce pekanového (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch z čeledi *Juglandaceae* pocházejícího z povodí řeky Mississippi v USA. Kromě Severní Ameriky (do 45° severní šířky) se pěstuje i v jiných částech s podobnými

podmínkami prostředí, například v jižní Africe a Evropě a v Austrálii. Jedná se o mohutný strom, obykle 20 – 30 m vysoký, s rozložitou korunou připomínající ořešák královský (*Juglans regia*). (Lehari et Colditz, 2002).

Plod, takzvaný americký či puma ořech, je elipsoidní, s tvrdým oplodím uzavírajícím podlouhlé oválné semeno (Valíček et al., 2002). Někteří autoři udávají, že jde o peckovici (Lehari et Colditz, 2002). Pekanové ořechy jsou velmi podobné vlašským ořechům, jejich skořápka je však hladká a jsou válcovitější. Bylo vyšlechtěno více než tisíc různých odrůd, avšak ovoce pochází většinou z planě rostoucích stromů (Valíček et al., 2002).

Konzumují se čerstvé, syrové nebo se používají jako přísada do pokrmů, zejména dezertů a zmrzliny. Lisovaný olej je velmi kvalitní a připomíná tzv. provensálský olej. Pekanové ořechy patří k nejhodnotnějšímu skořápkatému ovoci (Valíček et al., 2002).

Složení: 72 % tuky, 9 % bílkoviny, 14 % sacharidy. Pekanové ořechy jsou dobrým zdrojem vitamínu B1, dále obsahují značné množství manganu, mědi, zinku a fosforu. Z mastných kyselin jsou nejzastoupenější kyseliny: olejová 56,4 %, linolová 28,7 %, palmitová 6,1 %, stearová 2,4 % a α -linolenová 1,4 % (USDA, 2014).



Obrázek 6: Plody ořechovce pekanového

(Dostupné z <<http://www.fs.fed.us/wildflowers/ethnobotany/food/nuts.shtml>>

[11.3.2015])

3.3.7 Piniové oříšky

Piniové oříšky jsou jedlá semena jehličnatých stromů z čeledi *Pinaceae*. Borovice pinie (*Pinus pinea* L.) pochází z Malé Asie a je rozšířena především ve Středomoří. Pinie je až 25 m vysoký stálezelený strom, s charakteristickou rozložitou korunou hříbkovitého tvaru. Jako dekorativní druh je s oblibou vysazován do parků a zahrad v jižní Evropě. V piniových šiškách zrají bílá jedlá semena, která jsou obalena v tuhém osemení, které je nutné před konzumací oloupat (Flowerdew, 2002). Jejich vývojový cyklus je tříletý a otevírají se čtvrtým rokem, kdy se semena uvolňují (Lehari et Golditz, 2002).

Tyto takzvané piniové oříšky se konzumují syrové nebo pražené, přidávají se do cukrářských výrobků, salátů a omáček, například do pesta a jiných pokrmů. Kvůli svému vysokému obsahu tuku semena rychle žluknou. Jsou unikátní ve svém složení mastných kyselin. Obsahují totiž polynenasycené $\Delta 5$ -olefinové kyseliny, které se vyskytují téměř výhradně v jehličnanech a jinanech a tvoří přes 15 % celkového obsahu nenasycených mastných kyselin (Destailats et al., 2010).

Složení: 68 % tuky, 14 % bílkoviny, 13 % sacharidy. Piniové oříšky obsahují ze všech ořechů nejvíce vitamínu K (53,9 $\mu\text{g}/100\text{ g}$), dále obsahují významné množství vitamínu E a B3. Jsou dobrým zdrojem minerálních látek, především manganu a dále fosforu, zinku, železa a mědi (USDA, 2014).



Obrázek 7: Plody borovice pinie

(Dostupné z <<http://www.nuthealth.org/pine-nuts/>> [11.3.2015])

3.3.8 Vlašský ořech

Vlašské ořechy jsou plody stromu ořešáku královského (*Juglans regia* L.). Tyto pomalu rostoucí stromy dosahující výšky 15 – 45 m jsou původem ze Střední Asie až po Balkánský poloostrov, odkud se rozšířily do Středomoří (Flowerdew, 1995). V současnosti je pěstován v mnoha oblastech světa, především v subtropických a teplých oblastech mírného pásu severní polokoule. U nás se nejvíce vyskytuje v severních Čechách a na jižní Moravě (Nesrsta, 2003).

Plodem ořešáku je nepravá peckovice s vnějším zdužnatělým oplodím, pod kterým je vnitřní na povrchu zbrázděná pevná skořápka uzavírající semeno. Existuje mnoho druhů a odrůd ořešáku, které se od sebe odlišují především velikostí a tvarem plodu, tloušťkou skořápky a jinými morfologickými znaky (Hladík et al., 1996). Všechny části rostliny vydávají zvláštní kořenou vůni (Flowerdew, 1995).

Vlašská jádra se konzumují čerstvá i tepelně upravená a mají značné využití v potravinářství. Lze z nich lisovat jemný stolní olej, který se hodí k ochucování pokrmů, ale také k výrobě mýdel, barev a tuší. Polozralé plody se používají na výrobu kompotů, žaludečního likéru či ovocného vína (Lánská a Hlava, 2003).

Složení: 65 % tuky, 15 % bílkoviny, 14 % sacharidy. Vlašské ořechy jsou dobrým zdrojem vitamínu B6 a kyseliny listové. Dále obsahují ve významných množstvích minerální látky jako jsou mangan, měď, fosfor a zinek. Ze všech ořechů vynikají také obsahem polyfenolických sloučenin (především deriváty gallové kyseliny) s výraznými antioxidačními účinky. Z mastných kyselin jsou především významným zdrojem polynenasycených mastných kyselin. Esenciální α -linolenová kyselina tvoří 13,9 % a linolenová kyselina 58,4 % celkového obsahu mastných kyselin. Olejová kyselina je obsažena ze 13,5 %, palmitová 6,7 % a stearová 2,5 % (USDA, 2014).



Obrázek 8: Plody ořešáku královského

(Dostupné z <<http://www.nuthealth.org/walnuts/>> [11.3.2015])

3.4 Metody analýzy mastných kyselin

V současné době se k analýze mastných kyselin lipidů v biologických vzorcích využívají především chromatografické metody. Chromatografické metody jsou založeny na separaci složek mezi dvěma vzájemně nemísitelnými fázemi, z nichž jedna je mobilní a druhá stacionární (Klouda, 2003). Pro oddělování jednotlivých tříd lipidů je obzvláště užitečná metoda tenkovrstvé chromatografie (Thin-Layer Chromatography, TLC) a vysokoúčinné kapalinové chromatografie (High Performance Liquid Chromatography, HPLC). Pro separaci a identifikaci jednotlivých mastných kyselin se pak nejvíce využívá plynová chromatografie (Gas Chromatography, GC), méně častěji potom HPLC s reverzní fází. Ve výzkumu má význam především kombinace výše uvedených analytických metod, například TLC-GC a jejich propojení s hmotnostním spektrometrem jako detektorem (Myher et Kukis, 1995; Ruiz-Rodriguez et al., 2010). Aby bylo možné uvedené metody použít, je nutno přírodní materiál nejprve vyextrahovat (Murray et al., 2002).

3.4.1 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je dnes nejčastěji užívanou metodou pro stanovení profilu a charakterizaci mastných kyselin vzorků různého původu. GC je metoda vhodná pro separaci, identifikaci a stanovení směsí plynů a těkavých látek a organických sloučenin s bodem varu menším než 400 °C. (Sommer, 2000). Vyšší mastné kyseliny obsažené v oleji však musí být před samotnou analýzou převedeny na methylestery procesem zvaným derivatizace. Mastné kyseliny jsou netěkavé látky s omezenou tepelnou stabilitou a převedením na deriváty získávají vyhovující vlastnosti ke GC analýze. Derivatizace zahrnují transesterifikaci mastných kyselin vázaných v lipidech a esterifikaci volných mastných kyselin pomocí kyseliny či bazičky katalyzovaných reakcí pomocí BF₃, HCl, H₂SO₄, methanolickej báze či jiných katalyzátorů. Volné mastné kyseliny s krátkým řetězcem (C2 – C6) mohou být analyzovány bez předchozího převedení na methylestery (Gutnikov, 1995).

Princip a instrumentace GC

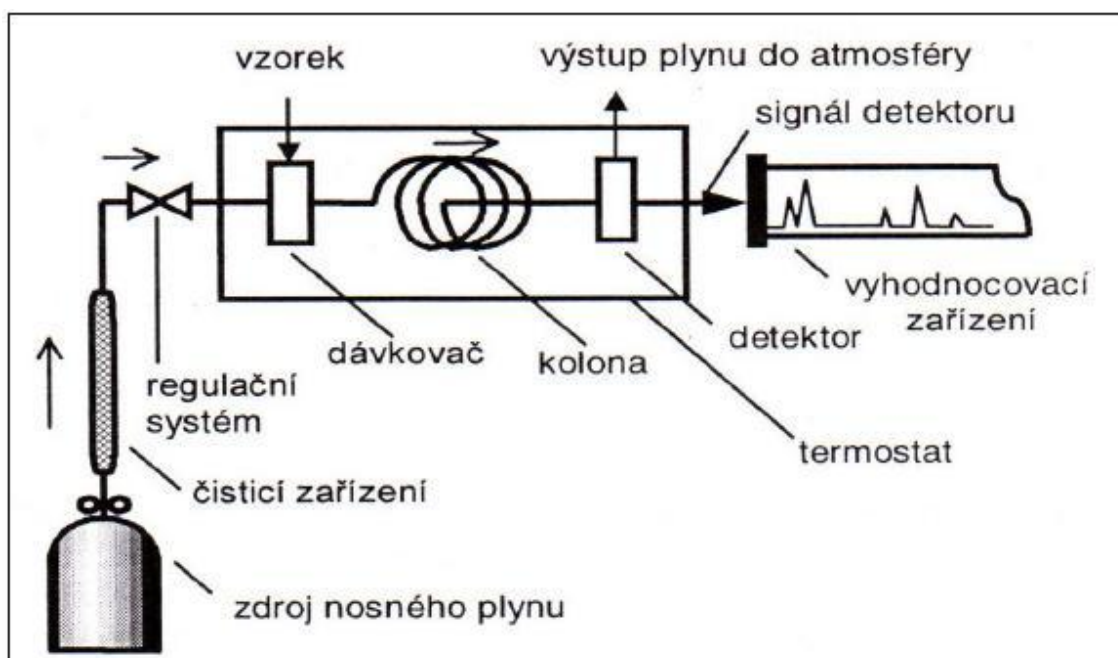
Principem plynové chromatografie je separace složek mezi mobilní (pohyblivou) a stacionární (nepohyblivou) fází. Mobilní fází představuje nosný plyn, který unáší vzorek

