

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Vliv mikrovlnného ošetření na profil mastných kyselin
tuku mandlí**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jan Korous

Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv mikrovlnného ošetření na profil mastných kyselin tuku mandlí." jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za její pomoc při vypracování diplomové práce, za její vedení a velkou trpělivost, ochotu a čas, který mi věnovala

Vliv mikrovlnného ošetření na profil mastných kyselin tuku mandlí

Souhrn

V práci byl zkoumán vliv ošetření na profil mastných kyselin mandlí. Vzorky mandlí byly ošetřeny 3 různými intenzitami a to intenzitou 2,4 kW, 3 kW a 4,2 kW. Nadále byl také zkoumán vliv doby skladování po ošetření a jejich vzájemná závislost. Vzorky se skladovaly po dobu t:0, t:3 měsíce a t: 6 měsíců. Prvním krokem postupu byla extrakce tuku pomocí petroletheru. Po extrakci tuku bylo zapotřebí rozštěpit triacylglycerolu a získat tak methylestery mastných kyselin. Takto získané vzorky se měřily pomocí plynové chromatografie. Výsledky byly identifikovány pomocí FAME mixu. Určené mastné kyseliny poté byly pomocí ploch píků procentuálně vyjádřeny. Jako nejdominantnější mastná kyselina vyšla olejová kyselina, jenž byla zastoupena v každém vzorku z více jak 50 %. Následovala kyselina linolová, jenž se vyskytovala ve dvou izomerech. Jako dominantní masné kyseliny v mandlích tedy vyšly nenasycené mastné kyseliny. Zbytek významných mastný kyselin již bylo nasycených. Hlavními zástupci byla palmitová kyselina a stearová kyselina. Dalším krokem studie bylo statistické vyhodnocení působení vlivů na vzorky. Z výsledků lze usoudit, že nejvhodnější ošetření z hlediska podílu nasycených mastných kyselin je o intenzitě 2,4 kW. V tomto případě byl zjištěn výrazný pokles v jejich zastoupení, který přetrvával i při delší době skladování. Z hlediska nenasycených mastných kyselin lze doporučit intenzitu ošetření 4 kW. Bohužel vzorky takto ošetřené v případě kyseliny olejové nevykazovaly dobrou stabilitu při skladování. Proto by bylo nejvýhodnější použít ošetření 2,4 kW, jenž nejméně narušuje strukturu vzorku.

Klíčová slova: Mandle; mastné kyseliny; mikrovlnné ošetření; tuk.

The effect of microwave treatment on the fatty acid profile of almond fat

Summary

In this thesis, we focus on effect of microwave treatment on the profile of fatty acids. Samples of almond were treated by 3 different intensities and those were 2,4 kW, 3 kW and 4,2kW. The other effect, that was observed was the storage time. The storage time went from 0, to 3 and 6 months. The first step of this process was the extraction of fat by petrolether. After the oil extraction, it was necessary to separate fatty acids from triacylglycerol. Extracted fatty acids were then analysed on gas chromatography. The results were identified by FAME mix. Identified fatty acids were then expressed by percentages according to peak size. The most dominant fatty acid was an oleic acid, which was represented by more than 50 % of total. Then it was linoleic acid, that existed in 2 isomers. From this, we can assume that dominant fatty acids in almonds are unsaturated fatty acids. The rest of the acids were represented by saturated fatty acids. These were palmitic acid and stearic acid. Another step-in analysis was the statistic evaluation. From the results, we can assume that the most appropriate treatment in aspect of saturated fatty acids is at 2,4 kW. In this case, the decrease of fatty acids was significant, and this decrease lasted even during storage time. From the perspective of unsaturated fatty acids, we can recommend treatment by 4 kW, but the samples are not

Keywords: Almond, fatty acids, microwave treatment, fat

Obsah

1	Úvod	5
2	Cíl práce	6
2.1	Hypotéza	6
3	Literární rešerše	7
3.1	Mandloň obecná (<i>Amygdalus communis</i> L.)	7
3.1.1	Mandle	7
3.2	Tuky	7
3.3	Chemické reakce lipidů	8
3.3.1	Oxidace lipidů	9
3.4	Biologický význam lipidů	9
3.5	Mastné kyseliny	10
3.5.1	Mastné kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem	10
3.5.2	Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem	11
3.5.3	Nasyčené mastné kyseliny	12
3.5.4	Nenasycené mastné kyseliny	12
3.5.4.1	Kyselina laurová	12
3.5.4.2	Kyselina myristová	12
3.5.4.3	Kyselina palmitová	12
3.5.4.4	Kyselina stearová	13
3.5.4.5	Kyselina olejová	13
3.5.4.6	Kyselina linolová	13
3.5.5	Esenciální mastné kyseliny	13
3.5.6	Omega-3 mastné kyseliny	14
3.6	Plynová chromatografie	14
3.7	Množství a složení tuku z mandlí	15
3.7.1	Vliv dozrávání jader mandlí na obsah mastných kyselin	16
3.7.2	Vliv doby sklizně mandlí na výtěžek oleje a obsah mastných kyselin	17
3.8	Pražení ořechů	17
3.9	Mikrovlnné záření	18
3.9.1	Účinky mikrovlnného záření na jádra ořechů	18
4	Materiál a metody	20
4.1	Chemikálie	20
4.2	Přístroje a pomůcky	20
4.3	Úprava vzorků	20
4.3.1	Extrakce triacylglycerolu	21
4.3.2	Převedení TAG na methylestery MK	21

4.4	Plynová chromatografie.....	22
4.5	Statistické metody	22
5	Výsledky.....	23
5.1	Zastoupení dominantních mastných kyselin	23
5.2	Palmitová kyselina	24
5.2.1	Čas	24
5.2.2	Ošetření	24
5.2.3	Čas x Ošetření.....	25
5.3	Stearová kyselina.....	27
5.3.1	Čas	27
5.3.2	Ošetření	28
5.3.3	Čas x Ošetření.....	28
5.4	Elaidová kyselina <i>trans-9</i> a <i>trans-11</i>	29
5.5	Olejová kyselina [<i>cis-9</i>].....	29
5.5.1	Čas	29
5.5.2	Ošetření	30
5.5.3	Čas x Ošetření.....	30
5.6	Linolová kyselina [<i>trans-9, trans-12</i>]	32
5.6.1	Čas	33
5.6.2	Ošetření	34
5.6.3	Čas x Ošetření.....	34
5.7	Linolová kyselina [<i>cis-9, cis-12</i>]	36
5.7.1	Čas	37
5.7.2	Ošetření	37
5.7.3	Čas x Ošetření.....	37
6	Diskuze.....	38
6.1	Dominantně zastoupené mastné kyseliny.....	38
6.1.1	Palmitová kyselina	38
6.1.2	Stearová kyselina	38
6.1.3	Elaidová kyselina <i>trans-9</i> a Elaidová kyselina <i>trans-11</i>	39
6.1.4	Olejová kyselina <i>cis-9</i>	39
6.1.5	Linolová kyselina <i>trans, trans-9,12</i>	39
6.1.6	Linolová kyselina <i>cis, cis-9,12</i>	40
7	Závěr	41
8	Seznam literatury.....	42

1 Úvod

Mandle patří mezi potraviny s vysokým obsahem tuku a velmi příznivým složením mastných kyselin. Jedná se převážně o nenasycené mastné kyseliny, které obsahují jednu a více dvojných vazeb. Tuky však podléhají oxidačním reakcím. Tyto reakce se jinak nazývají oxidační žluknutí. Žluknutí jako takové je nežádoucí, jelikož může vést ke ztrátě nutriční hodnoty a tvorbě nežádoucích zápachů a chutí, což se například projevuje změnou složení mastných kyselin. Čím více dvojných vazeb mastné kyseliny obsahují, tím snadněji podléhají oxidaci. Dochází například k přemístění dvojně vazby, anebo jejímu úplnému odstranění.

Oxidace je podporována teplem, světlem a vzduchem a tím nastává problém, že při standartním pražení teplým vzduchem jsou mandle po dlouhou dobu vystaveny vysokým teplotám, jenž za přístupu kyslíku dopomáhají právě oxidaci. Z tohoto důvodu probíhají pokusy směřující k nalezení jiné alternativy ošetření. Jednou z alternativ je ošetření mikrovlnným zářením. Mikrovlnné záření nabízí rychlejší a méně energeticky náročné ošetření, ale stále se zkoumá vliv na stabilitu tuků a mastných kyselin.

Tato práce se zaměřuje právě na vliv mikrovlnného záření na profil mastných kyselin, a to při různých intenzitách ošetření. Rovněž důležitou roli hraje doba skladování v normálních podmínkách, která poukazuje na možnou náchylnost k oxidaci.

2 Cíl práce

Ošetření mikrovlnným zářením lze použít pro hygienizaci suchých skořápkových plodů. Při tomto procesu může docházet ke změnám oxidační a hydrolytické stability ošetřovaných potravin. Cílem diplomové práce je v teoretické části zpracování literární rešerše zaměřené na vliv mikrovlnného záření na stabilitu mandlí a dalších suchých skořápkových plodů vůči žluknutí a s tím související profil mastných kyselin. V praktické části bude sledován vliv mikrovlnného záření na změny profilu mastných kyselin ve vzorcích neloupaných mandlí ošetřených a neošetřených mikrovlnným ohřevem, a to jak ihned po ošetření, tak i v průběhu jejich skladování.

2.1 Hypotéza

Při ošetření mandlí mikrovlnným zářením dochází ke změnám profilu mastných kyselin obsažených v tuku vzorků. Rozsah těchto změn závisí na intenzitě a době expozice. Ošetření mikrovlnným zářením ovlivní i změny profilu mastných kyselin během následného skladování vzorků.

3 Literární rešerže

3.1 Mandloň obecná (*Amygdalus communis* L.)

Menší opadavý strom, dorůstající výšky 4-8 metrů. Koruna má poměrně řídké, šikmo vystoupavé větve, je ploše klenutá nebo trsnatá. Kůra kmene je šedá nebo tmavě hnědá, hluboce brázditá, trhlinami rozdělená do menších plošek. Větve mají nezřídka trny (Haragsim, 2013).

3.1.1 Mandle

Mandle se řadí mezi potraviny s vysokou nutriční hodnotou, a to díky bohatému obsahu několika živin. Mandle jsou skvělým zdrojem magnesia, α -tokoferolů, dobrým zdrojem proteinů, fosforu, mědi a riboflavinů. Energetická hodnota mandlí je vysoká převážně díky obsahu tuků. Ten se pohybuje okolo 25-66 g na 100 g. Za zmínku hlavně stojí složení tuků. Hlavní složku tuků tvoří monoenoové mastné kyseliny, které jsou v tuku zastoupeny z 63,2 % a poté polyenoové mastné kyseliny, zastoupené z 24,7 %. Stejně jako u olivového oleje, je hlavní složkou mastných kyselin mandlí olejová kyselina. Mandle taktéž bohaté na vitamíny, obsahují vitamín E, dále obsahují značné množství vitamínů B, jimž je riboflavin, niacin, thiamin, kyselina pantothenová, pyridoxin a kyselina listová. Dále obsahují polyfenoly, vyznačující se značnou biologickou aktivitou. Mezi ně patří antioxidační, protizánětlivé a glukoregulační účinky. Polyfenoly jsou převážně obsaženy ve slupkách, ale jejich obsah se velmi liší mezi jednotlivými kultivary (Ferreira et al., 2017). Celková produkce mandlí v poslední době velmi vzrostla. V roce 2003 byla celková produkce 1251 miliard tun. V roce 2013 však celková produkce činila již 2917 miliard tun. Většinu světové produkce pokrývají Spojené Státy Americké se 43 % světové produkce (Rabadán et al., 2017).

3.2 Tuky

Tuky a oleje pocházejí z živočišných a rostlinných zdrojů. Živočišné tuky se dělí na nasycené a nenasycené, při pokojových teplotách mají pevné skupenství. Oleje rostlinného původu zastupují převážně nenasycené oleje. Za pokojových teplot jsou v kapalném stavu. Při skladování v nižších teplotách kolem 0 °C již přecházejí do skupenství pevného. Oleje ze zrn a semen zůstávají v kapalném stavu při všech teplotách (Sertori, 2008). Oleje a tuky jsou převážně složeny z triacylglycerolu obecně zastoupeného z 95 %. Doplnují je diacylglyceroly,

monoacylglyceroly a volné mastné kyseliny (Gunstone, 2004). Tuky jsou tedy estery trojsytného alkoholu glycerolu se třemi mastnými kyselinami. Pokud je ke glycerolu esterovou vazbou připojena jediná mastná kyselina, hovoříme o monoacylglycerolu. Esterifikací s dalšími mastnými kyselinami formálně získáváme diacylglycerol a konečně triacylglycerol. Triacylglyceroli se označují jako neutrální tuky, jelikož nemají náboj. Každý ze tří acylových zbytků na jedné molekule tuku může mít různou délku i různý počet dvojných vazeb. Dostáváme tak ohromné množství možných kombinací (Koolman and Klaus-Heinrich, 2012). Dále mohou obsahovat fosfolipidy, volné steroly, estery sterolů, tokoly, alkoholy, uhlovodíky a vitamíny rozpustné v tucích (Gunstone, 2004).

Lipidy můžeme dělit na hydrolyzovatelné, a nehydrolyzovatelné (Koolman and Klaus-Heinrich, 2012). Většina tuků dostává své názvy podle zdroje, z kterého jsou získávány, ale každý tuk/olej má rozhraní fyzikálních, chemických a strukturních parametrů, dle kterých je lze rozeznat. Mezi tradiční fyzikální vlastnosti patří hustota, teplota tání (pokud v pevném skupenství), viskozita a refrakční index. K těmto vlastnostem se ještě musí přidat jejich chromatografické a spektroskopické vlastnosti. Chemické parametry jsou určeny:

- Jodovým číslem (obsah dvojných vazeb)

- Číslem zmýdelnění (obsah veškerých mastných kyselin)

- Hydroxylovým číslem (obsah hydroxylových skupin)

- Číslem kyselosti (obsah volných mastných kyselin)

- Peroxidovým číslem (ukazatel primárních produktů oxidace)

Kompoziční parametry jsou určeny:

- Složením kyselin

- Množstvím triacylglycerolů

- Ostatní látky navázané i nenavázané (Gunstone, 2004)

3.3 Chemické reakce lipidů

Reakce lipidů v potravinách je nezanedbatelná. Jsou schopné upravovat chuť, barvu, texturu, nutriční hodnotu a bezpečnost produktu. Hlavní chemické reakce tuků v potravinách ovlivňuje teplota, ať již přímo či nepřímo. Převážně se jedná o tepelné procesy, kterými může potravin obsahující lipidy procházet. Většina dnes produkovaných potravin prochází nějakou formou tepelné úpravy, například: vařením, pečením, opékáním, pražením, konzervováním, pasterací nebo sušením. Chemické a fyzikální změny v potravinách, ke kterým dochází, jsou ovlivněny složením lipidů a podmínkami ošetření. Například tepelné ošetření bez přítomnosti kyslíku

vede k přímé tepelné degradaci. Při přístupu vzduchu dochází navíc k oxidačním procesům, které jsou pomocí tepla urychleny (Sikorski and Kolakowska, 2010).

