

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Změny stability ořechů a máku vůči žluknutí po ošetření
mikrovlnným zářením**

Diplomová práce

Autor práce: Klára Vašíčková

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 "Změny stability ořechů a máku vůči žluknutí po ošetření mikrovlnným zářením" 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 neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4.2018

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Lence Kouřimské za odborné vedení a cenné rady, které mi poskytla během psaní diplomové práce a zároveň čas, který věnovala konzultacím. Dále bych ráda poděkovala Ing. Monice Sabolové za rady a pomoc, které mi poskytla během experimentální části.

Změny stability ořechů a máku vůči žluknutí po ošetření mikrovlnným zářením

Souhrn

V této práci byly sledovány změny oxidační a hydrolytické stability vůči žluknutí u vzorků mandlí, arašídů, vlašských ořechů a máku po ošetření mikrovlnným zářením. Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny o frekvenci 300 MHz až 300 GHz a ošetření potravin pomocí nich má dnes velký potenciál. Je mnoho způsobů ošetření mikrovlnami - mikrovlnné sušení, mikrovlnná pasterace a sterilace. Při ošetření suchých skořápkových plodů a máku může docházet k různým změnám stability jak hydrolytické, tak oxidační, jelikož ořechy jsou vysokým zdrojem tuků obsahujících vysoký podíl MUFA a PUFA, které mohou ovlivnit žluknutí. Při ošetření také dochází ke vzniku produktů Maillardovy reakce a dalších produktů jako je vznik akrylamidu. Tyto látky pak ovlivňují pozitivně či negativně chuť a aroma ošetřených ořechů a máku.

Jednotlivé vzorky byly ošetřeny mikrovlnným zářením a následně skladovány při teplotě 22,4 °C. Sušina byla měřena pomocí vah s infrazářičem. Jako ukazatele oxidačních a hydrolytických změn byly měřeny peroxidové číslo a číslo kyselosti. Vzorky ořechů a máku byly měřeny na počátku doby skladování (den 0), následně po 3 měsících a nakonec po 6 měsících skladování. Ze vzorků byl extrahován tuku pomocí směsi petrolether:dietyler (8:2), následně bylo rozpouštědlo odstraněno pomocí vakuové odparky při teplotě 40 °C.

Sledované změny sušiny byly statisticky významné pro ošetřený a neošetřený vzorek máku, kde došlo k nárůstu obsahu sušiny během doby skladování. Statisticky významné rozdíly hydrolytických změn byly pozorovány u vzorku máku mezi dnem 0 a po 6 měsících u neošetřeného a ošetřeného vzorku. Dále byl statisticky významný rozdíl v čísle kyselosti u vzorků mandlí ošetřených mikrovlnami po době skladování 3 a 6 měsíců. U vzorku ošetřených a neošetřených arašídů byl významný rozdíl v čísle kyselosti mezi vzorky před skladováním a po 6 měsících.

Statisticky významné rozdíly oxidační stability byly u vzorku máku ošetřeného a neošetřeného před skladováním a po 6 měsících, jakož i mezi vzorky skladovanými 3 a 6 měsíců. Stejně jako u čísla kyselosti byl u mandlí pozorován významný rozdíl i v peroxidovém čísle mezi dnem 0 a po 3 měsících a dnem 0 a po 6 měsících skladování.

Lze tedy konstatovat, že byly potvrzeny změny hydrolytické a oxidační stability jak u některých vzorků těsně po ošetření, tak i u vzorků během doby skladování, přičemž

mikrovlnné záření přispělo k urychlení hydrolytického a oxidačního žluknutí analyzovaných vzorků mandlí, arašídů a máku v průběhu doby skladování.

Klíčová slova: mikrovlnné ošetření, ořechy, mák, žluknutí

Changes of nuts and poppy seeds stability against rancidification after their microwave treatment

Summary

The changes of oxidative and hydrolytic stability of samples almonds, peanuts, walnuts and poppy seeds after the microwave treatment were observed in this work. Microwaves are electromagnetic waves from 300 MHz to 300 GHz. There are many ways of microwave treatment – microwave drying, microwave pasteurization and sterilization. During the treatment of nuts and poppy seeds, different changes in both hydrolytic and oxidative stability can occur, because nuts are high source of lipid containing high proportion of MUFA and PUFA that can affect the rate of rancidification. Maillard reaction and other products, such as the formation of acrylamide, also occur in this treatment. These products influence positively or negatively the taste and aroma of treated nuts and poppy seeds.

The samples were treated with microwave radiation and then stored at 22.4 °C. Dry matter was measured using infrared balances. The peroxide value and acid value were measured as indicators of oxidative and hydrolytic changes. The samples of nuts and poppy seeds were measured at the beginning of storage (day 0), after 3 months and finally after 6 months of storage. The samples were extracted with petroleum ether:diethylether (8:2), and the solvent was removed by evaporation at 40 °C.

The observed dry matter changes were statistically significant for the treated and untreated poppy seeds, the dry matter content increased during storage. Statistically significant differences in hydrolytic changes were observed in the poppy seeds between day 0 and 6 months in the untreated and treated sample. Furthermore, the difference in acid number was statistically significant in microwave treated almond samples after a storage period of 3 and 6 months. There was a significant difference in acid number between treated and untreated samples of peanuts before storage and after 6 months.

Statistically significant differences in oxidative stability were observed for the poppy seed treated and untreated samples before storage and after 6 months, as well as between 3 and 6 months of storage. Concerning the acid number, almonds showed a significant difference even in the peroxide number between day 0 and after 3 months and day 0 and after 6 months of storage.

Thus, changes in hydrolytic and oxidative stability have been confirmed in some samples immediately after treatment and in samples during storage. The microwave radiation

contributed to the acceleration of hydrolytic and oxidative rancidity of analyzed almonds, peanuts and poppy seeds samples during the storage.

Keywords: microwave treatment, nuts, poppy seeds, rancidification

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Mikrovlnné ošetření	3
3.1.1	Mechanismus mikrovlnného ošetření	3
3.1.2	Mikrovlnné sušení.....	3
3.1.2.1	Mikrovlnné sušení za přítomnosti vzduchu	4
3.1.2.2	Mikrovlnné sušení za přítomnosti vakua	4
3.1.2.3	Mikrovlnné sušení za přítomnosti lyofilizace	4
3.1.3	Mikrovlnná pasterace a sterilace.....	5
3.1.3.1	Mikrovlnná pasterace.....	5
3.1.3.2	Mikrovlnná sterilace.....	5
3.2	Složení suchých skořápkových plodů a máku	6
3.2.1	Mandle	7
3.2.2	Arašídý	7
3.2.3	Lískové ořechy.....	8
3.2.4	Vlašské ořechy	8
3.3	Změny vznikající během mikrovlnného ošetření.....	9
3.3.1	Změny vlhkosti a aktivity vody.....	9
3.3.2	Změny oxidační stability	9
3.3.2.1	Oxidační a hydrolytické žluknutí	10
3.3.2.2	Aktivita lipooxygenáz	12
3.3.3	Maillardova reakce	13
4	Materiál a metody	15
4.1	Materiál	15
4.2	Metody	16
4.2.1	Homogenizace vzorků.....	16
4.2.2	Stanovení sušiny pomocí vah s infrazáříčem	16
4.2.3	Extrakce tuku	16
4.2.4	Stanovení čísla kyselosti	17
4.2.5	Stanovení peroxidového čísla	17
5	Výsledky	18
5.1	Stanovení obsahu sušiny	18
5.1.1	mák.....	20

5.1.2	mandle	21
5.1.3	arašídý	23
5.1.4	vlašské ořechy	25
5.2	stanovení čísla kyselosti	26
5.2.1	mák	28
5.2.2	mandle	29
5.2.3	arašídý	31
5.2.4	vlašské ořechy	33
5.3	stanovení peroxidového čísla.....	34
5.3.1	mák.....	36
5.3.2	mandle	38
5.3.3	arašídý	39
5.3.4	vlašské ořechy	41
6	Diskuze	43
6.1	Obsah sušiny	43
6.2	Stabilita vzorků ořechů a máku vůči žluknutí.....	44
6.2.1	Číslo kyselosti	44
6.2.2	Peroxidové číslo	45
7	Závěr	47
8	Seznam literatury	48
9	Seznam příloh	52

1 Úvod

Suché skořápkové plody jsou součástí především středomořské stravy a v dnešní době se dostávají do popředí. Ořechy jsou zpracovány do mnoha podob, jako jsou rychlé snack občerstvení (slané a sladké lískové ořechy, mandle a pistácie), omáčky, koláče, sušenky aj. Vzhledem k jejich vysokému zdroji energie jsou zavedeny i do sportovních doplňků.

Ořechy mají nízký obsah vody a jejich vodní aktivita je mezi hodnotami 0,6 a 0,7. Zatímco nízká aktivita vody umožňuje delší dobu skladování, tak vysoký obsah tuků, především obsah polynenasycených mastných kyselin (PUFA), zvyšuje možnost oxidačního a hydrolytického žluknutí během dlouhodobého skladování. Tyto procesy poté mění senzorickou kvalitu ořechů a to především chuť a aroma.

Mák *Papaver somniferum* L. je důležitou průmyslovou plodinou, která byla od starověku pěstována pro svá semena bohatá na olej a opiové alkaloidy. Tato plodina obsahuje vysoké množství oleje v semenech (50 %). Stejně jako ořechy má vysoký obsah PUFA, které ovlivňují oxidační a hydrolytickou stabilitu semen během zpracování a dlouhodobém skladování.

Hlavní problém při skladování a uváděním suchých skořápkových plodů a máku na trh, je tedy náchylnost k oxidačním změnám což je podle všeho nejčastější mechanismus, který vede ke zhoršení kvality. Jako další problém je samozřejmě napadení hmyzími škůdci či mikroorganismy.

Mikrovlnný ohřev má obrovské uplatnění v oblasti zpracování potravin po dobu několika desetiletí. Aplikace mikrovlnného ohřevu v potravinářském průmyslu zahrnuje sušení, pasteraci, sterilaci, rozmrazování, temperování, pečení potravinářských materiálů apod. Tento způsob ohřevu získal popularitu při zpracování potravin, díky své schopnosti dosáhnout vysokých rychlostí a významného zkrácení doby vaření, rovnoměrnějšímu ohřevu, bezpečnější manipulaci, snadné obsluhy a nízké údržby. Mikrovlnný ohřev může navíc v menší míře změnit chuť a nutriční vlastnosti potraviny, jako vznik Maillardových produktů a karamelizace.

2 Cíl práce

Ošetření mikrovlnným zářením lze použít pro hygienizaci ořechů. 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 změny obsahu sušiny a stability ořechů, máku a dalších suchých skořápkových plodů vůči žluknutí při aplikaci různých dávek ozáření. Pozornost bude věnována i vlivu stupně expozice na kvalitativní parametry ošetřené potraviny. V praktické části bude sledován vliv mikrovlnného záření na ztrátu vody a ukazatele žluknutí ve vzorcích ošetřených a neošetřených mikrovlnným ohřevem a to jak ihned po ošetření, tak i v průběhu jejich skladování.

Hypotéza: Při ošetření ořechů mikrovlnným zářením dochází ke změnám oxidační a hydrolytické stability vzorků, jakož i ke změnám obsahu sušiny. Rozsah těchto změn závisí na intenzitě a době expozice.

3 Literární rešerše

3.1 Mikrovlnné ošetření

Mikrovlny jsou elektromagnetické vlny, jejichž frekvence se liší v rozsahu 300 MHz až 300 GHz (Chandrasekaran a kol., 2013). Průmyslový mikrovlnný systém pracuje na frekvencích 915 MHz a 2,45 GHz (Datta a Anantheswaran, 2000).

3.1.1 Mechanismus mikrovlnného ošetření

Mikrovlnné ošetření pracuje na principu schopnosti materiálu absorbovat mikrovlnnou energii a přeměnit ji na teplo. Tento stav nastává v důsledku dipolárních a iontových mechanismů. Přítomnost vody nebo vlhkosti způsobuje dielektrické zahřívání kvůli přirozené dipolární povaze vody. Když oscilující elektrické pole dopadá na molekuly vody, trvale polarizované dipolární molekuly se snaží přeskupit ve směru elektrického pole. Vzhledem k vysoké frekvenci (kmitočtu) elektrického pole, dochází k tomuto přeskupení v milionech za sekundu a způsobuje vnitřní tření molekul, což vede k objemovému ohřevu materiálu (Chandrasekaran a kol., 2013).

Mikrovlnný ohřev může nastat díky oscilační migraci iontů v potravíně, která generuje teplo v přítomnosti vysokofrekvenčního oscilujícího pole. Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují mikrovlnné ošetření a rozložení tepla, nejdůležitější z nich jsou dielektrické vlastnosti a hloubka jeho pronikání (Datta a Davidson, 2000).

3.1.2 Mikrovlnné sušení

Při sušení potravin je cílem odstranit vlhkost z potravinových materiálů aniž by došlo k ovlivnění jejich fyzikálně-chemických vlastností. Důležité je také zachování produktu a zvýšení jeho doby skladovatelnosti, které lze dosáhnout sušením. Mikrovlnné sušení má výhodu dosažení rychlého sušení a zlepšení kvality některých potravinových produktů. Úroveň absorpce energie je dána vlhkostí výrobků, které mohou být použity pro selektivní zahřívání vnitřních částí vzorku obsahující vlhkost a bez ovlivnění vnitřních částí. Nicméně v mikrovlnném sušení se díky objemovému (volumetrickému) zahřátí tvoří páry uvnitř a vytváří se vnitřní tlakový gradient, který vytlačuje vodu ven. Tedy mikrovlnné sušení brání proti sesychání potravin. Mikrovlnná energie v kombinaci s dalšími způsoby sušení může zlepšit účinnost sušení i kvalitu výrobku (Chandrasekaran a kol., 2013).

Jednou z nevýhod mikrovlnného sušení je, že nadměrná teplota působící na okrajové části produktů vede ke spálení výrobků a tvorbě nežádoucích látek a pachutí, a to především

v konečné fázi sušení. V některých případech může, rychlý přesun iontů způsobit změny struktury, které mohou být žádoucí nebo nežádoucí, v závislosti na finálním produktu (Chandrasekaran a kol., 2013).

3.1.2.1 Mikrovlnné sušení za přítomnosti vzduchu

Mikrovlnné sušení vzduchem je jednou z metod, při které je sušení teplým vzduchem kombinováno s mikrovlnným ohřevem, aby se zvýšila rychlost sušení. Lze ho kombinovat v různých stupních procesu sušení. V první fázi dochází k dehydrataci, při které se vnitřní části rychle zahřívají. Při rychlé sušící fázi se tvoří stabilní teplotní profil, kdy je pára vytlačována ven, což urychluje sušení. Vytváří se porézní struktura, která dále usnadňuje přenos vodní páry. Ve fázi snížené doby schnutí nebo v konečném stupni sušení začne rychlost sušení klesat tam, kde je vlhkost přítomna ve středu a pomocí mikrovlnného ohřevu je pára vytlačena ven, aby se odstranila vázaná voda. Můžeme tedy říci, že v konečné fázi tento způsob neurychluje ztrátu vlhkosti (Chandrasekaran a kol., 2013).

3.1.2.2 Mikrovlnné sušení za přítomnosti vakua

Při sušení ve vakuu se molekuly vody za vysoké energie rozptylují na povrchu a odpařují se v důsledku nízkého tlaku. Z tohoto důvodu se vodní pára koncentruje na povrchu a nízký tlak tak způsobuje snížení teploty varu vody. Sušení ve vakuu zabraňuje oxidaci v důsledku nepřítomnosti vzduchu a tím udržuje barvu, texturu a chuť suchých produktů. Ztráta nutričních vlastností (vitamínu, α a β -karotenů, atd.) mikrovlnným sušením za přítomnosti vakua je minimální, nedochází k expozici tepla a kyslíku (Chandrasekaran a kol., 2013).

3.1.2.3 Mikrovlnné sušení za přítomnosti lyofilizace

Tento způsob sušení se považuje za šetrnou dehydratační techniku pro potraviny citlivé na teplo a pro farmaceutické a biologické materiály. Při lyofilizaci se teplota sníží pomocí vakua nebo nízkého tlaku a voda tak přímo přejde do plynné fáze, bez toho aby prošla kapalnou fází. Tak se zachovávají póry produktu a mohou být rychle dehydratovány, minimalizují se tak ztráty chuti (Chandrasekaran a kol., 2013).

Tento způsob sušení může být aplikován dvěma různými způsoby: nejprve se provádí lyofilizace se současným mikrovlnným ošetřením nebo je mikrovlnné ošetření aplikováno po lyofilizaci. V prvním typu ošetření probíhá sušící proces ve vakuovém prostředí za aplikace

mikrovlnného pole, pro dodání potřebného tepla sublimace, která je důležitá pro lyofilizaci. U druhého způsobu je proces rozdělen na dva stupně: lyofilizace následována mikrovlnným nebo vakuovým mikrovlnným sušením. Tato kombinace sušení mrazem a mikrovlnným ošetřením nabízí výhody, jako zkrácení času zpracování a zlepšení kvality produktů. Kvalita těchto produktů je lepší než u jiných způsobu sušení, a to kvůli nízké teplotě zpracování a nepřístupu kyslíku během procesu. Velkou nevýhodou tohoto způsobu ošetření je jeho vysoká cena a zdlouhavý proces dehydratace, což vede k vysokým energetickým nákladům (Chandrasekaran a kol., 2013).

3.1.3 Mikrovlnná pasterace a sterilace

Pasterace a sterilace se používají s cílem zničení nebo inaktivaci činnosti mikroorganismů a zvýšení bezpečnosti potravin a jejich uchování.

3.1.3.1 Mikrovlnná pasterace

Dochází ke zničení mikroorganismů nebo enzymů mikrovlnnými či radiovými frekvenčními vlnami při subletálních teplotách. Tento způsob je vysvětlen následujícími teoriemi: dochází k selektivnímu ohřevu, elektroporaci, prasknutí buněčné membrány a spojení magnetického pole. Teorie selektivního ohřevu ukazuje, že jsou mikroorganismy selektivně zahřívány mikrovlnami a dosahuje se tak vyšších teplot pro jejich inaktivaci a dochází k rychlejšímu zničení mikroorganismů. Podle elektroporace, elektrický potenciál probíhající buněčnou membránou může způsobit tvorbu pórů, a to vede k vytékání buněčného obsahu. Co se týče praskání buněčné membrány, dochází k ní kvůli napětí aplikovanému napříč buněčnou membránou. Podle teorie vazby magnetického pole jsou vnitřní komponenty buňky narušeny díky spojení elektromagnetické energie s molekulami bílkovin a DNA (Chandrasekaran a kol., 2013).

3.1.3.2 Mikrovlnná sterilace

Bylo zjištěno, že ozařování a průmyslové mikrovlnné ošetření šetří náklady, čas a zlepšuje kvalitu. Pro tento způsob ošetření se nejlépe hodí jako obalové materiály sklo, papír a keramika. Významné snížení počtu bakterií *Pseudomonas fragi* a *Escherichia coli* bylo dosaženo při postupné aplikaci UV, laserového a mikrovlnného tepelného ošetření. Úřad pro kontrolu potravin a léčiv v USA schválil sterilaci pomocí mikrovln pro bramborovou kaši a filet z lososa v omáčce. Proces zahrnuje ponoření balené potravin do tlakové horké vody za

současného zahřívání mikrovlnami o frekvenci 915 MHz, tato technologie byla vyvinuta ve Washingtonské Státní Univerzitě (Chandrasekaran a kol., 2013).

3.2 Složení suchých skořápkových plodů a máku

Ořechy jsou vysoce výživné plody a poskytují makronutrienty jako: lipidy, proteiny a sacharidy, dále mikronutrienty (minerální látky a vitamíny). Obsahují mononenasyčené a polynenasycené mastné kyseliny (MUFA a PUFA), fosfolipidy, tokoferoly, fytosteroly a další látky (Alasalvar a Shahidi, 2009).

Většina jedlých ořechů je bohatá na lipidy, v rozmezí 26,1 % u kokosových ořechů do 75,8 % u makadamových ořechů. Lískové ořechy, makadamové, pekanové, piniové a vlašské ořechy obsahují více lipidů (> 60 %) v porovnání s mandlemi, kešu ořechy a pistáciemi (44 % až 51 %). Obecně jsou ořechy bohaté na MUFA a PUFA. Obsah MUFA se pohybuje od 0,4 g /100 g do 58,9 g /100 g v makadamových ořeších. Zatímco PUFA jsou v rozmezí od 0,4 g /100 g v kokosovém ořechu do 47,2 g /100 g ve vlašských ořeších (Alasalvar a Shahidi, 2009).

Obsah bílkovin se liší od 1,7 g /100 g (makadamové ořechy) do 4,06 g /100 g (mandle a pistácie). Mandle, pistácie a kešu ořechy mají nejvyšší obsah bílkovin (18,2 – 23,3 g /100 g), následované vlašskými ořechy, lískovými ořechy a piniovými semínky (13,7 – 15,2 g /100 g). Nejvíce dominantní aminokyselinami jsou kyselina asparágová a glutamová. Jsou bohaté na arginin (v rozmezí od 9,15 g /100 g v pistáciích do 15,41 g /100 g v piniových semínkách) (Alasalvar a Shahidi, 2009).

Celkový obsah sacharidů se pohybuje v rozmezí od 12,3 % (para ořechy) do 62,3 % (kaštiny). Součástí sacharidů je přirozeně vláknina, pro kešu ořechy 3,3 % až 13,0 % pro mandle, a dále jednoduché cukry (2,3 % – 17,1 %). Jedním z hlavních sacharidů je sacharóza (2,3 % – 7,0 %) a představuje více jak 95 % celkových sacharidů. Jako minoritní sacharidy jsou zastoupeny glukóza (0 % – 0,27 %), fruktóza (0 % – 0,17 %) a maltóza (do 0,2 %) (Alasalvar a Shahidi, 2009).

Mák (*Papaver somniferum* L.) je celosvětově pěstován jako produkt pro výrobu farmaceuticky významných léků, a také pro produkci makových semen. Semena jsou používána v potravinářském průmyslu jako náplně a posypy v cukrárenských a pekárenských výrobcích. Obsahují asi 50 % oleje, protože mají vysoké množství PUFA jsou vhodné pro lidskou výživu. Dominantními mastnými kyselinami jsou kyselina linolová a olejová kyselina, dalšími jsou kyselina palmitová, stearová a α -linolenová. Vzhledem k vysoké hladině PUFA je mák a jeho produkty z něj náchylné k autooxidaci, což má za následek

nepříjemný zápach a hořkou chuť. Maková semena jsou také kvalitním zdrojem bílkovin. Obsahují asi 30 – 36 % surových bílkovin a 1 – 15 % surového oleje. Olej z makových semen obsahuje některé minerály: K 5906 mg/kg, P 5795 mg/kg, Mg 4256 mg/kg, S 2113 mg/kg a jiné minerální látky (Cibulková a kol., 2015, Lančaričová a kol., 2016, Rahimi a kol., 2015).

