

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Změny sušiny a oxidační stability ořechů po ošetření
mikrovlnným zářením**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Jan Obdržálek

Obor studia: Výživa a potraviny

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

2017 ČZU v Praze

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „**Změny sušiny a oxidační stability ořechů po ošetření mikrovlnným zářením**“ vypracoval samostatně. Všechny použité prameny, které cituji a uvádím, jsou uvedeny v seznamu literatury v závěru mé diplomové práce.

V Praze dne 13. 4. 2017

podpis autora práce

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi nejen při psaní této práce poskytli cenné rady i ještě cennější kritiku.

Především bych chtěl poděkovat své školitelce doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. a dále všem z laboratoře katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky, jejichž kritické připomínky a všestranné znalosti a především trpělivost mi pomohly posunout práci kýženým směrem.

Všem svým učitelům bych rád poděkoval za to, že mě obdařili potřebnými znalostmi a hlavně mě naučili, jak nad problémy přemýšlet.

V neposlední řadě děkuji svým přátelům a spolužákům, kteří to se mnou v době intenzivního tvoření této práce, zvláště pak při laboratorních měřeních, vydrželi.

Souhrn

V práci je zkoumán vliv mikrovlnného ošetření a doby skladování na oxidační stabilitu a změny v sušině vybraných druhů ořechů a máku.

Oxidační stabilita byla určena měřením peroxidového čísla a čísla kyselosti. Sušina byla měřena pomocí vah s infrazářičem. Vzorky mandlí, arašídů, pistácií a máku byly měřeny na začátku skladování, poté v polovině skladování (po 3 měsících) a nakonec byly změřeny po ukončení skladování (v 6. měsíci). Cílem bylo posoudit, zda ošetření přispívá k zachování kvality ořechů a máku při skladování.

Ošetření má statisticky významný vliv na sušinu všech zkoumaných vzorků. Doba skladování ovlivnila sušinu statisticky významně pouze u máku a pistácií.

Pro stanovení peroxidového čísla a čísla kyselosti byla zvolena extrakční metoda tuku pomocí rozpouštědla petrolether a bez zahřívání. Uvedené rozpouštědlo bylo poté odpařeno pomocí vakuové odparky při teplotě 40 °C. Metodou extrakce nebyl vyextrahován veškerý tuk, ale pouze jeho značná část z mandlí, arašídů a pistácií. Metoda se ukázala jako nedostatečná pro mák, kde výtěžnost tuku nedosáhla ani 5 % hmotnosti vzorku, který má obsah tuku 40 až 60 %.

Oxidační stabilita, která byla měřena číslem kyselosti, vykazovala statisticky významné rozdíly jak pro ošetření, tak pro čas skladování.

Sledované změny u peroxidového čísla vykazují přítomnost hydroperoxidů, které jsou primárními produkty oxidace. Procesy oxidace v primární fázi tvoří hydroperoxydy a v sekundární fázi jsou přeměňovány na polymerní struktury. Peroxidové číslo je proto více proměnlivé a jeho úroveň může ovlivnit více faktorů než jen doba skladování a míra ošetření. Dalším faktorem, který může významně ovlivnit množství hydroperoxidů, je množství dostupného kyslíku a způsob balení.

Klíčová slova: mikrovlnné ošetření, ořechy, mák, sušina, oxidační stabilita, žluknutí.

SUMMARY

In this study is researched dependence of microwave caring and storage time on oxidation stability and ganges dry matter.

Oxidation stability was measured by acid and peroxid values. Dry matter was weighted on scales with infrared emitter. Samples of almonds, peanuts, pistachios and poppy seeds were measured at the beginning of storage, then in the middle of storage (after 3 months) and then were measured at the end of storage (in the 6th month). The aim was to assess whether the treatment contributes to maintaining the quality of nuts and poppy seeds during storage.

The care has a significant effect on the dry matter of all investigated samples. Dry matter is significantly influenced by storage time only in poppies and pistachios.

For determining the acid and peroxide value was chosen method of extraction of fat using a solvent petroleum ether and without heating. Said solvent was then evaporated using a vacuum evaporator at 40 °C. This method did not extract all oil, only a significant portion of it from almonds, peanuts and pistachios. The method proved insufficient for poppy, where it did not even reach 5 % of the sample mass, while typical fat content is around 40-60 %.

Oxidation stability, which was measured by acid value, showed statistically significant differences for both treatment and time of storage.

Monitored changes in the peroxide value indicated the presence of hydroperoxides which are the primary products of oxidation. Oxidation process in the primary phase formes hydroperoxides, which are converted into polymer structures in the secondary stage. Peroxide value is therefore more variable and its level can be affected by more factors than just the storage time and the amount of care. Another factor that can significantly affect the amount of hydroperoxide is the amount of available oxygen and quality of packing.

Keywords: microwave care, nuts, poppy seeds, dry matter, oxidation stability, rancidity

Keywords: microwave care, nuts, poppyseeds, dry matter, oxidation stability, rancidity.

1. Úvod	1
2. VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE	2
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE	3
3.1. Rostlinný materiál	3
3.1.1. Mandle	3
3.1.2. Arašídy	4
3.1.3. Pistácie	4
3.1.4. Mák	5
3.2. Nutričně cenné látky	6
3.2.1. Tuk	6
3.2.2. Vitamín A	6
3.2.3. Vitamín B1	6
3.2.4. Vitamín B2	6
3.2.5. Vitamín B3	7
3.2.6. Vitamín B9	7
3.2.7. Vitamín C	7
3.2.8. Vitamín E	7
3.2.9. Amygdalin	8
3.2.10. Morfin	8
3.2.11. Selen	8
3.3. Sušina a vlhkost	8
3.4. Oxidační stabilita	10
3.5. Mikrovlnné ošetření	14
4. Materiál a metody	16
4.1. Materiál	16
4.2. Metody	17
4.2.1. Homogenizace	17
4.2.2. Stanovení sušiny pomocí vah s infrazářičem	17
4.2.3. Extrakce tuku	18
4.2.4. Stanovení čísla kyselosti	18
4.2.5. Stanovení peroxidového čísla	18
4.2.6. Statistické metody	19
5. Výsledky	20

5.1.	Sušina	20
5.1.1.	Mandle	20
5.1.2.	Arašídny	21
5.1.3.	Pistácie	23
5.1.4.	Mák	23
5.2.	Extrakce tuku	25
5.2.1.	Mandle	25
5.2.2.	Arašídny	26
5.2.3.	pistácie	27
5.2.4.	Mák	29
5.3.	Číslo kyselosti v tuku	30
5.3.1.	Mandle	30
5.3.2.	Arašídny	31
5.3.3.	Pistácie	32
5.3.4.	Mák	33
5.4.	Číslo kyselosti ve vzorku	34
5.4.1.	Mandle	35
5.4.2.	Arašídny	36
5.4.3.	Pistácie	37
5.4.4.	Mák	38
5.5.	Peroxidové číslo v tuku	39
5.5.1.	Mandle	39
5.5.2.	Arašídny	41
5.5.3.	Pistácie	43
5.5.4.	Mák	44
5.6.	Peroxidové číslo ve vzorku	45
5.6.1.	Mandle	45
5.6.2.	Arašídny	46
5.6.3.	Pistácie	48
5.6.4.	Mák	49
6.	Diskuze	50
6.1.	Sušina	50
6.2.	Extrakce tuku	50

6.3. Oxidační stabilita tuku	51
6.3.1. Číslo kyselosti.....	51
6.3.2. Peroxidové číslo.....	52
6.3.3. Žluknutí.....	53
7. Závěr.....	54
8. Seznam literatury.....	55

1. Úvod

Mandle, arašídy, pistácie a mák jsou plodiny bohaté na tuk. Často podléhají žluknutí, které je u nich nežádoucí. Pro stabilizaci a prodloužení skladovatelnosti se často používá nějaká forma ošetření, převážně na bázi tepelného působení. Tepelné ošetření se běžně provádí pomocí trouby při vysokých teplotách a po dlouhou dobu, a tedy je energeticky náročné. Proto se zkoumají alternativní metody, například mikrovlnné ošetření. Potenciál mikrovlnného ošetření je především v jeho rychlosti a možné úspoře energie. Jelikož je toto ošetření rychlé, mohlo by být provedeno již při sklizni.

Mikrovlnné ošetření funguje na principu elektromagnetického záření, které prochází materiálem a přitom ho ohřívá přímo. Míra ošetření, která je ovlivňována fyzikálně chemickým složením ošetřovaných potravin, je významným faktorem při jejich skladování a podstatně se projevuje na jejich výsledné kvalitě.

Jedním z významných ukazatelů kvality je oxidační stabilita. Dalším významným ukazatelem je též obsah sušiny.

Oxidační stabilita se měří různými metodami. V této práci použijeme metodu založenou na měření peroxidového čísla a čísla kyselosti. Tyto hodnoty budeme měřit v tuku extrahovaném za studena pomocí petroletheru.

2. VĚDECKÁ HYPOTÉZA A CÍLE PRÁCE

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

Ošetření mikrovlnným zářením lze použít pro hygienizaci ořechů. Při tomto procesu může docházet ke změnám sušiny a oxidační 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 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.

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1. Rostlinný materiál

Rostlinný materiál zkoumaný v této práci slouží jako potravina, která obsahuje řadu nutričně cenných látek. Uvedené látky mohou mít vliv na oxidační stabilitu zkoumaného materiálu. Mezi významné skupiny látek patří hlavně živiny, jako jsou lipidy, sacharidy a bílkoviny, nebo řada sekundárních metabolitů či minerálních látek. Lze očekávat vliv jmenovaných látek na stabilitu ořechů i dalšího materiálu při skladování, případně při mikrovlnném i jiném ohřevu.

3.1.1. Mandle

Mandlové ořechy jsou plodem mandloně obecné (*Prunus dulcis*) z:

Říše: rostliny (Plantae)

Podříše: cévnaté rostliny (Tracheobionta)

Oddělení: krytosemenné (Magnoliophyta)

Třída: vyšší dvouděložné (Rosopsida)

Řád: růžotvaré (Rosales)

Čeleď: růžovité (Rosaceae)

Rod: slivoň (*Prunus*)

Mandle řadíme mezi skořápkové plody, majících stejně jako většina skořápkových plodů vysoký podíl tuku, který se pohybuje většinou v rozmezí 40 až 50 %. Uvedený tuk je dominantní složkou v sušině. Mandle také obsahují celou řadu sekundárních metabolitů, především vitamín B2 riboflavin nebo vitamín E, tokoferol či kyselinu listovou, a také amygdalin. Z minerálních látek je v mandlích hojně zastoupen hořčík, draslík a vápník.

3.1.2. Arašídny

Arašídny neboli burské oříšky jsou plodem podzemnice olejné (*Arachis hypogaea*) z:

Říše: rostliny (Plantae)

Podříše: cévnaté rostliny (Tracheobionta)

Oddělení: krytosemenné (Magnoliophyta)

Třída: vyšší dvouděložné (Rosopsida)

Řád: bobotvaré (Fabales)

Čeleď: bobovité (Fabaceae)

Rod: podzemnice (*Arachis*)

Arašídny obsahují jako většina ořechů vysoký podíl tuku, který se pohybuje okolo 40 – 50 %. Jak je zvykem u suchých plodů, i zde je dominantní látkou tuk, který je proto hlavním faktorem, který ovlivňuje skladování. Arašídny dále obsahují vitamín E, vitamín B1 a vitamín B3 a kyselinu listovou. Z minerálních látek je zastoupen především selen a zinek. Arašídny jsou významným alergenem.

3.1.3. Pistácie

Pistáciové ořechy jsou plodem řečíku pistáciového (*Pistacia vera*) z:

Říše: rostliny (Plantae)

Podříše: cévnaté rostliny (Tracheobionta)

Oddělení: krytosemenné (Magnoliophyta)

Třída: vyšší dvouděložné (Rosopsida)

Řád: mýdelníkotvaré (Sapindales)

Čeleď: ledvinovníkovité (Anacardiaceae)

Rod: řečík (*Pistacia*)

Pistáciové oříšky obsahují jako většina suchých plodů vysoký podíl tuku 45 až 50%. Z toho vyplývá stejně jako u mandlí, že tuk v pistáciových oříšcích je dominantní složkou, proto je klíčový pro jejich skladování. Pistácie obsahují vitamín E, vitamín C, vitamín B6, vitamín B1, kyselinu listovou a vitamín A. Z minerálních látek je důležité zmínit selen a zinek. A dále jsou pistáciové ořechy zdrojem železa, draslíku a vápníku.

3.1.4. Mák

Mák je semenem z makovice máku setého (*Papaversomniferum*) z:

Říše: rostliny (Plantae)

Podříše: cévnaté rostliny (Tracheobionta)

Oddělení: krytosemenné (Magnoliophyta)

Třída: vyšší dvouděložné (Rosopsida)

Řád: pryskyřníkotvaré (Ranunculales)

Čeleď: makovité (Papaveraceae)

Rod: mák (*Papaver*)

Mák není ořechem, ale složením se blíží ořechům. Má také jako dominantní složku tuk, který v máku dosahuje 40 až 60%. Obsah tuku je stejně jako u ořechů hlavním kritériem pro jeho skladování. Mák obsahuje vitamín E a morfin. Z minerálních látek obsahuje vápník, hořčík, fosfor. Mák je náchylný na kontaminaci kadmíem.

3.2. Nutričně cenné látky

3.2.1. Tuk

Tuk je jednou ze základních živin, slouží především jako zdroj energie a lipofilních vitamínů, jak uvádí např. Stránská a Kohout (2011). Tuk se nejčastěji vyskytuje ve formě triacylglycerolu. Jedná se o ester glycerolu a tří vyšších mastných kyselin. Složení mastných kyselin v triacylglycerolu určuje jeho vlastnosti. Poměrem různých triacylglycerolů jsou dány vlastnosti celkového tuku. Obecně platí, že čím více nenasycených vazeb u mastných kyselin, tím nižší je teplota tuhnutí.

3.2.2. Vitamín A

Vitamín A je významným lipofilním antioxidantem, který je velmi důležitý pro lidské zdraví, především pro regeneraci kožních buněk, stimuluje syntézu kolagenu a má pozitivní vliv na imunitní systém. Nedostatek tohoto vitamínu působí šeroslepost. Tento vitamín je lipofilním antioxidantem a má významný vliv na oxidační stabilitu tuku. U potravin s vysokým obsahem tuku má pozitivní vliv na jejich kvalitu, viz Stránská a Kohout (2011).

3.2.3. Vitamín B1

Vitamín B1 pomáhá přeměňovat sacharidy na energii, je nezbytný pro správnou funkci srdce, svalů a nervového systému, viz Stránská a Kohout (2011), kteří ve své studii uvádějí, že vitamín B1 je vodorozpustný vitamín, který má příznivý účinek na lidské zdraví, ale neuvádějí u něj antioxidantní aktivitu. Právě proto nemá vitamín B1 významný vliv na skladování tuků a neovlivňuje ani významně skladování ořechů ani máku.

3.2.4. Vitamín B2

Vitamín B2 pomáhá buňkám těla přeměňovat sacharidy na energii a přispívá ke správnému fungování metabolismu a nervového systému. Stránská a Kohout (2011) o vitamínu B2 uvádějí, že je to vodorozpustný vitamín, který má příznivý účinek na lidské zdraví. Ani u něj není sledována antioxidantní aktivita, a proto nemá významný vliv na skladování potravin s vysokým obsahem tuků, proto ani významně neovlivňuje skladování ořechů a máku.

3.2.5. Vitamín B3

Vitamín B3 podporuje správnou funkci zažívacího ústrojí, kůže a nervového systému, má nenahraditelnou úlohu při přeměně potravy na energii. Stránská a Kohout (2011) uvádějí, že jde o vodorozpustný vitamín, který má příznivý účinek na lidské zdraví. Ani zde není uváděna antioxidační aktivita, proto ani tento vitamín nemá významný vliv na skladování potravin s vysokým obsahem tuku a neovlivňuje tedy ani významně skladování ořechů a máku.

3.2.6. Vitamín B9

Vitamín B9 je také znám pod pojmem kyselina listová, je důležitý pro procesy proteosyntézy a tvorby RNA a DNA. Antioxidační aktivita ani u tohoto vitamínu není sledována, s přihlédnutím k tomu, že se jedná o hydrofilní vitamín, nemá pozitivní vliv na oxidační stabilitu tuků, uvádějí Stránská a Kohout (2011).

3.2.7. Vitamín C

Vitamín C je důležitý pro správné fungování imunitního systému, stimuluje tvorbu bílých krvinek, podporuje vývoj kostí, chrupavek i zubů. Stránská a Kohout (2011) tvrdí o vitamínu C, že přispívá k ochraně před oxidačním stresem a je to významný antioxidant. Dále je uváděno, že se jedná o hydrofilní vitamín. Vitamín C nemá klíčovou roli pro udržení oxidační stability potravin s vysokým obsahem tuku, ale naopak příznivě přispívá k oxidační stabilitě potravin.

3.2.8. Vitamín E

Vitamín E známý pod pojmem tokoferol se vyskytuje ve čtyřech formách jako alfa, beta, gama a delta-tokoferol, což potvrzují i studie Stránská a Kohout (2011) a Buková (2011). Tokoferol je jedním z nejvýznamnějších antioxidantů. V tucích se jedná o nejdůležitější vitamín s antioxidační aktivitou. Díky lipofilnímu charakteru vitamínu E může tento vitamín velmi dobře chránit polynenasycené a mononenasycené mastné kyseliny před oxidací, zároveň brání vzniku volných radikálů, tvorbě peroxidů a hydroperoxidů.

3.2.9. Amygdalin

Amygdalin, někdy uváděný i jako vitamín B17, je toxický, kyanogenní sekundární metabolit, který se nejčastěji vyskytuje v hořkých mandlích, viz Jahodář (2004). Toxicita kyanogenních glykosidů spočívá ve schopnosti odštěpit kyanovodík. Kyanovodík je toxický těkavý plyn, který se při vyšší teplotě uvolňuje a vytěká do prostředí.

3.2.10. Morfin

Morfin je alkaloid spadající do kategorie opiátů. Vyskytuje se například v máku, má využití ve farmacii jako silné analgetikum nebo jako surovina pro výrobu drogy heroin. Jahodář (2004)

3.2.11. Selen

Studie Stránská a Kohout (2011) říká, že selen je jedním z antioxidantů v nízkých dávkách, ve vyšších dávkách však působí toxicky. Selen působí proti volným radikálům, a proto může pozitivně ovlivnit oxidační stabilitu v potravinách.

3.3. Sušina a vlhkost

Sušina je základním parametrem, ke kterému se vztahuje většina chemických analýz v potravinářské chemii. Význam sušiny je ten, že většina významných nutričních látek v potravinářských výrobcích je vázána na pevný podíl, nikoliv na celkovou hmotnost potravinářského vzorku. Celková hmotnost vzorku může být velice proměnlivá s ohledem na okolní podmínky, protože v sobě zahrnuje jak sušinu, tak i vlhkost.

