

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Změny stability potravin vůči žluknutí po ošetření
mikrovlnným zářením**

Diplomová práce

Autor práce: Petra Škvorová

Obor studia: Kvalita a zpracování zemědělských produktů

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

© 2020 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Změny stability potravin vůči žluknutí po ošetření mikrovlnným zářením " jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. července 2020

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala paní doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, pomoc při jejím zpracování, za možnost se více zapojit do práce v laboratoři a za pomoc při praktické laboratorní práci. Děkuji také Ing. Monice Sabolové, Ph.D. za cenné rady, připomínky, za její velkou ochotu a pomoc při laboratorní práci. Děkuji také Ing. Bohumilu Kratochvílovi, za možnost nahlédnout do provozovny IBK Trade, za podrobný popis mikrovlnné linky a také za předání vzorků využitých v této práci. Taktéž bych chtěla poděkovat Ing. Monice Okrouhlé, Ph.D. za pomoc při měření barevných hodnot. Ráda bych také poděkovala Ing. Martinu Matusovi za pomoc při zvládnutí laboratorního chaosu a také Ing. Vladimíru Plachému, Ph.D. za pomoc při řešení problémů technického charakteru. Zároveň děkuji své rodině za psychickou podporu během celého studia.

Změny stability potravin vůči žluknutí po ošetření mikrovlnným zářením

Souhrn

Suché skořápkové plody jsou častou součástí našich jídelníčků. Z nutričního hlediska obsahují velké množství zdravých prospěšných látek. Ovšem problémem při jejich skladování je údržnost a zvláště časté je zde napadení a zamoření škůdci či mikroorganismy. Pro prodloužení skladovatelnosti a likvidaci škůdců se využívá různých konzervačních technik. Jednou z možností je použití mikrovlnného záření. Využití mikrovlnného ohřevu v potravinářském průmyslu zahrnuje sušení, pasteraci, sterilaci, rozmrazování, temperování nebo pečení potravinářských materiálů. Hlavní výhodou mikrovlnné úpravy je větší úspora energie, zkrácení doby zpracování a snížení provozních nákladů. Hlavní nevýhodou je nerovnoměrné rozložení teploty, což je u průmyslových linek řešeno kombinací s horkovzdušným ohřevem v dohřevné zóně.

Obsahem práce bylo posoudit vhodnost aplikace ošetření mikrovlnným zářením pro hygienizaci suchých skořápkových plodů při definované délce a intenzitě mikrovlnného záření. Sledován byl vliv mikrovlnného záření na změny barvy, obsahu sušiny a stability skořápkových plodů vůči žluknutí. Tři druhy suchých skořápkových plodů byly ošetřeny na průmyslové mikrovlnné lince firmy IBK Trade. Jednalo se o arašidy, mandle a lískové ořechy. Stanovení obsahu sušiny a analýza barvy byly provedeny u vzorků ihned po ošetření. Oxidační stabilita pak byla sledována po dobu tří měsíců ve třech skladovacích teplotách (20, 40 a 60 °C). Ke stanovení obsahu sušiny byla využita metoda sušení do konstantní hmotnosti, ke zjištění barevného spektra byl využit spektrofotometr CM 700d a ke zjištění oxidační stability posloužilo stanovení peroxidového čísla (PV).

U vzorků bylo ihned po ošetření prokázáno statisticky významné zvýšení obsahu sušiny a také statisticky významné ztmavnutí vzorků oproti vzorkům, které ošetřeny nebyly. Statisticky významný vliv mikrovlnného ošetření na hodnotu PV byl prokázán u arašídů. U lískových ořechů byl prokázán statisticky významný vliv teploty a délky skladování na hodnoty PV. Ovšem z naměřených hodnot je jasně zřetelné, že ošetření mikrovlnami a také vyšší skladovací teplota zvyšovaly hodnoty PV.

Byla tedy potvrzena hypotéza, že při ošetření potravin mikrovlnným zářením dochází ke změně jejich stability vůči žluknutí. Stejně tak lze potvrdit, že primárně závisí rozsah těchto změn na ošetřované surovině, délce a intenzitě mikrovlnného ohřevu a sekundárně pak na podmínkách následného skladování.

Celkově lze konstatovat, že při přednastavené intenzitě a délce ošetření za pomoci mikrovln si suroviny zachovaly přijatelnou kvalitu olejů a to i při vyšších skladovacích teplotách, z čehož se dá předpokládat, že by jakost těchto výrobků měla být zachována po celou dobu jejich skladování a prodeje do data minimální trvanlivosti.

Klíčová slova: Mikrovlnný ohřev; žluknutí; složení; ořechy; peroxidové číslo

Changes in the stability of food against rancidity after microwave treatment

Summary

Dry shell fruits are common parts of our diet. They contain large amounts of health-positives compounds. On the other hand, there are some problems with their stability during the storage. Attacks of pests and microorganisms are very common. Many conservation techniques are used for extension of the shelf life as well as for eradication of pests. Microwave radiation represents a modern preservation technique enabling drying, pasteurization, sterilization, defrosting, tempering or sealing of food materials. The main advantage of microwave radiation is energy saving, shortening of the time and cost reduction. The main disadvantage is uneven temperature distribution in food, which is solved by the addition of hot air heating zone after microwave treatment.

The aim of this thesis was to evaluate the effect of the microwave radiation of defined length and intensity on the quality and oxidation stability of dry shell fruit during their storage. The effect of the radiation was monitored by colour changes, dry matter content and peroxide value (PV) determination. Three types of dry shell fruit (peanuts, almonds and hazelnuts) were treated the IBK Trade company microwave line. The content of dry matter and the colour of fruits were analysed immediately after the treatment. Oxidation stability was observed for three months during the storage at temperatures 20, 40 and 60 °C. The drying method to the constant weight was used to indicate the content of dry matter, spektrofotometer CM 700d was used to discover the colour spectrum and the peroxid value was used to monitor the oxidation stability.

There were statistically significant differences in dry matter content and colour between treated and untreated samples. Significant effect of the microwave radiation treatment on PV was observed in peanuts. There were also significant influences of temperature and the time of storage on PV. Our results showed that microwave radiation treatment and higher storage temperature resulted in the increase of PV of tested samples.

The hypothesis, that the microwave radiation causes the changes of the dry shell fruit stability against rancidity was accepted. It was also proved that the range of the changes primarily depends on treated kinds of fruits, length and intensity of the radiation and than on the storage conditions.

However, it was found that the quality of nuts and almonds treated with microwave radiation was still acceptable throughout storage even at elevated temperatures. We can therefore assume that it will be preserved until the expiration date on the shelves in stores.

Keywords: Microwave treatment; rancidity; composition; nuts; peroxide value

Obsah

| | |
|---|-----------|
| 1 Úvod | 8 |
| 2 Vědecká hypotéza a cíle práce | 9 |
| 2.1 Hypotéza | 9 |
| 2.2 Cíle práce..... | 9 |
| 3 Literární rešerše..... | 10 |
| 3.1 Mikrovlnné záření | 10 |
| 3.1.1 Princip mikrovlnného ohřevu | 11 |
| 3.1.2 Uplatnění mikrovlnného záření v potravinářství | 12 |
| 3.1.2.1 Sušení mikrovlnami | 12 |
| 3.1.2.2 Vaření a pečení s využitím mikrovln..... | 13 |
| 3.1.2.3 Mikrovlnná pasterace, sterilace a blanšírování..... | 13 |
| 3.1.2.4 Mražení s využitím mikrovlnného záření | 14 |
| 3.1.3 Kombinace mikrovlnného záření s jinými způsoby úpravy potravin | 14 |
| 3.1.4 Výhody mikrovlnného ošetření | 15 |
| 3.1.5 Nevýhody mikrovlnného ošetření..... | 16 |
| 3.2 Nutriční složení suchých skořápkových plodů..... | 17 |
| 3.2.1 Pozitiva konzumace suchých skořápkových plodů | 18 |
| 3.2.2 Rizika konzumace suchých skořápkových plodů | 19 |
| 3.2.3 Arašídý..... | 20 |
| 3.2.4 Lískové ořechy..... | 20 |
| 3.2.5 Mandle | 21 |
| 3.3 Vliv mikrovlnné úpravy na vybrané kvalitativní parametry ořechů..... | 22 |
| 3.3.1 Vliv na vzhled a barvu | 22 |
| 3.3.2 Vliv na obsah vlhkosti a aktivitu vody | 23 |
| 3.3.3 Vliv na kvalitu tuků | 24 |
| 3.3.3.1 Peroxidové číslo..... | 25 |
| 4 Metodika | 27 |
| 4.1 Materiál | 27 |
| 4.2 Metodika..... | 27 |
| 4.2.1 Ošetření vzorků - IBK Trade | 27 |
| 4.2.1.1 Mikrovlnná linka IBK 50..... | 28 |

| | | |
|------------|--------------------------------------|-----------|
| 4.2.2 | Skladování vzorků | 29 |
| 4.2.3 | Homogenizace vzorků | 29 |
| 4.2.4 | Analýza barvy | 29 |
| 4.2.5 | Stanovení obsahu sušiny | 30 |
| 4.2.6 | Stanovení peroxidového čísla | 30 |
| 4.2.7 | Statistické metody | 30 |
| 5 | Výsledky | 31 |
| 5.1 | Vzhled a barva..... | 31 |
| 5.1.1 | Arašídý..... | 35 |
| 5.1.2 | Mandle | 36 |
| 5.1.3 | Lískové ořechy..... | 38 |
| 5.2 | Stanovení obsahu sušiny | 39 |
| 5.2.1 | Arašídý..... | 40 |
| 5.2.2 | Mandle | 41 |
| 5.2.3 | Lískové ořechy..... | 41 |
| 5.3 | Peroxidové číslo | 42 |
| 5.3.1 | Arašídý..... | 44 |
| 5.3.2 | Mandle | 45 |
| 5.3.3 | Lískové ořechy..... | 47 |
| 6 | Diskuze | 49 |
| 6.1 | Vzhled a barva..... | 49 |
| 6.2 | Obsah sušiny | 49 |
| 6.3 | Peroxidové číslo..... | 50 |
| 7 | Závěr..... | 52 |
| 8 | Literatura..... | 53 |
| 9 | Přílohy | I |

1 Úvod

Suché skořápkové plody jsou nedílnou součástí naší běžné stravy. Jsou konzumovány všemi věkovými skupinami díky tomu, že jsou bohatými zdroji energie a jejich složení má pozitivní vliv na lidský organizmus.

Vysoký obsah tuku je sice pozitivní z hlediska nutričního (především pak obsah polyenových mastných kyselin), ovšem z hlediska údržnosti je to problematické a může docházet k oxidačnímu nebo hydrolytickému žluknutí. Tyto nežádoucí procesy negativně ovlivňují sensorické vlastnosti suchých skořápkových plodů, čímž dochází i ke zhoršení jejich kvality. Dalším problémem u skořápkových plodů je také časté napadení a zamoření škůdci či mikroorganismy, což je problematické pro zpracovatele i pro zákazníky. Vše pak vede k horší údržnosti potravinářského produktu nebo k jeho úplné neprodejnosti.

Údržnost se snažíme prodloužit pomocí konzervačního ošetření, když chceme dosáhnout prodloužení trvanlivosti a vyhnout se tak zhoršení kvality dané potraviny během skladování. Jednou z rozvíjejících se konzervačních technik je použití mikrovlnného ohřevu, který má potenciál zvláště díky rychlosti aplikace a značné úspoře energie. Mikrovlny se dají využít v potravinářství k sušení, pasteraci, sterilaci i k rozmrazování. Při každém ošetření dochází v potravine ke změnám sensorických i nutričních vlastností, mikrovlnné záření nevyjímaje. Důležité je ovšem nalezení vhodné míry ošetření při zachování maximální sensorické a nutriční kvality a zaručení úměrně dlouhé skladovací doby.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Hypotéza

Při ošetření potravin mikrovlnným zářením dochází ke změně jejich stability vůči žluknutí. Primárně závisí rozsah těchto změn na ošetřované surovině, délce a intenzitě mikrovlnného ohřevu a sekundárně také na podmínkách následného skladování.

2.2 Cíle práce

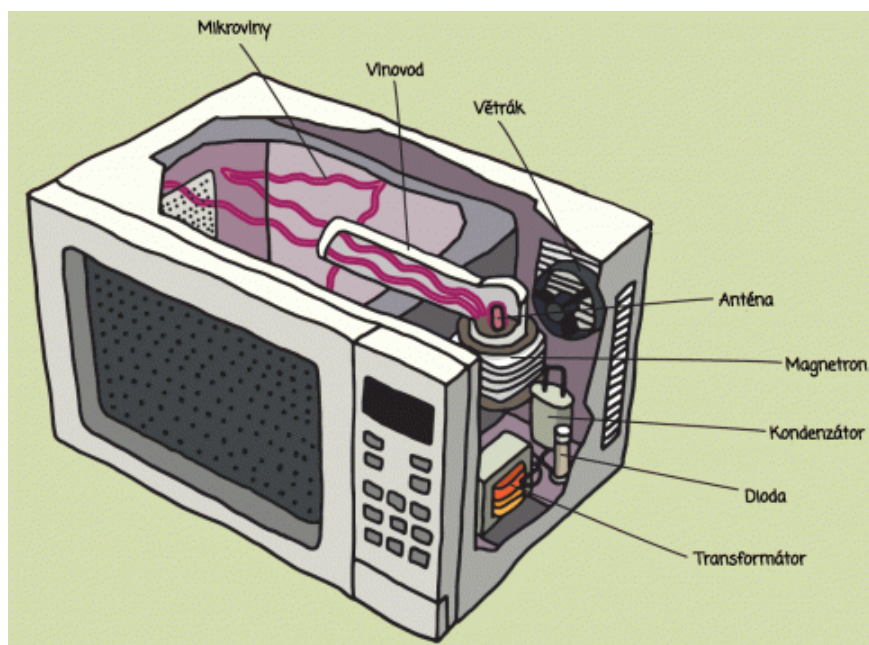
Cílem práce bylo posoudit vhodnost aplikace ošetření mikrovlnným zářením pro hygienizaci suchých skořápkových plodů. Sledovat vliv mikrovlnného záření na změny barvy, obsahu sušiny a stability skořápkových plodů vůči žluknutí, při použití přednastavené délky a intenzity mikrovlnného záření na mikrovlnné lince firmy IBK Trade. Cílem práce bylo také přinést základní informace o změnách oxidační stability skořápkových plodů během skladování, které firma IBK Trade následně využije při stanovení expirační doby pro mikrovlnně ošetřované potraviny.

3 Literární rešerše

3.1 Mikrovlnné záření

Mikrovlny jsou vysokofrekvenční elektromagnetické vlny. Jejich vlnové délky se pohybují v rozmezí od 1 mm do 1 m a frekvenční pásmo v rozmezí 300 MHz až 300 GHz. Mikrovlnné záření je umožněno kombinací elektrických a magnetických polí (Rothbauer et al. 1985). Myšlenka využití mikrovln pro zpracování potravin, které byly původně využívány v telekomunikačních systémech, byla v roce 1945 vnuknuta Percu Spencerovi z Raytheon Company, když se mu náhodně roztavila v kapse svíčka právě díky účinku mikrovlnného záření. První patent, popisující průmyslový mikrovlnný systém, byl vydán Spencerovi v roce 1952 (Atuonwu & Tassou 2018).

Zařízení, která jsou běžně používána v domácnostech, pracují obecně s frekvencí 2,45 GHz, zatímco průmyslové systémy mohou pracovat s frekvencemi 915 MHz nebo 2,45 GHz (Tang 2015; Resurreccion et al. 2015; Guo et al. 2017; Atuonwu & Tassou 2018; Miran & Palazoğlu 2019). Ovšem nejčastěji používaná je frekvence 2450 MHz, jelikož nižší frekvence jsou zřídka používány samostatně, ale většinou pouze v kombinaci s jinými metodami ošetření potravin (Kouchakzadeh & Shafeei 2010). Navíc frekvence 2450 MHz je jako jediná legislativou povolená pro využití v potravinářství v České republice (Vrba 2001). Schéma uspořádání domácí mikrovlnné trouby je vidět na obrázku 1.



Obrázek 1 – Schéma uspořádání domácí mikrovlnné trouby
(Králová, edu.techmania.cz)

Mikrovlny mají nízký obsah energie ve fotonech (0,03 kcal/mol; 0,126 kJ/mol), proto nemají přímý vliv na molekulární struktury, jelikož chemické vazby mají energii v rozmezí od 20 do 50 kcal/mol (od 83,736 do 209,34 kJ/mol) (Aguilar-Reynosa et al. 2017). Mikrovlnné záření je tak z tohoto důvodu řazeno mezi záření neionizující (Yin 2012). Přesto někteří spotřebitelé spojují mikrovlnné ošetření s radioaktivitou a jsou znepokojeni možnými

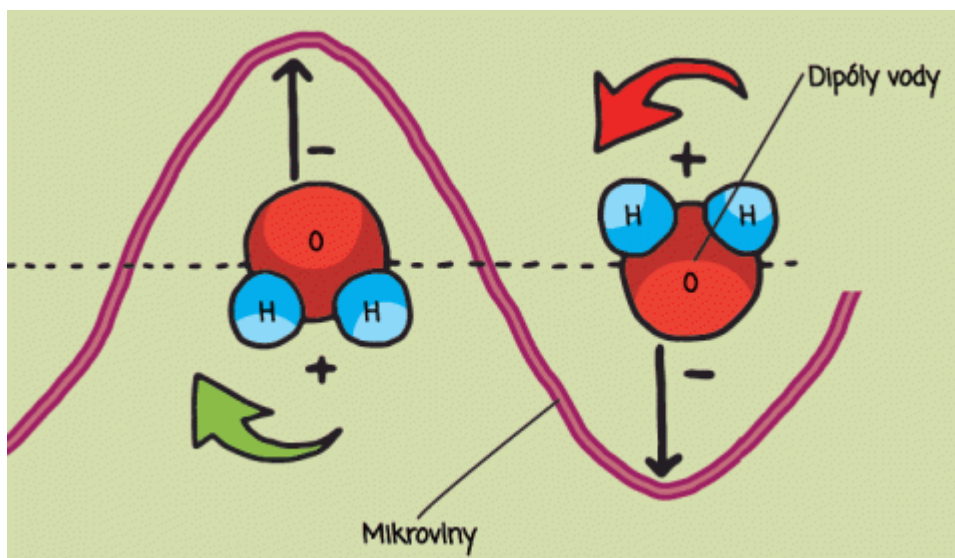
škodlivými chemickými reakcemi způsobenými mikrovlnami. Mikrovlny ovšem nejsou na rozdíl od rentgenových paprsků schopny vytvářet volné radikály nebo narušovat molekulární vazby v biologických materiálech (Tang 2015; Eke et al. 2017).

Mimo potravinářství se mikrovlnné záření využívá také například v dřevařském, papírenském, textilním, keramickém, automobilovém průmyslu, pro řízení letového provozu, předpovědi počasí nebo pro globální určování polohy (Chou & Chua 2001; Tang 2015).

3.1.1 Princip mikrovlnného ohřevu

Mikrovlnný ohřev se liší od konvenčního ohřevu tím, že k mikrovlnnému ohřevu dochází prostřednictvím přímé interakce mikrovln s materiálem, zatímco konvenční ohřev vyžaduje přenos tepla z externích zdrojů (Bhattacharya & Basak 2017).

Mikrovlnný ohřev je umožněn schopností materiálů absorbovat mikrovlnnou energii a přeměnit ji na teplo. Ohřev pomocí mikrovln je umožněn hlavně díky dipólovým a iontovým mechanismům (Chandrasekaran et al. 2013). Dipólové nebo iontové pole se snaží přizpůsobit střídavému elektromagnetickému poli (obrázek 2) a díky tomu dochází k nevyhnutelnému tření mezi molekulami. Díky těmto procesům dochází ke ztrátě energie ve formě tepla molekulárním třením a k přeměně ztrátové energie elektromagnetického pole na energii tepelnou. Pokud dipóly nebo ionty nemají dostatek času na to, aby se aplikovanému poli dostatečně rychle přizpůsobily nebo se přeorientovaly, nebude docházet k žádnému ohřevu. Proto je nutné vhodně zvolenou frekvencí dát dipólům nebo iontům dostatečné množství času, aby se v poli vyrovnaly (Bradshaw et al. 1998; Yin 2012; Bhattacharya & Basak 2017).



Obrázek 2 – Reakce dipólového a iontového pole na elektromagnetické pole
(Králová, edu.techmania.cz)

Přeměna mikrovlnné energie na teplo v potravinách je způsobena přítomností vody. Vzhledem k tomu, že molekuly vody jsou bipolární a otáčejí se v rychle se měnícím elektromagnetickém poli (2,45 miliardkrát za sekundu), v potravině dochází k tvorbě tepla v důsledku tření mezi jednotlivými molekulami vody. Protože mikrovlny mohou pronikat

přímo do materiálu, dochází k ohřevu zevnitř. Proto je prohřátí celé potraviny poměrně rychlé (Oliveira & Franca 2002; Kouchakzadeh & Shafeei 2010; Chandrasekaran et al. 2013; Guo et al. 2017).

Existuje mnoho faktorů, které jsou zodpovědné za mikrovlnný ohřev a rozložení tepla, ale nejdůležitější z nich jsou hloubka pronikání samotného mikrovlnného záření a také dielektrické vlastnosti ošetřované potraviny (Chandrasekaran et al. 2013). Hodnota hloubky pronikání mikrovln v určité potravine je dobrým indikátorem schopnosti potravinového materiálu převádět mikrovlnnou energii na teplo. Je to také užitečný parametr při rozhodování o tloušťce potravinového obalu pro správné a co nejefektivnější mikrovlnné ošetření (Tang 2015). Dielektrické vlastnosti závisí především na složení (obsah tuku, vody a solí), teplotě a stavu vody v ošetřované potravine. (Zhang et al. 2017; Gutiérrez-Cano et al. 2018). Více informací o dielektrických vlastnostech, které jsou určující pro to, jakým způsobem budou jednotlivé typy materiálů interagovat s elektromagnetickou energií během mikrovlnného ohřevu (Sosa-Morales et al. 2010), je uvedeno v BP s názvem Vliv ošetření mikrovlnným zářením na kvalitu ořechů, máku a sušeného ovoce v kapitole 3.1.2 Dielektrické vlastnosti (Škvorová 2018).

3.1.2 Uplatnění mikrovlnného záření v potravinářství

Použití mikrovlnného ohřevu je stále se rozvíjející technika nabízející široké uplatnění v oblasti zpracování potravin již po dobu několika desetiletí. Užití mikrovlnného ohřevu je oblíbené zvláště díky snadné a bezpečné manipulaci, krátké době ošetření, schopnosti dosáhnout rychlého zvýšení teploty a nízkým nákladům na údržbu (Teng et al 2009; Giuliani et al. 2010; Chandrasekaran et al. 2013; Atuonwu & Tassou 2018; Gutiérrez-Cano et al. 2018).