3.2.1 Mandle

Mandle patří mezi energeticky bohaté a vysoce výživné potraviny, obsahující minerální látky jako fosfor, draslík, hořčík, vápník, železo, zinek a vitamíny A, E, B1 a B2. Jsou oceňovány pro jejich chuť, aroma a výživové hodnoty. Mandle mají vysoký obsah oleje a vysoký poměr olejové kyseliny. Nicméně jsou citlivé na oxidační reakce a žluknutí během skladování. Oxidační reakce vedou ke vzniku nepříjemného zápachu, chuti, barvy a ke ztrátě živin (vitaminů rozpustných v tucích, esenciálních mastných kyselin, karotenoidů, aminokyselin atd.) (Larrauri a kol., 2016).

Podle Amreina a kol. (2005) obsahují mandle ve značném množství prekurzory vzniku akrylamidu: obsah volného asparaginu je uváděn v rozmezí 2,000 – 3,000 mg/100 g. Obsah glukózy a fruktózy byl stanoven na množství 500 – 1,300 mg/kg a sacharózy v rozmezí 2,500 až 5,300 mg/kg. Akrylamid má neurotoxické a karcinogenní vlastnosti. Je vytvářen při vyšších teplotách a při středně až nízké vlhkosti současně s Maillardovou reakcí mezi redukujícími cukry a volnou aminokyselinou asparaginem, který zajišťuje pevnost molekuly akrylamidu.

3.2.2 Arašídny

Arašídny jsou ořechy, které obsahují důležité složky pro lidskou výživu. Jejich vysoké nutriční vlastnosti jsou připisovány přítomností biologicky aktivních složek, jako jsou tokoferoly, flavanoidy, fytosteroly, resveratrol, stejně tak jejich relativně vysokému obsahu bílkovin a snadné stravitelnosti. Obecně arašídny obsahují 50 – 55 % tuku z čehož je zhruba 30 % kyseliny linolové a 45 % kyseliny olejové. Právě kyselina olejová je odpovědná za rozvoj žluknutí při oxidaci tuků. Převládající aminokyseliny jsou kyselina glutamová (177 mg/g bílkovin), kyselina asparagová (144 mg/g bílkovin) a arginin (125 mg/g bílkovin) (Campos-Mandragon a kol., 2009).

3.2.3 Lískové ořechy

Lískové ořechy (*Corylus Avellana* L.) obsahují všechny hlavní makronutrienty: lipidy, sacharidy a proteiny. Jedna z převládajících složek je obsah lipidů od 58,40 do 64,10 g/100 g, následují sacharidy s obsahem 15,50 – 17,61 g/100 g. Obsah proteinů se pohybuje v rozmezí od 10,86 do 16,30 g/100 g, obsah vody 3,90 – 5,40 g/100 g a nejmenší obsah zaujmají popeloviny od 2,20 do 2,69 g/100 g. Z nejvíce zastoupených MK je kyselina olejová, její množství se pohybuje v rozmezí od 76,3 do 86,5 g/100 g, dále kyselina linolová (6,5 – 15,6 g/100 g) a linolenová kyselina (0,1 – 1,9 g/100g) (Fernandez a kol., 2017).

Lískové ořechy jsou mimo jiné dobrým zdrojem esenciálních i neesenciálních aminokyselin. Největší zastoupení má glutamová kyselina s obsahem 2,84 – 3,71 g/100 g, následována je argininem (1,87 – 2,21 g/100 g) a asparagovou kyselinou (1,33 – 1,68 g/100 g). Tyto tři neesenciální aminokyseliny tvoří 44,9 – 48,3 % ze všech přítomných aminokyselin. Kvalita bílkovin je závislá především na skladbě esenciálních aminokyselin a stravitelnosti. Lískové ořechy obsahují všech devět esenciálních aminokyselin (mimo tryptofan), které zaujmají 29,8 – 32,2 % ze všech obsažených aminokyselin.

3.2.4 Vlašské ořechy

Vlašské ořechy (*Juglans regia* L.) jsou výborným zdrojem energie. Bílkoviny a tuky jsou obsaženy z více než 84 %, obsahují do 24 % bílkovin a do 70 % tuků. Kromě bílkovin a tuků obsahují značné množství různých vitamínů a minerálních látek. Z vitamínů jsou to převážně thiamin, riboflavin, niacin, vitamín B6, vitamín E a minerální látky jako Fe, Mg, K a P. Vlašské ořechy mají vyvážený obsah n-6 a n-3 PUFA, který má příznivý vliv na redukci výskytu kardiovaskulárních onemocnění.

Protože jsou vysokým zdrojem lipidů a obsahují velké množství mastných kyselin, a to převážně nenasycených, ale také nasycených, může u nich docházet během dlouhodobého skladování k nežádoucím změnám hydrolytické a oxidační stability. Z nenasycených mastných kyselin jsou to kyselina linolová a linolenová (Hosseini a kol., 2014, Labuckas a kol., 2011).

Sze-Tao a kol. (2000) uvádějí, procentuální obsah SFA: 7,11 % (\pm 0,24) pro kyselinu palmitovou a 2,22 % (\pm 0,33) pro kyselinu stearovou, obsah MUFA: kyselina olejová 15,65 % (\pm 0,57) a PUFA: 61,21 % (\pm 0,57) pro kyselinu linolovou a 13,81 % (\pm 0,31) pro linolenovou kyselinu z celkového obsahu lipidů 66,90 %.

3.3 Změny vznikající během mikrovlnného ošetření

3.3.1 Změny vlhkosti a aktivity vody

Das a kol. (2014a) uvádí, ve své studii vliv mikrovlnného ošetření na kvalitu kešu ořechů, že při prodloužení doby expozice mikrovlnného ošetření, došlo ke snížení obsahu vlhkosti bez ohledu na úroveň výkonu ošetření kešu ořechů. Počáteční vlhkost čerstvého jádra kešu byla $2,5 \% \pm 0,2$. S nárůstem doby působení (z 30 s na 240 s) došlo k poklesu vlhkosti z počáteční hodnoty (2,5 %) na 1,97 %, 1,95 % a 1,54 % při výkonu ošetření 240, 360 a 480 W. Co se týče aktivity vody, nezaznamenali žádné významné rozdíly mezi jednotlivými ošetřeními. Toto je ve shodě s další jeho studií (Das a kol., 2014b) kde uvádí, že vlhkost neošetřených vlašských jader byla $3,7 \% \pm 0,2$. Vzorky byly vystaveny stejným výkonům mikrovlnného ošetření a stejné době expozice jako u předchozí studie (30, 60, 90, 120, 180 a 240 s). Bylo zjištěno, že nárůstem doby expozice (tj. od 30 do 240 s) došlo ke snížení obsahu vlhkosti z 3,7 % na 3,01 %, 2,61 % a 1,18 % při výkonu 240, 360 a 480 W. Stejně byla měřena i aktivita vody ošetřených a neošetřených vlašských ořechů a mezi jednotlivými způsoby ošetření nebyl zaznamenán významný rozdíl.

Tyto výsledky můžeme porovnat s konvekčním způsobem pražení ořechu. Jiní autoři uvádí, že při dané teplotě pražení arašídů se vlhkost snížila s rostoucí barvou pražení. Což naznačuje usnadnění ztráty vlhkosti při působení delší doby pražení. Jelikož je vlhkost kritický faktor, který ovlivňuje aroma, texturu a trvanlivost, je její množství uvolněné během pražení závislé na teplotě a čase pražení (McDaniel a kol., 2012). Tato tvrzení mohou být dále potvrzena JittrePOCH a kol. (2010), kteří uvádí významný pokles vlhkosti arašídů ($p < 0,05$) s rostoucí dobou mikrovlnného ošetření. Tento pokles se pohyboval v rozmezí od 8,56 % do 1,58 %. Pokles tedy ukazuje, zahřátí arašídů na teplotu varu vody, což způsobilo její odpaření. Co se týče dalších studií například týkajících se para ořechů, je uváděn obsah vlhkosti ořechů ve skořápce 6,9 % a aktivita vody 0,79. Po 60 s ošetření byly zaznamenány výsledky redukce vlhkosti (o 46,4 %). Nejlepších výsledků bylo dosaženo při 120 s ošetření přibližně na 43,5 % a také bylo dosaženo snížení vodní aktivity (da Silva a kol., 2016).

3.3.2 Změny oxidační stability

Pro sledování změn oxidační stability se používají především hodnoty peroxidového čísla a čísla kyselosti. Peroxidové číslo měří množství peroxidů v oleji. To znamená, že vyjadřuje množství peroxidicky vázaného kyslíku v tuku vyjádřené v mM aktivního kyslíku na 1 kg vzorku. Zatímco číslo kyselosti se používá pro kontrolu čistoty oleje a může ukazovat

rozkladné reakce. Číslo kyselosti je tedy mírou obsahu volných mastných kyselin (MK) v tuku; vyjadřuje se jako hmotnost KOH (v mg) potřebného k neutralizaci kyselin obsažených v 1 g tuku (Uquiche a kol., 2008).

3.3.2.1 Oxidační a hydrolytické žluknutí

Jak bylo již zmíněno, ořechy obecně obsahují značné množství PUFA a proto jsou citlivé na oxidační a hydrolytické žluknutí, které produkuje nežádoucí těkavé sloučeniny, různé pachutě a snižují skladovatelnost. Das a kol. (2014a) ve své studii píše o vlivu mikrovlnného ošetření na stabilitu kešu ořechů, kde uvádí, že hodnoty peroxidového čísla a volných MK byly $2,08 \pm 0,05$ meq O₂/kg oleje a $0,68 \% \pm 0,3 \%$ na počátku pokusu. Ihned po vystavení mikrovlnnému ošetření, hodnoty peroxidového čísla a volných MK klesly na 1,10 až 1,66 a 0,11 až 0,51. Obě hodnoty poklesly s nárůstem úrovně výkonu (240, 360, 480 W) a doby expozice (30, 60, 90, 120, 180 a 240 s). Tyto hodnoty porovnával se specifikací OSN, kdy jsou maximální tolerované hodnoty peroxidového čísla menší než 5,0 meq O₂/kg oleje a hodnoty volných MK pod 1,0 %. V další své studii se zabýval (Das a kol., 2014b) vlašskými ořechy, jejich vlastnostmi po krátkém mikrovlnném ošetření. V této studii označil hodnoty peroxidového čísla a volných MK, přijatelné pro kvalitu vlašských ořechů, nižší než 3,0 meq O₂/kg oleje a nižší než 1,0 %. Hodnoty peroxidového čísla a volných MK byly na začátku experimentu relativně vysoké ($2,89 \pm 0,048$ meq O₂/kg oleje a $1,08 \pm 0,037 \%$). Po mikrovlnném ošetření se hodnoty pohybovaly od 1,13 do 1,51 (peroxidové číslo) a od 0,3 do 0,81 (volné MK), kdy byly použity stejné podmínky ošetření jako u předchozí studie. Na základě těchto hodnot lze říci, že s rostoucím výkonem ošetření a dobou působení došlo k poklesu peroxidového čísla a volných MK. Dále autor bral v úvahu mikrovlnné ošetření při cílové teplotě 50 – 55 °C, které poskytlo hodnotu peroxidového čísla 1,35 meq O₂/kg oleje a volných MK od 0,63 – 0,69 %. Po 6 měsících skladování při teplotě 25 °C, se peroxidové číslo a obsah volných MK zvýšil. U obou těchto studií došlo během skladování k mírnému zvýšení hodnot peroxidového čísla a volných MK, které se ale stále pohybovaly v přijatelných mezích.

Tento způsob ošetření lze také porovnat s jinými typy ošetření, jako uvádí Jiao a kol. (2015) zabývající se horkovzdušným pražením pomocí RF (radiofrekvenčního) ohřevu arašídů. Číslo kyselosti a peroxidové číslo takto pražených arašídů bylo $0,26 \pm 0,02$ mg/g a $2,46 \pm 0,10$ meq O₂/kg oleje. Yang et al. (2011) hodnotil kvalitu sušených slaných arašídů pražených tunelovou mikrovlnnou technologií a uvedl hodnoty čísla kyselosti a peroxidového

čísla v rozmezí od 0,33 – 0,36 mg/g a 3,00 – 3,39 meq O₂/kg oleje což jsou horší výsledky než u předchozích studií. Během 32 týdnů skladování arašídů pražených pomocí horkovzdušného RF ohřevu, došlo ke zvýšení peroxidového čísla a čísla kyselosti, což ukazuje na oxidaci tuků. Peroxidové číslo dosáhlo 10 meq O₂/kg oleje (Jiao a kol., 2015).

Další autoři sledovali oxidační změny u různých druhů olejů: lískooříškového, olivového, sójového a slunečnicového oleje, které byly mikrovlnně ošetřeny. Vzorky olejů byly ošetřeny výkonem 600 W během 3, 6 a 9 min. U všech vzorků vystavených mikrovlnnému ohřevu došlo k mírnému, ale významnému ($p < 0,05$) vzrůstu volných MK (Javidipour a kol., 2017). Jiní autoři uvádí, že obsah volných MK v arašídovém oleji také mírně vzrostl. Toto zvýšení je způsobeno rozštěpením esterových vazeb molekul triacylglycerolů (TAG) v důsledku zahřívání. Hodnoty peroxidového čísla také mírně vzrostly ($p < 0,05$) především během 3 min vystavených mikrovlnnému ošetření, v době 6 min byl vidět klesající trend hodnot a následně došlo k prudkému poklesu během 9 min ošetření. Počáteční peroxidové číslo vzorků oleje z lískových oříšků, olivového, sójového a slunečnicového oleje bylo 3,29; 2,63; 8,22 a 7,12 meq O₂/kg oleje. Konečná hodnota po ošetření se pohybovala mezi 0,62 a 0,75 meq O₂/kg oleje. Olej z lískových oříšků a olivový olej vykazovaly nižší hodnoty než sójový a slunečnicový olej, protože obsahují méně PUFA. Co se týče prudkého poklesu vzorků za dobu 9 min mikrovlnného ošetření, byl pravděpodobně důsledkem degradace hydroperoxidů na sekundární oxidační produkty (např: hexanal) (Javidipour a kol., 2017).

Jittreporch a kol. (2010) sledovali změny oxidační stability u arašídů ošetřených mikrovlnným ozářením o frekvenci 2,450 MHz a výkonu 900 W. Arašidy byly ošetřeny po dobu 0, 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 a 6,5 min. peroxidové číslo takto ošetřených arašídů významně vzrostlo ($p < 0,05$) s rostoucím časem mikrovlnného ošetření. Hodnoty peroxidového čísla vzorků byly v rozmezí 2,31 – 7,55 meq O₂/kg tuku. Dále zkoumal obsah volných MK jako index hydrolytického žluknutí, které přispívá k rozvoji pachutí a zápachu v olejích. Během experimentu došlo k významnému zvýšení volných MK s rostoucím časem mikrovlnného ošetření. Maximální růst hodnot byl u vzorku ošetřeného 6,5 min. Obsah volných MK se pohyboval v množství 0,45 – 0,72 %. Jak bylo již zmíněno, je toto zvýšení způsobeno rozštěpením vazeb v TAG důsledkem zahřívání.

3.3.2.2 Aktivita lipooxygenáz

Důležité je se také zaměřit na aktivitu enzymů, které mohou mít vliv na oxidační změny suchých skořápkových plodů a máku, ale i jiných druhů potravin. Buranasompob a kol. (2007) se zabývali aktivitou lipooxygenáz (LOX) mandlí a vlašských ořechů. LOX je linoleát: oxygen oxidoreduktázy, jedná se o dioxygenázu obsahující železo, která katalyzuje oxidaci PUFA obsahující cis, cis-1,4-pentadienové jednotky za vzniku konjugovaných nenasycených hydroperoxidů mastných kyselin. LOX aktivita neošetřených vzorků mandlí a vlašských ořechů byla zkoumána při různých hodnotách pH: 5,0; 6,4; 7,0 a 9,0. Nejvyšší LOX aktivita u vlašských ořechů se projevila při pH 7,0 a nejnižší byla zaznamenána při pH 5,0 a 9,0. Ten samý jev byl pozorován i u neošetřených mandlí, nejvyšší LOX aktivita byla při pH 7,0 a nejnižší při pH 5,0.

Dále byla LOX aktivita sledována u neošetřených a ošetřených vlašských jader teplotami 55 °C po dobu 2 a 10 min a 60 °C po dobu 2 a 10 min. Počáteční LOX aktivita neošetřených jader byla 0,26 $\mu\text{M O}_2/1\text{s}$, u ošetřených jader teplotami 55 °C a 60 °C po dobu 2 a 10 min, byla 0,12; 0,10; 0,09 a 0,05 $\mu\text{M O}_2/1\text{s}$. Zahřátím jader vlašských ořechů při teplotách 55 °C a 60 °C při dané době 2 a 10 min došlo k inaktivaci 54 %, 62 %, 65 % a 81 % počáteční LOX aktivity. Stejným způsobem byly zkoumány neošetřené a ošetřené mandle (55 °C 2 a 10 min a 60 °C 2 a 10 min). Počáteční aktivita LOX neošetřených mandlí byla 0,11 $\mu\text{M O}_2/1\text{s}$. U ošetřených mandlí byla naměřena aktivita LOX 0,09; 0,03; 0,09 a 0,03 $\mu\text{M O}_2/1\text{s}$. Při těchto teplotách a čase došlo k inaktivaci 18 %, 73 %, 18 % a 73 % aktivity LOX (Buranasompob a kol., 2007). Jiní autoři jako Ciarmelo a kol. (2013) sledovali LOX aktivitu u jader a skořápek lískových ořechů po vystavení mikrovlnným zářením po dobu 240 až 600 s, za použití neošetřených ořechů pečených konvenčním způsobem jako kontroly. Vyšší LOX aktivita byla zaznamenána u neošetřených vzorků lískových jader. Nicméně pražení konvekční troubou nebo ošetření mikrovlnným způsobem bylo schopné redukovat LOX aktivitu u většiny vzorků. Obecně LOX aktivita byla, u vzorků lískových ořechů ošetřených mikrovlnným způsobem, nižší než u konvekčně pražených vzorků. Nejlepších výsledků inhibice LOX bylo dosaženo u lískooříškových jader ošetřených mikrovlnami po dobu 360 s. Při těchto podmínkách byla LOX aktivita téměř nedetekovatelná, ale při zvýšení času ošetření na 600 s bylo výsledkem rychlé zvýšení LOX aktivity. Tyto výsledky autoři také potvrdili změřením obsahu volných MK při absorbanci 234 nm, což jak bylo již mnohokrát zmíněno, naznačuje obsah hydroperoxidů PUFA. Zvýšený obsah hydroperoxidů byl pozorován u lískových jader pražených jak konvekční metodou, tak mikrovlnným ošetřením po dobu

600 s. Na druhé straně mikrovlnné ošetření po dobu 360 s přispělo k významnému poklesu hydroperoxidů. Tyto výsledky potvrzují, že mikrovlnné ošetření lískových jader po dobu 360 s bylo schopné inaktivovat LOX aktivitu. Díky těmto výsledkům lze říci, že je důležitá doba ošetření pro inaktivaci LOX.

3.3.3 Maillardova reakce

Další změny, které by mohly nastat během ošetření ořechů a to díky obsahu bílkovin a cukru je Maillardova reakce. Tato reakce má jak pozitivní, tak i negativní vliv. Obecně je Maillardova reakce popisována jako neenzymatické hnědnutí vlivem vyšších teplot. Tyto reakce probíhají mezi aminosloučeninami (aminokyseliny, peptidové proteiny) a redukujícími cukry. Počáteční fáze reakce zahrnují kondenzaci aminosloučenin s karbonylovou skupinou redukujících cukrů, za vzniku glykosylaminu. Následně se tento meziprodukt dehydratuje na různé nízkomolekulární složky, jako jsou furfural, deriváty furanů, hydroxyketony a dikarbonylové sloučeniny. Další fází Maillardova hnědnutí je reakce těchto molekul s jinými reaktivními sloučeninami např. s aminy, aminokyselinami, aldehydy, H_2S a NH_3 . Během toho je důležitou reakcí streckerova degradace aminokyselin za přítomnosti dikarbonylových sloučenin. Aminokyselina je dekarboxylována a deaminována, tak aby vznikl aldehyd, zatímco dikarbonyl se převede na α -aminoketon nebo aminoalkohol. Tyto reakce vedou k tvorbě mnoha vonných aktivních molekul, které charakterizují aroma potravin, jsou to např. furan, pyrazin, pyrroly, thiazoly a další heterocyklické látky. Poslední fáze Maillardova hnědnutí vede k tvorbě hnědých vysokomolekulárních polymerních melanoidů, které vznikají kondenzací cyklických podjednotek (pyrrolů nebo jejich derivátů) (Laurent a Brevard, 2005).

Je třeba zmínit, že některé heterocyklické aromatické aminy nebo také akrylamid, vzniklé Maillardovou reakcí mají mutagenní účinek. Heterocyklické aromatické aminy se tvoří v potravinách bohatých na bílkoviny. To zahrnuje reakce hexózy, aminokyselin, kreatinu při vysokých teplotních podmínkách. Zatímco akrylamid je monomer, který vzniká z aminokyseliny asparaginu po kondenzaci s redukujícími cukry nebo karbonylovými sloučeninami. Hlavním zdrojem akrylamidu během neenzymatického hnědnutí je *N*-glykosylasparagin. Jako další možný substrát je dekarboxylovaný asparagin (3-aminopropionamid), který může při zahřátí vytvářet akrylamid bez přítomnosti redukujících cukrů (Laurent a Brevard, 2005). McDaniel a kol., (2012) uvádí, že během pražení arašídů dochází u bílkovin k strukturálním a konformačním změnám, které mohou vést ke snížení

rozpustnosti. Tato rozpustnost je ovlivněna dobou pražení a během zvýšení doby restování dochází k zesíťování glykoproteinů, které jsou součástí Maillardovy reakce.

