

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



**Vliv různých skladovacích technik na nutriční parametry
lískových ořechů**

Bakalářská práce

Autor práce: Veronika Paťhová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Pavel Nový, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Vliv různých skladovacích technik na nutriční parametry lískových ořechů“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2018 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Pavlu Novému, PhD., za odborné vedení této bakalářské práce, za všestranné rady, významnou pomoc a trpělivost při zpracování. Dále bych ráda poděkovala Katedře kvality zemědělských produktů za poskytnutí laboratoře k provedení analýz.

Vliv různých skladovacích technik na nutriční parametry lískových ořechů

Souhrn

Úkolem předkládané bakalářské práce bylo vyhodnocení různých metod skladování na nutriční a kvalitativní parametry lískových ořechů a dále založení dlouhodobého skladovacího pokusu s provedením srovnávacích analýz.

Formou rešerše zde jsou shrnuty informace o původu lísky obecné (*Corylus avellana*), jejím výskytu a využití ořechů jak v potravinářství a průmyslu, tak v léčitelství. Lískové ořechy mají nezastupitelné místo mezi druhy sušených ořechů z hlediska výživy a zdraví, proto se práce zabývá pozitivním vlivem ořechů na lidské zdraví, ale zároveň zmiňuje alergie na tento druh ořechů, které jsou jedny z nejběžnějších potravinových alergií v Evropě. Dále jsou rozebrány jednotlivé makronutrienty a mikronutrienty a podmínky skladování, se kterými je spojena oxidace lipidů a rozvoj mykotoxinů, jako potenciální riziko skladování.

V praktické části je popsán samotný experiment, do kterého patří příprava vzorků před uskladněním a jejich samotné uskladnění. Byly založeny čtyři různé skladovací pokusy – nevyloupané, vyloupané vakuované, zamražené a tepelně ošetřené vzorky. Parametry zvolené pro zjištění odlišností skladovacích technik byly následující: stanovení celkového počtu bakterií a plísní, stanovení profilu mastných kyselin, peroxidového čísla a obsahu fenolických látek.

U jednotlivých skladovacích metod byl pozorován rozdílný vliv na sledované kvalitativní parametry. Z výsledků se nyní nedá určit, která metoda skladování je nejvhodnější, ale můžeme konstatovat, že mražené ořechy nejlépe obstály v redukci počtu mikroorganismů a obsahu fenolických látek a ořechy ve skořápce a tepelně ošetřené vzorky měly nejstabilnější profil mastných kyselin a peroxidové číslo.

Klíčová slova: lískové ořechy; *Corylus avellana*; nutriční hodnota; mastné kyseliny; TPC; skladování

The influence of storage techniques on hazelnut nutritional values

Summary

The aim of this bachelor thesis was to evaluate the influence of different storage methods on the nutritional and qualitative parameters of hazelnuts and further an establishment of a long-term storage experiment including comparative analysis.

In the form of research, the information about origin of hazelnut (*Corylus avellana*), its occurrence and the use of hazelnut in the food industry and natural healing were summarized. Hazelnuts have a unique position among kinds of dried nuts in terms of nutrition and health. Therefore the work deals also with a positive impact of nuts on human health, but mentions related allergies, which are one of the most common food allergies in Europe. Various macronutrients and micronutrients and storage conditions are analysed. These involve oxidation of lipids and development of mycotoxins, as a potential risk of the storage.

The practical part describes own experiment, which includes a preparation of samples before storage and the storage itself. Four different storage tests were run – unshelled, shelled vacuum, frozen and heat treated samples. Parameters chosen to detect differences in storage techniques were the following: determination of total sum of bacteria and fungi, determination of the fatty acids profile, peroxide value and total phenolic compounds.

For each storage methods were observed different effects on quality parameters monitored. From the results, it is now not possible to determine which storage method is most appropriate, but we can state that frozen nuts were best able to reduce the number of microorganisms and the content of phenolic compounds and nuts in the shell, and heat treated samples had the most stable fatty acid profile and peroxide value.

Keywords: hazelnuts; *Corylus avellana*; nutritional value; fatty acids; TPC; storage

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce.....	2
3 Literární rešerše.....	3
3.1 Obecně o lískách a lískových ořechích.....	3
3.1.1 Botanické zařazení.....	3
3.1.2 Původ.....	3
3.1.3 Výskyt a nároky na stanoviště.....	3
3.1.4 Klasifikace lísek.....	4
3.1.5 Dnešní využití.....	5
3.2 Dopady lískových ořechů na zdraví člověka.....	5
3.2.1 Vliv lískových ořechů na zdraví člověka.....	5
3.2.2 Alergie na lískové ořechy.....	6
3.3 Nutriční složení lískových ořechů.....	6
3.3.1 Lipidy.....	7
3.3.2 Proteiny.....	7
3.3.3 Sacharidy.....	8
3.3.4 Vitaminy.....	8
3.3.5 Minerální prvky.....	10
3.3.6 Fytochemikálie.....	13
3.4 Antioxidační aktivita lískových ořechů.....	14
3.5 Skladování.....	15
3.5.1 Žluknutí lískových ořechů.....	15
3.6 Mykotoxiny.....	16
3.6.1 Aflatoxiny.....	17
3.6.2 Ochratoxiny.....	18
3.6.3 Trichoheceny.....	18
3.7 Jakostní parametry.....	19
3.7.1 Skořápka.....	19
3.7.2 Jádro.....	19
3.7.3 Třídy jakosti.....	19
4 Materiál a metodika.....	20
4.1 Stanovení celkové počtu bakterií a plísní.....	20
4.1.1 Chemikálie a přístroje.....	20
4.1.2 Metodika.....	20
4.2 Stanovení profilu mastných kyselin.....	21
4.2.1 Chemikálie a přístroje.....	21
4.2.2 Metodika.....	21
4.3 Stanovení peroxidového čísla.....	22

4.3.1	Chemikálie, přístroje.....	22
4.3.2	Metodika	22
4.4	Stanovení obsahu fenolických látek.....	23
4.4.1	Chemikálie a přístroje	23
4.4.2	Metodika	24
5	Výsledky	25
6	Diskuze	28
7	Závěr.....	32
8	Seznam literatury	33
9	Seznam použitých zkratk.....	39
10	Seznam použitých tabulek.....	40

1 Úvod

Lískové ořechy patří mezi nejvíce pěstované a konzumované ořechy na světě.

Líska je pro lidstvo známa už odpradávná. Objevuje se v mnoha bájích a pověstech. Podle keltské tradice je stromem moudrosti a poezie. Ořechy se v dobách před 7 000 lety př. n. l. pravidelně sbíraly, sušily a skladovaly na dlouhé zimy, kdy byla o jídlo nouze. Dnes jsou ořechy hojně využívány pro vytváření sladkostí. Pražené nebo ve své přírodní podobě se tak stávají součástí nejrůznějších pokrmů.

Líska je rozšířena po celé Evropě, západní Asii, severní Africe a na Kavkazu. Dominantní je v oblasti Černého moře. Největším světovým pěstitelem lískových ořechů je Turecko, na které připadá téměř 65 % světové produkce.