kolonou, ve které je uložena fáze stacionární. Nejčastěji se používá eluční technika vnášení vzorku na kolonu po jednorázovém nástřiku na kolonu. Důležitým krokem je v tomto bodě převedení vzorku na plyn. V koloně se jednotlivé složky vzorku separují na základě různých interakcí se stacionární fází a postupně jsou vymývány nosným plynem. Složky vycházející z kolony jsou indikovány detektorem a vyhodnocuje se signál, z jehož časového průběhu a intenzity se určí druh a kvantitativní zastoupení složek. K separaci může docházet při konstantní teplotě nebo při teplotě časově programované. GC se nejčastěji využívá ke kvalitativní i kvantitativní analýze směsí těkavých organických látek (Klouda, 2003).

Základní části plynového chromatografu jsou následující:

- zdroj nosného plynu
- čisticí zařízení a regulační systém
- dávkovač (injektor)
- chromatografická kolona
- detektor
- vyhodnocovací zařízení

Obrázek 9: Schéma plynového chromatografu (Klouda, 2003).



Zdrojem nosného plynu je tlaková láhev obsahující inertní plyn, jehož úlohou je transportovat složky vzorku kolonou. Používají se vodík, dusík, helium nebo argon. Průtok nosného plynu je regulován mechanickými nebo elektronickými regulátory (Sommer, 2003).

Dávkovač (injektor) slouží k dávkování vzorku na začátek kolony, jeho převedení do plynného stavu a vnesení do proudu nosného plynu (Sommer, 2000). K dávkování (nástřiku) se využívají plynotěsné stříkačky nebo obtokové dávkovací kohouty (Klouda, 2003). Rozlišují se různé metody nástřiků.

- nástřik s děličem toku (split injection), který se využívá zejména u koncentrovaných vzorků, kde se musí jeho část s nosným plynem oddělit. Vzorek se po vypaření a smíchání s nosným plynem rozdělí na dvě části, do kolony se dostává jen určitý zlomek nastřikovaného množství a pro vlastní analýzu je tak použita podstatně menší část (obvykle 0,1 – 10 %).
- nástřik bez děliče toku (splitless injection) je vhodný pro relativně velké objemy, které je nutno požit pro stopovou analýzu. Používá se totéž zařízení jako s dělením toku, ale odvod děliče je uzavřen. Používá se při analýze zředěných vzorků v případě přísných požadavků na kvantitativní stanovení komponent vzorku.
- nástřik do kolony (on column), při kterém se vzorek dávkuje do horní části kolony, která je zahřívána na teplotu nižší než je bod varu užitého rozpouštědla. V této části dochází ke kondenzaci vzorku a po následném prudkém zvýšeném teploty se vzorek odpaří (Klouda; 2003; Sommer; 2000).

V chromatografických kolonách je umístěna stacionární fáze, kde nastává separace složek. V GC se užívají kolony náplňové a kapilární. Dle charakteru stacionární fáze se rozlišují stacionární fáze tuhé (v adsorpční plynové chromatografii), nebo kapalné (v rozdělovací plynové chromatografii).

- Náplňové kolony jsou ocelové nebo skleněné trubice o vnitřním průměru 2 až 3 mm a délce 1 až 3 m. Jsou naplněny adsorbenty nebo nosiči pokrytými kapalnou fází. Adsorbenty mohou být silikagel, aktivní uhlí, oxid hlinitý nebo molekulová síta (hlinitokřemičitany). Nosiče kapalné fáze pro rozdělovací chromatografii bývají například na bázi křemeliny (oxid křemičitý), siloxanů, glykolů, silikonů (silikonový olej) a jiné.
- Kapilární kolony jsou většinou vyrobeny z taveného křemene o typické délce 30 m. Vnitřní průměr kolon se pohybuje v rozmezí desetin milimetrů. Jako nosič stacionární

fáze slouží vnitřní stěna kolony, na které je zachycena, a vytváří vrstvu silnou 0,25 až 5 μm . Kapilára může být obalena polyimidovou vrstvou, která zvyšuje pružnost a chrání kolonu před zlomením. Tyto kolony mají vysokou separační účinnost (Klouda, 2003; Sommer, 2000).

Detektory jsou zařízení reagující na změny složení protékající mobilní fáze, které převádí na elektricky měřitelné veličiny. Vysílaný signál je zaznamenáván v závislosti na čase. Základní požadavky na detektor v GC jsou dostatečná citlivost (nízký detekční limit), jeho odezva by měla být lineární funkcí obsahu analytu a vysoká selektivita pro stanovované analyty. Nejpoužívanějšími detektory v GC jsou:

- Tepelně vodivostní detektor (*Thermal Conductivity Detector* – TCD), který je univerzálním a nedestrukčním typem detektoru s menší citlivostí. Sleduje změnu tepelné vodivosti nosného plynu vycházejícího z kolony v prostředí kolem žhaveného vlákna, přes které proudí, změna je vyvolána přítomností separovaných složek analytu. Důležitá je volba nosného plynu, jehož tepelná vodivost se co nejvíce odlišuje od vodivosti analyzovaných složek. Upřednostňuje se vodík a helium před dusíkem. TCD se nejvíce využívá při analýzách anorganických plynů a nízkomolekulárních organických látek.
- Plamenově ionizační detektor (*Flame Ionization Detector* – FID), který je univerzální pro organické sloučeniny, je velmi citlivý na uhlovodíky. Analyt unášený nosným plynem z kolony je spalován ve vodíko-vzduchovém plameni hořícím mezi dvěma elektrodami, mezi nimiž je elektrické pole. Organické látky se v plameni štěpí na radikály, které přechází na ionty zvyšující vodivost plamene, a detektorem probíhá proud úměrný koncentraci organické sloučeniny v nosném plynu. Přítomnost složky zvýší ionizaci a elektrický proud se zvětší. Nejvhodnějším nosným plynem pro FID je dusík. Je velmi málo citlivý pro anorganické páry a plyny.
- Detektor elektronového zachytu (*Electron Capture Detector* – ECD) představuje velmi citlivý detektor na halogenované sloučeniny, je nedestruktivní. Funguje na principu měření intenzity radioaktivního záření. Analyt vycházející z kolony prochází kolem radioaktivního zářiče, který svým zářením β (proud rychlých elektronů) ionizuje molekuly nosného plynu a vyvolá silnou produkci elektronů (ionizační proud). Uvolněné pomalé elektrony jsou zachycovány elektronegativními atomy složek analytu a snižuje se ionizační proud. ECD je také velmi citlivý na sloučeniny s fosforem, sírou, kyslíkem, nitrosloučeniny a jiné sloučeniny.

- V GC má velký význam spojení s metodou hmotnostní spektrometrie (Mass Spectrometry – MS). Pomocí GC je separován vzorek organické látky, dále jsou rozdělené složky v molekulovém separátoru zbaveny nosného plynu a analyzovány hmotnostním spektrometrem, který slouží jako detektor. Ten vzorek převádí na ionizovanou plynnou fázi a vzniklé ionty rozdělí podle hodnoty podílu jejich hmotnosti a náboje m/z . Ionty jsou v MS analyzovány kvadrupólovým analyzátozem nebo iontovou pastí. Významné je spojení GS/MS v analýze a identifikaci neznámých složek směsi. Funguje i jako samostatná analytická metoda, která je rychlá a citlivá, využívaná ke kvalitativní i kvantitativní analýze (Klouda, 2003).

Termostat zajišťuje dostatečně vysokou teplotu dávkovače, kolony a detektoru, aby byl vzorek udržen v plynném stavu. Dávkovač a detektor mají zpravidla vlastní řízené vyhřívání (Klouda, 2003).

Vyhodnocovací zařízení zpracovává signál z detektoru, zakresluje chromatografickou křivku (chromatogram) a provádí její vyhodnocení. V kvalitativní analýze se identifikace neznámé složky dosáhne porovnáním retenčních charakteristik píku se standardem ve stejném separačním systému za stejných podmínek. Poloha píku v chromatogramu odpovídá retenčnímu času (t_R) nebo retenčnímu objemu (V_R) separované složky. Kvantitativní analýza je založena na tom, že plocha píku a jeho výška roste s obsahem složky ve vzorku. Využívá se několik pracovních postupů, kterými jsou metody vnitřní normalizace, absolutní kalibrace, vnitřní standardizace a metoda standardního přípravku (Klouda, 2003; Sommer, 2000).

3.4.2 Praktické aplikace GC

GC patří mezi rozšířené metody organické analýzy. Nachází uplatnění v mnoha oblastech jako je například analýza životního prostředí, kde se využívá ke stanovení plyných a těkavých organických polutantů v ovzduší a ve vodách nebo také ke zjištění pesticidů, herbicidů a insekticidů ve vzorcích půdy a vod. Dále ji lze využít v analýze ropných produktů pro posouzení kvality ropy a jejich destilačních produktů nebo v klinické a toxikologické analýze, například pro sledování obsahů drog v krvi a k analýze některých léčiv (Opekar et al., 2003).