Sušina je materiál, ze kterého byla odstraněna volná voda. Sušina obsahuje celé spektrum látek, mezi nejvýznamnější skupiny patří sacharidy, tuky a bílkoviny, které tvoří převážnou část její hmotnosti. Mimo to je tu ještě menší část sekundárních metabolitů a minerálních látek, které mají velký vliv na sensoriku a nutriční hodnotu potravin a zároveň mají významný vliv na rychlost kažení potravin.

Během skladování probíhají v potravinách, včetně zkoumaných vzorků, mnoho různých procesů, jež ovlivňují jejich vlastnosti. Mezi nejčastěji probíhající změny patří vysychání či vlhnutí potravin, kažení nebo zrání. Tyto změny mohou mít jak pozitivní, tak negativní vliv na kvalitu potraviny i její sensorické vlastnosti. Vlhnutí a vysychání ovlivňuje pouze volnou

vodu přítomnou v potravíně. V důsledku toho se může měnit celková hmotnost, nikoliv však celkové množství látek obsažených v sušině. Vlhkost je velmi lehce ovlivnitelná a může se během skladování velmi snadno změnit dle podmínek skladování. Vlhkostí lze ovlivnit rychlost procesů kažení i zrání, neboť při nízké vlhkosti se tyto mikrobiální procesy zpomalují či zastavují. Vlhkost je zbytkem z hmotnosti vzorku po odečtení sušiny.

Častým ošetřením potravinářských surovin a výrobků je sušení, aby se dosáhlo zpomalení procesu kažení a prodloužila se údržnost surovin či výrobků. Sušení je proces, při kterém odebíráme část nebo celý obsah vlhkosti z potraviny. Sušícího efektu lze dosáhnout různými metodami. Vybrání správné optimální sušící metody je velice obtížná a komplikovaná záležitost. Pro volbu vhodné metody musíme zodpovědět několik důležitých otázek. Na jakou vlhkost potravinu vysušíme? Jestli úplně, nebo jen snížíme hodnotu vlhkosti a na kolik? Jak moc rychle a razantně chceme potravinu sušit? Protože při rychlém sušení může dojít k nežádoucím reakcím v sušině, nebo při příliš pomalém sušení může zase dojít k nastartování kazících procesů. To nás vede k otázce, jak moc šetrně a jaké změny jsou požadované a jaké jsou již nepříjemné? Pro některé výrobky je vhodnější zvolit šetrnější metody, aby se zachovaly nutričně cenné látky. Pro některé potraviny lze zvolit razantnější metody sušení a získat tím charakteristické změny, například extrémní metodou sušení může být až pražení, kdy dojde k Maillardovým reakcím v důsledku vysoké teploty. Tím máme vyřešeny metody pro jakost, ale potravinářská výroba klade další otázky, a to ekonomického rázu. Zde je důležité si uvědomit, že ideální metoda sušení může být příliš náročná na zdroje, technologii a dobu nebo může být nevhodná pro množství potravin, které potřebuje ošetřit. Proto se často volí kompromis ekonomické stránky procesu a jakostní stránky. Zde je důležité si uvědomit, že některé metody mohou být velice výhodné v malém množství, ale ve velkém již jsou nepříjemné kvůli spotřebě místa a času a energie. Metody pro velkovýrobu mohou být pro malé množství nevhodné, protože vyžadují technologii a investice do linky, která se při malém objemu nevyplatí.

Existuje mnoho metod sušení, které jsou již léty prověřeny. Vznikají však nové metody, které se snaží dosáhnout lepší kvality nebo lepších ekonomických podmínek, ideálně obou vlastností naráz. Mezi tradiční metody, které mají sušící efekt, patří většinou metody založené na převodu tepla přes stěnu vyhřívaného média, či metody založené na využívání suchého vzduchu, slunečního záření atp. Mezi nové metody sušení mohou být řazeny například horkovzdušné sušení nebo sušení mikrovlnné.

Významný vliv na změny v sušině může mít rozklad bílkovin, tuků či sacharidů. U potravin s vysokým podílem tuku má velký význam na údržnost žluknutí tuku způsobené oxidací či hydrolytickými změnami.

Beck et. al. (2017) uvádí, že vlhkost a aktivita vody má vliv na sensorický profil u pistácií, hlavně na těkavé složky v pistáciových ořeších. Velikost vlhkosti ovlivňuje množství a složení mikrobiální kontaminace, především přítomnost plísní. Tyto svojí aktivitou ovlivňují změny v sensorickém profilu pistácií.

Beck et. al. (2016) tvrdí, že hlavní kontaminace mandlí a pistácií během skladování je způsobena přítomností *aspergilu*, jenž produkuje aflatoxiny, které jsou nežádoucím produktem při skladování. Dále *aspergillus* působí nepříznivě na sensorické vlastnosti mandlí a pistácií.

Guleret. al. (2017) uvádí, že ošetření lískových ořechů gama zářením 0,5 kGy, 1 kGy, 1,5 kGy nemělo vliv na množství vlhkosti, ale mělo vliv na tuk. Dále je ve studii uváděno, že vlhkost i vodní aktivita se měnila v průběhu skladování bez ohledu na ošetření.

Tavakolipour (2015) se zabýval procesem zpracování pistácií, zvláště jejich sušením a skladováním, při sušení nebyl zaznamenán vliv rychlosti proudění vzduchu, ovšem se zvyšující se teplotou klesala doba ošetření.

Vhodná metoda ošetření podle Silva et. al. (2004) pro makadamové ořechy je mikrovlnné sušení. Vhodnou metodou se jeví, protože mikrovlnné sušení může zkrátit dobu ošetření oproti konvenčnímu ošetření. Konvenční ošetření trvá průměrně 144 hodin, za pomoci mikrovlnného záření se doba ošetření zkrátí na 5,5 hodiny, při výkonu mikrovlnného zářiče 300 W. Studie zároveň potvrzuje, že při použití mikrovlnného záření zůstává zachována přirozená kvalita makadamových ořechů.

3.4. Oxidační stabilita

Žluknutí je proces složený z několika dějů, je způsoben adicí vzdušného kyslíku na dvojně vazby v mastných kyselinách za tvorby aldehydů a ketonů, které vznikají štěpením mastné kyseliny. Přechodným produktem oxidace tuku jsou peroxidy a hydroperoxidy, které se přemění na aldehydy a ketony. Proces žluknutí je zpravidla nežádoucí, protože snižuje sensorickou jakost a snižuje nutriční hodnotu potravin. V důsledku žluknutí se mohou potraviny stát obtížně požitelné či již nepoživatelné a znehodnocené.

Žluknutí probíhá řetězově a skládá se ze tří stupňů. První stupeň je iniciace, po iniciaci následuje propagace. Celý proces je zakončen terminačním stupněm. Iniciační stupeň probíhá tak, že vlivem teploty dochází ke štěpení vazby mezi C-H. Vzniká volný radikál mastné kyseliny. V propagačním stupni dochází k reakci volného radikálu se vzdušným kyslíkem vznikem peroxidového radikálu, který reaguje s mastnou kyselinou, a za vzniku hydroxyperoxidu mastné kyseliny a dalšího volného radikálu mastné kyseliny. Celý stupeň propagace se opakuje. Terminační stupeň nastává interakcí volných radikálů mezi sebou a podle množství přítomného kyslíku nastávají tři typy terminačních reakcí. Volný radikál mastné kyseliny s dalším volným radikálem mastné kyseliny reagují za vzniku polymerní mastné kyseliny. Další variantou je reakce volného radikálu mastné kyseliny s peroxidovým radikálem. Poslední možností je reakce dvou peroxidových radikálů mezi sebou. Uvedenými reakcemi je zastavena řetězová reakce v propagačním stupni.

Míra žluknutí jde určit sensoricky či chemickými metodami. Z chemických metod se používají tuková čísla, a to především peroxidové číslo, které se zabývá peroxidy a hydroperoxidy, nebo číslo kyselosti, či číslo zmýdelnění.

Oxidace a žluknutí lipidů je hlavním faktorem pro udržení a skladování ořechů. Zvláště ořechy s vysokým obsahem polynenasycených mastných kyselin snadno podléhají autooxidaci. Autooxidace tuků působí negativně na sensorické parametry, proto je nutné rychlé inaktivování enzymů, aby se zpomalily prooxidační procesy. Brichet. al. (2010)

Hosseini (2014) uvádí, že pro stabilitu vlašských ořechů je nejdůležitější složkou tuk a jeho oxidační stabilita. Jako nejvýznamnější hodnotu pro předpověď oxidační stability používá peroxidové číslo, které studoval ve zrychlených podmínkách skladování. Jeho výzkum potvrzuje hypotézu, že hodnota peroxidového čísla je vhodnou veličinou pro předpověď oxidační stability tuku.

Český lékopis udává peroxidové číslo jako množství aktivního kyslíku ve formách peroxidu a hydroperoxidu, které jsou meziprodukty oxidace tuku vzdušným kyslíkem. Ten je schopen reagovat s jodidem na jód. Rušivé vlivy mohou být způsobeny přítomností antioxidantů nebo také uvolněný jód může adovat na tuk.

Fiebig (2003) uvádí, že hmotnost vzorku významnou měrou přispívá k velmi špatné reprodukovatelnosti výsledků pro peroxidové číslo. Problém je v tom, že velikost analyzovaného vzorku má významný vliv na hodnotu stanoveného peroxidového čísla, a

proto by se měla velikost vzorku vztahovat k předpokládanému peroxidovému číslu, aby se minimalizoval vliv na správnost výsledků. Navážky vzorku by měly být 2 až 5 g pro 0 až 12 meq O₂/kg, 1,2 až 2 g pro 12 až 20 meq O₂/kg, 1,2 až 0,8 g pro 20 až 30 meq O₂/kg, 0,5 až 0,8 g pro 30 až 50 meq O₂/kg a 0,3 až 0,5 pro 50 až 90 meq O₂/kg. Naměřená hodnota peroxidového čísla je tím větší, čím je vzorek menší. Druhý významný vliv na přesnost měření má rozpustnost oleje, která může zásadně změnit výsledky. Dále autor v práci uvádí příklad vlivu rozpustnosti 9,3 meq O₂/kg z 0,6 g lněného oleje a 4,8 meq O₂/kg z 2,7 g stejného lněného oleje. Také poukazuje, jak velký má význam čas, po který probíhá reakce s jodidem, která by měla probíhat 5 minut.

Kristin et. al. (2012) uvádí, že vyšší teplota ošetření arašídů má vliv na zvýšenou hodnotu peroxidového čísla, čím vyšší teplota, tím vyšší peroxidové číslo. Dalším zajímavým údajem je, že čím vyšší je hladina tokoferolu v arašídech, tím nižší hodnota peroxidového čísla. Uvedený vztah je nelineární. V práci je také poukazováno na to, že na hodnotu peroxidového čísla, resp. tokoferolu, může mít ochranný vliv kombinace krátkého času a vysoké teploty. Také produkty Maillardova hnědnutí chrání tokoferoly před degradací. Vlhkost zvyšuje oxidační rychlost v arašídech.

Výsledky studie na kešu ořeších provedené Ipsita et. al. (2014) ukazují, že mikrovlnné ošetření snižuje hodnotu peroxidového čísla. Při mikrovlnném ohřevu ve stejném časovém období platí, že čím je vyšší energie, tím je nižší hodnota peroxidového čísla. Za stejných podmínek platí, že čím delší je doba ošetření, tím je nižší hodnota peroxidového čísla. V práci je také uváděno, že neošetřené vzorky měly vyšší peroxidové číslo než ošetřené. Z uvedené studie vyplývá i fakt, že čím více jsou vzorky ošetřené, tím méně žluknou. Vzorky ošetřené mikrovlnným ohřevem byly po 6 měsících skladování za pokojové teploty bez zamoření či nepříznivých vlivů na kvalitu.

Ze studie Makeri (2011), která testovala oxidační stabilitu ošetření ořechů horkovzdušnou troubou při teplotách 80 °C, 100 °C, 120 °C, 140 °C a 160 °C po dobu 20 minut, vyšel pro tyto podmínky vztah, že čím vyšší je teplota, tím vyšší je peroxidové číslo. Peroxidové číslo bylo při všech testovaných teplotách vyšší než u neošetřeného vzorku.

Další možnou metodou při ošetření mandlí je radiofrekvenční metoda. Studie měření metodou AOAC, viz Ruet. al. (2017), vykazovala zvýšení peroxidového čísla proti kontrole při podmínkách zrychleného skladování při teplotě 35 °C a 30 % relativní vlhkosti. Ihned po ošetření, při 0,35 meq O₂/kg kontrolního vzorku, měl ošetřený vzorek 0,40 meq O₂/kg,

v desátém dni urychleného skladování to bylo 0,41 meq O₂/kg a ošetřené vzorky měly 0,48 meq O₂/kg. Na konci dvacátého dne urychleného skladování měl kontrolní vzorek 0,51 meq O₂/kg a ošetřený vzorek měl 0,53 meq O₂/kg.

Guleret. al. (2017) uvádí, že ošetření lískových ořechů gama zářením mělo vliv na tuk jako celek a snížilo se množství volných mastných kyselin. Ošetření zvýšilo hodnoty peroxidového čísla. Zvýšení peroxidového čísla bylo prokazatelné, po ošetření jeho velikost rostla s mírou ozáření, ovšem významnější byl jev, že maximum peroxidového čísla při 0,5 kGy bylo po devíti měsících, ale u 1 a 1,5 kGy bylo peroxidové číslo nejvyšší až po dvanácti měsících.

Tavakolipour (2015) potvrzuje, že u pistácií má negativní vliv na tukovou složku výška teploty ošetření a délka skladování. Dále poukazuje, jak mohou různé způsoby balení ovlivnit vliv skladování pistácií. Obaly složené z jednovrstvého materiálu měly nejhorší účinek při skladování s přítomnou vlhkostí 32%. Naopak nejlepší vliv na skladování pistácií měl nylonový obal s vakuem.

Metaloproteiny urychlují štěpení tuku, fungují jako katalyzátory hydrolytického štěpení triacylglycerolu na glycerol a mastné kyseliny. Odštěpené volné mastné kyseliny mají charakteristickou chuť a vůni, což bylo mimo jiné potvrzeno i studií Shakerardekani et.al. (2015).

Mikrovlnné ošetření má velký potenciál při ošetřování suchých plodů, což potvrzuje i studie Das (2014). U sušení je důležité rovnoměrné ohřátí materiálu. Mikrovlnné ošetření je efektivní způsob, jak zahřívat materiál i v jádře, je při něm však nutné kontrolovat, aby nedošlo k nežádoucím změnám v barvě. Právě barva je jedním z klíčových znaků pro ořechy. Tepelné ošetření dále vytváří charakteristické aroma a chuť ořechů. Při nesprávném tepelném ošetření může dojít k nežádoucím změnám.

Mikrovlnným sušením u vlašských ořechů dle Das (2014) byl prokázán vliv výkonu a doby ošetření na ztrátu vody, resp. vlhkosti ořechů. Obecně lze pro ořechy i mák aplikovat, že čím je vyšší výkon zařízení, tím vyšší je ztráta vody, čím delší doba ošetření, tím vyšší ztráta vlhkosti. To dokazují měření při 240 W, 360 W, 480 W s časy 60 až 240 sekund, kdy při nejmírnějším ošetření 240 W a 30 sekundách expozice měly ořechy 3,24 % vlhkosti, zatímco při 240 sekundách expozice při stejném záření měly 3,01% vlhkosti. Rozdíl je ještě viditelnější na vyšším ošetření při 480 W, kde po 30 sekundách byla vlhkost 3,09 % a při 240sekundovém ošetření byla 1,18 %. S rostoucím výkonem a časem také rostla změna barvy.

Mikrovlonné ošetření má vliv na peroxidové číslo. Ze studie Das (2014) vyplývá, že čím je větší energie ošetření, tím menší je peroxidové číslo. S nárůstem doby mikrovlnného ošetření také klesá peroxidové číslo. Tento trend zůstává zachován i po 6měsíčním skladování, kdy nárůst peroxidového čísla byl menší u vzorků, které byly ošetřeny více, než u vzorků, které nebyly ošetřeny.

3.5. Mikrovlonné ošetření

Mikrovlny patří mezi záření neionizující. Mikrovlny, které prochází potravinou, nejsou absorbovány, ale při průchodu předávají energii. Ta je transformována na tepelnou energii. Mikrovlny nemají samy o sobě dostatečnou sílu na rozbití chemické vazby.

Mikrovlny přenášejí energii především díky dipólovému momentu vody přítomné v potravinách. Mikrovlonné vlny při průchodu potravinou působí na dipólový moment molekul vody. Interakcí dipólového momentu mikrovlamivzniká rotace, díky vysoké frekvenci mikrovln způsobí tato rotace tření. Tření molekuly působí přeměnu mikrovlonné energie na tepelnou energii. Tímto principem se ohřívají molekuly vody. Ohřáté molekuly vody předávají tepelnou energii do okolí a tím se ochlazují. V heterogenním materiálu mohou díky tomu vznikat horká místa, která jsou výrazněji ohřívána, a studená místa, kde mikrovlny jen procházejí a neinteragují s materiálem v takové míře. Mikrovlny mohou také působit na ionty, které se v mikrovlnném poli pohybují. Pohyb iontů v materiálu působí srážky. Při srážce se uvolní energie a ta se přemění na tepelnou energii. Proto je pro mikrovlnný ohřev velice důležitý obsah soli a vody. Dalším důležitým parametrem je také míra homogenity potravin a tloušťka potravin, která je ohřívána. Houšlová (1999)

Nerovnoměrný ohřev a především vznik přehřátých zón je důvodem, proč dochází ke zvýšené degradaci lipidů. Tyto přehřáté zóny jsou důsledkem rozdílných fyzikálních a chemických vlastností.

Teplota ohřevu je limitována teplotou varu složek, které jsou zahřívány. Proto potraviny s vysokou vlhkostí dosahují při mikrovlnném ohřevu teploty 100 °C, ale potraviny s vysokým podílem tuku mohou dosahovat teplot vyšších než 200 °C, v důsledku vyššího bodu varu lipidů. Při vysokých teplotách dochází k výraznému zrychlení oxidačních změn. Houšlová et. al.(1999)

Nerovnoměrnost ohřevu je dána samotným materiálem a mikrovlnnou troubou. Provedený ohřev je ovlivněný hloubkou materiálu a jeho složením. Penetrační hloubka je schopnost

průniku do materiálu a rychlost následné absorpce jeho energie. Aby se tedy mikrovlny dostaly do středu materiálu, je důležitá penetrační hloubka mikrovln pro daný materiál. Penetrační hloubka je nepřímo závislá na absorpci mikrovlnného záření, které prochází potravinou. Čím vyšší je absorpce, tím menší je penetrační hloubka. Při vysoké absorpci materiálu se rychle prohřívá povrch a mikrovlny nepostupují k jádru. Penetrační hloubku snižuje především přítomnost vody a minerálních látek. Dalším faktorem, který ovlivňuje penetrační hloubku, je teplota. Voda v rozmezí 20 až 80 °C má penetrační hloubku 15 až 45 mm, olej má při 25 °C penetrační hloubku 237 mm a při 60°C penetrační hloubku 195 mm, u masa ovšem penetrační hloubka nedosahuje ani 10 mm. Čím je vyšší absorpce mikrovlnného záření, tím rychlejší je nárůst teploty.