3.3.1 Oxidace lipidů

Oxidace lipidů vede k tvorbě široké škály molekul. Tento proces je závažným problémem kvality potravin, jelikož má za důsledek ztrátu nutričních hodnoty. Nadále může oxidace způsobit nežádoucí zápachy a chutě. V důsledku strukturální heterogenity produktů je potřeba použít několik metod pro studium tohoto procesu (Pignitter et al., 2012).

Velká část těchto metod je založena na chromatografii a spektrofotometrii, které však vyžadují ošetření vzorku před použitím metody. Tato ošetření mohou mít za následek chyby vzniklé chybou v postupu nebo znečištěním vzorku kontaminanty, které mohou ovlivnit výsledky (Warner et al., 1995). Jedním z nejčastěji studovaných indikátorů stavu oxidace je peroxidové číslo. Peroxidové číslo poskytuje informace o množství lipidových hydroperoxidů vzniklých v průběhu oxidace. Peroxidové číslo však neposkytuje žádné strukturální informace. Zdravotní účinky hydroperoxidů nejvíce záleží právě na struktuře. Studia dokazují, že konečné produkty oxidace v stravě jsou spojeny s diabetes. Také jsou spojovány s aterosklerózou (Tsujioka et al., 2005).

3.4 Biologický význam lipidů

Ve stravě slouží lipidy jako významný zdroj energie. Z kvantitativního hlediska tvoří nejdůležitější zásobárnu energie živočichů. Lipidové kapénky složené především z neutrálních tuků jsou uloženy ve specializovaných buňkách, adipocytech. Podle potřeby mohou poskytovat mastné kyseliny, které se transportují do tkání a v nich se za přítomnosti kyslíku oxidují na vodu a oxid uhličitý. Přitom se tvoří redukované koenzymy, zužitkovávané v dýchacím řetězci za vzniku ATP (Koolman and Klaus-Heinrich, 2012).

Tuky se také používají jako stavební součásti. Amfipatické lipidy jsou stavebními prvky membrán. Mezi typické membránové lipidy patří fosfolipidy, glykolipidy a cholesterol (Koolman and Klaus-Heinrich, 2012). Některé lipidy nedokáže člověk syntetizovat. Jako esenciální mastné kyseliny a vitamíny rozpustné v tucích patří mezi nepostradatelné součásti výživy (Koolman and Klaus-Heinrich, 2012).

3.5 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny jsou důležitými stavebními součástmi mnohých lipidů. Mezi přirozeně se vyskytující mastné kyseliny patří karboxylové kyseliny s nerozvětveným uhlovodíkovým řetězcem nejčastěji dlouhým od 3 do 24 uhlíků. V tukách a lipidech membrán jsou esterifikovány alkoholy (glycerolem, sfingosinem nebo cholesterolem). Malé množství mastných kyselin zůstává neesterifikovaných, např. v krvi. Označují se jako volné mastné kyseliny. Jelikož mají volné mastné kyseliny výrazně amfipatickou povahu, váží se většinou na bílkoviny (Koolman and Klaus-Heinrich, 2012). Mastné kyseliny se od sebe odlišují na základě jejich chemické struktury. Všechny mají tvar řetězce, na jednom konci zakončené karboxylovou skupinou, na druhé straně hydro karboxylovou skupinou. Mastné kyseliny slouží k chodu alespoň 3 vitálních funkcí. Některé z nich jsou esenciální, proto je tělo musí přijímat v potravě. Mastné kyseliny s krátkým řetězcem slouží převážně k příjmu energie. Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem slouží jako strukturální komponent v membránách buněk. Mastné kyseliny se zřídka vyskytují samostatně, většinou jsou navázány na větší molekuly, jako triglyceridy. V tomto případě se poté hovoří o tuku (Nettleton, 1995).

Mastné kyseliny s krátkým řetězcem mají ve svém řetězci méně jak 8 atomů uhlíku. Mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem obsahují 8 až 12 atomů uhlíku. Za mastné kyseliny s dlouhým řetězcem se považují ty, které mají ve svém řetězci více jak 12 atomů uhlíku. Mastné kyseliny s krátkým řetězcem jsou přímo rozpustné ve vodě a jsou absorbovány ze střeva do krevního oběhu. Po absorpci je větší část přeměněna na energii pro potřeby těla. Největší množství mastných kyselin s krátkým řetězcem se nachází v mléčných produktech (Nettleton, 1995).

Mnoho virů, bakterií a prvoků mají obalovou ochrannou vrstvu tvořenou z lipidů. Stávající výzkum poukazuje na možnost využití mastných kyselin se středním řetězcem a produktů z nich k rozpuštění této ochranné vrstvy, což vede k jejich rozložení. Další studie poukazuje na schopnost kyseliny laurové narušovat zrání a shromažďování virů. Například se testuje vliv mastných kyselin se středním řetězcem na virus HIV (Murray and Pizzorno, 2010).

3.5.1 Mastné kyseliny s krátkým a středně dlouhým řetězcem

Mastné kyseliny s krátkým řetězcem jsou nasycené, mají ve svém řetězci nejméně uhlíků z mastných kyselin. Nemají skoro žádný vliv na cholesterol. Snadno se odpařují za vysokých teplot (O'Brien, 2008). Především se jedná o kyselinu máselnou a kapronovou. Dále podle

stoupajícího počtu uhlíku v řetězci se sem zařazuje kyselina kaprylová. Další kyseliny se již řadí mezi kyseliny se středně dlouhým řetězcem (Fořt a Mach, 2017). Mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem jsou nasycené. Jejich metabolismus a transport je unikátní oproti mastným kyselinám s dlouhým řetězcem. Přímo se transportují do jater a spálí se jako zdroj energie, namísto toho, aby se ukládaly jako tuk. V porovnání s ostatními mastnými kyselinami, které mají 9,2 kalorií/g, mastné kyseliny se středním řetězcem obsahují pouze 8,3 kalorií/g. Laboratorní pokusy na zvířatech i na lidech prokázaly, že se spíše chovají jako uhlovodíky. Nezvyšují úroveň sérového cholesterolu. Jejich estery s glycerolem jsou velmi důležitou součástí výživy sportovců (O'Brien, 2008). Mezi mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem patří: laurová, myristová, palmitová a stearová kyselina. Ve stravě člověka jsou nezbytné, neboť:

Tvoří hlavní část fosfolipidů, které jsou součástí buněčných membrán.

Srdeční sval je využívá jako preferovaný zdroj energie.

Kosterní svaly je také využívají jako zdroj energie.

Zvyšují hladinu HDL cholesterolu.

Kyselina máselná je prevencí rakoviny tlustého střeva.

Kyselina kaprylová je účinných prostředkem proti virům.

Kyselina laurová je účinným prostředkem proti zubnímu kazu a plísním.

Kyselina palmitová a stearová snižují hladinu cholesterolu.

Kyselina stearová působí antiaterogenně a protitrombonicky.

Tyto mastné kyseliny zlepšují vstřebávání kalcia. (Fořt a Mach, 2017)

3.5.2 Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem

Mastné kyseliny s dlouhým řetězcem se běžně vyskytují v lidské potravě. Kolují v krevním oběhu jako komponenty lipidů nebo volně. Ukládají se do tukových tkání. Jsou taktéž přítomny v buněčných membránách (Calder, 2013). Vyskytují se většinou v rostlinných a živočišných olejích. V rybách se nacházejí extra dlouhé mastné kyseliny, které mají více jak 20 atomů uhlíku ve svém řetězci (Mudambi, 2001).

3.5.3 Nasycené mastné kyseliny

Nasycené kyseliny mají jednoduchou vazbu mezi atomy uhlíku v jejich řetězci. Tím pádem jsou nasyceny vodíkem (Mudambi, 2001). Nepodléhají tak snadno reakcím, ať již žádoucím či nežádoucím (Chow, 2007).

3.5.4 Nenasycené mastné kyseliny

Nenasycené mastné kyseliny mají ve svém řetězci jednu či více dvojných vazeb, tudíž nejsou nasyceny vodíkem (Mudambi, 2001). Nenasycené místo s dvojnou vazbou v tucích či olejích je považováno za aktivní místo, které snadno reaguje s kyslíkem. Dochází k autooxidaci. Tato reakce vede k tvorbě primárních, sekundárních a terciálních produktů oxidace. Tyto produkty mohou mít za následek nevhodnost potraviny jenž obsahuje tuk ke konzumaci (Chow, 2007).

3.5.4.1 Kyselina laurová

Kyselina laurová patří mezi mastné kyseliny se středně dlouhým řetězcem obsahujícím 12 uhlíků. Neobsahuje žádnou dvojnou vazbu. Bod tání má při 43 °C (Raymond, 2009). Kyselina laurová vykazuje nejsilnější antimikrobiální účinky z mastných kyselin. Jejím účinkem je oddělení vnější a vnitřní membrány a dezorganizaci cytoplazmy. Výzkum od Skrivánová a dal. (2005) toto tvrzení dokázal na *Clostridium perfringens* (Benjamin, 2016).

3.5.4.2 Kyselina myristová

Nasycená mastná kyselina se 14 uhlíkovými atomy ve svém řetězci. Neobsahuje žádnou dvojnou vazbu. Má hypercholesterolemické vlastnosti. Zvyšuje hladinu LDL cholesterolu (Spiller, 1995). Myristová kyselina je také součástí G proteinu, který se vyskytuje v plazmě membrán. Podílí se na přenosu signálů z extracelulární kapaliny k enzymům uvnitř buňky (Brody, 1999).

3.5.4.3 Kyselina palmitová

Kyselina palmitová patří mezi vyšší nasycené mastné kyseliny. Její řetězec obsahuje 16 atomů uhlíku (Streblová, 2014). Slouží především jako vydatný zdroj energie (Trojan, 2003). Kyselina palmitová se také vyznačuje emulgačními účinky, proto je obsažena v mýdlech (Veit, 2014).

3.5.4.4 Kyselina stearová

Kyselina stearová má ve svém řetězci 18 atomů uhlíku. Jedná se o nasycenou mastnou kyselinu. Mezi její vlastnosti například patří snižování hladiny HDL-cholesterolu (Štejfa, 2007). Kyselina stearová se používá jak v potravinářském, tak v kosmetickém průmyslu. Mezi její vlastnosti patří například emulzní účinek a rovněž zlepšuje konzistenci. Jedním z dalších možných využití je jako biopalivo v teplých oblastech, kde by zůstávala v kapalném složení (Paterson, 2009).

3.5.4.5 Kyselina olejová

Kyselina olejová patří mezi mononenasyčené mastné kyseliny. Řetězec tedy obsahuje jednu dvojnou vazbu, a to na devátém uhlíku. V ořechách se vyskytuje ve velkém množství. Podle několika výzkumů má také pozitivní zdravotní účinky (Quiles et al., 2006).

3.5.4.6 Kyselina linolová

Kyselina linolová se řadí mezi polynenasycené mastné kyseliny. Řetězec obsahuje 18 uhlíkových atomů a 2 dvojně vazby (Ong et al., 1995). Tyto vazby se nacházejí na 9 a 12 uhlíku řetězce. Umístění dvojných vazeb má za příčinu citlivost na autooxidaci (Johnson, 1999).

3.5.5 Esenciální mastné kyseliny

Výzkum esenciálních mastných kyselin udělal obrovský pokrok po objevu plynové chromatografie. Dnes se již jedná o jednu z nejpreciznějších metod v analytické chemii. Přesto jsou analytici nuceni udělat mnohá rozhodnutí již při přípravě analýzy. Rozhodnutí týkající se výběru kolony, teplotního programu, dávkovacího postupu a zpracování dat. Přestože je plynová chromatografie ve většině publikací považována za rutinní záležitost, proto se stává, že přesné návody občas ještě neexistují. Například v případě polynenasycených mastných kyselin, kde dochází k problému s kontrolou oxidace vzorku během čištění a separace. Doporučené postupy pro kalibraci plynové chromatografie jsou popsány v literatuře, ale většinou jen pro kratší řetězce nenasycených mastných kyselin. Přímá aplikace těchto postupů na delší řetězce mastných kyselin může mít za následek nezanedbatelnou chybu. V dnešní době jsou již ustanovené i další metody stanovování mastných kyselin. Nejvšestrannější metodou

je vysokoúčinná kapalinová chromatografie. Používá se jak na analýzu, tak na přípravnou separaci mastných kyselin (Teale, 2006).

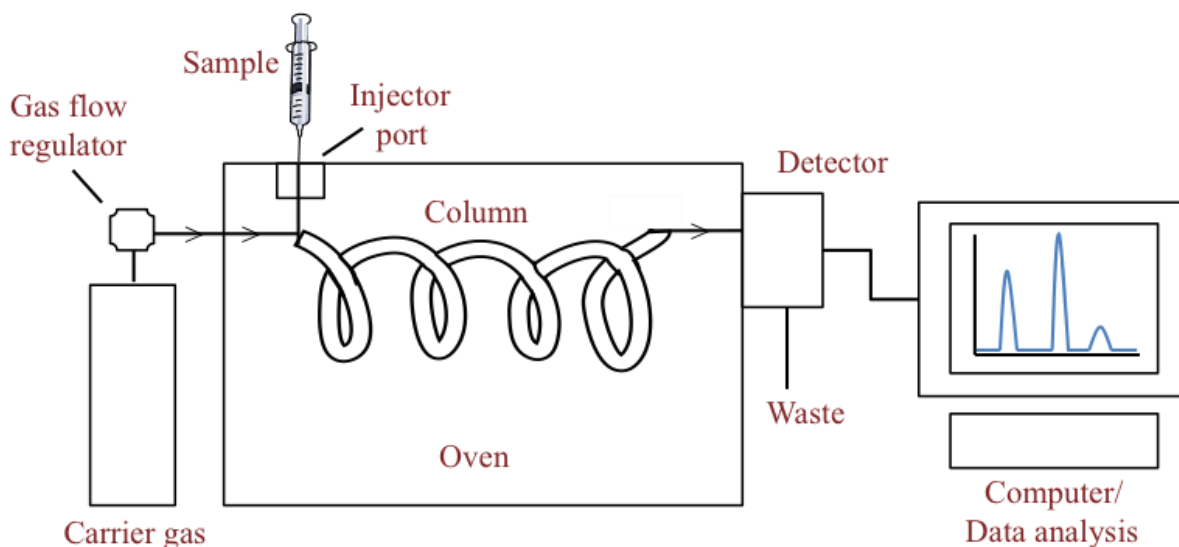
3.5.6 Omega-3 mastné kyseliny

Omega-3 mastné kyseliny mají 3,4,5 anebo 6 dvojných vazeb ve svém řetězci složeném z 18,20 a 22 uhlíkových atomů. Jako u většiny přírodně produkovaných mastných kyselin, tak i omega-3 dvojně vazby jsou v konfiguraci *cis*. Uhlíkatý řetězec mění svůj směr s každou dvojnou vazbou, takže je spirálovitě stočena namísto rovného řetězce. Jsou hlavní 3 typy omega-3 mastných kyselin obsažených v jídle a využívaných člověkem. Jedná se o alfa-linoleovou kyselinu (C-18:3), kyselinu eikosapentaénovou (C-20:5) a kyselinu dokosahexaénovou (C-22:6). Alfa-linoleová kyselina se převážně nachází v zelených rostlinách a je dobře dostupná v jedlých olejích namísto dalších 2 mastných kyselin (Teale, 2006).