V biomedicínském výzkumu se využívá ke stanovení volných mastných kyselin v krvi. Stanovení profilu mastných kyselin hraje významnou roli v analýze krevních lipidů, ve sledování změn mastných kyselin v krevní plasmě ve vztahu k oxidačním parametrům a pro sledování osudu mastných kyselin z potravin v lidské tkáni (Laakso et al., 2002).

Velký význam má GC také v analýze potravin při objektivním hodnocení chutí a vůní (identifikace silic) nebo při hodnocení kvality potravin (například olivový olej). Analýza mastných kyselin se uplatňuje v mnoha aspektech průmyslu výroby rostlinného oleje. Na základě charakterizace jednotlivých složek lze určit jeho původ a druh, způsob zpracování výchozích surovin či přítomnost složek, které nejsou deklarovány (Lee et al., 1998; Opekar et al., 2003).

Důležité je znát také složení MK z hlediska výživy, především kvůli obsahu MUFA a esenciálních mastných kyselin, neboť změny v jejich složení za využití metabolického inženýrství mohou vést k produkci nových plodin a jejich produktů s optimálním obsahem těchto kyselin (Laakso et al., 2002).

4 Materiál a metodika

4.1 Analyzované druhy suchých skořápkových plodů

Pro analýzu profilu estericky vázaných mastných kyselin v příslušných olejích bylo vybráno osm druhů suchých skořápkových plodů: kešu ořechy, lískové ořechy, makadamové ořechy, mandle, para ořechy, pekanové ořechy, piniové ořechy a vlašské ořechy. (Podrobná charakteristika analyzovaných plodů byla uvedena v kapitole 3.3). Všechny plody byly analyzovány v přírodní formě (nepražené a nesolené).

Plody byly analyzovány ve třech sériích, z nichž každá byla získána ve stejném nákupním místě. Jednotlivé série vzorků byly zakoupeny:

- 1) v prodejně specializované na prodej suchých skořápkových plodů „Diana Company - Svět oříšků“ (Praha-Vinohrady),
- 2) na farmářském trhu v Praze-Suchdole,
- 3) v maloobchodní síti Albert (prodejna Praha-Florenc).

Vzorky byly zakoupeny v termínu říjen – prosinec 2014 bez ohledu na jejich geografický původ a předchozí dobu či podmínky skladování. Stáří vzorků nebylo prodejci specifikováno.

Z každého vzorku analyzovaných plodů byl nejdříve izolován olej extrakcí hexanem za studena. Z každého vzorku oleje byly poté odebrány dva stejně velké podíly pro přípravu methylesterů (viz kapitola 4.3). Analýza methylesterů byla provedena metodou kapilární plynové chromatografie s plamenovým ionizačním detektorem. Celkem bylo analyzováno 24 vzorků suchých skořápkových plodů (každý vzorek extrahovaného oleje byl analyzován ve dvou paralelních stanoveních).

4.2 Extrakce olejů

Z každého zakoupeného balení suchých skořápkových plodů byl odebrán analytický vzorek o celkové hmotnosti > 5 g, který byl poté jemně rozemlet v elektrickém mlýnku. Rozemletý vzorek o hmotnosti přesně 5 g byl kvantitativně převeden do Erlenmeyerovy baňky o objemu 500 ml, bylo přidáno 120 ml hexanu p. a. a 2 g bezvodého síranu sodného. Po důkladném promíchání byla suspenze umístěna na dvě hodiny na laboratorní třepačku nastavenou na nejvyšší výkon. Poté byl vzorek zfiltrován přes filtrační papír s bezvodým síranem sodným do kulaté zábrusové baňky o objemu 250 ml. (Filtrační papír s bezvodým síranem sodným byl předem promyt 20 ml hexanu p. a. do odpadní nádoby kvůli odstranění případných nečistot.) Po zfiltrování roztoku byla baňka a filtrační papír promyt ještě 2 x 20 ml hexanu p. a. Takto připravený roztok byl umístěn na vakuovou rotační odparku při teplotě vodní lázně 40 °C. Po odpaření byly zbytky hexanu odfoukány jemným proudem dusíku po dobu cca 3 minut. Baňka byla ihned po odfoukání pevně zazátkována a uložena do druhého dne v lednici, kdy byla provedena derivatizace vyextrahovaného oleje.

4.3 Příprava methylesterů

Z vyextrahovaného oleje bylo automatickou pipetou odebráno 40 μ l vzorku a převedeno na dno silnostěnné centrifugační zkumavky (vždy ve dvou paralelních stanoveních). Následně bylo přidáno 0,5 ml methanolu p. a. a 0,5 ml methanolátu sodného určeného pro přípravu methylesterů (Supelco Analytical). Zkumavka byla pevně zazátkována a obsah na jejím dně byl lehce protřepán. Poté byla zkumavka umístěna na 1 minutu do vodní lázně o teplotě 75 – 80 °C. Následně byla zkumavka vyjmuta, obsah na dně byl opět lehce protřepán a zkumavka byla vložena zpět do vodní lázně na dobu 3 minut. Po uplynutí této doby byla zkumavka vyjmuta a pokud byl roztok čirý (bez přítomných zbytků nezreagovaného oleje), byla umístěna pod proud studené vody, aby byl její obsah rychle ochlazen. V opačném případě byla zkumavka ponechána ve vodní lázni další 1 minutu a teprve poté ochlazená.

K ochlazenému obsahu bylo přidáno 1,5 ml hexanu pro GC a celý objem zkumavky byl intenzivně protřepán. Poté bylo přidáno 5 ml nasyceného vodného roztoku NaCl a opět důkladně protřepáno. Obsah zkumavky byl odstředěn na centrifuze po dobu 5 minut při 5000 otáčkách za minutu. Automatickou pipetou bylo odebráno 800 μ l vrchní organické fáze

a převedeno do tmavé vialky o objemu 1,5 ml. Vialka se vzorkem byla poté uložena v lednici, GC analýza byla provedena zpravidla tentýž nebo následující den.

4.4 Analýza vzorků metodou plynové chromatografie

Pro analýzu vzorků byl použit plynový chromatograf Agilent Technologies 7890A vybavený autosamplerm, kapilární křemennou kolonou SPB-2560 a plamenno-ionizačním detektorem (FID). Základní parametry přístroje a podmínky GC analýzy jsou uvedeny v tab. 9.

Tabulka 9: Parametry přístroje a podmínky GC analýzy

| | |
|-----------------------|--|
| Chromatograf | Agilent Technologies 7890A |
| Autosampler | G4513A (16 pozic) s injekční stříkačkou Agilent Gold Standard 10 µl |
| Analytická kolona | SPB-2560, 100 m x 0,25 mm i. d., tloušťka filmu 0.2 µ |
| Teplotní program | 140 °C (5 min), nárůst 4 °C/min, 245 °C (20 min) |
| Nosný plyn | helium 5.6, konst. vstupní tlak 50 psi (průtok 1,58 ml/min při 140 °C) |
| Nástřiková komora | teplota 280 °C, objem nástřiku 1 µl, splitovací poměr 1:100 |
| Detektor | teplota 280 °C, průtoky plynů: vodík (6.0) 30 ml/min, vzduch (5.0) 400 ml/min, make-up = dusík (6.0) 25 ml/min |
| Software pro sběr dat | Agilent ChemStation (Revision B.04.02 SP1) |

Jednotlivé methylestery byly identifikovány na základě porovnání retenčních časů analyzovaných sloučenin s retenčními časy standardů (byla použita směs 37 standardů methylesterů mastných kyselin dodávaná pod obchodním názvem Supelco 37 Component FAME Mix). Kvantitativní analýza byla provedena metodou vnitřní normalizace. S využitím příslušného chromatografického softwaru byly sečteny plochy všech detekovaných píků, které se rovnaly 100 %. Na základě velikosti ploch jednotlivých píků bylo pak vypočteno procentuální zastoupení jednotlivých mastných kyselin v analyzované směsi.

4.5 Použité chemikálie

- methanol p.a. (Lach-Ner, Neratovice)
- methanolát sodný 0.5N (Supelco Analytical, Bellefonte, USA)
- směs standardů Supelco 37 Comp. FAME Mix (47885-U)
- hexan p.a. (Lach-Ner, Neratovice)
- hexan pro GC (Lach-Ner, Neratovice)
- nasycený roztok chloridu sodného p. a.
- síran sodný bezvodý p.a. (Lach-Ner, Neratovice)
- plynný dusík 5.0 (Messer Technogas, Praha)

5 Výsledky

U všech analyzovaných vzorků ořechů bylo pro kvantitativní stanovení vybráno celkem 19 methylesterů mastných kyselin na základě jejich opakovaného výskytu mezi různými druhy skořápkových plodů, které bylo možné identifikovat za pomoci retenčních časů standardů. Mezi ně byla dále zařazena jedna látka, která nebyla identifikována za pomoci retenčních časů standardů, avšak její výskyt se opakoval u všech analyzovaných vzorků v přibližně shodném retenčním čase. Tato látka byla označena jako N.I. (neidentifikovaná). Pouze u piniových ořechů byly vybrány navíc ještě tři látky (každá tvořila více než 1 % souhrnné plochy píků), které rovněž nebyly identifikovány. Celkem tedy bylo v každém analyzovaném vzorku stanoveno zastoupení 19 mastných kyselin, které byly identifikovány na základě porovnání s retenčními časy standardů. Retenční časy standardů naměřené za podmínek uvedených v kapitole 4.4. jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Vybrané methylestery mastných kyselin Supelco 37 Mix a jejich retenční časy

| Methylester kyseliny | Retenční čas (min) |
|---------------------------------|---------------------------|
| myristová (14:0) | 19,09 |
| pentadekanová (15:0) | 20,93 |
| palmitová (16:0) | 22,77 |
| palmitolejová (16:1n7) | 24,13 |
| heptadekanová (17:0) | 24,56 |
| cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 25,90 |
| stearová (18:0) | 26,29 |
| elaidová (18:1n9, trans) | 27,09 |
| olejová (18:1n9) | 27,45 |
| linolová (18:2n6) | 29,11 |
| arachová (20:0) | 29,56 |
| γ -linolenová (18:3n6) | 30,33 |
| cis-11-ikosenová (20:1n9) | 30,64 |
| α -linolenová (18:3n3) | 30,97 |
| henikosanová (21:0) | 31,10 |
| cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 32,23 |
| behenová (22:0) | 32,61 |
| arachidonová (20:4n6) | 34,12 |
| lignocerová (24:0) | 35,66 |

Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji jednotlivých druhů ořechů ukazují tabulky 11 – 18. Zvýrazněny jsou v každé tabulce látky, které se vyskytují u různých druhů ořechů v majoritním množství nebo jsou důležité z hlediska lidské výživy (palmitová, stearová, olejová, linolová α -linolenová kyselina).