3.1.2.1 Sušení mikrovlnami

Sušení je metoda, která napomáhá zachovat potraviny ve stabilním a nezávadném stavu, jelikož při sušení dochází ke snížení aktivity vody a dochází tak k prodloužení trvanlivosti potraviny, která je delší než u čerstvého produktu (Zhang et al. 2006; Pu & Sun 2016). Mikrovlnné sušení využívá převodu vysokofrekvenční elektromagnetické energie na teplo, čímž se kapalná vlhkost intenzivně odpařuje a dostává se k povrchu potravinářského materiálu (Guo et al. 2017). Sušení pomocí mikrovln umožňuje zkrátit dobu sušení a zlepšit tak konečnou kvalitu ošetřeného produktu (Zhang et al. 2006; Kowalski et al. 2016).

Ohřev pomocí mikrovlnného záření vytváří vnější tok rychle unikajících par. Kromě vyšší rychlosti procesu sušení může tento vnější tok zabránit smršťování tkáňové struktury, která převažuje u většiny technik konvekčního sušení (Kouchakzadeh & Shafeei 2010). Vnitřní odpařování vody během mikrovlnného ohřevu vede k vysokému tlaku par a poskytuje tak otevřenější strukturu a nižší stupeň smršťování v důsledku roztažnosti par uvnitř výrobku. Dochází tedy k vytvoření porézní struktury, která zlepšuje rehydratační proces, jehož cílem je obnovit vlastnosti čerstvého materiálu, pokud vysušená potravina přijde do kontaktu s kapalnou fází (Bilbao-Sáinz et al. 2005; Lombrana et al. 2010; De Bruijn & Bórquez 2014; Paengkanya et al. 2015; Guo et al. 2017).

3.1.2.2 Vaření a pečení s využitím mikrovln

Vařením pomocí mikrovlnného záření je ovlivněna vlhkost a obsah tuku v potravine. Potravinářské materiály, které byly vařené pomocí mikrovln, vykazovaly lepší barvu, chuť a nutriční hodnoty ve srovnání s těmi, které byly vařeny jinými běžně užívanými metodami (Chandrasekaran et al. 2013).

Mikrovlnné vaření udržuje vysoký obsah biologicky aktivních látek, vysokou antioxidační aktivitu a napomáhá lepší stravitelnosti bílkovin v potravine, neboť snižuje antinutriční faktory. Při mikrovlnném vaření se ovšem doporučuje používat jen velmi malé množství vody, protože jinak by mohlo dojít k výrazným ztrátám bioaktivních složek. Vaření, za pomoci nízkých teplot, může udržet vysokou hladinu živin v potravine, nicméně informací o použití mikrovlnných linek k dosažení nízkoteplotního vaření je málo (Guo et al. 2017).

Byly provedeny také pokusy s pečením pomocí mikrovln, ale Chandrasekaran et al. (2013) uvádějí, že samotné mikrovlnné pečení či kombinace s dalšími způsoby pečení (horký vzduch či infračervené záření) neposkytují lepší vlastnosti konečného produktu než konvenční pečení.

3.1.2.3 Mikrovlnná pasterace, sterilace a blanširování

Pasterace a sterilace se provádějí za účelem zničení nebo inaktivace mikroorganismů, z důvodu zvýšení bezpečnosti potravin a také možnosti delší skladovatelnosti (Nott 1999; Jain et al. 2018). K tomu, aby došlo k usmrcení patogenních mikroorganismů i jiných škůdců, se potravina udržuje po určitou dobu při určité teplotě. Pro správnou inaktivaci je důležité správně zvolit kombinaci intenzity a délky mikrovlnného ošetření, která je rozdílná pro každý potravinářský materiál (Guo et al. 2017).

Dochází také k inaktivaci nežádoucích enzymů, které mohou způsobovat nechtěné reakce v průběhu skladování (Benlloch-Tinoco et al. 2013). Procesu inaktivace enzymů se říká blanširování. Nejčastěji se u potravin jedná o inaktivaci peroxidázy a polyfenoloxidázy, neboť tyto enzymy způsobují při dalším zpracování zhoršení kvality z hlediska změn barvy a chuti. Tyto enzymy jsou také známé tím, že mají relativně vysokou tepelnou stabilitu, což jejich inaktivaci ztěžuje (Picouet et al. 2009). Dalším cílem blanširování je změkčení tkání pro snazší konzervační účinek a kratší dobu vaření a také proto, aby se odstranil intracelulární vzduch, který by mohl napomáhat oxidaci produktu (Ruiz-Ojeda & Peñas 2013). Výsledkem blanširování je stabilnější produkt pro další zpracování a skladování z hlediska kvality (barva, chuť, apod.) (Lemmens et al. 2009). Mikrovlnné blanširování může dle pokusu, který provedli Ruiz-Ojeda a Peñas (2013) způsobit nižší degradaci askorbové kyseliny ve srovnání s blanširováním pomocí horké vody. To ve své studii se sušením brambor dokazují i Khraisheh et al. (2004).

Mikrovlnná sterilace může být efektivně využita k zajištění mikrobiologické bezpečnosti potravin. Nevede k žádným zřejmým změnám v antioxidační aktivitě, barvě a obsahu bioaktivních složek díky inaktivaci nežádoucích enzymů a krátké době expozice (Guo et al. 2017). Auksornsri et al. (2018) konstatují, že mikrovlnná sterilace je účinná pro potraviny a vysokým obsahem vody, i pro potraviny se středním obsahem vody.

Existuje mnoho teorií, které vysvětlují účinek mikrovlnného ohřevu na destrukci mikroorganismů či enzymů, ale bez ohledu na přesný původ reakce je zřejmé, že mikrovlny jsou při jejich inaktivaci účinné (Chandrasekaran et al. 2013).

3.1.2.4 Mražení s využitím mikrovlnného záření

Xanthakis et al. (2014) popisují užití mikrovlnného záření během zmrazování potravinářského materiálu. Výsledky jejich studie ukazují, že pokud byly při procesu mražení užity mikrovlny, velikost vytvořených ledových krystalů byla významně nižší než při klasickém procesu zmrazování, což vedlo k menšímu potrhání a poškození mikrostruktury potravin. V průběhu zmrazování byl přerušovaným mikrovlnným zářením vyvoláván tepelný efekt, který byl zodpovědný za opakující se tání a za opětovnou tvorbu ledových krystalů, což zamezuje růstu velkých krystalů a vedle ke vzniku většího počtu menších ledových částic.

3.1.3 Kombinace mikrovlnného záření s jinými způsoby úpravy potravin

Pokud chceme co nejlépe využít výhod mikrovlnného ošetření a zároveň eliminovat jeho nedostatky, je vhodné mikrovlnné ošetření kombinovat s jinými konvenčními způsoby ošetření potravin (Chandrasekaran et al. 2013; Chizoba Ekezie et al. 2017). Mikrovlnné záření v kombinaci s jinými způsoby ošetření poskytuje často lepší funkční vlastnosti v porovnání se způsoby, kdy jde o jednostupňové ošetření (Chandrasekaran et al. 2013). Při jednostupňovém ošetření nelze zaručit úplné splnění přísných požadavků na kvalitu výrobku a zajistit co nejnižší provozní náklady. Nové technologie tepelného ošetření potravin využívající více způsobů přenosu tepla a metody, které se opírají o dva nebo i více stupňů ošetření, jsou v současné době nutností. Při vhodně zvolených kombinacích mohou vybrané hybridní nebo vícešupňové mikrovlnné linky podporovat účinné ošetření tehdy, pokud chceme získat produkt o vyšší kvalitě s co nejnižšími provozními náklady (Zhang et al. 2006). V tabulce 1 jsou uvedeny různé způsoby ošetření potravin, které byly testovány při kombinaci s mikrovlnným ohřevem. Podrobnější informace o jednotlivých kombinačních ošetřeních jsou uvedeny v BP s názvem Vliv ošetření mikrovlnným zářením na kvalitu ořechů, máku a sušeného ovoce v kapitole 3.1.3.4 Kombinace mikrovlnného záření s jinými způsoby úpravy potravin (Škvorová 2018).

Tabulka 1 – Různé možnosti ošetření, které lze kombinovat s mikrovlnným zářením

| Kombinace mikrovlnného ošetření s: | Zdroj: |
|------------------------------------|---|
| využitím ultrazvuku | Kowalski et al. (2016) |
| účinkem plazmy | Kim et al. (2017) |
| elektronovými paprsky | Chizoba Ekezie et al. (2017) |
| ohmický ohřevem | Nguyen et al. (2013) |
| osmotickým sušením | Erle & Schubert (2001), Torringa et al. (2001), Patel & Sutar (2016) |
| infračerveným zářením | Uysal et al. (2009), Chizoba Ekezie et al. (2017) |
| vakuem | Lina et al. (1998), Erle & Schubert (2001), Lombraña et al. (2010), Zielinska et al. (2015) |
| konvekčním sušením horkým vzduchem | Zielinska et al. (2015) |

3.1.4 Výhody mikrovlnného ošetření

Mikrovlny nabízejí při úpravě potravin mnohé výhody. Mezi hlavní patří úspora energie, zkrácení doby zpracování a tím i snížení provozních nákladů (Oliveira & Franca 2002; Chizoba Ekezie et al. 2017; Atuonwu & Tassou 2018). To ve svých studiích prokázali například Zielinska a Michalska (2016) při pokusu se sušením borůvek, Wang a Sheng (2006) ve studii se sušením broskví, Hazervazifeh et al. (2017) a Zarein et al. (2015) v pokusech s jablky. Rychlost sušení se v těchto studiích zvyšovala s rostoucími úrovněmi mikrovlnného výkonu. Obsah vlhkosti byl v materiálu během počáteční fáze sušení velmi vysoký, což vedlo k výraznější absorpci mikrovlnného záření a vyšším rychlostem sušení v důsledku intenzivnější difúze vlhkosti. Jak postupovalo sušení, ztráta vlhkosti ve výrobku způsobila snížení absorpce mikrovlnného výkonu a vedla k poklesu rychlosti sušení. Úspora energie i úspora provozních nákladů je dána tím, že teplo je generováno v celém potravinářském materiálu (ovšem s ohledem na tloušťku ošetřované vrstvy), což vede k rychlejšímu zahřívání a kratším dobám zpracování ve srovnání s konvenčním ohřevem, kdy se teplo obvykle přenáší z povrchu do vnitřku (Oliveira & Franca 2002; Pu & Sun 2016). Výsledky experimentu s makadamovými ořechy, které provedli Da Silva et al. (2006) přinášejí stejné výsledky. Doba sušení pomocí mikrovln (4,5-5,5 hodiny) byla mnohem kratší, než při běžném sušení teplým vzduchem (cca 144 hodin). Rovněž i u vlašských ořechů a pistácií bylo díky mikrovlnnému ošetření dosaženo výrazné časové úspory (Balbay & Şahin 2013; Ciarmiello et al. 2013). Zkrácení doby ošetření má pozitivní vliv i na kvalitu a složení ošetřované suroviny. Konvenční způsoby ošetření často vyžadují dlouhou dobu zahřívání, což má negativní dopad na texturu nebo nutriční hodnoty potravin. Ovšem rychlé mikrovlnné ošetření může napomoci produkci potravin vyšší kvality. Při rychlém mikrovlnném ošetření také nedochází k tak velké degradaci látek citlivých na vysokou teplotu (Tang 2015; Bhattacharya & Basak 2017).

Další výhodou mikrovlnného ohřevu je vyšší energetická účinnost, protože většina elektromagnetické energie je přeměněna na teplo a ztráty nejsou tak vysoké jako u konvenčního ohřevu. Teplo generované mikrovlnným zářením se tvoří přímo v produktu, nikoliv

ve stěnách pece, a proto tepelné ztráty z trouby do okolí jsou celkově mnohem nižší (Oliveira & Franca 2002; Atuonwu & Tassou 2018).

Mikrovlnné sušení vyžaduje také menší podlahovou plochu ve srovnání s konvenčními sušičkami, protože zvýšení rychlosti zpracování umožňuje konstrukci kompaktnějších zařízení, a proto lze zvýšit kapacitu bez dalších nároků na prostor. Mikrovlnné sušení má pozitivní vliv na rychlost sušení, pružnost, barvu, chuť, nutriční hodnoty, mikrobiální stabilitu, rehydratační kapacitu a křupavost (Vadivambal & Jayas 2007; Guo et al. 2017).

3.1.5 Nevýhody mikrovlnného ošetření

Ačkoli mikrovlnný ohřev nabízí mnohé výhody oproti tradičním způsobům zpracování potravin, hlavním problémem, který omezuje jeho komerční využití, je nerovnoměrné rozložení teploty, které má za následek nedostatečné prohřátí materiálu v určitých jeho částech (Giuliani et al. 2010; Vadivambal & Jayas 2010; Chen et al. 2016; Chizoba Ekezie et al. 2017). Nerovnoměrnost ošetření je závislá na dielektrických, termofyzikálních a geometrických vlastnostech materiálu a na návrhu samotného mikrovlnného ohříváče (Oliveira & Franca 2002; Chizoba Ekezie et al. 2017). Také přispívá k nerovnoměrnému rozložení vlhkosti během sušících operací, což komplikuje řízení samotného procesu a tím také získání požadovaných sušených produktů (Ekezie et al. 2017). Nerovnoměrnost způsobuje, že se část materiálu nedohřeje nebo se naopak přehřeje. U přehřátých míst dochází k nutriční a sensorické degradaci a u nedostatečně prohřátých míst existuje riziko mikrobiální kontaminace (Giuliani et al. 2010; Tang 2015; Pu & Sun 2016; Atuonwu & Tassou 2018; Jain et al. 2018).

Další nevýhodou je obtížná kontrola teploty produktu při mikrovlnném ošetření, zatímco při sušení teplým vzduchem nikdy teplota produktu nepřekročí teplotu okolního vzduchu. Vzhledem k tomu, že během konečných fází procesu sušení je k dispozici jen omezené množství vody, může teplota materiálu snadno vzrůst na úroveň, která již způsobuje spálení. S tím souvisí i výskyt nadměrně vysoké teploty podél rohů a okrajů potravinářských výrobků, což může vést k tvorbě nepříjemných sensorických látek, zejména během konečných fází ošetření produktu (Chandrasekaran et al. 2013; Zhang et al. 2017).

Při zvyšující se intenzitě ošetření může mikrovlnný ohřev účinně snižovat konečný obsah vody, ale zároveň zvyšovat míru smršťování (Guo et al. 2017). Kromě toho vysoký penetrační výkon mikrovlnné energie ovlivňuje chování přenosu tepla a může způsobit přehřátí výrobku vedoucí až k jeho spálení v závislosti na vlastnostech ošetřovaného produktu (Ekezie et al. 2017).

Tang (2015) uvádí jako další problém únik mikrovlnného záření z provozních zařízení. Pro ochranu pracovníků v potravinářských závodech mohou být instalovány detektory úniku mikrovln. Tento problém se ve firmě IBK Trade objevil v místě vstupu vzorků do mikrovlnné linky. Byl vyřešen specifickým vstupním turniketem pro vzorky, který zamezuje úniku mikrovlnného záření mimo samotnou mikrovlnnou linku (IBK Trade).

Za účelem překonání těchto problémů, zejména nerovnoměrného ohřevu, byla navržena různá řešení, která v sobě zahrnují vhodný výběr obalových materiálů a také různé možnosti kombinovaných metod ošetření, kdy dochází ke spojení s jinými druhy úprav potravin. Vyšší rovnoměrnosti mikrovlnného ohřevu lze také dosáhnout díky kontinuálnímu ošetření vzorků na místo periodického. Díky průchodu materiálu mikrovlnnou linkou dochází i k jeho

částečnému promíchání a otáčení, což je sám o sobě další doporučený způsob pro snížení nerovnoměrnosti ošetření. (Datta & Ni 2002; Chandrasekaran et al. 2013; Chen et al. 2016; Hazervazifeh et al. 2017; Atuonwu & Tassou 2018).

Eke et al. (2017) ve své studii tvrdí, že nepřetržité požívání potravin připravených v mikrovlnné troubě je škodlivé pro zdraví. Odůvodňují to jednak tím, že násilně vyvolané tření molekul vody ničí stěny buněk dané potraviny. Následně konstatují, že důvodem zdravotního rizika je snížení aktivity superoxiddismutázy a katalázy a také snížení koncentrací vitaminů A a E v těle, což vede ke zvýšené možnosti poškození buněk, snížení přirozené imunity těla a dobrého vidění. Ovšem k úbytku koncentrace antioxidantů a vitaminů dochází během jakékoli úpravy potravin (Vadivambal & Jayas 2007), což Eke et al. (2017) vůbec nezmiňují a celkově tato studie neposkytuje úplně relevantní výsledky ve srovnání se zde již zmíněnými studii.

3.2 Nutriční složení suchých skořápkových plodů

Ačkoli jsme běžně zvyklí říkat určité skupině potravin ořechy, vyhláška 153/2013 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování, ve znění pozdějších předpisů, definuje celou skupinu jako suché skořápkové plody a například pro arašidy či mandle slovo ořech vůbec nepřipouští, jak je zřejmé z tabulky 2. Je ovšem zajímavé, že označení burské ořechy, které je synonymem arašidů legislativa připouští. Zralé skořápkové plody se skládají z jádra, které je uzavřené v tvrdé a suché skořápce, celý plod je poté uzavřen do zelené, šedavě zelené nebo hnědé slupky (Duduzile Buthelezi et al. 2019).

Tabulka 2 – Suché skořápkové plody dle vyhlášky 153/2013 Sb.

| |
|--|
| Dle vyhlášky 153/2013 Sb. do skupiny suchých skořápkových plodů náleží plody nebo jejich semena uvedené pod písmeny a) až h), v surovém stavu nebo upražené či solené: |
| a) vlašské ořechy - jádra plodů ořešáku vlašského a jeho odrůd |
| b) lískové ořechy - jádra suchých plodů lísky |
| c) mandle - jádra suchých plodů mandloně obecné |
| d) kešu ořechy - semena plodů ledvinovníku západního |
| e) arašidy nebo burské oříšky - plody odrůd podzemnice olejné |
| f) para ořechy - semena juvie ztepilé |
| g) kokosové ořechy - plody palmy kokosové |
| h) piniové oříšky - semena borovice pinie |

Suché skořápkové plody jsou velice prospěšnou součástí naší stravy a důležitou složkou pekařských, cukrovinkářských a snack výrobků. U ořechů je z nutričního hlediska významný především obsah nenasycených mastných kyselin (tabulka 3). Nejvíce zastoupené jsou z monoenových mastných kyselin olejová a palmitolejová kyselina, z polyenových mastných kyselin pak hlavně linolová a α -linolenová kyselina. Dále jsou ořechy velmi bohaté na bílkoviny, vlákninu a vitaminy rozpustné ve vodě (zejména vitaminy B₁, B₆, C) i vitaminy rozpustné v tucích (A, D, E, K). Vitamin E je nejvíce zastoupeným vitaminem ve skořápkových

plodech a jeho obsah ve vybraných skořápkových plodech je uveden v tabulce 4. Skořápkové plody jsou také zdrojem minerálních látek a stopových prvků jako jsou vápník, síra, hořčík, fosfor, železo, zinek, mangan a bor (Pánek et al. 2002; Verhoeckx et al. 2015; Duduzile Buthelezi et al. 2019; Jayasena et al. 2019; Mocchiari et al. 2019; Fantino et al. 2020).

Obsah vlhkosti, obsah tuku a složení mastných kyselin, obsah antioxidantů (nejvýznamnější je vitamin E) a míra žluknutí jsou považovány za hlavní indikátory kvality skladovaných ořechů (Duduzile Buthelezi et al. 2019).

Tabulka 3 – Obsah tuku, monoenoých a polyenoých mastných kyselin vybraných skořápkových plodů (g/100 g)

| Skořápkové plody | Obsah tuku | Obsah MUFA | Obsah PUFA |
|------------------|------------|------------|------------|
| Arašídy | 48,9 | 23,1 | 13,5 |
| Kešu | 45,6 | 26,0 | 7,4 |
| Lískové ořechy | 61,4 | 47,5 | 5,7 |
| Mandle | 47,9 | 29,0 | 10,0 |
| Para ořechy | 65,2 | 19,3 | 28,1 |
| Pekanové ořechy | 69,6 | 32,5 | 26,8 |
| Pistácie | 50,0 | 27,5 | 14,5 |
| Vlašské ořechy | 61,2 | 9,5 | 43,7 |

MUFA = monoenoé mastné kyseliny

PUFA = polyenoé mastné kyseliny

Zdroj: nutridatabaze.cz

Tabulka 4 – Obsah vitamínu E u vybraných druhů skořápkových plodů (ATE/100 g)

| Skořápkové plody | Obsah vitamínu E |
|------------------|------------------|
| Arašídy | 9,21 |
| Kešu | 0,64 |
| Lískové ořechy | 24,20 |
| Mandle | 25,03 |
| Pistácie | 2,30 |
| Vlašské ořechy | 3,12 |

ATE = ekvivalent alfa-tokoferolu

Zdroj: nutridatabaze.cz

3.2.1 Pozitiva konzumace suchých skořápkových plodů

Suché skořápkové plody mají díky svému složení příznivý vliv na zdraví člověka z hlediska ochrany před kardiovaskulárními chorobami, snižují LDL-cholesterol, přispívají ke zlepšení krevní tvorby v kostní dřeni, mají protizánětlivé účinky a napomáhají s ochranou proti oxidačnímu stresu. Nenasycené mastné kyseliny mohou napomáhat zlepšit chování dětí

s poruchami učení a vylepšit schopnost se soustředit. Je zdůrazňován význam α -linolenové (ALA) kyseliny na antioxidační kapacitu, která vyjadřuje míru ochrany před negativními oxidačními účinky - především u vlašských ořechů. U arašídů je zdůrazňován příznivý vliv obsaženého resveratrolu (Limmongkon et al. 2017; Limmongkon et al. 2018; Mocciaro et al. 2019, Pi et al. 2019; Rabadán et al. 2019; bezpečnostpotravin.cz).

3.2.2 Rizika konzumace suchých skořápkových plodů

Vysoký obsah tuků může být také nevýhodou, protože přináší vysoký obsah energie (přes 2500 kJ/100 g), a je proto třeba konzumovat ořechy často, ale pouze v malých dávkách. S vysokým obsahem nenasycených tuků souvisí také vysoké riziko žluknutí. Tento proces lze zpomalit zabráněním přístupu kyslíku (vakuové balení, balení v ochranné atmosféře), omezením přístupu světla (uchovávání v temnu, příp. v obalech propouštějících méně světla) a uchováváním při nižší teplotě. Bohužel zcela zabránit žluknutí, které je způsobeno všudypřítomností vzdušného kyslíku, je velmi obtížné. Proto bychom měli buď v obchodě, popřípadě doma, ihned po zakoupení ořechů zkontrolovat jejich aroma. Pokud by jejich vůně byla zatuchlá, pak takové plody jsou nejakostní a mohou být předmětem reklamace u daného prodejce (bezpečnostpotravin.cz; SZPI.cz).