3.6 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie je unikátní a všestranná technika. V počátcích jejího vývoje byla používána pro analýzu plynů a odpařených par u velmi těkavých látek. Pouze až pokrok v této technologii umožnil použití analytických technik, které revolucionizovaly chemické separace a analýzu vzorků. Plynová chromatografie může být použita pro přímou separaci a analýzu plynných vzorku, kapalných roztoků a těkavých pevných látek. Pokud vzorek, který má být analyzován není těkavý, lze využít techniky derivatizace nebo pyrolýzy, umožňující použití plynové chromatografie. Pyrolýzu lze definovat jako tepelnou transformaci sloučeniny na jinou sloučeninu, či sloučeniny. Většinou probíhá za nepřítomnosti kyslíku. V moderní pyrolýze je rozkládání vzorku kontrolováno. Je založena na rozkladu vzorku pomocí tepla na několik těkavých produktů, které jsou charakteristické pro původní látku. Celý přístroj je popsán na obrázku 1 (Grob and Barry, 2004).

Obrázek:1



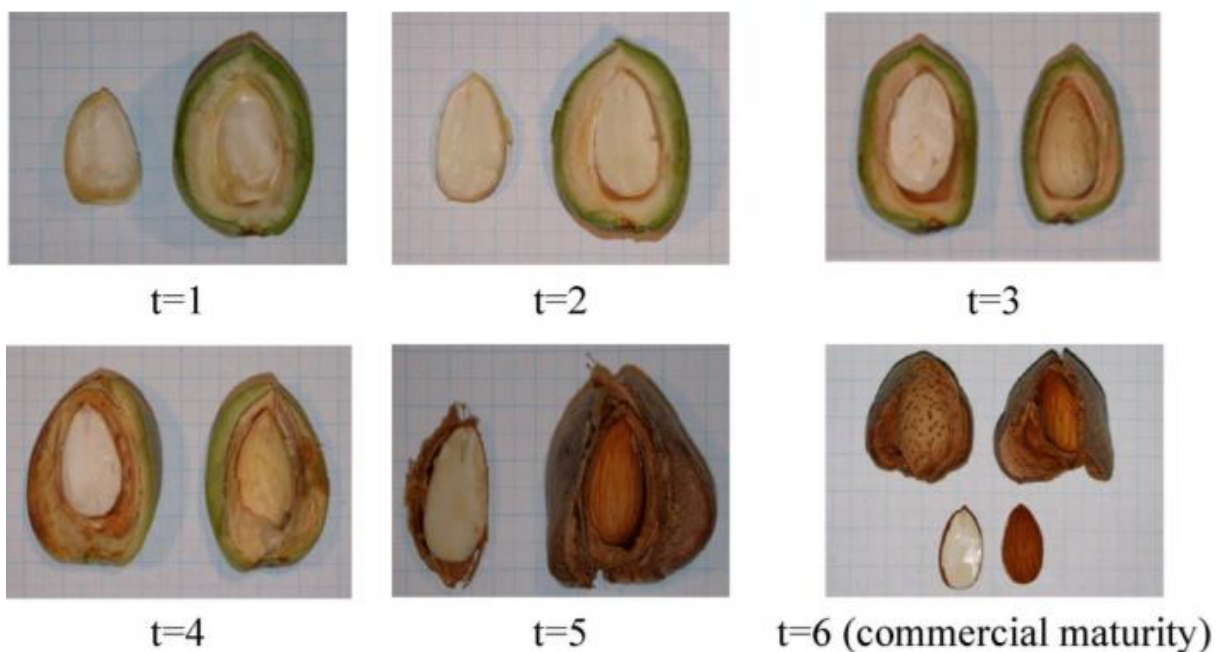
3.7 Množství a složení tuku z mandlí

Díky neočekávaně vhodným klimatickým podmínkám v Srbsku byla schválena studie Čolić et al. (2017), jenž zjišťovala množství oleje a obsah mastných kyselin u mandlí. Byly také použity různé kultivary mandlí z různých míst světa. Rozhraní získaného tuku se pohybovalo mezi horní hranicí 62,86 % a dolní hranicí 36,30 %. Celkem bylo identifikováno 16 mastných kyselin. Z těchto 16 byly nejvíce zastoupeny kyselina olejová, linolová, palmitová a kyselina stearová v sestupném pořadí. Ve většině vzorků tyto 4 mastné kyseliny tvořili 99 % celkového obsahu mastných kyselin. Nenasycená mastná kyselina olejová byla průměrně zastoupena v největším množství a to ze 69,86 %. Kyselina linolová byla průměrně zastoupena z 21,83 %. Palmitová kyselina byla zastoupena již jen z 5,48 % a kyselina stearová z 1,90 %. Množství se také dosti lišilo podle regionu, ve kterém byly mandle pěstovány. Například kyselina olejová se pohybovala podle různých regionů v rozmezí od 63,14 % až do 77,37 %. Linolová kyselina od 15,57 % do 28,69 %. Kyselina palmitová se vyskytovala v rozhraní od 4,68 % až do 6,48 % a kyselina stearová od 1,45 % do 2,56 %. Toto studium potvrdilo, že výběr kultivarů je velmi důležitý, jelikož klimatické podmínky v Srbsku nejsou pro některé z nich vhodné. Studium dokázalo možnost pěstovat mandle v Srbsku, a to v podobné kvalitě jako v jiných zemích. Podle výzkumu Askin et al. (2007) provedeného ve Španělsku, se však množství tuku v mandlích pohybuje od 40 % do 67 %, což hranici posouvá výše. Hlavní zastoupenou mastnou kyselinou je kyselina olejová, která je zastoupena v rozhraní 50-80 %. Nadále kyselina linoleová, jenž je obsažena z 11-37 %, kyselina palmitová 5-16 % a kyselina stearová 1-4 %. Takovéto zastoupení podporuje výzkum provedený Rabadán et al. (2017), jenž prováděl měření mastných kyselin

na několika odrůdách mandlovníků pěstovaných ve Španělsku. Množství naměřeného tuku v mandlích bylo minimálně 46,98 % a maximálně 57,5 %. U těchto odrůd se pohybovalo množství kyseliny olejové od 64,74 % až do 73,7 %. Kyselina linoleová byla naměřena v hodnotách od 15,71 % do 24,48 %, kyselina palmitová od 6,28 % do 8,04 % a kyselina stearová od 1,87 % do 3,36 %. Podle jiné studie provedené Özcan et al. (2011) je kyselina olejová dominantní mastnou kyselinou v mandlích. Procentuálně byla zastoupena od 72,5-79,9 %, následována kyselinou linoleovou, která se vyskytovala v rozmezí 13,52-19,77 %.

3.7.1 Vliv dozrávání jader mandlí na obsah mastných kyselin

Tuk je jednou z hlavních složek suchých jader mandlí. Množství tuku se pohybuje za hranicí 50 %. Pokus začal v listopadu roku 2012 a byl ukončen v únoru roku 2013. První měření proběhlo 74 dní po odkvětu. Poté každé další měření proběhlo po 20 dnech. Viz obrázek 2. obrázek:2



Hlavní období vzniku mastných kyselin bylo v $t=2$, což odpovídá době mezi 95-115 dnem po odkvětu. Po této době již docházelo ke konstantnímu nárůstu tuků o 0,57 %. Změny v množství mastných kyselin zahrnují také jejich vzájemné poměry. Například kyselina olejová zvyšovala své zastoupení v průběhu dozrávání až do maximálního množství 63 % z celkového tuku. Kyselina linolová však dosáhla svého maxima již v $t=2$ a snižovala své procentuální zastoupení až do $t=5$. Následně již zůstala konstantní. Závěrem pro zlepšení výsledku je dostatečné hnojení a závlaha mezi 95 a 115 dnem po odkvětu (Zhu et al., 2017).

3.7.2 Vliv doby sklizně mandlí na výtěžek oleje a obsah mastných kyselin

Obsah oleje a bioaktivní vlastnosti byly zkoumány u zrajících mandlí v intervalech po 10 dnech. První sklizeň proběhla 26.7, druhá 5.8, třetí 14.8, čtvrtá 23.8 a pátá proběhla 11.9. Při první sklizni se množství získaného oleje průměrně pohybovalo kolem 46,2 g/100 g. U druhé sklizně došlo k nárůstu v množství získaného oleje na průměrnou hodnotu 51,3 g/100 g. Třetí sklizeň se také projevila pozitivně na zisk oleje, který se pohyboval kolem 55,0 g/100 g. Čtvrtá a pátá sklizeň však již pozitivní přírůstek nepřinesla. Množství oleje získaného během čtvrté sklizně bylo pouhých 51,6 g/100 g a u páté sklizně došlo ještě k drobnému poklesu na 51,5 g/100 g. Množství mastných kyselin bylo také ovlivněno dobou sklizně, a to u těchto 3 kyselin: palmitové kyseliny, kyseliny olejové a u kyseliny linolové. Kyselina palmitová v průběhu doby sklizně v procentuálním zastoupení klesala z 5,62 % u první sklizně až na 5,04 % u páté sklizně. Kyselina olejová v průběhu sklizně vykazovala nárůst, v první sklizni byla zastoupena z 71,98 % a v době páté sklizně již 78,68 %. Kyselina linolová však v průběhu sklizně vykazovala pokles ve svém zastoupení. Při první sklizni byla zastoupena z 17,65 % a při páté sklizni 12,2 %. Kyselina alfa-linolenová vykazovala kolísání během sklizně, ale byla zastoupena v minimálním množství spolu s ostatními mastnými kyselinami. Jejich obsah nepřesáhl 1 % (Matthäus et al., 2018).

3.8 Pražení ořechů

Podle výzkumu od Bai et al. (2017) pražení ořechů může způsobit úpravu chemického složení. Tato změna může ovlivnit také jejich pozitivní zdravotní účinky. Ořechy jsou většinou bohaté na nenasycené mastné kyseliny, které jsou prospěšné pro lidský organismus. Nenasycené tuky jsou však náchylné na tepelnou úpravu, mohou následně podléhat snadněji žluknutí. Kyselina olejová a linolová patří k dalším ukazatelům kvality ořechů. Pokud je jejich množství nízké, zhoršuje se oxidativní stabilita tuků, výzkum zjistil, že mastné kyseliny jsou ovlivněny teplotou a dobou pražení. Pražení za teploty 110 °C po jakoukoliv dobu neovlivnilo volné mastné kyseliny v jádrech oproti nepraženým jádrům. Při teplotě 120 °C se množství volných mastných kyselin zvýšilo. Pražením za teploty 150 °C se podíl volných mastných kyselin ještě zvýšil, ale jen při pražení po dobu delší než 5 minut. Ve výsledku však pražení neovlivnilo složení mastných kyselin. Jedinou výjimkou byla kyselina olejová, jejíž množství pokleslo při teplotách

150 °C, a to jak u doby trvání pražení 5 minut, tak i 10 minut. Zvýšení počtu volných mastných kyselin je v tomto výzkumu připisováno porušení buněk důsledkem pražení a snadnějšímu přístupu enzymu. Studie však nezjistila o který enzym se jedná. Poukazuje však, že některé enzymy obsažené v ořeších jsou odolné vůči vysokým teplotám. Podle studie od Djikeng et al. (2018) které zkoumalo vliv standardního pražení horkým vzduchem na kvalitu a stabilitu lipidů nedoporučuje toto ošetření za vhodné z důvodu přílišného ovlivnění stability a kvality.

3.9 Mikrovlnné záření

Mikrovlny jsou součástí elektromagnetického spektra mezi rádiovou frekvencí a infračervenou oblastí. Rozhraní frekvence se pohybuje kolem 300 MHz až do 300 GHz. Nejčastěji používaná frekvence v domácnostech je 2450 MHz. V průmyslu se používá nejčastěji frekvence 915 MHz (Horikoshi, 2017). Elektromagnetická radiace je pole, které propaguje energii za stálé rychlosti. Mikrovlnná energie sama o sobě nabízí spoustu výhod při ošetřování potravin. Nabízí možnost úspory energie a času při transformaci a uchování potravin a omezení ztrát na kvalitě (Regier et al., 2016).

3.9.1 Účinky mikrovlnného záření na jádra ořechů

Pokus vznikl dle výzkumu provedeného El-Badrawy, El-Zainy, Shalaby a El-Sayed z roku 2007, který porovnával vliv mikrovlnného a standardního pražícího postupu při pražení arašídových semen. Porovnávalo se chemické složení, obsah minerálních látek, jednotlivé aminokyseliny, oligosacharidy a také složení mastných kyselin u arašíd ošetřených mikrovlnným zářením a u těch, které byly praženy standardním způsobem. Výsledky poukázaly na fakt, že ošetření mikrovlnným zářením je vhodnější, než klasické pražení v případě chemického složení a obsahu minerálních látek. Navíc mikrovlnné záření zlepšilo biologickou hodnotu a účinný poměr bílkovin více než standardní pražení. Mikrovlnné záření nezpůsobilo žádné závažné změny v chemickém složení v oleji z arašíd. Také se prokázalo, že mikrovlnné záření dobře zachovává původní vlastnosti arašídového oleje. Množství *trans* mastných kyselin při ošetření mikrovlnami byl nižší než u standardně pražených. Studie od Megahed z roku 2001 nedoporučuje používání mikrovlnného záření z důvodu urychlení tvorby nežádoucích a škodlivých látek (oxidační procesy, změna pigmentu), spolu s tmavnutím oleje (Regier et al., 2016). Výzkum Uquiche et al. (2008) byl proveden na jádrech lískových ořechů ošetřených

mikrovlnným zářením. Toto studium prokázalo pozitivní efekt na kvalitu tuku oproti tuku získaném z neošetřených ořechů. Ořechy ošetřené mikrovlnným zářením vykazovali vyšší oxidativní stabilitu. Důvodem byla inaktivace oxidativních enzymů ošetřením a nižší množství nenasycených mastných kyselin. Například u kyseliny linoleové došlo důsledkem ošetření k poklesu z 7,16 % na 5,84 %. Další studie od Hojjati et al. (2015) se zabývala porovnáním vlivů pražení a mikrovlnného záření na pistácie. Z výsledku vyplívá, že pražení horkým vzduchem má nežádoucí účinky na obsah nenasycených mastných kyselin. Docházelo k poklesu až o 11,1 %. V případě ošetřování mikrovlnným zářením byl pokles výrazně menší. Při výkonu 480 W docházelo k poklesu o 2,9 % a o 4,8 % při výkonu 640 W. Avšak při delším ošetření se zvyšovalo zastoupení palmitové kyseliny na úkor olejové a linolové kyseliny. Celková podíl nenasycených a nasycených mastných kyselin je u pražení horkým vzduchem 2,95 a u pistácií ošetřených mikrovlnným zářením 3,48. Studium tedy doporučuje mikrovlnné záření jako vhodnou metodu pro zpracování pistácií. Výzkum od Juhaimi et al. (2018) vliv mikrovlnného záření na jádra meruněk. Jádra meruněk mají podobné složení mastných kyselin jako jádra mandlí. Byl zkoumán účinek při výkonu 360 W, 540 W a 720 W. Při ošetření výkonem 360 W došlo k % nárůstu nenasycených mastných kyselin tak i nasycených mastných kyselin. Převážně u kyseliny palmitové. Použití vyšších výkonů již mělo za následek snižování množství nenasycených mastných kyselin na úkor nasycených. Z hlediska mastných kyselin by tedy bylo nejvhodnější ošetření 360 W.