Obsah olejové kyseliny se pohyboval napříč analyzovanými druhy v rozmezí od $(17,59 \pm 1,74)$ % pro vlašský ořech, do $(80,85 \pm 2,84)$ % pro ořech lískový. Linolová kyselina se pro různé druhy pohybovala v rozmezí od $(1,78 \pm 0,33)$ % (makadamové ořechy) až po $(59 \pm 1,44)$ % (vlašské ořechy). Makadamové ořechy obsahovaly palmitolejovou kyselinu v množství $(20,75 \pm 4,09)$ %, která u jiných druhů nepřesáhla hranici 0,5 %. Vlašský ořech obsahoval α -linolenovou kyselinu v množství $(12,84 \pm 1,74)$ %, která se u jiných druhů vyskytovala v množství maximálně $(1,52 \pm 14)$ % (pekanový ořech). V nejmenším množství byla zastoupena u mandlí, kde zaujímala $(0,04 \pm 0,00)$ % celkového obsahu mastných kyselin.

Celkový obsah nasycených mastných kyselin se mezi druhy pohyboval v rozmezí od $(6,82 \pm 0,56)$ % do $(23,47 \pm 1,26)$ %. SFA byly téměř výhradně zastoupeny kyselinou palmitovou a stearovou. Palmitová kyselina vždy převažovala nad stearovou kyselinou. Nejnižší hodnoty obou těchto kyselin byly nalezeny v oleji z piniových oříšků, kdežto nejvyšší v oleji z para ořechů. Ostatní identifikované mastné kyseliny (nasycené i nenasycené) se vyskytovaly pouze v minoritním množství (≤ 1 %). Výjimky tvořily *cis*-11-ikosenová kyselina u makadamových ořechů $(2,31 \pm 0,40)$ % a piniových ořechů $(1,13 \pm 0,16)$ % a arachová kyselina u makadamových ořechů $(2,71 \pm 0,10)$ %.

U všech vzorků olejů byla identifikována pouze jediná *trans*-mastná kyselina, kyselina elaidová, která je geometrickým izomerem kyseliny olejové. Tato látka se u všech vzorků vyskytovala v zanedbatelném množství ($\leq 0,03$ %). V olejích ze všech analyzovaných druhů skořápkových plodů byla přítomna jedna neidentifikovaná látka, označená v následujících tabulkách jako N.I. pod číslem 10. Tato látka na chromatografickém záznamu následovala bezprostředně po kyselině olejové, v retenčním čase přibližně 27,6 min. V nejmenším množství byla tato látka zastoupena v oleji z piniových oříšků, kde byla přítomna $(0,45 \pm 0,04)$ %, naopak v nejvyšším množství byla detegována u makadamových ořechů $(3,81 \pm 0,40)$ %.

Směrodatná odchylka (SD) v tabulkách 11 – 19 charakterizuje rozptyl od průměrných hodnot a poukazuje na variabilitu v rámci jednoho druhu ořechu. Směrodatné odchylky získané pro hodnoty mastných kyselin při měření duplikátů nepřesáhly hodnotu 0,1 % (data nejsou ukázána)

Tabulka 11: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z kešu ořechů

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| Mastná kyselina | | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|-----------------|---------------------------------|----------|----------|----------|--------|-------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,002 |
| 3 | palmitová (16:0) | 9,22 | 9,36 | 8,87 | 9,15 | 0,25 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,35 | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,01 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,11 | 0,14 | 0,11 | 0,12 | 0,02 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,01 |
| 7 | stearová (18:0) | 8,03 | 9,83 | 8,35 | 8,74 | 0,96 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 60,44 | 57,93 | 61,24 | 59,87 | 1,73 |
| 10 | N.I. | 0,48 | 0,42 | 0,48 | 0,46 | 0,03 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 19,76 | 20,31 | 19,05 | 19,71 | 0,63 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,55 | 0,63 | 0,56 | 0,58 | 0,04 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,18 | 0,16 | 0,18 | 0,17 | 0,01 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 0,18 | 0,19 | 0,17 | 0,18 | 0,01 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | behenová (22:0) | 0,11 | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,01 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,16 | 0,13 | 0,13 | 0,14 | 0,02 |

Z tabulky 11 je patrné že, nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou ve vzorcích oleje z kešu ořechů byla olejová kyselina ($59,84 \pm 1,73$) %, po které svým obsahem následovala linolová kyselina ($19,71 \pm 0,63$) %. SFA byly přítomny v celkovém množství mastných kyselin v průměru z 18,9 %. V celkovém množství nenasycených mastných kyselin převažovaly monoenové kyseliny nad polyenovými. Celkem bylo identifikováno více než 99 % ploch píků.

Tabulka 12: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z lískových ořechů

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| | Mastná kyselina | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|----|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 5,62 | 6,11 | 6,24 | 5,99 | 0,33 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,15 | 0,26 | 0,16 | 0,19 | 0,06 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,01 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,07 | 0,01 |
| 7 | stearová (18:0) | 3,32 | 1,70 | 3,39 | 2,80 | 0,96 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 83,23 | 77,70 | 81,62 | 80,85 | 2,84 |
| 10 | N.I. | 0,94 | 1,54 | 0,95 | 1,15 | 0,34 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 5,93 | 11,81 | 6,81 | 8,18 | 3,17 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,14 | 0,09 | 0,13 | 0,12 | 0,03 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,14 | 0,15 | 0,12 | 0,14 | 0,01 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,09 | 0,01 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 18 | behenová (22:0) | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |

Lískový olej obsahoval kyselinu olejovou v množství $(80,85 \pm 2,84)$ %. Toto množství olejové kyseliny bylo v lískovém ořechu ze všech analyzovaných druhů nejvyšší. Linolová kyselina byla přítomna z $(8,18 \pm 3,17)$ %. Celkový obsah SFA byl stanoven jako $(9 \pm 0,95)$ %. V celkovém množství nenasycených mastných kyselin převažovaly monoenové kyseliny nad polyenovými. Celkem bylo identifikováno více než 98 % ploch píků.

Tabulka 13: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z makadamových ořechů

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| | Mastná kyselina | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|----|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,50 | 0,94 | 0,61 | 0,68 | 0,23 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 8,35 | 8,20 | 8,34 | 8,30 | 0,08 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 17,43 | 19,50 | 25,33 | 20,75 | 4,09 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,03 | 0,03 | 0,10 | 0,05 | 0,04 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 7 | stearová (18:0) | 3,02 | 3,87 | 3,59 | 3,49 | 0,43 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 57,73 | 53,88 | 49,56 | 53,72 | 4,08 |
| 10 | N.I. | 3,40 | 3,82 | 4,20 | 3,81 | 0,40 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 1,98 | 1,97 | 1,40 | 1,78 | 0,33 |
| 12 | arachová (20:0) | 2,82 | 2,64 | 2,65 | 2,71 | 0,10 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 2,39 | 2,66 | 1,87 | 2,31 | 0,40 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,15 | 0,01 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,00 | 0,00 | nd | 0,00 | - |
| 18 | behenová (22:0) | 0,81 | 0,81 | 0,76 | 0,79 | 0,03 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,34 | 0,32 | 0,27 | 0,31 | 0,04 |

V oleji z makadamových ořechů byla stejně jako u předchozích druhů ořechů nejzastoupenější olejová kyselina, ($53,88 \pm 4,08$) %. Po té svým obsahem následovala palmitolejová kyselina, která tvořila ($20,75 \pm 4,09$) % celkového obsahu mastných kyselin. Makadamový olej byl také charakteristický nejvyšším obsahem *cis*-11-ikosenové kyseliny a nasycených mastných kyselin arachové, myristové a behenové. Celkem bylo identifikováno více než 95 % ploch píků.

Tabulka 14: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z mandlí

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| Mastná kyselina | | 1. série | 2. série | 3. série | Průměr | ± SD |
|-----------------|---------------------------------|----------|----------|----------|--------|------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,01 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0)90 | 5,72 | 6,57 | 7,20 | 6,50 | 0,74 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,40 | 0,54 | 0,48 | 0,47 | 0,07 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,01 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,12 | 0,12 | 0,08 | 0,11 | 0,02 |
| 7 | stearová (18:0) | 1,36 | 1,13 | 2,58 | 1,69 | 0,78 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 69,64 | 67,69 | 62,12 | 66,48 | 3,90 |
| 10 | N.I. | 1,31 | 1,64 | 1,16 | 1,37 | 0,25 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 20,86 | 21,72 | 25,88 | 22,82 | 2,69 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,07 | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,01 |
| 13 | γ-linolenová (18:2n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,01 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,00 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 18 | behenová (22:0) | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |

Mandlový olej taktéž obsahoval nejvyšší procentuální zastoupení kyseliny olejové ($66,48 \pm 3,90$) %. PUFA byly zastoupeny téměř výhradně kyselinou linolovou kyselina, která byla obsažena v množství ($22,82 \pm 2,69$) % α-linolenová kyselina byla zastoupena v nejmenším množství ze všech druhů ($0,04 \pm 0,00$) %. Celkově bylo identifikováno více než 98 % ploch píků.