Lískové ořechy jsou velmi ceněné z hlediska nutričního složení a mají velký přínos pro lidské zdraví. Plody lísky obecné (*C. avellana*) obsahují poměrně velké množství tuků, ty ale bývají monoenové, proto se řadí ke zdraví prospěšným. Lískové ořechy jsou bohaté na bílkoviny, vlákninu, nalezneme v nich i vitaminy, a to především vitamin E, který patří do skupiny významných antioxidantů a vitaminy skupiny B. Nelze opomenout důležité minerální látky. Lískové ořechy jsou významným zdrojem vápníku, draslíku, železa, fosforu, mědi a hořčíku.

Pravidelná konzumace plodů lískových ořechů je prospěšná pro nemocné cukrovkou II. typu, při neurózách, nervovém a fyzickém vyčerpání a pomáhá rovněž zlepšení paměti. Konzumace je vhodná i při srdečních a oběhových chorobách.

Plody lísky jsou právem považovány za superpotravinu. V tomto kontextu je však třeba zohlednit způsob jejich uskladnění, neboť vlivem vysokého obsahu olejů může dojít k jejich žluknutí. Žluknutí ořechů zpomaluje snížení teploty během jejich skladování, vyloupaná jádra ořechů se mohou případně zavařit, čímž se odstraní všudypřítomný kyslík. Při nesprávném skladování může dojít k rozvoji plísní, z nichž nejnebezpečnější je *Aspergillus flavus*, která při svém růstu produkuje toxin – aflatoxin, jenž je pro lidský organismus závadný.

2 Cíl práce

Cílem předkládané bakalářské práce je porovnání nutričních parametrů v rámci jednotlivých skladovacích metod.

Teoretická část pojednává zejména o vlivu lískových ořechů na lidské zdraví, zaměřuje se na jednotlivé makronutrienty a mikronutrienty a zabývá se skladováním ořechů a mykotoxiny.

Úkolem praktické části je založení dlouhodobého skladovacího pokusu a provedení analýzy vybraných kvalitativních parametrů na začátku skladování.

Hypotéza: Lze předpokládat, že různé způsoby skladování mohou různou měrou ovlivnit kvalitativní parametry lískových ořechů.

3 Literární rešerše

3.1 Obecně o lískách a lískových ořeších

3.1.1 Botanické zařazení

Líska obecná (*Corylus avellana*) patří do čeledi *Betulaceae* (břízovité). V severním mírném pásmu je celkem 15 botanických druhů planě rostoucích lísek. Na našem území se rozšířil pouze druh *C. avellana* L. Kulturní lísky, které se u nás pěstují, jsou ze čtyř botanických druhů: líska obecná (*C. avellana* L.), líska turecká (*C. colurna* L.), líska největší (*C. maxima* Mill.) a líska pontická (*C. pontica* Koch.). Podle F. Goetschke se lísky třídí do pěti pomologických tříd: (i) líska lesní, (ii) zellské odrůdy, (iii) lombardské odrůdy, (iv) hybridy a (v) americké lísky (Dvořák et al., 1978).

3.1.2 Původ

První lísky se objevily v třetihorách, kdy rostly po celé severní polokouli i v nynější Arktidě. Kulturní odrůdy lísek se začaly formovat až ve čtvrtohorách v Malé Asii, východní Asii a Americe. Jedná se o lísku obecnou (*C. avellana* L.), lísku tureckou (*C. colurna* L.), lísku velikou (*C. maxima* Mill.), lísku pontickou (*C. pontica* Koch.) a lísku americkou (*C. americana* Marsch.) (Richter, 2004). Předpokládá se, že z Malé Asie byly první lísky, zellské odrůdy, dovezeny do starověkého Řecka, odkud se pravděpodobně šířily do Itálie, Španělska, Německa a poté do celé Evropy. Pěstování lískových ořechů bylo známo již ve středověku, kdy je kněží sázeli v klášterních zahradách (Dlouhá et al., 1995). V 19. století byla provedena mnohočetná křížení, díky nimž vznikla většina kultivarů dnešní zahradní lísky (Flowerdew, 1995).

3.1.3 Výskyt a nároky na stanoviště

Ve své plané formě roste líska obecná (*C. avellana*) téměř po celé Evropě (Dlouhá et al., 1995). Lískové ořechy jsou pěstovány převážně v Turecku, Itálii, Španělsku, USA, Portugalsku a ve Francii. Dále jsou kultivovány v zemích, kde je jejich produkce nižší, např. Ázerbájdžán, Gruzie, Austrálie, Nový Zéland, Čína a Írán. Turecko je jednou ze zemí, která dominuje ve světové produkci lískových ořechů. Země využívá více než 690 000 hektarů půdy k pěstování ořechů a poskytuje 65 % celosvětové produkce ořechů (N. Özenç et B. Özenç, 2014).

Nejvhodnějším stanovištěm pro lísky jsou podhorské oblasti a pahorkatiny ve středních nadmořských výškách okolo 300–400 m n. m. (Hladík et al., 1966). V naší zemi je líska pěstována především drobnými pěstiteli kvůli své nízké výnosové jistotě. Kromě sklizně ořechů se využívá také jako okrasná nebo technická dřevina (Richter, 2004).

Líska je dřevina náročná na stanoviště. Vyžaduje umístění v teplých až středních polohách, které jsou dobře chráněny proti větrům a silným mrazům. Vyžaduje teplé, hlinitopísčité nebo písčitohlinité půdy s dostatkem živin a vláhy (Richter, 2004). Líska patří mezi poměrně přizpůsobivé stromy, tudíž i půda, která nesplňuje všechny podmínky vyhovuje k pěstování lísky. Jediné, co nesnese, jsou půdy těžké, studené, uléhavé a půdy příliš suché, kde snadno zmrzá (Hladík et al., 1966).

3.1.4 Klasifikace lísek

3.1.4.1 Pomologické třídy dle F. Goetschke

Líska lesní – představuje planě rostoucí druh.

Zellské odrůdy – mezi ně patří druh *C. avellana*, a to kvůli svým morfologickým znakům. Název odrůdy je odvozen od místa, kde byla vyšlechtěna (klášter Zell v Německu). Jedná se o pozdní odrůdy, které mají poměrně silnou skořápku. Plod je dobře vidět díky punčošce, která je kratší nebo stejně dlouhá jako plod a zvonovitě odstálá (Hladík et al., 1966). Jádra jsou velmi hodnotnou potravinou a olej, který se z nich získává, se využívá při výrobě kosmetických prostředků. Některé odrůdy jsou vyhledávány pro svůj vzhled a následně využívány jako okrasná dřevina (Dlouhá et al., 1995). Zástupcem této odrůdy je např. hallská obrovská (Dvořák et al., 1978).

Lombardské odrůdy – odpovídají svými morfologickými znaky druhu *C. maxima*. Jméno má původ v Lombardii v Itálii, kde se nachází středisko pěstění těchto odrůd lísek (Hladík et al., 1966). Skořápka je tenká a snadno loupatelná, jádro ji dobře vyplňuje (Dvořák et al., 1978). Tyto odrůdy mívají kvalitně lepší a chutnější oříšky než odrůdy zellské, ale jsou náročnější na podnební podmínky (Dlouhá et al., 1995). Lombardské odrůdy jsou spíše rané, např. lombardská bílá (Dvořák et al., 1978).