4 Materiál a metody

4.1 Chemikálie

- Petrolether od výrobce PENTA (99,8%)
- Bezvodý síran sodný od výrobce lach:ner (99,8%)
- 0,5M roztok hydroxidu sodného s methanolem
- Methanol od výrobce PENTA (99,8%)
- Hydroxid sodný od výrobce lach:ner (98%)
- Fluorid boritý
- Hexan od výrobce PENTA (99%)
- Nasycený roztok chloridu sodného

4.2 Přístroje a pomůcky

- Mlýnek na kávu značky CSCARLETT SL-I545 150 W
- Analytické váhy značky AND vyrobeny v Japonku
- Ultrazvuk TESLA
- Rotační vakuová odparka značky Heidolph
- Topné hnízdo
- Zpětný chladič
- Filtrační papír
- Varný kamínek
- Základní laboratorní sklo

4.3 Úprava vzorků

- Vzorky byly rozděleny podle ošetření na vzorky ošetřené mikrovlnným zářením (2,4 kW, 3 kW, 4 kW) a na vzorky neošetřené. Ve všech případech se jedná o vzorek mandlí od společnosti RoMill.
- Dále se u vzorků zohledňuje doba ošetření vzorku před jeho zamrazením.

4.3.1 Extrakce triacylglycerolu

- Vzorek byl rozemlet v mlýnku na kávu a je odebráno 2 g rozemletého vzorku. Doba mletí by neměla přesáhnout 15 s.
- Odebraný vzorek se poté extrahoval v digestoři pomocí 20 ml petroletheru v baňce se zábrusem o objemu 150 ml. Po dobu 10 minut se uzavřený vzorek ponechal v digestoři.
- V dalším kroku je vzorek vložen na 3 minuty do ultrazvuku
- Po ultrazvuku se vzorek opět nechal po dobu 10 minut v digestoři
- Vzorek byl poté přefiltrován přes filtrační papír do 150 ml odměrné baňky. Do filtračního papíru se přidaly 4 malé lžičky bezvodého síranu sodného.
- Po přefiltrování byl filtrát umístěn do odparky při 120 otáčkách a teplotou lázně 40 °C do úplného odpaření vzorku.

4.3.2 Převedení TAG na methylestery MK

- Po odpaření petroletheru se do vzorku přidalo 5 ml methanolu, 1 ml 0,5M roztoku hydroxidu sodného v methanolu a varný kamínek.
- Takto připravený vzorek se umístil do topného hnízda se zpětným chladičem a nechal se vařit po dobu 15 minut.
- Pokud se i po 15 minutách objevovaly na povrchu tukové kapičky, přidal se další 1 ml roztoku hydroxidu sodného a vařil se dalších 5 min.
- Následně se přidalo 0,5 ml BF₃ přes chladič. Vaření poté pokračuje dalších 7 min.
- Dalším krokem bylo nechat baňku vychladnout přibližně po dobu 10 min. Do vychladlého vzorku bylo přidáno 5 ml hexanu přes chladič. Jakmile veškerý hexan odkapal, odpojil se chladič.
- Do takto připraveného vzorku se přidalo 20 ml nasyceného roztoku chloridu sodného. Vzorek bylo nutno protřepat po dobu 45 sekund.
- Poté se baňka doplnila po hrdlo roztokem chloridu sodného a došlo k oddělení vrstev. Vrchní vrstva se po oddělení převedla do vialky, která obsahovala malé množství bezvodého síranu sodného.
- Takto připravené vzorky byly analyzovány pomocí GC/FID.

4.4 Plynová chromatografie

Stanovení profilu mastných kyselin bylo provedeno na plynovém chromatografu typu GC-MS Agilent 7890 (Agilent Technologies, USA) s následnou hmotnostní detekcí. Vzorokly byly rozpuštěny v hexanu a nastříknuty pomocí split metody (50:1) na kolonu Restek Rt 2560 (100 m x 0,25 mm ID x 0,2 µm film) v objemu 1 µl, kdy teplota injektoru dosahovala 225 °C. Nosným plynem bylo helium o průtoku 1,2 ml/min. Teplotní program byl nastaven na 70 °C s dobou výdrže 2 minuty, poté teplota vzrůstala o 5 °C/min. až do teploty 225 °C s dobou výdrže 9 minut a dále byl gradient 5 °C/min na teplotu 240 °C s výdrží 25 minut. Hmotnostní spektrometr s kvadrupólovým detektorem, Agilent 5975C, byl nastaven na ionizační energii 70 eV. Výsledky profilu mastných kyselin byly vyjádřeny metodou vnitřní normalizace, identifikovány prostřednictvím standardu FAME mix (Restek Food Industry, cat no. 35077).

4.5 Statistické metody

Na zpracování výsledků byl použit program Microsoft Office Excel 2016 a na statistické vyhodnocení dat byl použit program Statistika 12. Použitou metodou byla Anova s interakcemi.

5 Výsledky

Ošetření	Výkon
Neošetřené	0 kW
1 pokus	4 kW
2 pokus	3 kW
3 pokus	2,4 kW

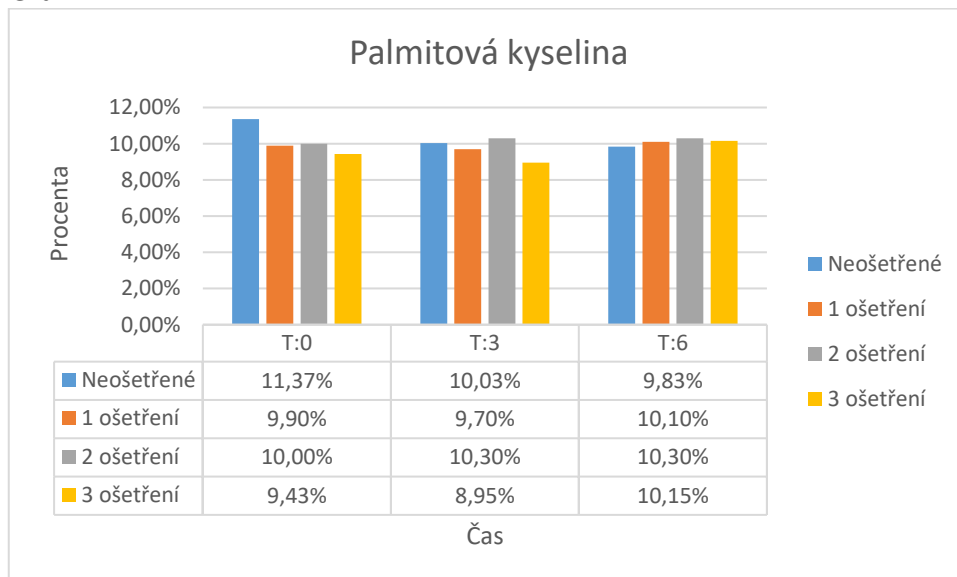
5.1 Zastoupení dominantních mastných kyselin

Čas	ošetření	C:16	C:18	C:18:1 <i>trans</i> -9	C:18:1 <i>trans</i> -11	C:18:1 <i>cis</i> -9	C 18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	C18:2 <i>cis</i> - 9, <i>cis</i> -12
0	N	12 %	2,69 %	6,66 %	4,52 %	52,40%	1,90 %	24 %
0	N	10,40 %	2,70 %	6,62 %	4,42 %	53,50 %	1,90 %	24,50 %
0	N	11,70 %	2,48 %	1,66 %	1,31 %	51,30 %	1,90 %	28,50 %
0	1	9,10 %	3,10 %	N/A	N/A	58,00 %	0,17 %	27,00 %
0	1	10 %	3,10 %	N/A	N/A	58,00 %	0,17 %	27,00 %
0	1	10 %	1 %	N/A	N/A	58,50 %	0,15 %	27,70 %
0	1	10 %	1,90 %	N/A	N/A	57,00 %	0,42 %	27,00 %
0	1	10,40 %	2,40 %	N/A	N/A	59,00 %	0,40 %	27,00 %
0	2	10 %	3,10 %	N/A	N/A	57,70 %	0,20 %	27,00 %
0	2	10 %	3,06 %	N/A	N/A	57,80 %	0,20 %	27,00 %
0	3	9,40 %	2,40 %	N/A	N/A	56,60 %	1,90 %	28,00 %
0	3	9,40 %	2,40 %	N/A	N/A	56,50 %	1,90 %	28,00 %
0	3	9,50 %	2,50 %	N/A	N/A	56,40 %	1,90 %	28,20 %
3	N	10,00 %	3,14 %	N/A	N/A	58,50 %	0,10 %	27,00 %
3	N	10,00 %	3,10 %	N/A	N/A	55,65 %	0,10 %	27,00 %
3	N	10,00 %	3,60 %	N/A	N/A	56,50 %	0,20 %	27,10 %
3	N	10,10 %	3,80 %	N/A	N/A	56,88 %	0,03 %	28,10 %
3	1	10,00 %	3,14 %	N/A	N/A	56,00 %	2 %	27,00 %
3	1	10,00 %	3,11 %	N/A	N/A	57,00 %	2 %	27,00 %
3	1	9,40 %	2,70 %	N/A	N/A	57,00 %	2 %	27,00 %
3	1	9,40 %	2,70 %	N/A	N/A	57,00 %	2 %	24,00 %
3	2	10,30 %	3,30 %	N/A	N/A	55,00 %	2 %	27,70 %
3	2	10,30 %	3,40 %	N/A	N/A	55,00 %	2 %	27,60 %
3	3	9,40 %	2,70 %	N/A	N/A	57,00 %	2 %	27,00 %
3	3	8,50 %	2,50 %	N/A	N/A	58,00 %	1,80 %	27,70 %
6	N	9,80 %	3,30 %	N/A	N/A	58,70 %	0 %	28,00 %
6	N	9,80 %	2,80 %	N/A	N/A	57,00 %	2,10 %	26,40 %
6	N	9,90 %	3,00 %	N/A	N/A	56,60 %	0 %	26,40 %
6	1	10,10 %	3,40 %	N/A	N/A	55,00 %	1,80 %	28,00 %
6	1	10,10 %	3,40 %	N/A	N/A	55,00 %	2 %	27,70 %
6	2	10,30 %	3,30 %	N/A	N/A	56,50 %	0,15 %	28,00 %
6	2	10,30 %	3,30 %	N/A	N/A	56,60 %	0,15 %	28,00 %
6	3	10,20 %	3,24 %	N/A	N/A	57,00 %	0,17 %	27,00 %
6	3	10,10 %	3,20 %	N/A	N/A	57,00 %	0,18 %	27,50 %

5.2 Palmitová kyselina

V grafu 1 lze vidět procentuální zastoupení

Graf 1



5.2.1 Čas

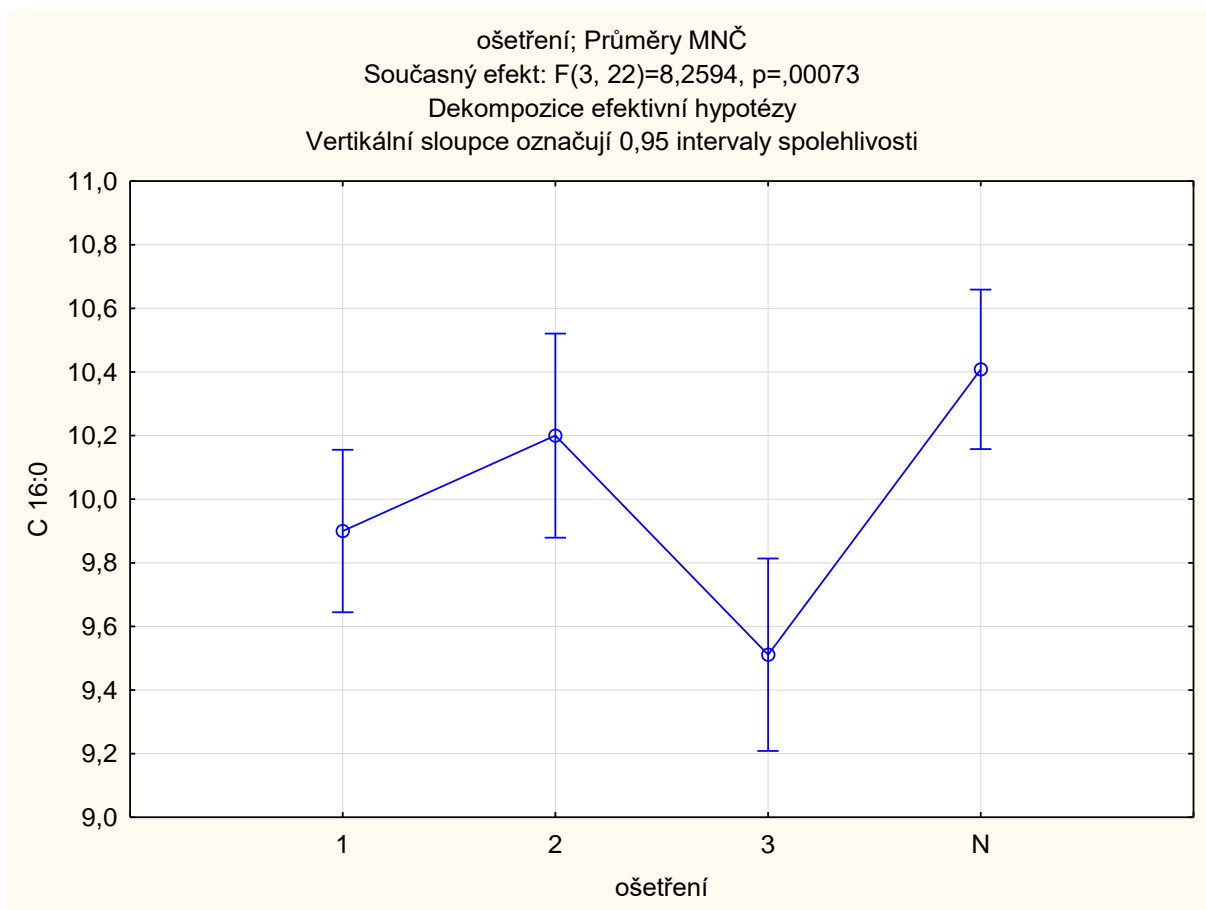
V závislosti na čase nebyl mezi vzorky zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

5.2.2 Ošetření

V závislosti na ošetření byl mezi vzorky zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Viz Tab. 1 a graf 2.

Tab. 1

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 16:0 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,14352, sv = 22,000				
	ošetření	1	2	3	4
1	1	9,8636	0,402746	0,295113	0,046719
2	2	0,402746		0,027575	0,859258
3	3	0,295113	0,027575		0,001488
4	N	0,046719	0,859258	0,001488	



Graf 2.

5.2.3 Čas x Ošetření

Červené hodnoty poukazují na statistický významný rozdíl, při vzájemném působení obou faktorů. Viz Tab. 2 a 3 a graf 3.