Závažným rizikem jsou v případě suchých skořápkových plodů mykotoxiny. Jejich vzniku je třeba zabránit správným usušením po sklizni, aby nedocházelo k rozvoji plísní, a to i pod skořápkou. Suché skořápkové plody uváděné na trh musí splňovat vyhláškou 153/2013 Sb. na předepsaný obsah vlhkosti (pro ořechy ve skořápce mezi 7–14 %, pro nepražená jádra 5-8 % a 4–5 % pro pražené oříšky). Za nejnebezpečnější jsou považovány plísně *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus* produkující aflatoxiny, které v případě kumulace mohou v lidském organismu poškozovat játra, podporovat vznik zhoubných nádorů a způsobovat další zdravotní potíže. V potravinách se vyskytují nejvíce 4 druhy z celkových 18 zatím známých aflatoxinů a to: B1, B2, G1 a G2, ovšem nejvíce nebezpečný a toxický je aflatoxin B1 (Taghizadeh et al. 2019). Aflatoxiny se tvoří pouze při vyšších teplotách (za nejnižší pro jejich tvorbu se považuje 16 až 17 °C). Aflatoxiny zvláště v arašidech a pistáciích jsou při dovozu do ČR přísně sledovány Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí (SZPI) a jsou do oběhu uvolněny až po ověření zdravotní nezávadnosti (Wu et al. 2019; bezpečnostpotravin.cz).

Dalším rizikem u ořechů je vysoká pravděpodobnost napadení škůdci. Dle již zmiňované vyhlášky 153/2013 Sb. při prodeji nesmějí být škůdci u skořápkových plodů přítomni. Pro některé osoby jsou ořechy nebezpečné tím, že mohou vyvolávat alergie, odhaduje se například, že na arašidy má alergii 1–2 % světové populace (Jayasena et al. 2019; Pi et al. 2019; bezpečnostpotravin.cz). Podle Nařízení EU č. 1169/2011 musí však být přítomnost ořechů v dané potravině deklarována na obalu.

U mandlí je třeba se vyvarovat nadměrné konzumaci hořkých mandlí kvůli vysokému obsahu amygdalinu (bezpečnostpotravin.cz).

3.2.3 Arašídý

Arašídý (*Arachis hypogaea* L.) (obrázek 3) se řadí mezi olejniny s vysokým obsahem bílkovin, vlákniny a monoenových i polyenových mastných kyselin v tuku, z čehož je zhruba 45 % olejové kyseliny a 30 % linolové kyseliny. Díky kladně hodnoceným smyslovým vlastnostem jsou častou součástí naší stravy. Mají vysokou nutriční hodnotu a příznivě ovlivňují kardiovaskulární i metabolický systém (Campos-Mondragón et al. 2009; Koppelman et al. 2016; Jayasena et al. 2019; Meng et al. 2020). Arašídý jsou také bohaté na polyfenolové sloučeniny jako je například resveratrol. Resveratrol vykazuje protizánětlivé a antioxidační účinky (Limmongkon et al. 2017; Limmongkon et al. 2018). Arašídý obsahují této látky cca 42 µg na 100 g (bezpečnostpotravin.cz). Obsahy základních nutrientů ve 100 gramech loupaných arašídů jsou uvedeny v tabulce 5.



Obrázek 3 – Arašídý (Zdroj: nutridatabaze.cz)

Tabulka 5 – Obsah nutrientů ve 100 gramech loupaných arašídů

| Název nutrientu | Hodnota | Jednotka |
|----------------------------|---------|----------|
| Energetická hodnota (kJ) | 2526 | kJ |
| Energetická hodnota (kcal) | 610 | kcal |
| Tuky celkové | 49.3 | g |
| Nasyčené mastné kyseliny | 9.22 | g |
| Sacharidy využitelné | 11.8 | g |
| Cukry celkové | 3.4 | g |
| Bílkoviny celkové | 25.3 | g |
| Sůl | 0 | g |

Zdroj: nutridatabaze.cz

3.2.4 Lískové ořechy

Lískové ořechy (*Corylus avellana* L.) (obrázek 4) obsahují mnoho fenolových sloučenin, které mají významnou antioxidační aktivitu. Jsou zvláště bohaté na proantokyanidiny a mají také významný obsah hydrolyzovatelných taninů, flavon-3-olů a dihydrochalkonů (Lainas et al. 2016; Taş et al. 2019). Lískové ořechy je doporučeno konzumovat i se slupkou, ta tvoří cca 2,5% hmotnosti ořechu a obsahuje ve srovnání s jádrem 1,4krát vyšší obsah fenolových látek (Taş et al. 2019).

Lískové ořechy se využívají hlavně pro cukrářské a pekárenské výrobky jako jsou čokoláda, sušenky, koláče, nebo se konzumují vcelku, buď jako syrové nebo pražené (Felbinger et al. 2020). Obsahy základních nutrientů ve 100 gramech jedlého podílu loupaných lískových

ořechů jsou uvedeny v tabulce 6. Nejvíce zastoupenou mastnou kyselinou je olejová kyselina, její množství se pohybuje v rozmezí od 76,3 do 86,5 g na 100 g oleje (Fernandez at al. 2017).



Obrázek 4 – Lískové ořechy (nutridatabaze.cz)

Tabulka 6 – Obsah nutrientů ve 100 gramech loupaných lískových ořechů

| Název nutrientu | Hodnota | Jednotka |
|----------------------------|---------|----------|
| Energetická hodnota (kJ) | 2869 | kJ |
| Energetická hodnota (kcal) | 696 | kcal |
| Tuky celkové | 66.5 | g |
| Nasyčené mastné kyseliny | 6.28 | g |
| Sacharidy využitelné | 5.5 | g |
| Cukry celkové | 5.0 | g |
| Bílkoviny celkové | 14.4 | g |
| Sůl | 0 | g |

Zdroj: nutridatabaze.cz

3.2.5 Mandle

Mandle (*Prunus dulcis*) (obrázek 5) obsahují velké množství vlákniny, mají vysoký obsah tuků (40-50 %) a tím i energie. Nejvíce z mastných kyselin je zastoupena olejová kyselina. Obsahují hodně vitaminů skupiny B, vitaminu E a listové kyseliny. Jsou také významným zdrojem minerálních látek (ve 100 g: 290 mg hořčíku, 260 mg vápníku, 730 mg draslíku, 1 mg mědi a 3 mg zinku) (Larrauri et al. 2016; Mandalari et al. 2014; bezpečnostpotravin.cz).

Existují dva typy mandlí, hořké (*Amygdalus amara*) a sladké (*Amygdalus dulcis*). Hořké mandle, které lze vizuálně jen těžko rozlišit od sladkých, mají vyšší obsah amygdalinu – toxické kyanogenní látky (rozkladem vzniká kyanovodík - HCN), která má na svědomí hořkou chuť. Hořké mandle obsahují kolem 5 % amygdalinu, kdežto sladké pouze 0,1 % amygdalinu. V případě náhodného přidavku hořkých mandlí do pečiva nehrozí nebezpečí, protože během pečení kyanovodík (HCN) vyprchá. Nebezpečná je především konzumace syrových hořkých mandlí nebo jejich přítomnost v marcipánu. Jako nebezpečná dávka pro dospělého člověka se uvádí více než 3–5 jader, jako smrtelná dávka se uvádí 10 jader (záleží však na obsahu amygdalinu). Vědecký panel EFSA pro kontaminanty (CONTAM) nastavil bezpečnou úroveň pro jednorázovou expozici (známou jako akutní referenční dávka ARfD) 20 µg na kg tělesné

hmotnosti. Ovšem pravidelná konzumace i velmi malého množství hořkých mandlí může způsobit poškození nervového systému (bezpecnostpotravin.cz). Obsahy základních nutrientů ve 100 gramech jedlého podílu loupaných mandlí jsou uvedeny v tabulce 7.



Obrázek 5 – Mandle (nutridatabaze.cz)

Tabulka 7 – Obsah nutrientů ve 100 gramech loupaných mandlí

| Název nutrientu | Hodnota | Jednotka |
|----------------------------|---------|----------|
| Energetická hodnota (kJ) | 2544 | kJ |
| Energetická hodnota (kcal) | 615 | kcal |
| Tuky celkové | 53.5 | g |
| Nasycené mastné kyseliny | 4.08 | g |
| Sacharidy využitelné | 4.0 | g |
| Cukry celkové | 3.8 | g |
| Bílkoviny celkové | 24.6 | g |
| Sůl | 0.01 | g |

Zdroj: nutridatabaze.cz

3.3 Vliv mikrovlnné úpravy na vybrané kvalitativní parametry ořechů

3.3.1 Vliv na vzhled a barvu

Při posuzování změny barevnosti se využívá metoda spektroskopie. Důležité a určující jsou 3 hodnoty. Jedná se o světelnost (L), hodnotu červenání nebo zelenání (a) a hodnotu žloutnutí nebo modrání (b) (Bai-Ngew et al. 2011). Pražení skořápkových plodů způsobuje tvorbu melanoidinových pigmentů vytvořených z aminokyselin reagujících s redukcujícími cukry během Maillardovy reakce, které dávají praženým ořechům charakteristickou barvu. Barva praženého produktu je vnímána jako hlavní kontrolní parametr, protože má vztah k chuťovým vlastnostem, a proto se dohnocení barevných rozdílů často využívá ke zjištění kvality takto upravených ořechů. Hodnota L (tj. luminance neboli míra jasů barvy) je optimální v rozmezí od 58 do 59. Nižší hodnoty L znamenají tmavší barvu, zatímco vyšší hodnoty

znamenaají světlejší barvu. Pokud dochází ke zvýšení teploty nebo prodloužení doby pečení, zesiluje se také hnědnutí ořechů. (Hojjati et al. 2013; Das et al. 2014a; Smith & Barringer 2014).

Aby se vytvořila ideální barva arašídů, samotné mikrovlnné pražení ušetřilo čas v porovnání s pražením za pomoci horkovzdušné trouby. Ovšem kombinované ošetření, kdy je nejprve využito mikrovlnného záření a až následně horkovzdušný ohřev, zkrátilo ještě více celkovou dobu pražení a barva byla vyhovující. Problém byl zjištěn u kombinovaného ošetření s opačným postupem. Horkovzdušný ohřev před mikrovlnným ošetřením zapříčiňoval tmavší barvu než při opačném kombinovaném postupu. Tento rozdíl může být způsoben účinkem teploty na dielektrické vlastnosti. Pražení ořechů před mikrovlnným ozářením zvýšilo teplotu, a proto mohlo dojít k větším ztrátám elektrické energie ve stejném časovém období, což zřejmě vedlo k tmavšímu zbarvení. Tato teorie může vysvětlit, proč kombinace nejprve horkovzdušné úpravy a až následného ošetření mikrovlnami měla za následek tmavší barvu než opačný postup (Smith & Barringer 2014). Barva syrových burských ořechů v pokusu, který provedli Jittrepotch et al. (2010) se postupně s narůstající délkou ošetření měnila na světle žlutou (2,5 min), žlutou (3,5 min) až tmavě hnědou (6,5 min). Změna barvy arašídů závisí na vzniku polymerních sloučenin známých jako melanoidiny. Melanoidiny jsou ve vodě nerozpustné látky, které jsou tvořené prostřednictvím Maillardovy reakce. Délka ošetření, pH, teplota a obsah vlhkosti hrají nejvýznamější roli při tvorbě těchto barevných sloučenin. Stejně tak i Raigar et al. (2017) ve svém pokusu s ošetřováním arašídů konstatují, že delší doba pražení a vyšší výkon mikrovlnného záření zrychlují neenzymatické reakce, které pak způsobují hnědě zbarvení. Stejně výsledky přináší i studie Yaylayan a Kaminsky (1998). Poogungploy a Poomsa-ad (2018) se ve výzkumu s makadamovými ořechy dobrali taktéž stejného výsledku. Uysal et al. (2009) zaznamenali při mikrovlnném ošetření tmavší barvu lískových oříšků, taktéž v důsledku hnědých pigmentů vzniklých prostřednictvím Maillardovy reakce. Pokud se zvyšuje mikrovlnná energie a také doba pražení, jádro oříšku je více ovlivněno mikrovlnami. Ve vnitřku jádra je vytvořeno více tepla, což vede ke zvýšení vnitřní teploty. Časový a teplotní vztah je pro Maillardovu reakci důležitý. Zvýšená teplota a delší čas vedou ke zvýšení reaktivity mezi sacharidy a aminokyselinami a zapříčiňují tak tmavší barvu produktu. Stejně tak je důležitá i vlhkost suroviny, neboť Maillardova reakce probíhá ve větším rozsahu u surovin málo nebo středně vlhkých. Maillardova reakce způsobuje pokles nutriční hodnoty v důsledku snížené stravitelnosti proteinů a ztráty esenciálních aminokyselin bez účasti enzymů. K téžavým produktům této reakce patří nízkomolekulární látky jako hydrogenuhličitan, alkoholy, ketony, aldehydy, estery, ethery i heterocyklické sloučeniny, ale vznikají i látky se střední a vysokou molekulovou hmotností jako polyfenoly a polymery peptidů. Řada pokusů s lipidy a produkty Maillardovy reakce již v 50. letech prokázala antioxidační účinek produktů této reakce. Produkty neenzymatického hnědnutí mají antioxidační a antimykotické vlastnosti. Antioxidační vlastnosti souvisejí s tvorbou struktur fenolového typu. Za hlavní antioxidanty jsou považovány již zmíněné vysokomolekulární melanoidiny (Özdemir & Devres 2000; Uslu & Özcan 2019; bezpečnostpotravin.cz).

3.3.2 Vliv na obsah vlhkosti a aktivitu vody

Voda je jednou z nejdůležitějších složek potravin, která ovlivňuje mikrobiologický růst, oxidaci tuků, strukturu a chuť potravin (Zhang et al. 2017). Při rovnovážných podmínkách je

aktivita vody (a_w) definována jako poměr tlaku vodních par potraviny k tlaku par destilované vody při určité teplotě. Při obvyklých teplotách, které umožňují mikrobiální růst, vyžaduje většina mikroorganismů a_w v rozmezí asi 0,90-1,00. Kvalitativně je a_w mírou volné vody v systému, která je k dispozici pro potřeby biologických a chemických reakcí. Čerstvě sklizené ořechy mají velmi vysoký obsah vody, který urychluje růst plísní. Ty mohou produkovat specifické enzymy štěpící sacharidy a hydrolyzující tuky na volné mastné kyseliny, čímž napomáhají žluknutí potravin. Proto je sušení velmi důležitým krokem při zpracování ořechů pro skladovací účely, neboť čím je nižší vlhkost, tím je vyšší oxidační stabilita během skladování (Borompichaichartkul et al. 2009; Duduzile Buthelezi et al. 2019). Ořechy, které vykazují aktivitu vody (a_w) mezi 0,30 a 0,50 se považují za stabilní při skladování (Das et al. 2014b).

Jittrepotch et al. (2010) ve své studii účinků mikrovlnného záření na arašídů konstatují, že vlhkost ořechů se výrazně snižuje s dobou ohřevu a vysvětlují to tím, že dochází k zahřátí na teplotu varu, která způsobuje odpaření vody. Smith a Barringer (2014) uvádějí, že neošetřené arašídů měly obsah vlhkosti $2,90 \pm 0,18$ %. Po ošetření za pomoci horkého vzduchu hodnota poklesla na $0,43 \pm 0,03$ % a po ošetření mikrovlnným zářením poklesla hodnota na $0,53 \pm 0,01$ %. Ve studii s pražením arašídů Raigar et al. (2017) došli k závěru, že ztráta vlhkosti má tendenci se zvyšovat s delší dobou ošetření a při vyšších výkonech mikrovlnné energie. U jejich pokusu byl obsah vlhkosti při využití mikrovln $3,18 \pm 0,03$ % a při použití konvenčního postupu sušení $3,44 \pm 0,08$ %. Aktivitu vody a obsah vlhkosti v souvislosti s mikrovlnným ošetřením posuzovali u kešu ořechů i Das et al. (2014a). Při prodloužení doby expozice vzorku došlo k poklesu obsahu vlhkosti bez ohledu na úroveň výkonu mikrovlnné trouby. Po ošetření byl pozorován pokles obsahu vlhkosti ořechů z původních 2,5 % u neošetřeného vzorku na 1,97 %, 1,95 % a 1,54 % při výkonech 240, 360 a 480 W. a_w byla u vzorků tohoto experimentu v rozmezí od 0,37 do 0,49. Hojjati et al. (2015) tetovali pistácie. Hodnota a_w se snížila z 0,375 (surový vzorek) na 0,094 pro pistácie upravené v horkovzdušné troubě. Při ošetření mikrovlnným zářením se hodnota a_w pro různé intenzity pohybovala v rozmezí 0,268-0,166. Das et al. (2014b) při pokusech s vlašskými ořechy zjistili, že došlo k poklesu obsahu vlhkosti z 3,70 % (neošetřený vzorek) na 3,01 %, 2,61 % a 1,18 % při 240, 360 a 480 W. Aktivita vody všech vzorků byla od 0,32 do 0,45. Poogungploy et al. (2018) konstatují, že pokud byl využit mikrovlnný ohřev, bylo u makadamových ořechů dosaženo nižších hodnot a_w a tím i lepších podmínek pro skladování produktu.

3.3.3 Vliv na kvalitu tuků

Ořechy jsou potraviny, které jsou velice bohaté na tuk zvláště na nenasycené mastné kyseliny. Z tohoto důvodu je jakostní stabilita ořechů během úpravy a následného skladování limitována především oxidačním žluknutím a lipolýzou (neboli žluknutím hydrolytickým). Oxidace tuků má v potravině za následek zhoršení sensorických vlastností, zvláště má pak vliv na chuť a také vede ke snížení trvanlivosti. K oxidačnímu žluknutí dochází, když nenasycené mastné kyseliny reagují s kyslíkatými látkami s nízkou molekulovou hmotností, což nakonec vede k vývoji nechtěných sensorických vlastností, zatímco při hydrolytickém žluknutí se uvolňují mastné kyseliny. Pokud je jejich obsah v dané potravině vysoký, mohou naznačovat nevhodné zacházení s potravinou (Velíšek et al. 2009; Smith et al. 2014; Duduzile Buthelezi

et al. 2019). Žluknutí tuků může být indukováno světlem, vzduchem, teplem, mikroorganismy, kontaminací kovy nebo enzymatickou aktivitou. Nejčastěji působícími enzymy při žluknutí tuků jsou lipáza, peroxidáza nebo lipoxygenasa. Hydroperoxydy, které jsou hlavními produkty oxidace lipidů, nemají přímý vliv na sensorickou jakost suroviny, ale následně se rozkládají na alkoholy, alkany, ketony a aldehydy, které mohou vyvolávat charakteristické pachutě závislé na koncentraci rozkladných produktů a také na jejich složení. Z hlediska ochrany proti oxidaci a lipolýze tuků jsou velice důležité antioxidanty (Velíšek et al. 2009; Ling et al. 2014; Smith & Barringer 2014; Duduzile Buthelezi et al. 2019). Průběh oxidace má dvě fáze. V první fázi probíhají oxidační děje pomalou a rovnoměrnou rychlostí, pracují zde antioxidanty a v potravíně je přítomno pouze malé množství hydroperoxidů. Tato fáze se nazývá indukční perioda (IP). Jako druhá pak následuje rychlá fáze, kdy velké množství hydroperoxidů vyvolává tvorbu velkého množství volných radikálů, a tak se rychlost oxidace prudce zvedá. Při skladování potravin tedy chceme, aby indukční perioda byla co nejdélejší a potraviny nepřešly do rychlé fáze oxidačních dějů (Giuliani et al. 2010; Da Silva et al. 2017; Raigar et al. 2017). Obecně platí, že na IP oleje nemá vliv teplota při ošetření, ovšem Raigar et al. (2017) uvádějí, že u arašídů dochází při zvýšení mikrovlnného výkonu a doby pražení také k prodloužení délky IP. Tento efekt vědci zdůvodňují zvýšenou tvorbou produktů Maillardovy reakce, které mají mimo jiné i antioxidační vlastnosti. Látky vznikající při Maillardově reakci jsou produkty vytvořené mezi redukcujícími cukry a volnými aminokyselinami, o nichž je známo, že obsahují fenolové struktury, které mají schopnost zachytávat volné radikály. Výsledky Raigar et al. (2017) dokazují, že řízené pražení při optimálním výkonu mikrovlnné trouby a době ošetření může mít pozitivní vliv na oxidační stabilitu arašídů.

3.3.3.1 Peroxidové číslo

Hodnota peroxidového čísla (PV) je využívána jako indikátor kvality tuků a olejů. Díky této hodnotě můžeme zjistit, zda došlo k jejich oxidaci (Smith et al., 2014; Duduzile Buthelezi et al. 2019). Hodnota PV také závisí na přítomnosti antioxidačních látek, na obsahu vlhkosti a také přítomnosti nenasycených mastných kyselin, které jsou velmi náchylné na oxidaci (Raigar et al., 2017).

Maximální hodnota PV pro arašídový olej je 10,0 meq O₂ na kg oleje. Při této hodnotě zůstává zachována sensorická kvalita ořechů (Smith et al. 2014). Vzorky, které byly ošetřené mikrovlnným či kombinovaným zářením vždy s využitím mikrovlnného záření, měly dle studie Smith et al. (2014) hodnoty PV nižší než 10,0 meq O₂ na kg oleje, vzorky měly tedy nízké hladiny hydroperoxidů. Hodnota PV surových arašídů se významně nelišila od hodnot ošetřených arašídů, což naznačuje, že mikrovlnné ošetření příliš hodnotu PV neovlivňuje. Studii s ošetřováním arašídů prováděli také Raigar et al. (2017) a jejich výsledky ukazují, že při vyšší mikrovlnné energii a delší době úpravy potraviny dochází k poklesu hodnoty PV. Pomocí matematických přepočtů pak došli k optimální hodnotě PV při délce ošetření 202 s a výkonu 898,57 W. V rámci této studie také porovnávali technologie pražení pomocí mikrovln (doba pražení: 201 s, výkon: 900 W) a konvenčního bubnového pražení (doba pražení: 10 minut, teplota: 140 °C). PV při využití mikrovln bylo 8,52 ± 0,13 meq O₂ na kg oleje a při použití konvenčního postupu dospěli k hodnotě PV 12,35 ± 0,21 meq O₂ na kg oleje. JittrePOCH et al. (2010) sledovali změny oxidační stability u arašídů po mikrovlnném ohřevu o výkonu 900

W. Vzorke ořechů byly ošetřovány po dobu 0; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 a 6,5 min. PV takto ošetřených arašídů významně rostlo ($p < 0,05$) s prodlužujícím se časem, po který mikrovlny na vzorky působily. Hodnoty PV vzorků byly v rozmezí 2,31–7,55 meq O₂/kg tuku, ale stále se daly považovat za přijatelné. Aljuhaimi a Özcan (2018) pražili také pomocí mikrovln arašidy. U surových burských ořechů došli k hodnotě PV 18,63 ± 1,19 meq O₂ na kg oleje. Využití mikrovlnného ošetření způsobilo pokles PV na hodnotu 12,50 ± 0,81 meq O₂ na kg oleje, ovšem úprava ořechů v horkovzdušné troubě způsobila vysoké zvýšení PV na hodnotu 74,26 ± 3,71 meq O₂ na kg oleje. Bylo zjištěno, že když je hodnota PV ve vlašských ořeších nižší než 3,0 meq O₂ na kg oleje, můžeme kvalitu ořechů označit za přijatelnou. Hodnota PV u surových vzorků vlašských ořechů byla ve studii Das et al. (2014b) 2,89 ± 0,048 meq O₂ na kg oleje. Hodnota PV poklesla, když došlo ke zvýšení výkonu mikrovlnného záření a délky ošetření. Vlašské ořechy pražené v mikrovlnné troubě na konečnou teplotu 50-55 °C měly PV 1,35-1,42 meq O₂ na kg oleje. Hodnota PV mikrovlnně ozářených vlašských jader se zvýšila po 6 měsících skladování při teplotě 25 °C, ale stále byla v mezích přijatelné kvality, tedy PV vlašských ořechů je menší než 3,0 meq O₂ na kg oleje. Zvýšení PV však poukazuje na tvorbu hydroperoxidů a nástup oxidačního žluknutí. Ihned po expozici mikrovlnami hodnoty PV u kešu ořechů poklesly na 1,10 až 1,66 meq O₂ na kg oleje, přičemž hodnota u surových ořechů byla 2,08 ± 0,05 meq O₂ na kg oleje. Obě hodnoty klesaly s nárůstem úrovně mikrovlnného výkonu (240, 360, 480 W) a dobou expozice (30, 60, 90, 120, 180 a 240 s). Bylo zjištěno, že hodnoty PV mikrovlnně upravených kešu ořechů se lehce zvyšují po 6 měsících skladování při pokojových podmínkách, avšak stále byly v přijatelných mezích, kdy dle specifikací OSN jsou maximální tolerované hodnoty PV pro kešu ořechy menší než 5,0 meq O₂/kg (Das et al. 2014a). V pokusu s makadamovými ořechy, který učinili Da Silva et al. (2006), vykazoval horkovzdušně ošetřený vzorek v porovnání se vzorkem ošetřeným za pomoci kombinované metody s využitím mikrovlnného ohřevu vyšší hodnotu PV na konci doby skladování (180 dní při teplotě 25 ± 3 °C), což ukazuje, že kombinovaný proces sušení horkým vzduchem a mikrovlnami přispěl k nižší oxidaci tuků. Při pokusu Kermani et al. (2017) s pražením pistácií pomocí mikrovlnného záření a slunečního záření byla hodnota PV vyšší u ořechů ošetřených za pomoci slunečního záření. To může být způsobeno delší dobou schnutí a intenzivnějším vystavení vzduchu, což vede k vyšší oxidaci tuků.