Tabulka 15: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z para ořechů

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| Mastná kyselina | | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|-----------------|---------------------------------|----------|----------|----------|--------|------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 13,52 | 13,84 | 13,39 | 13,58 | 0,23 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,21 | 0,24 | 0,25 | 0,23 | 0,02 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| 7 | stearová (18:0) | 9,22 | 10,55 | 8,50 | 9,42 | 1,04 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 28,64 | 32,27 | 22,50 | 27,80 | 4,94 |
| 10 | N.I. | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,02 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 46,13 | 41,08 | 53,21 | 46,81 | 6,09 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,27 | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,02 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,01 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 0,08 | 0,10 | 0,08 | 0,09 | 0,01 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | behenová (22:0) | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,01 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 |

Tabulka 15 udává, že v oleji z para ořechů byla nejvíce zastoupena linolová kyselina ($46,81 \pm 6,09$) %. Pro tento olej byla charakteristická převaha PUFA nad MUFA, ale také zároveň nejvyšší obsah SFA (v průměru 23,5 %) ze všech stanovovaných druhů. Nasycené kyseliny palmitová i stearová byly zastoupeny ze všech druhů v nejvyšším množství. Celkově bylo identifikováno více než 98 % ploch píků.

Tabulka 16: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z pekanových ořechů

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| Mastná kyselina | | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|-----------------|---------------------------------|----------|----------|----------|--------|------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,00 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 6,39 | 6,46 | 6,32 | 6,39 | 0,06 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,01 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,00 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,05 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,00 |
| 7 | stearová (18:0) | 2,47 | 2,14 | 2,51 | 2,37 | 0,16 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 49,18 | 51,19 | 51,39 | 50,59 | 1,00 |
| 10 | N.I. | 1,15 | 1,20 | 1,01 | 1,12 | 0,08 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 38,42 | 36,37 | 36,49 | 37,09 | 0,94 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,00 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,25 | 0,24 | 0,25 | 0,24 | 0,01 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 1,47 | 1,71 | 1,38 | 1,52 | 0,14 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | behenová (22:0) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |

V oleji z pekanových ořechů byly nejzastoupenějšími složkami olejová (50,59 % ± 1,00) % a linolová kyselina (37,09 ± 0,94) %. Výsledky ukazují mírnou převahu MUFA nad PUFA. K celkovému obsahu přispívala α-linolenová kyselina množstvím (1,52 ± 0,14) %, což je po vlašském ořechu druhé nejvyšší množství mezi jednotlivými druhy. SFA tvořily v průměru 9,1 % celkového obsahu. Bylo identifikováno celkem více než 98 % ploch píků.

Tabulka 17: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z piniových oříšků

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| | Mastná kyselina | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,01 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 4,75 | 4,05 | 4,22 | 4,34 | 0,37 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,00 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,00 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 7 | stearová (18:0) | 2,11 | 1,78 | 1,84 | 1,91 | 0,17 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 25,55 | 19,43 | 20,37 | 21,78 | 3,30 |
| 10 | N.I. | 0,50 | 0,42 | 0,43 | 0,45 | 0,04 |
| 11 | N.I. (linelaidová, 18:2n6, trans) | 2,28 | 2,51 | 2,60 | 2,47 | 0,16 |
| 12 | linolová (18:2n6) | 45,41 | 48,01 | 47,24 | 46,89 | 1,33 |
| 13 | arachová (20:0) | 0,36 | 0,33 | 0,33 | 0,34 | 0,02 |
| 14 | N.I. | 14,19 | 18,41 | 17,61 | 16,74 | 2,24 |
| 15 | γ-linolenová (18:3n6) | nd | nd | nd | nd | - |
| 16 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 1,32 | 1,04 | 1,04 | 1,13 | 0,16 |
| 17 | α-linolenová (18:3n3) | 0,18 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,04 |
| 18 | henikosanová (21:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 19 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,69 | 0,03 |
| 20 | behenová (22:0) | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,00 |
| 21 | N.I. | 1,30 | 1,58 | 1,59 | 1,49 | 0,17 |
| 22 | arachidonová (20:4n6) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 23 | lignocerová (24:0) | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 |

V oleji z piniových oříšků byla v nejvyšším množství přítomna linolová kyselina (46,89 ± 1,33) %, po které následovala olejová kyselina (21,78 ± 3,30) %. Ve významném množství byla obsažena jedna z neidentifikovaných látek, která je v tabulce 17 označena jako N.I. po číslem 14. Tato látka byla přítomna v množství (16,74 ± 2,24) %. V tabulce jsou také zobrazeny další 3 látky (pod čísla 11, 14 a 21), které nebyly určeny, avšak přesáhly hranici 1 %. Olej obsahoval nejnižší množství identifikovaných SFA (v průměru 6,8 %) ze všech analyzovaných druhů.

Tabulka 18: Procentuální zastoupení mastných kyselin v oleji z vlašských ořechů

(nd = nedetekováno, SD = směrodatná odchylka)

| Mastná kyselina | | 1. série | 2. série | 3. série | průměr | ± SD |
|-----------------|---------------------------------|----------|----------|----------|--------|------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 6,61 | 7,00 | 6,04 | 6,55 | 0,49 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,00 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,00 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| 7 | stearová (18:0) | 2,14 | 2,13 | 2,54 | 2,27 | 0,24 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 14,88 | 19,99 | 17,91 | 17,59 | 2,57 |
| 10 | N.I. | 0,82 | 0,83 | 0,85 | 0,84 | 0,02 |
| 11 | linolová (18:3n6) | 59,76 | 57,34 | 59,91 | 59,00 | 1,44 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,00 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,01 |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,18 | 0,20 | 0,16 | 0,18 | 0,02 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 14,87 | 11,78 | 11,96 | 12,87 | 1,74 |
| 16 | henikosanová (21:0) | nd | nd | nd | nd | - |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 |
| 18 | behenová (22:0) | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,00 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |

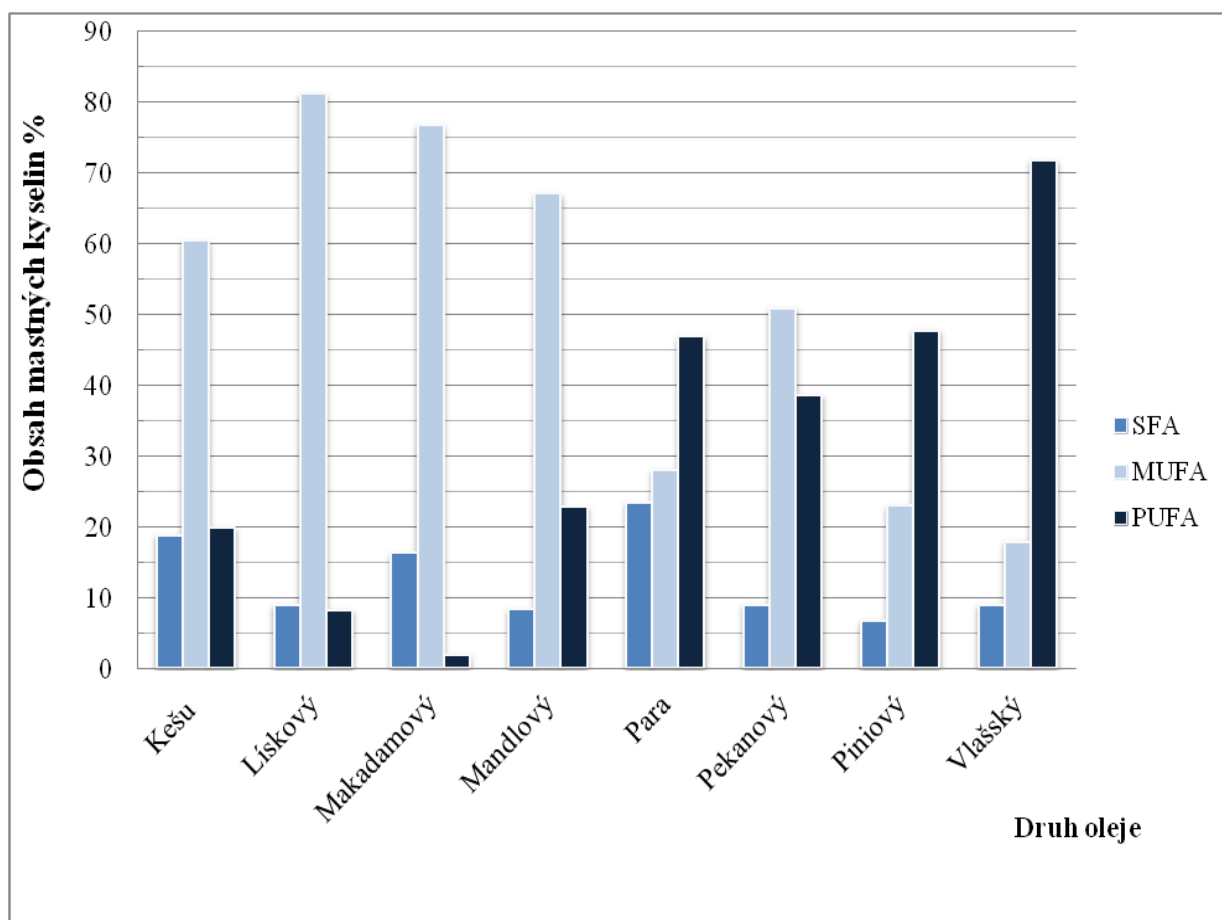
Tabulka 18 ukazuje, že olej z vlašských ořechů obsahoval naprostou převahu PUFA nad MUFA. Nejvyšší množství tvořila linolová ($59 \pm 1,44$) % a α-linolenová kyselina ($12,84 \pm 1,74$) %, které zde byly zastoupeny zároveň v nejvyšším množství ze všech analyzovaných vzorků. Olejová kyselina byla zastoupena pouze ze ($17,8 \pm 2,57$) %. Obsah SFA tvořil v průměru 9 %. Celkem bylo identifikováno 99 % ploch píků.