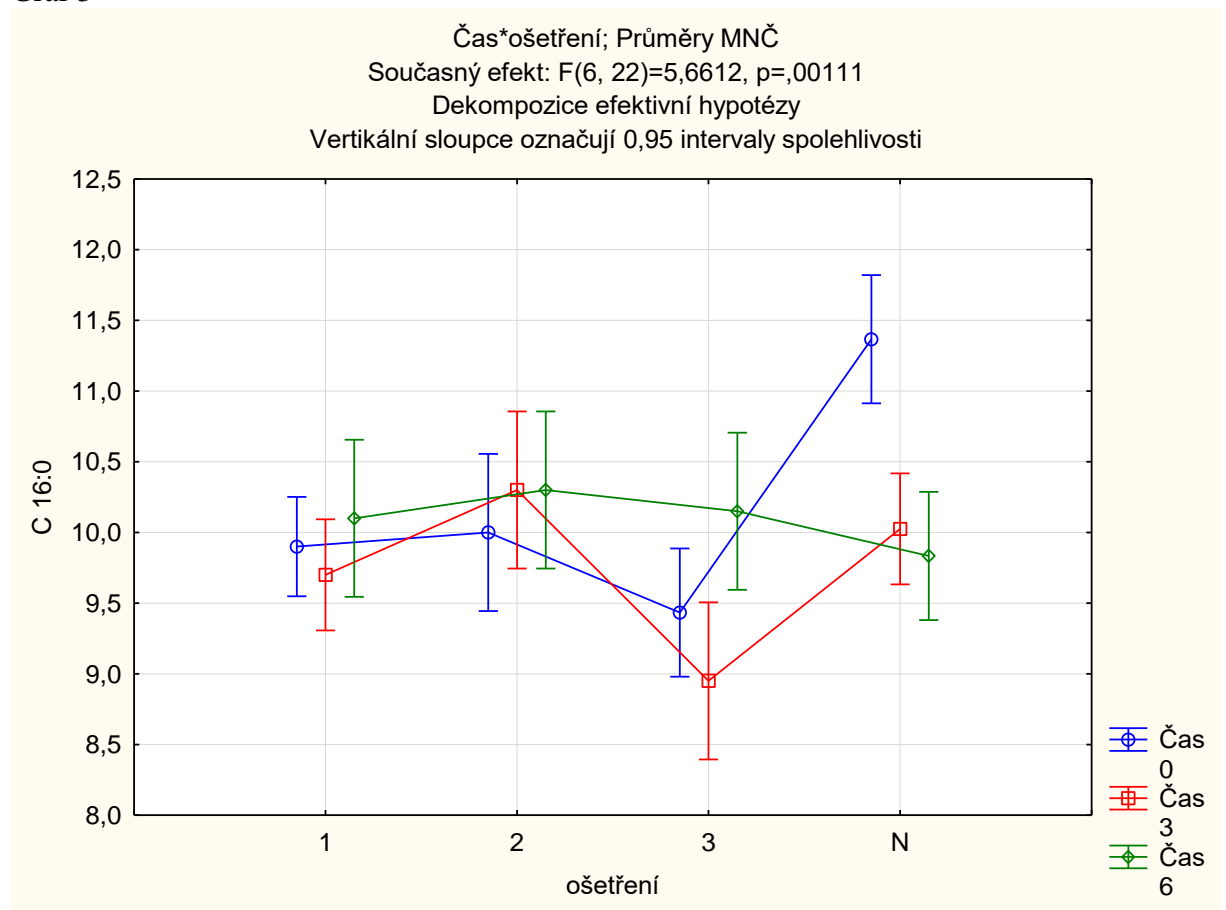
Tab. 2

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 16:0 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,14352, sv = 22,000							
	Čas	ošetření	1 9,9000	2 10,000	3 9,4333	4 11,367	5 9,7000	6 10,300
1	0	1		1,000000	0,987894	0,029404	0,999990	0,998991
2	0	2	1,000000		0,990391	0,232571	0,999954	0,999989
3	0	3	0,987894	0,990391		0,005506	0,999951	0,831679
4	0	N	0,029404	0,232571	0,005506		0,013234	0,584291
5	3	1	0,999990	0,999954	0,999951	0,013234		0,977491
6	3	2	0,998991	0,999989	0,831679	0,584291	0,977491	
7	3	3	0,625014	0,726916	0,997482	0,001440	0,899212	0,370255
8	3	N	1,000000	1,000000	0,950294	0,087166	0,999298	0,999981
9	6	1	0,999999	1,000000	0,966968	0,331263	0,999266	1,000000
10	6	2	0,998991	0,999989	0,831679	0,584291	0,977491	1,000000
11	6	3	0,999990	1,000000	0,945659	0,388908	0,997866	1,000000
12	6	N	1,000000	1,000000	0,998740	0,052290	1,000000	0,998153

Tab. 3

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 16:0 (Korous_Zpracovaná data na statistiku)					
	Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,14352, sv = 22,000					
	7	8	9	10	11	12
	8,9500	10,025	10,100	10,300	10,150	9,8333
1	0,625014	1,000000	0,999999	0,998991	0,999990	1,000000
2	0,726916	1,000000	1,000000	0,999989	1,000000	1,000000
3	0,997482	0,950294	0,966968	0,831679	0,945659	0,998740
4	0,001440	0,087166	0,331263	0,584291	0,388908	0,052290
5	0,899212	0,999298	0,999266	0,977491	0,997866	1,000000
6	0,370255	0,999981	1,000000	1,000000	1,000000	0,998153
7		0,494897	0,607119	0,370255	0,545348	0,814364
8	0,494897		1,000000	0,999981	1,000000	0,999998
9	0,607119	1,000000		1,000000	1,000000	0,999992
10	0,370255	0,999981	1,000000		1,000000	0,998153
11	0,545348	1,000000	1,000000	1,000000		0,999954
12	0,814364	0,999998	0,999992	0,998153	0,999954	

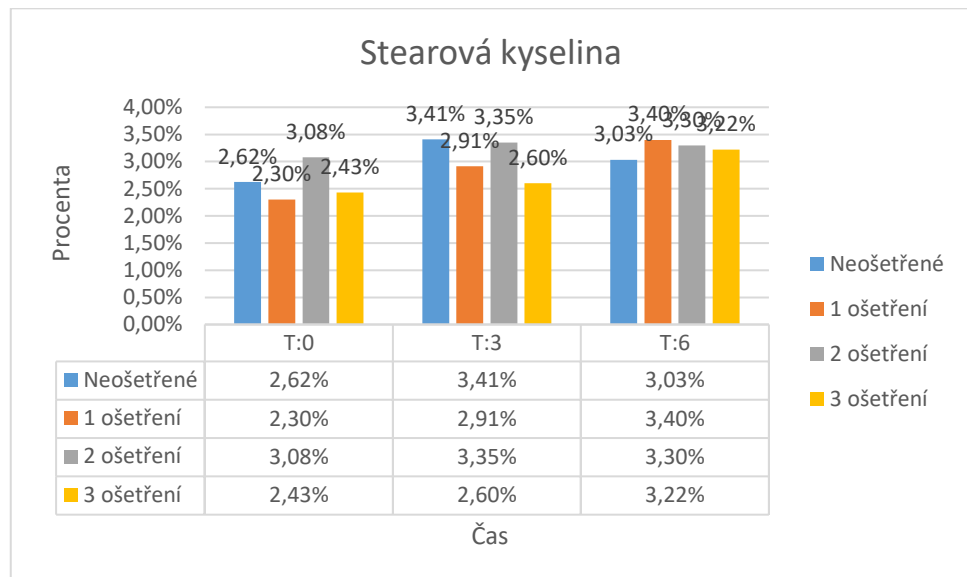
Graf 3



5.3 Stearová kyselina

Procentuální zastoupení nalezneme v grafu 4.

Graf 4.

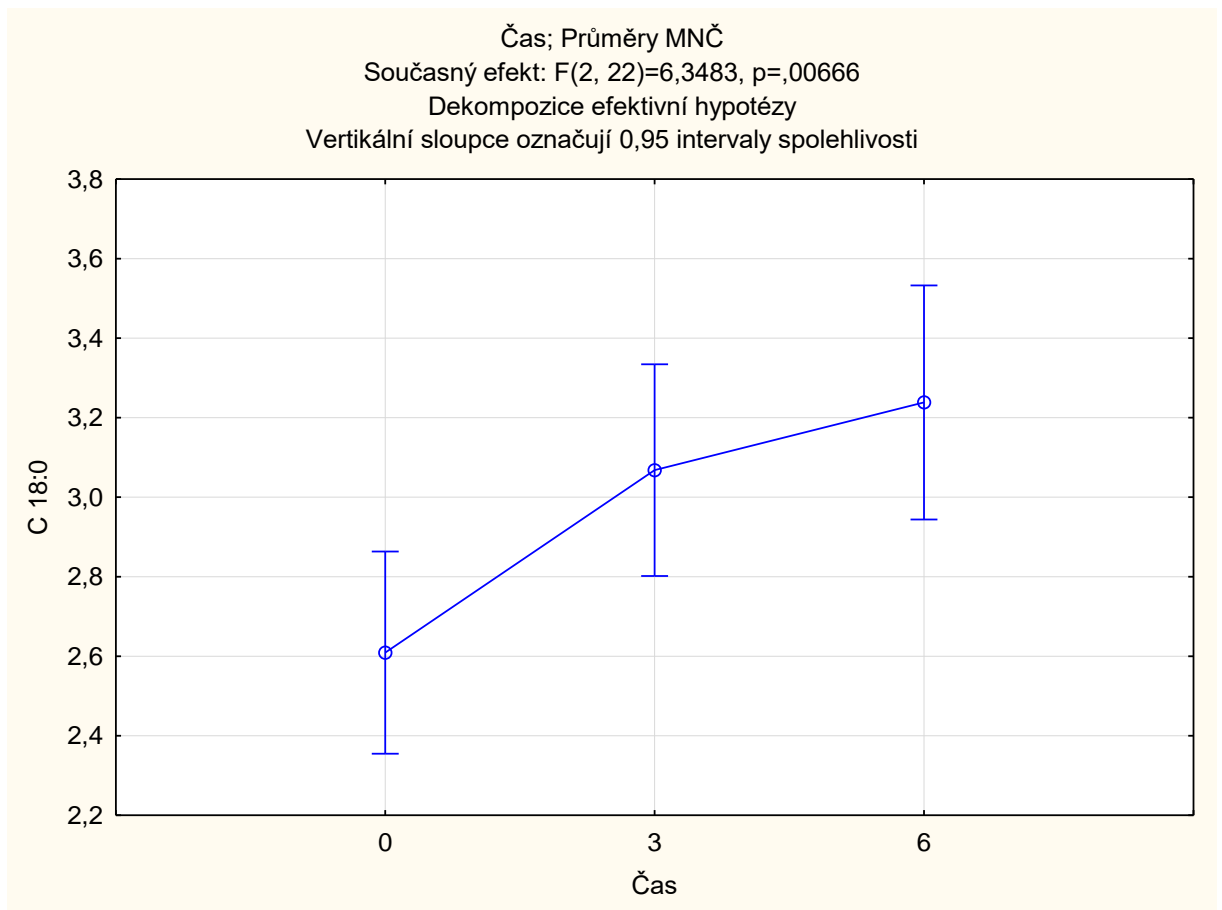


5.3.1 Čas

V závislosti na čase byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Viz tab. 4 a graf 5

Tab. 4

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:0 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,17587, sv = 22,000			
	Čas	1	2	3
1	0	2,5254	0,009233	0,003926
2	3	0,009233		0,821761
3	6	0,003926	0,821761	



Graf 5

5.3.2 Ošetření

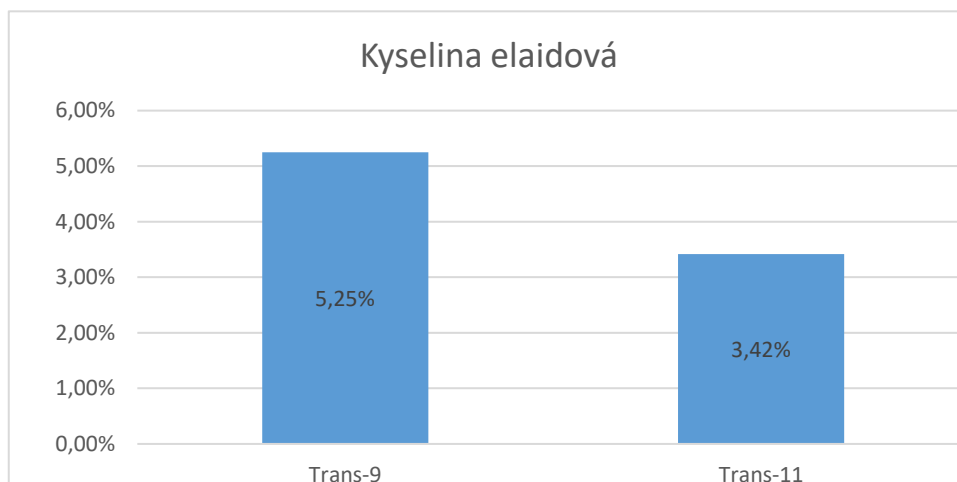
V závislosti na ošetření nebyl mezi vzorky zjištěn statisticky průkazný rozdíl.

5.3.3 Čas x Ošetření

Při vzájemném působení obou faktorů nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky.

5.4 Elaidová kyselina *trans*-9 a *trans*-11

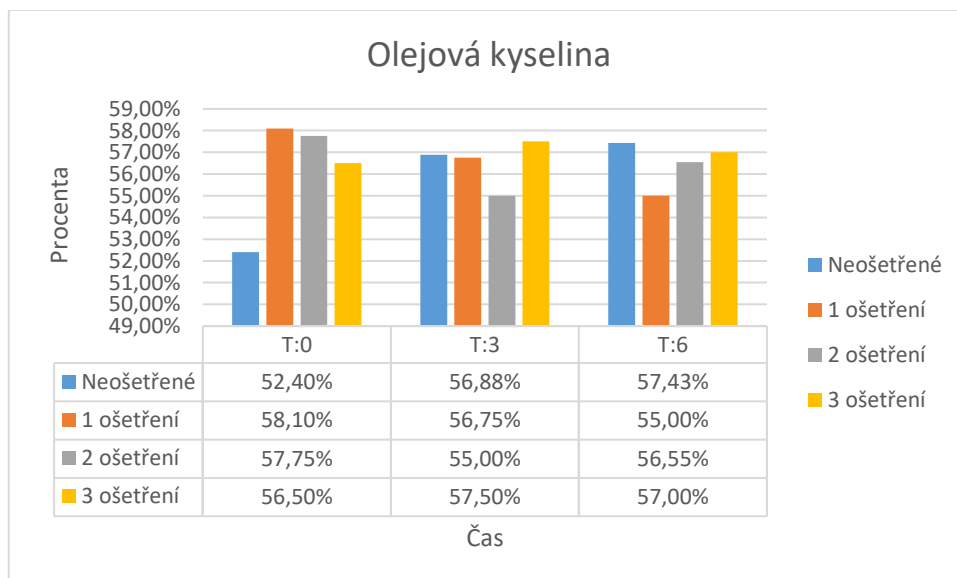
Tato mastná kyselina se vyskytla v relativním množství pouze u vzorků t:0 neošetřených. Vyskytovala se ve 2 formách, první formou byla *trans*-9 a druhou *trans*-11. Viz graf 6.