U hybridů mohou zčásti převládat morfologické znaky *C. avellana*, nebo znaky *C. maxima*. Zástupcem je líska Webbova (Dvořák et al., 1978).

Drobnoplodé americké lísky (*C. americana*) mají plod s nepravidelným tvarem a tvrdou skořápku (Dvořák et al., 1978).

3.1.5 Dnešní využití

Využití lískových ořechů je opravdu široké. Po vyloupenutí z tvrdé skořápky se jádra konzumují samostatně – syrová, nebo pečená. (Ramalhosa et al., 2011). V potravinářském průmyslu se využívají převážně v cukrárnách a pekárnách. Ořechy se přidávají do zmrzlin, sladkostí, čokolád a cereáliích, ale mohou být součástí chlebů, jogurtů, polévek, salátů či hlavních pokrmů (Simsek et Aykut, 2007).

Z lískových ořechů lze dále vyrobit olej, který v dnešní době získává svou popularitu. Používá se zejména na smažení, salátové dresinky, ale i jako ochucovadlo.

Vedlejší produkty lísky obecné (*C. avellana*) nemají tak velké využití jako samotná jádra ořechů. Tvrdá skořápka ořechů se používá ke spalování, jako zdroj tepla. Může se použít na mulčování půdy, nebo jako surovina pro výrobu furfuralu. Listy mohou posloužit jako organické hnojivo a ke kompostování. Dále se využívají v lidové medicíně při přípravě výluhu na léčbu hemoroidů a křečových žil (Ramalhosa et al., 2011).

3.1.5.1 Přírodní antioxidanty

Syntetické antioxidanty, jako jsou například butylhydroxyanisol a butylhydroxytoluen, jsou látky, které se z velké části využívají jako konzervační prostředky ve farmaceutickém, kosmetickém a potravinářském průmyslu navzdory tomu, že jsou podezřelé z poškozování jater a karcinogenity u zvířat. Je snahou nahradit tyto syntetické antioxidanty přírodními, které jsou pro člověka bezpečnější.

Lískové ořechy obsahují fenolické látky, které jsou opatřeny antioxidantní aktivitou (Contini et al., 2008). Nedávný výzkum na surových extraktech získaných z vedlejších produktů ořechů podporuje hypotézu, že odpady z lískových ořechů, převážně slupka a tvrdá skořápka, mohou být spolehlivým zdrojem nových a účinných přírodních antioxidantů (Shahidi et al., 2007). Antioxidanty jsou důležité pro lidské zdraví, posilují cévy, snižují riziko kardiovaskulárních onemocnění, snižují krevní tlak a zpožďují nástup demence (Kit et al., 2016).

3.2 Dopady lískových ořechů na zdraví člověka

3.2.1 Vliv lískových ořechů na zdraví člověka

Lískové ořechy mají z hlediska výživy a zdraví nezastupitelné místo mezi druhy sušených ořechů. Ořechy obsahují důležité nutriční látky, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví (Cosmulescu et al., 2013). Bioaktivní složky celých ořechů mají kardioprotektivní, antiobezitní

a protirakovinné účinky (Vadivel et al., 2012). Ořechy obsahují důležité monoenoové a polyenoové mastné kyseliny, z nichž právě dieta bohatá na MUFA může snižovat riziko koronární choroby srdeční a mít preventivní účinek proti ateroskleróze. Přítomností železa, zinku a mědi v kombinaci s vysokým poměrem draslíku ku sodíku jsou lískové ořechy vhodné ke konzumaci zejména kvůli rovnováze elektrolytů. Zvýšený přísun ořechů může zabraňovat peroxidačním reakcím díky přítomnosti antioxidantních sloučenin, které souvisejí se zánětlivým a ischemickým onemocněním, rakovinou, hemochromatózou, sníženou imunitou, žaludečními vředy, hypertenzí, alkoholismem, nemocemi spojenými s kouřením a dalšími onemocněními (Ramalhosa et al., 2011). Pravidelná konzumace ořechů vede k poklesu hladinu cholesterolu a zlepšení kognitivních funkcí (Amarowicz et al., 2016).

3.2.2 Alergie na lískové ořechy

Alergie na lískové ořechy je jednou z nejběžnějších potravinových alergií v Evropě (Datema et al., 2015). Alergické reakce postihují především malé děti a mohou být velmi závažné, dokonce i život ohrožující (Ros, 2010). Většina alergií je způsobena skladovacími proteiny, které jsou odolné vůči tepelnému ošetření a úplnému trávení v gastrointestinálním traktu (Amarowicz et al., 2016). V současné době je jediným řešením, které zabraňuje imunologické reakci u alergických pacientů, celkové vyhýbání se této potravíně. Mezi klinické projevy potravinových alergií patří:

- kožní reakce (dermatitida, kopřivka),
- gastrointestinální poruchy,
- respirační poruchy
- anafylaxe.

Alergické reakce na ořechy mohou nastat od primárních IgE, které zprostředkují reakci (McWilliam et al., 2015). Sekundárně je alergie často spjatá s respiračními poruchami souvisejícími s alergií na pyl z břízy, lísky nebo olše (Costa et al., 2015).

3.3 Nutriční složení lískových ořechů

Lískové ořechy jsou součástí vyvážené stravy a podporují udržení sytosti a hmotnosti. Vyskytuje se v nich celá řada důležitých a zdravých prospěšných živin a bioaktivních sloučenin. Jedná se o potraviny, které dodávají tělu zdravé tuky, jsou bohatým zdrojem bílkovin, vlákniny, vitaminů, minerálních látek, fytoosterolů a polyfenolů (Amarowicz et al., 2016). Jádra lískových ořechů obsahují v malém množství i organické kyseliny. Nejhojněji zastoupená organická kyselina v jádrech lískových ořechů je jablečná kyselina. Celulóza a pektin se nacházejí

v ořeších v množství 1–3 %. Nutriční hodnota 100 g lískových ořechů odpovídá 600–650 kcal. (Köksal et al., 2006). Odrůda ořechů, umístění, složení půdy, používání hnojiv a zavlažování ovlivňuje nutriční složení lískových ořechů a následně i stabilitu a kvalitu výrobků z nich (Amini-Noori et Ziarati, 2015).

3.3.1 Lipidy

Lískové ořechy patří mezi potraviny s kvalitním zdrojem lipidů. Jádra lískových ořechů jsou přibližně z 60 % tvořena právě lipidy (Taş et Gökmen, 2017). I přes vysoký obsah tuků, má pravidelná konzumace ořechů příznivý vliv na udržování tělesné hmotnosti a glukózové homeostáze. V ořeších je přítomno vysoké procento nenasycených tuků. Olejová kyselina a linolová kyselina jsou považovány za dvě nejdominantnější nenasycené vyšší mastné kyseliny v lískových ořeších (viz Tabulka 1). Poměr těchto mastných kyselin je důležitým faktorem souvisejícím s jakostí a stabilitou ořechů. (Amarowicz et al., 2016). Hlavním zástupcem lipidů lískových ořechů je triacylglycerol. Poloha mastných kyselin v molekule triacylglycerolu je charakteristická z technického hlediska, protože profil triacylglycerolu ovlivňuje fyzikální vlastnosti olejů. Nenasycené mastné kyseliny v triacylglycerolech lískových ořechů zastupují 92,8 % všech mastných kyselin, z toho monoenoové mastné kyseliny tvoří 79,5 %. Poměr nenasycených mastných kyselin k nasyceným kyselinám v oleji lískových ořechů činí 11 : 8 (Taş et Gökmen, 2017).