Smith a kol. (2014) se zabývali těkavými látkami u pražených arašídů, které jsou nejčastěji způsobeny Maillardovou reakcí, Streckerovou reakcí a karamelizací cukrů. Pyrazin je odpovědný za typickou chuť pražených arašídů. Ve své studii detekovali u pražených arašídů methyl mercaptan, což podle Smitha a kol. (2014) a Jittreppoch a kol. (2010) je typické aroma pražených arašídů. Tato látka má sulfidové aroma a pravděpodobně vzniká z aminokyseliny methioninu během hnědnutí. Jako další vonné látky byly detekovány vanilin, butanal a sirovodík. Další autoři jako Ciarmiello a kol. (2013) sledovali také Maillardovo hnědnutí u lískových ořechů a zaznamenali hnědnutí při zvýšení doby pražení.

4 Materiál a metody

4.1 Materiál

Vzorky mandlí, vlašských ořechů, arašídů a máku byly ošetřeny mikrovlnným ošetřením ve společnosti RoMill s.r.o. Vzorky byly poskytnuty firmou IBK Trade. Podmínky pro všechny experimenty byly následující: frekvenční měnič 6,27 Hz, pohyb pásu 1cm/s, materiál pásu kevlarová vlákna s teflonem, délka tunelu kde působí MW záření 50 cm, průjezd tunelem 50 s, dohřev v zakryté zóně s vháněním vzduchu o teplotě 87 – 86 °C (pokud není uvedeno jinak) a délka dohřevné zóny 190 cm. Všechny misky, které byly použity pro vzorky, byly před pokusem očištěny přípravkem Desident CaviCide (PETRON, SpofaDental a.s.).

Tabulka 1: Použité vzorky máku, mandlí, jader vlašských ořechů a arašídů.

	záření [kW]	teplota tunelu [°C]	dohřevný vzduch [°C]	teplota povrchu infrakamerou [°C]	teplota vpichový teploměr [°C]
Pokus 1: mák nemletý	4	90 - 95	105	65,6 - 77,9	64,4
Pokus 2: mandle loupané blanšírované	2,4	70	84 -86	60,9	46
Pokus 3: arašídý natural nelouskané	3x4	99,6 - 77,2 102,9 - 127,0 118 -146	84 -86		
Pokus 4: mandle loupané blanšírované	2x4,5	105	84 -86	74,1 - 91,8	62-70
Pokus 5: jádra vlašských ořechů	4	70	84 -86	82,8 - 84,0	51,9

Pro každý vzorek byla neošetřená kontrola, dohromady byly 4 kontroly, kdy pro pokus 2 a 4 byla jedna kontrola neošetřených mandlí. Všechny vzorky byly rozváženy do 3 misek, které byly na pás vloženy podélně těsně za sebou. Pro analýzu byly vždy odebrány vzorky z prostřední misky. U pokusu 4 byly krajní misky z pokusu 2 a prostřední miska byly mandle

neošetřené. U pokusu 3 byly arašídny odváženy do misek, ale poté praženy bez misek a všechny obsah vysypán na pás. Na konci vše nachytáno opět do misek.

Všechny vzorky byly následně převezeny na Českou zemědělskou univerzitu a byly rozděleny na 3 stejně velké díly. První část vzorků byla určena k analýze jako den nula, druhá část vzorků byla určena k analýze po 3 měsících skladování při teplotě 22,4 °C a poslední třetí část byla analyzována po 6 měsících skladování při stejné teplotě 22,4 °C. U všech vzorků byla stanovena sušina, peroxidové číslo a číslo kyselosti.

4.2 Metody

Použitá metodika byla stejná jako Obdržálek (2017) a použité postupy byly založeny na normách: ČSN EN ISO 660 Živočišné a rostlinné tuky a oleje, ČSN EN ISO 3960 Živočišné a rostlinné tuky a oleje.

4.2.1 Homogenizace vzorků

Homogenizace byla provedena pomocí mixéru CSCARLETT SL-I545 150 W, do kterého bylo vloženo více než 12 g vzorku ořechů. Mandle a vlašské ořechy byly mlety v uvedeném mixéru po dobu 15 s. Arašídny byly vylouskány a došlo ke zvážení množství slupek a jedlého podílu. Jedlý podíl se dal do mixéru a byl mlet po dobu 15 s. Mák byl mlet pomocí mlýnku na mák. Množství vzorku bylo voleno s ohledem na množství materiálu, při dostatku materiálu bylo do mixéru vloženo více než 10 g vzorku na mletí. Dále se pracovalo pouze s homogenizovaným materiálem bez větších okem pozorovatelných kusů. Velké kusy vzorku byly odstraněny a do stanovení nebyly brány.

4.2.2 Stanovení sušiny pomocí vah s infrazáříčem

Stanovení sušiny na infravahách bylo provedeno navážením 1 g homogenizovaného vzorku a rovnoměrným rozprostřením po misce infravah při teplotě 33 °C. Poté bylo zahájeno sušení při teplotě 105 °C a kontinuální vážení do konstantní hmotnosti, kdy nebyla zaznamenána změna větší než 0,01 g po dobu 60 s. Následně byla zapsána hodnota sušiny z displeje infravah.

4.2.3 Extrakce tuku

Na extrakci bylo odváženo cca 10 g homogenizovaného vzorku bez větších částic do Erlenmeyerovy baňky. Do uvedené baňky bylo přidáno 100 ml směsi petroléter:dietyléter 8:2. Baňka se vzorkem byla dána na 3 minuty do ultrazvukové lázně. Poté byl vzorek ponechán 10

minut v klidu. Vzorek byl filtrován přes skládaný filtrační papír s přídavkem cca 2,5 g bezvodého síranu sodného do 250ml varné baňky. Přefiltrovaný vzorek byl dán na vakuovou odparku na 120 otáček za minutu a teplotu lázně 40 °C. Odpařování rozpouštědla trvalo přibližně 5 minut. Baňka s tukem byla zvážena na analytických vahách. Uvedená metoda extrakce byla převzata a modifikována podle Shunshan (2015). Cílem metody nebyla kvantitativní extrakce veškerého tuku ze vzorku, ale získání dostatečného množství lipidů pro následnou titraci.

4.2.4 Stanovení čísla kyselosti

Pro stanovení čísla kyselosti byla použita výše popsaná extrakce tuku. Extrahovaný tuk byl stanovován podle metodiky ČSN EN ISO 660 Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Stanovení čísla kyselosti a kyselosti, s následujícími modifikacemi: množství tuku na stanovení je dáno extrakcí, přídavek 75 ml směsi (1:1) etanol-dietyléter.

4.2.5 Stanovení peroxidového čísla

Pro stanovení peroxidového čísla byla zvolena metoda vycházející z ČSN EN ISO 3960 Živočišné a rostlinné tuky a oleje – Stanovení peroxidového čísla, s následujícími modifikacemi: množství tuku vychází z extrakce, přídavek 10 ml chloroformu, 10 ml octové kyseliny.

5 Výsledky

5.1 Stanovení obsahu sušiny

Sušina v jedlém podílu jednotlivých vzorků ořechů a máku byla stanovena dvěma po sobě jdoucími měřeními na vahách s infrazáříčem. Jednotlivé výsledky jsou uvedeny v tabulce 2a a 2b. Na grafu 1a a 1b je graficky znázorněn obsah sušiny u jednotlivých vzorků, nejvyšší obsah sušiny je u ošetřeného vzorku P3 96,90 % v den 0, po 3 měsících došlo k mírnému poklesu na hodnotu 96,18 % a po 6 měsících došlo ke zvýšení hodnoty sušiny na 96,62 %. Zatímco u kontrolního vzorku P3 byl obsahu sušiny v den 0 93,65 %, po 3 měsících 92,65 % a po 6 měsících 95,54 %. Nejnižší obsah sušiny po 6 měsících vykazoval vzorek P4 krajní miska s hodnotou 93,29 %.

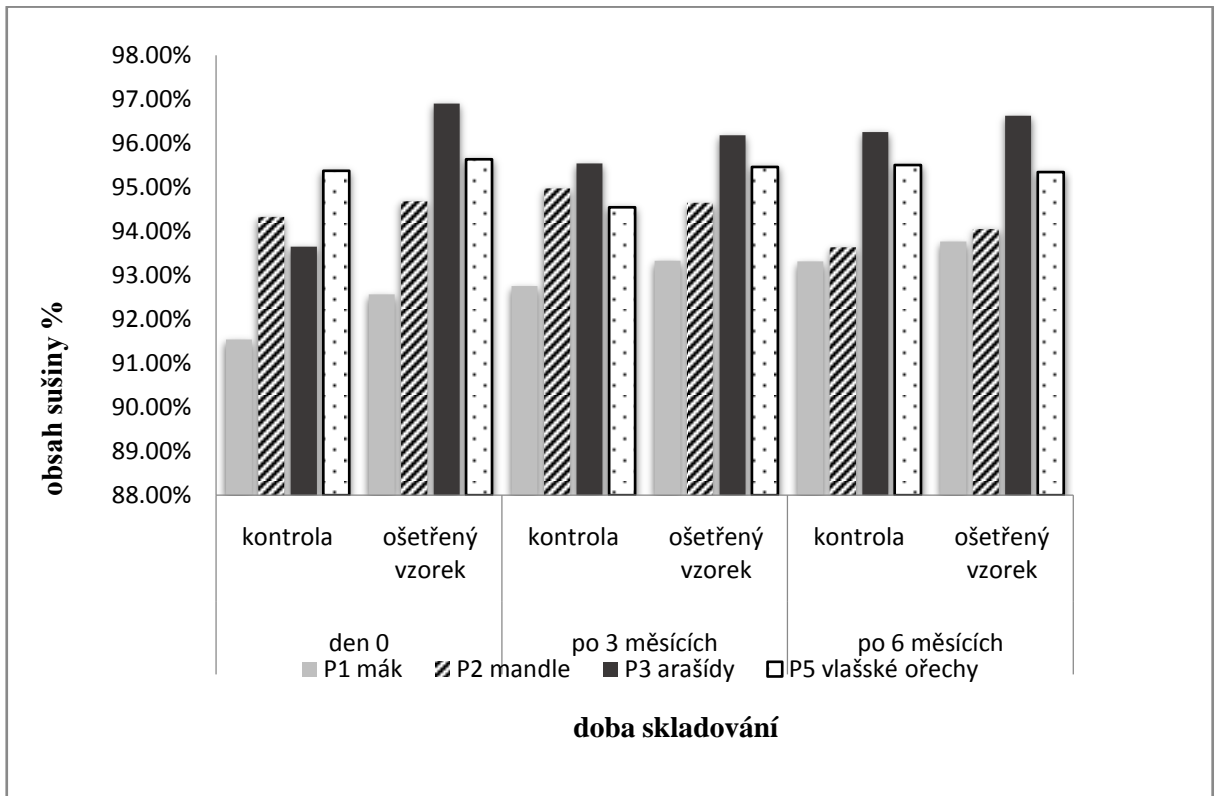
Tabulka 2a: Obsah sušiny vzorků ořechů a máku v den 0.

	Den 0		
	kontrola	ošetřený vzorek	
		krajní miska	miska č.5
P1	91,74 %		92,56 %
P2	94,32 %		94,68 %
P4	94,32 %	95,34 %	95,08 %
P3	93,65 %		96,90 %
P5	95,37 %		95,63 %

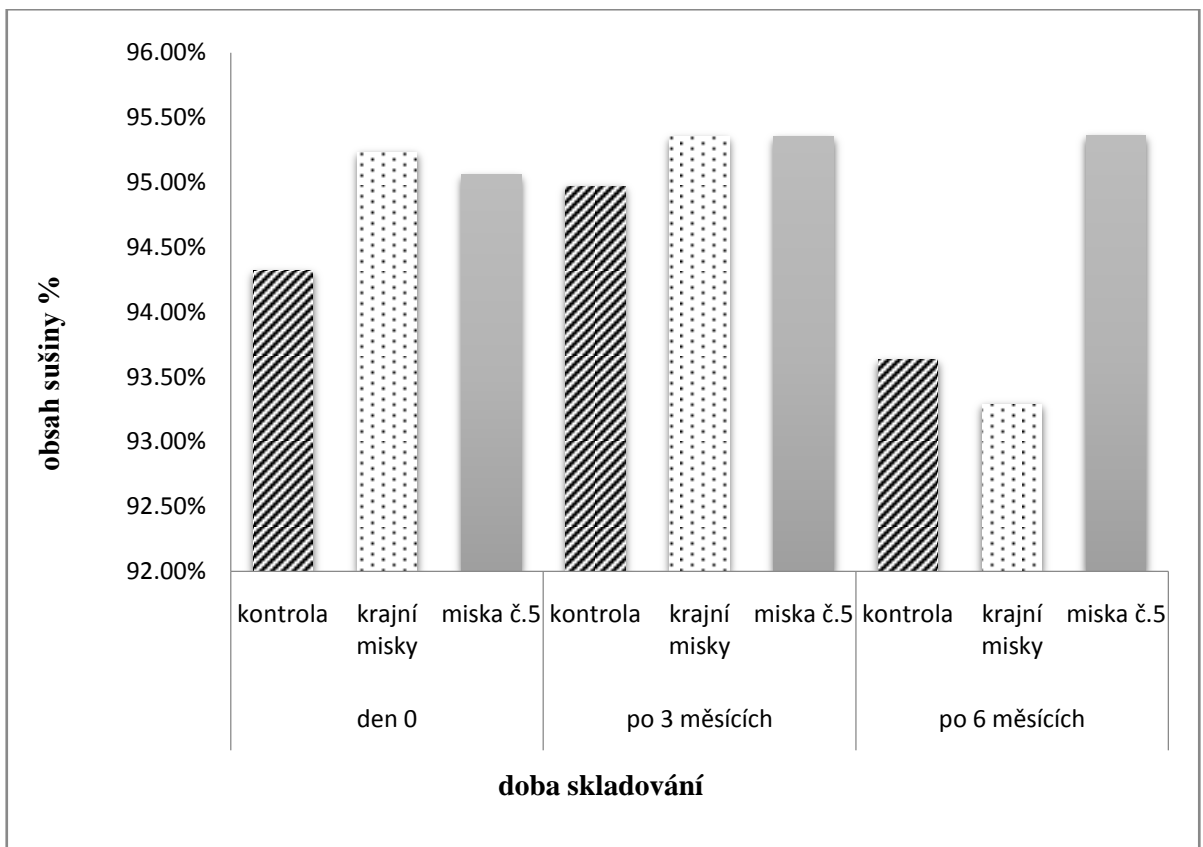
Tabulka 2b: obsah sušiny vzorků ořechů a máku po 3 a 6 měsících.

	Po 3 měsících			Po 6 měsících		
	kontrola	ošetřený vzorek		kontrola	ošetřený vzorek	
		krajní miska	miska č.5		krajní miska	miska č.5
P1	92,75 %	93,03 %		93,31 %	93,76 %	
P2	94,97 %	94,64 %		93,63 %	94,05 %	
P4	94,97 %	95,35 %	95,35 %	93,63 %	93,29 %	95,36 %
P3	95,54 %	96,18 %		96,25 %	96,62 %	
P5	94,54 %	95,46 %		95,50 %	95,34 %	

Graf 1a: obsah sušiny u vzorku P1 máku, P2 mandlí, P3 arašídů a P5 vlašských ořechů.



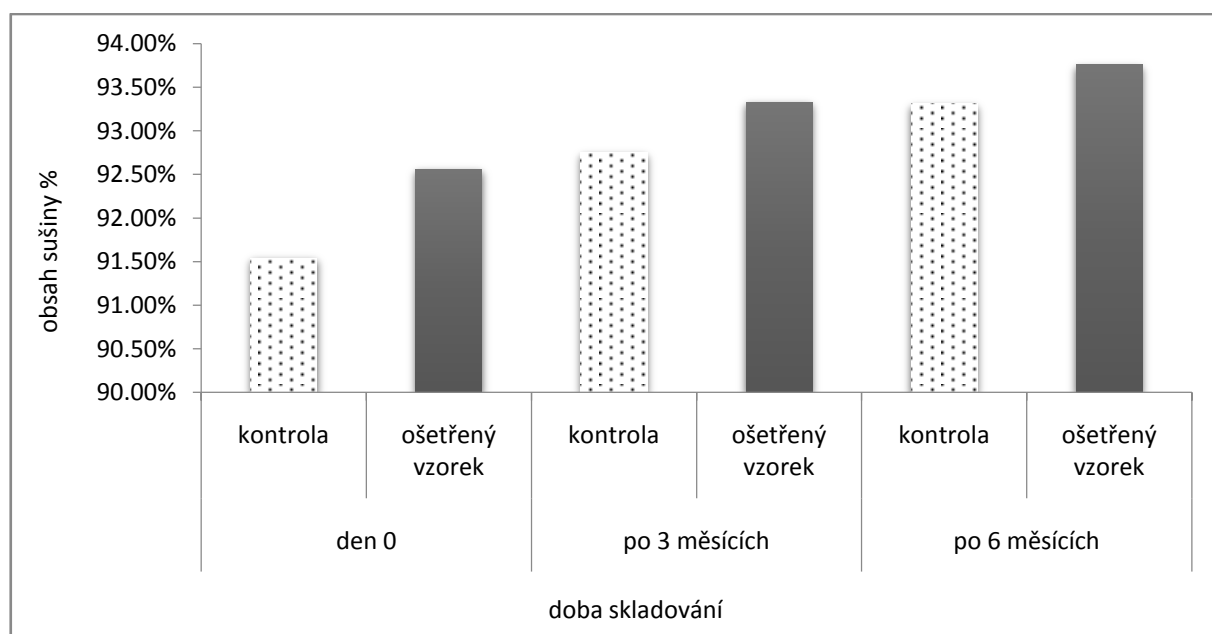
Graf 1b: obsah sušiny u vzorku P4 mandle.

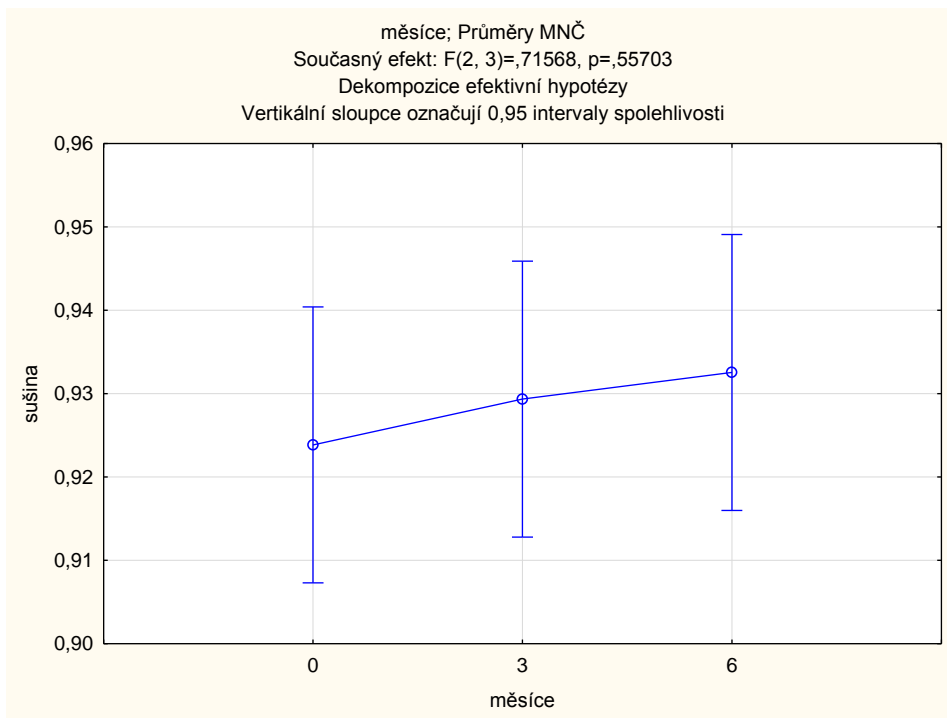


5.1.1 mák

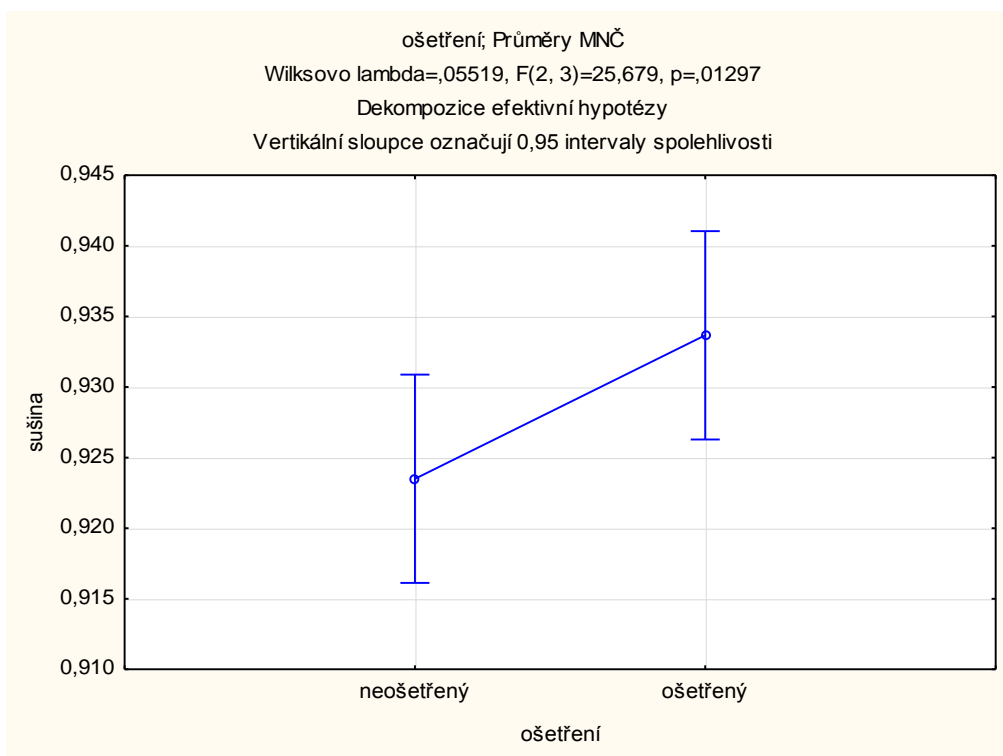
Na grafu 2 je vidět vzrůstající hodnota obsahu sušiny máku během doby skladování. Obsah sušiny u neošetřeného máku v den 0, po 3 a 6 měsících byla 91,74 %, 92,75 % a 93,31%. U ošetřených vzorků byly tyto hodnoty 92,56 %, 93,33 % a 93,76 % v den 0, po 3 a 6 měsících. Je patrné, že hodnoty u neošetřeného vzorku jsou nižší než u ošetřeného vzorku máku. Vliv doby skladování na obsah sušiny nevykazuje statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny u vzorků máku (obrázek 1), ale na základě hladiny pravděpodobnosti (95 %) existuje statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) mezi neošetřenými vzorky a ošetřenými vzorky máku, kdy p hodnota je 0,01297 (obrázek 2, příloha 1).