5.5 Olejová kyselina [*cis*-9]

Procentuální zastoupení nalezneme v grafu 7.

Graf 7



5.5.1 Čas

V závislosti na čase nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi vzorky.

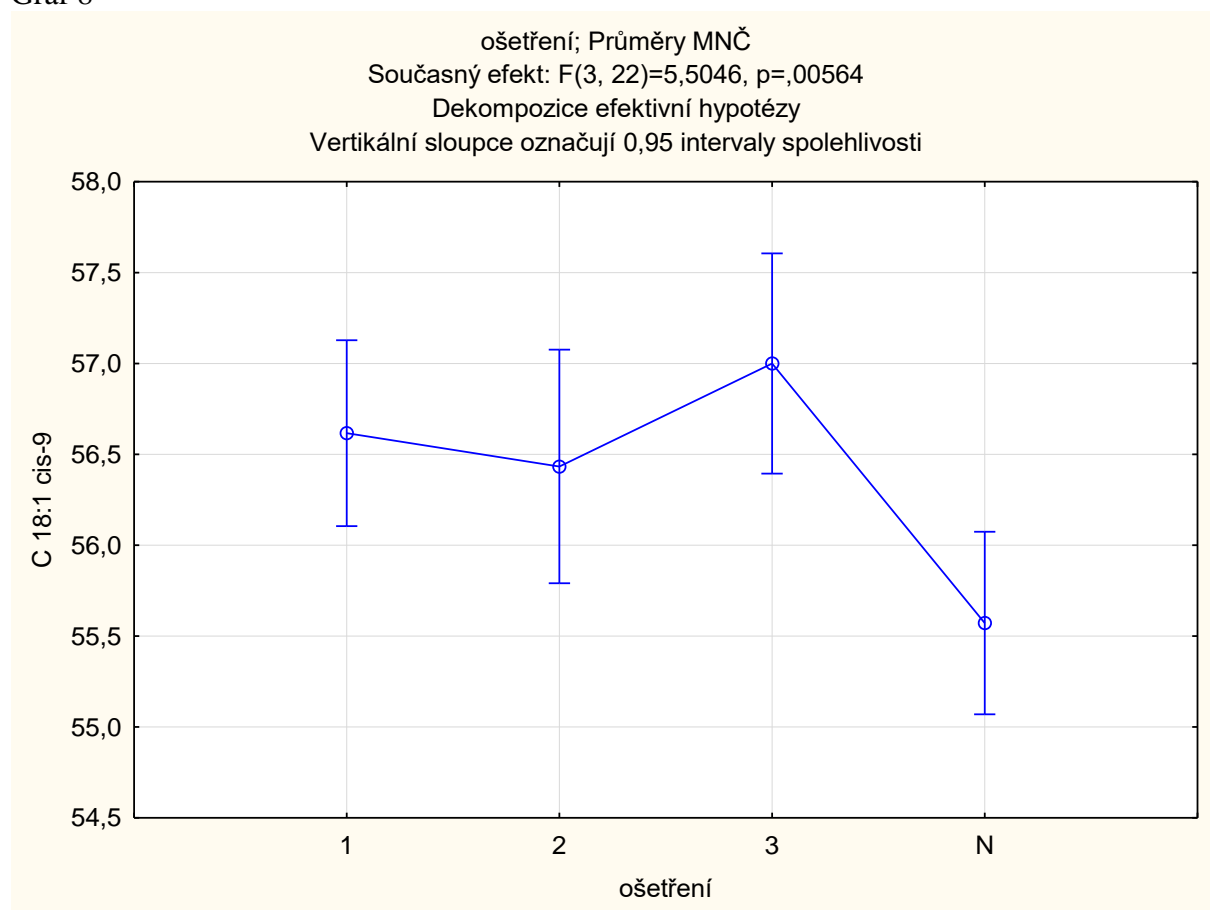
5.5.2 Ošetření

Červené hodnoty prokazují v závislosti na ošetření na statisticky významný rozdíl mezi vzorky. Viz Tab. 5 a graf 8.

Tab. 5.

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:1 cis-9 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,57583, sv = 22,000				
	ošetření	1	2	3	4
1	1	57,045	0,485447	0,991412	0,005823
2	2	0,485447		0,713910	0,348168
3	3	0,991412	0,713910		0,030165
4	N	0,005823	0,348168	0,030165	

Graf 8



5.5.3 Čas x Ošetření

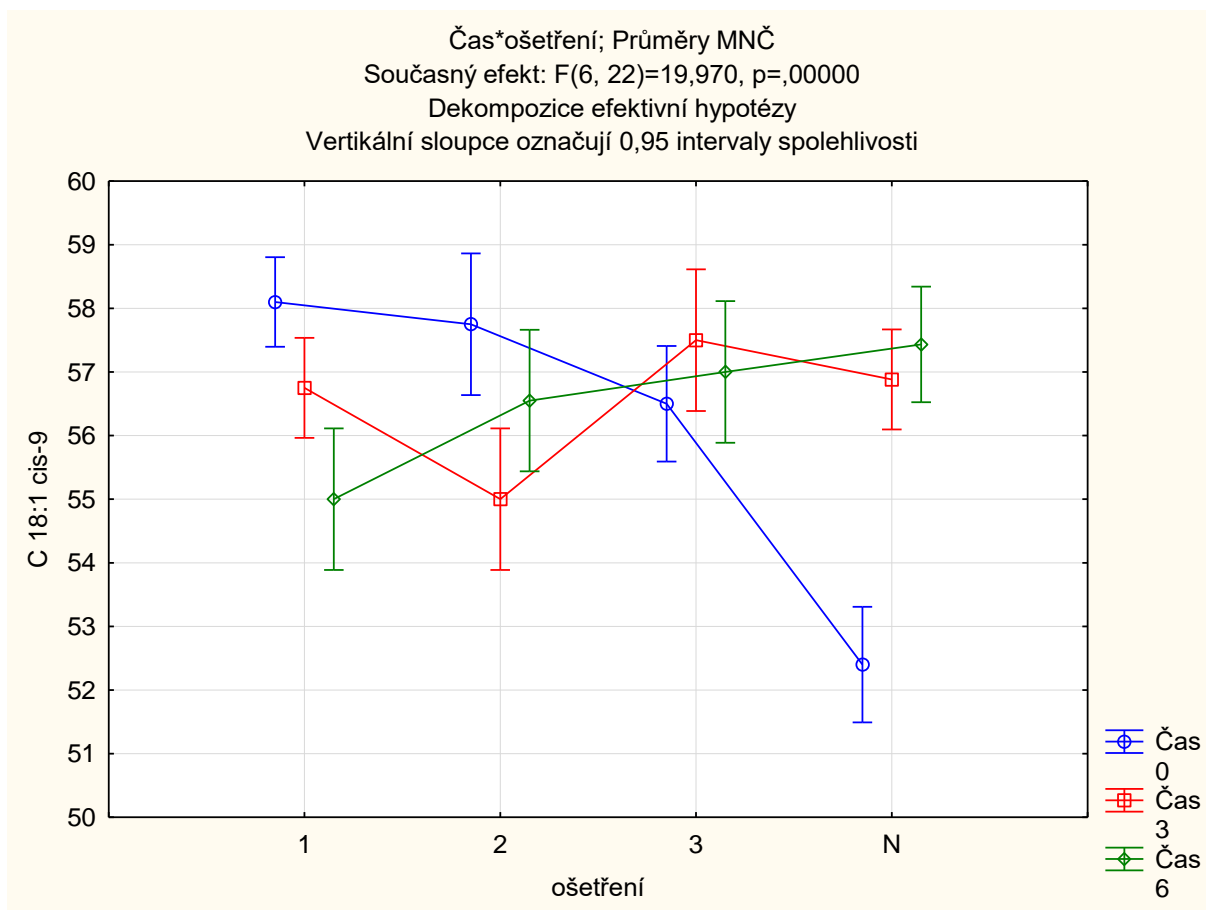
Při vzájemném působení obou faktorů byl zjištěn statisticky významný rozdíl u hodnot $p < 0,05$. Viz Tab. 6 a 7 a graf 8.

Tab. 6

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:1 cis-9 (Korouš_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,57583, sv = 22,000							
	Čas	ošetření	1 58,100	2 57,750	3 56,500	4 52,400	5 56,750	6 55,000
1	0	1		1,000000	0,675648	0,000005	0,776749	0,059012
2	0	2	1,000000		0,979634	0,000379	0,994772	0,346174
3	0	3	0,675648	0,979634		0,002829	1,000000	0,927727
4	0	N	0,000005	0,000379	0,002829		0,000562	0,297826
5	3	1	0,776749	0,994772	1,000000	0,000562		0,772373
6	3	2	0,059012	0,346174	0,927727	0,297826	0,772373	
7	3	3	0,999937	1,000000	0,996663	0,000729	0,999604	0,486697
8	3	N	0,869199	0,998483	0,999998	0,000372	1,000000	0,685871
9	6	1	0,059012	0,346174	0,927727	0,297826	0,772373	1,000000
10	6	2	0,853533	0,992802	1,000000	0,008777	1,000000	0,950659
11	6	3	0,985068	0,999901	0,999996	0,002712	1,000000	0,783279
12	6	N	0,999351	1,000000	0,995199	0,000185	0,999462	0,391127

Tab. 7

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:1 cis-9 (Korouš_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,57583, sv = 22,000					
	7 57,500	8 56,883	9 55,000	10 56,550	11 57,000	12 57,433
1	0,999937	0,869199	0,059012	0,853533	0,985068	0,999351
2	1,000000	0,998483	0,346174	0,992802	0,999901	1,000000
3	0,996663	0,999998	0,927727	1,000000	0,999996	0,995199
4	0,000729	0,000372	0,297826	0,008777	0,002712	0,000185
5	0,999604	1,000000	0,772373	1,000000	1,000000	0,999462
6	0,486697	0,685871	1,000000	0,950659	0,783279	0,391127
7		0,999940	0,486697	0,999062	0,999998	1,000000
8	0,999940		0,685871	1,000000	1,000000	0,999933
9	0,486697	0,685871		0,950659	0,783279	0,391127
10	0,999062	1,000000	0,950659		0,999999	0,998891
11	0,999998	1,000000	0,783279	0,999999		0,999999
12	1,000000	0,999933	0,391127	0,998891	0,999999	

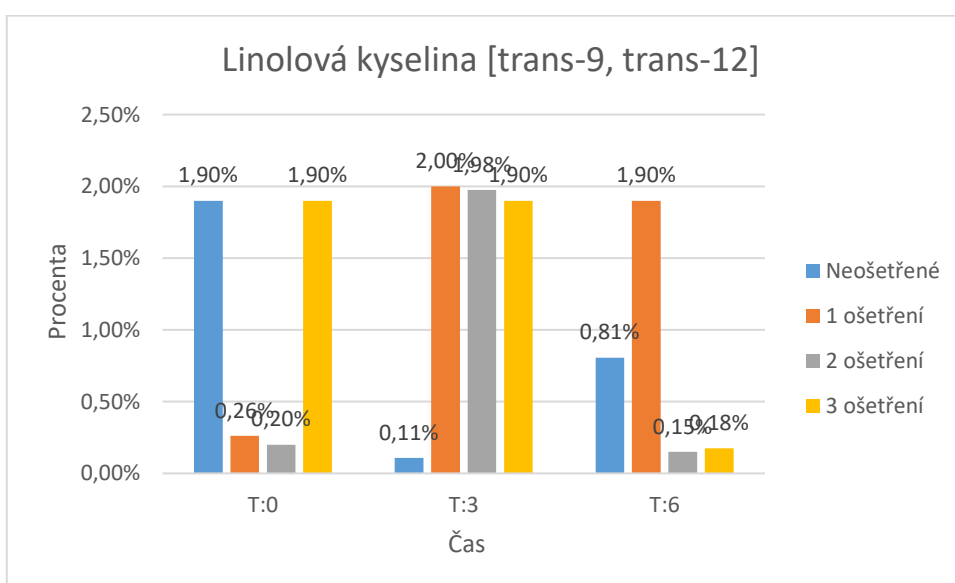


Graf 8

5.6 Linolová kyselina [*trans*-9, *trans*-12]

Procentuální zastoupení nalezneme v grafu 9

Graf 9



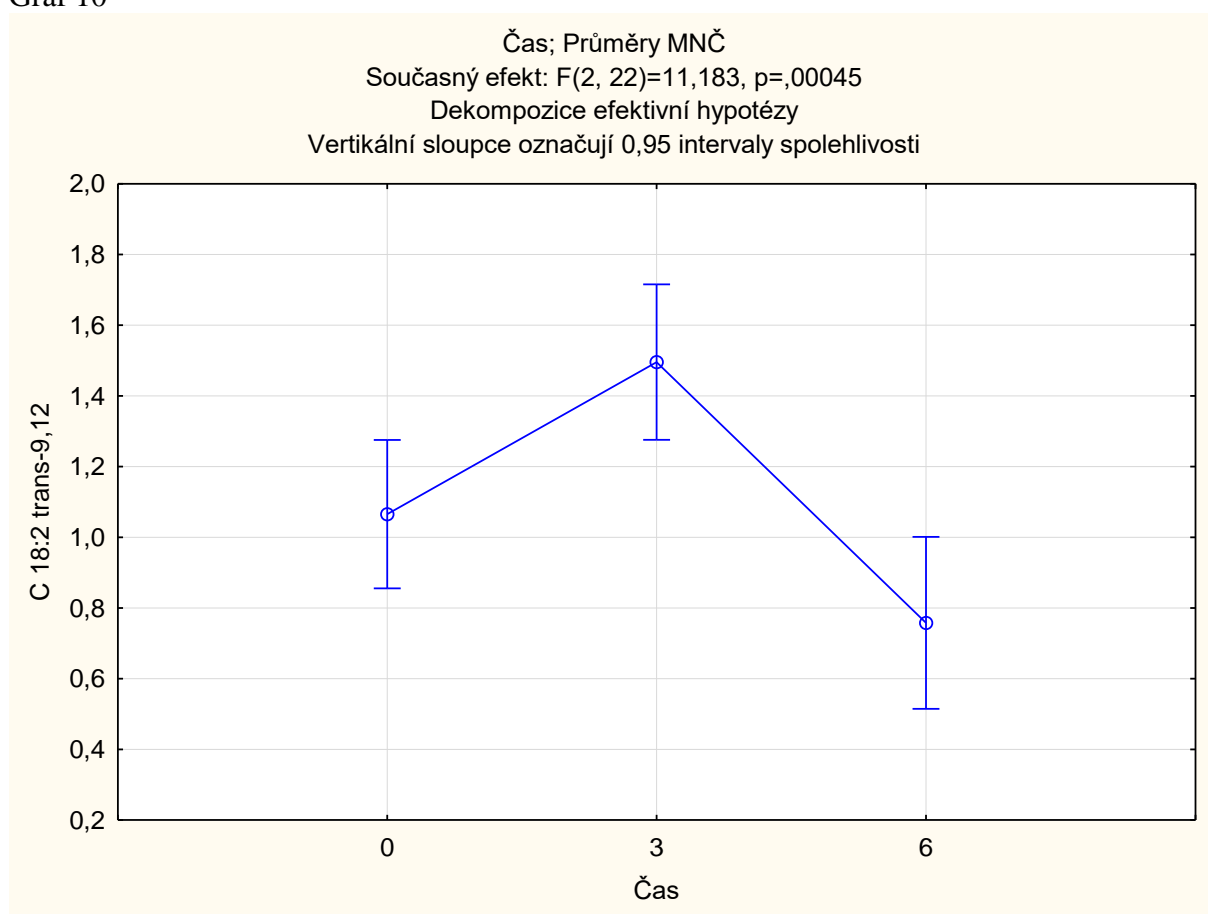
5.6.1 Čas

V závislosti na čase byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky. Viz Tab. 8 a graf 10.