4 Metodika

4.1 Materiál

Materiálem, který byl použit v experimentální části práce byly tři druhy suchých skořápkových plodů. Jednalo se o neloupané surové arašídny, déle skladované loupané mandle a déle skladované loupané lískové ořechy, které byly dodány firmou IBK Trade. Země původu a minimální doba trvanlivosti jsou u jednotlivých vzorků uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 – země původu a minimální doba trvanlivosti vzorků použitých v experimentu

| Druh vzorku | Země původu | Doba minimální trvanlivosti |
|----------------|-------------|-----------------------------|
| Arašídny | Čína | 15. 6. 2021 |
| Mandle | USA | 31. 7. 2020 |
| Lískové ořechy | Gruzie | 20. 4. 2020 |

4.2 Metodika

Vzorky všech tří druhů ořechů byly ošetřeny na mikrovlnné lince firmy IBK Trade při jejím prvním spuštění. Po ošetření byly vzorky rozděleny na tři stejné skupiny, každá skupina byla dále rozdělena na tři podskupiny. Stejným způsobem byly rozděleny i skupiny neošetřených vzorků. Byl proveden skladovací pokus s následným měřením peroxidového čísla. Skladování probíhalo při teplotách 20 °C, 40 °C a 60 °C po dobu tří měsíců. Analýza na stanovení hodnot peroxidového čísla byla provedena ihned po ošetření a další analýzy pak byly provedeny vždy po jednom měsíci skladování pro vzorky ve všech třech skladovacích teplotách. Celkem byla provedena tři měření od každé skladovací teploty. Analyzovány byly vždy vzorky ošetřené i neošetřené ve dvou opakováních. Obsah vlhkosti byl analyzován u vzorků neošetřených a vzorků ihned po ošetření. Analyzovány byly vždy pouze jedlé části vzorků. U arašídů byla pro analýzu ponechána slupka přiléhající přímo k jednotlivým kusům, protože u neošetřených kusů ji nebylo možné odloučit.

4.2.1 Ošetření vzorků - IBK Trade

Firma IBK Trade byla založena v roce 1992 v Praze. Specializuje se na dovoz, zpracování, balení a distribuci širokého sortimentu ořechů, sušeného ovoce, semen a dražovaných produktů. V balárně v Horní Cerekvi je zpracovááno kolem 80 druhů surovin a na trh je produkováno přes 1000 typů výrobků. Firma disponuje moderními výrobními technologiemi a je plně vybavena stroji na třídění, pražení, sekání a balení. Novinkou v technologickém portfoliu IBK Trade je nová mikrovlnná linka s dohřevnou zónou, která má sloužit k hygienizaci a tepelné stabilizaci určených druhů potravinářského materiálu (IBK Trade).

4.2.1.1 Mikrovlnná linka IBK 50

Vzorky ořechů byly ostřeny na lince MW IBK 50 (obrázek 6), která byla speciálně vyvinuta a sestrojena společností ROmiLL, spol. s r.o. se sídlem v Brně. Jedná se o automatickou mikrovlnnou linku s dohřevnou zónou.



Obrázek 6 – Mikrovlnná linka s dohřevnou zónou společnosti IBK Trade
(foto autorka)

Mikrovlnná část linky je složena s pěti komor, kterými prochází tubus, ve kterém se pohybuje potravinářský materiál. V každé komoře jsou dvě okna pro průchod mikrovlnného záření a intenzita je v každé z pěti komor regulovatelná. Pod každou komorou se nacházejí dva magnetony, které zabezpečují vývoj mikrovlnného záření. Linka je nastavena na automatické rozpoznávání obsahu materiálu. Čím více suroviny se v lince nachází, tím je záření intenzivnější. Vstup materiálu je řešen turniketovým dávkovačem, který zajistí rovnoměrné rozvrstvení suroviny a také zamezí úniku mikrovln mimo prostor mikrovlnné linky. Posun potravinářského materiálu je řešen hydraulickým sklopením celé linky a lze tak snadno nastavit rychlost průchodu suroviny. Na konci linky je umístěn teploměr pro průběžné sledování teploty produktů. Ne všechna mikrovlnná energie je absorbována potravinou a dle výrobce linky a studie IBK Trade se odrazí cca 10 % mikrovlnného záření. To je následně využito k ohřevu vody.

Druhou částí linky je dohřevná zóna, která má za cíl snížit dopad nerovnoměrnosti mikrovlnného ošetření a dopomoci dosáhnout u veškerého materiálu požadované teploty.

Dohřevná část se skládá ze tří nad sebou umístěných perforovaných pásů s možností výměny dle druhu ošetřovaného materiálu. Každý pás má svojí vlastní termoregulaci a izolaci. První pás je konstruován jako dohřevný a zajišťuje samotný dohřev materiálů při deklarované teplotě. Prostřední a spodní pásy pak slouží k postupnému chladnutí materiálu. Posun materiálů je zajištěn pojízdností pásů a poté gravitačním přepadem. Materiál, který projde linkou, pak ještě dle postupu IBK Trade chladne na pokojovou teplotu v žocích. Teplota po opuštění linky závisí na druhu ošetřované suroviny a také na zvolené intenzitě mikrovlnného ošetření. Parametry mikrovlnné linky jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9 – Parametry mikrovlnné linky IBK Trade

| | |
|---------------------------|----------------------|
| Typ | MW IBK 50 |
| Výrobní číslo | 0218061 |
| Vstupní napětí a kmitočet | 3 x 400/230 V, 50 Hz |
| Jmenovitý proud | max. 170 A |
| Počet generátorů | 10 |
| Kmitočet mikrovln | 2450 MHz |

Vzorky mandlí, lískových ořechů a neloupaných arašídů byly ošetřeny na konci října 2019 při prvním spuštění mikrovlnné linky při intenzitě mikrovlnné energie 4 x 2 kW. Všechny vzorky byly v mikrovlnné části 2 minuty a teplota při přechodu do dohřevné zóny se pohybovala okolo 100 až 105 °C. V dohřevné zóně byly vzorky po dobu 5 minut, kdy první patro zajišťovalo teplotu 105 °C, ostatní dvě patra sloužila pro postupné chladnutí vzorků. Poté byly vzorky volně loženy v prostoru, kde postupně zchladly na pokojovou teplotu.

4.2.2 Skladování vzorků

První skupina vzorků byla skladována volně ložena v laboratoři, kde se teplota udržuje na 20 °C. Pro skladování při 40 °C byl využit mini inkubátor Labnet (Německo) a při skladování poslední skupiny vzorků při teplotě 60 °C byla využita sušárna Binder (Německo) s automatickou cirkulací vzduchu. Všechny vzorky byly uloženy v otevřených skleněných nádobách stejného objemu i tvaru.

4.2.3 Homogenizace vzorků

Homogenizace vzorků byla provedena na homogenizátoru Grandprix 2008 (Retsch, Německo). Nejprve byly vzorky mlety 2 vteřiny při 2000 otáčkách za minutu, poté dvě vteřiny při 4000 otáčkách za minutu a nakonec byl vzorek homogenizován 3 vteřiny při 10000 otáčkách za minutu. Díky rychlé homogenizaci se předešlo nadměrnému zahřátí vzorku a tím i nechtěné extrakci a degradaci tuku během samotného procesu mletí. Větší, okem viditelné kusy, byly z následné analýzy odstraněny.

4.2.4 Analýza barvy

Pro analýzu barvy byl využit spektrofotometr CM 700d (Konica Minolta, Japonsko). Barva byla analyzována u vzorků ve slupce, bez slupky i u vzorků rozemletých včetně slupky. Vzorek byl přiložen na 8 mm štěrbinu spektrofotometru a byla provedena dvě měření u každé sledované části vzorku. Byly sledovány hodnoty: L* (světlost) - hodnota optické reflexe,

pohybující se od černé barvy (0 %) po bílou (100 %), a^* (poloha barvy od zelené po červenou ve světelném spektru), která se zvyšuje s intenzitou červené barvy a b^* (poloha barvy od modré ke žluté ve světelném spektru), která se zvyšuje se žlutou barvou.

4.2.5 Stanovení obsahu sušiny

Stanovení sušiny proběhlo na základě dvou navážek od každého vzorku po 5 g do předem vysušených hliníkových misek, které se následně vložily na 4 hodiny do sušárny (Memmert, Německo) vyhřáté na 103 °C. Po vysušení se misky nechaly vychladnout v exsikátoru a následně byly zvaženy.

4.2.6 Stanovení peroxidového čísla

Tuk z cca 5 g vzorku byl extrahován v Erlenmeyerově baňce pomocí 50 ml petroletheru. Baňka byla po promíchání vzorku s rozpouštědlem umístěna 10 minut na ultrazvukovou třepačku (Tesla, Československo). Následně byla baňka ponechána dalších 10 minut v klidu. Po extrakci byl vzorek přefiltrován (s přidávkem 1,25 g bezvodého síranu sodného) a odpařen na rotační vakuové odparce Laborota 4000 (120 otáček.min⁻¹, 40 °C, 5 minut; Německo). Cílem byla šetrná extrakce a získání dostatečného množství tuku pro stanovení oxidační stability, nikoliv kvantitativní extrakce veškerého tuku ze vzorku. Extrahovaný tuk byl použit ke stanovení peroxidového čísla a byla použita metoda popsána v normě ČSN EN ISO 3960 Živočišné a rostlinné tuky a oleje - Stanovení peroxidového čísla - Jodometrické (vizuální) stanovení koncového bodu. Množství tuku bylo dáno množstvím vyextrahovaného tuku a přidáváno bylo 10 ml chloroformu a 10 ml kyseliny octové. Dále šlo o titrační stanovení za pomoci poloautomatické byrety firmy Titrette® (Německo).

4.2.7 Statistické metody

K vyhodnocení výsledků byl použit program STATISTICA 12 (StatSoft, Inc.). Na určení statisticky významných rozdílů mezi vzorky byla použita multifaktorová ANOVA s následným post-hoc Sheffeho testem na hladině významnosti 95 %.

5 Výsledky

5.1 Vzhled a barva

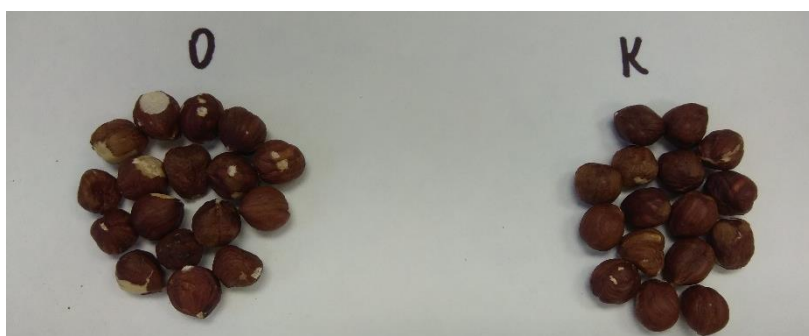
V rámci této práce nebylo provedeno senzorické hodnocení, ale spektrofotometrické měření barvy jednotlivých skořápkových plodů. Struktura vzorků zůstala po ošetření stejná, pouze slupka ošetřených arašídů byla na rozdíl od neošetřených velmi lehce oddělitelná. Vzhled u ošetřených vzorků v porovnání s neošetřenými vzorky je vidět na obrázcích 7 až 9. Fotografie jasně ukazují narušení slupek, ovšem barva je na fotografiích zkreslená.



Obrázek 7 – Vzhled arašídů po a před mikrovlnným ošetřením (O - ošetřené, K - neošetřené)
(foto autorka)



Obrázek 8 – Vzhled mandlí po a před mikrovlnným ošetřením (O – ošetřené, K – neošetřené)
(foto autorka)



Obrázek 9 – Vzhled lískových ořechů po a před mikrovlnným ošetřením (O - ošetřené, K - neošetřené) (foto autorka)

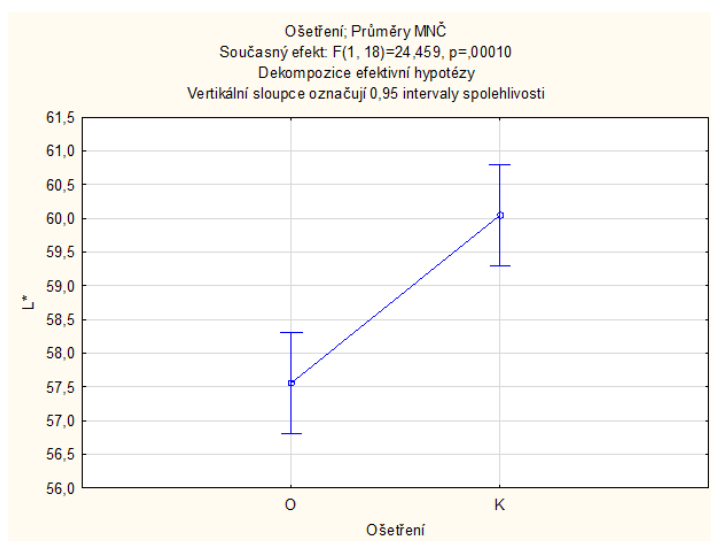
V tabulce 10 jsou uvedeny průměrné hodnoty naměřených barevných ukazatelů vzorků skořápkových plodů. Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze 1. Pro statistické hodnocení jednotlivých světelných parametrů byla využita multifaktorová ANOVA, v rámci které byly zahrnuty naměřené hodnoty zbarvení vnitřní slupky přiléhající ke vzorkům, vzorků bez slupky a namletých vzorků se slupkami. Arašídů byly před analýzou vyloupany a vnější slupky nebyly k analýze využity.

Tabulka 10 – Hodnoty L*, a* a b* u vzorků jak ošetřených (O), tak i neošetřených (K)

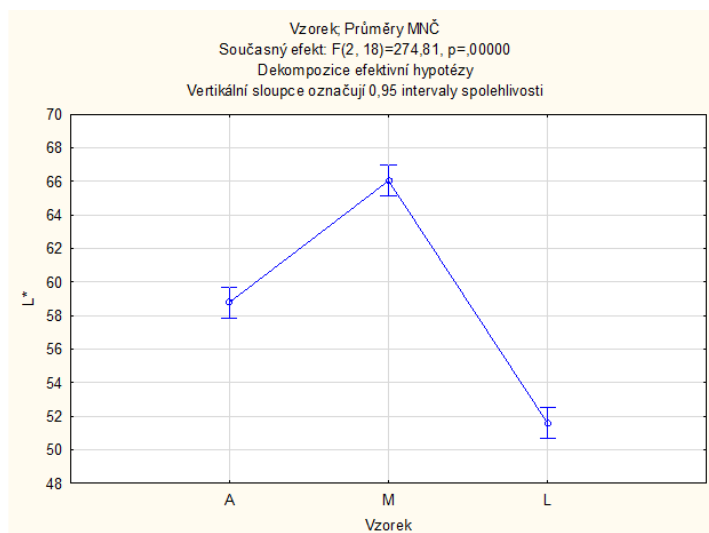
| | | Arašídů | | | Mandle | | | Lískové ořechy | | |
|--------------------|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | | L* | a* | b* | L* | a* | b* | L* | a* | b* |
| Slupka | O | 42,93 | 23,06 | 19,75 | 43,62 | 18,645 | 28,405 | 33,36 | 15,735 | 13,12 |
| | K | 45,325 | 21,505 | 18,82 | 48,745 | 17,78 | 32,915 | 37,2 | 17,295 | 18,745 |
| Bez slupky | O | 69,405 | 10,865 | 34,445 | 87,61 | 0,3 | 14,705 | 62,685 | 6,595 | 26,555 |
| | K | 78,71 | 0,28 | 26,07 | 87,475 | 0,375 | 14,835 | 67,145 | 8,59 | 30,03 |
| Namleté se slupkou | O | 55,4 | 8,32 | 21,83 | 66,44 | 4,39 | 18,88 | 56,61 | 10,89 | 21,88 |
| | K | 60,97 | 3,19 | 15,46 | 62,35 | 4,99 | 16,66 | 52,54 | 12,79 | 22,66 |

U všech vzorků došlo po ošetření k jejich ztmavnutí. U arašídů došlo po ošetření také k nárůstu červeného (a*) a žlutého (b*) barevného parametru, kdežto u mandlí a lískových ořechů to bylo téměř ve všech případech přesně opačně, tedy po ošetření došlo k poklesu červeného a žlutého parametru (tabulka 10).

Hodnota L* značí světlost vzorků, přičemž čím jsou hodnoty vyšší, tím jsou vzorky světlejší. U tohoto parametru byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky ošetřenými mikrovlnným zářením (O) a vzorky neošetřenými (K) ($p < 0,001$), jak ukazuje obrázek 10. Ovšem statisticky významný rozdíl byl zjištěn i díky vlivu jednotlivých druhů skořápkových plodů ($p < 0,001$), což je vidět na obrázku 11 a v příloze 2. Proto byl sledován i vliv ošetření mikrovlnným zářením pro každý vzorek v samostatné analýze.

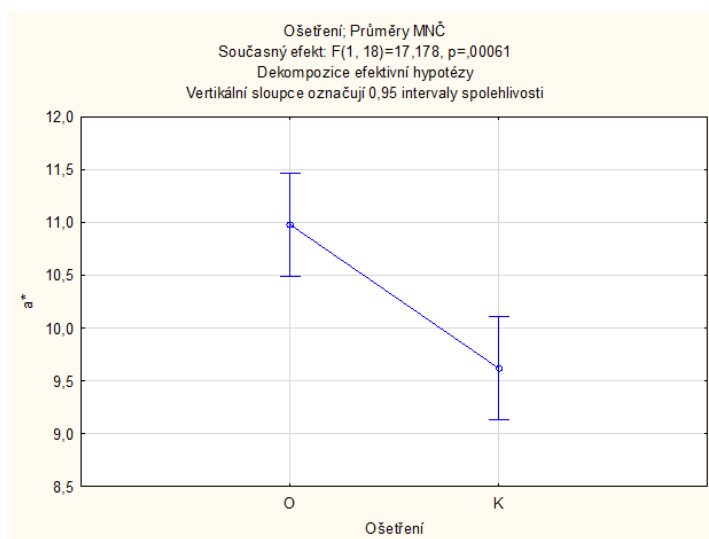


Obrázek 10 – Statistické hodnocení rozdílů v parametru L* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky

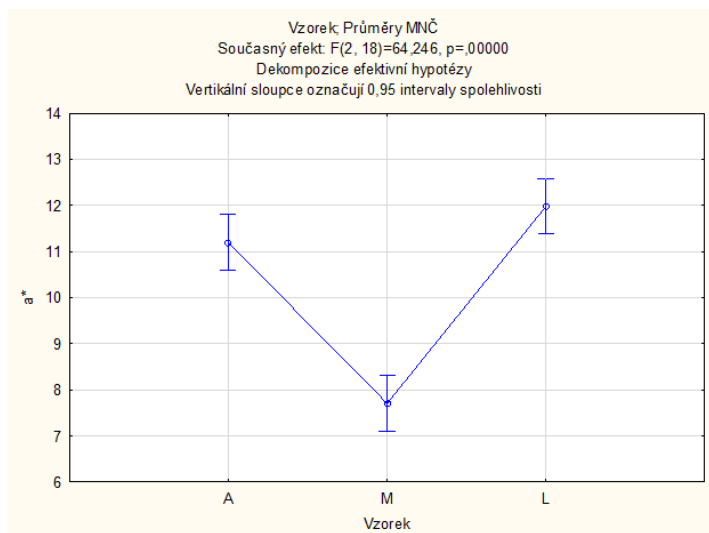


Obrázek 11 – Statistické hodnocení rozdílů v parametru L mezi jednotlivými vzorky L – lískové ořechy, A – arašídy, M – mandle

Při statistickém hodnocení červenosti (a^*) byl zjištěn statisticky významný rozdíl, taktéž jako u hodnoty L^* , díky vlivu ošetření ($p < 0,001$; obrázek 12) a vlivu vzorku, zvláště pak mezi mandlemi a lískovými ořechy a mezi mandlemi a arašídy ($p < 0,001$; obrázek 13, příloha 3). I zde byl, jako u parametru L^* , sledován vliv ošetření zvlášť pro každý vzorek samostatně.