Přehled průměrného procentuálního zastoupení mastných kyselin v olejích různých druhů ořechů ze sérií 1 až 3 ukazují tabulky 19 a 20. Graf 1 zobrazuje porovnání celkových obsahů nasycených (SFA), monoenoových (MUFA) a polyenoových (PUFA) kyselin a jak se tyto skupiny mastných kyselin lišily v závislosti na druhu ořechu.

Tabulka 19: Průměrné procentuální zastoupení mastných kyselin v olejích z ořechů (série 1 až 3) ± SD (%)

| | Mastná kyselina | Kešu | Lískový | Makadamový | Mandle | Para | Pekanový | Piniový | Vlašský |
|----|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | myristová (14:0) | 0,02 ± 0,00 | 0,03 ± 0,00 | 0,68 ± 0,23 | 0,03 ± 0,01 | 0,05 ± 0,00 | 0,05 ± 0,00 | 0,03 ± 0,01 | 0,03 ± 0,00 |
| 2 | pentadekanová (15:0) | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 |
| 3 | palmitová (16:0) | 9,15 ± 0,25 | 5,99 ± 0,33 | 8,30 ± 0,08 | 6,50 ± 0,74 | 13,58 ± 0,23 | 6,39 ± 0,06 | 4,34 ± 0,37 | 6,55 ± 0,49 |
| 4 | palmitolejová (16:1n7) | 0,35 ± 0,01 | 0,19 ± 0,06 | 20,75 ± 4,09 | 0,47 ± 0,07 | 0,23 ± 0,02 | 0,06 ± 0,01 | 0,07 ± 0,00 | 0,08 ± 0,00 |
| 5 | heptadekanová (17:0) | 0,12 ± 0,02 | 0,04 ± 0,01 | 0,05 ± 0,04 | 0,05 ± 0,01 | 0,07 ± 0,00 | 0,06 ± 0,00 | 0,04 ± 0,00 | 0,04 ± 0,00 |
| 6 | cis-10-heptadecenová (17:1n7) | 0,06 ± 0,01 | 0,07 ± 0,01 | 0,07 ± 0,00 | 0,11 ± 0,02 | 0,02 ± 0,01 | 0,05 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,03 ± 0,00 |
| 7 | stearová (18:0) | 8,74 ± 0,96 | 2,80 ± 0,96 | 3,49 ± 0,43 | 1,69 ± 0,78 | 9,42 ± 1,04 | 2,37 ± 0,16 | 1,91 ± 0,17 | 2,27 ± 0,24 |
| 8 | elaidová (18:1n9, trans) | 0,03 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,03 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 |
| 9 | olejová (18:1n9) | 59,87 ± 1,73 | 80,85 ± 2,84 | 53,72 ± 4,08 | 66,48 ± 3,90 | 27,80 ± 4,94 | 50,59 ± 1,00 | 21,78 ± 3,30 | 17,59 ± 2,57 |
| 10 | N.I. | 0,46 ± 0,03 | 1,15 ± 0,34 | 3,81 ± 0,40 | 1,37 ± 0,25 | 0,89 ± 0,02 | 1,12 ± 0,08 | 0,45 ± 0,04 | 0,84 ± 0,02 |
| 11 | linolová (18:2n6) | 19,71 ± 0,63 | 8,18 ± 3,17 | 1,78 ± 0,33 | 22,82 ± 2,69 | 46,81 ± 6,09 | 37,09 ± 0,94 | 46,89 ± 1,33 | 59 ± 1,44 |
| 12 | arachová (20:0) | 0,58 ± 0,04 | 0,12 ± 0,03 | 2,71 ± 0,10 | 0,07 ± 0,01 | 0,25 ± 0,02 | 0,12 ± 0,00 | 0,34 ± 0,02 | 0,09 ± 0,00 |
| 13 | γ-linolenová (18:3n6) | nd | nd | 0,01 ± 0,00 | nd | nd | 0,01 ± 0,00 | nd | 0,05 ± 0,01 |
| 14 | cis-11-ikosenová (20:1n9) | 0,17 ± 0,01 | 0,14 ± 0,01 | 2,31 ± 0,40 | 0,07 ± 0,01 | 0,07 ± 0,01 | 0,24 ± 0,01 | 1,13 ± 0,16 | 0,18 ± 0,02 |
| 15 | α-linolenová (18:3n3) | 0,18 ± 0,01 | 0,09 ± 0,01 | 0,15 ± 0,01 | 0,04 ± 0,00 | 0,09 ± 0,01 | 1,52 ± 0,14 | 0,22 ± 0,04 | 12,87 ± 1,74 |
| 16 | henikosanová (21:0) | 0,00 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | nd |
| 17 | cis-11,14-ikosadienová (20:2n6) | 0,00 ± 0,00 | nd | 0,00 ± 0,00 | nd | 0,00 ± 0,00 | 0,00 ± 0,00 | 0,69 ± 0,03 | 0,02 ± 0,00 |
| 18 | behenová (22:0) | 0,12 ± 0,01 | 0,02 ± 0,00 | 0,79 ± 0,03 | 0,02 ± 0,00 | 0,05 ± 0,01 | 0,03 ± 0,00 | 0,11 ± 0,00 | 0,03 ± 0,00 |
| 19 | arachidonová (20:4n6) | 0,02 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 | 0,02 ± 0,00 | 0,01 ± 0,00 |
| 20 | lignocerová (24:0) | 0,14 ± 0,02 | 0,01 ± 0,00 | 0,31 ± 0,04 | 0,01 ± 0,00 | 0,03 ± 0,01 | 0,01 ± 0,00 | 0,03 ± 0,01 | 0,01 ± 0,00 |

Graf 1: Porovnání zastoupení skupin mastných kyselin v oleji



Tabulka 19: Průměrné zastoupení mastných kyselin v olejích z ořechů (%)

| Druh ořechu | SFA | MUFA | PUFA | ω -3 PUFA | ω -6 PUFA |
|-------------|------|------|------|------------------|------------------|
| Kešu | 18,9 | 60,4 | 19,9 | 0,2 | 19,7 |
| Lískový | 9,0 | 81,2 | 8,3 | 0,1 | 8,2 |
| Makadamový | 16,3 | 76,9 | 1,9 | 0,1 | 1,8 |
| Mandle | 8,4 | 67,1 | 22,9 | 0,04 | 22,8 |
| Para | 23,5 | 28,1 | 46,9 | 0,1 | 46,8 |
| Pekanový | 9,1 | 50,9 | 38,6 | 1,5 | 37,1 |
| Piniový | 6,8 | 23,0 | 47,8 | 0,2 | 47,6 |
| Vlašský | 9,0 | 17,9 | 71,9 | 12,9 | 59,1 |

6 Diskuze

Výsledky této diplomové práce, která stanovila skladbu mastných kyselin vybraných druhů suchých skořápkových plodů, souhlasí s výsledky publikovanými ve vědecké literatuře. Všechny druhy ořechů obsahovaly převážně monoenové a polyenové mastné kyseliny a v závislosti na druhu ořechu se vyskytovaly rozdíly. Tyto rozdíly byly mezi jednotlivými druhy zvláště výrazné především v obsahu olejové a linolenové kyseliny, které u většiny druhů nejvíce přispívaly k zastoupení celkového obsahu mastných kyselin v oleji.

Ze všech druhů olejů suchých skořápkových plodů vybraných pro tuto diplomovou práci vykázaly nejvyšší obsah olejové kyseliny ve svém složení oleje: lískový (80,9 %) a mandlový olej (66,5 %), olej z kešu ořechů (59,9 %) a dále makadamový olej (53,7 %) a pekanový olej (50,6 %). Linolová kyselina byla nejvíce zastoupena u oleje z vlašských ořechů (59 %), pinových oříšků (46,9 %) a para ořechů (46,8 %). Obě tyto kyseliny jsou důležitou složkou rostlinných olejů a hrají roli v prevenci kardiovaskulárních onemocnění. Lze tedy předpokládat, že i výše uvedené suché skořápkové plody mohou mít kardioprotektivní potenciál, uváží-li se zároveň jejich nízký obsah nasycených mastných kyselin, a u vlašského ořechu zároveň vysoký obsah α -linolové kyseliny.

Venkatachalam et Sathe (2006) porovnávali celkové chemické složení různých druhů ořechů, včetně profilu mastných kyselin v olejích z ořechů, za využití Soxhletovy extrakce a následné analýzy GC-FID. Tito autoři získali pro obsah olejové kyseliny hodnoty 82,9 % (lískové ořechy), 60,9 % (mandle), 61,7 % (kešu ořechy), 58,5 % (makadamové ořechy) a 66,7 % (pekanové ořechy) a pro obsah linolové kyseliny hodnoty 7,6 %, 29,2 %, 16,9 %, 1,8 % a 23,7 %. (ve stejném pořadí). Kim et al. (2013), kteří také porovnávali tyto druhy ořechů, uvádí pro obsah olejové kyseliny hodnoty 77,7 % (lískové ořechy), 69 % (mandle), 58,7 % (kešu ořechy), 61,1 % (makadamové ořechy) a 65,4 % (pekanové ořechy) a pro obsah linolové kyseliny hodnoty 14,5 %, 69 %, 20,3 %, 2,5 % a 25 % (ve stejném pořadí). Ze vzájemného porovnání výsledků obou autorů a této práce plyne, že obsah jednotlivých mastných kyselin v oleji se liší mezi jednotlivými druhy ořechů, ale také v rámci jednoho druhu ořechu.