Tabulka 1 Obsah mastných kyselin v lískových ořeších (zdroj: Köksal et al., 2006; Ros, 2010; upraveno)

Mastná kyselina (g/100 g)	Lískový ořech
Palmitová	4,72–5,87
Palmitolejová	0,22–0,48
Stearová	0,86–2,49
Olejová	74,20–82,80
Linolová	7,80–18,70
Linolenová	0,08–0,09
Polyenové mastné kyseliny	7,90–18,70
Nenasycené mastné kyseliny	91,70–94,20
Nasycené mastné kyseliny	4,50–8,20

3.3.2 Proteiny

Obsah bílkovin v jádrech lískových ořechů se pohybuje v rozmezí 10–24 %. Bylo zjištěno, že 22 % denních požadavků na příjem bílkovin v lidské stravě by mohlo být dodáno konzumací 100 g lískových ořechů za den (Köksal et al., 2006).

Jádra lískových ořechů obsahují řadu významných esenciálních aminokyselin, například arginin, histidin, izoleucin, leucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin a valin (viz Tabulka 2). Nejhojněji se vyskytuje arginin a leucin. Mezi neesenciální aminokyseliny, které jsou obsažené v jádrech ořechů, patří alanin, asparagová kyselina, asparagin, glutamová kyselina, glutamin, glycin, prolin, serin a tyrosin. Glutamová kyselina a glutamin jsou zastoupeny v nejvyšším množství, následovány asparagovou kyselinou, asparaginem a alaninem (Ramalhosa et al., 2011). Arginin se vyskytuje v minimálním množství od 2,47 g na 100 g čerstvé hmotnosti a může být metabolizován na oxid dusnatý (Amarowicz et al., 2016).

Proteiny ořechů mají obecně nižší poměr lysinu a argininu než bílkoviny ze živočišných zdrojů. Poměr je údajně spojen s nižším rizikem vzniku hypercholesterolemie a aterosklerózy, což následně snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění (Amarowicz et al., 2016).

Tabulka 2 Obsahy vybraných aminokyselin v lískových ořeších (zdroj: Amarowicz et al., 2016; Köksal et al., 2006; upraveno)

Esenciální aminokyselina (mg/100 g)	Lískový ořech
Arginin	1 187–2 322
Histidin	315–590
Izoleucin	318–689
Leucin	924–1 271
Lysin	378–519
Methionin	124–221
Fenylalanin	542–767
Threonin	416–517
Valin	616–807

3.3.3 Sacharidy

Jádra lískových ořechů obsahují sacharidy v rozmezí 10–22 % (Köksal et al., 2006). Jedná se pouze o orientační hodnoty, protože množství sacharidů v ořeších je závislé na podmínkách pěstování, zralosti, kultivaru a poloze pěstování (Ramalhosa et al., 2011).

3.3.4 Vitaminy

Lískové ořechy obsahují řadu významných vitaminů (viz Tabulka 3 na str. 10). Mezi vitaminy rozpustné ve vodě, které se nachází v ořeších, patří vitaminy B1, B2, B6, niacin, askorbová kyselina a listová kyselina. Vitaminy rozpustné v tucích zahrnují tokoferoly a retinol (Ramalhosa et al., 2011).

3.3.4.1 Tokoferoly

Tokoferoly, které mají aktivitu vitamínu E, jsou známými antioxidanty. Hrají důležitou roli v prevenci oxidace lipidů, prodlužují trvanlivost a chrání senzorké vlastnosti ořechů. Lískové ořechy obsahují vysoké množství α -tokoferolu a stopové množství β -, γ - a δ -tokoferolů (Taş et Gökmen, 2015). Nově se objevují důkazy, že α -tokoferol pomáhá snižovat riziko některých chronických onemocnění, jako jsou například srdeční onemocnění, diabetes II. typu, hypertenze či rakovina. Dále může mít vliv na některé negativní vlivy spojené se stárnutím a bojovat proti kognitivnímu úpadku či Alzheimerově chorobě (Köksal et al., 2006).

3.3.4.2 Vitamin A

Vitamin A existuje v několika formách známých jako retinoidy. Lidé mohou syntetizovat retinal z provitaminu A, karotenoidů, které jsou přítomny v ovoci a zelenině, například v pomerančích, brokolici, špenátu, mrkvi, sladkých bramborách a dýních. Rostliny produkují čtyři typy karotenoidů z isopentyldifosfátu. Ve větším množství se akumuluje α -karoten a β -karoten, oproti γ -karotenu a β -kryptoxantinu (Jiang et al., 2017).

3.3.4.3 Vitamin C

Velké množství vitamínu C neboli kyseliny askorbové je přítomno v čerstvém ovoci a zelenině. Většina rostlin a zvířat syntetizuje kyselinu askorbovou z D-glukózy nebo D-galaktózy. Lidé nicméně nemohou kyselinu askorbovou syntetizovat kvůli absenci enzymu L-gulonolakton oxidázy, proto musí být doplněna přijímanou potravou.

Referenční hodnota příjmu vitamínu C se pohybuje od 75 do 100 mg. Pravidelný příjem kyseliny askorbové je spojen se sníženým výskytem úmrtnosti způsobené srdečním selháním, mrtvicí a rakovinou. Stres, kouření, alkoholismus, virové infekce a horečky způsobují rychlý pokles hladiny kyseliny askorbové v krvi (Naidu, 2003).

Tabulka 3 Obsah vitaminů v lískových ořeších (mg/100 g) (zdroj: Amarowicz et al., 2016; Köksal, et al., 2006; upraveno)

Vitamin	Lískový ořech
B1	0,11–0,64
B2	0,04–0,11
Listová kyselina (µg/100 g)	9,00–82,00
B6	0,22–0,72
Askorbová kyselina	1,38–6,30
Retinol	1,21–9,06
α-tokoferol	15,03–38,40
γ-tokoferol (µg/100 g)	0,38–2,98
δ-tokoferol	0,52–3,41

3.3.5 Minerální prvky

Mezi nejdůležitější minerální prvky obsažené v lískových ořeších patří draslík, fosfor, železo, vápník, sodík, zinek, měď a hořčík (viz Tabulka 4 na str. 13) (Ramalhosa et al., 2011). Stopové prvky jsou nezbytné v lidské výživě, při vyšších dávkách však mohou být i toxické. Referenční hodnoty příjmu některých prvků pro dospělého člověka jsou následující: železo 8–15 mg/den, zinek 8–11 mg/den, měď 0,7–0,9 mg/den, chrom 20–30 µg/den, selen 40–55 µg/den (Simsek et Aykut, 2007).