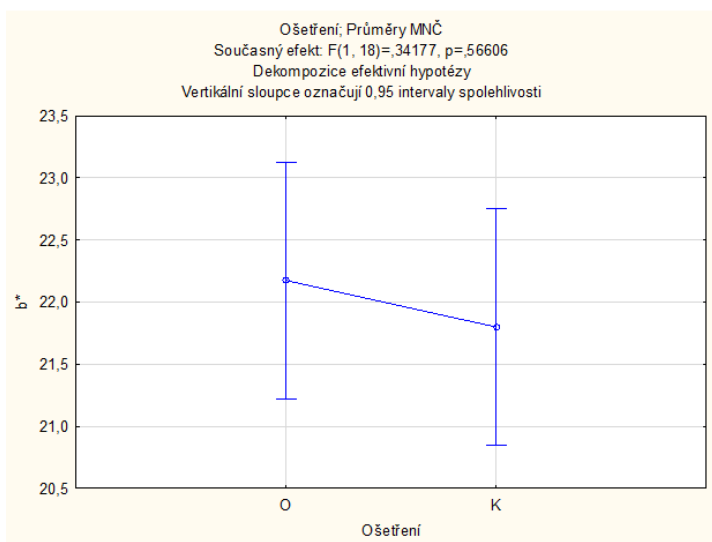


Obrázek 12 – Statistické hodnocení rozdílů v parametru a^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky

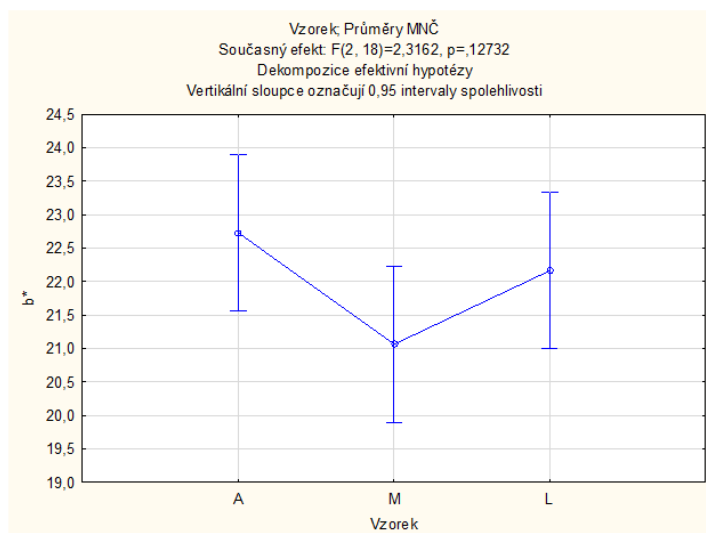


Obrázek 13 – Statistické hodnocení rozdílů v parametru a^* mezi jednotlivými vzorky
 L – lískové ořechy, A – arašídý, M – mandle

Statistické hodnocení parametru žluté (b^*) nepřineslo statisticky významné rozdíly mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky a ani mezi jednotlivými druhy skořápkových plodů, jak ukazuje obrázek 14 respektive obrázek 15.



Obrázek 14 – Statistické hodnocení rozdílů v parametru b^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky

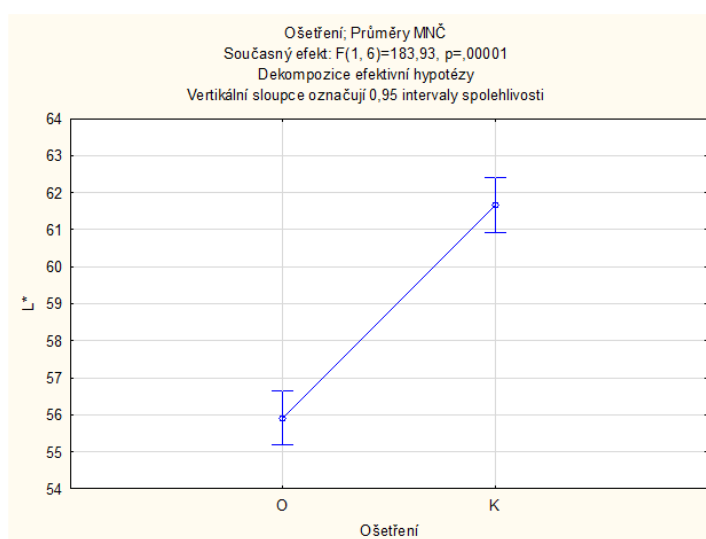


Obrázek 15 – Statistické hodnocení rozdílů v parametru b^* mezi jednotlivými vzorky L – lískové ořechy, A – arašídy, M – mandle

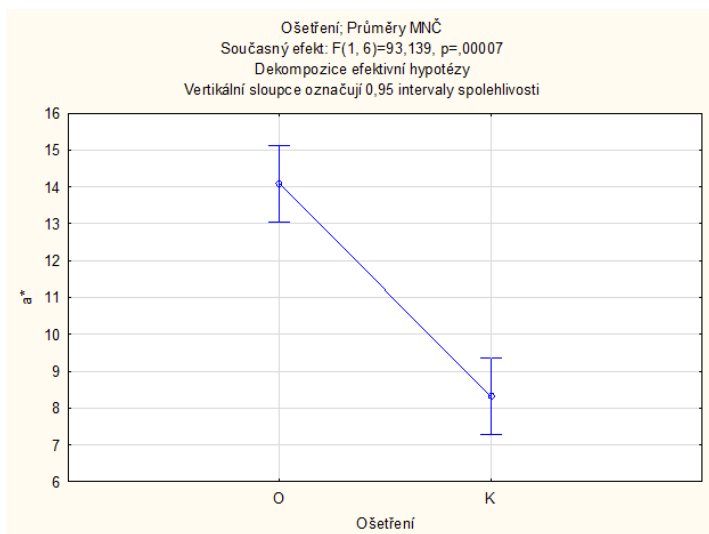
5.1.1 Arašídy

Hodnoty L^* byly vyšší u neošetřených vzorků, což ukazuje, že kontrolní vzorky byly světlejší oproti ošetřeným vzorkům. Hodnoty parametru a^* i b^* byly nižší u kontrolních vzorků, což naznačuje, že ošetření zvýšilo intenzitu červené barvy i žluté barvy (tabulka 10).

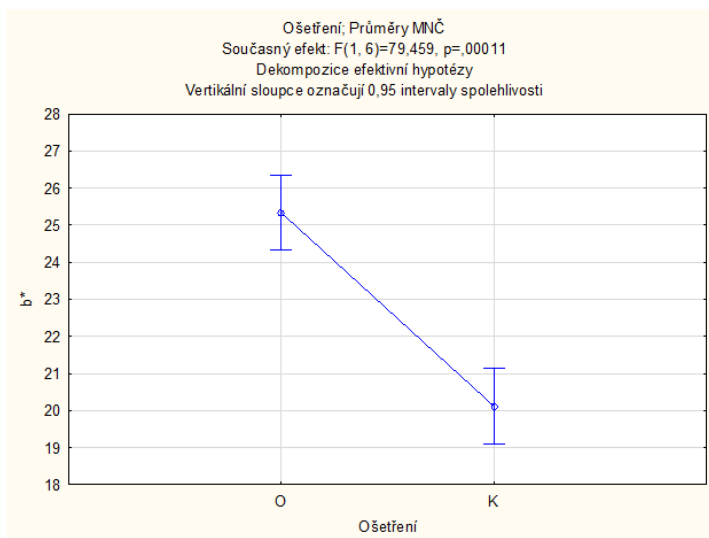
Při statistickém hodnocení parametru L^* u burských ořechů byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky ($p < 0,001$; obrázek 16). Nadále bylo zjištěno, že mikrovlnné ošetření mělo vliv na barvu samotných i rozemletých plodů, ovšem u slupky ke statisticky prokazatelnému rozdílu hodnoty L^* nedošlo (příloha 4). Naprosto stejné výsledky, tedy statisticky průkazný rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky a statisticky neprůkazný rozdíl mezi intenzitou zbarvení slupky ošetřených a neošetřených vzorků, byly prokázány i u parametrů a^* a b^* , což je viditelné na obrázku 17 ($p < 0,001$), respektive 18 ($p < 0,001$) a příloze 5 respektive 6.



Obrázek 16 – Statistické hodnocení rozdílů parametru L^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky arašídů



Obrázek 17 – Statistické hodnocení rozdílů parametru a^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky arašídů

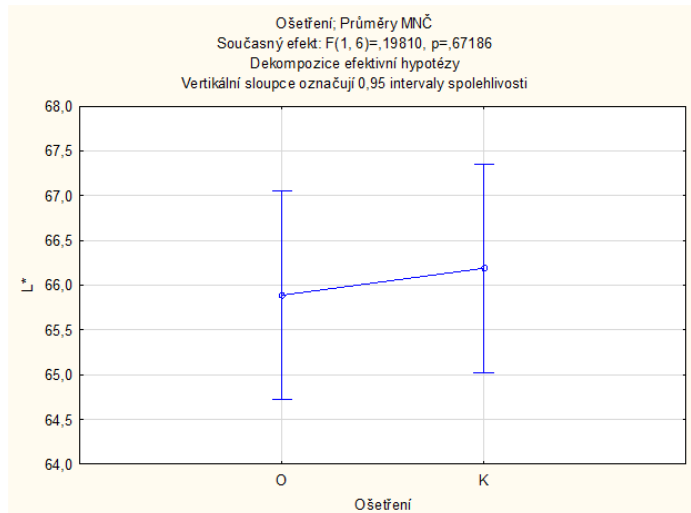


Obrázek 18 – Statistické hodnocení rozdílů parametru b^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky arašídů

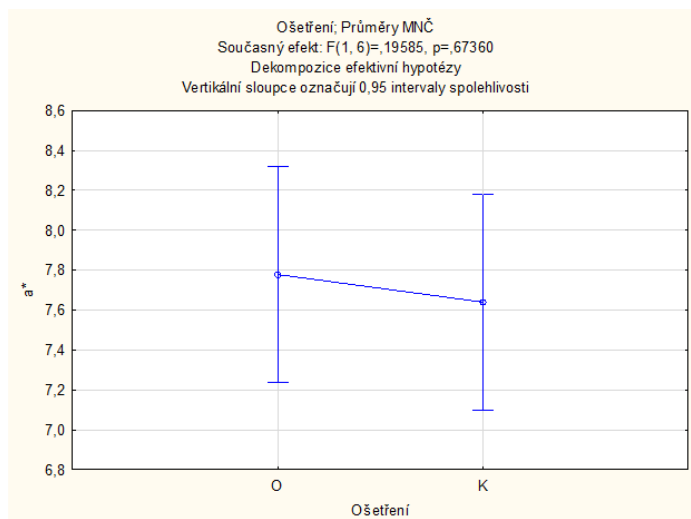
5.1.2 Mandle

Hodnoty L^* byly vyšší u neošetřených vzorků, což ukazuje, že kontrolní vzorky byly oproti ošetřeným vzorkům světlejší. Hodnoty parametru a^* i b^* byly vyšší u neošetřených vzorků, což naznačuje, že ošetření snížilo intenzitu červené barvy i žluté barvy (tabulka 10).

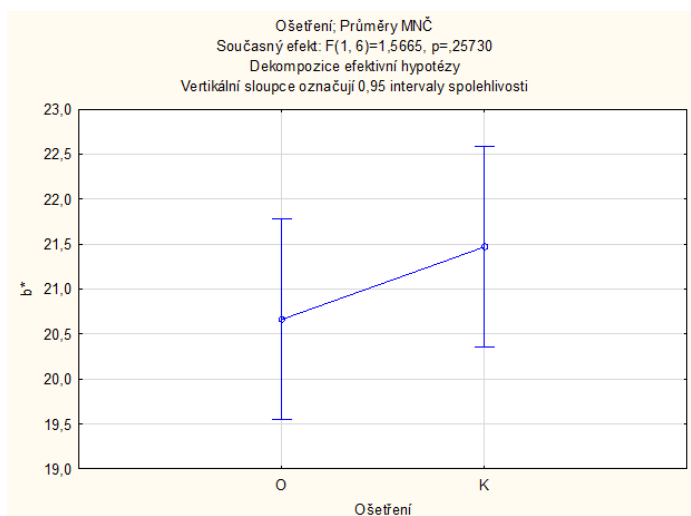
U statistického hodnocení parametru L^* a^* a b^* nebyly prokázány významné rozdíly mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky (obrázky 19-21).



Obrázek 19 – Statistické hodnocení rozdílů parametu L^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky mandlí



Obrázek 20 – Statistické hodnocení rozdílů parametu a^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky mandlí

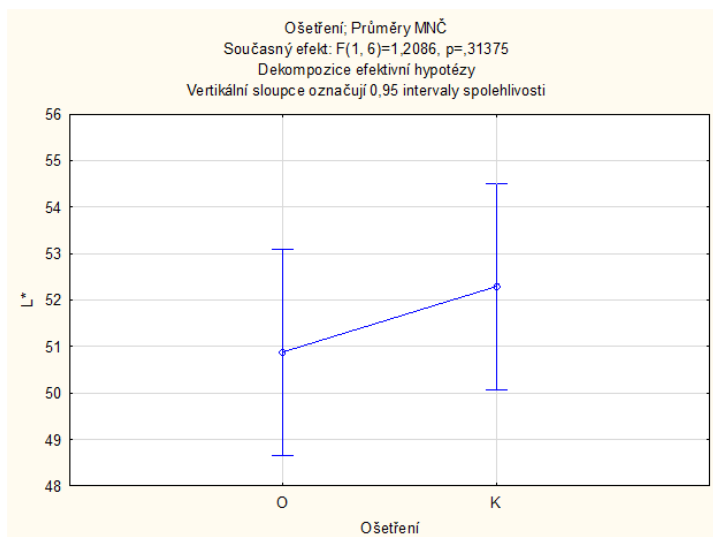


Obrázek 21 – Statistické hodnocení rozdílů parametu b^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky mandlí

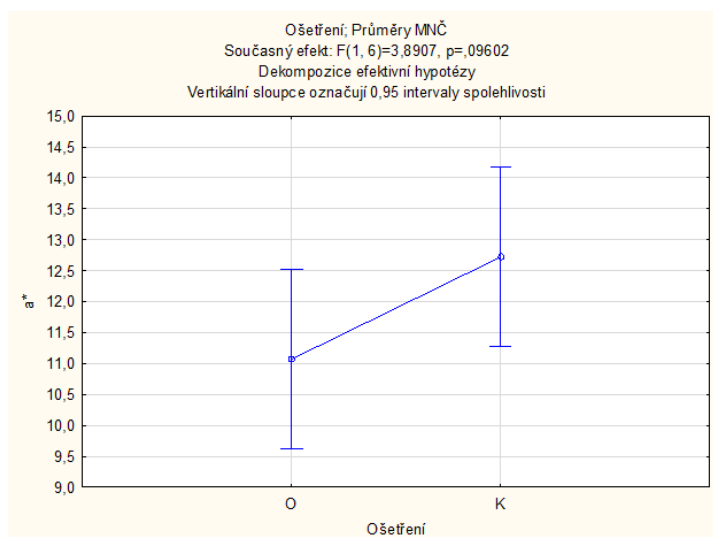
5.1.3 Lískové ořechy

Hodnoty L^* byly vyšší u neošetřených vzorků, což ukazuje, že kontrolní vzorky byly oproti ošetřeným vzorkům světlejší. Hodnoty parametru a^* i b^* byly vyšší u neošetřených vzorků, což naznačuje, že ošetření snížilo intenzitu červené barvy i žluté barvy (tabulka 10).

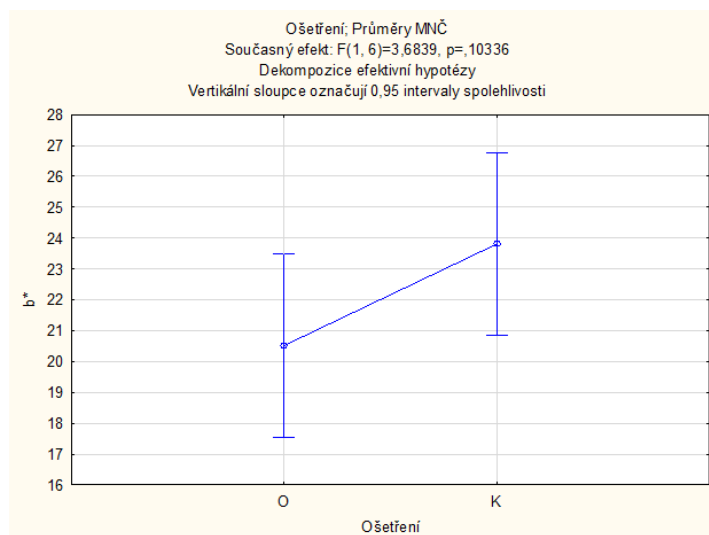
U statistického hodnocení parametru L^* , a^* a b^* nebyly prokázány významné rozdíly mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky (obrázky 22-24).



Obrázek 22 – Statistické hodnocení rozdílů parametru L^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky lískových ořechů



Obrázek 23 – Statistické hodnocení rozdílů parametru a^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky lískových ořechů



Obrázek 24 – Statistické hodnocení rozdílů parametru b^* mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky lískových ořechů

5.2 Stanovení obsahu sušiny

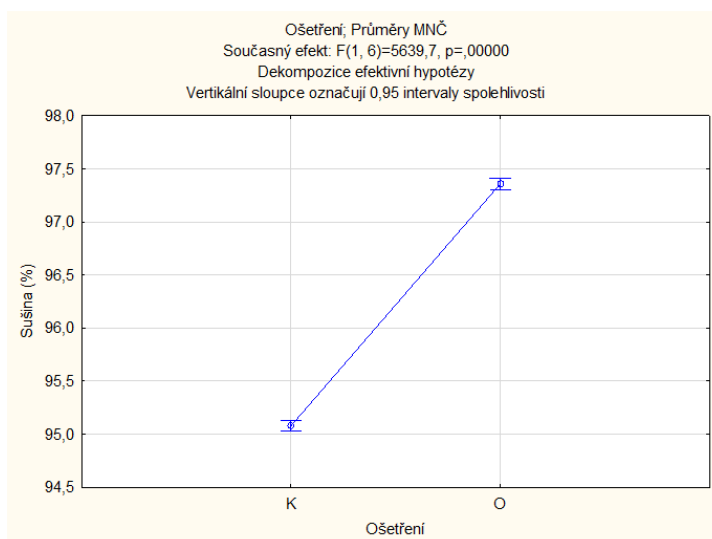
Sušina v jedlém podílu jednotlivých vzorků skořápkových plodů byla stanovena sušením při 103 °C ve dvou opakováních. Výsledné hodnoty procentuálního obsahu sušiny jsou uvedeny v tabulce 11. U všech vzorků došlo po ošetření ke zvýšení obsahu sušiny. Největší rozdíl byl zaznamenán u vzorků arašídů.

Tabulka 11 – Výsledné hodnoty procentuálního obsahu sušiny

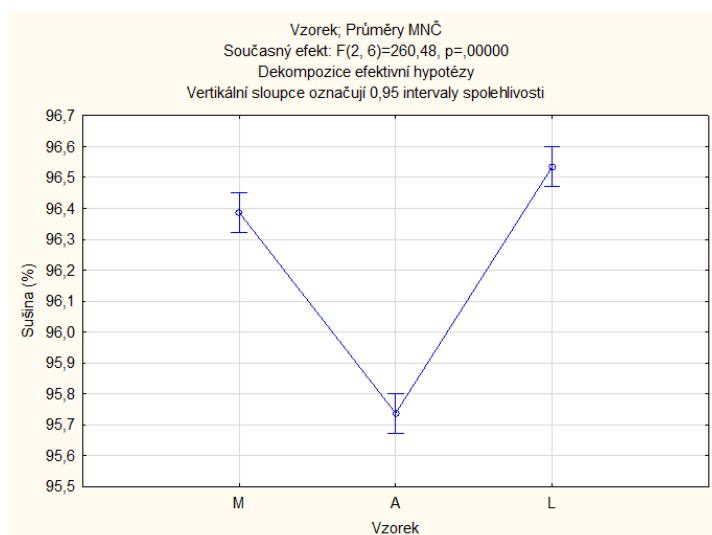
| Vzorek | Obsah sušiny (%) | | Průměrný obsah sušiny (%) |
|--------------------|------------------|-------|---------------------------|
| Lískové OŠ | 96,98 | 97,01 | 96,99 |
| Lískové KON | 96,13 | 96,02 | 96,08 |
| Mandle OŠ | 96,61 | 96,68 | 96,65 |
| Mandle KON | 96,13 | 96,12 | 96,13 |
| Arašídy OŠ | 98,49 | 98,39 | 98,44 |
| Arašídy KON | 93,01 | 93,06 | 93,04 |

OŠ – ošetřené vzorky, KON – neošetřené vzorky

Byla provedena multifaktorová analýza získaných dat pomocí programu ANOVA na hladině významnosti $p < 0,05$. Bylo zjišťováno, zdali mezi vzorky existuje statisticky významný rozdíl v obsahu sušiny v závislosti na způsobu ošetření i v závislosti na druhu ošetřeného vzorku. Ze získaných dat byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky ošetřenými mikrovlnným zářením (O) a vzorky neošetřenými (K) ($p < 0,001$), jak ukazuje obrázek 25. Ovšem statisticky významný rozdíl byl zjištěn i mezi jednotlivými druhy skořápkových plodů ($p < 0,001$), což je vidět na obrázku 26 a v příloze 7. Proto byl následně sledován i vliv ošetření pro každý vzorek samostatně.



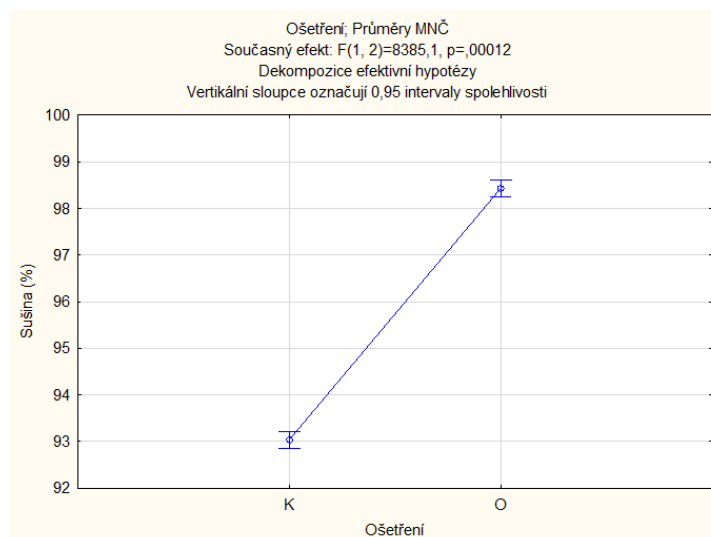
Obrázek 25 – Statistické hodnocení rozdílů v obsahu sušiny (%) mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky



Obrázek 26 – Statistické hodnocení rozdílů v obsahu sušiny (%) mezi jednotlivými vzorky L – lískové ořechy, A – arašídý, M – mandle

5.2.1 Arašídý

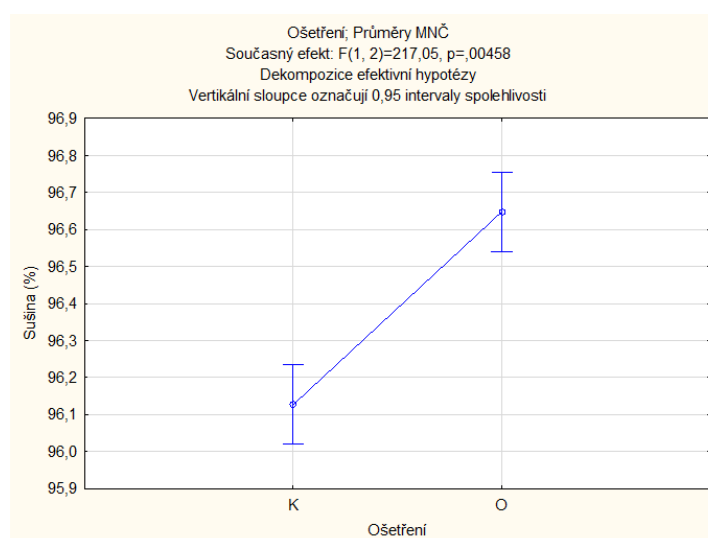
Po ošetření došlo u arašídů ke zvýšení procentuálního obsahu sušiny (tabulka 11). Mezi vzorky ošetřenými mikrovlnami a vzorky neošetřenými byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,001$). Tento jev je vidět na obrázku 27.