Tab. 8

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:2 trans-9,12 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PC = ,11994, sv = 22,000			
	Čas	1	2	3
1	0	1,0085	1,3483	,76333
2	3	0,070190	0,070190	0,003620
3	6	0,284379	0,003620	

Graf 10



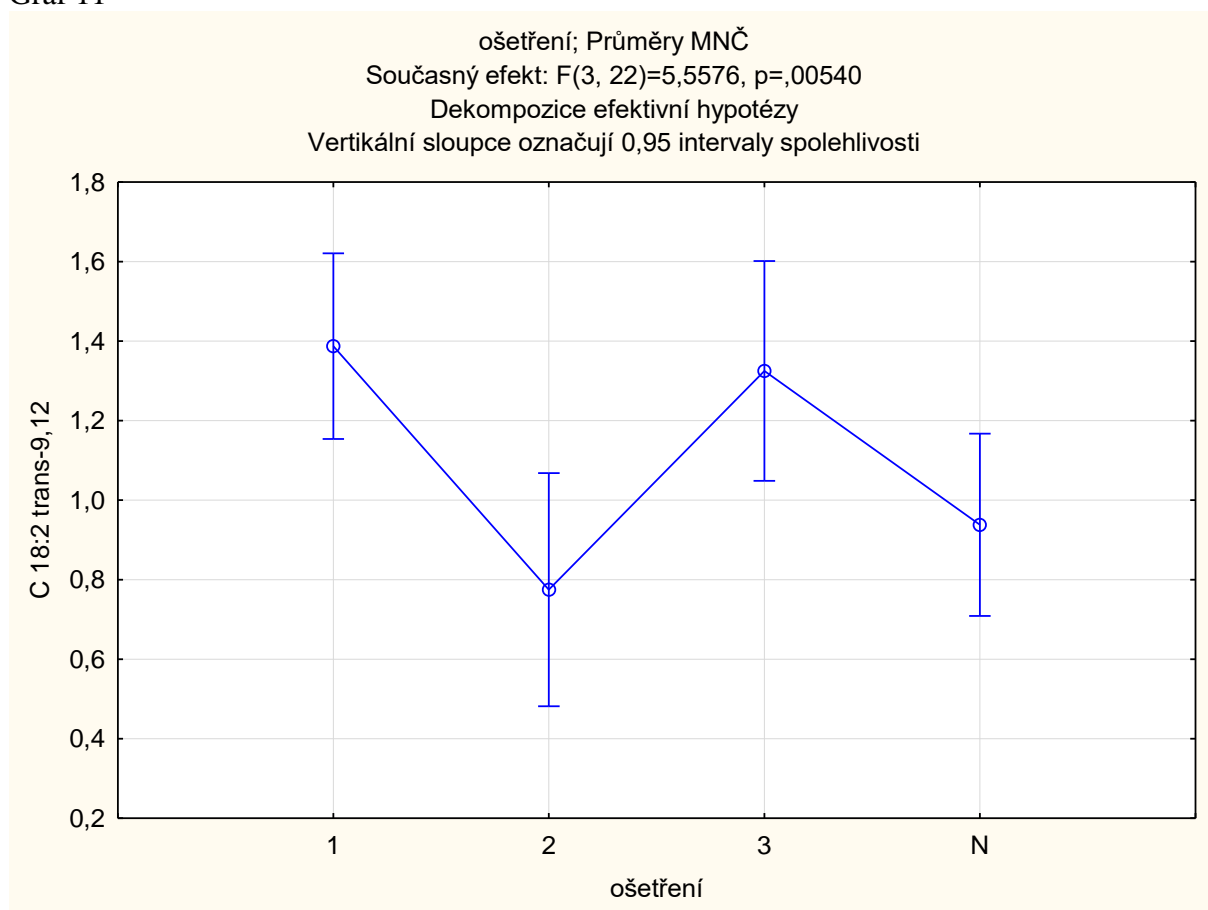
5.6.2 Ošetření

V závislosti na ošetření byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky. Viz tab. 9 a graf 11.

Tab. 9

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:2 trans-9,12 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,11994, sv = 22,000				
	ošetření	1	2	3	4
1	1	1,1918	0,163400	0,652660	0,206455
2	2	0,163400		0,029949	0,977001
3	3	0,652660	0,029949		0,032866
4	N	0,206455	0,977001	0,032866	

Graf 11



5.6.3 Čas x Ošetření

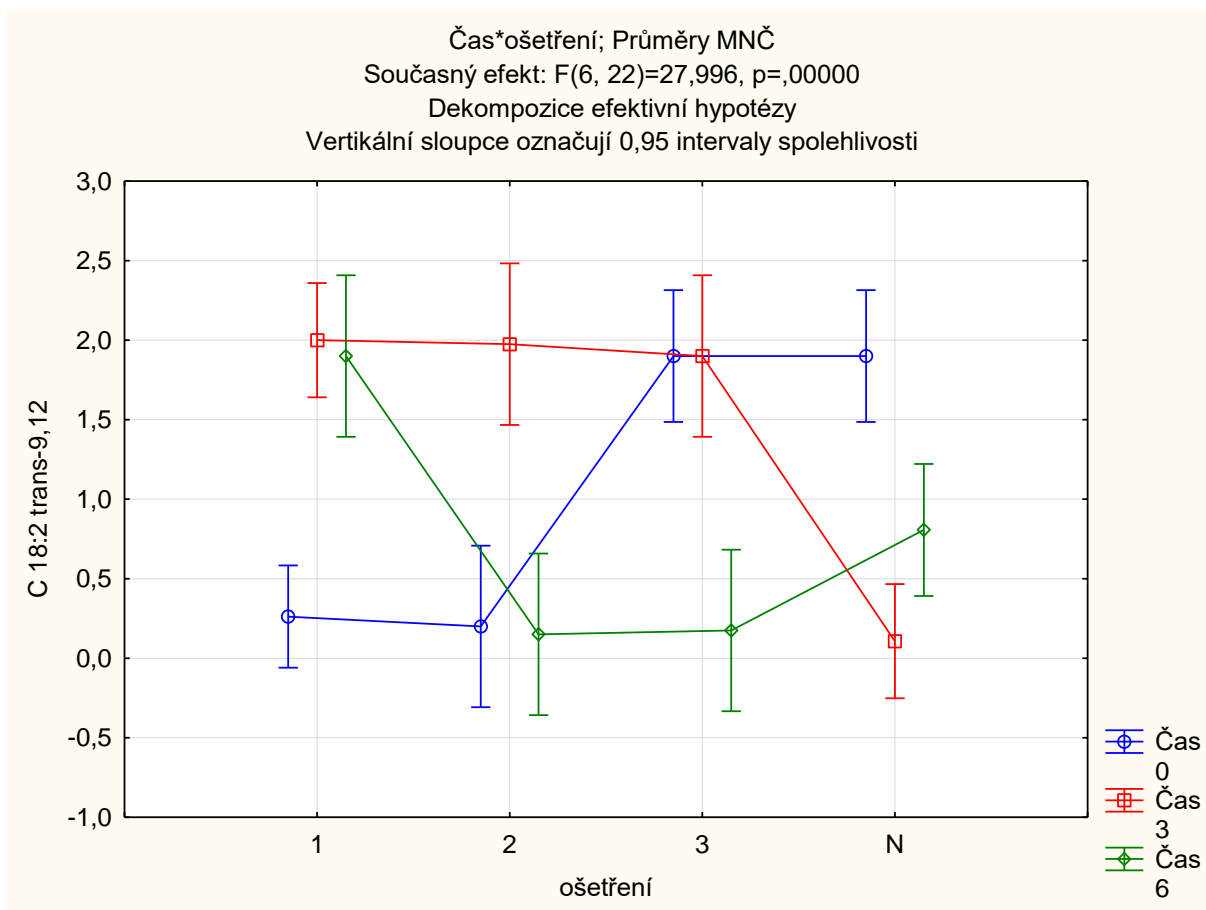
Při vzájemném působení obou faktorů byl prokázán statisticky významný rozdíl. Viz Tab. 10 a 11 a graf 12

Tab. 10

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:2 trans-9,12 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,11994, sv = 22,000							
	Čas	ošetření	1 ,26200	2 ,20000	3 1,9000	4 1,9000	5 2,0000	6 1,9750
1	0	1		1,000000	0,003655	0,003655	0,000587	0,010108
2	0	2	1,000000		0,025817	0,025817	0,008613	0,039584
3	0	3	0,003655	0,025817		1,000000	1,000000	1,000000
4	0	N	0,003655	0,025817	1,000000		1,000000	1,000000
5	3	1	0,000587	0,008613	1,000000	1,000000		1,000000
6	3	2	0,010108	0,039584	1,000000	1,000000	1,000000	
7	3	3	0,015984	0,056582	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
8	3	N	0,999998	1,000000	0,002117	0,002117	0,000376	0,005746
9	6	1	0,015984	0,056582	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
10	6	2	1,000000	1,000000	0,019637	0,019637	0,006384	0,031028
11	6	3	1,000000	1,000000	0,022526	0,022526	0,007417	0,035063
12	6	N	0,930208	0,968027	0,259272	0,259272	0,105644	0,318894

Tab. 11

Č. buňky	Scheffeho test; proměnná C 18:2 trans-9,12 (Korous_Zpracovaná data na statistiku) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,11994, sv = 22,000					
	7 1,9000	8 ,10750	9 1,9000	10 ,15000	11 ,17500	12 ,80667
1	0,015984	0,999998	0,015984	1,000000	1,000000	0,930208
2	0,056582	1,000000	0,056582	1,000000	1,000000	0,968027
3	1,000000	0,002117	1,000000	0,019637	0,022526	0,259272
4	1,000000	0,002117	1,000000	0,019637	0,022526	0,259272
5	1,000000	0,000376	1,000000	0,006384	0,007417	0,105644
6	1,000000	0,005746	1,000000	0,031028	0,035063	0,318894
7		0,009007	1,000000	0,044641	0,050288	0,414154
8	0,009007		0,009007	1,000000	1,000000	0,780255
9	1,000000	0,009007		0,044641	0,050288	0,414154
10	0,044641	1,000000	0,044641		1,000000	0,944820
11	0,050288	1,000000	0,050288	1,000000		0,957551
12	0,414154	0,780255	0,414154	0,944820	0,957551	

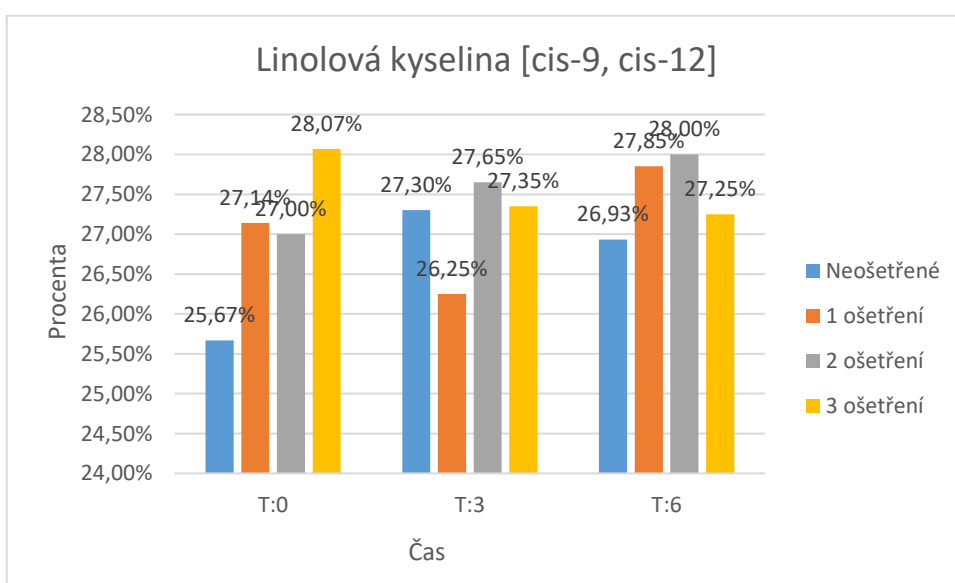


Graf 12

5.7 Linolová kyselina [*cis*-9, *cis*-12]

Procentuální zastoupení nalezneme v grafu 13.

Graf 13



5.7.1 Čas

V závislosti na čase nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi vzorky.

5.7.2 Ošetření

V závislosti na ošetření nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi vzorky.

5.7.3 Čas x Ošetření

Při vzájemném působení obou faktorů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

6 Diskuze

6.1 Dominantně zastoupené mastné kyseliny

Stejně jako u výzkumu Čolić et al. (2017) bylo v této práci prokázáno, že mezi dominantní mastné kyseliny obsažené v mandlích patří olejová kyselina, linolová kyselina, stearová a palmitová kyselina, řazeny sestupně podle procentuálního zastoupení. Toto tvrzení nadále podporuje studie od Askin et al. (2007), která proběhla ve Španělsku, kde jsou vhodné podmínky pro pěstování mandlí. Další studie potvrzující toto tvrzení pochází od Rabadán et al. (2017). V této studii bylo použito i několik různých odrůd mandlí, ale seřazení dominantních mastných kyselin se nijak nezměnilo.

6.1.1 Palmitová kyselina

U zastoupení této mastné kyseliny byl zjištěn statisticky významný rozdíl v závislosti na ošetření. Nejvýznamnější rozdíl byl zjištěn mezi vzorky neošetřenými a vzorky ošetřenými 2,4 kW. Zde došlo k značnému poklesu zastoupení palmitové kyseliny. Výzkum Uquiche et al. (2008) podporuje toto zjištění. Tento pokus probíhal na lískových ořeších a při mikrovlnném ošetření rovněž docházelo k poklesu obsahu kyseliny palmitové. Poté byl statisticky významný rozdíl mezi ošetřením 3 kW a 2,4kW. Při zvýšení ošetření z 2,4 kW na 3 kW došlo k nárůstu zastoupení palmitové kyseliny.

Byl také zjištěn statistický průkazný rozdíl při působení obou faktorů. Nejvýznamnější rozdíly byly zjištěny mezi vzorky t:0 neošetřenými a t:0 a t:3, jenž byly ošetřeny 2,4 kW. Z toho vyplývá, že je vhodné pro snížení množství nasycené palmitové kyseliny použít slabší ošetření a neprodulžovat dobu skladování. Výzkum od Hojjati et al. (2015) toto tvrzení potvrzuje. V jejich výsledcích se procentuální zastoupení palmitové kyseliny s intenzitou ošetření zvyšovalo.