Graf 2: Obsah sušiny ve vzorku P1 máku.





Obrázek 1: změny obsahu sušiny vzorku P1 během doby skladování.



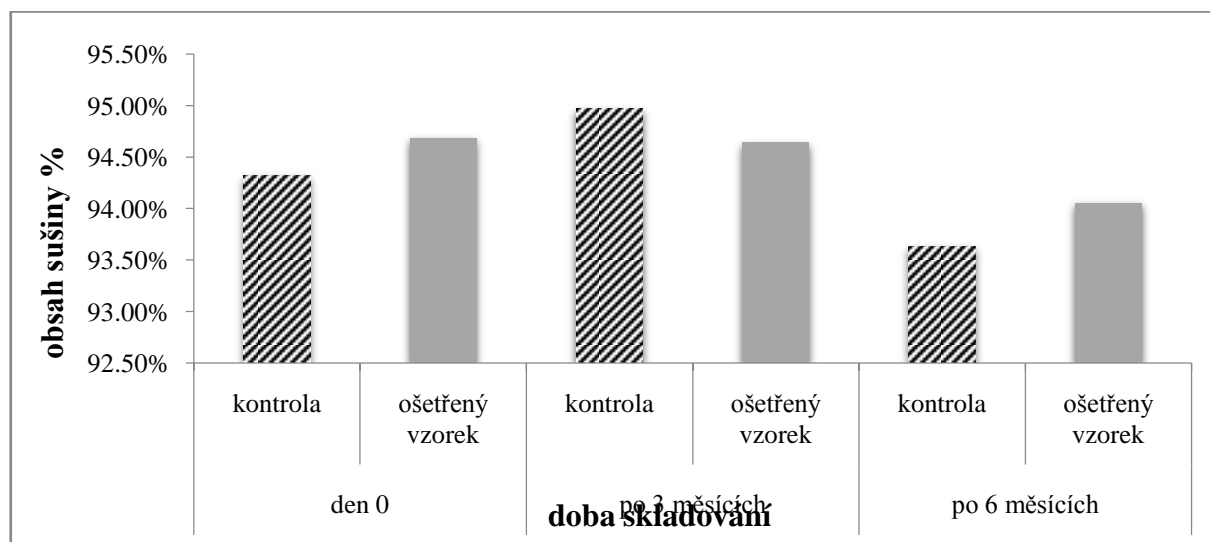
Obrázek 2: změny obsahu sušiny vzorku P1 závislé na ošetření.

5.1.2 mandle

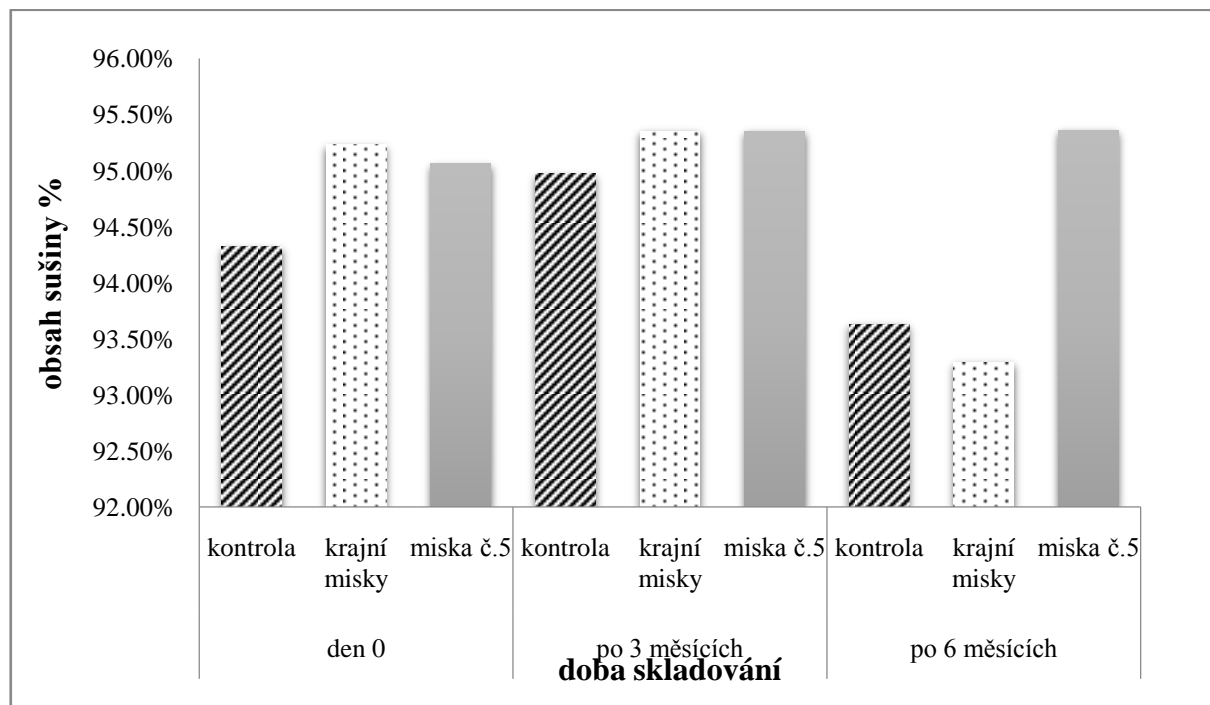
Obsah sušiny u vzorků mandlí P2 a P4 je znázorněn na grafu 3a a 3b. Na grafu 3a je vidět pokles obsahu sušiny jak u kontrolních vzorků, tak i u ošetřených vzorků mandlí.

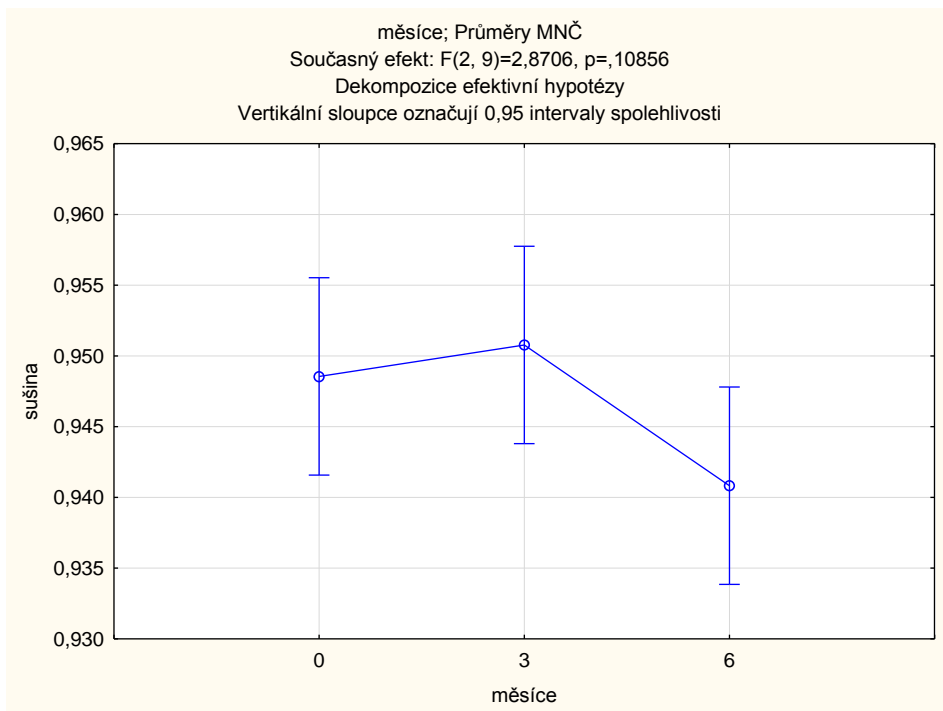
U mandlí P2 je nejvyšší obsah sušiny během skladování po dobu 3 měsíců. U vzorků z pokusu P4 krajní misky je nejvyšší obsah sušiny také po 3 měsících. U pokusu miska č.5 je nejvyšší obsah sušiny po 6 měsících skladování, zatímco u krajních misek je po 6 měsících hodnota sušiny nejmenší. Doba skladování ani vliv ošetření nevykazují statisticky významný rozdíl na hladině $p < 0,05$ (obrázek 3 a 4).

Graf 3a: Obsah sušiny ve vzorku mandlí P2.

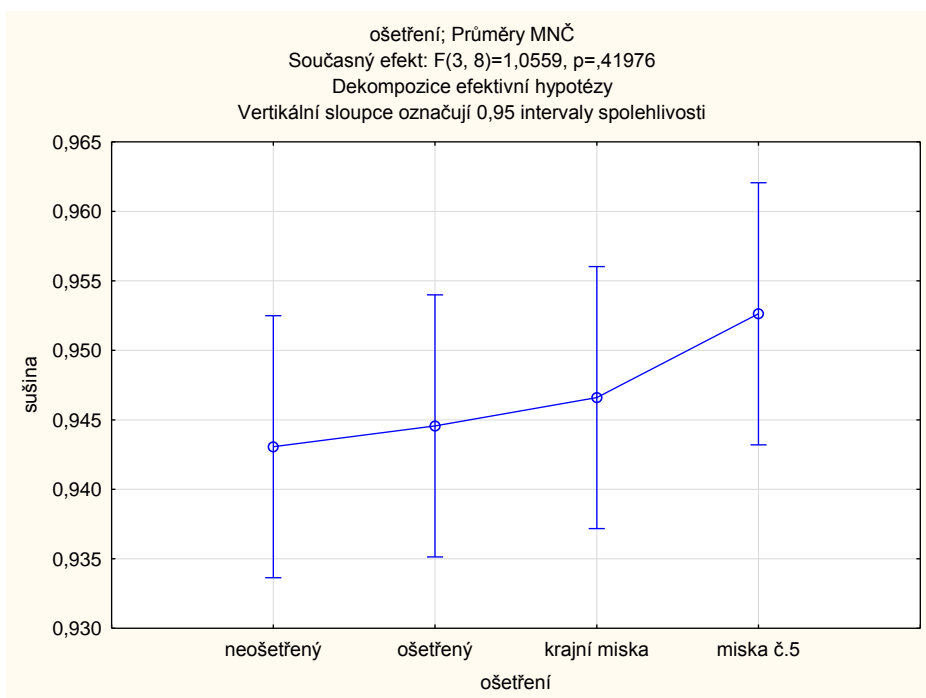


Graf 3b: Obsah sušiny ve vzorku mandlí P4.





Obrázek 3: změny obsahu sušiny vzorků P2 a P4 během doby skladování.



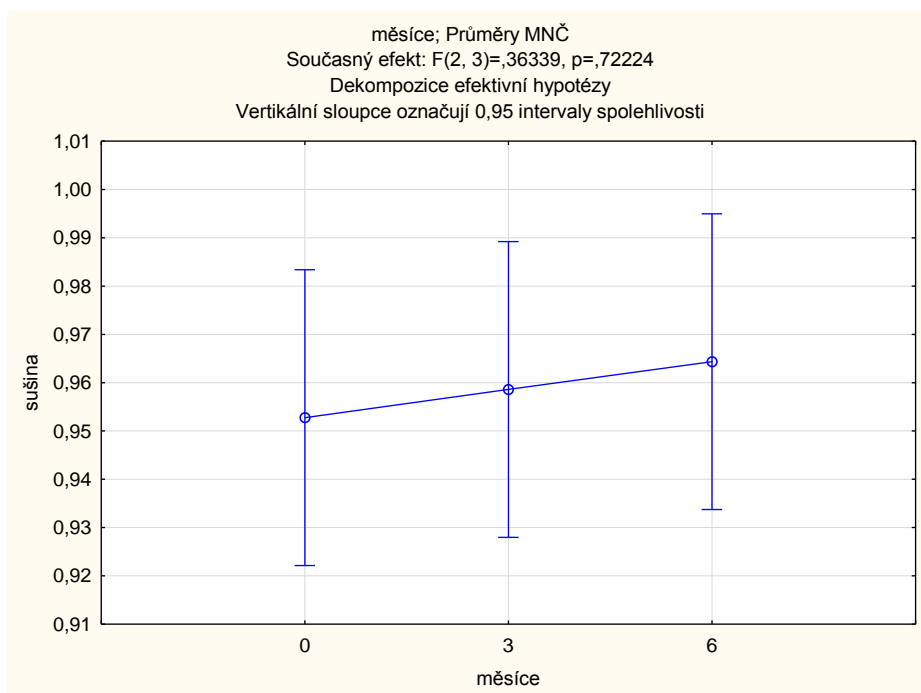
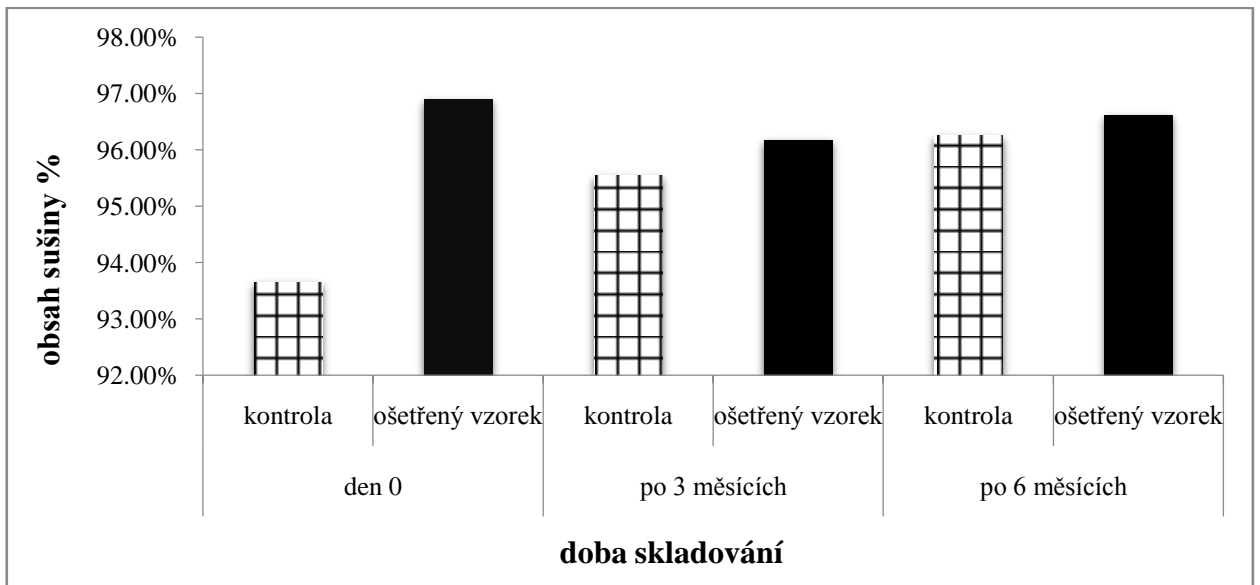
Obrázek 4: změny obsahu sušiny ošetřených a neošetřených vzorků P2 a P4

5.1.3 arašidy

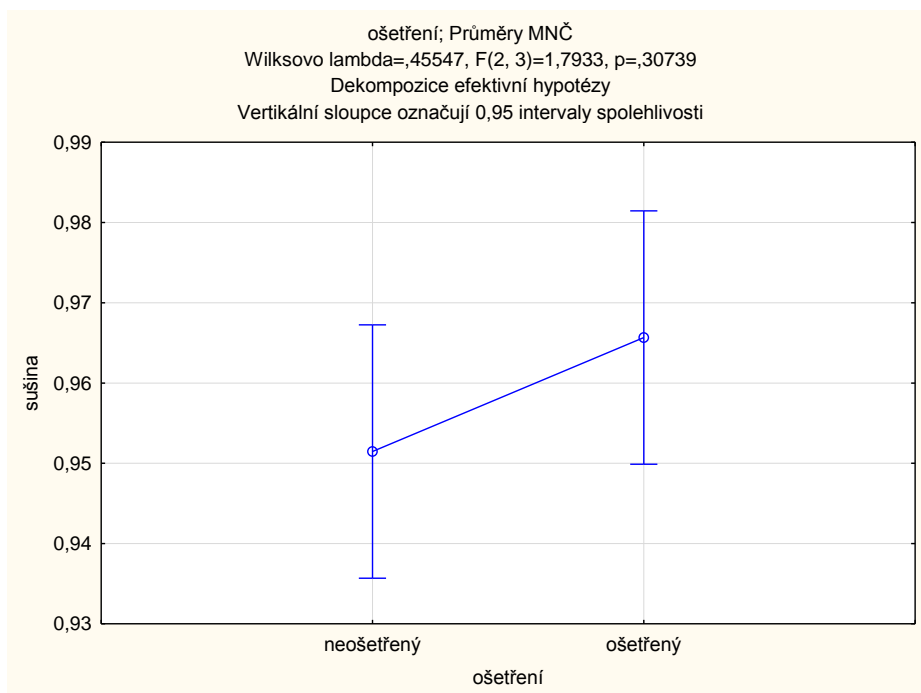
U vzorku arašídů, které nebyly ošetřeny mikrovlnným zářením, je obsah sušiny nejvyšší po 6 měsících skladování (tabulka 2b), u ošetřených arašídů jsou hodnoty kolísající mezi 90,18 % a 96,90 %. Hodnoty jsou znázorněny v grafu 4. Na hladině významnosti $p <$

0,05 neexistuje statisticky významný rozdíl obsahu sušiny mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky během doby skladování (obrázek 5 a 6).

Graf 4: Obsah sušiny ve vzorku arašídů P3.



Obrázek 5: změny obsahu sušiny vzorku P3 během doby skladování.

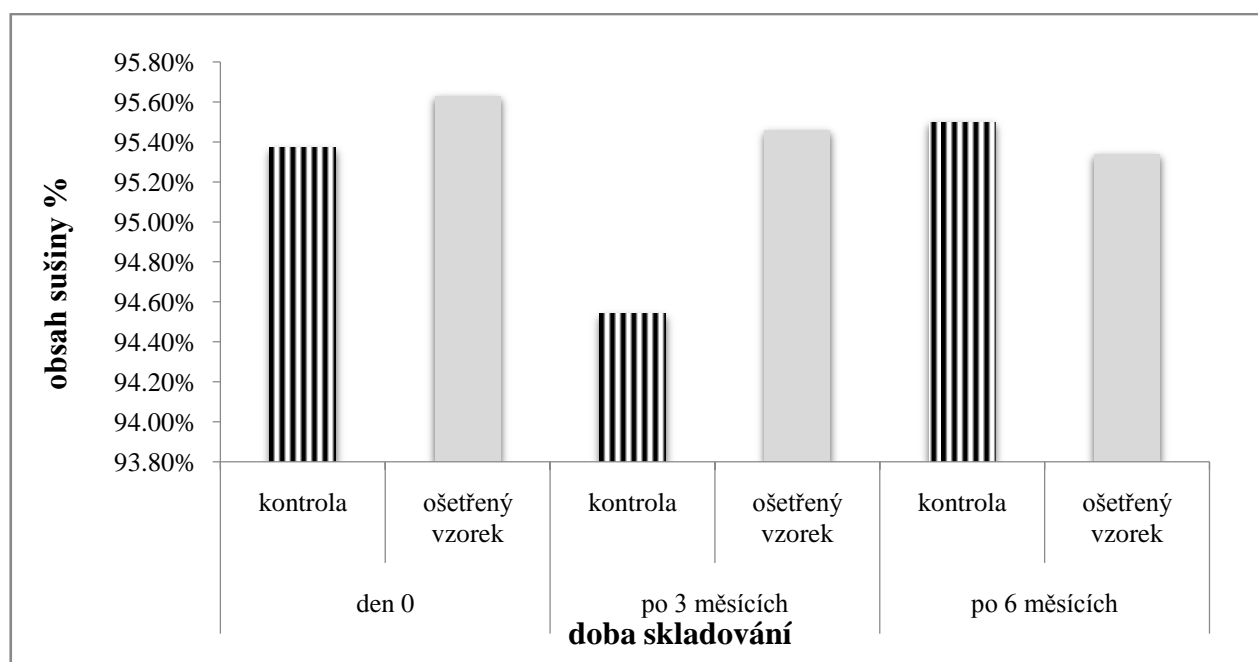


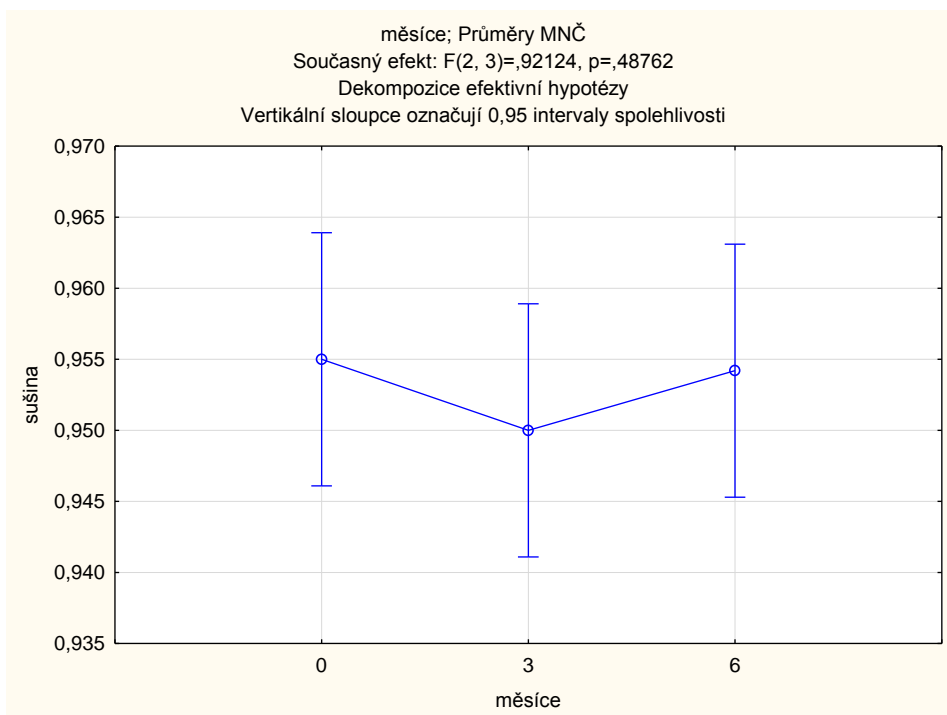
Obrázek 6: změny obsahu sušiny ošetřeného a neošetřeného vzorku P3.