Obrázek 27 - Statistické hodnocení rozdílů v obsahu sušiny mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky arašídů

5.2.2 Mandle

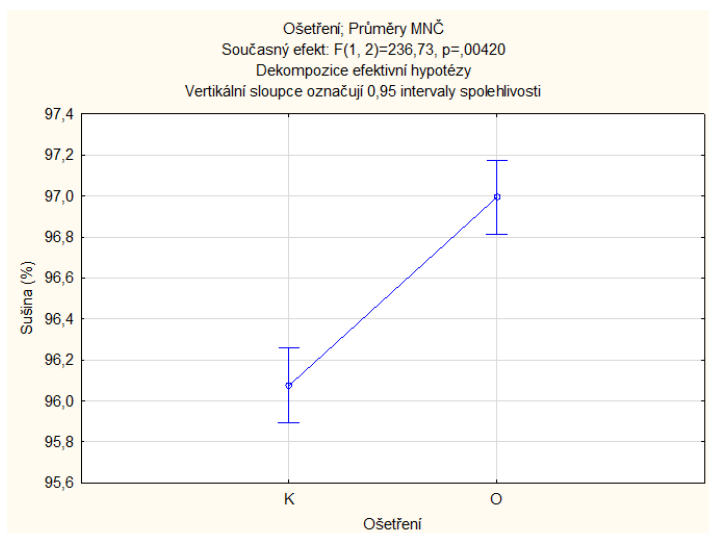
Po ošetření došlo u mandlí ke zvýšení procentuálního obsahu sušiny (tabulka 11). Mezi vzorky ošetřenými mikrovlnami a vzorky neošetřenými byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p = 0,0046$), což je zobrazeno na obrázku 28.



Obrázek 28 - Statistické hodnocení rozdílů v obsahu sušiny mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky mandlí

5.2.3 Lískové ořechy

Po ošetření došlo u lískových ořechů ke zvýšení procentuálního obsahu sušiny (tabulka 11). Mezi vzorky ošetřenými mikrovlnami a vzorky neošetřenými byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p = 0,0046$), viz obrázek 29.



Obrázek 29 - Statistické hodnocení rozdílů v obsahu sušiny mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky lískových ořechů

5.3 Peroxidové číslo

Peroxidové číslo (PV) se vyjadřuje jako množství peroxidicky vázaného kyslíku v tuku vyjádřené v mM aktivního O_2 na 1 g tuku. U každého vzorku byla provedena dvě paralelní měření a z nich byla vypočítána průměrná hodnota PV. Průměrné výsledky jednotlivých druhů vzorků jsou uvedeny v tabulkách 12 až 14. Veškeré naměřené hodnoty u všech druhů skořápkových plodů jsou uvedeny v příloze 8.

Tabulka 12 – Peroxidové číslo (mM O_2/g) arašídů v závislosti na ošetření, skladovací teplotě ($^{\circ}C$) a délce skladování v měsících

| ošetření | skladovací teplota | PV (mM O_2/g) v jednotlivých měsících skladování | | | |
|----------|--------------------|---|--------|--------|--------|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 |
| OŠ | 20 $^{\circ}C$ | 40,76 | 82,74 | 85,53 | 98,70 |
| KON | 20 $^{\circ}C$ | 7,22 | 8,33 | 9,32 | 12,08 |
| OŠ | 40 $^{\circ}C$ | | 106,93 | 122,47 | 145,38 |
| KON | 40 $^{\circ}C$ | | 8,60 | 10,40 | 13,04 |
| OŠ | 60 $^{\circ}C$ | | 143,06 | 177,63 | 161,40 |
| KON | 60 $^{\circ}C$ | | 9,27 | 11,27 | 19,93 |

OŠ – ošetřené vzorky, KON – neošetřené vzorky

Tabulka 13 – Peroxidové číslo (mM O₂/g) mandlí v závislosti na ošetření, skladovací teplotě (°C) a délce skladování v měsících

| | | PV (mM O ₂ /g) v jednotlivých měsících skladování | | | |
|----------|--------------------|--|-------|-------|-------|
| ošetření | skladovací teplota | 0 | 1 | 2 | 3 |
| OŠ | 20 °C | 2,18 | 4,09 | 6,11 | 6,41 |
| KON | 20 °C | 1,44 | 2,06 | 3,15 | 4,29 |
| OŠ | 40 °C | | 5,15 | 6,70 | 7,18 |
| KON | 40 °C | | 4,39 | 4,57 | 5,83 |
| OŠ | 60 °C | | 14,14 | 30,63 | 85,36 |
| KON | 60 °C | | 4,98 | 16,20 | 17,02 |

OŠ – ošetřené vzorky, KON – neošetřené vzorky

Tabulka 14 – Peroxidové číslo (mM O₂/g) lískových ořechů v závislosti na ošetření, skladovací teplotě (°C) a délce skladování v měsících

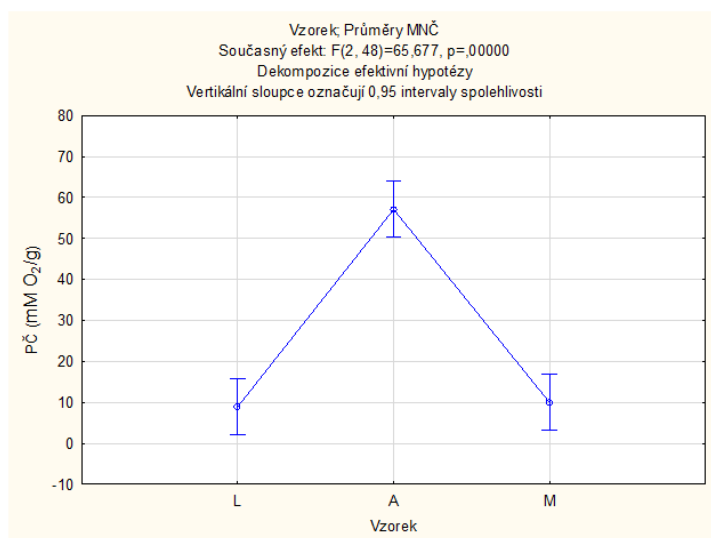
| | | PV (mM O ₂ /g) v jednotlivých měsících skladování | | | |
|----------|--------------------|--|-------|-------|-------|
| ošetření | skladovací teplota | 0 | 1 | 2 | 3 |
| OŠ | 20 °C | 5,00 | 5,74 | 7,81 | 7,85 |
| KON | 20 °C | 4,88 | 5,32 | 7,02 | 8,28 |
| OŠ | 40 °C | | 8,59 | 8,82 | 10,23 |
| KON | 40 °C | | 8,40 | 8,86 | 10,19 |
| OŠ | 60 °C | | 11,86 | 12,29 | 16,99 |
| KON | 60 °C | | 11,96 | 13,24 | 20,66 |

OŠ – ošetřené vzorky, KON – neošetřené vzorky

U všech vzorků došlo k nárůstu PV s přibývajícími měsíci skladování i s rostoucí teplotou skladování. Vliv ošetření se nejvíce projevil u arašídů, kde ošetřené vzorky měly PV mnohonásobně krát vyšší než vzorky neošetřené (tabulka 12). Stejně výsledky vykazovaly i mandle, u kterých rozdíly mezi vzorky ošetřenými a neošetřenými nebyly tak markantní, ale vždy vyšší PV vykazovaly vzorky ošetřené mikrovlnami (tabulka 13). U lískových ořechů bylo taktéž vyšší PV u ošetřených vzorků, ale ne ve všech případech. Po třetím měsíci skladování vykazovaly ošetřené vzorky nižší hodnotu PV (při skladovací teplotě 20 °C a 60 °C), nebo velmi podobnou hodnotu (při skladovací teplotě 40 °C) (tabulka 14).

Pro statistické hodnocení byla, s ohledem na více pozorovaných faktorů, použita multifaktorová ANOVA na hladině pravděpodobnosti 95 %. K naměřeným hodnotám peroxidového čísla byly porovnávány vlivy teploty skladování (°C), délky skladování (měsíce), ošetření a také vliv samotného vzorku. Na základě multifaktorové analýzy ANOVA s interakcemi byly zjištěny statisticky významné rozdíly v hodnotách PV díky spolupůsobení vlivu vzorku a délky skladování ($p = 0,031$), vlivu vzorku a ošetření ($p < 0,001$), vlivu ošetření a délky skladování ($p = 0,012$) a také mezi spolupůsobením vlivu ošetření, doby skladování a vlivu vzorku ($p = 0,022$). Statisticky významné rozdíly v hodnotách PV byly zjištěny též v závislosti na samotném faktoru druhu vzorku ($p < 0,001$; obrázek 30). Statisticky se od sebe odlišují arašidy s mandlemi a arašidy s lískovými ořechy, což dokazuje příloha 9. Protože bylo zjištěno, že mezi vzorky jsou rozdíly v hodnotách PV v závislosti na druhu vzorku, bylo

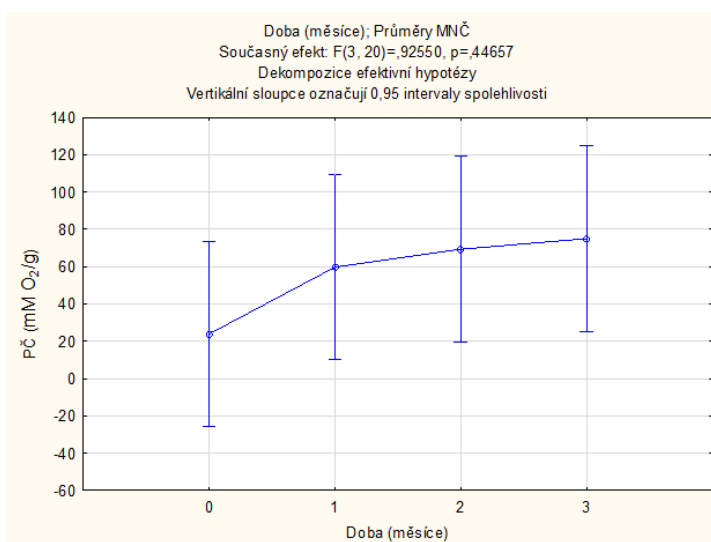
následně ještě zjišťováno, zdali se vliv ošetření, teploty a délky skladování projeví i tehdy, budeme-li sledovat rozdíly mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky v rámci jednoho druhu daného skořápkového plodu.



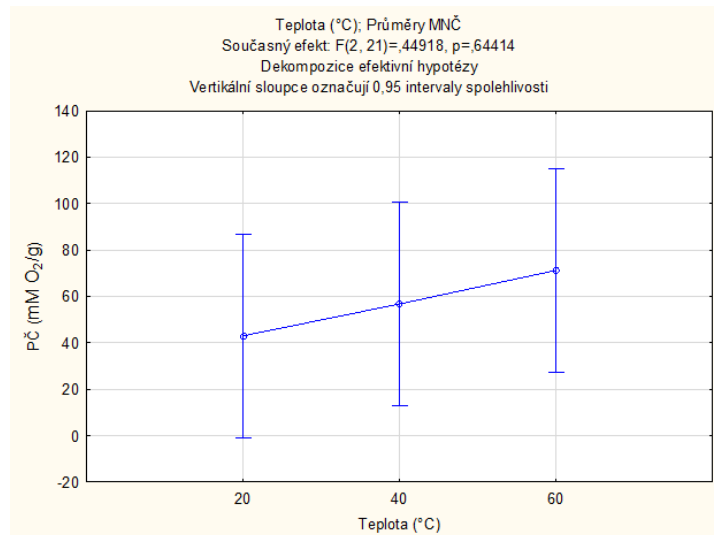
Obrázek 30 – Statistické hodnocení rozdílů PV mezi jednotlivými druhy vzorků
L – lískové ořechy, A – arašídů, M – mandle

5.3.1 Arašídů

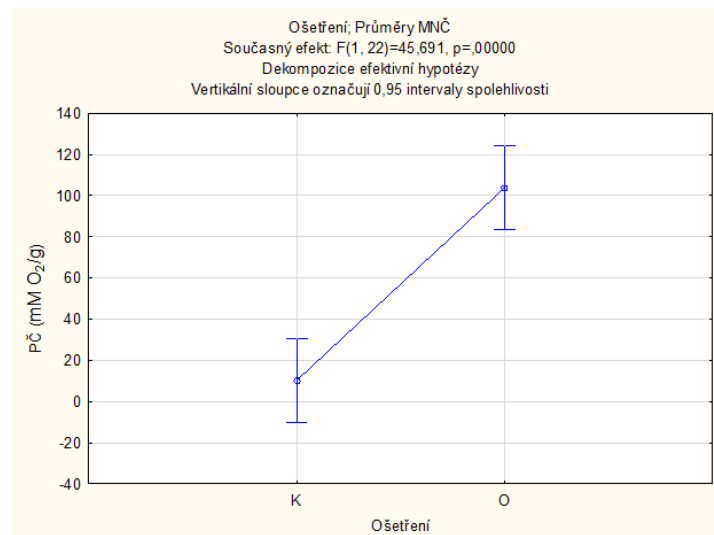
Pro vzorky arašídů neexistuje statisticky významný rozdíl hodnot PV v závislosti na délce skladování či na teplotě skladování (obrázek 31 a 32), ale při hodnocení vlivu mikrovlnného ošetření na PV vzorků byl prokázán statisticky významný rozdíl ($p < 0,001$), jak je vidět z obrázku 33.



Obrázek 31 – Statistické hodnocení rozdílů PV u arašídů v průběhu skladování



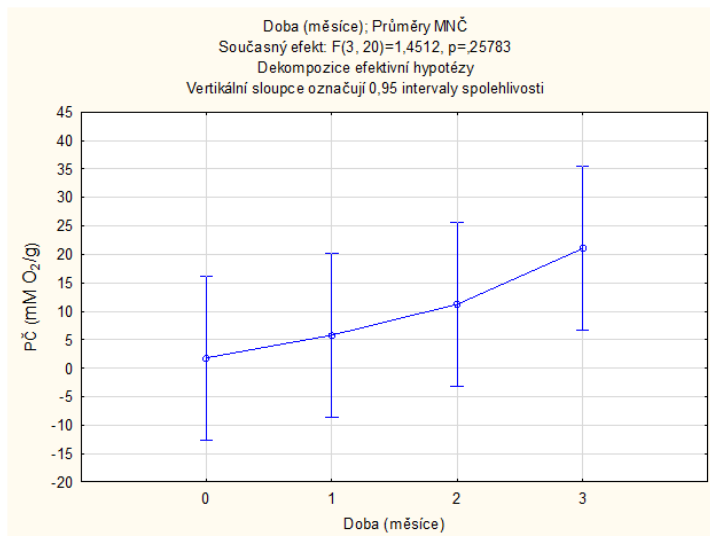
Obrázek 32 - Statistické hodnocení rozdílů PV arašídů v jednotlivých skladovacích teplotách



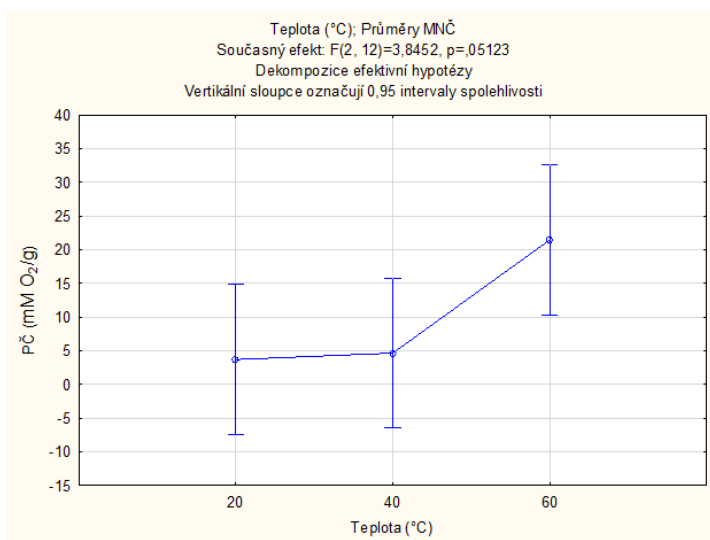
Obrázek 33 – Statistické hodnocení rozdílů PV mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky arašídů

5.3.2 Mandle

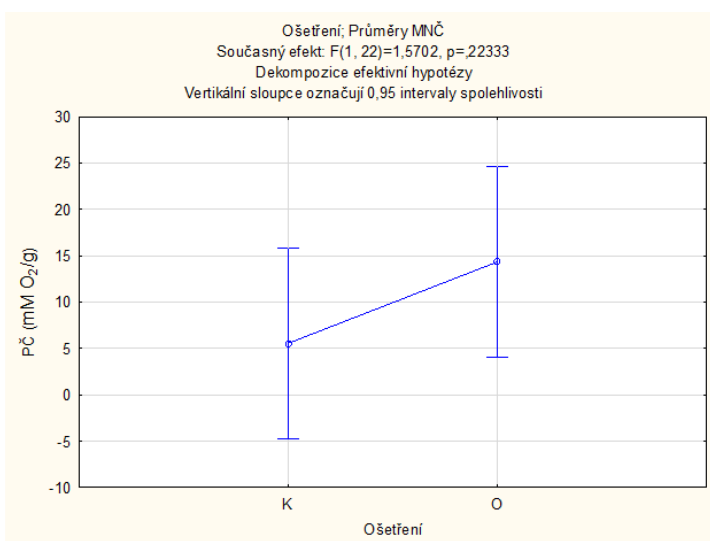
Pro vzorky mandlí neexistuje statisticky významný rozdíl hodnot PV v závislosti na délce skladování, teplotě skladování ani v závislosti na ošetření vzorků, jak je vidět na obrázcích 34-36.



Obrázek 34 - Statistické hodnocení rozdílů PV mandlí v průběhu skladování



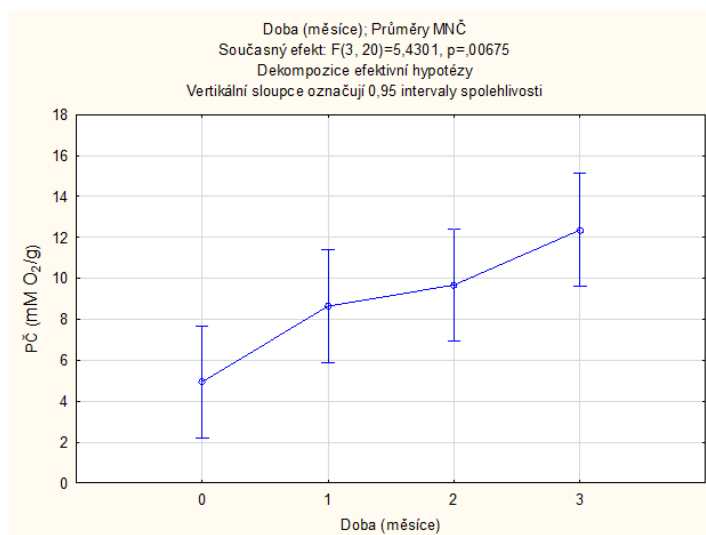
Obrázek 35 - Statistické hodnocení rozdílů PV mandlí v jednotlivých skladovacích teplotách



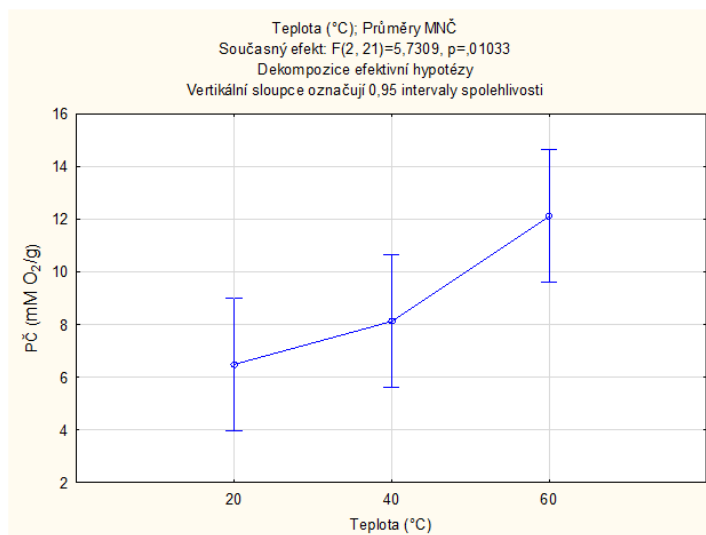
Obrázek 36 – Statistické hodnocení rozdílů PV mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky mandlí

5.3.3 Lískové ořechy

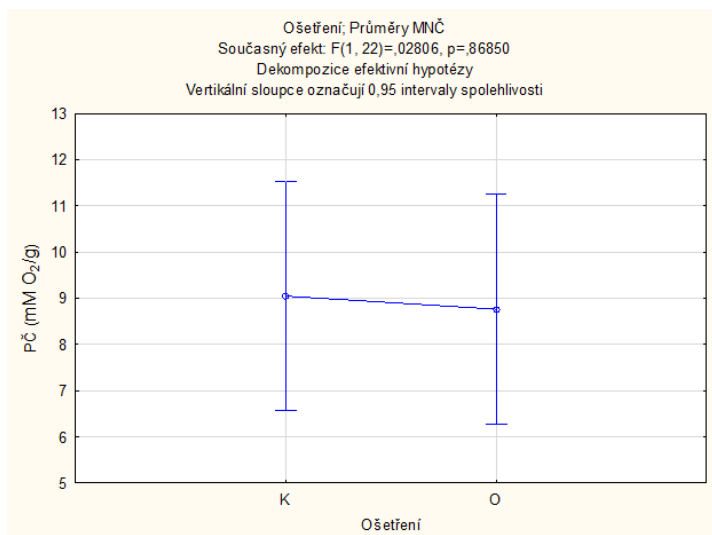
Pro vzorky lískových ořechů existuje statisticky významný rozdíl hodnot PV v závislosti na délce ($p = 0,01$; obrázek 37) i na teplotě ($p = 0,007$; obrázek 38) skladování. U vlivu délky skladování je statisticky průkazný rozdíl PV mezi počátkem a třetím měsícem skladování (příloha 10) a u vlivu skladovací teploty je poté prokazatelný rozdíl PV mezi skladováním při teplotě 20 °C a 60 °C (příloha 11). Naopak statisticky neprůkazný je vliv ošetření na PV lískových ořechů (obrázek 39).