3.3.5.1 Vápník

Přibližně 2 % celkové tělesné hmotnosti lidského těla tvoří vápník. Vápník je hlavním komponentem v kostech a zubech (Amini-Noori et Ziarati, 2015). Správné množství vápníku pomáhá mladým lidem rozvíjet silné kosti, zatímco u starších lidí pomáhá udržet kosti zdravé. Vápník také pomáhá k prevenci a léčbě osteoporózy a je důležitý pro správné srážení krve. Pevné množství vápníku tvoří zuby, které zůstávají v ústní dutině neměnné, a které se na rozdíl od kostí nepodílejí na metabolismu vápníku.

Nedostatečný příjem vápníku v průběhu růstu a puberty vede k hypokalcémii. Nejnižší referenční hodnota příjmu vápníku je 1 000 mg. Mezi nejběžnější zdroje vápníku patří mléko, sýry a ostatní mléčné výrobky, fazole, brokolice a ořechy (U. C. Gupta et S. C. Gupta, 2014).

3.3.5.2 Draslík

Draslík je třetím nejrozšířenějším minerálním prvkem v lidském těle, který působí jako elektrolyt. Tento prvek je důležitý pro správnou funkci srdce, mozku, ledvin, svalové tkáně a dalších důležitých orgánů lidského těla (Amini-Noori et Ziarati, 2015). K udržení života a zdraví musí lidé konzumovat a absorbovat střevním traktem adekvátní množství draslíku

v jeho iontové formě, ve formě draselných solí organických kyselin v potravinách, například citrát draselný. Rostlinné potraviny (ovoce, zelenina) poskytují nejbohatší zásoby draselných solí organických kyselin na kalorie spotřebované potraviny. Lidské tělo si nevytváří zásoby toho prvku, proto by se měl pravidelně konzumovat.

Nízká hladina draslíku v krvi se nazývá hypokalémie a má za následek oslabení svalstva, abnormální srdeční rytmy a mírný nárůst krevního tlaku. Naopak příliš mnoho draslíku v krvi je známo jako hyperkalémie a vede k abnormálním a nebezpečným srdečním rytmům a snížení funkcí ledvin. Dobrymi zdroji draslíku jsou ryby, kuřecí maso, červené maso, sójové produkty, zelenina, citrusové plody, melouny, banány, mléko, jogurty a ořechy (U. C. Gupta et S. C. Gupta, 2014).

3.3.5.3 Fosfor

Fosfor tvoří přibližně 1 % celkové tělesné hmotnosti člověka. Je přítomen v každé buňce těla a je součástí kostí a zubů. Fosfor hraje důležitou roli v lidském těle ve využití sacharidů a tuků a při syntéze bílkovin potřebných pro růst, údržbu a opravu buněk a tkání. Fosfor je také rozhodující pro produkci adenosintrifosfátu - molekuly, kterou tělo používá k ukládání energie. Dále pracuje s vitaminy skupiny B, pomáhá při kontrakci svalů, funkci ledvin a udržování pravidelného srdečního tepu.

Nedostatek fosforu je nepravděpodobný, ale pokud nastane, může způsobit zkrácení života červených krvinek, což může vést k anémii. Dále může způsobit vznik abnormálních bílých krvinek vedoucí ke snížení rezistence k infekcím a oslabené imunitě. Nejvíce fosforu obsahují potraviny bohaté na bílkoviny, jako jsou například maso, mléko, sýry, drůbež a ryby (U. C. Gupta et S. C. Gupta, 2014).

3.3.5.4 Hořčík

Hořčík je v pořadí čtvrtým nejvíce se vyskytujícím minerálním prvkem v lidském těle a je esenciální pro lidské zdraví. Přibližně 50 % celkového tělesného hořčíku se nachází v kostech. Druhá polovina se nachází převážně uvnitř buněk tělních tkání a orgánů. Pouze 1 % hořčíku se nachází v krvi. Mezi nejdůležitější funkce hořčíku patří regulace relaxace a kontrakce svalů, produkce bílkovin a produkce a transport energie po celém těle. Hořčík je také důležitý pro snižování rizika vývoje kardiovaskulárních onemocnění.

Nedostatek hořčíku může způsobit závažné deprese a problémy duševního zdraví včetně ztráty IQ. Dobrým zdrojem hořčíku je zelená zelenina, některé luštěniny (fazole a hrách), dýňová a slunečnicová semínka, ořechy a tofu (U. C. Gupta et S. C. Gupta, 2014).

3.3.5.5 Sodík

Sodík je prvkem, který se nachází převážně v soli. Pouze malé množství se vyskytuje přirozeně v potravinách. Snahou je, aby denní příjem sodíku činil méně než 1 500 mg. Mezi potraviny s vysokým obsahem sodíku patří zpracované maso, konzervované potraviny, sýry, chleby, nakládané potraviny, koření, potraviny z rychlého občerstvení a hotová jídla (U. C. Gupta et S. C. Gupta, 2014).

3.3.5.6 Ostatní minerální prvky

Zinek je součástí mnoha enzymů a podílí se na metabolických pochodech organismu (Amini-Noori et Ziarati, 2015). Měď a zinek vykazují širokou škálu biologických funkcí, a to jako komponenty redoxních a enzymatických systémů. Bor přispívá k udržení funkce buněčné membrány a stability, zahrnující enzymatické aktivity. Nikl hraje důležitou roli v metabolismu vápníku a zinku, a adsorpci železa. Zároveň je součástí několika enzymatických systémů, jako jsou ureáza, hydrogenáza, dehydrogenáza a transamináza. Lithium hraje roli v distribuci a transportu vitamínu B12 a stimuluje produkci nových mozkových buněk (Simsek et Aykut, 2007). V lískových ořechích se nachází i malé množství selenu a chromu. Příjem selenu silně souvisí s redoxním stavem v lidském těle. Samotný selen nepůsobí jako antioxidant, ale funguje jako katalyzátor glutathion peroxidázy (Amarowicz et al., 2016). Chrom hraje zásadní roli v metabolismu glukózy, inzulínu a mastných kyselin, proto je vhodný pro sportovce, u kterých umožňuje zvýšit svalovou hmotu a snížit tělesný tuk (Simsek et Aykut, 2007).

Minerální složení lískových ořechů je ovlivněno podnebím, kultivarem, složením půdy, využíváním hnojiv, zavlažováním, způsobem pěstování a geografickým původem (N. Özenç et B. Özenç, 2014).

Tabulka 4 Minerální složení lískových ořechů (zdroj: Amarowicz et al., 2016; Amini-Noori et Ziarati, 2015; Köksal et al., 2006; upraveno)

Minerální prvek (mg/100 g)	Lískový ořech
Vápník	114,0–186,0
Železo	4,2–4,7
Hořčík	163,0–173,0
Fosfor	287,0–290,0
Draslík	680,0–863,0
Sodík	0,0–2,6
Zinek	2,5–2,9
Měď	1,7–2,3
Mangan	5,6–6,2
Selen	0,0–0,1

3.3.6 Fytochemikálie

Fytochemikálie, široce klasifikovány jako alkaloidy, sloučeniny obsahující dusík, karotenoidy, organosírové sloučeniny, fenoly a fytosteroly, jsou definovány jako bioaktivní složky bez živin v rostlinných potravinách. Ořechy obsahují bioaktivní složky, jako jsou fenoly, karotenoidy, fytosteroly, tokoferoly a skvaleny, které mají biologické účinky proti kardiovaskulárním onemocněním, rakovině a dalším typům chronických onemocnění (Davis, 2011).