Mikrovlnný ohřev nezpůsobuje změny v textuře, proto netvoří některé sensoricky významné vlastnosti, jako je například křupavost. Další vlastností, která nevzniká, je hnědnutí potravin, které je typické pro konvenční ohřev. U masných výrobků je důležité počítat s tím, že na povrchu dochází ke kondenzaci a rychlému odpaření vodních par. Díky tomu vzniká nežádoucí tuhá a suchá vrstva na povrchu.

4. Materiál a metody

4.1. Materiál

Vzorky mandlí, arašídů, pistácií a máku byly ošetřeny mikrovlnným ohřevem o různých intenzitách. Ošetření vzorků mikrovlnným ohřevem bylo provedeno společností RoMill, s.r.o. za pomoci jejich linky s následujícími specifikacemi: frekvenční měnič 6,27 Hz, pohyb pásu 1cm/s, doba průjezdu tunelem (doba expozice) 50 s, dohřev v komoře temperované na 85 °C.

Tabulka použitých vzorků

Vzorek	Ošetření
Mandle kontrola	Neošetřeno
Mandle pokus 1	4 kW
Mandle pokus 2	3 kW
Mandle pokus 3	2,4 kW
Arašídy kontrola	neošetřeno
Arašídy pokus 4	4 kW
Arašídy pokus 6	4*2 kW
Pistácie kontrola	neošetřeno
Pistácie pokus 7	3 kW
Mák kontrola	neošetřeno
Mák pokus 8	3 kW

Arašídový pokus 5 s ošetřením 6*2 kW nebyl zahrnut z důvodu spálení vzorku při ošetření.

Ošetřené vzorky byly převezeny na ČZU. Každý vzorek byl rozdělen na tři stejně velké skupiny. První část vzorku byla určena k stanovení jakožto den nula, druhá skupina vzorku byla uložena ke skladování při teplotě 22,5 °C na dobu tří měsíců, třetí část vzorku byla uložena na skladování při teplotě 22,5 °C na dobu šesti měsíců.

Vzorky byly v momentě dosažené doby skladování analyzovány na sušinu. Vzhledem k časové náročnosti nemohly být všechny analýzy provedeny najednou (v jeden den), proto byly vzorky pro stanovení čísla kyselosti a peroxidového čísla zamrazeny, aby nedošlo k jejich žluknutí.

4.2. Metody

4.2.1. Homogenizace

Homogenizace byla provedena pomocí mixéru CSCARLETT SL-I545 150 W, do kterého bylo vloženo více než 12 gramů mandlí. Mandle byly mlety v uvedeném mixéru po dobu 15 sekund. Pistácie a arašídy byly vylouskány a došlo ke zvážení množství slupek a jedlého podílu. Jedlý podíl se dal do mixéru a byl mlet po dobu 15 sekund. Množství vzorku bylo voleno s ohledem na množství materiálu, při dostatku materiálu bylo do mixéru vloženo více než 10 g na mletí.

Dále se pracovalo pouze s homogenizovaným materiálem bez větších okem rozeznatelných kusů. Velké kusy vzorku byly odstraněny a do stanovení nebyly brány, aby nezkreslily výsledky, především z důvodu rizika tepleného namáhání při dlouhé homogenizaci. Mák byl otestován na tření v misce, ale pro vysokou nevyrovnanost extrakce se používal převážně nehomogenizovaný mák.

4.2.2. Stanovení sušiny pomocí vah s infrazářičem

Stanovení sušiny na infrahách bylo provedeno navážením 1 gramu homogenizovaného vzorku a rovnoměrným rozprostřením po misce infrahah při teplotě 33 °C. Poté bylo zahájeno

sušení a kontinuální vážení při teplotě 105 °C po dobu 60 sekund. Následovalo sušení, které probíhalo přirozeným poklesem teploty v uzavřených vahách. Po ustálení hodnoty sušiny 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 petroletheru. Baňka se vzorkem a petroletherem se promíchala a nechala cca 10 minut extrahovat. Baňka byla poté dána na 3 minuty na ultrazvukovou třepačku. Po promísení na třepačce 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 kulaté varné baňky. Přefiltrovaný vzorek byl dán na vakuovou odparku na 120 otáček za minutu a teplotu lázně 40 °C. Odpařování petroletheru trvalo přibližně 5 minut. Když byl všechn petrolether odpařen, byl povrch baňky důkladně osušen od zbytků vody z lázně za pomoci buničiny. Suchá baňka s tukem byla zvážena na analytických vahách. Baňka s tukem byla ponechána pro další stanovení oxidační stability tuku. 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-diethyléter.

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 kyseliny octové.

4.2.6. Statistické metody

Na vyhodnocení výsledků byly použity statistické funkce Microsoft Office Excel 2007.

Na určení statistické významnosti byla použita Statistika 12 – Anova s interakcemi.

5. Výsledky

5.1. Sušina

Sušina v jedlém podílu zkoumaných vzorků byla stanovena třemi po sobě jdoucími měřeními na vahách s infrazáříčem.

5.1.1. Mandle

Výsledky měření sušiny u mandlí jsou uvedeny v tab. 1.

Tabulka 1 Sušina- mandle

Ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	90,85	1,29
4 KW	den 0	92,68	0,08
3 KW	den 0	92,96	0,37
2,4 KW	den 0	91,81	0,99
neošetřeno	3 měsíce	90,98	0,31
4 KW	3 měsíce	92,44	0,04
3 KW	3 měsíce	92,03	0,32
2,4 KW	3 měsíce	91,52	0,92
neošetřeno	6 měsíců	91,67	1,02
4 KW	6 měsíců	92,50	0,27
3 KW	6 měsíců	92,29	0,06
2,4 KW	6 měsíců	92,28	0,18

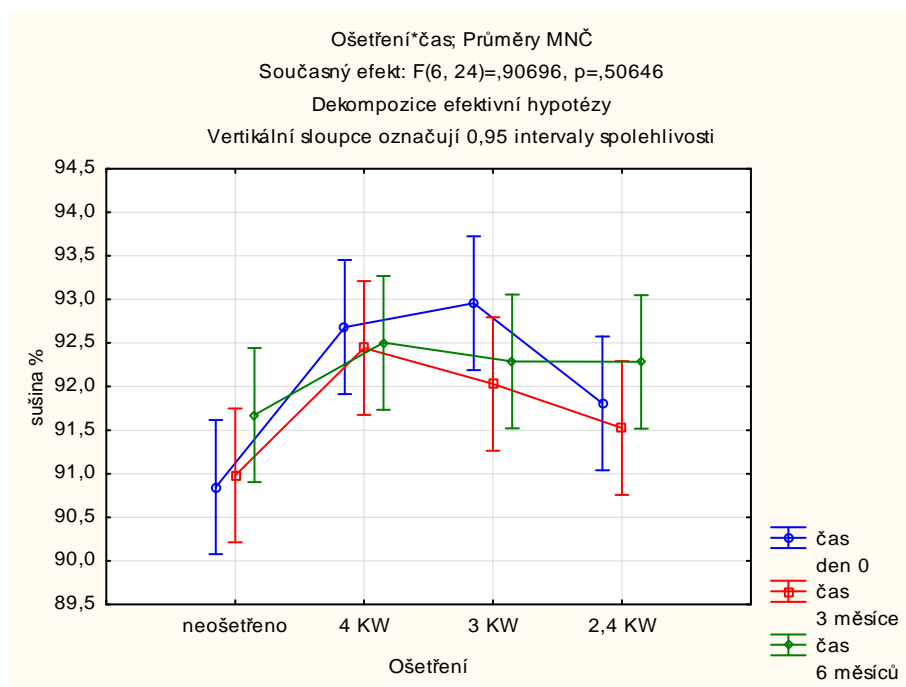
Vyjádření změn sušiny u mandlí na základě měření vyjádřených v tab. 1:

U mandlí je statisticky významný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,000478$.

Čas je u sušiny statisticky nevýznamný s hodnotou $p = 0,23641$.

Doba skladování s ošetřením nevykazují statisticky významný rozdíl při společném působení s hodnotou $p = 0,506460$.

Obr. 1 ukazuje změny sušiny mandlí a její vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 1 Sušina mandlí

5.1.2. Arašidy

Výsledky měření sušiny u arašídů jsou uvedeny v tab. 2.

Tabulka 2 sušina arašídů

ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	90,70	1,34
4 KW	den 0	93,33	0,14
4*2 KW	den 0	95,11	0,41
neošetřeno	3 měsíce	92,38	0,23
4 KW	3 měsíce	92,76	0,27
4*2 KW	3 měsíce	93,48	0,04
neošetřeno	6 měsíců	93,06	0,20
4 KW	6 měsíců	93,00	0,56
4*2 KW	6 měsíců	93,15	0,31

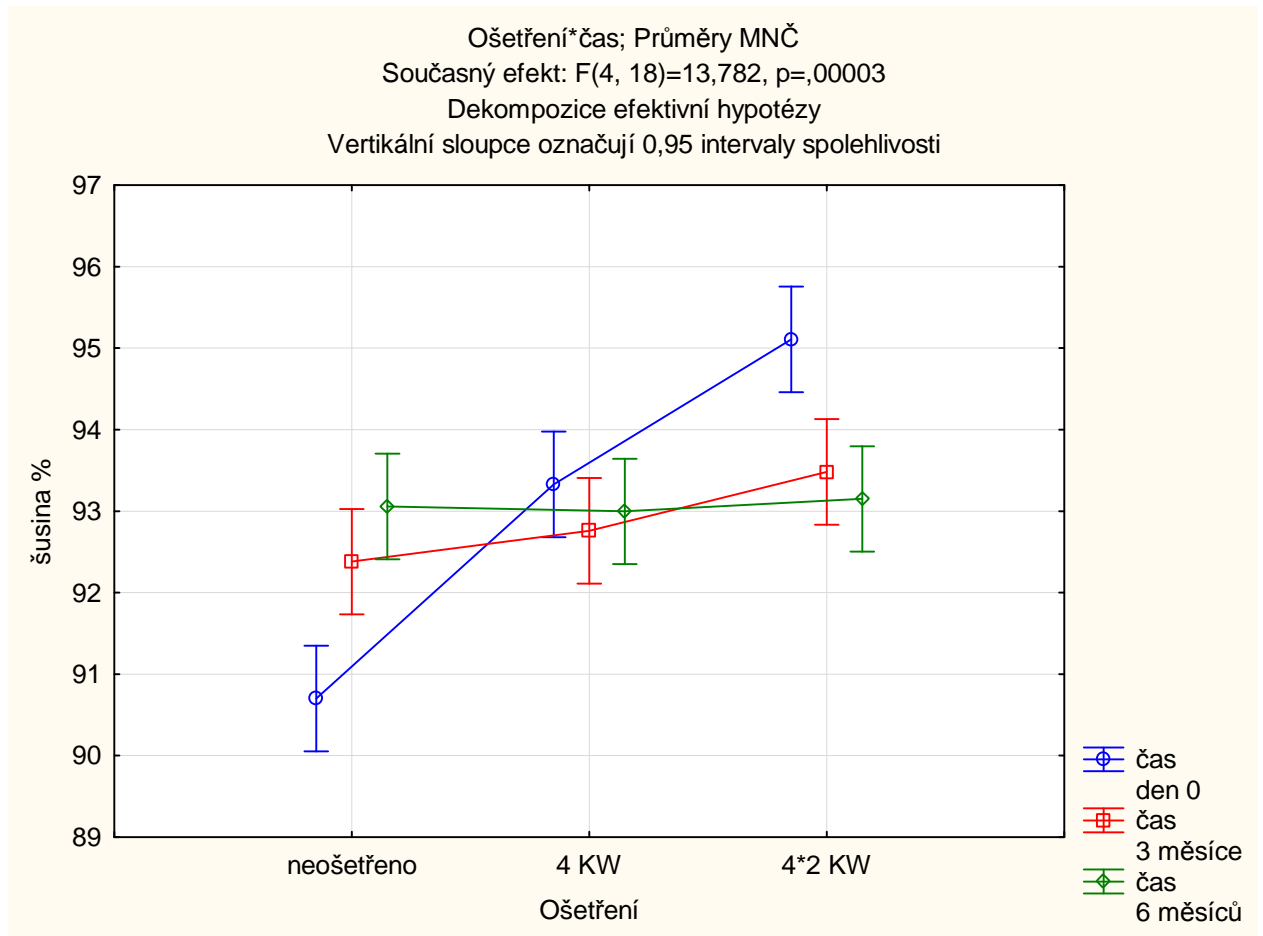
Vyjádření změn sušiny u mandlí na základě měření vyjádřených v tab. 2:

U arašídů je statisticky významný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,0000003$.

Čas je u sušiny statisticky nevýznamný s hodnotou $p = 0,705157$.

Doba skladování a ošetření při společném působení vykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,000026$.

Obr. 2 ukazuje změny sušiny arašídů a její vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 2 sušina arašídů

5.1.3. Pistácie

Výsledky měření sušiny u pistácie jsou uvedeny v tab. 3.

ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	87,75	0,97
3 KW	den 0	89,71	0,39
neošetřeno	3 měsíce	87,36	1,18
3 KW	3 měsíce	91,16	0,40
neošetřeno	6 měsíců	90,94	0,08
3 KW	6 měsíců	90,42	0,10

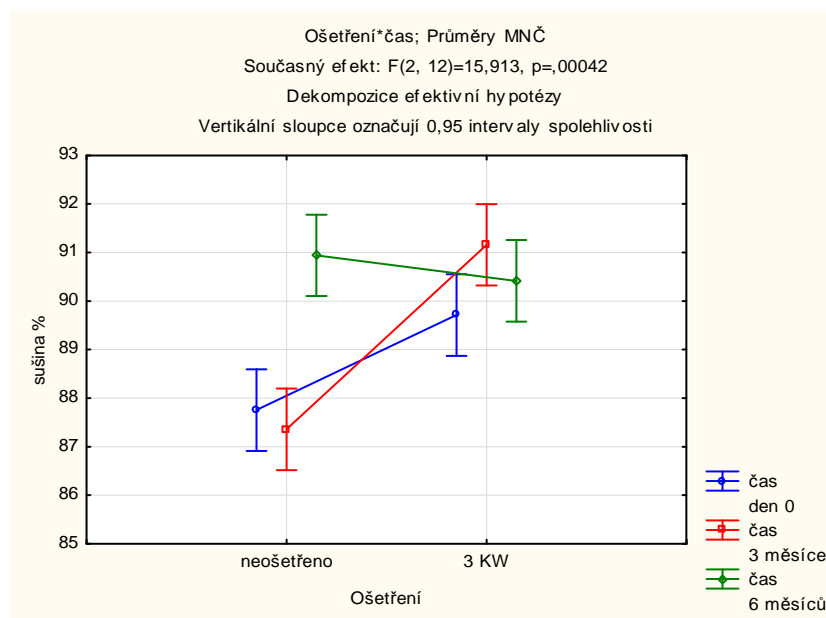
Vyjádření změn sušiny u pistácií na základě měření vyjádřených v tab.3 :

U pistácií je statisticky významný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,000124$.

Čas je u sušiny statisticky významný s hodnotou $p = 0,000805$.

Doba skladování a ošetření při společném působení vykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,000421$.

.Obr. 3 ukazuje změnu sušiny pistácií a její vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 3 sušina pistácií

5.1.4. Mák

Výsledky měření sušiny u máku jsou uvedeny v tab. 4.

ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	90,13	0,81
3 KW	den 0	91,88	0,25
neošetřeno	měsíc 3	90,36	0,18
3 KW	měsíc 3	90,70	0,30
neošetřeno	6 měsíců	91,94	0,05
3 KW	6 měsíců	91,05	0,08

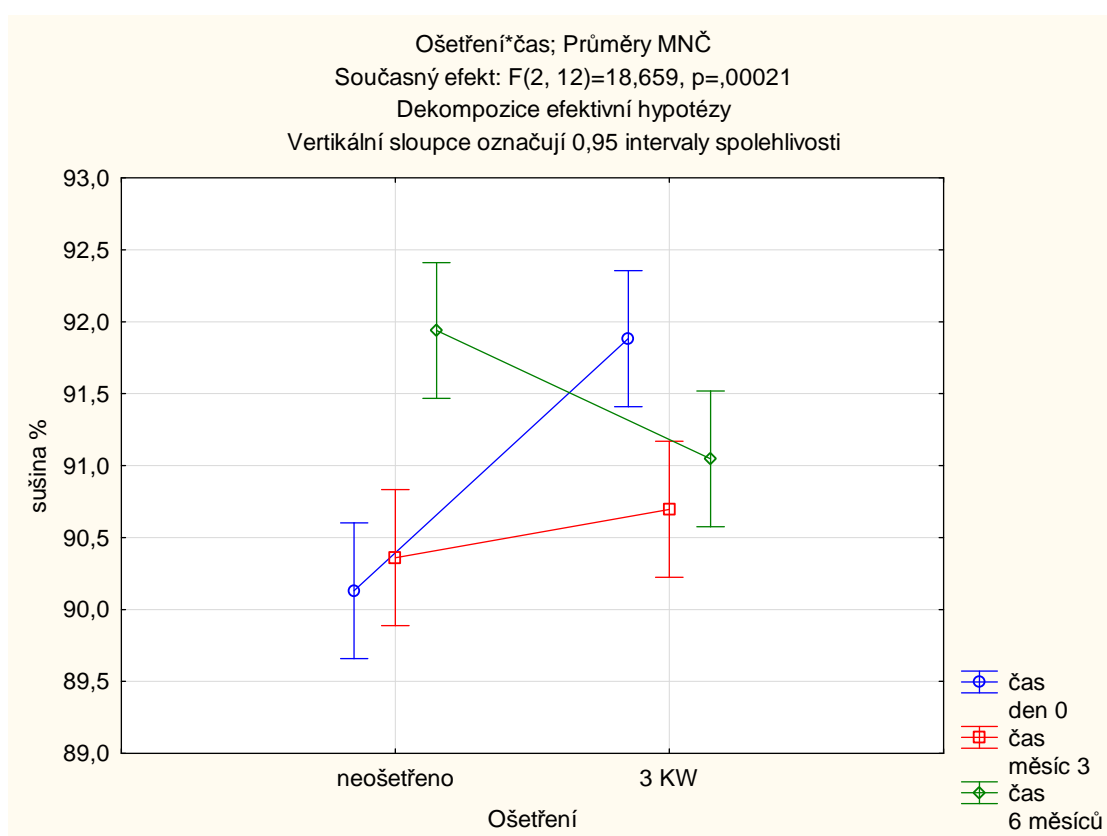
Vyjádření změn sušiny u máku na základě měření vyjádřených v tab. 4:

U máku je statisticky významný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,000478$.

Čas je u sušiny statisticky významný s hodnotou $p = 0,002881$.

Doba skladování a ošetření při společném působení vykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,000208$.