5.1.4 vlašské ořechy

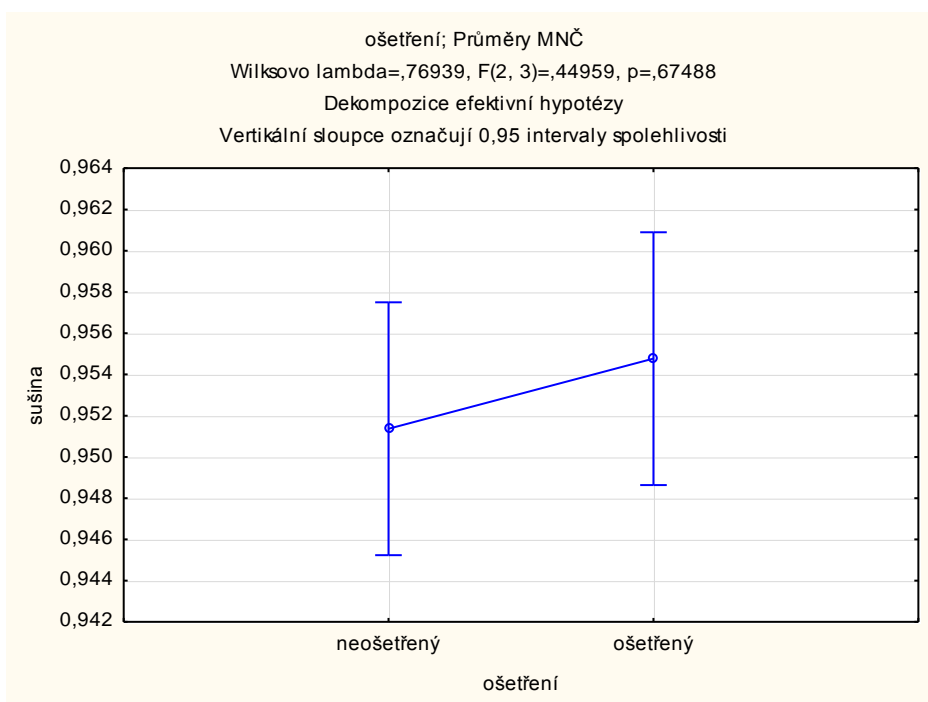
U ošetřených vzorků vlašských ořechů byla hodnota sušiny klesající (95,63 %, 95,46 % a 95,34 %) se vzrůstající dobou skladování (den 0, 3 a 6 měsíců). Zatímco u kontrolních vzorků byla hodnota po 3 měsících nejnižší (94,54 %) a po 6 měsících nejvyšší (95,50 %) (graf 5). Mezi vzorky vlašských arašídů neexistuje statisticky významný rozdíl mezi dobou skladováním a ošetřením vzorků (obrázek 7 a 8).

Graf 5: Obsah sušiny ve vzorku vlašských ořechů P5.





Obrázek 7: změny obsahu sušiny vzorku P5 během doby skladování.



Obrázek 8: změny obsahu sušiny ošetřeného a neošetřeného vzorku P5.

5.2 stanovení čísla kyselosti

Číslo kyselosti je mírou obsahu volných MK (mastných kyselin) v tuku, vyjadřuje se jako hmotnost KOH (v mg) potřebného k neutralizaci kyselin obsažených v 1 g tuku.

Byla provedena 2 měření a z nich vypočten průměrný výsledek hodnoty čísla kyselosti. Jednotlivé hodnoty čísla kyselosti jsou uvedeny v tabulce 3a a 3b.

Tabulka 3a: číslo kyselosti vzorků ořechů a máku v den 0 mg/1 g tuku.

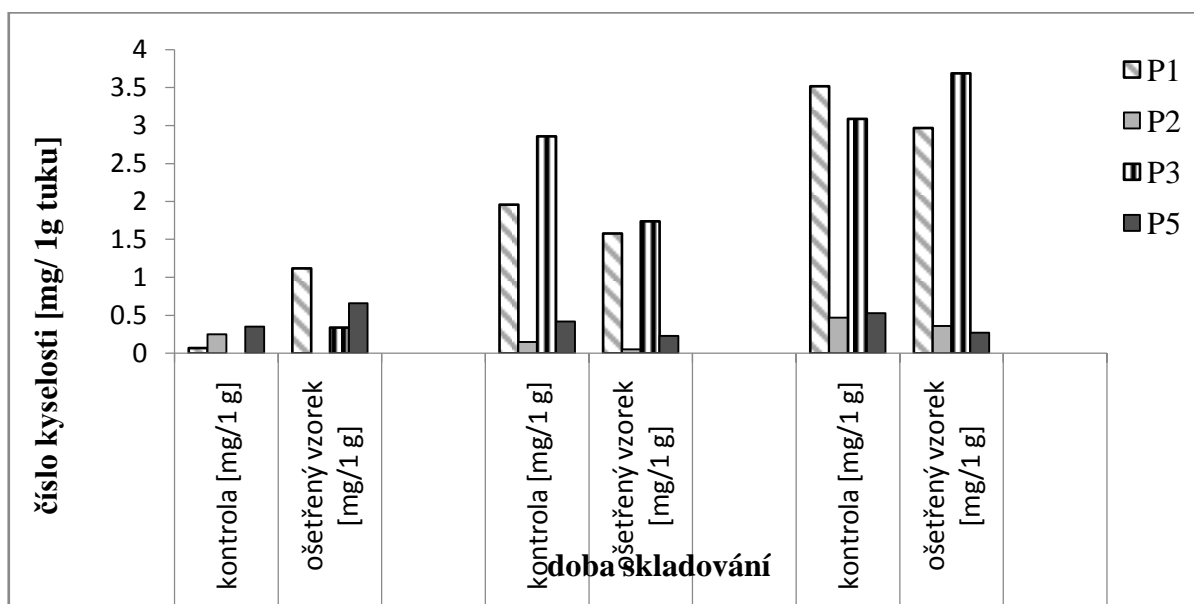
	den 0		
	kontrola [mg/1 g]	ošetřený vzorek [mg/1 g]	
		krajní miska	miska č.5
P1	0,07		1,12
P2	0,25		<0,01
P4	0,25	0,14	0,51
P3	<0,01		0,34
P5	0,35		0,66

Tabulka 3b: číslo kyselosti vzorků ořechů a máku po 3 a 6 měsících skladování mg/1 g tuku.

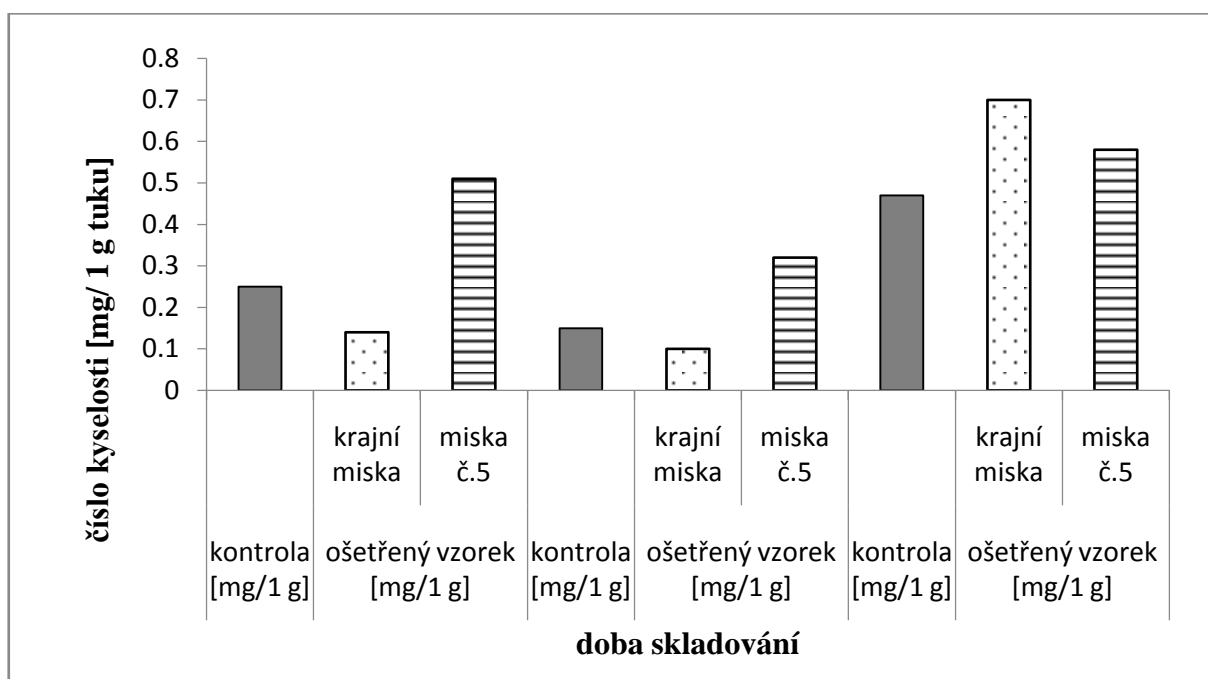
	3 měsíce			po 6 měsících		
	kontrola [mg/1 g]	ošetřený vzorek [mg/1 g]		kontrola [mg/1 g]	ošetřený vzorek [mg/1 g]	
		krajní miska	miska č.5		krajní miska	miska č.5
P1	1,96	1,58		3,52	2,97	
P2	0,15	0,05		0,47	0,36	
P4	0,15	0,10	0,32	0,47	0,70	0,58
P3	2,86	1,74		3,09	3,69	
P5	0,42	0,23		0,53	0,27	

Na grafu 6a a 6b je znázorněn průběh změn čísla kyselosti během doby skladování a ošetření vzorků. Je patrné, že ČK vzrostlo u vzorku P3, u neošetřeného vzorku z hodnoty <0,01 mg/1 g (den 0) na hodnotu 2,86 mg/1 g (3 měsíce) a 3,09 mg/1g (6 měsíců). Pro ošetřený vzorek P3 byly hodnoty v den 0 0,34 mg/1 g, po 3 a 6 měsících 1,74 a 3,69 mg/1 g. U neošetřeného vzorku P1 byly hodnoty 0,07, 1,96 a 3,52 mg/1 g (den 0, 3 a 6 měsíců), pro ošetřené vzorky byly hodnoty v den 0 1,12 mg/1 g, po 3 a 6 měsících 1,58 a 2,97 mg/1 g. Pro kontrolní vzorek neošetřený P2 a P4 je hodnota 0,25 mg/1 g v den 0, 0,15 a 0,47 mg/1 g po 3 a 6 měsících. Pro ošetřený vzorek P2 jsou hodnoty <0,01 mg/1 g, 0,05 a 0,36 mg/1 g (den 0, 3 a 6 měsíců). U ošetřeného vzorku P4 krajní miska byly hodnoty 0,14 mg/1 g 0,10 a 0,70 mg/1 g, pro misku č.5 byly hodnoty v den 0, po 3 a 6 měsících 0,51, 0,32 a 0,58 mg/1 g.

Graf 6a: číslo kyselosti vzorků P1, P2, P3 a P5.

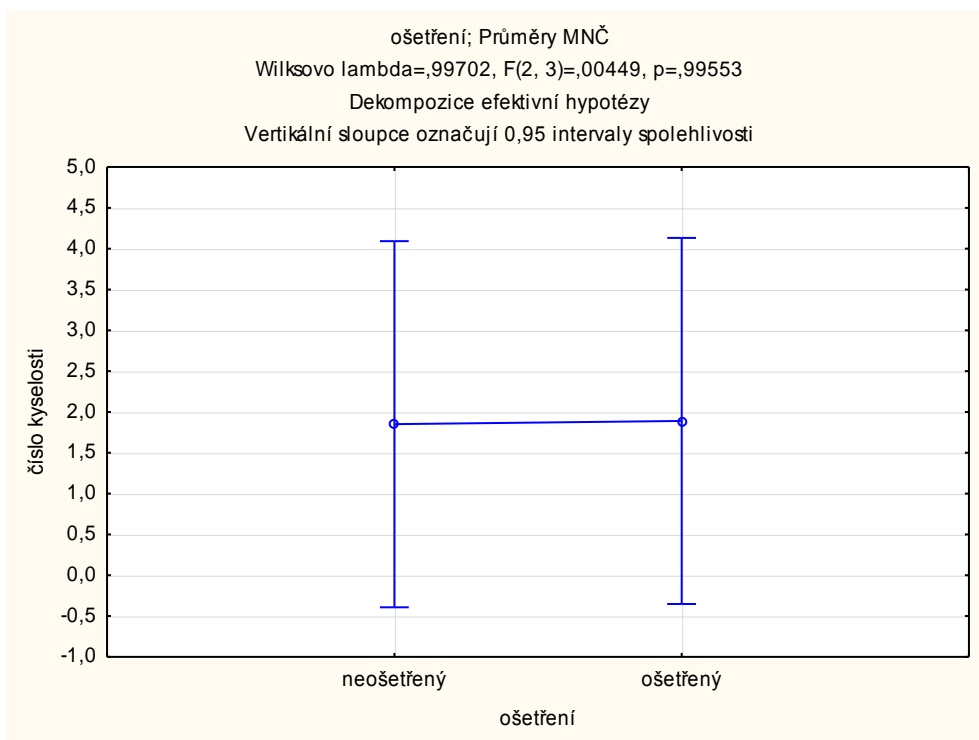


Graf 6b: číslo kyselosti vzorku P4.

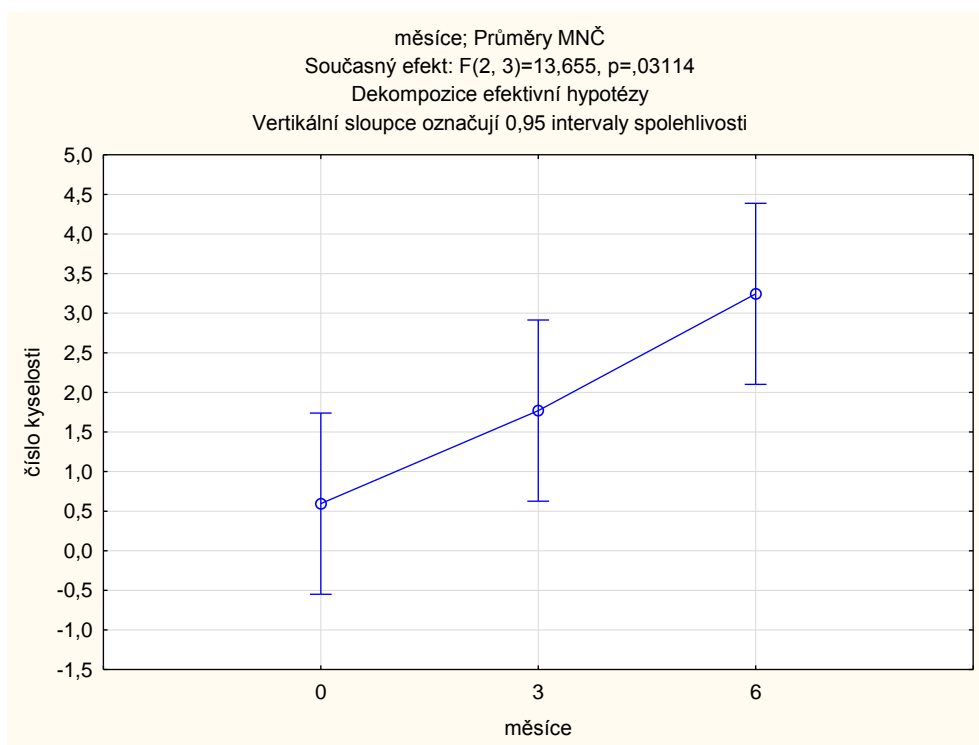


5.2.1 mák

Jednotlivé hodnoty čísla kyselosti vzorku P1 jsou uvedeny v tabulce 3a a 3b. Dle statistického vyhodnocení neexistuje statisticky významný rozdíl mezi ošetřeným a neošetřeným vzorkem máku (obrázek 9). Ale po stanovení závislosti na době skladování byl pozorován statisticky významný rozdíl na $p < 0,05$ ($p=0,03114$) mezi dobou skladování (obrázek 10). Rozdíl byl statisticky významný mezi dnem 0 a dobou skladování po 6 měsících na hladině významnosti $p < 0,05$ (příloha 2).



Obrázek 9: změny čísla kyselosti ošetřeného a neošetřeného vzorku P1.

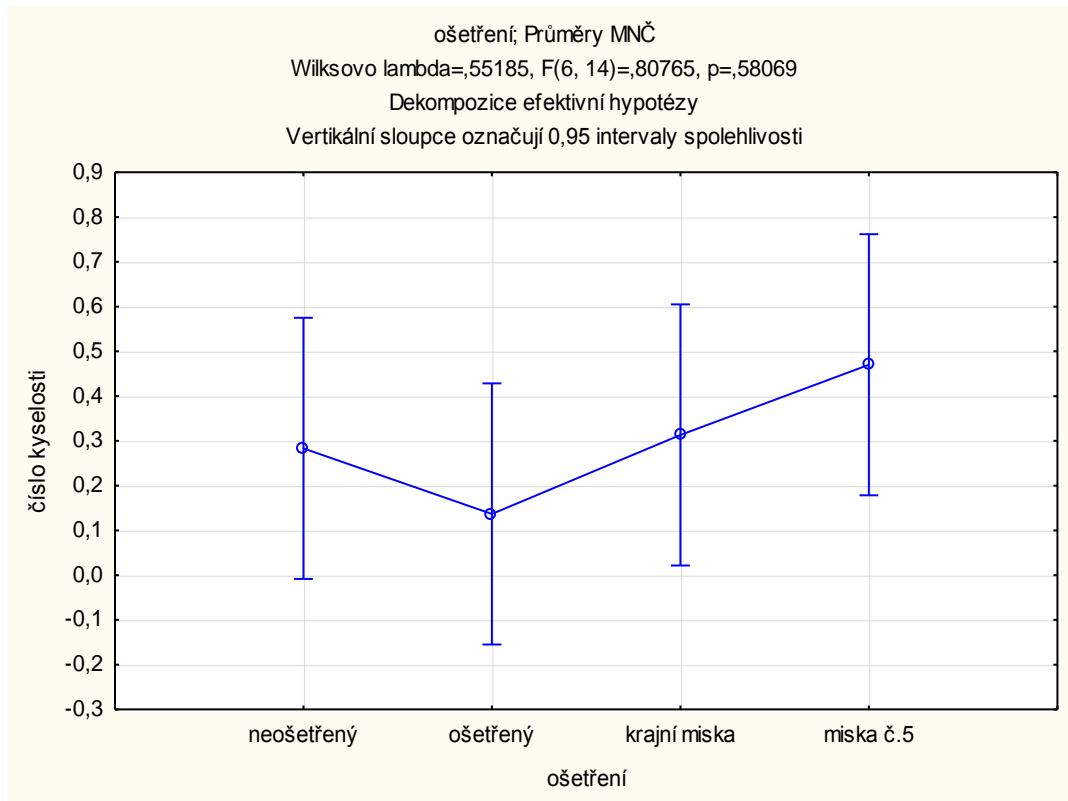


Obrázek 10: změny čísla kyselosti během doby skladování vzorku P1.

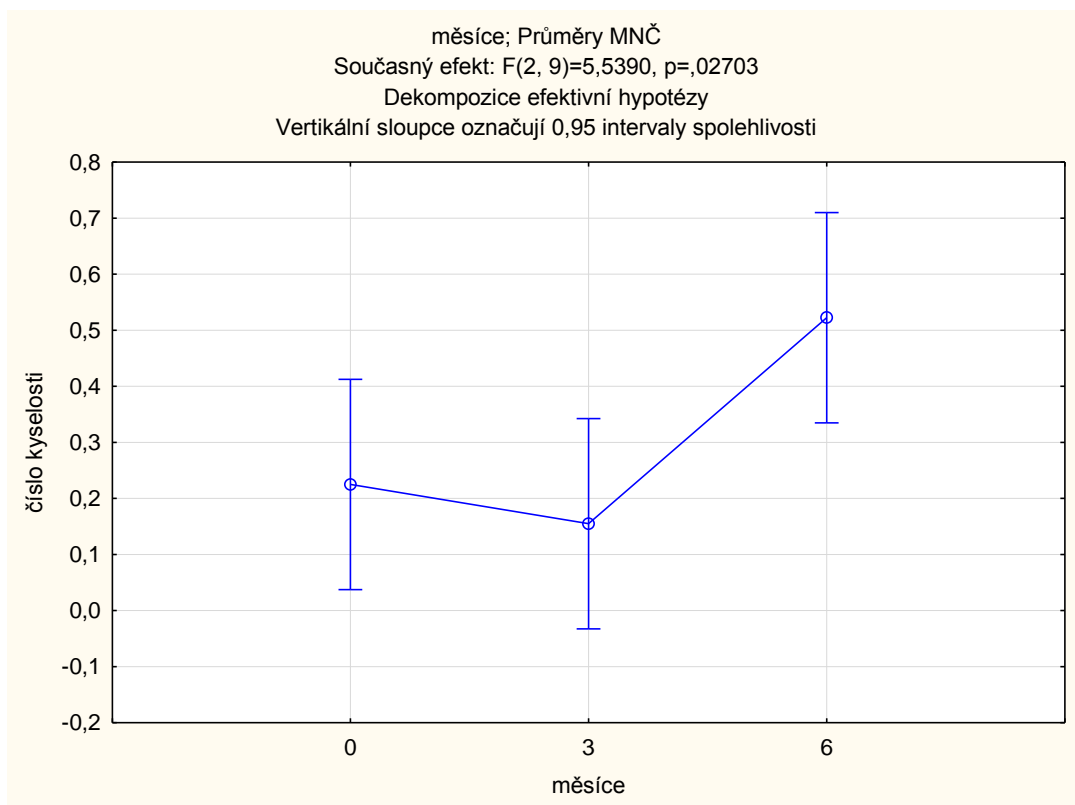
5.2.2 mandle

V tabulce 3a a 3b jsou uvedeny hodnoty čísla kyselosti vzorku P2 a P4. Na hladině významnosti $p < 0,05$ neexistuje statisticky významný rozdíl (obrázek 11) mezi ošetřenými

a neošetřenými vzorky P2 a P4, zatímco u doby skladování existuje statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$, $p = 0,02703$) mezi vzorky skladovanými po dobu 3 měsíců a po dobu 6 měsíců (obrázek 12, příloha 3).