3.3.6.1 Fenoly

Obsah fenolických látek v lískových ořeších slouží jako významné kritérium při hodnocení kvality ořechů (Ciemniewska-Zytkiewicz et al., 2015). Zapojení fenolických sloučenin do stravy je důležité, protože tyto sloučeniny jsou spojeny s ochranou před volnými radikály a se sníženým rizikem oxidačního stresu (Taş et Gökmen, 2017). Při spotřebě 1 g ořechů/den/kg tělesné hmotnosti dochází ke zlepšení ukazatele oxidačního stresu (Amarowicz et al., 2016). Fenolické sloučeniny jsou koncentrovány především ve slupce ořechu, proto obsah celkových fenolických sloučenin může klesat při pražení a vaření ořechů. Gallová kyselina a protokatechová kyselina spolu s p-kumarovou a ferulovou kyselinou jsou nejvíce dominantní fenolové kyseliny v lískových ořeších (Taş et Gökmen, 2017). Lískové ořechy jsou dále bohatým zdrojem flavonoidů, převážně katechinů a gallokatechinů.

Fenolové látky mohou být buď extrahované rozpouštědly, neextrahovatelné, nebo kovalentně vázané. Vázané fenoly jsou spojeny s vlákninou, ligninem nebo jinými komponentami buněčných stěn (Alasalvar et Bolling, 2015).

3.3.6.2 Fytosteroly

Fytosteroly jsou lipofilní, rostlinné syntetizované steroly. Nasycené steroly jsou známy jako stanoly. Obsah fytosterolů v lískových ořeších činí okolo 165 mg/100 g. Z fytosterolů se v lískových ořeších objevuje zejména β -sitosterol (Alasalvar et Bolling, 2015). Fytosteroly snižují hladinu cholesterolu v krvi a zlepšují imunitu (Davis, 2011).

3.3.6.3 Skvaleny

Skvalen je uhlovodíkový steroidní prekurzor s lineární konfigurací a 30 uhlíky. Vyskytuje se v rostlinných i zvířecích buňkách. Jedná se o silný antioxidant, který může inhibovat oxidaci lipidů. Lískový ořech obsahuje $186,4 \pm 11,6 \mu\text{g/g}$ skvalenů (Davis, 2011).

3.4 Antioxidační aktivita lískových ořechů

Antioxidační potenciál jader lískových ořechů a skořápkových extraktů souvisí s přítomností fenolových kyselin a taninů. Polyfenolům se dostává velké pozornosti kvůli jejich přínosům na lidské zdraví díky antioxidačním vlastnostem. Příjem potravin bohatých na polyfenoly je obecně uznáván jako užitečný pro prevenci a léčbu rakoviny a kardiovaskulárních a zánětlivých onemocnění či onemocněních související s věkem (Esposito et al., 2017).

Antioxidační aktivita molekul obsažených v lískových ořeších je založena na jejich schopnosti darovat vodíkový atom volným radikálům. Tyto sloučeniny jsou schopné vycípat volné radikály a mají pravděpodobně potenciál v prevenci rakoviny, aterosklerózy a diabetes II. typu. V dnešní době existují značné důkazy, že antioxidanty obsažené v ovoci a zelenině hrají důležitou roli v udržování zdraví a v prevenci před onemocněním. Fenolické sloučeniny a fytochemikálie přítomné v rostlinných produktech mají antioxidační a antiradikálové účinky. Tyto fytochemikálie a fenolické sloučeniny poskytují ochranu před škodlivým účinkem oxidačního stresu způsobeného volnými radikály (Oliveira et al., 2008).

Studie týkající se antimikrobiálního potenciálu lískových ořechů se zaměřují na listy a na jádra ořechů. Pro grampozitivní bakterie (*Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*), gramnegativní bakterie (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Klebsiella pneumoniae*) a houby (*Candida albicans* a *Cryptococcus neoformans*) byly stanoveny minimální hodnoty inhibiční koncentrace za použití metody na bázi radiální difúze. Jádra lískových ořechů a listy mají odlišnou antimikrobiální aktivitu. V případě listů vzorky ukázaly antimikrobiální aktivitu proti všem mikroorganismům s výjimkou *P. aeruginosa* a *C. albicans*,

kteře byly odolné vůči extraktům v koncentraci 100 mg/ml. V případě vodných výluhů z lískových jader byla vysoká antimikrobiální aktivita zjištěna pouze proti grampozitivním bakteriím, konkrétně *B. cereus*, *B. subtilis* a *S. aureus*. Naopak gramnegativní bakterie a houby byly odolné vůči testovaným extraktům ve všech koncentracích (Ramalhosa et al., 2011).

3.5 Skladování

Kvalita lískových ořechů je ovlivněna podmínkami skladování, které tak hrají významnou roli v potravinářském průmyslu i u přímé spotřeby. S trvanlivostí potravin je často spojena oxidace lipidů, ale existuje řada dalších faktorů, které přispívají k definování jakosti ořechů, jsou to vzhled, struktura, chuť, chemické složení, nutriční hodnota a bezpečnost potravin. Lískové ořechy obsahují cenné množství živin, z nichž převažují lipidy. Během skladování může lipidová frakce podlehnout hydrolýze a oxidaci, což způsobí nežádoucí zápach a chuť, a dojde tak ke znehodnocení výživové hodnoty jader ořechů.

Mnoho vnějších faktorů, mezi které patří například teplota a vlhkost, mohou ovlivnit kvalitu ořechů. Pokud je vlhkost příliš vysoká, může se vyskytnout plíseň. Pokud je naopak příliš nízká, ořech se scvrkává a mění barvu. Je snahou zajistit co nejdélejší životnost a prodloužit ochranu před žluknutím, proto je nutné, aby byly ořechy bezprostředně po sklizni usušeny na vlhkost jádra 3,5–6 %. Navíc relativní vlhkost nesmí během skladování překročit 70 %. Chemické a enzymatické procesy žluknutí a degradace vitamínu E jsou značně zpomaleny snížením teploty během skladování. Aktivace plísní a hmyzu je prakticky eliminována při teplotách blízkých nule. Nepražená jádra ve skořápce mohou být uchována po dobu 24 měsíců, s minimálními ztrátami kvality při teplotách pod 10 °C, zatímco pražená jádra je možné uchovávat pouze po dobu šesti měsíců při teplotách 0 °C, 5 °C nebo 10 °C. Optimální podmínky skladování mohou být zajištěny kombinací nízké teploty a modifikované atmosféry (nasyčený N₂, anebo CO₂) nebo vakuem. V poslední době se ukázalo, že vysoká koncentrace dusíku (98–100 %) a nízká teplota (4 °C) jsou nejlepším způsobem pro zachování barev, pevnosti, kyselosti a peroxidových hodnot jader ořechů (Ghirardello et al., 2013).