Obr. 4 ukazuje sušinu máku a její vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 4 sušina máku

5.2. Extrakce tuku

Extrakce tuku byla provedena z důvodu získání materiálu pro měření oxidační stability. Pro stanovení peroxidového čísla a čísla kyselosti bylo použito po dvou extrakcích. Pro získání srovnatelných dat byl použit hmotnostní zlomek tuku a hmotnosti vzorku. Průměr v jedlém podílu byl získán na základě těchto čtyř extrakcí.

5.2.1. Mandle

Výsledky měření množství tuku u mandlí jsou uvedeny v tab. 5.

ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	33,36424	3,472166
4 KW	den 0	38,50406	4,086254
3 KW	den 0	34,98832	4,192878
2,4 KW	den 0	35,24121	4,77079
neošetřeno	3 měsíce	29,59549	8,051815
4 KW	3 měsíce	25,75711	5,250543
3 KW	3 měsíce	33,08743	3,637007
2,4 KW	3 měsíce	32,90139	2,052417
neošetřeno	6 měsíců	34,06146	4,816573
4 KW	6 měsíců	29,12681	0,964689
3 KW	6 měsíců	24,06823	9,513526
2,4 KW	6 měsíců	29,57428	2,916344

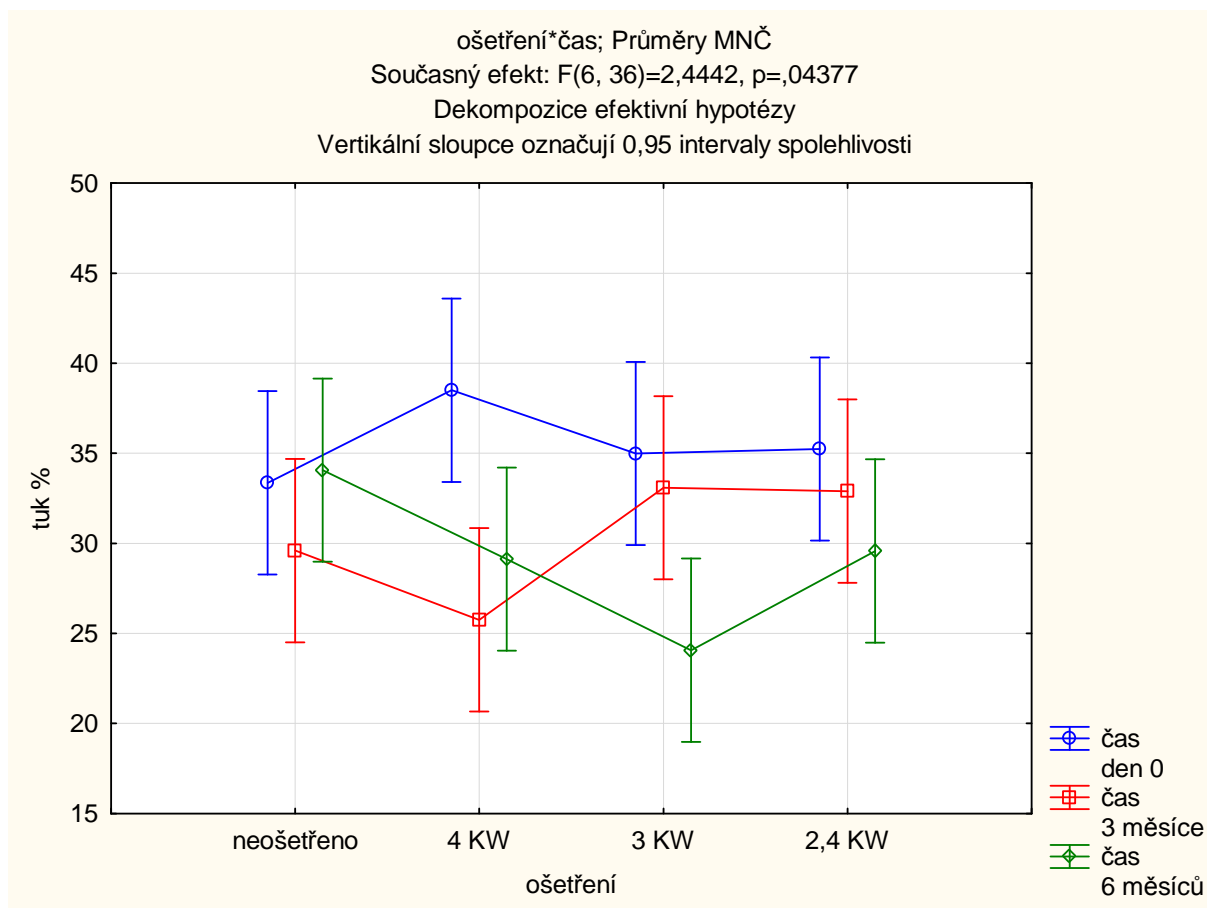
Vyjádření množství tuku u mandlí na základě měření vyjádřených v tab. 5:

U mandlí je statisticky nevýznamný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,759460$.

Čas je u tuku statisticky významný s hodnotou $p = 0,002319$.

Doba skladování a ošetření při společném působení vykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,043775$.

Obr. 5 ukazuje množství tuku u mandlí a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 5 tuk madlí

5.2.2. Arašídý

Výsledky měření množství tuku u arašídů jsou uvedeny v tab. 6

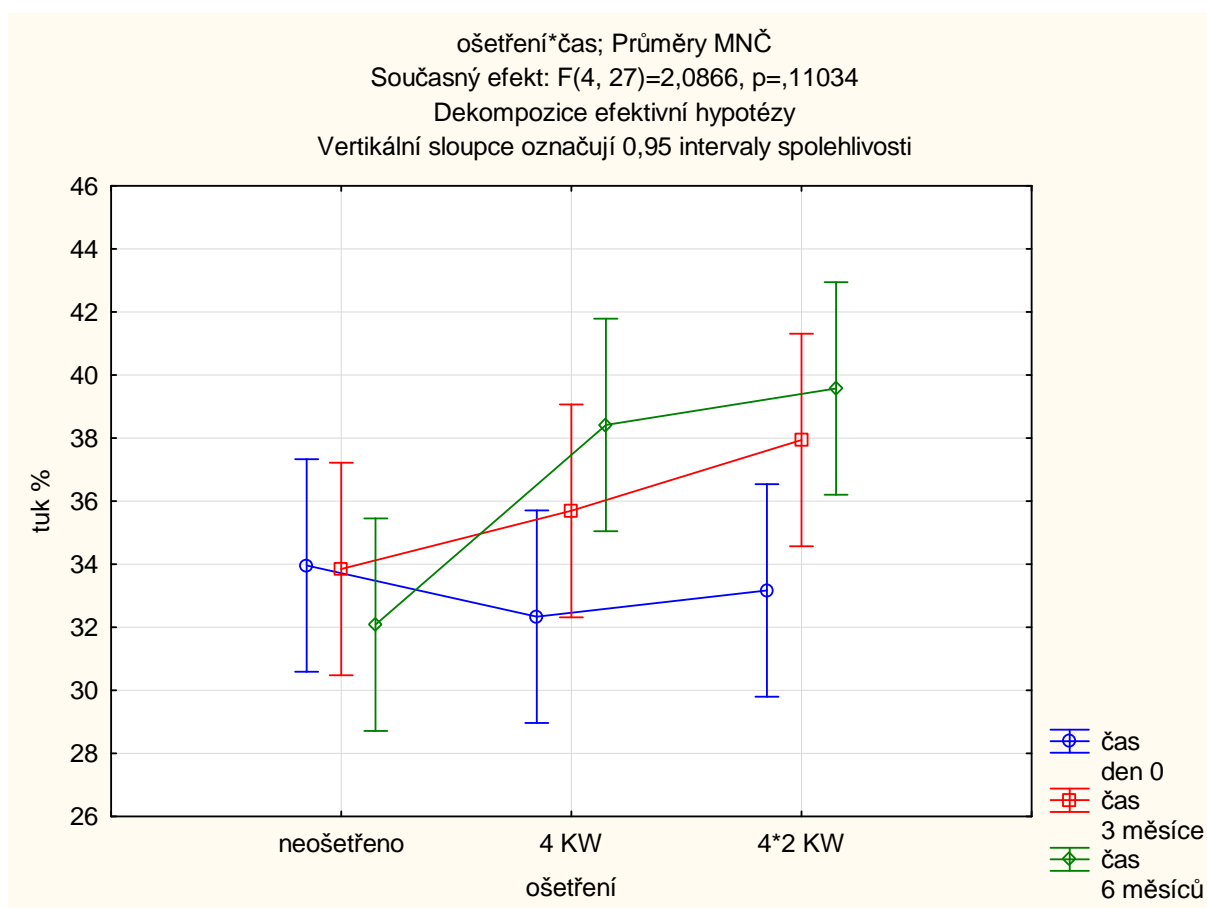
ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	33,95702	1,745729
4 KW	den 0	32,333	5,631496
4*2 KW	den 0	33,16498	5,731665
neošetřeno	3 měsíce	33,85143	1,858952
4 KW	3 měsíce	35,69329	2,730164
4*2 KW	3 měsíce	37,94061	1,854369
neošetřeno	6 měsíců	32,07935	2,943592
4 KW	6 měsíců	38,41353	1,229258
4*2 KW	6 měsíců	39,57327	2,25813

Vyjádření množství tuku u arašídů na základě měření vyjádřených v tab. 6:

U arašídů je statisticky významný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,039602$.
Čas je u tuku statisticky významný s hodnotou $p = 0,035719$.

Doba skladování a ošetření při společném působení nevykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,110338$.

Obr. 6 ukazuje množství tuku arašídů a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 6 tuk arašídů

5.2.3. pistácie

Výsledky měření množství tuku u pistácií jsou uvedeny v tab. 7

ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	30,83706	2,923319
3 KW	den 0	31,25597	2,632715
neošetřeno	3 měsíce	32,37112	2,680584
3 KW	3 měsíce	33,22457	3,249495
neošetřeno	6 měsíců	30,42746	1,547009
3 KW	6 měsíců	31,11899	1,339444

Na rozdíl od ostatních zkoumaných tuků, měl tento jasně žluto-zelenou barvu.

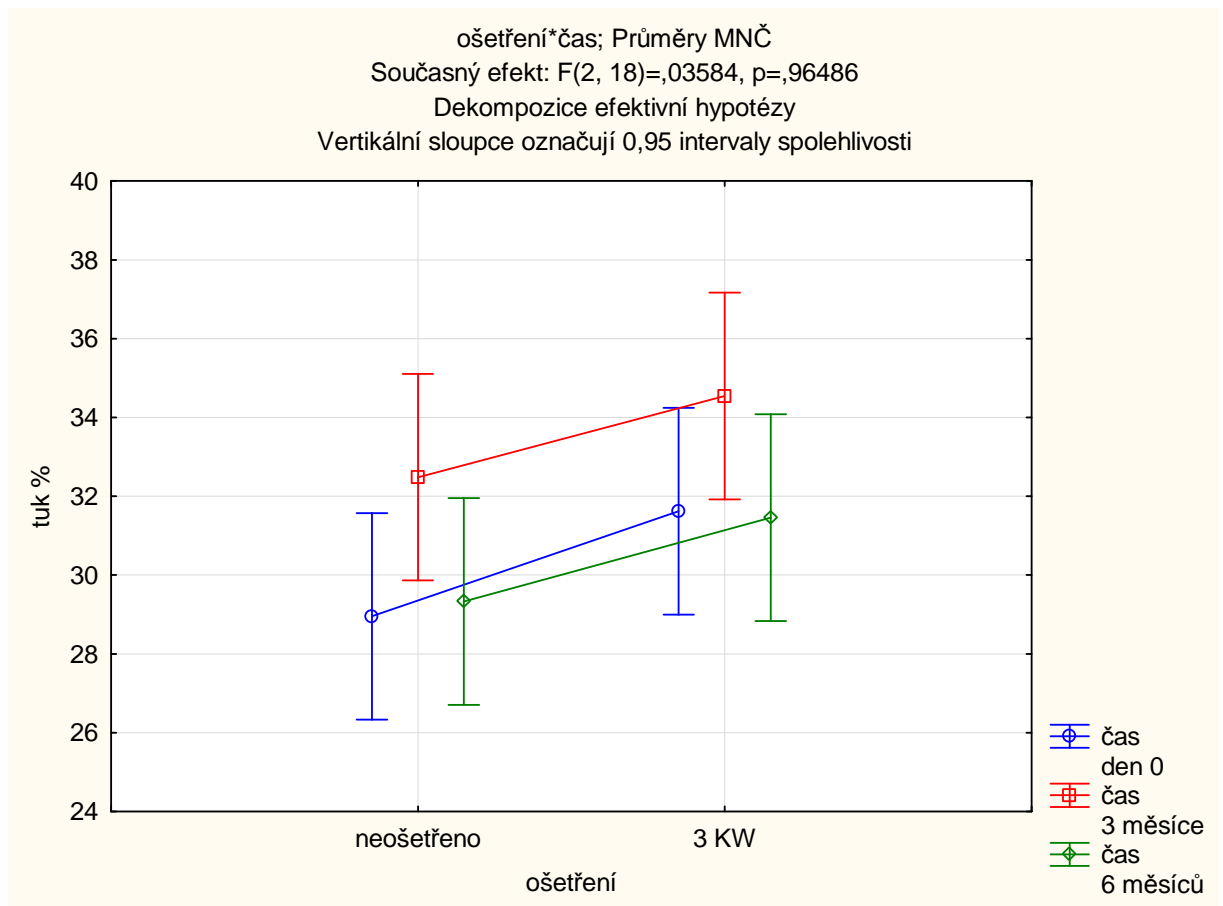
Vyjádření množství tuku u pistácií na základě měření vyjádřených v tab. 7:

U pistácie je statisticky významný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,029480$.

Čas je u tuku statisticky významný s hodnotou $p = 0,035719$.

Doba skladování a ošetření při společném působení nevykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,964862$.

Obr. 7 ukazuje množství tuku pistácií a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 7 tuk pistácie

5.2.4. Mák

Výsledky měření množství tuku u máku jsou uvedeny v tab. 8

ošetření	čas	průměr %	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	3,669017	1,376065
3 KW	den 0	2,958214	2,725382
neošetřeno	3 měsíce	2,528296	1,413586
3 KW	3 měsíce	4,183109	3,739424
neošetřeno	6 měsíců	1,356118	0,181412
3 KW	6 měsíců	1,704707	0,1146

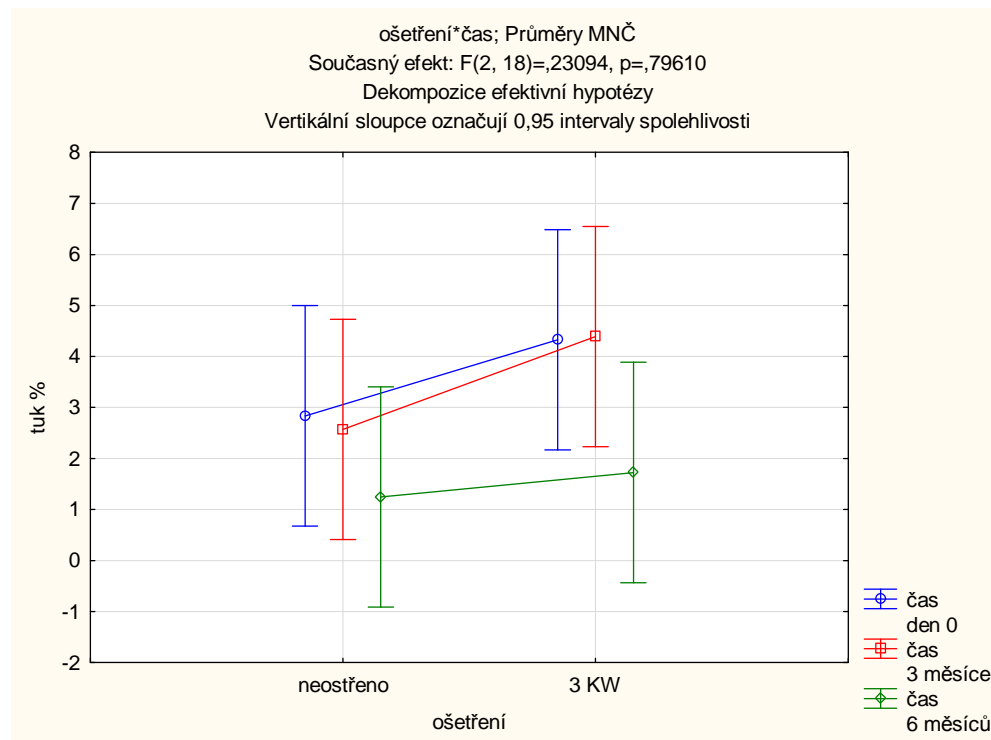
Vyjádření množství tuku u máku na základě měření vyjádřených v tab. 8:

U máku je statisticky nevýznamný rozdíl v ošetření, hodnota $p = 0,149438$.

Čas je u tuku statisticky nevýznamný s hodnotou $p = 0,098610$.

Doba skladování a ošetření při společném působení nevykazují statisticky významný rozdíl s hodnotou $p = 0,796099$.

Obr. 8 ukazuje množství tuku u máku a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 8 tuk mák

5.3. Číslo kyselosti v tuku

Číslo kyselosti udává množství mg NaOH potřebného na neutralizaci 1 gramu tuku. Číslo kyselosti je tvořeno především volnými mastnými kyselinami. V práci jsou uvedené naměřené hodnoty a jejich průměr. Pro statistické zpracování, byl vzat průměr jako třetí hodnota. Hodnoty jsou uváděny na 1 gram vyextrahovaného tuku.