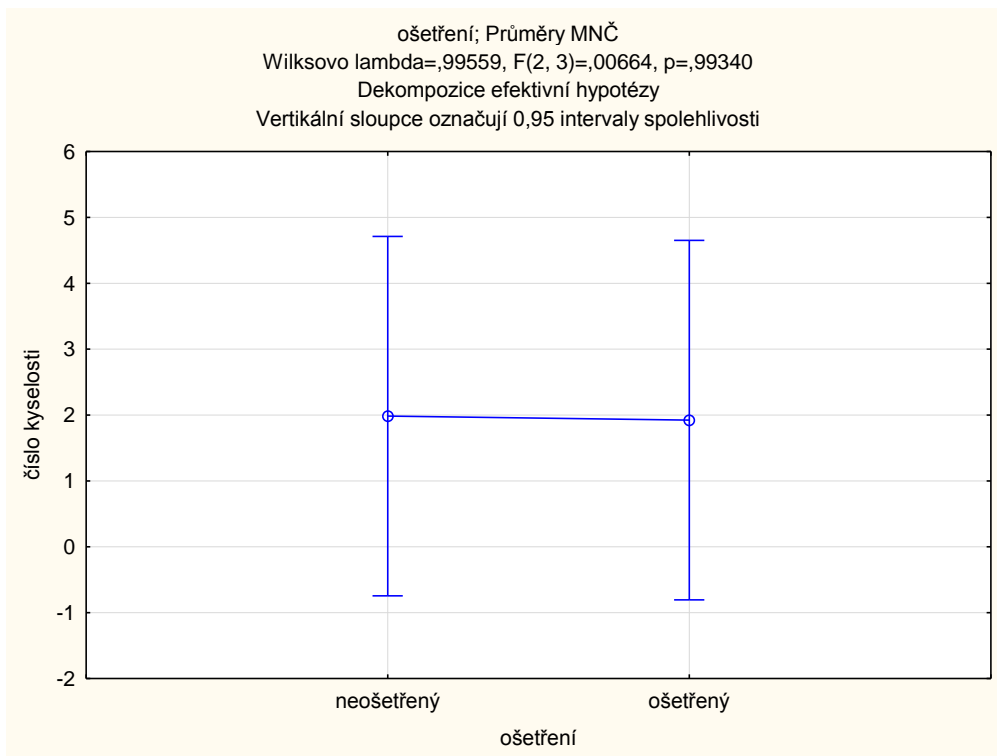
Obrázek 11: změny čísla kyselosti ošetřených a neošetřených vzorků P2 a P4.



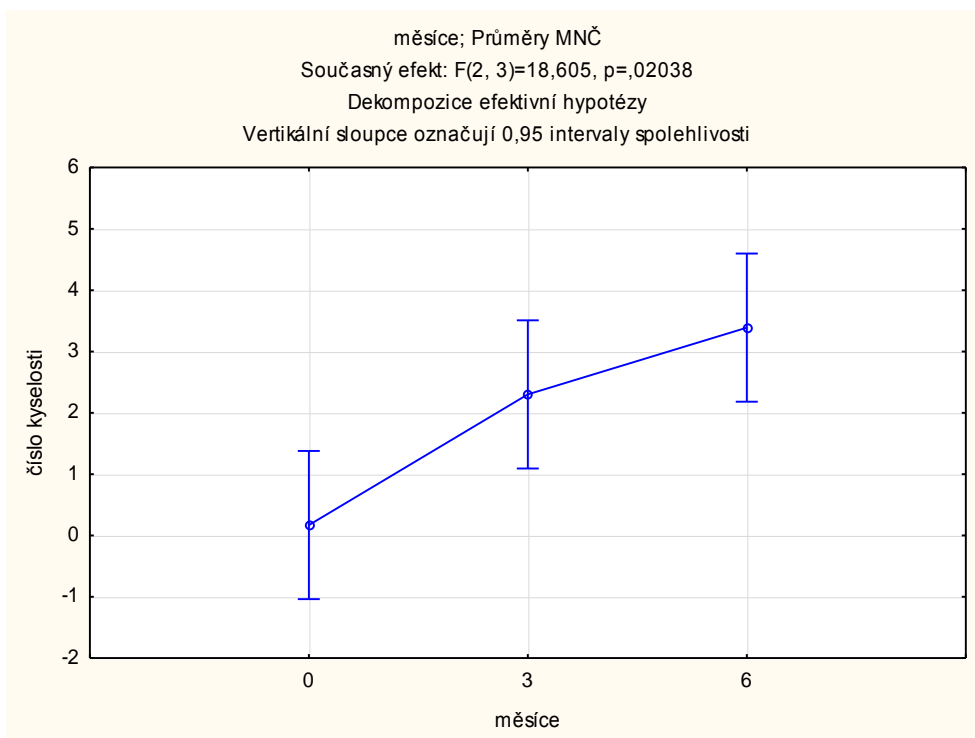
Obrázek 12: změny čísla kyselosti během doby skladování vzorků P2 a P4.

5.2.3 arašidy

Po statistickém vyhodnocení jednotlivých hodnot (tabulka 3a a 3b) bylo zjištěno, že neexistuje statisticky významný rozdíl na hladině pravděpodobnosti (95%) mezi ošetřeným a neošetřeným vzorkem arašídů P3 (obrázek 13). Po vyhodnocení závislosti na době skladování byl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi dobou skladování den 0 a po 6 měsících skladování při $p < 0,05$ ($p = 0,02038$) (obrázek 14, příloha 4)



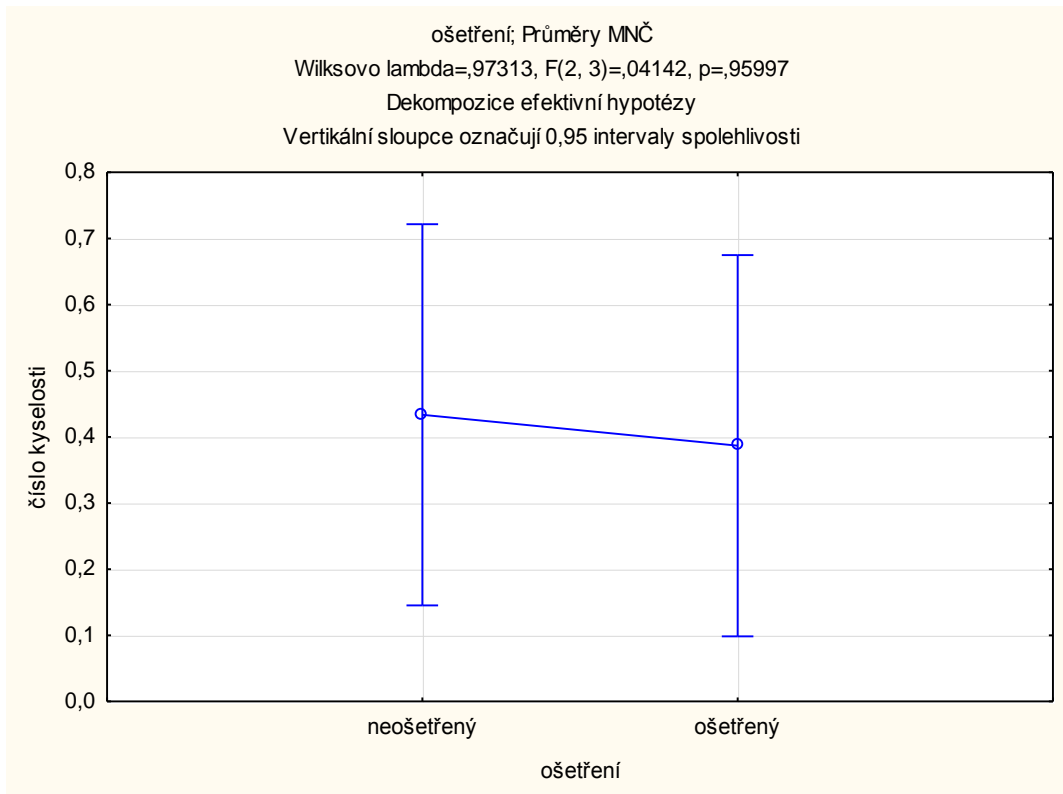
Obrázek 13: změny čísla kyselosti ošetřeného a neošetřeného vzorku P3.



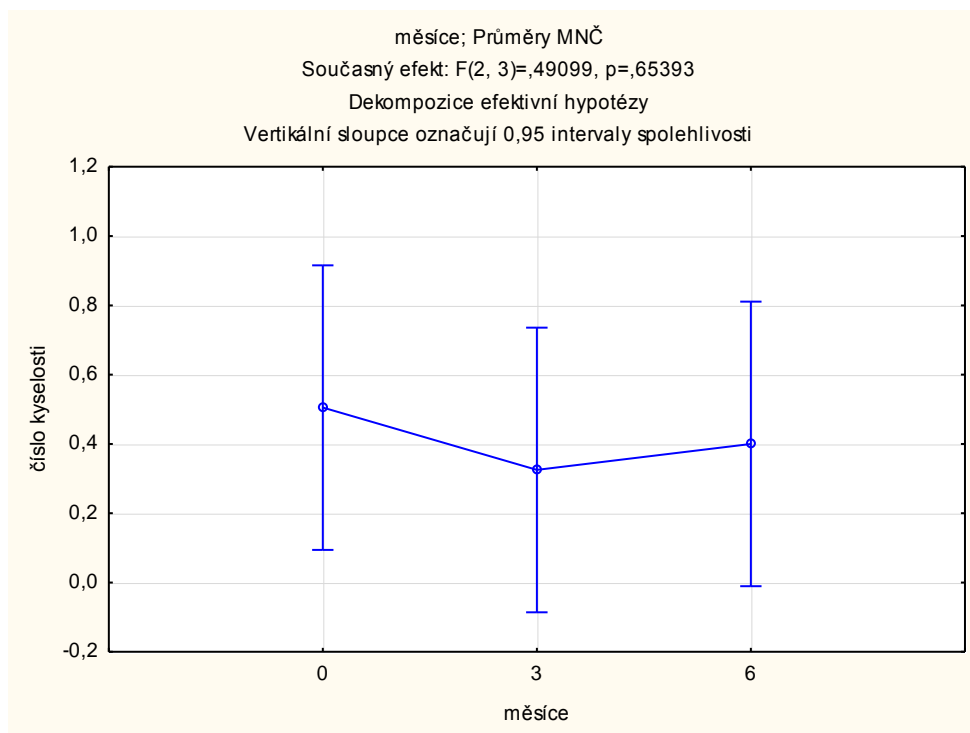
Obrázek 14: změny čísla kyselosti během doby skladování vzorku P3.

5.2.4 vlašské ořechy

U vzorku vlašských ořechů P5 neexistuje statisticky významný rozdíl mezi ošetřeným a neošetřeným vzorkem P5, tento jev je na obrázku 15. Statisticky významný rozdíl nebyl stanoven ani mezi dobou skladování (obrázek 16). Jednotlivé hodnoty čísla kyselosti jsou uvedeny v tabulce 3a a 3b.



Obrázek 15: změny čísla kyselosti ošetřeného a neošetřeného vzorku P5.



Obrázek 16: změny čísla kyselosti během doby skladování vzorku P5.

5.3 stanovení peroxidového čísla

Peroxidové číslo vyjadřuje množství peroxidicky vázaného kyslíku v tuku vyjádřené v mM aktivního kyslíku na 1 kg vzorku. Byla provedena 2 paralelní měření vzorku a z nich vypočítána průměrná hodnota peroxidové čísla. Jednotlivé hodnoty jsou uvedeny v tabulce 4a a 4b.

Tabulka 4a: peroxidové číslo vzorků ořechů a máku v den 0 mM O₂/kg.

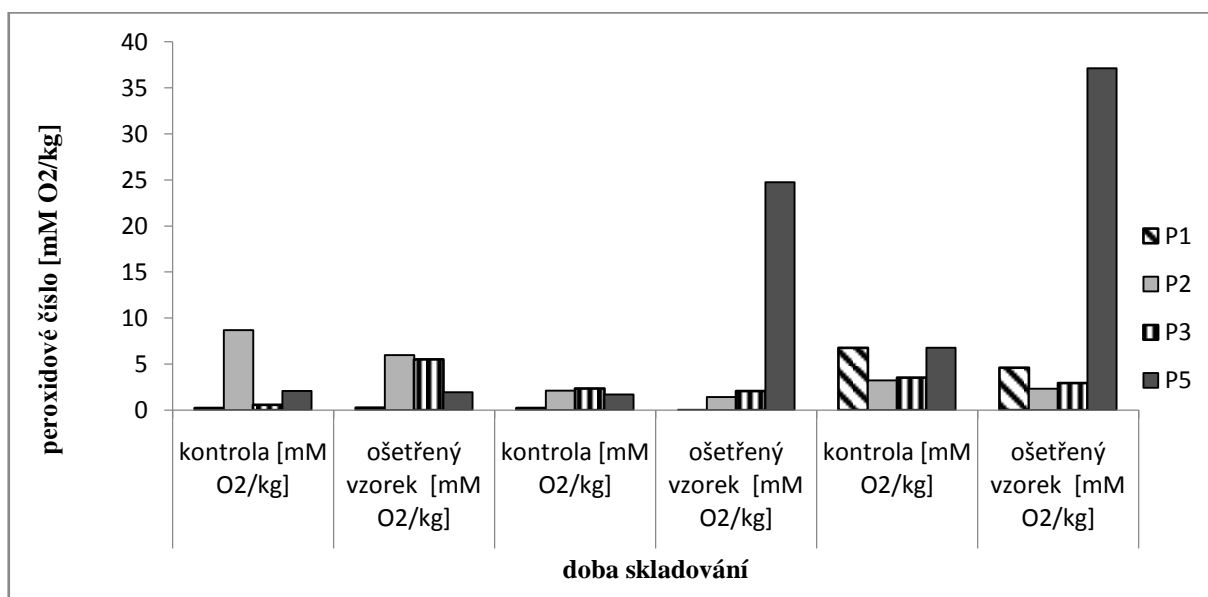
	den 0		
	Kontrola [mM O ₂ /kg]	ošetřený vzorek [mM O ₂ /kg]	
		krajní miska	miska č.5
P1	0,22	0,28	
P2	8,68	5,97	
P4	8,68	10,24	13,01
P3	0,59	5,52	
P5	2,09	1,96	

Tabulka 4b: peroxidové číslo vzorků ořechů a máku po 3 a 6 měsících mM O₂/kg.

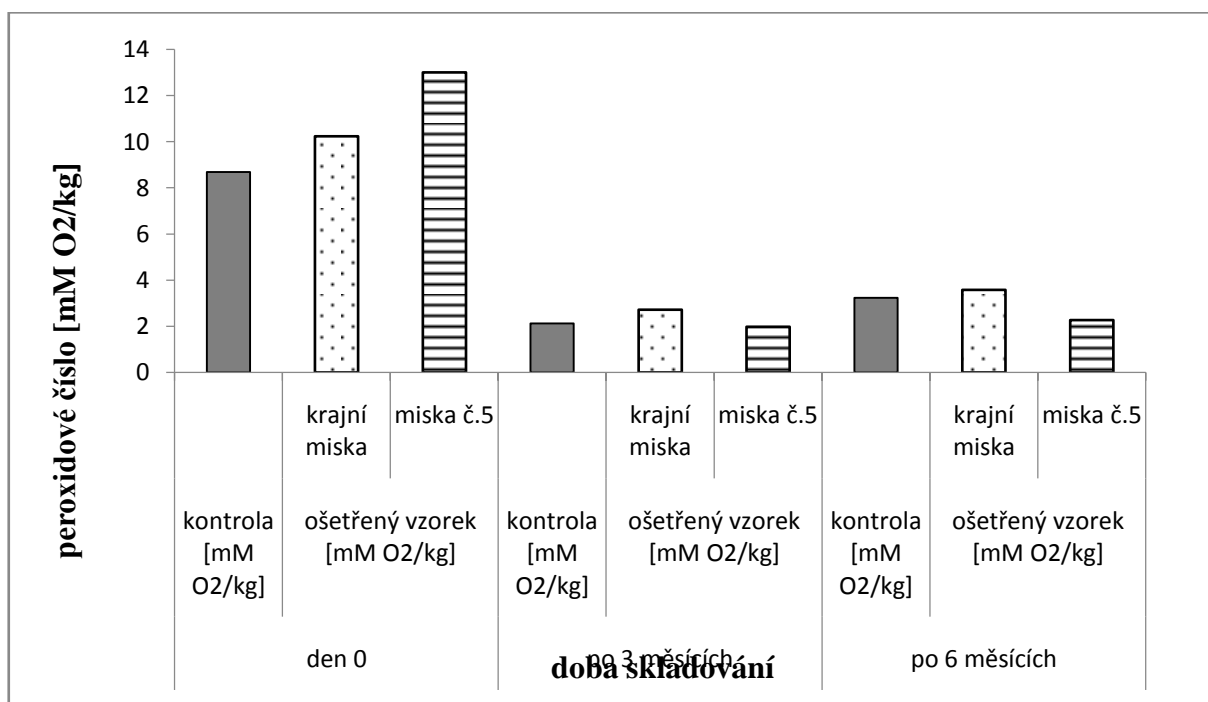
	po 3 měsících			po 6 měsících		
	kontrola [mM O ₂ /kg]	ošetřený vzorek [mM O ₂ /kg]		kontrola [mM O ₂ /kg]	ošetřený vzorek [mM O ₂ /kg]	
		krajní miska	miska č.5		krajní miska	miska č.5
P1	0,24	0,07		6,78	4,63	
P2	2,12	1,42		3,23	2,33	
P4	2,12	2,72	1,98	3,23	3,58	2,27
P3	2,37	2,06		3,53	2,94	
P5	1,71	24,74		6,79	37,12	

Na grafu 7a a 7b je uveden průběh změn peroxidového čísla ošetřených a neošetřených vzorků. Nejnižší hodnoty peroxidového čísla jsou u kontrolního vzorku máku P1 na počátku doby skladování (0,22 mM O₂/kg) a poté došlo k nárůstu hodnoty po 6 měsících skladování na 6,78 mM O₂/kg. U ošetřeného vzorku máku P1 byla počáteční hodnota 0,28 mM O₂/kg a po 6 měsících vzrostla na 4,63 mM O₂/kg. Hodnoty pro vzorky mandlí P2 a P4 kolísaly během doby skladování. U kontrolního vzorku P2 a P4 byly hodnoty na počátku skladování 8,68 mM O₂/kg (den 0), po 3 měsících 2,12 mM O₂/kg a po 6 měsících 3,23 mM O₂/kg. Zatímco u ošetřených vzorků P4 krajní miska a miska č.5 došlo na počátku skladování k mírnému nárůstu hodnoty na 10,24 a 13,01 mM O₂/kg, oproti ošetřenému vzorku mandlí P2, kdy hodnota klesla na 5,97 mM O₂/kg. Po třech měsících došlo k poklesu hodnot jak ošetřených tak i neošetřených vzorků P2 a P4 (tabulka 4a a 4b). Tento pokles byl následován nárůstem hodnot po 6 měsících skladování u kontrolního vzorku P2 a P4 na hodnotu 3,23 mM O₂/kg a ošetřených vzorků P2 na 2,33 mM O₂/kg, u ošetřených vzorků P4 krajní miska na hodnotu 3,58 mM O₂/kg a miska č.5 na 2,27 mM O₂/kg. Pro vzorek arašídů P3 byla počáteční hodnota kontrolního vzorku 0,59 mM O₂/kg (den 0), během doby skladování došlo k nárůstu hodnoty na 2,37 a 3,53 mM O₂/kg (po 3 a 6 měsících). U ošetřeného vzorku P3 byla hodnota na počátku doby skladování vyšší (5,52 mM O₂/kg) než po 3 měsících (2,06 mM O₂/kg) a 6 měsících (2,94 mM O₂/kg). U vzorku vlašských ořechů P5 byla nejvyšší hodnota peroxidového čísla pro ošetřený vzorek jak po 3 měsících (24,74 mM O₂/kg) tak i po 6 měsících skladování (37,12 mM O₂/kg) než u všech ostatních vzorků ořechů a máku.

Graf 7a: peroxidové číslo vzorků P1, P2, P3, P5.

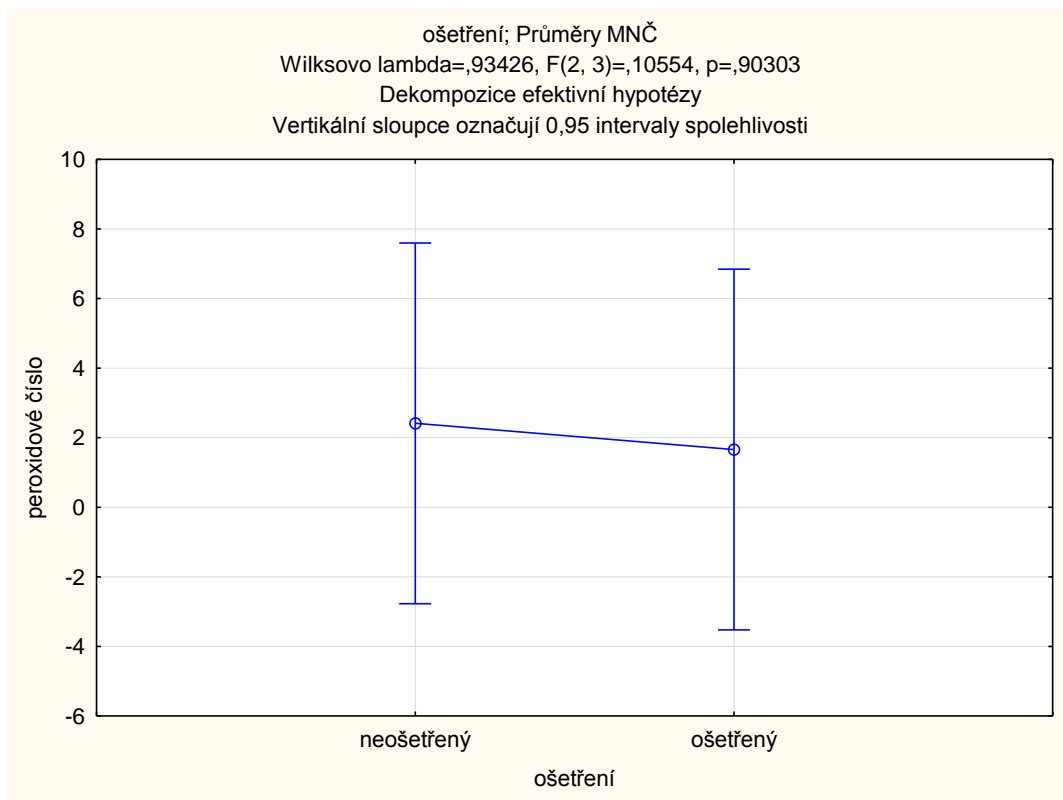


Graf 7b: peroxidové číslo vzorků P4.