Vlašský ořech se od ostatních druhů výrazně odlišoval svým vysokým obsahem α -linolenové kyseliny (12,9 %). Výsledek této diplomové práce pro obsah α -linolenové kyseliny je v souladu s autory Venkatachalam et Sathe (2006), kteří získali hodnotu 13,2% a s databází USDA (2014), která udává hodnotu 9,1 g/100 g hmotnosti plodu, po přepočtu

tedy přibližně 13,9 % celkové obsahu mastných kyselin v oleji. V rozporu jsou výsledky Kim et al. (2003), kteří pro α -linolenovou kyselinu získali pouze 3,4 % a naopak detekovali podstatně vyšší množství olejové kyseliny (29 %). Výsledky této diplomové práce potvrdily tvrzení, že vlašský ořech je z výživového hlediska vhodnou potravinou vzhledem k optimálnímu poměru ω -6 : ω -3 esenciálních mastných kyselin (Ros, 2006).

Po vlašském ořechu byl druhým nejvýznamnějším zdrojem α -linolenové kyseliny shledán pekanový ořech v množství 1,5 %. Tato hodnota je nepatrně vyšší než u výše citovaných autorů, kteří stanovili množství 1,2 % (Venkatachalam et Sathe, 2006) a 1,3 % (Kim et al., 2013). Vlašské a pekanové ořechy dostupné na českém trhu lze tedy zhodnotit jako dobrý zdroj α -linolenové kyseliny a linolenové kyseliny. Esenciální α -linolenová kyselina u jiných druhů ořechů analyzovaných v této diplomové práci se pohybovala v rozmezí od 0,04 % (mandle) do 0,22 % (piniové oříšky).

Hodnoty pro obsah α -linolenové kyseliny u různých druhů ořechů se však velmi lišily v pracích výše citovaných autorů. Například Kim et al. (2013) α -linolenovou kyselinu u druhů, které byly vybrány v této diplomové práci, vůbec nedetekovali, kromě vlašského a pekanového ořechu. Naproti tomu v práci od Venkatachalam et Sathe (2006) se vyskytovala v nepatrně vyšších množstvích než udává tato diplomová práce. Obě výše citované výzkumné skupiny využívaly k detekci GC-FID, avšak jiné extrakční metody. Jak již bylo uvedeno, Venkatachalam et Sathe (2006) využívali Soxhletův extraktor, zatímco Kim et al. (2003) volili metodu extrakce při laboratorní teplotě, obdobnou metodě použité v této diplomové práci. Extrakční metoda tedy může být dalším z faktorů ovlivňujících rozdíly ve složení mastných kyselin v rámci druhů. Obsah α -linolenové kyseliny, stejně jako jiných nenasycených masných kyselin, je silně závislý na autooxidačních pochodech, a je proto nutné brát v úvahu také stáří ořechu použitého k analýze, popřípadě podmínky, za kterých byl skladován a popřípadě aplikaci antioxidantů (Miraliakbari et Shadidi, 2008).

Makadamový ořech byl charakteristický podstatně vyšším množstvím monoenoové palmitolejové kyseliny oproti ostatním druhům, a to v množství 20,75 %. Tato hodnota je srovnatelná s výsledky publikovanými pro makadamový ořech, 18,7 % (Venkatachalam et Sathe, 2006) a 17,84 % (Kim et al., 2013). Kaijser et al. (2000) uvádí rozmezí 17 – 34 % pro čtyři různé odrůdy rostoucí na Novém Zélandu. Tito autoři současně potvrdili obsah arachové a *cis*-11-ikosenové kyseliny u makadamových ořechů v množstvích, která jsou srovnatelná s touto diplomovou prací a podstatně převyšují ostatní druhy.

Makadamový olej je tak díky příspěvku palmitolejové a *cis*-11-ikosanové kyseliny také dobrým zdrojem monoenoových mastných kyselin, avšak s výrazně nízkým zastoupením polyenoových mastných kyselin (1,8 %).

Nejvyšší obsah nasycených mastných kyselin vykázal v této diplomové práci para neboli brazilský ořech, a to v celkovém zastoupení 23,5 %. Tato hodnota spadá do rozmezí 23 – 25 %, které pro tento druh ořechu uvádějí výše citovaní autoři (Kim et al, 2013; Venkatachalam et Sathe, 2006) a USDA (2014). Dalšími druhy ořechů, u kterých byly nalezeny relativně vyšší obsahy nasycených mastných kyselin oproti ostatním druhům, byly makadamové (16,3 %) a kešu ořechy (18,9 %). Z hlediska výživy je lze však stále považovat za významné zdroje nenasycených kyselin, především monoenoových.

Na základě retenčních časů standardů byla identifikována u všech druhů *trans*-mastná kyselina, kyselina elaidová (18:1n9). Tato kyselina byla detekována jak v přírodních, tak v pražených lískových ořeších (Amaral et al., 2006), avšak u obou v zanedbatelném množství (0,1%). Možnou přítomnost *trans*-mastných kyselin v přírodních ořeších potvrzují také data z USDA (2014), která udávají hodnotu elaidové kyseliny v přírodních mandlích 0,02 %. *Trans*-mastné kyseliny byly nalezeny také v pražených kešu ořeších (0,7 g/100 g), kde lze však jejich přítomnost vysvětlit pravděpodobným vznikem při jejich pražení v rostlinném hydrogenovaném oleji (Rodrigues et al., 2013). Autoři tvrdí, že i v takovém množství by konzumace 100 g pražených kešu ořechů nepřesáhla limity bezpečnosti dle doporučení WHO.

V této diplomové práci se ve skladbě mastných kyselin opakovaně vyskytovala neidentifikovaná látka následující bezprostředně po kyselině olejové s retenčním časem přibližně 27,6 min, která se ve významném množství vyskytovala především u oleje z makadamového ořechu (3,8 %). Je možné, že se jedná o polohový izomer olejové kyseliny. Na základě porovnání s dostupnou literaturou se domnívám, že může jít o kyselinu *cis*-vakcenovou, která byla identifikována ve studii autorů Kaijser et al. (2000), kde se tato mastná kyselina vyskytovala v množství až 3,6 % celkového obsahu mastných kyselin. *Cis*-vakcenovou kyselinu identifikovali také Amaral et al. (2006) v lískovém ořechu v množství 1,4 %. U studií jiných druhů ořechů se jejím výskytem autoři nezabývali nebo výsledky byly podávány pro skupinu izomerů 18:1 (jako nerozlišené).

Piniový ořech v této diplomové práci obsahoval další tři látky převyšující svým zastoupením 1 % z celkové plochy píků (2,5 %, 16,7 %, 1,5 %), které se nepodařilo

identifikovat. Dle údajů autorů Destailats et al. (2010), kteří se podrobně zabývali skladbou mastných kyselin semen různých druhů rodu *Pinus*, olej z piniových oříšků obsahuje specifickou skupinu Δ^5 -olefinových mastných kyselin s první dvojnou vazbou na 5. pozici od karboxylového uhlíku. Právě tyto látky se u některých druhů vyskytují v různém poměru ve vysokých množstvích (až 20,4 %).

Jak již bylo uvedeno, v případných rozdílech ve složení mastných kyselin hraje roli genetický faktor (druh, odrůda, kultivar) a environmentální faktor (geografický původ, lokalita, klimatické podmínky), ale také stáří produktu a s tím související podmínky skladování. Všechny tyto faktory ovlivňují obsah jak celkového oleje v ořeších, tak složení nutričně významných nenasycených mastných kyselin. Na základě směrodatné odchylky vypočítané pro jednotlivé mastné kyseliny u sérií 1 až 3 vybraných pro tuto diplomovou práci lze říci, že se také v druzích dostupných v ČR vyskytuje variabilita, která může být ovlivněna právě výše uvedenými faktory.

7 Závěr

Tato práce potvrdila, že jednotlivé druhy suchých skořápkových plodů se navzájem liší zastoupením mastných kyselin v olejích. Významné jsou rozdíly zejména v obsahu nutričně významných monenových a polyenových mastných kyselin, jejichž přítomnost ve stravě je spojována s ochranou před rizikovými faktory onemocnění srdce.

Všechny analyzované druhy skořápkových plodů obsahovaly více než 75 % nenasycených mastných kyselin zastoupených především olejovou a esenciální ω -6 linolovou kyselinou. Z ořechů dostupných na českém trhu, zahrnutých v této diplomové práci, byly nejvýznamnějším zdrojem olejové kyseliny lískové ořechy, ve kterých byla olejová kyselina obsažena z 81 % celkového obsahu mastných kyselin. Vlašské ořechy vynikaly významným množstvím kyseliny linolové (59 %) a jako jediné z analyzovaných druhů také esenciální ω -3 α -linolenové kyseliny (13 %). Vlašské ořechy zároveň obsahovaly výhodný poměr (4,5 : 1) těchto esenciálních mastných kyselin, který je významný z hlediska prevence CVD a jiných chronických onemocnění.

V rámci dalšího výzkumu by bylo vhodné se zaměřit na možnosti využití oleje z ořechů jako součásti přírodních výživových doplňků, dále na zvýšení nutriční kvality komerčně prodávaných druhů ořechů a v neposlední řadě na možnosti jejich ochrany před oxidačním působením.

8 Seznam použité literatury

- Alasalvar, C., Shahidi, F. 2008. Tree Nuts: Composition, Phytochemicals and Health Effects. CRC Press. Boca Raton. p. 340. ISBN: 9780849337352.
- Amaral, J. S., Casal, S., Citová, I., Santos, A., Seabra, R. M., Oliveira, B. P. 2006. Characterization of several hazelnut (*Corylus Avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. European Food Research and Technology. 222 (2). 274-280.
- Babička, L. 2012. Průvodce světem potravin. 3. vydání. Ministerstvo zemědělství. Praha. 45 s. ISBN: 9788074340864.
- Bhardwaj, S., Passi, S. J., Misra, A. 2011. Overview of trans fatty acids: Biochemistry and health effects. Diabetes & Metabolic Syndrome. 5 (3). 161-164.
- Brufau, G., Boatella, J., Rafecas, M. 2006. Nuts: source of energy and macronutrients. British Journal of Nutrition. 96 (2). 24-28.
- Coates, A. M., Howe, P. R. 2007. Edible nuts and metabolic health. Current Opinion in Lipidology. 18 (1). 25-30.
- Damodaran, S., Parkin, K., Fennema, O. 2007. Fennema's Food Chemistry. 4th ed. CRC Press. Boca Raton. p. 1160. ISBN: 9780849392726
- Das, U. N. 2011. Essential Fatty Acids – Biochemistry, Physiology and Clinical Significance. In: Molecular Basis of Health and Disease. Springer. London. p. 101 – 151. ISBN:9789400704947
- Destailats, F., Cruz-Hernandez, C., Giuffrida, F., Dionisi, F. 2010. Identification of the Botanical Origin of Pine Nuts Found in Food Products by Gas-Liquid Chromatography Analysis of Fatty Acid Profile. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58 (4). 2082-2087.
- Dlouhá, J., Richter, M., Valíček P. 1997. Ovoce. 1. Aventinum. Praha. 223 s., ISBN 8071517682.