Obrázek 37 - Statistické hodnocení rozdílů PV lískových ořechů v průběhu skladování



Obrázek 38 - Statistické hodnocení rozdílů PV lískových ořechů v jednotlivých skladovacích teplotách



Obrázek 39 – Statistické hodnocení rozdílů PV mezi ošetřenými (O) a neošetřenými (K) vzorky lískových ořechů

6 Diskuze

6.1 Vzhled a barva

U všech skořápkových plodů zkoumaných v této práci došlo po ošetření mikrovlnami ke snížení parametru L^* , tedy ke ztmavnutí vzorků oproti vzorkům neošetřeným. U arašídů byl prokázán statisticky významný rozdíl. Ztmavnutí u skořápkových plodů je shodné se studiemi Yaylayan a Kaminsky (1998), Uysal et al. (2009), Hojjati et al. (2013), Das et al. (2014a), Smith & Barringer (2014), Raigar et al. (2017) i Poogungploy a Poomsa-ad (2018). U hodnot a^* a b^* došlo u arašídů k jejich nárůstu, ale u mandlí a lískových ořechů tyto hodnoty po ošetření poklesly nebo zůstaly velmi podobné. Tento stav mohl být zapříčiněn tím, že arašídů byly na rozdíl od mandlí a lískových ořechů ošetřovány i ve vnější pevné slupce, která byla před homogenizací odstraněna a také tím, že arašídů mají, oproti ostatním skořápkovým plodům pozorovaným v této studii, vyšší obsah vlhkosti a jsou pěstovány jiným způsobem než mandle a lískové ořechy. U arašídů byl u obou hodnot a^* i b^* prokázán statisticky významný rozdíl mezi vzorky ošetřenými a neošetřenými, ovšem mimo vnitřní slupky přiléhající přímo k jednotlivým kusům. To může být způsobeno složením slupky i tím, že arašídů byly ošetřovány, jak už bylo zmíněno výše, v pevné vnější slupce, která byla odstraněna až před samotnou přípravou na analýzu. Rozdílné barevné změny lze vysvětlit také odlišným způsobem pěstování i uskladněním arašídů, protože ostatní vzorky prezentované v této práci byly skladovány o 6 měsíců déle a mohlo u nich dojít již ke změně barvy.

Ztmavnutí vzorků bylo způsobeno produkty Maillardovy reakce, která je umožněna díky reaktivitě mezi redukcujícími sacharidy a aminokyselinami a probíhá intenzivněji při střední až nízké vlhkosti ošetřované suroviny. Nejvýznamněji se na barvě podílejí vysokomolekulární melanoidiny. Melanoidiny díky struktuře fenolového typu vykazují antioxidační vlastnosti, což je z hlediska delšího skladování velmi příznivé. Dá se tedy předpokládat, že na vznik barevných sloučenin budou mít nejvýraznější vliv délka a intenzita ošetření, teplota a obsah vlhkosti ošetřované suroviny.

6.2 Obsah sušiny

U všech sledovaných druhů suchých skořápkových plodů byl obsah sušiny u vzorků ošetřených vyšší než u vzorků neošetřených. Jak mezi mandlemi, arašídů i lískovými ořechy byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi vzorky ošetřenými a neošetřenými (obrázky 27-29). Je tedy jasné, že při aplikaci mikrovlnného ošetření došlo k vysušení skořápkových plodů, zvláště když byla použita vysoká intenzita ošetření, což je ve shodě s Jittrepotch et al. (2010), Das et al. (2014a, 2014b), Smith a Barringer (2014) a Raigar et al. (2017), v jejichž studiích se konstatuje, že snížení obsahu vlhkosti, tedy nárůst obsahu sušiny, se zvyšuje s rostoucí dobou expozice a také intenzitou ošetření. Největší rozdíl mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky byl patrný u arašídů, což lze přičíst tomu, že arašídů na rozdíl od mandlí a lískových ořechů, které jsou plody mandloně obecné, respektive odrůd lísky, jsou arašídů plody odrůd podzemnice olejné, tudíž mají přirozeně vyšší podíl vlhkosti již před samotnou mikrovlnnou úpravou.

Snížení obsahu vlhkosti je jedna ze základních konzervačních technik, která napomáhá zamezení šíření mikroorganismů. U suchých skořápkových plodů jsou pak velkým problémem plísně, které mohou následně produkovat nežádoucí sekundární metabolity. Dá se tedy předpokládat, že mikrovlnný ohřev bude účinný i při hygienizaci potravin. Z hlediska prodejce se zřejmě bude jednat o pozitivní efekt, neboť snížení hmotnosti bude kompenzováno nižším výskytem plísní a škůdců, tudíž povede k menšímu počtu reklamací.

6.3 Peroxidové číslo

Smith et al. (2014) uvádějí, že mikrovlnné ošetření příliš hodnotu PV u arašídů neovlivňuje, což v této práci neplatí, ale také uvádějí, že žádný vzorek ošetřovaný mikrovlnným zářením nepřevýšil 10,0 meq O₂ na kg oleje. To vzorky v tomto pokusu splňují. V porovnání s Jittreppoch et al. (2010), kteří naměřili u arašídů při intenzitě mikrovlnného ohřevu 900 W a při různých délkách ošetření (2,5-6,5 min) 2,31-7,55 meq O₂/kg tuku, výsledky u arašídů v mé práci při mnohem vyšší intenzitě ošetření (4 x 2 kW) dosáhly menších hodnot PV. Aljuhaimi a Özcan (2018) zaznamenali ihned po ošetření pokles PV u jimi ošetřených arašídů, což se neshoduje s poznatky z této práce. Ovšem surové arašídy využití ve studii těchto vědců měly oproti experimentu v mé práci vysoké PV (18,63 ± 1,19 meq O₂ na kg oleje), což dle poznatku Smith et al. (2014) již ani nesevídčí o dobré kvalitě vstupní suroviny. Celkově lze konstatovat, že v porovnání s ostatními studiemi na rozdílných druzích ořechů bylo v tomto experimentu dosaženo ve většině případů nižších hodnot PV, což vypovídá o dobré kvalitě arašídů, lískových ořechů i mandlí po ošetření na mikrovlnné lince firmy IBK Trade.

Srovnání s literaturou je ovšem problematické, protože většina autorů využívá výrazně menší výkon mikrovlnného ohřevu, než byl aplikován v této práci a navíc většina studií vychází pouze z laboratorního ošetření, kdežto v této studii byly vzorky ošetřeny na komerční lince při jejím prvním zpuštění. Z výsledků je jasně vidět, že po ošetření došlo prakticky u všech pozorovaných vzorků k nárůstu PV oproti vzorkům neošetřeným. Jednou z možných příčin je tepelné působení mikrovln, neboť rozdíl v PV mezi ošetřenými a neošetřenými vzorky je patrný ihned po samotném ošetření. Také lze předpokládat, že mikrovlnné záření pozměnilo strukturu skořápkových plodů, kdy, jak píše Guo et al. (2017), u ošetřené potravině dochází k vytvoření porézní struktury a potrhání pletiv. Dá se tedy předpokládat, že tato otevřenější struktura zajistí lepší přístup kyslíku k tukovým frakcím a tím urychlí tvorbu hydroperoxidů a nástup oxidačního žluknutí. Na druhou stranu ovšem vznik produktů Maillardovy reakce může působit antioxidačně, neboť se tvoří i struktury fenolového typu, které vykazují právě antioxidační aktivitu. Dalším důležitým faktorem je skladovací teplota. Z výsledků je jasně vidět, a to se potvrdilo u všech vzorků, že čím je skladovací teplota nižší, tím je náchylnost skořápkových plodů k degradaci tuků nižší. Samozřejmostí, která se vždy projeví, je také samotná kvalita ošetřované suroviny.

Nárůst PV u ošetřených vzorků nebyl u všech třech pozorovaných skořápkových plodů stejný. Statisticky průkazný rozdíl mezi vzorky ošetřenými a neošetřenými byl zjištěn pouze u arašídů, kdežto u mandlí a lískových ořechů statisticky významný rozdíl prokázán nebyl, i když při srovnání hodnot i zde byly zjištěny vyšší hodnoty PV u vzorků ošetřených. Rozhodně se zde projevil rozdíl mezi složením jednotlivých pozorovaných vzorků. Všechny pozorované skořápkové plody obsahují vysoký obsah tuku. Největší podíl tuku je u lískových ořechů - okolo

60 %, u mandlí a arašídů se obsah tuku pohybuje okolo 50 %. Více než samotný obsah tuku hraje roli profil mastných kyselin, hlavně obsah MUFA a PUFA. Dle Nutridatabaze.cz se na zastoupení mastných kyselin MUFA a PUFA podílejí u arašídů okolo 75 %, u mandlí okolo 80 % a u lískových ořechů okolo 85 %. Rozdíly v zastoupení mastných kyselin částečně mohou vysvětlit výrazně vyšší PV u mikrovlnně ošetřených arašídů, protože mají více PUFA, které jsou náchylnější k oxidaci než MUFA, což je vidět z tabulky 3 na straně 18. V ochraně skořápkových plodů před žluknutím jsou velmi důležité antioxidanty. Při mikrovlnném ošetření, jak již bylo zmíněno výše, vznikají jako produkty Maillardovy reakce, která je umožněna díky reaktivitě mezi redukujícími sacharidy a aminokyselinami (jako prekurzor se uvádí hlavně aminokyselina asparagin). Ovšem velký vliv mají i přirozeně se vyskytující tokoferoly, které jsou prakticky jediným lipofilním přirozeným antioxidantem. U mandlí a lískových ořechů se jejich obsah dle Nutridatabaze.cz pohybuje okolo 25 ATE na 100 g, kdežto u arašídů je to pouze okolo 10 ATE na 100 g suroviny. Navíc u arašídů byl na rozdíl od ostatních vzorků významný nárůst PV ihned po ošetření, PV ošetřených vzorků bylo více než 5,5krát vyšší než PV vzorků neošetřených. U lískových ořechů a mandlí nebyl nárůst tak markantní a také ani u jednoho vzorku nebylo PV ošetřených kusů dvojnásobně vyšší oproti vzorkům kontrolním. Z výsledků u arašídů je také vidět, že po prvním měsíci skladování byl nárůst PV u ošetřených vzorků ve všech třech skladovacích teplotách dvojnásobný až trojnásobný, ovšem posléze se již o tak výrazné nárůsty PV nejednalo. U kontrolních vzorků se PV zvedalo velmi pozvolně. Jelikož byl u arašídů tak výrazný nárůst PV ihned po ošetření, dá se předpokládat, že pro tento typ vzorků se jednalo o příliš vysokou dávku mikrovlnného záření nebo příliš dlouhou dobu působení mikrovlnného záření. Svou roli zde mohla hrát také vlhkost, jelikož byla vyšší, než měly ostatní druhy skořápkových plodů pozorovaných v této práci. Dále se dá předpokládat, že jistý vliv mohla mít i slupka, ve které byly arašídů ošetřovány a skladovány. Jelikož se jednalo o první zpuštění mikrovlnné linky IBK Trade mohl být problém i technického charakteru.

Pro ověření výsledků bude třeba pokus alespoň jednou zopakovat zvláště proto, že se jednalo o vůbec první spuštění mikrovlnné linky IBK Trade. Zdá se, že pro mandle a lískové ořechy lze tento typ hygienizace doporučit při využití přednastavené intenzity (4 x 2 kW) a délky mikrovlnného ohřevu (2 minuty), což dle studie IBK Trade bezpečně zaručí destrukci nežádoucích škůdců, která byla primárním důvodem nákupu této linky. Ačkoli se u arašídů jednalo o vyšší hodnoty PV oproti mandlím i lískovým ořechům i zde je možné mikrovlnné ošetření i při přednastavené intenzitě a délce mikrovlnného ošetření doporučit, protože PV bylo stále, v porovnání s literaturou, velmi příznivé.

7 Závěr

Na základě experimentu zaměřeného na posouzení vlivu mikrovlnného záření na kvalitu suchých skořápkových plodů (arašídů, mandle a lískové ořechy) lze souhlasit s hypotézou, že při ošetření potravin mikrovlnným zářením dochází ke změně jejich stability vůči žluknutí. Stejně tak lze konstatovat, že primárně závisí rozsah těchto změn na ošetřované surovině, délce a intenzitě mikrovlnného ohřevu a sekundárně pak na podmínkách následného skladování.

Po ověření výsledků této práce lze využívat pro hygienizaci lískových ořechů a mandlí přednastavenou délkou (2 minuty) a intenzitu (4 x 2 kW) mikrovlnného ošetření na mikrovlnné lince IBK Trade. U arašídů byl zjištěn statisticky významný rozdíl v hodnotách PV ošetřených a neošetřených vzorků, přesto i zde lze nechat intenzitu i délku mikrovlnného ošetření na přednastavené úrovni, jelikož se stále jednalo o přijatelné hodnoty PV. Lze tedy konstatovat, že při předepsané intenzitě a délce ošetření za pomoci mikrovln si suroviny zachovaly přijatelnou kvalitu v nich obsažených olejů a to i při vyšších skladovacích teplotách, z čehož se dá usuzovat, že by jakost těchto výrobků měla být zachována po celou dobu šesti měsíců jejich skladování a prodeje až do data minimální trvanlivosti.

Do budoucna by mohl být více prozkoumán vliv ošetření na vznik látek při Maillardově reakci, které mají antioxidační vlastnosti. Také by bylo také z hlediska bezpečnosti potravin vhodné stanovit i obsah nežádoucích procesních kontaminantů, například akrylamidu. Pro optimální nastavení možné délky expirační doby ošetřených výrobků pro potřeby IBK Trade by bylo vhodné vytvořit skladovací pokus delšího časového horizontu a s užitím obalových materiálů, ve kterých bude ošetřená potravina nabízena zákazníkům.

8 Literatura

- Aguilar-Reynosa A, Romani A, Rodríguez-Jasso R, Aguilar CN, Garrote G, Ruiz HA. 2017. Microwave heating processing as alternative of pretreatment in second-generation biorefinery: An overview. *Energy Conversion and Management* **136**:50-65.
- Aljuhaimi F, Özcan MM. 2018. Influence of oven and microwave roasting on bioproperties, phenolic compounds, fatty acid composition, and mineral contents of nongerminated peanut and germinated peanut kernel and oils. *Journal of Food Processing and Preservation* 42 (e13462). DOI: 10.1111/jfpp.13462.
- Atuonwu JC, Tassou SA. 2018. Quality assurance in microwave food processing and the enabling potentials of solid-state power generators: A review. *Journal of Food Engineering* **234**:1-15.
- Auksornsri T, Bornhorst ER, Tang J, Tang Z, Songsermpong S. 2018. Developing model food systems with rice based products for microwave assisted thermal sterilization. *LWT* **96**:551-559.
- Bai-Ngew S, Therdthai N, Dhamvithee P. 2011. Characterization of microwave vacuum-dried durian chips. *Journal of Food Engineering* **104**:114-122.
- Balbay A, Şahin Ö. 2013. Drying of pistachios by using a microwave assisted dryer. *Acta Scientiarum. Technology* **35**:263-269.
- Benlloch-Tinoco M, Igual M, Rodrigo D, Martínez-Navarrete N. 2013. Comparison of microwaves and conventional thermal treatment on enzymes activity and antioxidant capacity of kiwifruit puree. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **19**:166-172.
- Bezpecnostpotravin.cz. Bezpečnost potravin A-Z. Informační centrum bezpečnosti potravin - Ministerstvo zemědělství, Praha. Available from <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/default.aspx> (accessed January 2020).
- Bhattacharya M, Basak T. 2017. A comprehensive analysis on the effect of shape on the microwave heating dynamics of food materials. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **39**:247-266.
- Bilbao-Sáinz C, Andrés A, Fito P. 2005. Hydration kinetics of dried apple as affected by drying conditions. *Journal of Food Engineering* **68**:369-376.
- Borompichaichartkul C, Luengsode K, Chinprahast N, Devahastin S. 2009. Improving quality of macadamia nut (*Macadamia integrifolia*) through the use of hybrid drying process. *Journal of Food Engineering* **93**:348-353.
- Bradshaw SM, Van Wyk EJ, De Swardt JB. 1998. Microwave heating principles and the application to the regeneration of granular activated carbon. *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy* **98**:971-975.
- Campos-Mondragón MG, Calderón De La Barca AM, Durán-Prado A, Campos-Reyes LC, Oliart-Ros RM, Ortega-García J, Medina-Juárez LA, Angulo O. 2009. Nutritional composition of new Peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars. *Grasas y Aceites* **60**:161-167.
- Ciarmiello LF, Piccirillo P, Gerardi C, Piro F, Luca AD, 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 Oxidation. *Journal of Food Research* **2**:22-35.
- ČSN EN ISO 3960. 2017. Živočišné a rostlinné tuky a oleje - Stanovení peroxidového čísla - Jodometrické (vizuální) stanovení koncového bodu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Praha.
- Da Silva WLG, Salomão AA, Vila MMDC, Tubino M. 2017. Influence of Water and Ultraviolet Irradiation on the Induction Period of the Oxidation of Biodiesel. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **28**:676-680.
- Das I, Shah NG, Kumar G. 2014b. Cashew Nut Quality as Influenced by Microwave Heating Used for Stored Grain Insect Control. *International Journal of Food Science* **2014**:1-7.
- Das I, Shah NG, Kumar G. 2014a. Properties of walnut influenced by short time microwave treatment for disinfestation of insect infestation. *Journal of Stored Products Research* **59**:152-157.
- Datta AK, Ni H. 2002. Infrared and hot-air-assisted microwave heating of foods for control of surface moisture. *Journal of Food Engineering* **51**:355-364.
- De Bruijn J, Bórquez R. 2014. Quality retention in strawberries dried by emerging dehydration methods. *Food Research International* **63**:42-48.
- Dudzile Buthelezi NM, Tesfay SZ, Ncama K, Magwaza LS. 2019. Destructive and non-destructive techniques used for quality evaluation of nuts: A review. *Scientia Horticulturae* **247**:138-146.
- Eke BC, Jibiri NN, Bede EN, Anusionwu BC, Orji CE, Alisi CS. 2017. Effect of ingestion of microwaved foods on serum anti-oxidant enzymes and vitamins of albino rats. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* **10**:148-151.
- Erle U, Schubert H. 2001. Combined osmotic and microwave-vacuum dehydration of apples and strawberries. *Journal of Food Engineering* **49**:193-199.
- Fantino M, Bichard C, Mistretta F, Bellisle F. 2020. Daily consumption of pistachios over 12 weeks improves dietary profile without increasing body weight in healthy women: A randomized controlled intervention. *Appetite* 144 (e104483) DOI: 10.1016/j.appet.2019.104483.
- Felbinger C, Kutzsche F, Mönkediek S, Fischer M. 2020. Genetic profiling: Differentiation and identification of hazelnut cultivars (*Corylus avellana* L.) using RAPD-PCR. *Food Control* 107 (e106791) DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.106791.
- Fernandes GD, Gómez-Coca RB, Pérez-Camino MC, Moreda W, Barrera-Arellano D. 2017. Chemical Characterization of Major and Minor Compounds of Nut Oils: Almond, Hazelnut, and Pecan Nut. *Journal of Chemistry* **2017**:1-11.
- Giuliani R, Bevilacqua A, Corbo MR, Severini C. 2010. Use of microwave processing to reduce the initial contamination by *Alicyclobacillus acidoterrestris* in a cream of asparagus and effect of the treatment on the lipid fraction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **11**:328-334.
- Guo Q, Sun D-W, Cheng J-H, Han Z. 2017. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology* **67**:236-247.
- Gutiérrez-Cano JD, Hamilton IE, Catalá-Civera JM, Bows J, Peñaranda-Foix FL. 2018. Effect of water content on the dynamic measurement of dielectric properties of food snack pellets during microwave expansion. *Journal of Food Engineering* **232**:21-28.

- Hazervazifeh A, Moghaddam PA, Nikbakht AM. 2017. Microwave dehydration of apple fruit: Investigation of drying efficiency and energy costs. *Journal of Food Process Engineering* 40 (e12463) DOI: 10.1111/jfpe.12463.
- Hojjati M, Calín-Sánchez Á, Razavi SH, Carbonell-Barrachina ÁA. 2013. Effect of roasting on colour and volatile composition of pistachios (*Pistacia vera* L.). *International Journal of Food Science & Technology* 48:437-443.
- Hojjati M, Noguera-Artiaga L, Wojdyło A, Carbonell-Barrachina ÁA. 2015. Effects of microwave roasting on physicochemical properties of pistachios (*Pistacia vera* L.). *Food Science and Biotechnology* 24:1995-2001.
- Chandrasekaran S, Ramanathan S, Basak T. 2013. Microwave food processing-A review. *Food Research International* 52:243-261.
- Chen J, Pitchai K, Birla S, Jones D, Negahban M, Subbiah J. 2016. Modeling heat and mass transport during microwave heating of frozen food rotating on a turntable. *Food and Bioproducts Processing* 99:116-127.
- Chizoba Ekezie FG, Sun DW, Han Z, Cheng JH. 2017. Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. *Trends in Food Science & Technology* 67:58-69.
- Chou SK, Chua KJ. 2001. New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology* 12:359-369.
- IBK Trade. 2020. Available from <http://www.ibk-trade.cz/cz/> (accessed January 2020).
- Jain D, Tang J, Liu F, Tang Z, Pedrow PD. 2018. Computational evaluation of food carrier designs to improve heating uniformity in microwave assisted thermal pasteurization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 48:274-286.
- Jayasena S, Koppelman SJ, Nayak B, Taylor SL, Baumert JL. 2019. Comparison of recovery and immunochemical detection of peanut proteins from differentially roasted peanut flour using ELISA. *Food Chemistry* 292:32-38.
- 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.
- Kermani AM, Khashehchi M, Kouravand S, Sadeghi A. 2017. Effects of intermittent microwave drying on quality characteristics of pistachio nuts. *Drying Technology* 35:1108-1116.
- Khraisheh MAM, McMinn WAM, Magee TRA. 2004. Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. *Food Research International* 37:497-503.
- Kim JE, Oh YJ, Won MY, Lee KS, Min SC. 2017. Microbial decontamination of onion powder using microwave-powered cold plasma treatments. *Food Microbiology* 62:112-123.
- Králová M. Techmania Science Center - Mikrovlnná trouba. Available from <https://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/elektromagneticke-vlny/mikrovlny> (accessed January 2020).
- Koppelman SJ, Jayasena S, Luykx D, Schepens E, Apostolovic D, De Jong GAH, Isleibd TG, Nordleea J, Baumerta J, Taylora SL, Cheng H, Malekie S. 2016. Allergenicity attributes of different peanut market types. *Food and Chemical Toxicology* 91:82-90.