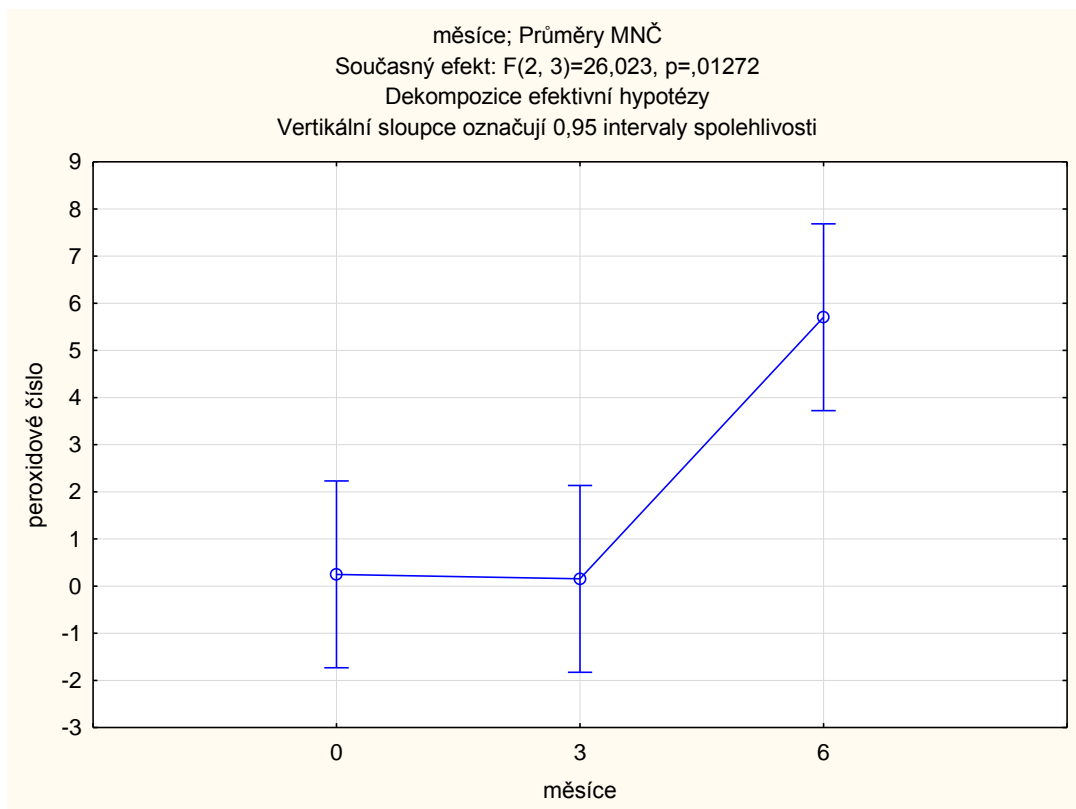


5.3.1 mák

Pro vzorek máku P1 neexistuje statisticky významný rozdíl hodnot peroxidového čísla v závislosti na ošetření vzorku (obrázek 17), ale při hodnocení doby skladování byl stanoven statisticky významný rozdíl na hladině významnosti p ($p < 0,05$, $p=0,01272$). Statisticky významný rozdíl existuje mezi dobou skladování den 0 a po 6 měsících a také mezi 3 měsíci a 6 měsíci skladování, výsledek je v příloze 5 a na obrázku 18.



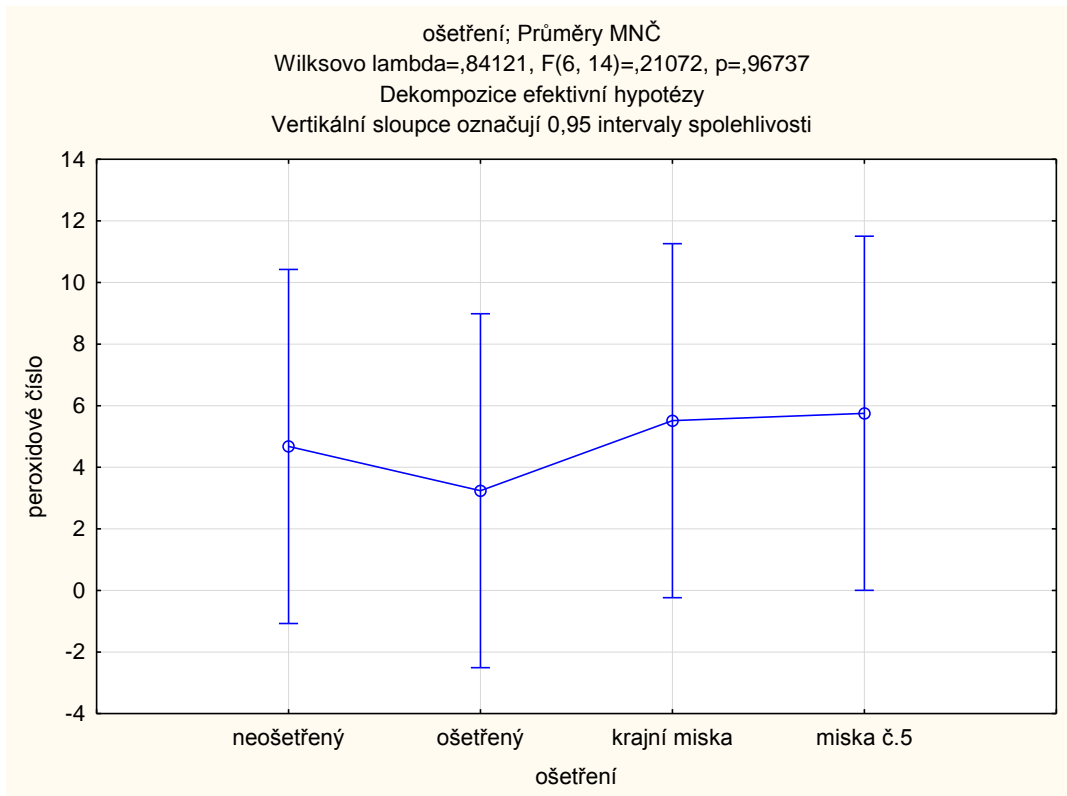
Obrázek 17: změny peroxidového čísla ošetřeného a neošetřeného vzorku P1.



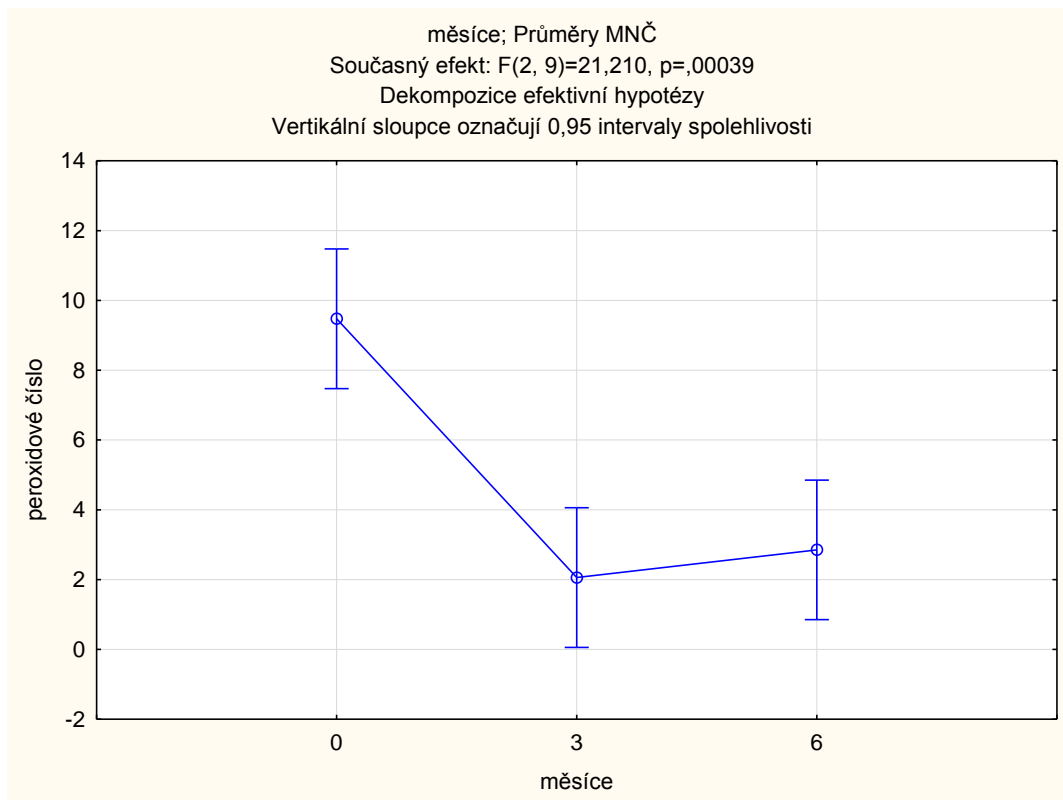
Obrázek 18: změny peroxidového čísla během doby skladování vzorku P1.

5.3.2 mandle

U vzorků mandlí P2 a P4 neexistuje statisticky významný rozdíl peroxidového čísla mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky mandlí (obrázek 19). Při porovnání rozdílů mezi dobou skladování byl zjištěn statisticky významný rozdíl na hladině významnosti p ($p < 0,05$, $p=0,00039$) mezi dnem 0 a po 3 měsících skladování, a také mezi dnem 0 a po 6 měsících skladování (příloha 6, obrázek 20).



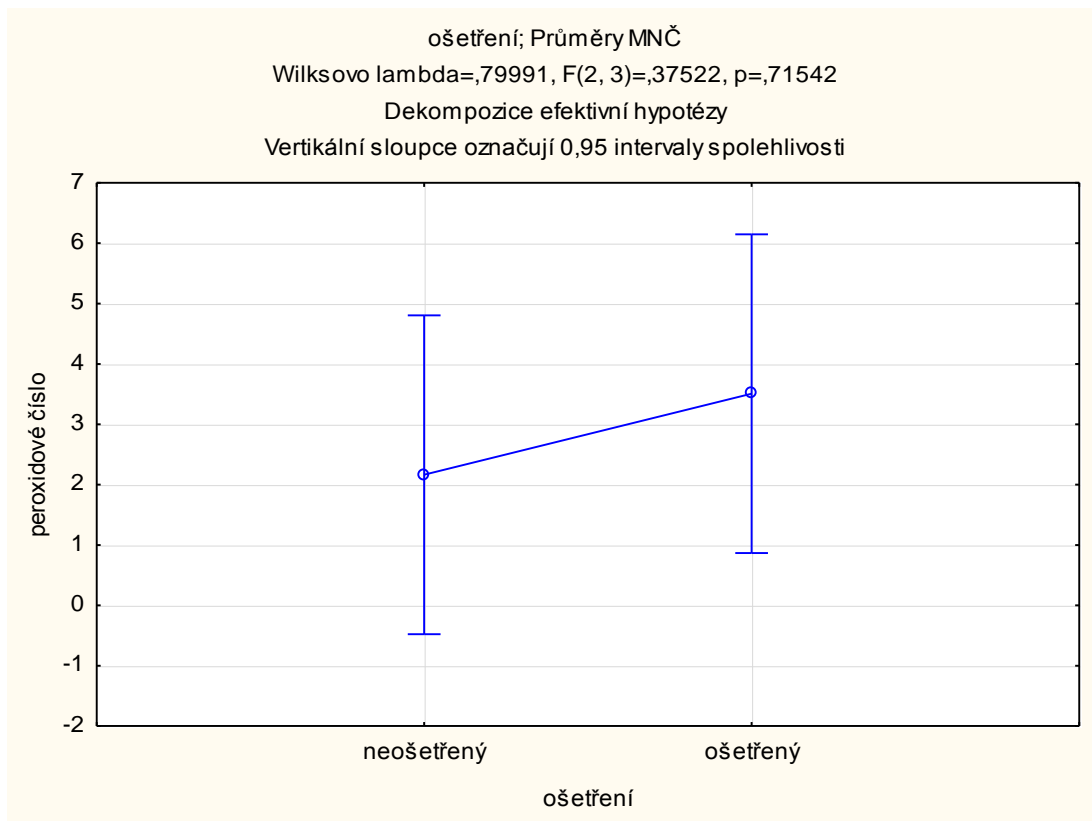
Obrázek 19: změny peroxidového čísla ošetřených a neošetřených vzorků P2 a P4.



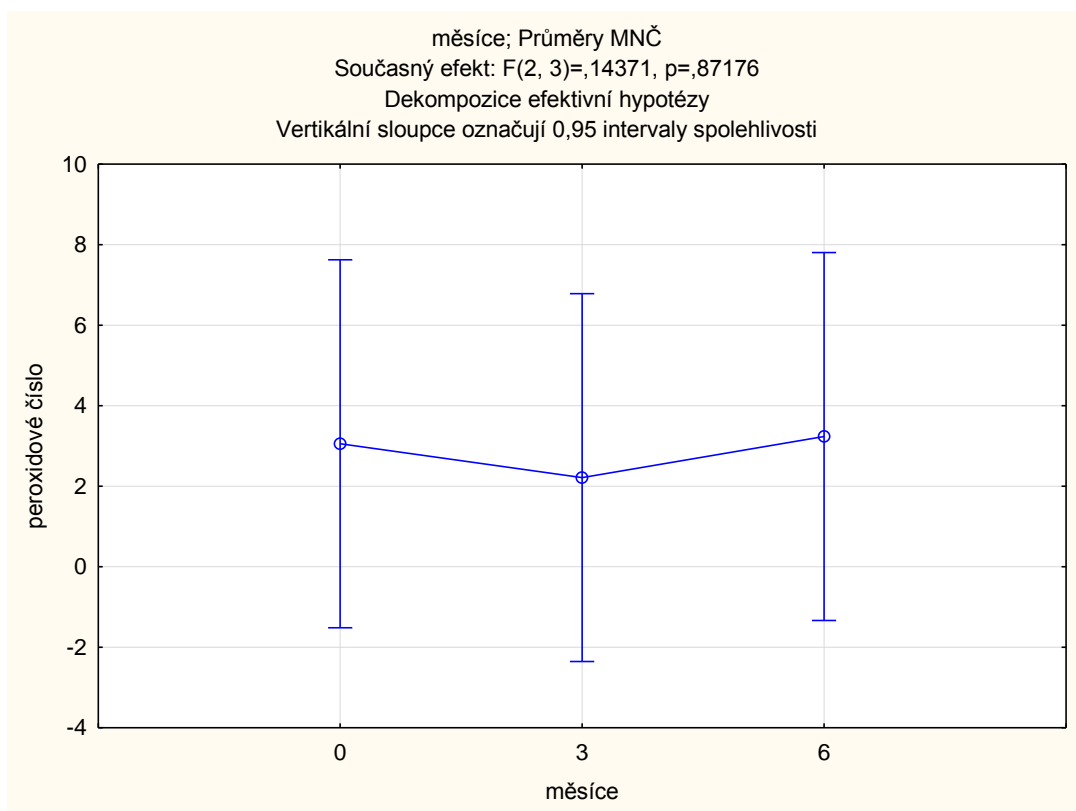
Obrázek 20: změny peroxidového čísla během doby skladování vzorků P2 a P4.

5.3.3 arašidy

Mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky arašídů P3 nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl jak pro ošetření, tak i pro dobu skladování při $p < 0,05$. Tento jev je znázorněn na obrázku 21 a 22.



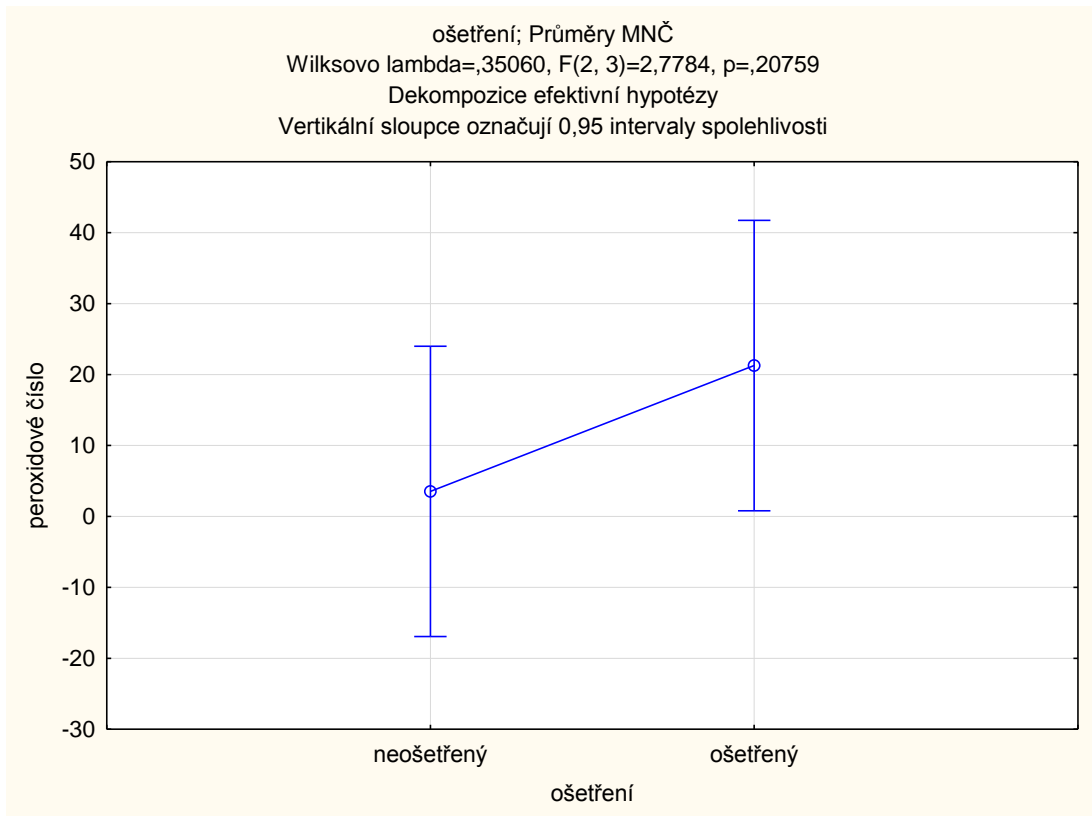
Obrázek 21: změny peroxidového čísla ošetřeného a neošetřeného vzorku P3.



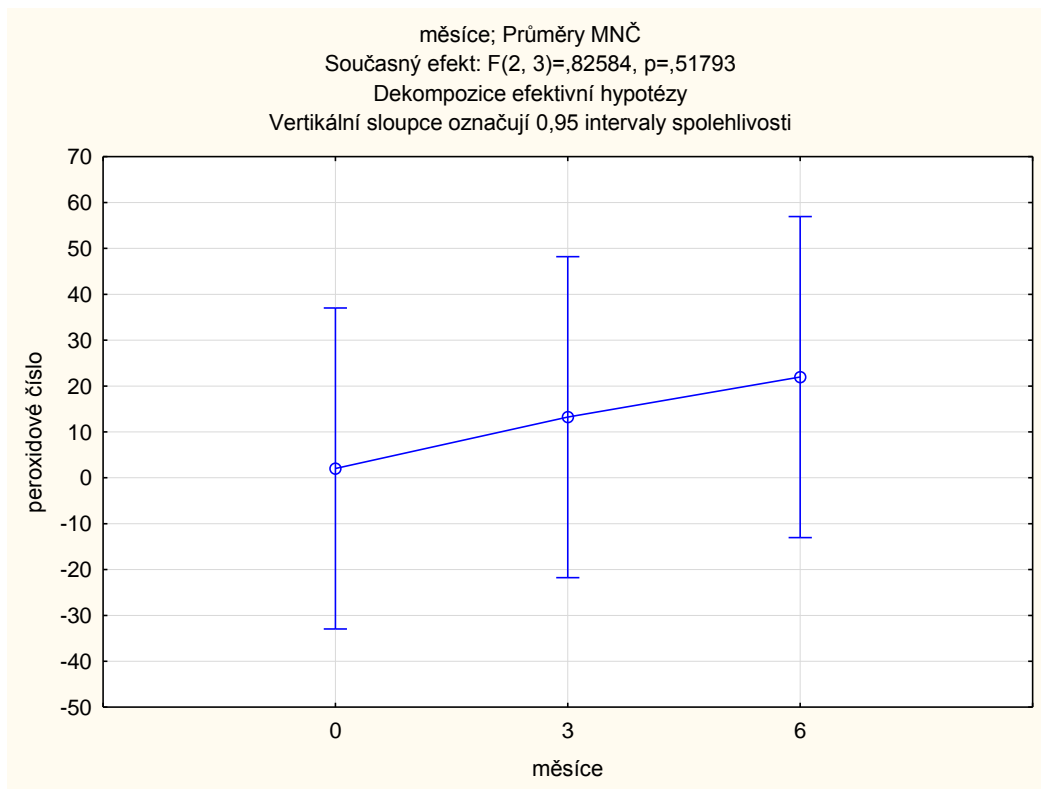
Obrázek 22: změny peroxidového čísla během doby skladování vzorku P3.

5.3.4 vlašské ořechy

Pro vzorek vlašských ořechů P5 bylo provedeno také statistické vyhodnocení, ale nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky, ani mezi dobou skladování jednotlivých vzorků (obrázek 23 a 24).



Obrázek 23: změny peroxidového čísla ošetřeného a neošetřeného vzorku P5.



Obrázek 24: změny peroxidového čísla během doby skladování.

6 Diskuze

6.1 Obsah sušiny

Při stanovení obsahu sušiny došlo u některých vzorků ořechů a vzorku máku k nárůstu obsahu sušiny s rostoucí dobou skladování. U ošetřených vzorků byl obsah sušiny vyšší než u kontrolních neošetřených vzorků. Autoři jako Das a kol. (2014a, 2014b) popisují snížení obsahu vlhkosti a tedy nárůst obsahu sušiny s rostoucí dobou expozice u vzorků kešu ořechů, ale nebyl u nich pozorován statisticky významný rozdíl mezi výkony ošetření. V případě této práce byl statisticky významný rozdíl pozorován u vzorku máku mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky (obrázek 2). U obou těchto vzorků došlo během rostoucí doby skladování k nárůstu obsahu sušiny a tedy k snížení vodní aktivity. Tento výsledek koreluje se zvýšením hodnot peroxidového čísla a mohla se projevit oxidace vzorků, tedy reakce s kyslíkem a vznik oxidačních produktů, z čehož vyplývá zvýšení hmotnosti. Další z možností je že se vzorky během skladování nepatrně vysušily. U vzorku mandlí pokus P4 krajní miska byl obsah sušiny nejnižší při době skladování 6 měsíců, tento jev je zvláštní jelikož u tohoto pokusu byly použity mandle již jednou ošetřené z pokusu 2. Podle mého názoru by měl být výsledek opačný, tedy mělo by dojít ke zvýšení obsahu sušiny. Je možné, že tento jev je také ovlivněn způsobem ošetření vzorku P2 mandlí, které při stanovení sušiny vykazovaly klesající hodnoty obsahu sušiny, i když jen minimální. I přes tento výsledek byl obsah sušiny vyšší u ošetřených mandlí než u neošetřených, tyto výsledky jsou tedy ve shodě s uváděnými studii a také s autory McDaniel a kol. (2012). U ostatních vzorků nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi dobou skladování, ošetřenými a neošetřenými vzorky, i když byly hodnoty sušiny u ošetřených vzorků vždy vyšší než u neošetřených vzorků (tabulka 2a a 2b).