- Ellis, P. R., Kendall, C. W., Ren, Y., Parker, C., Pacy, J. F., Waldron, K. W., Jenkins, D. J. 2004. Role of cell walls in the bioaccessibility of lipids in almond seeds. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 80 (3). 604 -613.
- Estruch, R., Martínez-González, M. A, Corella, D., Salas-Salvadó, J., Ruiz-Gutiérrez, V., Covas, M. I., Fiol, M., Gómez-Gracia, E., López-Sabater, M. C., Vinyoles, E., Arós, F., Conde, M., Lahoz, C., Lapetra, J., Sáez, G., Ros, E. 2006. Effects of a Mediterranean-style diet on cardiovascular risk factors: a randomized trial. *Annals of Internal Medicine*. 45 (1). 1-11.
- FAO/WHO. Expert Consultation on Fats and Fatty Acids in Human Nutrition [online]. Listopad 2008 [cit.2015-03-02]. Dostupné z <http://www.who.int/nutrition/topics/FFA_summary_rec_conclusion.pdf >
- Flowerdew, B. 1995. Ovoce: Velká kniha plodů. Volvox Globator. Praha. 256 s. ISBN 8072070527
- García-Lorda, P., Megias Randil, I., Salas-Salvado, J. 2003. Nut consumption, body weight and insulin resistance. *European Journal of Clinical Nutrition*. 57 (1). 8 -11.
- Gutnikov, G. 1995. Fatty acid profiles of lipid samples. *Journal of Chromatography B*. 671 (1-2). 71- 89.
- Jiang, R., Jacobs D. R. Jr., Mayer-Davis, E., Szklo, M., Herrington, D., Jenny, N. S., Kronmal, R., Barr, R. G. 2006. Nut and seed consumption and inflammatory markers in the multi-ethnic study of atherosclerosis. *American Journal of Epidemiology*. 163 (3). 222-231.
- Kaijser, A., Dutta, P., Savage, G. 2000. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chemistry*. 71 (1). 67-70.
- Kim, J. K., Shin, E.-C., Kim, C. R., Park, G. G., Choi, S. J., Cho, H. Y., Shin, D., H. 2013. Composition of Fatty Acids in Commercially Available Tree Nuts and Their Relationship with Protective Effects against Oxidative Stress-induced Neurotoxicity. *Food Science and Biotechnology*. 22 (4). 1097-1104.

- Klouda, P. 2003. Moderní analytické metody. 2. vydání. Nakladatelství Pavel Klouda. Ostrava. 132 s. ISBN: 8086369072
- Kritchevsky, D. 1990. Protein and atherosclerosis. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*. 36 (2). 81-86.
- Laakso, I., Seppänen-Laakso, T., Hiltunen, R. 2002. Analysis of fatty acids by gas chromatography, and its relevance to research on health and nutrition. *Analytica Chimica Acta*. 465 (1-2). 39-62.
- Lánská, D., Hlava, B. 2003. Vitaminy v kuchyni. KMA levné knihy. Praha. 208 s.
- Lee, D-S., Noh, B.-S., Bae, S.-Y., Kim, K. 1998. Characterization of fatty acids composition in vegetable oils by gas chromatography and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*. 358 (2). 163 -175.
- Lehari, G., Colditz P. 2002. Exotické plody. NS Svoboda. Praha. 95 s. ISBN: 802051032X.
- Miraliakbari, H., Shadidi, F. 2008. Oxidative Stability of Tree Nuts Oils. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 56 (12). 4751-4759.
- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., Rodwell, V. W. 2002. Harperova biochemie. 4. vydání. Nakladatelství H&H. Jinočany. 871 s. ISBN: 8073190133
- Myher, J.J., Kukis, A. 1995. General strategies in chromatographic analysis of lipids. *Journal of Chromatography B*. 671. 3-33.
- Nesrsta, D., Jan, T., Hanč, M. 2013. Drobné ovoce a skořápkoviny. Vydavatelství Baštan. Olomouc. 216 s. ISBN: 9788087091401.
- Nowak, B., Schulzová, B. 2002. Tropické plody. 2. vydání. Knižní klub. Praha. 239 s. ISBN 8024207850
- Opekar, F., Jelínek, I., Rychlovský, P., Plzák, Z. 2003. Základy analytické chemie pro studenty, pro něž analytická chemie není hlavním studijním oborem. UK v Praze. Nakladatelství Karolinum. Praha. 201 s. ISBN: 8024605538.

- Pokora J. Ořechy a oříšky. SZPI [online]. Prosinec 2005 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z <<http://www.szpi.gov.cz/docDetail.aspx?docid=1000404&docType=ART&nid=12072> >
- Rodrigues, A. C., Pereira de Souza, A. H., Matsushita, M., Dias, L. F., Visentainer, J. V., Tonsig, S. M., Evelazio de Souza, N. 2013. Proximate Composition and Fatty Acids Profile in Oleaginous Seeds. *Journal of Food Research*. 2 (1). 109-117.
- Ros, E. 2010. Health Benefits of Nut Consumption. *Nutrients*. 2 (7). 652 -682.
- Ros, E., Mataix, J. 2006. Fatty acid composition of nuts – implications for cardiovascular health. *British Journal of Nutrition*. 96 (2). 29-35.
- Ruiz-Rodriguez, A., Reglero, G., Ibanez, E. 2010. Recent trends in the advanced analysis of bioactive fatty acids. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 51 (2). 305-326.
- Russo, G. L. 2009. Dietary n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids: From biochemistry to clinical implications in cardiovascular prevention. *Biochemical Pharmacology*. 77 (6). 937-946.
- Sabaté, J. 2003. Nut consumption and body weight. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 78 (3). 647-650.
- Salas-Salvadó, J., Bulló, M., Pérez-Heras, A., Ros, E. Dietary fibre, nuts and cardiovascular diseases. 2006. *British Journal of Nutrition*. 96 (2). 45-51.
- Segura, R., Javierre, C., Lizarraga, M. A., Ros, E. 2006. Other relevant components of nuts: Phytosterols, folate and minerals. *British Journal of Nutrition*. 96 (2). 36 -44.
- Simopoulos, A. P. 2002. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 56 (8). 365-379.
- Sommer, L. (ed). 2000. *Základy analytické chemie II*. VUTium. Brno. 347 s. ISBN 8021417420.

- U.S. Department of Agriculture (USDA), Agriculture Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27 [online]. 2014. Dostupné z <<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search>>
- U.S. Food and Drug Administration. [online]. Qualified Health Claims: Letter of Enforcement Discretion – Nuts and Coronary Heart Disease [online]. Červenec 2003 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z <<http://www.fda.gov/Food/IngredientsPackagingLabeling/Labeling/Nutrition/ucm073992.htm>>
- Valíček, P., Hlava, B., Holubová, K., Husák, K., Kokoška, L. 2002. Užitéčné rostliny tropů a subtropů. Academia. Praha. 415. s. ISBN: 8020009396
- Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. Chemie potravin I. 3. vydání. OSSIS. Tábor. 602 s. ISBN 9788086659152
- Venkatachalam, M., Sathe K. S., 2006. Chemical Composition of Selected Edible Nut Seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54 (13). 4705 -4714.
- Wien, M. A., Sabaté, J. M., Iklé, D. N., Cole, S. N., Kandeel, F. R. 2003. Almonds vs complex carbohydrates in a weight reduction program. 2003. International Journal of Obesity. 27 (11). 1365-1372.

9 Seznam použitých zkratek

| | | |
|-------------|---|--|
| AA | Arachidonic acid | Arachidonová kyselina |
| ALA | α -linolenic acid | α -linolenová kyselina |
| CVD | Cardiovascular disease | Kardiovaskulární onemocnění |
| ECD | Electron capture detector | Detektor elektronového záchytu |
| FID | Flame ionization detector | Plamenno-ionizační detektor |
| GC | Gas chromatography | Plynová chromatografie |
| GSX | Glutathione peroxidase | Glutathion peroxidasa |
| HPLC | High performanc liquid chromatography | Vysokoúčinná kapalinová chromatografie |
| LA | Linoleic acid | Linolová kyselina |
| LDL | Low-density lipoprotein | Lipoprotein o nízké hustotě |
| MS | Mass spectrometer/ Mass spectrometry | Hmotnostní spektrometr/ spektrometrie |
| MUFA | Monounsaturated fatty acids | Mononenasyčené/monoenoové mastné kyseliny |
| OLA | Oleic acid | Olejová kyselina |
| PUFA | Polyunsaturated fatty acids | Polynenasycené/polyenoové mastné kyseliny |
| ROS | Reactive oxygen species | Volné kyslíkové radikály |
| SD | Standard deviation | Standartní odchyla |
| SFA | Saturated fatty acids | Nasyčené mastné kyseliny |
| TAG | Triacylglycerol | Triacylglycerol |
| TCD | Thermal conductivity detector | Tepelně vodivostní detektor |
| TLC | Thin-layer chromatography | Tepelně vodivostní detektor |
| VLDL | Very low-density lipoprotein | Lipoprotein o velmi nízké hustotě |