- Kouchakzadeh A, Shafeei S. 2010. Modeling of microwave-convective drying of pistachios. *Energy Conversion and Management* **51**:2012-2015.
- Kowalski SJ, Pawłowski A, Szadzińska J, Lechtańska J, Stasiak M. 2016. High power airborne ultrasound assist in combined drying of raspberries. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **34**:225-233.
- Lainas K, Alasalvar C, Bolling BW. 2016. Effects of roasting on proanthocyanidin contents of Turkish Tombul hazelnut and its skin. *Journal of Functional Foods* **23**:647-653.
- Larrauri M, Demaría MG, Ryan LC, Asensio CM, Grosso NR, Nepote V. 2016. Chemical and Sensory Quality Preservation in Coated Almonds with the Addition of Antioxidants. *Journal of Food Science* **81**:S208-S215.
- Lemmens L, Tibäck E, Svelander C, Smout C, Ahrné L, Langton M, Alming M, Van Loey A, Hendrickx M. 2009. Thermal pretreatments of carrot pieces using different heating techniques: Effect on quality related aspects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **10**:522-529.
- Limmongkon A, Janhom P, Amthong A, Kawpanuk M, Nopprang P, Poohadsuan J, Somboon T, Saijeen S, Surangkul D, Srikummool M, Boonsong T. 2017. Antioxidant activity, total phenolic, and resveratrol content in five cultivars of peanut sprouts. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* **7**:332-338.
- Limmongkon A, Nopprang P, Chaikandee P, Somboon T, Wongshaya P, Pilaisangsuree V. 2018. LC-MS/MS profiles and interrelationships between the anti-inflammatory activity, total phenolic content and antioxidant potential of Kalasin 2 cultivar peanut sprout crude extract. *Food Chemistry* **239**:569-578.
- Lina TM, Durance DT, Scaman CH. 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *Food Research International* **31**:111-117.
- Ling B, Hou L, Li R, Wang S. 2014. Thermal treatment and storage condition effects on walnut paste quality associated with enzyme inactivation. *LWT - Food Science and Technology* **59**:786-793.
- Lombraña JI, Rodríguez R, Ruiz U. 2010. Microwave-drying of sliced mushroom. Analysis of temperature control and pressure. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **11**:652-660.
- Mandalari G et al. 2014. Effect of food matrix and processing on release of almond protein during simulated digestion. *LWT - Food Science and Technology* **59**:439-447.
- Meng S, Tan Y, Chang S, Li J, Maleki S, Puppala N. 2020. Peanut allergen reduction and functional property improvement by means of enzymatic hydrolysis and transglutaminase crosslinking. *Food Chemistry* **302** (e125186) DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125186.
- Ministerstvo zemědělství. 2003. Vyhláška 153/2013 Sb., kterou se stanoví požadavky pro čerstvé ovoce a čerstvou zeleninu, zpracované ovoce a zpracovanou zeleninu, suché skořápkové plody, houby, brambory a výrobky z nich, jakož i další způsoby jejich označování, ve znění pozdějších předpisů. Česká republika.
- Miran W, Palazoğlu TK. 2019. Development and experimental validation of a multiphysics model for 915 MHz microwave tempering of frozen food rotating on a turntable. *Biosystems Engineering* **180**:191-203.

- Mocciaro G, Bresciani L, Tsiountsioura M, Martini D, Mena P, Charron M, Brighenti F, Bentley S, Harvey M, Collins D, Del Rio D, Ray S. 2019. Dietary absorption profile, bioavailability of (poly)phenolic compounds, and acute modulation of vascular/endothelial function by hazelnut skin drink. *Journal of Functional Foods* 63 (e103576) DOI: 10.1016/j.jff.2019.103576.
- Nguyen LT, Choi W, Lee SH, Jun S. 2013. Exploring the heating patterns of multiphase foods in a continuous flow, simultaneous microwave and ohmic combination heater. *Journal of Food Engineering* 116:65-71.
- Nott K. 1999. Advances in temperature validation of foods. *Trends in Food Science & Technology* 10:366-374.
- Nutridatabase.cz. Databáze složení potravin České republiky. Ústav zemědělské ekonomiky a informací. Available from <https://www.nutridatabase.cz/vyhledavani-potravin/podle-nazvu/?action=result> (accessed January 2020).
- Oliveira MEC, Franca AS. 2002. Microwave heating of foodstuffs. *Journal of Food Engineering* 53:347-359.
- Özdemir M, Devres O. 2000. Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering* 44:31-38.
- Paengkanya S, Soponronnarit S, Nathakaranakule A. 2015. Application of microwaves for drying of durian chips. *Food and Bioprocess Technology* 96:1-11.
- Pánek J, Dostálová J, Kohout P. 2002. *Základy výživy*. Svoboda Servis, Praha.
- Patel JH, Sutar PP. 2016. Acceleration of mass transfer rates in osmotic dehydration of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) applying pulsed-microwave-vacuum. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 36:201-211.
- Picouet PA, Landl A, Abadias M, Castellari M, Viñas I. 2009. Minimal processing of a Granny Smith apple purée by microwave heating. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 10:545-550.
- Pi X, Wan Y, Yang Y, Li R, Wu X, Xie M, Li X, Fu G. 2019. Research progress in peanut allergens and their allergenicity reduction. *Trends in Food Science & Technology* 93:212-220.
- Poongpoy P, Poomsa-ad N, Wiset L. 2018. Control of microwave assisted macadamia drying. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy* 52:60-72.
- Pu YY, Sun DW. 2016. Prediction of moisture content uniformity of microwave-vacuum dried mangoes as affected by different shapes using NIR hyperspectral imaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 33:348-356.
- Rabadán A, Álvarez-Ortí M, Pardo JE. 2019. A comparison of the effect of genotype and weather conditions on the nutritional composition of most important commercial nuts. *Scientia Horticulturae* 244:218-224.
- Rada Evropské unie. 2011. Nařízení Evropského parlamentu a Rady EU č. 1169/2011 o poskytování informací o potravinách spotřebitelům, o změně nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 a (ES) č. 1925/2006 a o zrušení směrnice Komise 87/250/EHS, směrnice Rady 90/496/EHS, směrnice Komise 1999/10/ES, směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/13/ES, směrnice Komise 2002/67/ES a 2008/5/ES a nařízení Komise (ES) č. 608/2004. Brusel.

- Raigar RK, Upadhyay R, Mishra HN. 2017. Optimization of microwave roasting of peanuts and evaluation of its physicochemical and sensory attributes. *Journal of Food Science and Technology* **54**:2145-2155.
- Resurreccion FP, Luan D, Tang J, Liu F, Tang Z, Pedrow PD, Cavalieri R. 2015. Effect of changes in microwave frequency on heating patterns of foods in a microwave assisted thermal sterilization system. *Journal of Food Engineering* **150**:99-105.
- Rothbauer M. 1985. Mikrovlnné polovodičové součástky a jejich použití. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.
- Ruiz-Ojeda LM, Peñas FJ. 2013. Comparison study of conventional hot-water and microwave blanching on quality of green beans. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **20**:191-197.
- Silva FA, Marsaioli A, Maximo GJ, Silva MAAP, Gonçalves LAG. 2006. Microwave assisted drying of macadamia nuts. *Journal of Food Engineering* **77**:550-558.
- Smith AL, Barringer SA. 2014. Color and Volatile Analysis of Peanuts Roasted Using Oven and Microwave Technologies. *Journal of Food Science* **79**:C1895-C1906.
- Smith AL, Perry JJ, Marshall JA, Yousef AE, Barringer SA. 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**:S1584-S1594.
- Sosa-Morales ME, Valerio-Junco L, López-Malo A, García HS. 2010. Dielectric properties of foods: Reported data in the 21st Century and their potential applications. *LWT - Food Science and Technology* **43**:1169-1179.
- SZPI.cz. 2015 (aktualizováno 2020). Ořechy a oříšky. Státní zemědělská a potravinářská inspekce, Brno. Available from <https://www.szpi.gov.cz/clanek/orechy-a-orisky.aspx> (accessed April 2020).
- Škvorová P. 2018. Vliv ošetření mikrovlnným zářením na kvalitu ořechů, máku a sušeného ovoce [BSc. Thesis]. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Taghizadeh SF, Rezaee R, Davarynejad G, Asili J, Nemati SH, Goumenou M, Tsakiris I, Tsatsakis AM, Shirani K, Karimi G. 2018. Risk assessment of exposure to aflatoxin B1 and ochratoxin A through consumption of different Pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars collected from four geographical regions of Iran. *Environmental Toxicology and Pharmacology* **61**:61-66.
- Tang J. 2015. Unlocking Potentials of Microwaves for Food Safety and Quality. *Journal of Food Science* **80**:E1776-E1793.
- Taş NG, Yılmaz C, Gökmen V. 2019. Investigation of serotonin, free and protein-bound tryptophan in Turkish hazelnut varieties and effect of roasting on serotonin content. *Food Research International* **120**:865-871.
- Teng H, Ghafoor K, Hee Choi Y. 2009. Optimization of Microwave-assisted Extraction of Active Components from Chinese Quince using Response Surface Methodology. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry* **52**:694-701.
- Torrington E, Esveld E, Scheewe I, van den Berg R, Bartels P. 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *Journal of Food Engineering* **49**:185-191.

- Uslu N, Özcan MM. 2019. Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* **18**:344-347.
- Uysal N, Sumnu G, Sahin S. 2009. Optimization of microwave-infrared roasting of hazelnut. *Journal of Food Engineering* **90**:255-261.
- Vadivambal R, Jayas DS. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products - a review. *Biosystems Engineering* **98**:1-16.
- Velišek J. 2009. *Chemie potravin*. OSSIS, Tábor.
- Verhoeckx KCM, Vissers YM, Baumert JL, Faludi R, Feys R, Flanagan S, Herouet-Guicheney C, Holzhauser T, Shimojo R, van der Bolt N, Wichers H, Kimber I. 2015. Food processing and allergenicity. *Food and Chemical Toxicology* **80**:223-240.
- Vrba J. 2001. *Aplikace mikrovlnné techniky*. České vysoké učení technické, Praha.
- Wang J, Sheng K. 2006. Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT - Food Science and Technology* **39**:247-255.
- Wu Q, Xu J, Xu H. 2019. Discrimination of aflatoxin B1 contaminated pistachio kernels using laser induced fluorescence spectroscopy. *Biosystems Engineering* **179**:22-34.
- Xanthakis E, Le-Bail A, Ramaswamy H. 2014. Development of an innovative microwave assisted food freezing process. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* **26**:176-181.
- Yaylayan VA, Kaminsky E. 1998. Isolation and structural analysis of maillard polymers: caramel and melanoidin formation in glycine/glucose model system. *Food Chemistry* **63**:25-31.
- Yin C. 2012. Microwave-assisted pyrolysis of biomass for liquid biofuels production. *Bioresource Technology* **120**:273-284.
- Zarein M, Samadi SH, Ghobadian B. 2015. Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* **14**:41-47.
- Zhang M, Tang J, Mujumdar AS, Wang S. 2006. Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* **17**:524-534.
- Zhang M, Chen H, Mujumdar AS, Tang J, Miao S, Wang Y. 2017. Recent developments in high-quality drying of vegetables, fruits, and aquatic products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **57**:1239-1255.
- Zielinska M, Sadowski P, Błaszczak W. 2015. Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *LWT - Food Science and Technology* **62**:555-563.
- Zielinska M, Michalska A. 2016. Microwave-assisted drying of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) fruits: Drying kinetics, polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity, colour and texture. *Food Chemistry* **212**:671-680.

9 Přílohy

Příloha 1: Všechny naměřené hodnoty L*, a* a b* u vzorků jak ošetřených, tak i neošetřených

| | | Slupka | | Bez slupky | | Namleté se slupkou | |
|-------------------|----|----------|----------|------------|----------|--------------------|----------|
| | | Kontrola | Ošetřeno | Kontrola | Ošetřeno | Kontrola | Ošetřeno |
| Arašídy | L* | 46,11 | 43,34 | 78,91 | 70,32 | 61,51 | 56,5 |
| | | 44,54 | 42,52 | 78,51 | 68,49 | 60,43 | 54,3 |
| | a* | 21,23 | 22,2 | 0,2 | 9,32 | 3,78 | 8,88 |
| | | 21,78 | 23,92 | 0,36 | 12,41 | 2,6 | 7,76 |
| | b* | 18,11 | 19,64 | 26,27 | 32,84 | 15,84 | 22,65 |
| | | 19,53 | 19,86 | 25,87 | 36,05 | 15,08 | 21,01 |
| Mandle | L* | 48,3 | 43,08 | 88,54 | 89,18 | 62,3 | 66,65 |
| | | 49,19 | 44,16 | 86,41 | 86,04 | 62,4 | 66,23 |
| | a* | 16,95 | 19,29 | 0,26 | 0,01 | 5,03 | 4,48 |
| | | 18,61 | 18 | 0,49 | 0,59 | 4,95 | 4,3 |
| | b* | 31,97 | 27,14 | 14,88 | 13,59 | 16,55 | 18,8 |
| | | 33,86 | 29,67 | 14,79 | 15,82 | 16,77 | 18,96 |
| Lískové ořechy | L* | 33,77 | 34,93 | 67,33 | 63,42 | 52,99 | 56,41 |
| | | 40,63 | 31,79 | 66,96 | 61,95 | 52,09 | 56,81 |
| | a* | 15,86 | 16,72 | 7,39 | 6,99 | 12,56 | 10,04 |
| | | 18,73 | 14,75 | 9,79 | 6,2 | 13,02 | 11,74 |
| | b* | 14,03 | 14,84 | 29,18 | 27,32 | 23,05 | 21,27 |
| | | 23,46 | 11,4 | 30,88 | 25,79 | 22,27 | 22,49 |

Příloha 2: Statistické hodnocení rozdílů v parametru L mezi jednotlivými vzorky ořechů
L – lískové ořechy, A – arašídy, M – mandle

| Scheffeho test; proměnná L* (Tabulka1) | | | | |
|---|--------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 2,2794, sv = 18,000 | | | | |
| Č. buňky | Vzorek | {1} | {2} | {3} |
| | | 58,790 | 66,040 | 51,590 |
| 1 | A | | 0,000000 | 0,000000 |
| 2 | M | 0,000000 | | 0,000000 |
| 3 | L | 0,000000 | 0,000000 | |

Příloha 3: Statistické hodnocení rozdílů v parametru a* mezi jednotlivými vzorky ořechů
L – lískové ořechy, A – arašídy, M – mandle

| Scheffeho test; proměnná a* (Tabulka1) | | | | |
|---|--------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = ,96746, sv = 18,000 | | | | |
| Č. buňky | Vzorek | {1} | {2} | {3} |
| | | 11,203 | 7,7092 | 11,983 |
| 1 | A | | 0,000000 | 0,180967 |
| 2 | M | 0,000000 | | 0,000000 |
| 3 | L | 0,180967 | 0,000000 | |

Příloha 4: Statistické hodnocení rozdílů v parametru L* u arašídů na různých místech ořechu

O – ošetřené, K – neošetřené

slu – slupka, bez slu – ořech bez slupky, namleté – ořechy po homogenizaci včetně slupky

| Scheffeho test; proměnná L* (Tabulka1) | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = ,54052, sv = 6,0000 | | | | | | | | |
| Č. buňky | Ošetření | Část | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| | | | 42,930 | 69,405 | 55,400 | 45,325 | 78,710 | 60,970 |
| 1 | | O slu | | 0,000001 | 0,000055 | 0,193161 | 0,000000 | 0,000006 |
| 2 | | O bez slu | 0,000001 | | 0,000028 | 0,000001 | 0,000296 | 0,000517 |
| 3 | | O namleté | 0,000055 | 0,000028 | | 0,000188 | 0,000001 | 0,004982 |
| 4 | | K slu | 0,193161 | 0,000001 | 0,000188 | | 0,000000 | 0,000014 |
| 5 | | K bez slu | 0,000000 | 0,000296 | 0,000001 | 0,000000 | | 0,000007 |
| 6 | | K namleté | 0,000006 | 0,000517 | 0,004982 | 0,000014 | 0,000007 | |

Příloha 5: Statistické hodnocení rozdílů v parametru a* u arašídů na různých místech ořechu

O – ošetřené, K – neošetřené

slu – slupka, bez slu – vzorek bez slupky, namleté – vzorek po homogenizaci včetně slupky

| Scheffeho test; proměnná a* (Tabulka1) | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 1,0674, sv = 6,0000 | | | | | | | | |
| Č. buňky | Ošetření | Část | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| | | | 23,060 | 10,865 | 8,3200 | 21,505 | ,28000 | 3,1900 |
| 1 | | O slu | | 0,000441 | 0,000149 | 0,798644 | 0,000012 | 0,000026 |
| 2 | | O bez slu | 0,000441 | | 0,404011 | 0,000947 | 0,000975 | 0,005519 |
| 3 | | O namleté | 0,000149 | 0,404011 | | 0,000283 | 0,004329 | 0,038809 |
| 4 | | K slu | 0,798644 | 0,000947 | 0,000283 | | 0,000018 | 0,000042 |
| 5 | | K bez slu | 0,000012 | 0,000975 | 0,004329 | 0,000018 | | 0,293565 |
| 6 | | K namleté | 0,000026 | 0,005519 | 0,038809 | 0,000042 | 0,293565 | |

Příloha 6: Statistické hodnocení rozdílů v parametru b* u arašídů na různých místech vzorku

O – ošetřené, K – neošetřené

slu – slupka, bez slu – ořech bez slupky, namleté – ořechy po homogenizaci včetně slupky

| Scheffeho test; proměnná b* (Tabulka1) | | | | | | | | |
|---|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 1,0307, sv = 6,0000 | | | | | | | | |
| Č. buňky | Ošetření | Část | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
| | | | 19,750 | 34,445 | 21,830 | 18,820 | 26,070 | 15,460 |
| 1 | | O slu | | 0,000137 | 0,566774 | 0,965407 | 0,013496 | 0,076415 |
| 2 | | O bez slu | 0,000137 | | 0,000329 | 0,000096 | 0,003178 | 0,000031 |
| 3 | | O namleté | 0,566774 | 0,000329 | | 0,255470 | 0,080043 | 0,012983 |
| 4 | | K slu | 0,965407 | 0,000096 | 0,255470 | | 0,006769 | 0,183751 |
| 5 | | K bez slu | 0,013496 | 0,003178 | 0,080043 | 0,006769 | | 0,000873 |
| 6 | | K namleté | 0,076415 | 0,000031 | 0,012983 | 0,183751 | 0,000873 | |

Příloha 7: Statistické hodnocení rozdílů v obsahu sušiny (%) mezi jednotlivými vzorky ořechů

L – lískové ořechy, A – arašidy, M – mandle

| Scheffeho test; proměnná Sušina (%) (Tabulka5) | | | |
|--|--------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = ,00277, sv = 6,0000 | | | |
| Č. buňky | Vzorek | {1} | {2} |
| | | 96,388 | 95,737 |
| 1 | M | | 0,000007 |
| 2 | A | 0,000007 | |
| 3 | L | 0,021274 | 0,000002 |

Příloha 8: Veškeré naměřené hodnoty peroxidového čísla (mM O₂/g) v závislosti na ošetření, skladovací teplotě (°C) a délce skladování v měsících u všech vzorků

| Ošetření | Délka skladování (měsíce) | Skladovací teplota (°C) | Arašídy | Mandle | Lískové ořechy |
|-----------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------|
| | | | PV (mM O ₂ /g) | | |
| kontrola | 0 | | 7,207 | 1,440 | 4,924 |
| | | | 7,235 | 1,446 | 4,845 |
| | 1 | 20 | 8,386 | 1,962 | 5,342 |
| | | | 8,276 | 2,151 | 5,303 |
| | | 40 | 8,622 | 4,521 | 8,228 |
| | | | 8,577 | 4,262 | 8,571 |
| | 2 | 60 | 9,203 | 5,036 | 12,011 |
| | | | 9,336 | 4,916 | 11,908 |
| | | 20 | 9,342 | 3,153 | 6,955 |
| | | | 9,291 | 3,138 | 7,080 |
| | 3 | 40 | 10,384 | 4,452 | 8,840 |
| | | | 10,411 | 4,690 | 8,889 |
| | | 60 | 11,321 | 16,361 | 13,211 |
| | | | 11,210 | 16,032 | 13,272 |
| | 3 | 20 | 12,816 | 4,368 | 8,108 |
| | | | 11,338 | 4,203 | 8,450 |
| | | 40 | 13,044 | 5,822 | 10,209 |
| | | | 13,044 | 5,836 | 10,174 |
| 60 | | 19,006 | 17,011 | 20,800 | |
| | | 20,847 | 17,021 | 20,513 | |
| ošetřeno | 0 | | 41,299 | 2,254 | 4,976 |
| | | | 40,215 | 2,106 | 5,017 |
| | 1 | 20 | 82,463 | 3,971 | 5,730 |
| | | | 83,008 | 4,218 | 5,759 |
| | | 40 | 106,481 | 5,190 | 8,583 |
| | | | 107,387 | 5,116 | 8,606 |
| | 2 | 60 | 142,815 | 13,845 | 11,754 |
| | | | 143,311 | 14,426 | 11,971 |
| | | 20 | 85,242 | 6,109 | 7,760 |
| | | | 85,819 | 6,116 | 7,860 |
| | 3 | 40 | 122,222 | 6,718 | 8,841 |
| | | | 122,712 | 6,675 | 8,805 |
| | | 60 | 179,186 | 30,575 | 12,286 |
| | | | 176,083 | 30,683 | 12,298 |
| | 3 | 20 | 98,619 | 6,421 | 8,214 |
| | | | 98,779 | 6,404 | 7,485 |
| | | 40 | 145,729 | 7,177 | 10,237 |
| | | | 145,024 | 7,188 | 10,220 |
| 60 | | 160,257 | 85,256 | 16,265 | |
| | | 162,545 | 85,469 | 17,709 | |

Příloha 9: Statistické hodnocení vlivu vzorku na PČ (mM O₂/g)

L – lískové ořechy, A – arašídy, M – mandle

| Scheffeho test; proměnná PČ (mM O ₂ /g) (Data pro statistiku) | | | | |
|--|--------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 276,65, sv = 48,000 | | | | |
| Č. buňky | Vzorek | {1} | {2} | {3} |
| | | 8,9069 | 57,083 | 9,9631 |
| 1 | L | | 0,000000 | 0,976109 |
| 2 | A | 0,000000 | | 0,000000 |
| 3 | M | 0,976109 | 0,000000 | |

Příloha 10: Statistické hodnocení změn PČ lískových ořechů v závislosti na délce skladování

| Scheffeho test; proměnná PČ (mM O ₂ /g) (Data pro statistiku) | | | | | |
|--|---------------|----------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 10,442, sv = 20,000 | | | | | |
| Č. buňky | Doba (měsíce) | {1} | {2} | {3} | {4} |
| | | 4,9405 | 8,6471 | 9,6748 | 12,365 |
| 1 | 0 | | 0,297026 | 0,126276 | 0,007600 |
| 2 | 1 | 0,297026 | | 0,958421 | 0,294462 |
| 3 | 2 | 0,126276 | 0,958421 | | 0,566871 |
| 4 | 3 | 0,007600 | 0,294462 | 0,566871 | |

Příloha 11: Statistické hodnocení změn PČ lískových ořechů v závislosti na teplotě skladování

| Scheffeho test; proměnná PČ (mM O ₂ /g) (Data pro statistiku) | | | | |
|--|--------------|----------|----------|----------|
| Pravděpodobnosti pro post-hoc testy | | | | |
| Chyba: meziskup. PČ = 11,673, sv = 21,000 | | | | |
| Č. buňky | Teplota (°C) | {1} | {2} | {3} |
| | | 6,4880 | 8,1229 | 12,110 |
| 1 | 20 | | 0,638756 | 0,012692 |
| 2 | 40 | 0,638756 | | 0,088790 |
| 3 | 60 | 0,012692 | 0,088790 | |