Všechny ošetřené vzorky v den 0 skladování měly vyšší obsah sušiny než neošetřené vzorky (tabulka 2a a 2b), během mikrovlnného ošetření došlo k záhřevu vzorků a tedy odpaření vody. Dále také můžeme říci, že snížení obsahu vlhkosti a aktivity vody lze zamezit mikrobiální kontaminaci, která je často způsobena mikrobiálními plísněmi, které následně produkují sekundární metabolity (mykotoxiny), proto by tento způsob ošetření mohl být použit pro sterilaci ořechů.

Obsah vlhkosti, tedy aktivita vody by mohla také ovlivnit tvorbu Maillardovy reakce, která do nich vstupuje při zahřívání různých druhů potravin. Jak je uvedeno v kapitole 3.3, počáteční fáze spočívá v kondenzaci aminosloučenin s karbonylovou skupinou redukujících

cukrů, kde je následný meziprodukt glykosylaminu dehydratován na různé nízkomolekulární látky. Tyto látky dále reagují s reaktivními látkami, jako jsou aminy, aminokyseliny, aldehydy a jiné látky. Zároveň může docházet k tvorbě akrylamidu, který jak bylo již zmíněno v kapitole 3.3.3, vzniká při vysokých teplotách současně s Maillardovou reakcí, tvoří se při středně až nízké vlhkosti. Předmětem mé práce nebylo senzorické hodnocení ani hodnocení barvy jednotlivých ořechů, ale po zhomogenizování (za použití mixéru) vzorků, byl patrný rozdíl barvy mezi ošetřenými vzorky a kontrolními vzorky ořechů. U ošetřených vzorků byl tmavší odstín barvy, který je právě způsoben Maillardovou reakcí, karamelizací cukrů či Streckerovou reakcí. Proto by obsah vlhkosti mohl ovlivnit vznik charakteristické chuti a aroma ošetřených ořechů a následnou barvu.

6.2 Stabilita vzorků ořechů a máku vůči žluknutí

Jak bylo již zmíněno v kapitole 3.2, suché skořápkové plody a mák obsahují velké množství tuku a dalších složek. Většina ořechů je tudíž bohatá i na obsah MUFA a PUFA, které výrazně ovlivňují oxidační a hydrolytickou stabilitu ořechů. Jedna z hlavních MK velmi ovlivňující žluknutí ořechů, je kyselina olejová, která je ve velkém množství obsažena v arašíděch. Jednotlivých typů žluknutí je více: oxidační, hydrolytické, ketonické aj. Oxidace lipidů je způsobena kyslíkem, jako primárním oxidační produkty vznikají hydroperoxydy a ty se stanovují peroxidovým číslem (oxidační žluknutí). Při hydrolytickém žluknutí dochází k odštěpování volných MK z TAG a tyto volné MK se stanovují číslem kyselosti.

6.2.1 Číslo kyselosti

Po vystavení vzorků mikrovlnnému ošetření došlo k poklesu hodnoty čísla kyselosti u vzorků P1 (mák), P2 a P4 krajní miska (mandle), zatímco u vzorku P3 (arašídě), P5 (vlašské ořechy) a P4 miska č.5 (mandle) k nárůstu hodnot ihned po ošetření (den 0). U prvního případu poklesu došlo ke shodě při porovnání výsledků ze studie Das a kol. (2014b), kdy autoři uvádějí pokles obsahu volných MK. Při prodloužení doby skladování došlo u většiny vzorků k nárůstu hodnot čísla kyselosti. U máku byla hodnota čísla kyselosti neošetřeného vzorku nižší než u ošetřeného vzorku, v tomto případě lze tedy říci, že mikrovlnné ošetření mělo vliv na nárůst obsahu volných MK. U vzorku máku byl stanoven statisticky významný rozdíl mezi dobou skladování v den 0 a po 6 měsících, tento výsledek je v souladu s autory Das a kol. (2014b) uvádějícími, že po 6 měsících skladování vlašských ořechů při teplotě

25 °C, došlo k zvýšení obsahu volných MK. Tento výsledek mohl být způsoben rozštěpením esterových vazeb molekul TAG v důsledku zahřívání, jak uvádí autoři Javidipour a kol. (2017). Podobného výsledku bylo dosaženo i u ošetřených mandlí z pokusu P2, kdy byla hodnota čísla kyselosti v den 0 < 0,01 mg/1 g tuku a zvyšovala se během rostoucí doby skladování, ale méně než u kontrolních vzorků mandlí P2. Vzorky arašídů vykazovaly velký nárůst čísla kyselosti jak ošetřených, tak neošetřených vzorků. U arašídů byl tedy stanoven statisticky významný rozdíl mezi dobou skladování v den 0 a po 6 měsících. Tento jev by mohl být způsoben aktivitou LOX, která může mít vliv na zvýšený obsah volných MK, jak uvádí Ciarmelo a kol. (2013). Tito autoři uvádí, že zvýšení doby expozice ošetření ovlivňuje vyšší aktivitu LOX. Protože byly arašídové ošetřeny celkem 3x hodnotou záření 4 kW mohlo u nich dojít ke zvýšení aktivity LOX. Zároveň tento výsledek mohl být ovlivněn vzrůstající dobou skladování, a mohlo dojít k zvýšení obsahu volných MK a tudíž zvýšení hodnot čísla kyselosti z 0,34 mg/1 g na 3,69 mg/1 g tuku. U vlašských ořechů došlo ihned po ošetření k nárůstu čísla kyselosti, ale během 3 měsíců skladování k poklesu hodnoty a 6 měsíců opět k mírnému nárůstu. Je možné, že došlo během pokusu stanovení v den 0 chybě při titraci a tedy naměřená hodnota by měla být nižší než je u kontrolního vzorku. Zaznamenané hodnoty během 3 a 6 měsíců by poté mohly ukazovat vliv doby skladování na vzrůstající obsah volných MK, který byl po 3 a 6 měsících mírně rostoucí. Po statistickém hodnocení nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky vlašských ořechů ani vliv mezi dobou skladování.

6.2.2 Peroxidové číslo

Po ošetření vzorků mikrovlnným zářením došlo u vzorku P1, P3 a P4 krajní miska a miska č.5 k nárůstu hodnoty peroxidového čísla, zatímco u vzorku P2 a P5 došlo k poklesu hodnot peroxidového čísla. U máku byla počáteční hodnota peroxidového čísla kontrolního vzorku nižší než ošetřeného vzorku máku. Následně po 3 měsících skladování došlo k poklesu hodnoty peroxidového čísla a prudkému nárůstu hodnot po 6 měsících, tento výsledek byl statisticky významný. U vzorku mandlí P2 došlo po ošetření k poklesu hodnoty peroxidového čísla, který by mohl být způsoben degradací hydroperoxidů na sekundární oxidační produkty, zatímco u vzorku mandlí P4 došlo jak u krajní misky, tak misky č.5 k nárůstu peroxidového čísla. Tyto výsledky by mohly být také způsobeny zvýšenou aktivitou LOX. Obecně byly hodnoty peroxidového čísla v den 0, jak u vzorku P2 tak P4, vyšší než u skladovaných vzorků po dobu 3 a 6 měsíců. Po 3 měsících došlo k výraznému poklesu peroxidového čísla jak

u ošetřených tak u neošetřených vzorků, následovaný nárůstem hodnot po 6 měsících. Nárůst hodnot u ošetřených vzorků by mohl být způsoben zvýšenou aktivitou LOX, která podle autorů Ciarmelo a kol. (2013) stoupá při zvýšení času ošetření. Protože vzorky P4 byly ošetřeny 2x 4,5 kW lze tento jev připisovat vyšší aktivitě LOX nebo mohlo dojít díky tomuto způsobu ošetření k narušení buněčné struktury vzorku a ten snáze oxiduje. Tento závěr lze konstatovat také u vzorku arašídů, které vykazovaly vyšší hodnoty peroxidového čísla na počátku skladování, ihned po ošetření mikrovlnným zářením došlo po 3 měsících opět k poklesu hodnoty a po 6 měsících k nárůstu peroxidového čísla. U mandlí byl tento výsledek statisticky významný, zatímco u arašídů statisticky významný nebyl. U vzorku vlašských ořechů byl efekt ošetření mikrovlnným zářením opačný, tedy došlo ke snížení aktivity LOX ihned po ošetření vlašských ořechů, protože hodnoty peroxidového čísla klesly z 2,09 mM O₂/kg na 1,96 mM O₂/kg. Podobných výsledků dosáhli autoři Buranasompob a kol. (2007), kteří uvádějí pokles aktivity LOX u ošetřených jader vlašských ořechů oproti neošetřeným jádrům při zvýšení teploty a času. To samé autoři sledovali i u mandlí, které vykazovaly stejný trend. Tato teorie je ale částečně vyvrácena autory Ciarmelo a kol. (2013), kteří při ošetření jader lískových ořechů po dobu 360 s (6 min) téměř nedetekovali aktivitu LOX, ale při ošetření po dobu 600 s (10 min) došlo k rychlému zvýšení LOX aktivity.

7 Závěr

Cílem této práce bylo zkoumání vlivu mikrovlnného ošetření na oxidační a hydrolytickou stabilitu vybraných ořechů (mandle, arašídů, vlašské ořechy) a máku. Jako ukazatele stability vůči žluknutí byly zkoumány číslo kyselosti a peroxidové číslo. Obsah sušiny byl zkoumán proto, že dochází v důsledku ošetření (zahřátí) k ztrátám hmotnosti. Výsledkem této práce bylo stanovení obsahu sušiny, čísla kyselosti a peroxidového čísla. U všech vzorků byla potvrzena změna obsahu sušiny po ošetření mikrovlnným zářením, ve všech případech došlo ke snížení obsahu vlhkosti a tím aktivity vody. U máku nebyl potvrzen statisticky významný rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky, ale po stanovení závislosti na době skladování byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi dnem 0 a dobou skladování 6 měsíců, stejně tak byl stanoven statisticky průkazný rozdíl u vzorku mandlí (mezi dobou 3 a 6 měsíců skladování) a arašídů (mezi dnem 0 a po 6 měsících skladování). U jiných vzorků nebyl pozorován statisticky průkazný rozdíl ani na době skladování či ošetření. Peroxidové číslo vykazovalo statisticky významný rozdíl u vzorku máku během doby skladování v den 0 a po 6 měsících a mezi 3 a 6 měsíci skladování, u mandlí byl tento rozdíl během doby skladování mezi dnem 0 a po 3 měsících a dále mezi dnem 0 a po 6 měsících skladování, další vzorky nevykazovaly statisticky významné rozdíly. Upravená metoda extrakce tuku, je dostatečná pro kvalitativní stanovení, které bylo použito v této práci. Pro stanovení množství tuku, tedy kvantitativní analýzu, by byla vhodnější metoda dle Soxhleta či jiná extrakční metoda stanovení.

Dle výsledků této práce lze říci, že byla hypotéza a cíl práce splněny. Byly potvrzeny změny hydrolytické a oxidační stability, dále také vliv mikrovlnného záření na ztrátu vody a ukazatele žluknutí u jednotlivých vzorků mandlí, arašídů, vlašských ořechů a máku i v průběhu skladování. Do budoucna by mohl být zkoumán vliv doby ošetření na změnu barvy a dále také vliv na vznik Maillardových produktů, které příznivě a nepříznivě ovlivňují chuť a aroma pražených suchých skořápkových plodů.

8 Seznam literatury

Alasalvar, C., Shahidi, F. 2009. Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects: An Overview. In: Alasalvar, C., Shahidi, F. (eds.). Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects. CRC Press. Boca Raton. p. 1-10. Nutraceutical Science and Technology, 9. ISBN: 978-0-8493-3735-2.

Amrein, T.M., Andres, L., Schönbacher, B., Conde-Petit, B., Escher, F., Amadò, R. 2005. Acrylamide in almond products. European Food Research and Technology. 221 (1). 14-18.

Basaran, P., Akhan, U. 2010. Microwave irradiation of hazelnuts for the control of aflatoxin producing *Aspergillus parasiticus*. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 11. 113-117.

Buranasompob, A., Tang, J., Powers, J.R., Reyes, J., Clark, S., Swanson, B.G. 2007. Lipoxygenase activity in walnuts and almonds. Science direct 40. 893-899.

Campos-Mondragón, M.G., Calderón De La Barca, A.M., Durán-Prado, A., Campos-Reyes, L.C., Oliart-Ros, R.M., Ortega-Garcia, J., Medina-Juárez, L.A., Ángulo, O. 2009. Nutritional composition of new peanut (*Arachis Hypogea* L.) cultivars. Grasas y Aceites International Journal of Fats and Oils. 60 (2). 161-167.

Ciarmiello, L., F., Piccirillo, P., Gerardi, C., Piro, F., De Luca, A., D'Imperio, F., Rosito, V., Poltronieri, P., Santino, A. 2013. Microwave Irradiation for Dry-Roasting of Hazelnuts and Evaluation of Microwave Treatment on Hazelnuts Peeling and Fatty Acid. 2 (3). 22-35.

Cibulkova, Z., Čertík, M., Černá, A., Lichvárová, M., Muchová, D., Šimon, P. 2015. Thermooxidative stability of European varieties of poppy seeds studied by DSC method. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 120 (2). 1467-1472.

ČSN EN ISO 660 Živočišné a rostlinné tuky a oleje-Stanovení čísla kyselosti a kyselosti 2015 Český normalizační institut. Praha. 20 s.

ČSN EN ISO 3960 Živočišné a rostlinné tuky a oleje-Stanovení peroxidového čísla 2010 Český normalizační institut. Praha. 20 s.

da Silva, A.C., Sarturi, H.J., Dall'Oglio, E.L., Soares, M.A., de Sousa, P.T., de Vasconcelos, L.G., Kuhnen, C.A. 2016. Microwave drying and disinfestation of Brazil nut seeds. *Food Control*. 70. 119-129.

Das, I., Shah, N.G., Kumar, G. 2014a. Cashew Nut Quality as Influenced by Microwave Heating Used for Stored Grain Insect Control. *International Journal of Food Science*. 1-8.

Das, I., Shah, N.G., Kumar, G. 2014b. Properties of walnut influenced by short time microwave treatment for disinfestation of insect infestation. *Journal of Stored Products Research*. 59. 152-157.

Datta, A. K., & Davidson, P. M. (2000). Microwave and radio frequency processing. *Journal of food science*. 65 (8). 32-41.

Datta, A. K., Anantheswaran, R. C. (2000). Handbook of microwave technology for food applications. New York: Marcel Dekker Inc. p. 528. ISBN: 0824704908

Fay, L.B., Brevard, H. 2005. Contribution of mass spectrometry to the study of the Maillard reaction in food. *Mass Spectrometry Reviews*. 24 (4). 487-507.

Fernandez, G.D., Gomez-Coca, R.B., Pérez-Camino, M. del C., Moreda, W., Borera-Arellano, D. 2017. Characterization of major and minor compounds of nuts oils: Almond, Hazelnut and Pecan nut. *Journal of chemistry*. vol. 2017. Article ID 2609549. 1-11.

Hosseini, H., Ghorbani, M., Sadeghi Mahoonak, A., Maghsoudlou, Y. 2014. Monitoring hydroperoxides formation as a measure of predicting walnut oxidative stability. *Acta alimentaria. An International Journal of Food Science*. 43 (3). 412-418.

Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T. 2013. Microwave food processing. *Food Research International* 52. 243-261.

Ipsita, D., Narendra, G. S., Girish K. 2014. Cashew Nut Quality as Influenced by Microwave Heating Used for Stored Grain Insect Control. *International Journal of Food Science*. 7.

Javidipour, I., Erinç, H., Baştürk, A., Tekin, A. 2017. Oxidative Changes in Hazelnut, Olive, Soybean, and Sunflower Oils During Microwave Heating. *International Journal of Food Properties*. 20 (7). 1582-1592.

Jiao, S.S., Zhu, D.D., Deng, Y., Zhao, Y.Y. 2016. Effects of hot air-assisted radio frequency heating on quality and shelf-life of roasted peanuts. *Food and Bioprocess Technology*. 9 (2).308-319.

Jittrepotch, N., Kongbangkerd, T., Rojsuntornkitti, K. 2010. Influence of microwave irradiation on lipid oxidation and acceptance in peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds. *International Food Research Journal* 17. 173-179.

Labuckas, D., Maestri, D., Lamarque, A. 2011. Lipid and protein stability of partially defatted walnut flour (*Juglans regia* L.) during storage. *International Journal of Food Science and Technology*. 46. 1388-1397.

Lančaričová, A., Havrlentová, M., Muchová, M., Bednářová, A. 2016. Oil content and fatty acids composition of poppy seeds cultivated in two localities of Slovakia. *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*. 62 (1). 19-27.

Larrauri, M., Demarías, M.G., Ryan, L.C., Asensio, C.M., Grosso, N.R., Nepote, V. 2016. Chemical and Sensory Quality Preservation in Coated Almonds with the Addition of Antioxidants. *Journal of Food Science*. 81 (1). 208-215.

McDaniel, K.A., White, B.L., Dean, L.L., Sanders, T.H., Davis, J.P. 2012. Compositional and mechanical properties of peanuts roasted to equivalent colors using different time/temperature combinations. *Journal of Food Science*. 77 (12). 1292-1298.

Obdržálek, J. 2017. Změny sušiny a oxidační stability ořechů po ošetření mikrovlnným zářením. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů. Praha. 65 s.

Rahimi, A., Arslan, N., Pour Rezaeieh, K.A., Gurbuz, B. 2015. Variation in Fatty Acid Composition of Four Turkish Registered Poppy (*Papaver somniferum* L.) Seeds in two

Locations (Ankara and Boldavin) of Turkey. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 4 (1). 183-190.

Smith, A.L., Perry, J.J., Marshall, J.A., Yousef, A.E., Barringer, S.A. 2014. Oven, Microwave, and Combination Roasting of Peanuts: Comparison of Inactivation of Salmonella Surrogate *Enterococcus faecium*, Color, Volatiles, Flavor, and Lipid Oxidation. *Journal of Food Science*. 79 (8). 1584-1594.

Sze-Tao, K.W.C. & Sathe, S.K. 2000. Walnut (*Juglans regia* L.): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein in vitro digestibility. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80. 1393-1401.

Uquiche, E., Jeréz, M., Ortíz, M. 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 (4). 495-500.

Wang, Y., Zhang, I., Gao, M., Tang, J., Wang, S. 2014. Pilot-Scale Radio Frequency Drying of Macadamia Nuts: Heating and Drying Uniformity. *Drying Technology*. 32. 1052-1059.

Yang, M., Zhou, Q., Liu Ch., Zheng Ch., Huang F. 2011. Changes on quality and volatile flavor compositions of salty peanut by microwave baking during storage. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*. 33 (6). 609-615.

9 Seznam příloh

Příloha 1:

Efekt	Vícerozměrné testy významnosti. (data pro statistiku SUŠINA) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy					
	Test	Hodnota	F	Efekt SV	Chyba SV	p
Abs. člen	Wilksův	0,000002	848864,8	2	3	0,000000
ošetření	Wilksův	0,055190	25,7	2	3	0,012966

Příloha 2:

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro číslo kyselosti (data pro statistiku ČK) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	20,98140	1	20,98140	81,24977	0,002883
měsíce	7,05250	2	3,52625	13,65529	0,031138
Chyba	0,77470	3	0,25823		
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná číslo kyselosti (data pro statistiku ČK) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,25823, sv = 3,0000				
	měsíce	1	2	3	
1	0	,59500	0,215492	0,031318	
2	3	0,215492		0,134554	
3	6	0,031318	0,134554		

Příloha 3:

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro číslo kyselosti (data pro statistiku ČK) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	1,086008	1	1,086008	39,49520	0,000144
měsíce	0,304617	2	0,152308	5,53904	0,027030
Chyba	0,247475	9	0,027497		
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná číslo kyselosti (data pro statistiku ČK) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,02750, sv = 9,0000				
	měsíce	1	2	3	
1	0	,22500	,15500	,52250	
2	0	0,839657		0,088206	
3	3	0,839657		0,036138	
3	6	0,088206	0,036138		

Příloha 4:

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro číslo kyselosti (data pro statistiku ČK) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	22,89307	1	22,89307	79,39792	0,002981
měsíce	10,72893	2	5,36447	18,60509	0,020379
Chyba	0,86500	3	0,28833		
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná číslo kyselosti (data pro statistiku ČK) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,28833, sv = 3,0000				
	měsíce	1	2	3	
1	0	,17000	2,3000	3,3900	
2	0	0,064077		0,021368	
3	3	0,064077		0,273470	
3	6	0,021368	0,273470		

Příloha 5:

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro peroxidové číslo (data pro statistiku PČ) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	24,88807	1	24,88807	32,07914	0,010900
měsíce	40,37903	2	20,18952	26,02301	0,012723
Chyba	2,32750	3	0,77583		
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná peroxidové číslo (data pro statistiku PČ) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,77583, sv = 3,0000				
	měsíce	1 ,25000	2 ,15500	3 5,7050	
1	0		0,994212	0,019538	
2	3	0,994212		0,018621	
3	6	0,019538	0,018621		

Příloha 6:

Efekt	Jednorozměrné testy významnosti pro peroxidové číslo (data pro statistiku PČ) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	276,0002	1	276,0002	88,27997	0,000006
měsíce	132,6237	2	66,3119	21,21016	0,000393
Chyba	28,1378	9	3,1264		
Č. buňky	Scheffeho test; proměnná peroxidové číslo (data pro statistiku PČ) Pravděpodobnosti pro post-hoc testy Chyba: meziskup. PČ = 3,1264, sv = 9,0000				
	měsíce	1 9,4750	2 2,0600	3 2,8525	
1	0		0,000778	0,001715	
2	3	0,000778		0,821575	
3	6	0,001715	0,821575		