3.5.1 Žluknutí lískových ořechů

Lískový ořech má vysoký obsah oleje a je bohatý na nenasycené mastné kyseliny. Výsledkem tohoto složení je, že ořechy jsou citlivé na žluknutí. Hydrolýza a oxidace lipidů jsou chemické změny, ke kterým dochází během skladování. Hydrolýza lipidů vede k postupnému zvyšování hodnoty potravní kyselosti způsobené tvorbou volných mastných kyselin. Volné mastné kyseliny a triacylglyceroly lze oxidovat autooxidací nebo enzymy lipoxygenázy.

Oxidace lipidů v potravinách je spojena s nenasycenými mastnými kyselinami a je často autokatalytická, přičemž oxidační produkty propagují reakci tak, aby se rychlost reakce zvyšovala s časem. Nenasycené lipidy jsou náchylné k oxidaci při jejich vystavení se kyslíku, sálavé energii anebo druhu organického a anorganického katalyzátoru, jakým jsou kovy či enzymy.

Hydroperoxydy jsou hlavními produkty oxidace lipidů a mohou se rozložit na sekundární produkty, jako jsou aldehydy, alkoholy, ketony, hydroxykyseliny a hydroxyuhlovodíky. Tyto sekundární produkty jsou často těkavé a mohou způsobit nepříjemný zápach a pachut'. Vedlejší produkty, stejně jako peroxidy a lipidové volné radikály, mohou reagovat s proteiny a vitaminy, což následně způsobuje ztrátu nutriční hodnoty (Romero et Lopez, 2001).

Hexanal je hlavní těkavý aldehyd, který vzniká v průběhu oxidace nenasycených tuků. Využívá se jako alternativa na tradiční indikátory oxidace a ke sledování oxidace lipidů v potravinách obsahujících tuky (Ghirardello et al., 2016). Rychlost oxidace lipidů je silně ovlivněna koncentrací nenasycených mastných kyselin. V lískových ořeších je nevyšší koncentrace polyenové mastné kyseliny linolové.

Správné skladovací techniky mohou zpomalit oxidaci lipidů a hydrolýzu polyenových mastných kyselin, a tím zachovat kvalitu produktu. Nepříznivé a zvláště vlhké podmínky skladování způsobují zhoršení kvality ořechů (Romero et Lopez, 2001).

3.6 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou toxické metabolity, které jsou produkovány zejména houbami rodu *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium*. Tyto druhy mykotoxinů produkují řady plísní a mohou růst na široké škále zemědělských komodit, a to buď na poli během sklizně, nebo při skladování.

Stupeň kontaminace závisí na mnoha faktorech, jako jsou teplota, vlhkost a substrát. Kontaminace mykotoxiny je závažným problémem v tropických a subtropických oblastech, kde jsou klimatické podmínky a skladovací techniky příznivé pro růst hub a produkci toxinů (Imperato et al., 2011).

V dnešní době je známo více než 300 druhů mykotoxinů, ale pouze pět z nich má primární význam. Mezi mykotoxiny s primárním významem lze zařadit aflatoxiny (AF), ochratoxiny (OTA), fumonisiny (FUM), trichotheceny a zearalenon (ZEN) (Heperkan, 2006).

Národní a mezinárodní instituce a organizace, jako jsou například Evropská komise, Světová zdravotnická organizace (WHO) a Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) rozpoznaly potenciální zdravotní rizika pro zvířata a člověka představována potravinami a krmivy v důsledku jejich intoxikace mykotoxiny. Nařízení byla založena v mnoha zemích

v zájmu ochrany spotřebitele před škodlivými vlivy těchto přírodních toxinů. Evropská unie (EU) přijala přísné limity pro hlavní typy mykotoxinů v mnoha produktech s vysokým rizikem kontaminace. Tyto regulační limity nutí všechny členské státy EU sledovat a kontrolovat hladiny mykotoxinů v potravinách, které procházejí celními úřady, a snižovat tak příjem těchto toxických metabolitů (Imperato et al., 2011).

3.6.1 Aflatoxiny

Jedním z největších problémů lískových ořechů je jejich kontaminace aflatoxiny. Aflatoxiny jsou sekundární metabolity produkované některými houbami, např. *Aspergillus flavus* a *Aspergillus parasiticus* (Ekinci et al., 2014). Termín aflatoxin je odvozen od *Aspergillus (A-) flavus (-fla-)* a toxin. Je známo 14 druhů aflatoxinů, přičemž většina z nich jsou metabolity tvořeny endogenně u zvířat (Saleemullah et al., 2006).

Aflatoxiny jsou substituované kumariny, aflatoxin B1 a B2 mají difurokumarocyklopentenovou strukturu a emitují modrou fluorescenci, kdežto šestičlenný laktonový kruh nahrazuje cyklopenten u aflatoxinu G1 a G2, které emitují žlutozelenou fluorescenci. Aflatoxin B1 a G1 mají dvojnou vazbu v poloze C8 - C9, zatímco aflatoxin B2 a G2 tuto vazbu postrádají, a jsou tudíž méně toxické (Siciliano et al., 2016). Kontaminace těmito aflatoxiny způsobuje potenciální zdravotní riziko pro člověka a hospodářské ztráty (Ekinci et al., 2014).

Aflatoxiny patří mezi genotoxické a karcinogenní látky, které jsou známy svou teratogenitou a mutagenitou. Aflatoxikóza (onemocnění způsobené aflatoxinem) způsobuje akutní poškození jater, cirhózu jater, vznik nádorů, poruchy centrálního nervového systému, kožní poruchy a hormonální poruchy (Saleemullah et al., 2006). Aflatoxin B1, hlavní aflatoxin, produkovaný toxigenními kmeny je nejúčinnějším hepatokarcinogenem známým u savců. Je klasifikován Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny jako karcinogen člověka (Imperato et al., 2011).

Lískové ořechy mohou být kontaminovány zejména *A. parasiticus*, který je schopen produkovat všechny čtyři hlavní aflatoxiny: B1, B2, G1 a G2, zatímco *A. flavus* je schopen produkovat pouze aflatoxin B1 a B2 (Siciliano et al., 2016).

Ořechy jsou chráněny tvrdou skořápkou. *Aspergillus flavus* tudíž není přítomen v endospermu, ale nachází se na stromu před sklizní. K infekci endospermu plísni dojde, pokud je tvrdá skořápka poškozena, nebo je napadena červy či jinými škůdci. Aflatoxin vzniká během sklizně a sušení, na začátku sušení je přítomen pouze v malém množství. Pokud není skořápka poškozena, nevyskytuje se v lískovém ořechu vůbec (Heperkan, 2006).

Hladiny aflatoxinů jsou přísně kontrolovány vnitrostátními a mezinárodními směrnicemi. Evropská unie stanovuje povolené limity pro aflatoxin B1 a celkové množství aflatoxinů od 8 do 15 µg/kg. V Turecku jsou zákonné limity pro aflatoxin B1 a celkové aflatoxiny v lískových ořeších pro přímou lidskou spotřebu od 5 do 10 µg/kg (Ekinci et al., 2014).