5.3.1. Mandle

Výsledky měření čísla kyselosti u mandlí jsou uvedeny v tab. 9

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,0910	0,0868	0,0889	0,0029
4 KW	den 0	0,1271	0,1144	0,1208	0,0090
3 KW	den 0	0,1429	0,1143	0,1286	0,0203
2,4 KW	den 0	0,1600	0,1501	0,1550	0,0070
neošetřeno	3 měsíce	0,1142	0,1079	0,1111	0,0045
4 KW	3 měsíce	0,1028	0,1127	0,1078	0,0070
3 KW	3 měsíce	0,1494	0,1276	0,1385	0,0154
2,4 KW	3 měsíce	0,1332	0,1276	0,1304	0,0040
neošetřeno	6 měsíců	0,2686	0,2215	0,2450	0,0333
4 KW	6 měsíců	0,2695	0,2711	0,2703	0,0011
3 KW	6 měsíců	0,2715	0,3152	0,2933	0,0309
2,4 KW	6 měsíců	0,2717	0,2748	0,2732	0,0022

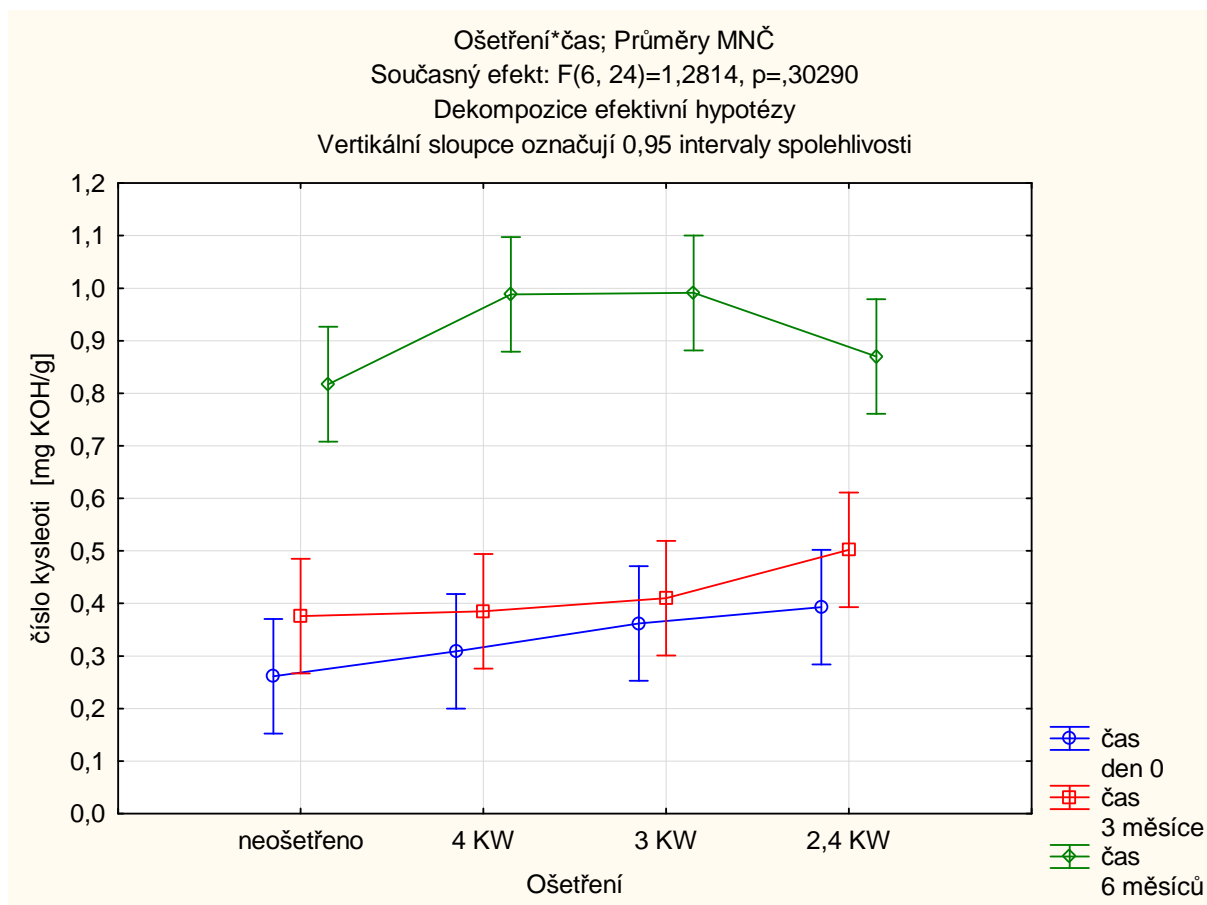
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 9

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,000005$

Obr. 9 ukazuje číslo kyselosti u mandlí a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 9 číslo kyselosti v tuku madle

5.3.2. Arašídý

Výsledky měření čísla kyselosti u arašídů jsou uvedeny v tab. 10

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,0991	0,1117	0,1054	0,0089
4 KW	den 0	0,1260	0,1281	0,1271	0,0015
4*2 KW	den 0	0,1952	0,2100	0,2026	0,0105
neošetřeno	3 měsíce	0,1330	0,1315	0,1323	0,0011
4 KW	3 měsíce	0,1735	0,1730	0,1733	0,0004
4*2 KW	3 měsíce	0,3439	0,3227	0,3333	0,0150
neošetřeno	6 měsíců	0,3205	0,3123	0,3164	0,0058
4 KW	6 měsíců	0,3334	0,3309	0,3322	0,0018
4*2 KW	6 měsíců	0,3675	0,3610	0,3642	0,0046

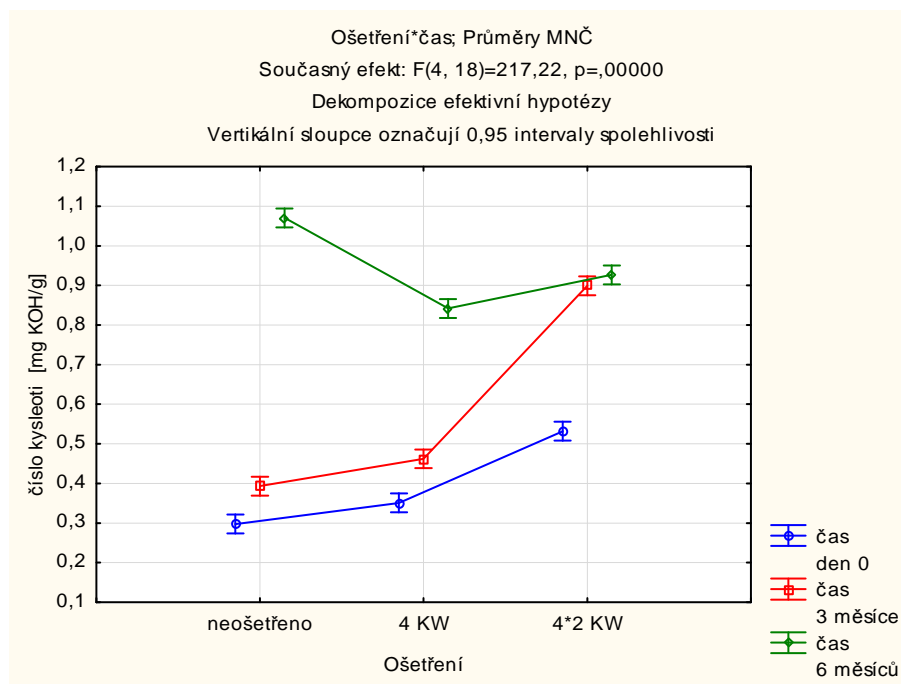
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 10

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Obr. 10 ukazuje číslo kyselosti u arašídů a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 10 číslo kyselosti v tuku arašídů

5.3.3. Pistácie

Výsledky měření čísla kyselosti u pistácií jsou uvedeny v tab. 11

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,2941	0,2982	0,2962	0,0029
3 KW	den 0	1,1694	1,1103	1,1398	0,0418
neošetřeno	3 měsíce	0,5702	0,6847	0,6275	0,0810
3 KW	3 měsíce	0,6013	0,7045	0,6529	0,0730
neošetřeno	6 měsíců	0,7905	1,0339	0,9122	0,1721
3 KW	6 měsíců	0,8069	0,8126	0,8097	0,0040

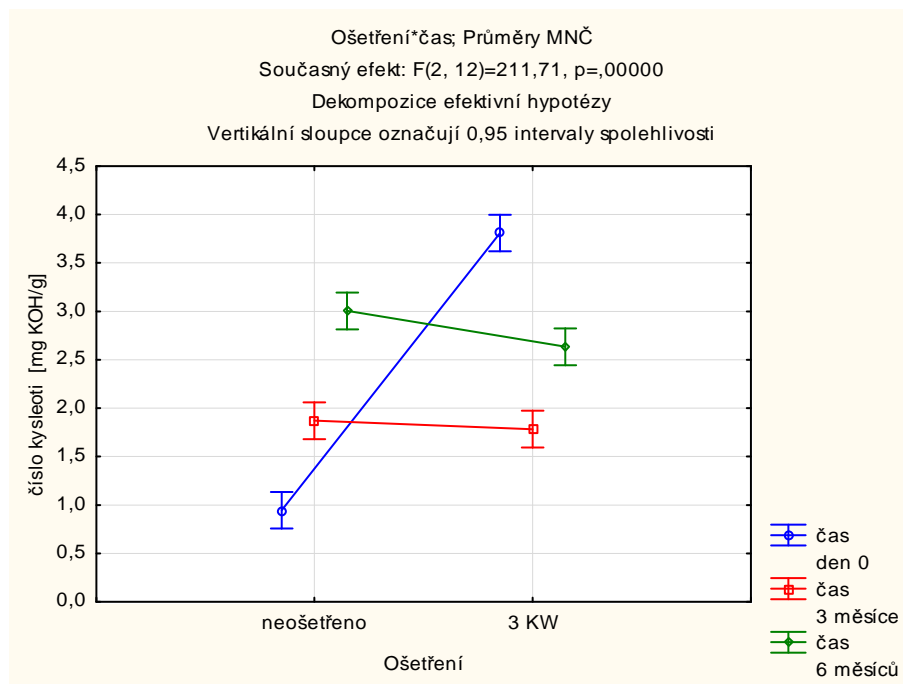
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 11

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Obr. 11 ukazuje číslo kyselosti u pistácií a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 11 číslo kyselosti v tuku pistácie

5.3.4. Mák

Výsledky měření čísla kyselosti u máku jsou uvedeny v tab. 12

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,1080	0,1085	0,1083	0,0003
3 KW	den 0	0,1938	0,1945	0,1942	0,0005
neošetřeno	3 měsíce	0,2205	0,2135	0,2170	0,0049
3 KW	3 měsíce	0,3127	0,3118	0,3123	0,0006
neošetřeno	6 měsíců	0,4827	0,4368	0,4597	0,0325
3 KW	6 měsíců	0,4244	0,4642	0,4443	0,0281

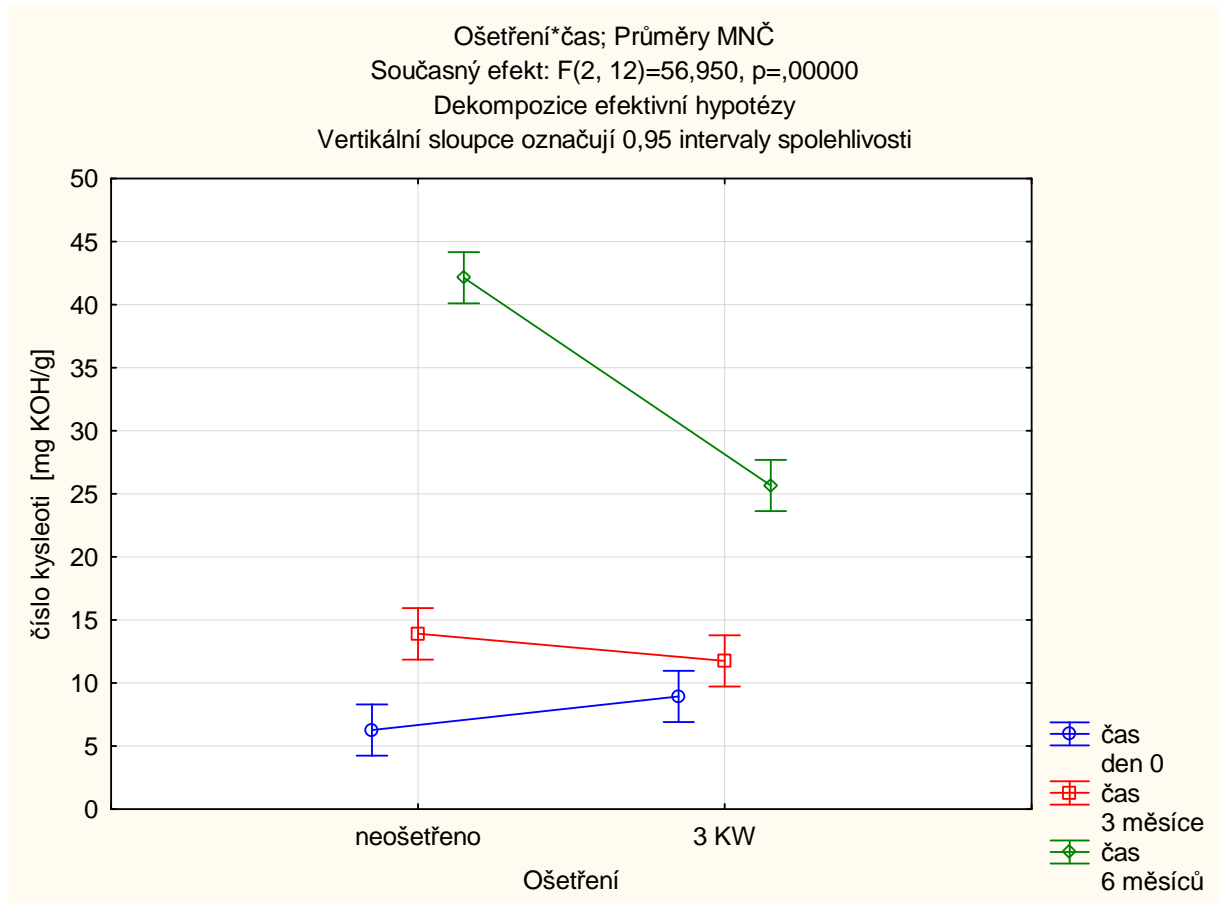
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 12

Ošetření má statisticky významný vliv $p = 0,006855$

Čas má statisticky významný vliv $p = 0,000008$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,002541$

Obr. 12 ukazuje číslo kyselosti u máku a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 12 číslo kyselosti v tuku máku

5.4. Číslo kyselosti ve vzorku

Číslo kyselosti udává množství mg NaOH potřebného na neutralizaci 1 gramu vzorku. Číslo kyselosti je tvořeno především volnými mastnými kyselinami. V práci jsou uvedené naměřené hodnoty a jejich průměr. Pro statistické zpracování, byl vzat průměr jako třetí hodnota. Všechny hodnoty jsou vztaženy na jedlý podíl. Z důvodu nevyextrahování veškerého tuku vztahujeme číslo kyselosti k vzorku.

5.4.1. Mandle

Výsledky měření čísla kyselosti u mandlí jsou uvedeny v tab. 13

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,0910	0,0868	0,0889	0,0029
4 KW	den 0	0,1271	0,1144	0,1208	0,0090
3 KW	den 0	0,1429	0,1143	0,1286	0,0203
2,4 KW	den 0	0,1600	0,1501	0,1550	0,0070
neošetřeno	3 měsíce	0,1142	0,1079	0,1111	0,0045
4 KW	3 měsíce	0,1028	0,1127	0,1078	0,0070
3 KW	3 měsíce	0,1494	0,1276	0,1385	0,0154
2,4 KW	3 měsíce	0,1332	0,1276	0,1304	0,0040
neostřeno	6 měsíce	0,2686	0,2215	0,2450	0,0333
4 KW	6 měsíce	0,2695	0,2711	0,2703	0,0011
3 KW	6 měsíce	0,2715	0,3152	0,2933	0,0309
2,4 KW	6 měsíce	0,2717	0,2748	0,2732	0,0022

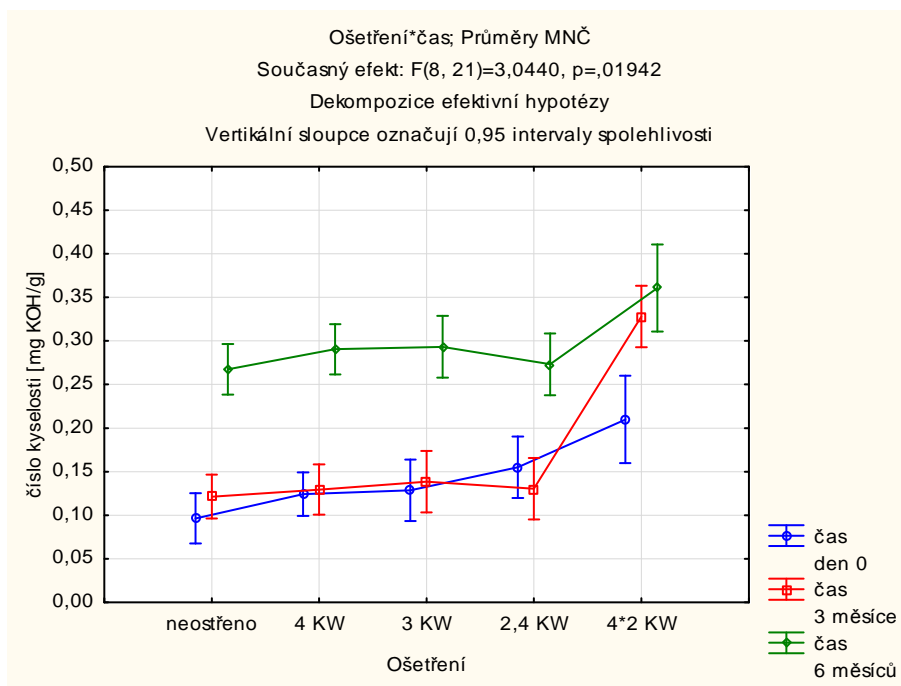
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 13

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,005182$

Obr. 13 ukazuje číslo kyselosti u mandlí a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 13 číslo kyselosti mandlí

5.4.2. Arašidy

Výsledky měření čísla kyselosti u arašidu jsou uvedeny v tab. 14

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,0991	0,1117	0,1054	0,0089
4 KW	den 0	0,1260	0,1281	0,1271	0,0015
4*2 KW	den 0	0,1952	0,2100	0,2026	0,0105
neošetřeno	3 měsíce	0,1330	0,1315	0,1323	0,0011
4 KW	3 měsíce	0,1735	0,1730	0,1733	0,0004
4*2 KW	3 měsíce	0,3439	0,3227	0,3333	0,0150
neošetřeno	6 měsíců	0,3205	0,3123	0,3164	0,0058
4 KW	6 měsíců	0,3334	0,3309	0,3322	0,0018
4*2 KW	6 měsíců	0,3675	0,3610	0,3642	0,0046