6.1.2 Stearová kyselina

Statisticky významný rozdíl byl zjištěn pouze v závislosti na čase. Nejvýznamnější rozdíl byl mezi časem t:0 a t:6 měsíců. Za tuto dobu došlo k značnému růstu v zastoupení stearové kyseliny. Byl prokázán také statisticky významný rozdíl mezi t:0 a t:3. K tomuto nárůstu nejspíše dochází z důvodu oxidace vzorku. Toto tvrzení podporuje výzkum od Rabadán et al. (2018), který prokázal nárůst stearové kyseliny a všech nasycených mastných kyselin v průběhu skladování.

6.1.3 Elaidová kyselina *trans*-9 a Elaidová kyselina *trans*-11

Tyto kyseliny se vyskytovaly pouze u vzorků t:0 neošetřených. Důvodem je nejspíše silná náchylnost k jejich oxidaci. Ohledně jejím oxidacím mohlo dojít k přesunu dvojně vazby anebo jejímu rozštěpení. Zvýšené množství této kyseliny v těchto vzorcích nejspíše snížilo procentuální zastoupení olejové kyseliny.

6.1.4 Olejová kyselina *cis*-9

Statisticky významný rozdíl byl zjištěn v závislosti na ošetření. Nejvýznamnější rozdíl nastal mezi neošetřenými vzorky a vzorky ošetřenými 4kW. Dále byl zjištěn statisticky významný rozdíl při působení obou faktorů. Nejvýznamnější rozdíl byl mezi vzorky t:0 neošetřenými a t:0 ošetřenými 4 kW. Se zvyšujícím se časem však významnost toho rozdílu klesá a v t:6 již statisticky významný rozdíl není. Oproti tomu statisticky významný rozdíl mezi t:0 neošetřenými vzorky a vzorky ošetřenými 2,4 kW zůstává přibližně na stejné hladině významnosti a v t:6 je již významnější, než u ošetření 4 kW. Důvodem může být snadnější oxidace vzorků ošetřených 4 kW, oproti vzorkům slaběji ošetřeným. Při vyšší intenzitě ošetření může docházet k většímu strukturálnímu poškození vzorků, a tudíž ke snadnější oxidaci. Toto tvrzení je potvrzeno studií Perren and Escher (2013). Ty ve své studii tvrdí, že intenzita a teplota ošetření způsobují strukturální narušení ořechů vedoucí ke snadnější oxidaci.

6.1.5 Linolová kyselina *trans*, *trans*-9,12

Statisticky významný rozdíl v závislosti na čase byl zjištěn mezi časy t: 3 měsíce a t:6 měsíců. Mezi těmito časy došlo k výraznému poklesu v zastoupení linolové kyseliny. Byl také zjištěn statisticky významný rozdíl v závislosti na ošetření. Nejvíce významný rozdíl se nacházel mezi ošetřeními 2,4 kW a 3 kW. Při působení obou faktorů se prokázal statisticky významný rozdíl, a to mezi vzorky t:0 a t:3 měsíce ošetřenými 4 kW. V průběhu této doby došlo k vysokému nárůstu této kyseliny, který vydržel až do t: 6 měsíců. Toto tvrzení se rozchází s tvrzeními z dostupné literatury. Jelikož dle dostupné literatury dochází nejdříve k oxidaci více nenasycených mastných kyselin a strukturální poškození při ošetření 4 kW by mělo mít stejné následky, jako u olejové kyseliny. Důvodem těchto výsledků mohou být nečistoty ve vzorku. Další možností je, že probíhající oxidace ovlivnila poměrové zastoupení obou forem kyseliny linolové. Jako jediné přijatelné výsledky by tedy bylo možné považovat výsledky v čase t:0, jelikož zde ještě nemohlo dojít ke zkreslení výsledků značnou oxidací. V tomto čase byly nalezeny 2 statisticky významné rozdíly, a to při intenzitách ošetření 3 a 4 kW. Tato ošetření

měla za následek značný pokles v obsahu kyseliny oproti vzorkům neošetřeným a ošetřeným 2,4 kW.

6.1.6 Linolová kyselina cis, cis-9,12

U žádného z faktorů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl. Podle výzkumu Juhaimi et al. (2018) však bylo prokázáno, že s přibývajícím intenzitou ošetření klesá zastoupení kyseliny linolové. To však v této práci probíhá pouze u vzorků s ošetřením 2,4 kW. Tento pokles však není nijak rapidní. Opět jako v předešlém případě, nejspíše došlo k oxidaci kyseliny linolové a tím k narušení její vazby anebo přemístění. To by mohlo mít za následek zkreslení výsledků.

7 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo zjistit a posoudit vliv mikrovlnného záření na profil mastných kyselin ve vzorcích mandlí, jež byly ošetřeny různou intenzitou záření. Dalším z účinkujících faktorů byl čas skladování. V některých případech lze tvrdit, že mikrovlnné záření lze použít pro zlepšení údržnosti nenasyčených mastných kyselin. Záleží však na intenzitě ošetření a také na době skladování vzorků. Použití mikrovlnného záření by bylo možné použít namísto pražení horkým vzduchem.

- V této práci je potvrzena hypotéza, že při ošetření mandlí mikrovlnným zářením dochází ke změnám profilu mastných kyselin vzorků.
- Dále je potvrzena hypotéza, že rozsah těchto změn závisí na intenzitě mikrovlnného ošetření u některých mastných kyselin
- Potvrzena hypotéza o ovlivňování profilu mastných kyselin během skladování v případě ošetření mikrovlnným zářením.

Mandle jako potravina jsou kvalitním zdrojem tuků s příznivým složením mastných kyselin. Další studie by se například mohla zabývat rozdíly v profilu mastných kyselin mezi ořechy praženými horkým vzduchem a mikrovlnně ošetřenými.

8 Seznam literatury

- Askin, M.A., Balta, M.F., Tekintas, F.E., Kazankayab, A., Balta, F., 2007. Fatty acid composition affected by kernel weight in almond [*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb. genetic resources. *J. Food Compos. Anal.* 20, p. 7–12.
- Bai, S.H., Darby, I., Neverimo, T. Hannet, G., Hannet, D., Poienou, M., Grant, E., Brooks, P., Walton, D., Randall, B., Wallace, H.M. 2017. Effects of roasting on kernel peroxide value, free fatty acid, fatty acid composition and crude protein content. *PLoS ONE* 12.
- Benjamin, S. 2016. Examining the Development, Regulation and Consumption of Functional Foods. IGI Global. Hershey. p. 344. ISBN 9781522506089
- Brody, T. 1999. Nutritional Biochemistry 2nd ed. Academic Press. Berkeley. p. 1006. ISBN 0-12-134836-9
- Calder, C., Yaqoob, P. 2013. Diet, immunity and inflammation: 18. Long-chain fatty acids and inflammatory processes. Woodhead Publishing. Philadelphia. p. 760. ISBN 978-0-85079-574-9.
- Čolić, S.D., Akšić, M.M.F., Lazarević, K.B., Zec, G.N., Gašić, U.M., Zagorac, D.Č.D., Natić, M.M. 2017. Fatty acid and phenolic profiles of almond grown in Serbia. *Food Chemistry* 234. p. 455-463.
- Djikeng, F.T., Selle, E., Morfor, A.T., Tiencheu, B., Touku, B.A.H., Boungo, G.T., Houketchang, S.N., Karuna, M.S.L., Linder, M., Ngoufack, F.Z., Womeni, H.M. 2018. Effect of Boiling and roasting on lipid quality, proximate composition, and mineral content of walnut seeds (*Tetracarpidium conophorum*) produced and commercialized in Kumba, South-West Region Cameroon. *Food Science and Nutrition* 6. p. 417-423.
- El-Badrawy, E.E.Y., El-Zainy, A.R.M., Shalaby, A.O., El-Sayed, N.Y. Effect of microwave roasting on chemical composition of peanut seeds and comparing it with the ordinary roasting proces. Home Economics Dept., Faculty of Specific Education, Mansoura University, Egypt.
- Ferreira, I. C.R.F., Morales, P., Barros, L. 2017. Wild Plants, Mushrooms and Nuts: Functional Food Properties and Applications. John Wiley and Sons. Chichester. p. 496. ISBN 9781118944639
- Fořt, P., Mach, I. 2017. Nevíte, co jíte. BizBooks. Praha. 264 s. ISBN 978-80-265-0274-6
- Grob, R.L., Barry, E.F. 2004. Modern Practice of Gas Chromatography. John Wiley and Sons. Hoboken. p. 1064. ISBN 978-0-471-65115-4
- Gunstone, F. 2004. The Chemistry of Oils and Fats: Sources, Composition, Properties and Uses. Blackwell Publishing Ltd. Victoria. p. 304. ISBN 1-4051-1626-9

- Haragsim, O. 2013. Včelařské dřeviny a byliny. Grada Publishing. Praha. 200 s. ISBN 978-80-247-4647-0
- Hojjati, M., Noquera-Artiaga, L., Wojdylo, A., Carbonell-Barrachina, Á.A. 2015. Effects of Microwave Roasting on Physicochemical Properties of Pistachios (*Pistacia vera* L.). *Food Science and Biotechnology* 24(6).
- Horikoshi, S., Schiffmann, R.F., Fukushima, J., Serpone, N. 2017. *Microwave Chemical and Materials Processing*. Springer. Singapore. p. 393. ISBN 978-981-10-6466-1
- Chow, K.C. 2000. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications* 2nd ed. Marcel Dekker. New York, Basel. p. 1049. ISBN 0-8247-6782-9
- Johnson, A.L. 1999. *Invitation to Organic Chemistry*. Jones and Bartlett Learning. London. p. 732. ISBN 0-7637-0432-6
- Juhaimi, F.A., Özcan, M.M., Ghafoor, K., Babiker, E.E. 2018. The effect of microwave roasting on bioactive compounds, antioxidant activity and fatty acid composition of apricot kernel and oils. *Food Chemistry* 243. p. 414-419.
- Koolman, J., Klaus-Heinrich, R. 2012. *Barevný atlas biochemie-Překlad 4. vydání*. Grada Publishing. Praha. 512 s. ISBN 978-3-13-759404-8
- Matthäus, B., Özcan, M.M., Juhaimi, F.A., Adiamo, O.Q., Alsawmahi, O.N., Ghafoor, K., Babiker, E.E. 2018. Effect of the Harvest Time on Oil Yield, Fatty Acid, Tocopherol and Sterol Contents of Developing Almond and Walnut Kernels. *Journal of Oleo Science* 67. p. 39-45.
- Mudanbi, S.R., Rajagopal, M.V. 2001. *Fundamentals Of Foods And Nutrition* 4th ed. New Age International. New Delhi. p. 405. ISBN 81-224-1332-3
- Murray, M.T., Pizzorno, J. 2010. *The Encyclopedia of Healing Foods*. Simon and Schuster. New York. p. 912. ISBN 978-0-7434-7402-3
- Nettleton, J.A. 1995. *Omega-3 Fatty Acids and Health*. Thompson Publishing Company. Washington DC. p. 295. ISBN 978-4615-2071-9
- O'Brien, R.D. 2008. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, 3rd ed. CRC Press. New York. p. 680. ISBN 978-1-4200-6166-6
- Ong, A.S.H., Niki, E., Packer, L. 1995. *Nutrition, Lipids, Health, and Disease*. AOCS Press. Champaign. p. 374. ISBN 0-935315-64-0
- Özcan, M.M., Ünver, A., Erkan, Esin., Arslan, D. 2011. Characteristics of some almond kernel and oils. *Scientia Horticulturae* 127. p. 330-333.

- Paterson, A.H. 2009. Genetics and Genomics of Cotton. Springer Science & Business Media. New York. p. 518. ISBN 978-0-387-70809-6
- Pignitter, M., Zaunschirm, M., Lach, J., Unterberger, L. Kopic, A., Keßler, C., Kienesberg, J., Pischetsrieder, M. Eggersdorfer, M., Riegger, Ch., Somoza, V. 2017. Regioisomeric distribution of 9- and 13- hydroperoxy linoleic acid in vegetable oils during storage and heating. Journal of the Science of Food and Agriculture 98. p. 1240-1247.
- Quiles, J.L., Ramírez-Tortosa, M.C., Yaqoob, P. 2006. Olive Oil and Health. CABI. Wallingford. p. 381. ISBN 978-1-84593-068-4
- Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Gómez, R., Pardo-Giménez, A., Pardo, J.E. 2017. Suitability of Spanish almond cultivars for the industrial production of almond oil and defatted flour. Scientia Horticulturae 225. p. 539-546.
- Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Pardo, J.M., Alvaruizz, A. 2018. Storage stability and composition changes of three cold-pressed nut oils under refrigeration and room temperature conditions. Food Chemistry 259. p. 31-35.
- Raymond, K.W. 2009. General Organic and Biological Chemistry 3rd ed. John Wiley and Sons. Hoboken. p. 624. ISBN 978-0-470-50476-5
- Regier, M., Knoerzer, K., Schubert, H. 2016. The Microwave Processing of Foods. Woodhead Publishing. Duxford. p. 484. ISBN 978-0-08-100531-6
- Sertori, T. 2009. Fats and Oils. Marshall Cavendish Benchmark. New York. p. 32. ISBN 978-0-7614-3798-7
- Sikorski, Z.Z.E., Kolakowska, A. 2010. Chemical, Biological, and Functional Aspects of Food Lipids 2nd ed. CRC Press. New York. p. 512. ISBN 978-1-4398-0238-0
- Spiller, G.A. 1995. Handbook of Lipids in Human Nutrition. CRC Press. New York. p. 256. ISBN 0-8493-4248-1
- Streblová, E. 2014. Souhrnné texty z chemie pro přípravu k přijímacím zkouškám II. Karolinum Press. Praha. 238 s. ISBN 978-80-246-2657-4
- Štejf, M. 2007. Kardiologie - 3., přepracované a doplněné vydání. Grada Publishing. Praha. 722 s. ISBN 978-80-247-1385-4
- Teale, M.C. 2006. Omega 3 Fatty Acid Research. Nova Science Publishers. New York. p. 301. ISBN 1-59454-620-7
- Trojan, S., Langmeier, M. 2003. Lékařská fyziologie. Grada Publishing. Praha. 771 s. ISBN 80-247-0512-5

- Tsujinaka, K., Nakamura, T., Maegawa, H., Fujimiya, M., Nishio, Y., Kudo, M., Kashiwagi, A. Diet high in lipid hydroperoxide by vitamin E deficiency induces insulin resistance and impaired insulin secretion in normal rats. *Diabetes Research and Clinical Practice* 67. p. 99-109.
- Üguiche, E., Jeréz, M., Ortíz, J. 2008. Effect of pretreatment with microwaves on mechanical extraction yield and quality of vegetable oil from Chilean hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 9. p. 495-500.
- Veit, M. 2014. *Léčivá kosmetika z přírody: Jak si vyrobit hojivé masti, oleje a esence*. Grada Publishing. Praha. 200 s. ISBN 978-80-247-4586-2
- Warner, K., Eskin, M. 1995. *Methods to Assess Quality and Stability of Oils and Fat-containing Foods*. AOCS Publishing. New York. p. 220. ISBN 9781439831984
- Zhu, Y., Wilkinson, K.L., Wirthensohn, M. 2017. Changes in fatty acid and tocopherol content during almond (*Prunus dulcis*, cv. Nonpareil) kernel development. *Scientia Horticulturae* 225. p. 150-155.