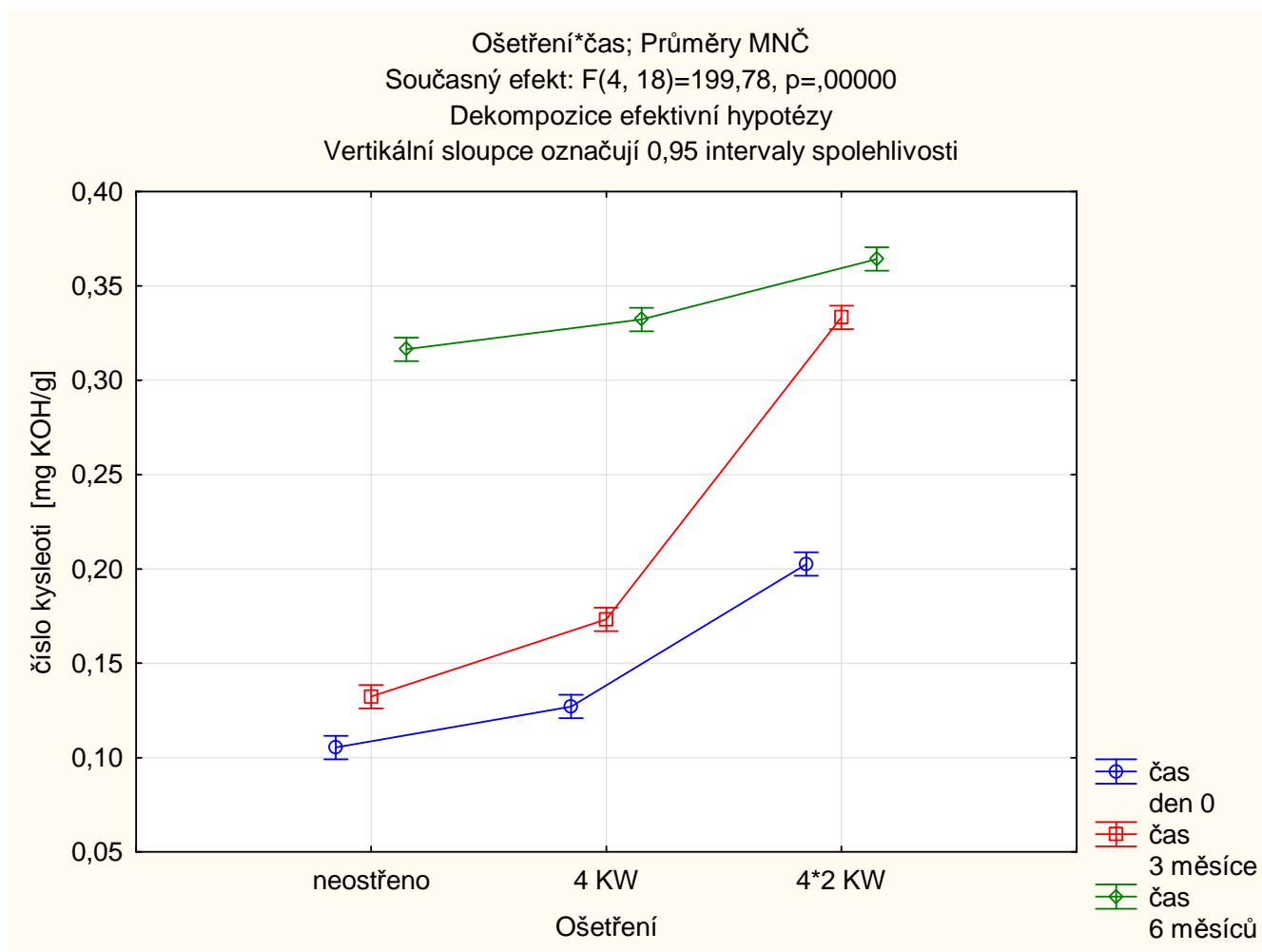
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 14

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Obr. 14 ukazuje číslo kyselosti u arašídů a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 14 číslo kyselosti arašídů

5.4.3. Pistácie

Výsledky měření čísla kyselosti u pistácií jsou uvedeny v tab. 15

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,2941	0,2982	0,2962	0,0029
3 KW	den 0	1,1694	1,1103	1,1398	0,0418
neošetřeno	3 měsíce	0,5702	0,6847	0,6275	0,0810
3 KW	3 měsíce	0,6013	0,7045	0,6529	0,0730
neošetřeno	6 měsíců	0,7905	1,0339	0,9122	0,1721
3 KW	6 měsíců	0,8069	0,8126	0,8097	0,0040

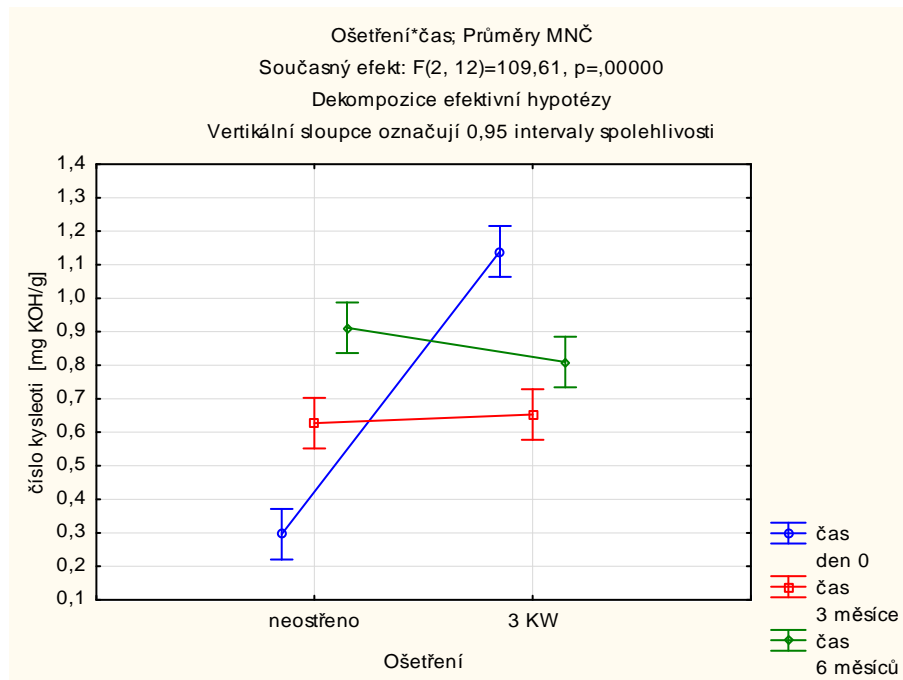
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 15

Ošetření má statisticky významný vliv $p = 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p = 0,000124$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Obr. 15 ukazuje číslo kyselosti u pistácií a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 15 číslo kyselosti pistacie

5.4.4. Mák

Výsledky měření čísla kyselosti u máku jsou uvedeny v tab. 16

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	0,1080	0,1085	0,1083	0,0003
3 KW	den 0	0,1938	0,1945	0,1942	0,0005
neošetřeno	3 měsíce	0,2205	0,2135	0,2170	0,0049
3 KW	3 měsíce	0,3127	0,3118	0,3123	0,0006
neošetřeno	6 měsíců	0,4827	0,4368	0,4597	0,0325
3 KW	6 měsíců	0,4244	0,4642	0,4443	0,0281

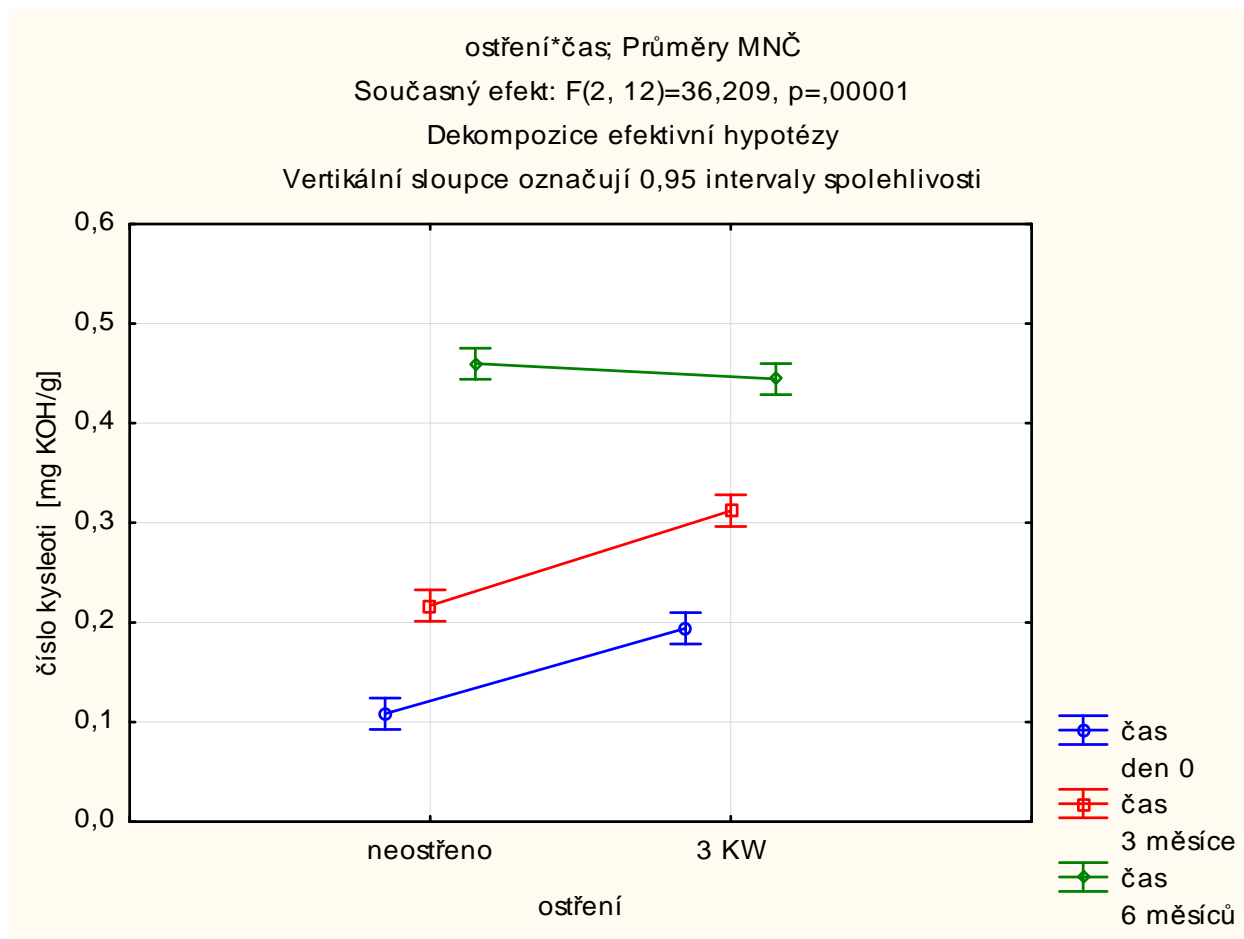
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 16

Ošetření má statisticky významný vliv $p = 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,000008$

Obr. 16 ukazuje číslo kyselosti u máku a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 16 číslo kyselosti máku

5.5. Peroxidové číslo v tuku

Peroxidové číslo udává množství primárních produktů oxidace jako množství hydroperoxidů v tuku. V práci jsou uvedené naměřené hodnoty a jejich průměr. Pro statistické zpracování, byl vzat průměr jako třetí hodnota. Všechny hodnoty jsou vztaženy na jedlý podíl.

5.5.1. Mandle

Výsledky měření peroxidového čísla u mandlí jsou uvedeny v tab. 17

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	26,3184	22,5363	24,4273	2,6743
4 KW	den 0	8,9901	7,8666	8,4283	0,7945
3 KW	den 0	21,5285	21,1149	21,3217	0,2925
2,4 KW	den 0	9,5828	9,1086	9,3457	0,3353
neošetřeno	3 měsíce	17,4474	10,8354	14,1414	4,6754
4 KW	3 měsíce	18,7952	7,8244	13,3098	7,7575
3 KW	3 měsíce	9,6388	12,4926	11,0657	2,0179
2,4 KW	3 měsíce	11,6201	11,0954	11,3578	0,3711
neošetřeno	6 měsíců	8,3232	9,2250	8,7741	0,6377
4 KW	6 měsíců	24,5534	24,2767	24,4151	0,1957
3 KW	6 měsíců	33,6000	13,0273	23,3137	14,5471
2,4 KW	6 měsíců	12,7492	24,4809	18,6151	8,2956

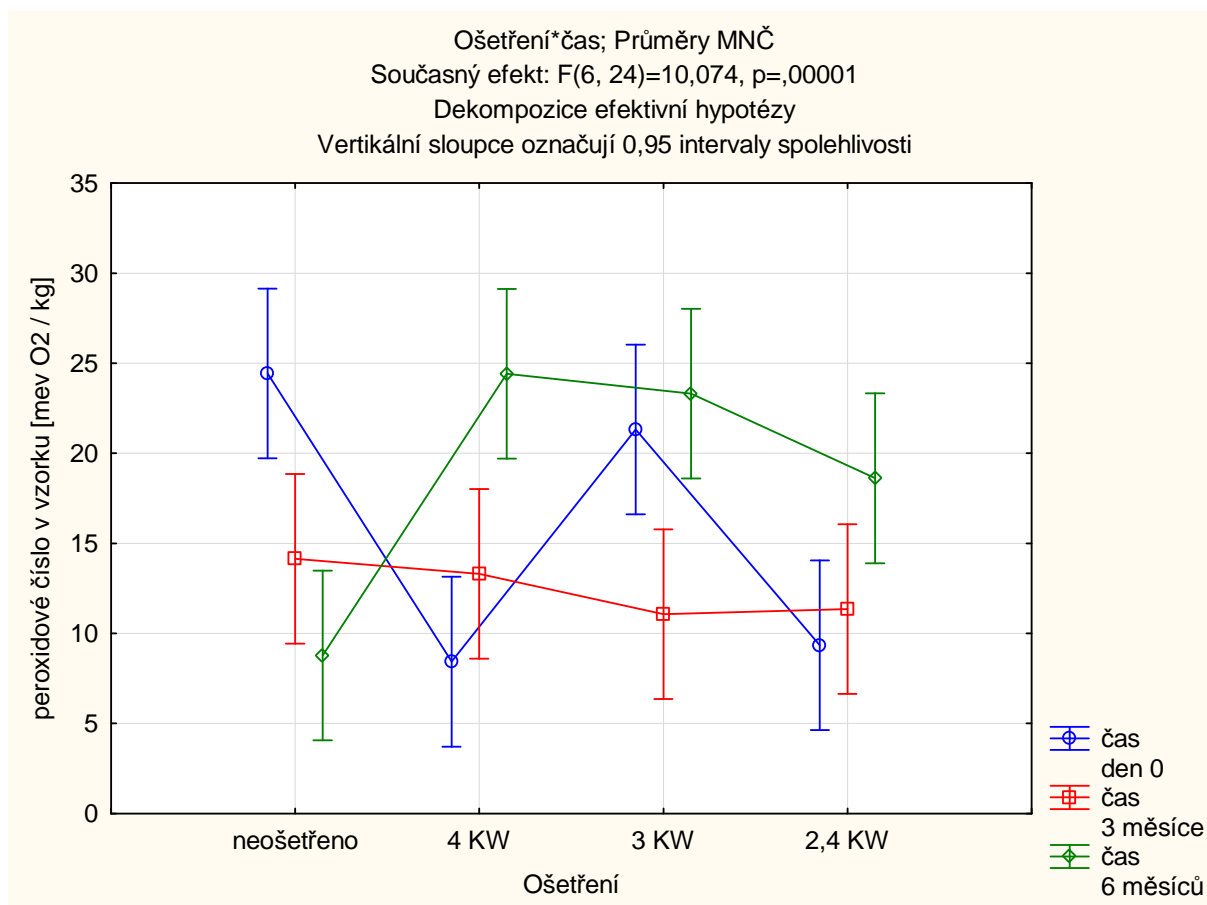
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 17

Ošetření nemá statisticky významný vliv $p = 0,056337$

Čas má statisticky významný vliv $p = 0,002672$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,000014$

Obr. 17 ukazuje peroxidového čísla u mandlí a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 17 peroxidové číslo v tuku mandlí

5.5.2. Arašidy

Výsledky měření peroxidového čísla u arašídů jsou uvedeny v tab. 18

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	9,1766	9,0984	9,1375	0,0553
4 KW	den 0	20,8055	25,7533	23,2794	3,4986
4*2 KW	den 0	58,7219	64,3842	61,5531	4,0038
neošetřeno	3 měsíce	12,0283	11,3030	11,6656	0,5129
4 KW	3 měsíce	18,1203	18,0229	18,0716	0,0689
4*2 KW	3 měsíce	64,4884	64,3135	64,4009	0,1237
neošetřeno	6 měsíců	9,8430	9,4401	9,6416	0,2849
4 KW	6 měsíců	46,6284	52,8116	49,7200	4,3722
4*2 KW	6 měsíců	75,0723	76,9714	76,0219	1,3429

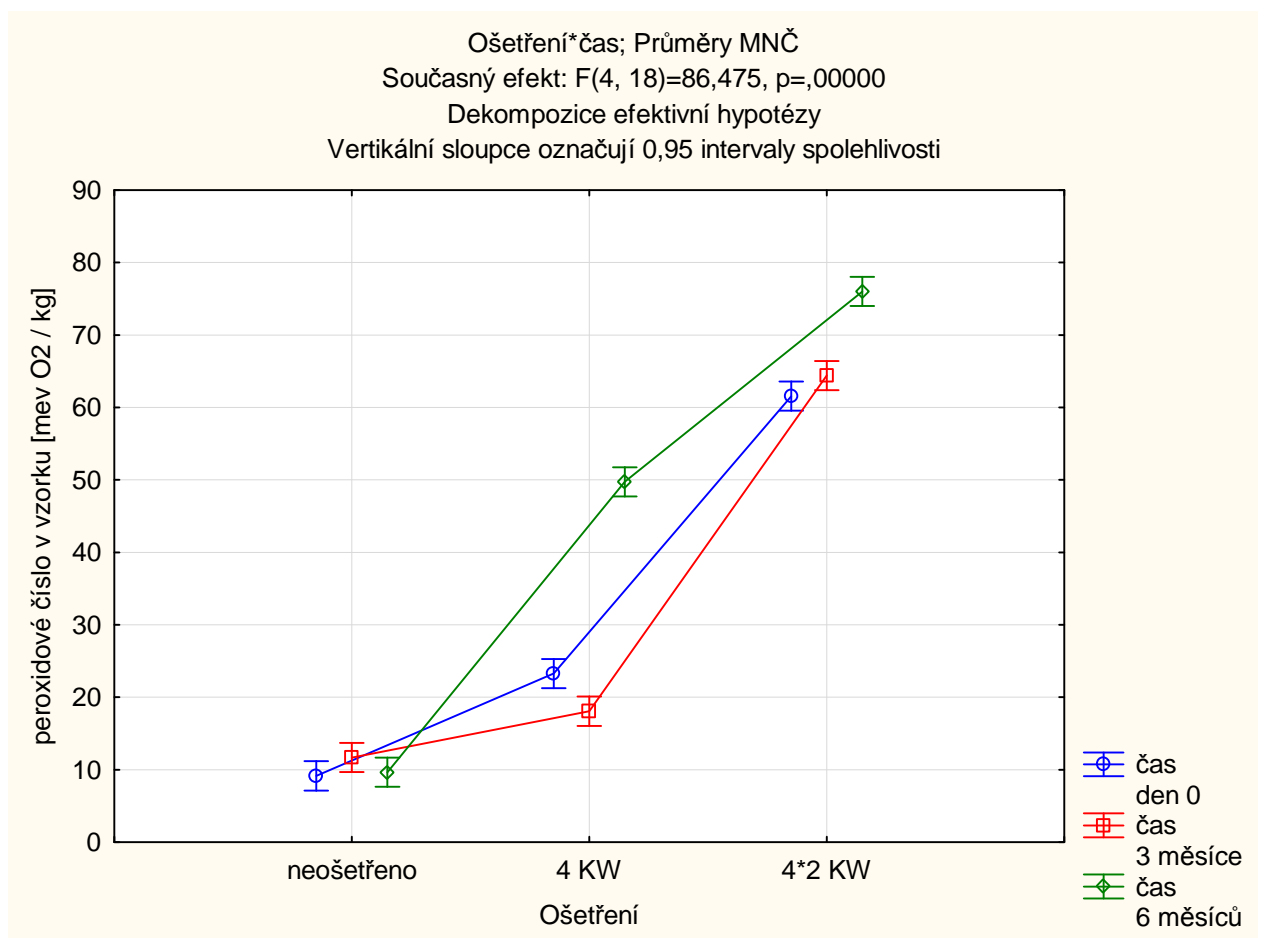
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 18

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Obr. 18 ukazuje peroxidového čísla u arašídů a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 18 peroxidové číslo v tuku arašídů.

5.5.3. Pistácie

Výsledky měření peroxidového čísla u pistácií jsou uvedeny v tab. 19

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	34,0741	32,3881	33,2311	1,1922
3 KW	den 0	58,5641	60,6407	59,6024	1,4683
neošetřeno	3 měsíce	28,3054	34,9125	31,6090	4,6720
3 KW	3 měsíce	36,3901	37,7330	37,0616	0,9496
neošetřeno	6 měsíců	63,6364	45,3678	54,5021	12,9179
3 KW	6 měsíců	61,5707	60,6315	61,1011	0,6641

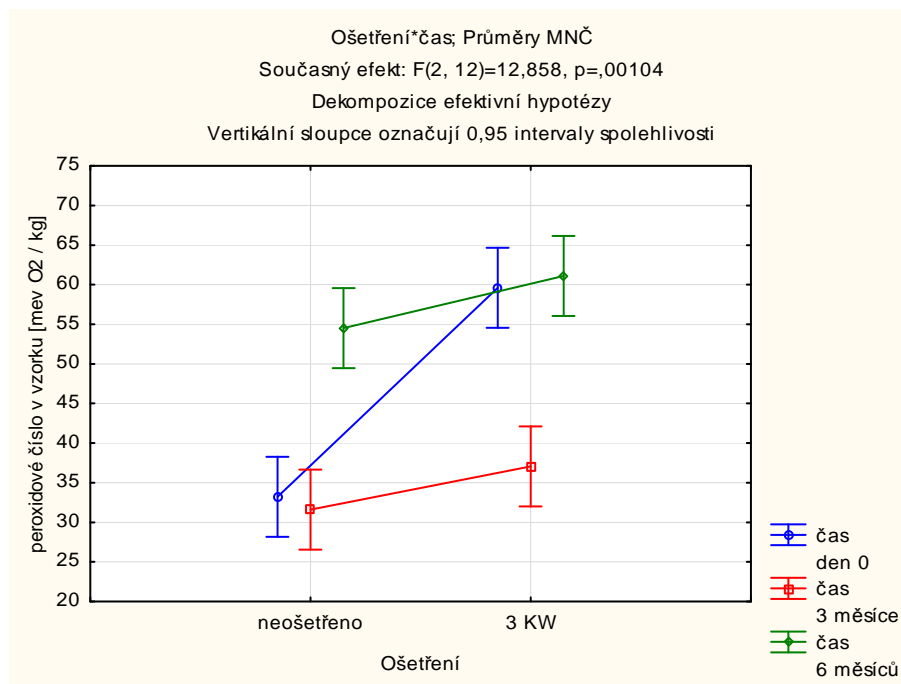
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 19

Ošetření má statisticky významný vliv $p = 0,000020$

Čas má statisticky významný vliv $p = 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,001037$

Obr. 19 ukazuje peroxidového čísla u pistácií a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 19 peroxidové číslo v tuku pistácií

5.5.4. Mák

Výsledky měření peroxidového čísla u máku jsou uvedeny v tab. 20

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	265,5771	336,1779	300,8775	49,9223
3 KW	den 0	214,0788	298,3887	256,2338	59,6161
neošetřeno	3 měsíce	153,6098	84,0689	118,8394	49,1728
3 KW	3 měsíce	173,3102	40,1445	106,7274	94,1624
neošetřeno	6 měsíců	1340,7356	1349,0364	1344,8860	5,8696
3 KW	6 měsíců	1032,0513	1195,6390	1113,8452	115,6740

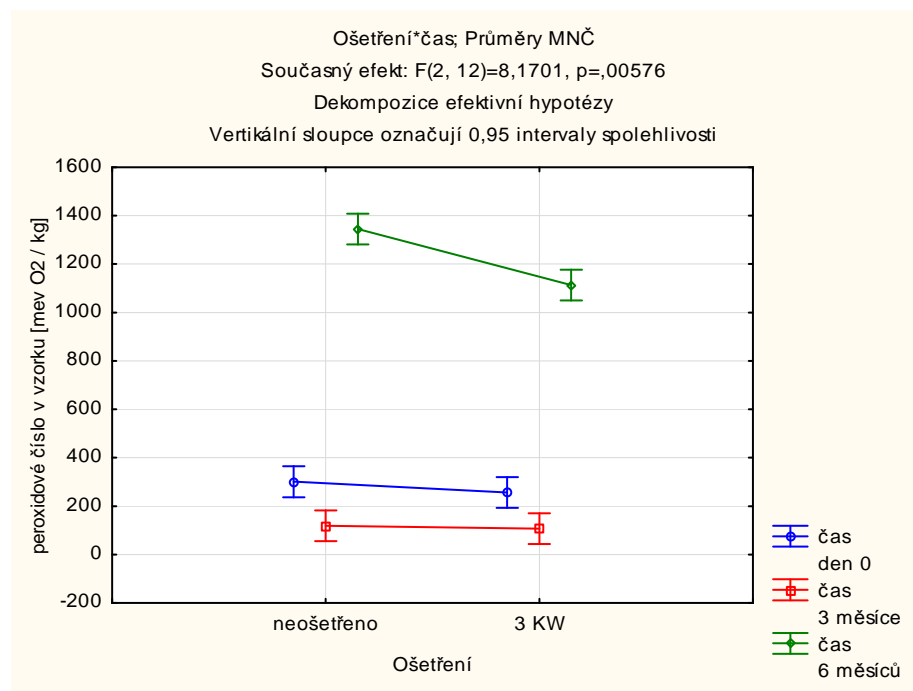
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 20

Ošetření má statisticky významný vliv $p = 0,001698$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,005763$

Obr. 20 ukazuje peroxidového čísla u máku a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 20 peroxidové číslo v tuku máku

5.6. Peroxidové číslo ve vzorku

Peroxidové číslo udává množství primárních produktů oxidace jako množství hydroperoxidů v tuku. V práci jsou uvedené naměřené hodnoty a jejich průměr. Pro statistické zpracování, byl vzat průměr jako třetí hodnota. Všechny hodnoty jsou vztaženy na jedlý podíl. Z důvodu nevyextrahování veškerého tuku vztahujeme číslo kyselosti k vzorku.

5.6.1. Mandle

Výsledky měření peroxidového čísla u mandlí jsou uvedeny v tab. 21

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	7,9843	6,9328	7,4585	0,7435
4 KW	den 0	2,9962	2,9604	2,9783	0,0254
3 KW	den 0	6,9692	6,9111	6,9402	0,0411
2,4 KW	den 0	2,9409	2,9293	2,9351	0,0082
neošetřeno	3 měsíce	3,7956	3,7565	3,7761	0,0277
4 KW	3 měsíce	3,7701	1,8471	2,8086	1,3598
3 KW	3 měsíce	3,6500	3,6875	3,6688	0,0265
2,4 KW	3 měsíce	3,5026	3,6109	3,5568	0,0766
neošetřeno	6 měsíců	3,3009	2,8680	3,0845	0,3061
4 KW	6 měsíců	7,4526	7,1457	7,2992	0,2170
3 KW	6 měsíců	3,3535	4,0262	3,6899	0,4757
2,4 KW	6 měsíců	3,6230	6,3610	4,9920	1,9361

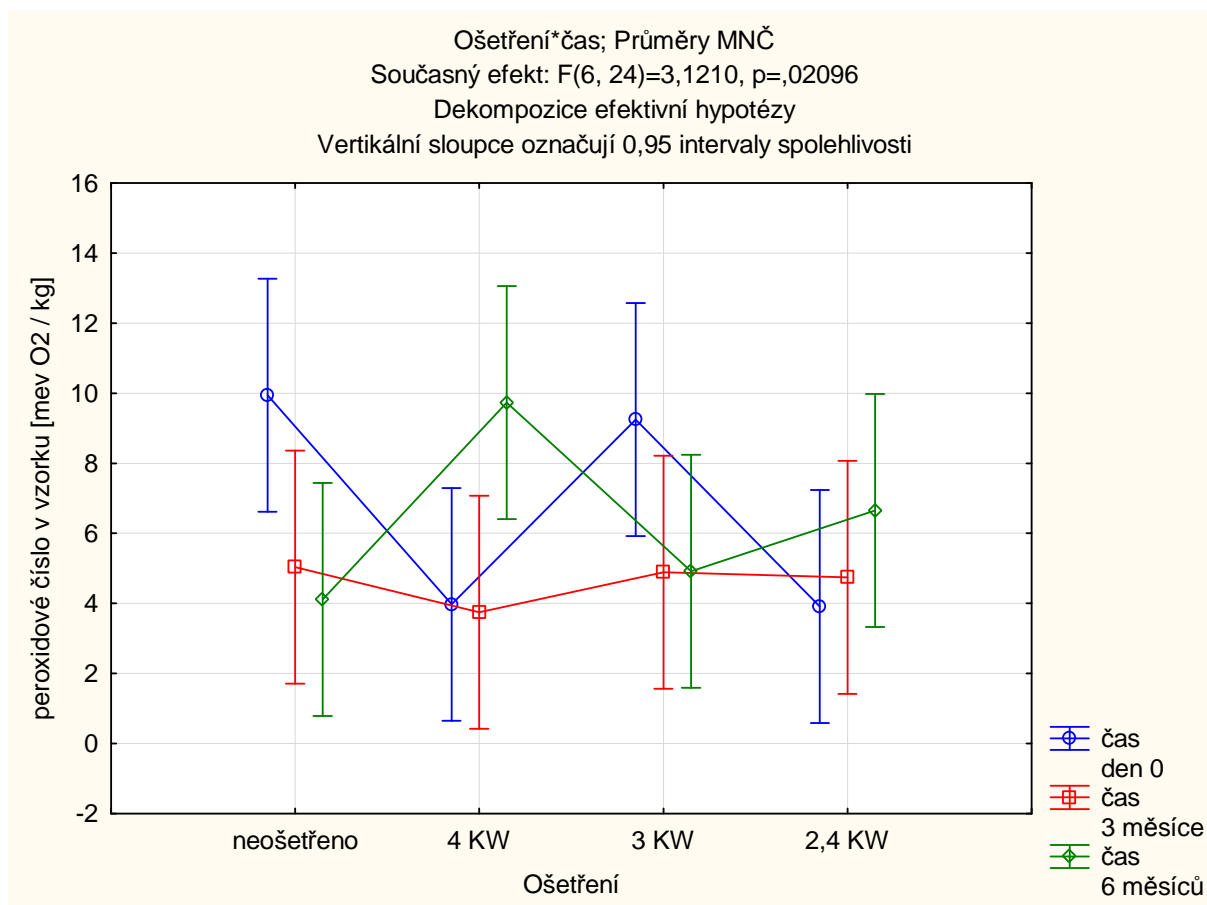
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 21

Ošetření nemá statisticky významný vliv $p = 0,747986$

Čas nemá statisticky významný vliv $p = 0,152416$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,020962$

Obr. 21 ukazuje peroxidového čísla u mandlí a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 21 peroxidové číslo mandle

5.6.2. Arašidy

Výsledky měření peroxidového čísla u arašídů jsou uvedeny v tab. 22.

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	2,9653	2,9721	2,9687	0,0048
4 KW	den 0	6,6669	6,3675	6,5172	0,2117
4*2 KW	den 0	17,1254	17,6146	17,3700	0,3459
neošetřeno	3 měsíce	4,0116	3,8981	3,9549	0,0803
4 KW	3 měsíce	6,3938	5,8424	6,1181	0,3899
4*2 KW	3 měsíce	24,2657	25,7044	24,9851	1,0173
neošetřeno	6 měsíců	3,3563	3,3110	3,3337	0,0320
4 KW	6 měsíců	17,5388	19,6013	18,5701	1,4584
4*2 KW	6 měsíců	31,8214	28,6553	30,2384	2,2388

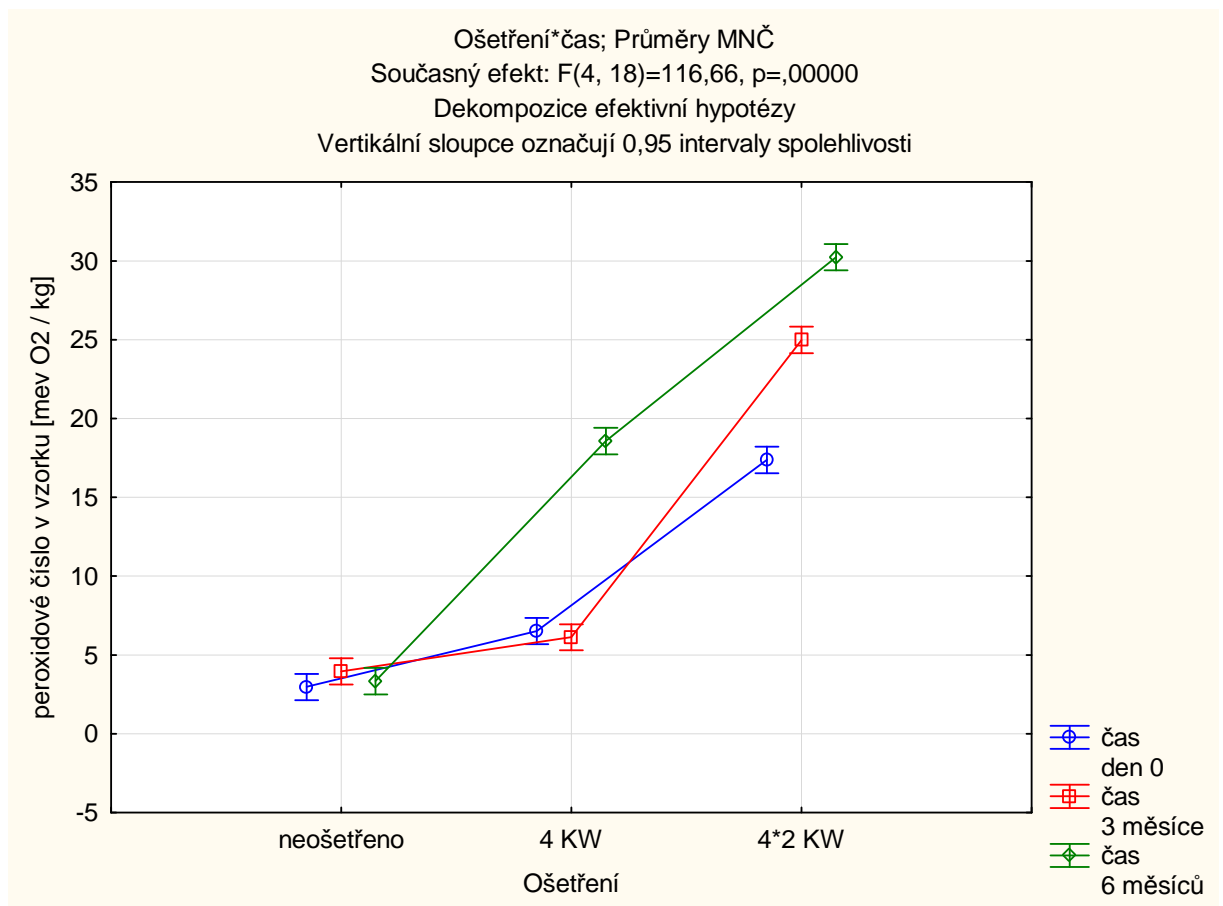
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 22

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Obr. 22 ukazuje peroxidového čísla u arašídů a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 22 peroxidové číslo arašídů

5.6.3. Pistácie

Výsledky měření peroxidového čísla u pistácií jsou uvedeny v tab. 23

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	9,515754	8,18539	8,850572	0,940709
3 KW	den 0	20,773	18,90191	19,83746	1,32306
neošetřeno	3 měsíce	9,626029	9,992705	9,809367	0,259279
3 KW	3 měsíce	12,21091	11,86338	12,03715	0,245741
neošetřeno	6 měsíců	17,9951	12,9584	15,47675	3,561485
3 KW	6 měsíců	20,1187	19,1541	19,6364	0,682075

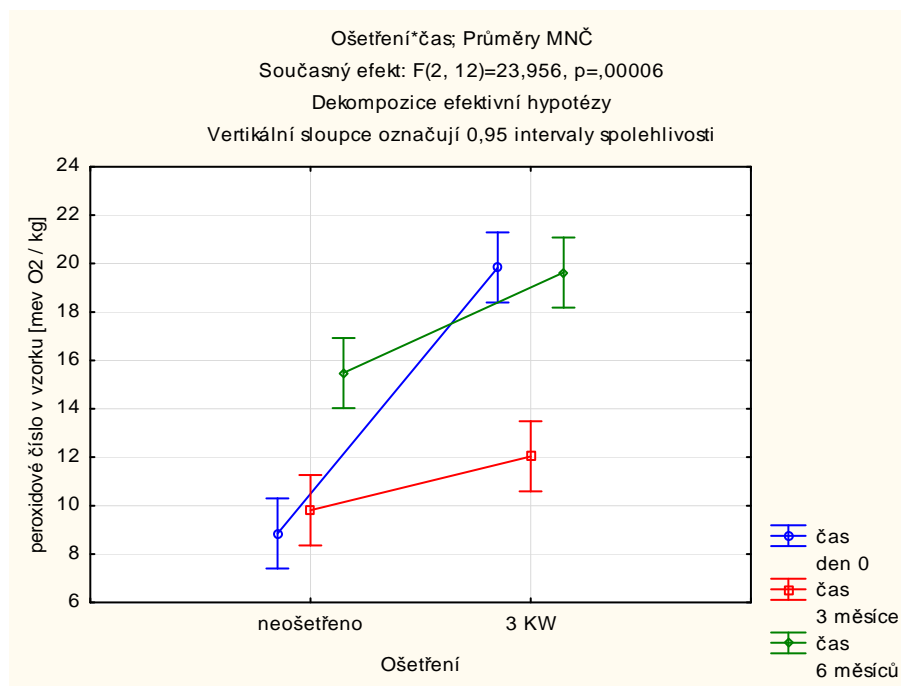
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 23

Ošetření má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p = 0,000002$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,000065$

Obr. 23 ukazuje peroxidového čísla u pistácií a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 23 peroxidové číslo pistácie

5.6.4. Mák

Výsledky měření peroxidového čísla u máku jsou uvedeny v tab. 24

ošetření	čas	série 1	série 2	průměr	směrodatná odchylka
neošetřeno	den 0	12,11342	11,21221	11,66282	0,637252
3 KW	den 0	16,87881	14,97783	15,92832	1,344196
neošetřeno	3 měsíce	3,69556	3,84209	3,768825	0,103612
3 KW	3 měsíce	3,882101	4,009892	3,945997	0,090362
neošetřeno	6 měsíců	18,8893	18,8877	18,8885	0,001131
3 KW	6 měsíců	19,0199	19,199	19,10945	0,126643

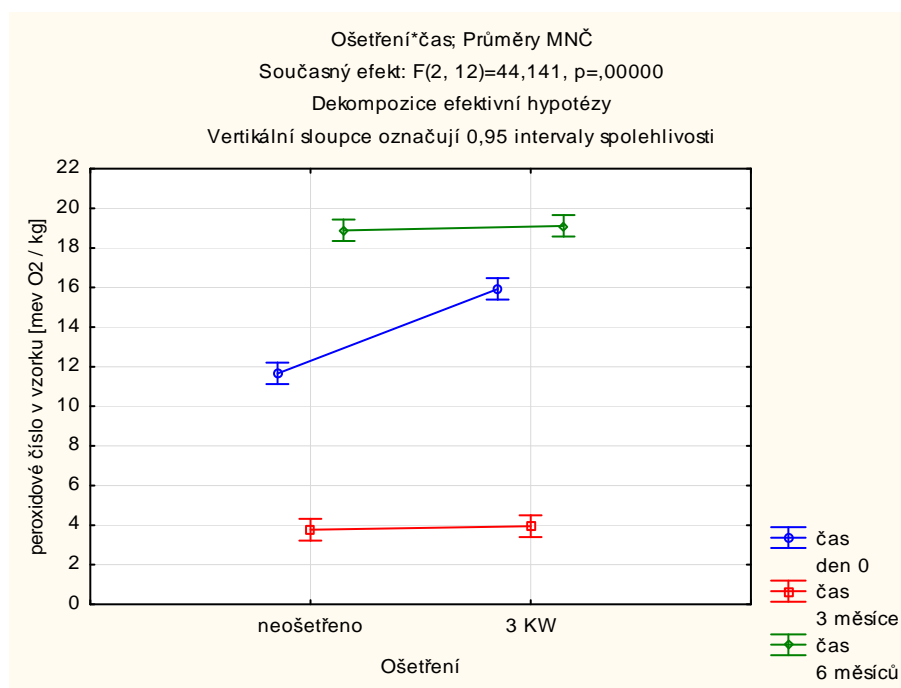
Vyjádření čísla kyselosti na základě měření vyjádřených v tab. 24

Ošetření má statisticky významný vliv $p = 0,000001$

Čas má statisticky významný vliv $p < 0,000001$

Ošetření a čas mají statisticky významný vliv $p = 0,000003$

Obr. 24 ukazuje peroxidového čísla u máku a jeho vývoj v čase a ošetření.



Obrázek 24 peroxidové číslo mák

6. Diskuze

6.1. Sušina

Hmotnost sušiny se příliš nemění ani vlivem skladování, ani dalšími vlivy. Sušina je významná, protože určuje hmotnost vzorku bez vlhkosti. Lze ji stanovit různými metodami. V práci byla zvolena metoda vážení pomocí váhy s infrazáříčem, neboť se jedná o rychlou a jednoduchou metodu. Další často používanou metodou stanovení sušiny je vysoušení do konstantní hmotnosti, tato metoda je přesnější než metodavážení pomocí váhy s infrazáříčem, její přesnost je však vykoupena řádově delší dobou měření.

Vliv skladování na sušinu u zkoumaných vzorků se neprojevil významně u mandlí a arašídů, kde došlo pouze k nepatrnému nárůstu sušiny během skladování. U máku a pistácií se již vliv skladování na sušinu projevil významně. Vliv ošetření byl patrný na všech zkoumaných vzorcích, s trendem: čím vyšší byla energie ošetření, tím vyšší byla hodnota sušiny. Přizhodnocení vzájemného působení ošetření a skladování byly rozdílly statisticky významné, až na zkoumané vzorky mandlí. Vliv doby skladování mandlí se projevil pouze nepatrně.

6.2. Extrakce tuku

Extrakce tuku je důležitým krokem pro hodnocení vlastností tukové složky. Prvním údajem o tuku může být jeho množství získané ze vzorku po extrakci. Extrakční metodu musíme vybírat vhodně dle požadavku na další stanovení a s ohledem na cíle zkoumání. Z uvedených důvodů proto nejsou některé metody vhodné. Metodu extrakce tuku tedy volíme s ohledem na možnosti laboratoře tak, aby neovlivnila nebo jen minimálně ovlivnila sledované parametry.

Ve své diplomové práci jsem zvolil metodu extrakce petroletherem, inspirovanou metodou extrakce, kterou použil Shunshan (2015). Tuto metodu jsem zvolil proto, že je bez tepelného namáhání. Extrahovaný tuk se tak nevystavuje zbytečnému zahřívání, které by mohlo ovlivnit výsledky. Právě z důvodu zahřívání materiálu jsem zavrhl Soxletovu extrakční metodu. Metodu lisování za studena s Carver Press, kterou využil Camargo et. al. (2016) jsem nemohl použít z technických důvodů. Metoda extrakce s použitím petroletheru s modifikacemi je popsána v kapitole 4.2.3 [Extrakce tuku](#). Metoda vykazuje zisk dostatečného množství tuku z rostlinného materiálu. Ve vzorcích mnou zkoumaných dosahoval extrahovaný tuk množství přibližně 30 % hmotnosti ořechů. Touto metodou se tedy vyextrahovala významná

část tuku z ořechů. U máku výtěžnost tuku nedosáhla ani 5 % hmotnosti vzorku, tedy ani ne 10 % přítomného tuku. Proto si dovoluji říci, že pro mák je metoda extrakce tuku s petroletherem nevhodná. Metoda extrakce byla šetrná a nepřekročila v žádném kroku teplotu 40 °C, této teplotě byla vystavena maximálně po dobu 5 minut při odpařování petroletheru navakuové odparce, jinak extrakce probíhala za laboratorní teploty. Získaný tuk posloužil proanalýzu peroxidového čísla a čísla kyselosti.

6.3. Oxidační stabilita tuku

Oxidační stabilita tuku byla zkoumána pomocí čísla kyselosti a peroxidového čísla. Srovnání s literaturou je problematičké, protože většina autorů využívá výrazně menší výkon a výrazně delší dobu mikrovlnného ohřevu, např. Das et. al. (2014) používá ošetření v rozpětí 240 W až 480 W po dobu 60 až 360 s. Hanzlík (2001) používal maximální výkon 1000 W. Vzorky v mé práci byly ošetřeny 2,4 kW až 4 kW po dobu 30 s.

6.3.1. Číslo kyselosti

Číslo kyselosti u arašídů bylo 13,9 mg KOH na 100 g arašídů ošetřených 1,3 kW po dobu 60 minut Ziegler et. al. (2017). Mnou naměřené číslo kyselosti při 4 kW a 30 s je 0,1271 mg na 1 gram arašídů, tedy 12,71 mg KOH na 100 g arašídů. I přes různé metody extrakce a rozdílné ošetření jsou hodnoty podobné.

Shakerardekani et. al. (2015) uvádí, že pistácie po ošetření horkovzdušnou troubou při 134 °C po dobu 20 minut se držely v rozmezí 0,6 až 4 mg KOH / g tuku. Limit pro přijatelnost oleje je 4 mg KOH / g tuku. Mikrovlnné ošetření 3 kW po dobu 30 směřlo v den 0 u pistácií 3,8091 mg KOH / g tuku. Mnou naměřené vzorky vyhovovaly limitu 4 mg KOH na gram tuku s výjimkou máku, který tento limit řádově přesahoval.

Extrémní hodnoty čísla kyselosti v tuku máku jsou způsobeny dle mého předpokladu extrémně malou výtěžností oleje a jeho složením. I když číslo kyselosti v makovém semeni vychází v přijatelných hodnotách, musím konstatovat, že tato hodnota nemusí být správná. Pro objektivnější stanovení čísla kyselosti je nutno použít jinou extrakční metodu získání tuku, která poskytne reprezentativnější množství tuku, ideálně tuk veškerý, je však nutné zachovat maximální šetrnost.

Častým jevem u čísla kyselosti bývá vyjádření v procentech nejvíce zastoupené mastné kyseliny. Při zkoumání čísla kyselosti je nutné důkladně se podívat, je-li uvedena na 1 gram tuku, jak říká ČSN EN ISO 660, nebo na 1 gram vzorku, někteří ho dokonce uvádějí na 100 g vzorku. Otázkou je, zda je lepší ho vyjadřovat na gram extrahovaného tuku, nebo na gram vzorku. ČSN EN ISO 660 je zaměřena převážně na oleje, kde tento problém odpadá.

6.3.2. Peroxidové číslo

Peroxidové číslo mandlí vzrostlo po ošetření troubou při teplotě 130 °C po 126 dnech skladování na 3,90 meV O₂ / kg mandlí (Larrauri et. al. 2016). Mandle po mikrovlnném ošetření 4 kW a po 3 měsících skladování měly 5,6171 meV O₂ / kg mandlí. Rozdílnou hodnotu peroxidového čísla mohou připsat rozdílným extrakčním metodám a rozdílným metodám ošetření. Dalším rozdílem je také delší doba skladování po ošetření, ale v obou případech je trend takový, že doba skladování zvyšuje peroxidové číslo.

Smith et. al. (2014) uvádí, že při pražení arašídů pomocí mikrovlnného ohřevu peroxidové číslo nepřesáhlo 10 meV O₂ / kg arašídů. Teploty, kterých dosahoval, při ošetření přesahovaly 170 °C. Réblová (1999) uvádí, že rozklady hydroperoxidů nastávají při teplotách nad 150 °C. Mnou naměřené peroxidové číslo při ošetření arašídů 4 kW je 6,517218 meV O₂ / kg arašídů.

Při posuzování peroxidového čísla je nutné si uvědomit, zda je číslo vztaženo na 1 kg tuku, nebo na 1 kg vzorku. Norma ČSN EN ISO 3960 uvádí hodnoty v tuku, problémem je, že ČSN EN ISO 3960 je dělána převážně pro oleje, kde je hmotnost oleje stejná jako hmotnost tuku. Pro ořechy tu nastává otázka, zda je lepší číslo vyjádřit na 1 kg tuku, nebo na 1 kg ořechů, protože extrakcí nemusíme získat všechny tuk, ale jen část. Je tedy otázkou, na kterou veličinu číslo vztáhnout. Někteří autoři upřednostňují vzorek, jiní tuk ve vzorku.

Vyhláška 90/2000 povoluje pro oleje maximálně hodnotu 10 meV O₂ / kg a pro za studena lisované oleje maximálně hodnotu 15 meV O₂ / kg oleje. Limity pro za studena lisovaný olej splnily pouze neošetřené arašídové a některé vzorky mandlí. Mandle v den 0 splňovaly pouze 2,4 kW a 4 kW ošetřené vzorky, po třech měsících splňovaly všechny vzorky mandlí, na konci ošetření splnily normu pouze vzorky mandlí bez ošetření. Pistácie a mák nespĺnily ani v jednom případě. Vyhláška 77/2003 ruší tyto požadavky na kvalitu tuků.

6.3.3. Žluknutí

Žluknutím se označují procesy, které degradují tuk. Degradace tuku je nežádoucí proces, který lze měřit pomocí oxidační stability tuku. Pro pochopení míry žluknutí je dobré posoudit nejen primární oxidační produkty, jako jsou hydroperoxydy, ale také přihlídnout k množství sekundárních degradačních produktů. Sekundární degradační produkty jsou polymerní látky, které vznikají z hydroperoxidů. Proto z peroxidového čísla nemůžeme s jistotou vyvodit závěr, že při nízkých hodnotách je daný tuk čerstvý a nezoxidovaný. Pro lepší pochopení aktuálního stavu tuku je tedy potřeba dalších stanovení, která zhodnotí další oxidační parametry, především množství konjugovaných mastných kyselin a polymerních lipidů. Proposouzení a předpovídání chování tuku je dobré také znát profil mastných kyselin.

Rád bych proto navrhl pro další výzkum oxidační stability prozkoumat tvorbu konjugovaných dienu a polymerních látek u ořechů i máku. Složení profilu mastných kyselin by mohlo objasnit rozdíly v oxidační stabilitě mezi různými typy ořechů a máků. Pro celkové zhodnocení mikrovlnného ohřevu bych na závěr navrhl prozkoumat sensoricky výsledné vlivy žluknutí na chuť, vůni a celkovou přijatelnost.

7. Závěr

V práci byl zkoumán vliv mikrovlnného ošetření na oxidační stabilitu i sušinu a jejich vývoj během skladování u mandlí, arašídů, pistácií a máku. Zkoumanými parametry oxidační stability byly číslo kyselosti a peroxidové číslo.

Výsledky laboratorní práce lze shrnout následujícím způsobem:

- Práce potvrzuje hypotézu o změnách množství sušiny po ošetření mikrovlnným zářením.
- Práce potvrzuje hypotézu o změnách v oxidační stabilitě po ošetření mikrovlnným zářením.
- U mandlí nebyly průkazné změny peroxidového čísla pro všechny kombinace ošetření a času skladování.
- Práce ukazuje jednoduchou metodu extrakce tuku a potvrzuje její možnost užití pro ořechy.
- Ze zjištěných výsledků lze vyvodit, že v případě máku petrolether tuky extrahujedostatečně.
- Přínos práce spočívá v měření vývoje změn sušiny a oxidační stability těchto plodin během skladování, poté, co byly ošetřeny mikrovlnným ohřevem s mimořádně vysokým výkonem (2,4 – 4,0kW).

8. Seznam literatury

- Beck, JJ, Willett, DS, Mahoney, NE, Gee, WS 2017 Silo-Stored Pistachios at Varying Humidity Levels Produce Distinct Volatile Biomarkers, JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY 65(3) ISSN: 0021-8561
- Beck, JJ, Willett, DS, Gee, WS, Mahoney, NE, Higbee, BS 2016 Differentiation of Volatile Profiles from Stock piled Almonds at Varying Relative Humidity Levels Using Benchtop and Portable GC MS JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY 64(49) ISSN: 0021-8561
- Birch, J., Yap, K., & Silcock, P. (2010). Compositional analysis and roasting behaviour of gevuina and macadamia nuts. International journal of food science & technology, 45(1), 81-86p
- Borges, TH. Malheiro, R. de Souza, AM. Casal, S. Pereira, JA. 2015 Microwave heating induces changes in the physicochemical properties of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and soy bean crude oils EUROPEAN JOURNAL OF LIPID SCIENCE AND TECHNOLOGY 117(4) ISSN 1438-7697
- Bulková, V. 2011. Rostlinné potraviny. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů. 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.
- Camargo A.C., Regitano-d'Arce M. A.B., Alencar S. M., Brazaca S. G. C., Vieira T.M.F.S., Shahidi F. 2016 Chemical Changes and Oxidative Stability of Peanuts as Affected by the Dry Blanching Oil Chem Soc 93 1101-1109p
- ČSN EN ISO 660 Živočišné a rostlinné tuky a oleje - Stanovení čísla kyselosti a kyselosti 2015 Český normalizační institut. Praha.
- ČSN EN ISO 3960 Živočišné a rostlinné tuky a oleje - Stanovení peroxidového čísla 2010 Český normalizační institut. Praha. 20 s.
- Das, I. Shah, NG. Kumar, G. 2014 Properties of walnut influenced by short time microwave treatment for disinfestation of insect infestation, JOURNAL OF STORED PRODUCTS RESEARCH 59
- Fiebig, H. J. (2003). Peroxide value determination. inform, 14, 651-652.
- Guler, SK, Bostan, SZ, Con, AH 2017 Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazel nut kernels POSTHARVEST BIOLOGY AND TECHNOLOGY 123 ISSN: 0925-5214
- Hanzlik P. 2010 změny lipidů při mikrovlnném ohřevu. Diplomová práce. VŠCHT. 70s

- Hosseini, H, Ghorbani, M, Mahoonak, AS, Maghsoudlou Y, 2014 MONITORING HYDROPEROXIDES FORMATION AS A MEASURE OF PREDICTING WALNUT OXIDATIVE STABILITY ACTA ALIMENTARIA 43 (3) ISSN: 0139-3006
- Houšlová J. 1999 úvod do teorie mikrovlnného ohřevu. Výzkumný ústav potravinářský Praha
- Houšlová J., Hoke ., Korečková I. 1999 Potravinářské výrobky pro mikrovlnný ohřev, Výzkumný ústav potravinářský Praha
- Jahodář I. 2004 Přírodní toxiny a jedy, Galén ISBN 80-7262-256-0
- Larrauri, M., Demaría, M. G., Ryan, L. C., Asensio, C. M., Grosso, N. R. and Nepote, V. (2016), Chemical and Sensory Quality Preservation in Coated Almonds with the Addition of Antioxidants. Journal of Food Science, 81: 208-215p
- Makeri M. U., Bala S. M. and Kassum A. S. 2011, The effects of roasting temperatures on the rate of extraction and quality of locally-processed oil from two Nigerian peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars, African Journal of Food Science 5 (4) ISSN 1996-0794
- Rui L., Xiaoxi K. , Teng Ch., Ajuan Z., Shaojin W. 2017 Verification of radiofrequency pasteurization process for in-shell Almonds, Journal of Food Engineering 192, 103-110
- Réblová Z. 1999 degradace lipidů za vysokých teplot, Disertační práce VŠCHT.
- Shakerardekani A., Karim R., Ghazali H. M., Chin, N. L. 2015 Oxidative Stability of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Paste and Spreads JOURNAL OF THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY 92 (7) 1015-1021p
- Shakerardekani, A. Karim, R. Ghazali, HM. Chin, NL. 2015 Oxidative Stability of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Paste and Spreads JOURNAL OF THE AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY 92 (7) ISSN: 0003-021X
- Silva, AC. Sarturi, HJ. Dall'Oglio, EL. Soares, MA. deSousa, PT. de Vasconcelos, LG. Kuhnen, CA. 2016 Microwave drying and disinfestation of Brazil nut seeds, FOOD CONTROL 70 ISSN 0956-7135
- Silva, F. A., & Marsaioli Jr, A. (2004). Drying Macadamia Nuts By Hot Air Combined With Microwaves As Compared To The Conventional Hot Air Process. In AICHe Annual Meeting, Conference Proceedings.
- Smith, A. L., Perry, J. J., Marshall, J. A., Yousef, A. E. and 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: 1584–1594p.

Stránská K.,a Kohout P. 2011, Referenční hodnoty pro příjem živin, Vyživa servis s.r.o. 192 s ISBN 978-80-254-6987-3

Tavakolipour, H, 2015 Post harvest operations of pistachio nuts, JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE 52(2) ISSN: 0022-1155

Valmor Ziegler V., Ferreira C. D.,Rockembach C. T., Pereira C. M. P., Oliveira M., Elias M. C, 2017 Sensory and chemical properties of peanut grains (*Arachis hypogaea* L) roasted in microwave or oven, SEMINA-CIENCIAS AGRARIAS 38 (1) 197-208p

Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 328/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro mléko a mléčné výrobky, zmrzliny a mražené krémy a jedlé tuky a oleje Předpis 90/2000 Sb. platný 1. 9. 2000 Sbírka zákonů České republiky. 2000. částka 30. dostupné z<<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=90&r=2000>>

Vyhláška, kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje Předpis 77/2003 Sb. platná od 1,7, 2003 Sbírka zákonů České republiky ze 2003 Částka 32 dostupné:<<https://www.psp.cz/sqw/sbirka.sqw?cz=77&r=2003>>