Rostoucí obavy o bezpečnosti potravin vedly k vývoji několika metod pro stanovení aflatoxinů. Analytické metody založené na extrakci s organickými rozpouštědly, čištění imunoafinitní chromatografií a analýza HPLC spojená s fluorescenční detekcí jsou široce používané metody pro oficiální kontrolu hladiny aflatoxinů v mnoha potravinářských komoditách (Imperato et al., 2011). Aflatoxin může být detoxifikován zpracováním produktu s NH₄OH a H₂O₂. Další možná prevence k zabránění množení aflatoxinů je balení vysušených plodů do polyethylenových nebo propylenových sáčků (Saleemullah et al., 2006).

Hladiny aflatoxinů se v lískových ořeších pohybují v rozmezí 0,4–150 µg/kg (Heperkan, 2006).

3.6.2 Ochratoxiny

Ochratoxiny jsou všudypřítomné mykotoxiny produkované rody *Aspergillus* a *Penicillium*. Nejvýznamnějšími zdroji jsou obiloviny, produkty z obilovin, sušené ovoce, káva a víno. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny klasifikovala ochratoxin jako možný lidský karcinogen. Evropský úřad pro bezpečnost potravin stanovil pro ochratoxin tolerovaný příjem na 120 ng/kg tělesné hmotnosti (Imperato et al., 2011). Ochratoxin může působit neurotoxicky, hepatotoxicky, teratogenně, imunotoxicky a může způsobit nádory ledvin a jater.

Ochratoxin je rozšířen obzvláště v zemích s horkým a vlhkým klimatickým podnebím (africké země, jižní Asie, Jižní Amerika). Nicméně i v zemích severní Evropy, charakterizované nízkoteplotním klimatem, je ochratoxin rozšířen. Produkce ochratoxinů je způsobena jinými druhy patřícími do rodu *Penicillium* (*P.verrucosum*, *P.nordicum*) (Khoury et Atoui, 2010).

3.6.3 Trichotheceny

Trichothecium roseum je plíseň izolovaná ze zemědělských produktů, například obilovin, kukuřice a lískových ořechů. Jedná se o jednu z nejčastěji se vyskytujících plísní uvnitř skořápky během sklizně, sušení a skladování. Pokud se *T. roseum* vyskytuje již při sklizni, lipolytická aktivita způsobí hořkou chuť ořechu. Lipázový enzym hydrolyzuje molekuly tuku a tvoří volné mastné kyseliny a glyceridy.

Volné mastné kyseliny patří mezi důležitá kritéria, která rozhodují o kvalitě lískových ořechů a chuti. Čerstvý lískový ořech obsahuje stopové množství volných mastných kyselin.

Obsah volných mastných kyselin se zvyšuje při vhodných podmínkách a je nežádoucí, aby hladina přesáhla 1 %. Lipázové enzymy produkované mikroorganismy jsou spíše zodpovědné za produkci volných mastných kyselin než enzymy v produktu již přítomné (Sipahioglu et Heperkan, 2000).

3.7 Jakostní parametry

Existuje několik základních parametrů, které musí lískové ořechy ve skořápce splňovat ve stádiu kontroly při vývozu, po úpravě a zabalení. Minimální požadavky pro všechny třídy jakosti se vztahují na skořápku a jádro.

3.7.1 Skořápka

Skořápka nesmí být výrazně deformovaná. Měla by být v celku, ovšem lehká povrchová poškození se za vadu nepovažují. Dalším parametrem je čistota. Skořápka by neměla obsahovat cizí látky na povrchu a měla by být nepoškozená škůdci. Suchý obal bez nadměrné povrchové vlhkosti a bez ulpělého obalu (povoluje se max. 5 % povrchu jednotlivé skořápky) je dalším požadavkem lískových ořechů ve skořápce. Lískové ořechy ve skořápce smějí obsahovat nejvýše 12 % vody.

3.7.2 Jádro

Jádro musí být naprosto zdravé, nepovolují se ořechy napadené hnilobou nebo s takovými vadami, které jsou nevhodné pro lidskou spotřebu. Dále by jádro mělo být čisté a dostatečně vyvinuté, nedovolují se plody prázdné a jádro seschlé či scvrklé. Nesmí být poškozené škůdci a žluklé. Lískové jádro by mělo být bez živého nebo mrtvého hmyzu, bez růstu plísní viditelného pouhým okem a bez nadměrné povrchové vlhkosti. Jádra lískových ořechů mohou mít nejvýše 7 % vody.

3.7.3 Třídy jakosti

Lískové ořechy ve skořápce se rozdělují do tří jakostních tříd. Výběrové lískové ořechy musí vykazovat vynikající jakost. Ořechy jsou v podstatě bez vad, výjimku tvoří lehká povrchová poškození, nesmí ovšem zhoršovat celkový vzhled, jakost a uchovatelnost výrobku. Ořechy zařazené do I. třídy jakosti mohou mít lehké vady, ale neměly by zhoršovat celkový vzhled a jakost produktu. Do II. třídy jakosti patří ořechy, které odpovídají minimálním požadavkům, jsou povoleny vady, pokud zůstanou zachovány základní znaky jakosti (ČSN 46 3087, 2002).

4 Materiál a metodika

Na všechny pokusy byly použity lískové ořechy z jednoho zdroje. Vzorky lískových ořechů byly po vyloupání vždy baleny po 20 g a byly založeny čtyři různé skladovací podmínky. Lískové ořechy (i) zavařené v inkubátoru KBC-100/250 při teplotě 80 °C po dobu 30 minut, (ii) lískové ořechy mražené, uchované v polyetylenových uzavíratelných sáčcích, (iii) vakuované pomocí automatické vakuové baličky a (iv) ve skořápce volně uložené (viz Tabulka 5). Analýza byla provedena na počátku založení skladovacího pokusu, a to se vzorky mraženými, zavařenými a volně uloženými ve skořápce. Vakuované vzorky nebyly analyzovány z důvodu stejných počátečních podmínek jako u vzorků ve skořápce. První měření proběhlo 8. 2. 2018. Následně bude analýza provedena po třech měsících, půl roce, jednom roce a dvou letech.

Tabulka 5 Značení metod skladování lískových ořechů

	Označení metody
M	Mražené vzorky
Z	Tepelně ošetřené vzorky (zavařené)
V	Vakuované vzorky
S	Vzorky ve skořápce

4.1 Stanovení celkové počtu bakterií a plísní

4.1.1 Chemikálie a přístroje

Chlorid sodný (Dorapis; Praha, Česká republika), Plate Count Agar (Oxoid Ltd; Basingstoke, Velká Británie), Sabouraud Dextrose Agar (Oxoid Ltd; Basingstoke, Velká Británie), destilovaná voda.

Třepačka (Wisd SHO - 1D), autokláv (Chirana), mikrobiologický termostat (BT 120), automatická pipeta (EppendorfResearch Plus), váha (Kern EMB 600-2).

4.1.2 Metodika

K analýze byly náhodně vybrány tři vzorky z každé skladovací metody – mražené ořechy, tepelně ošetřené a ve skořápce. Nejprve byl připraven fyziologický roztok, smícháním 8,1 g NaCl s 900 ml destilované vody. Oba agary byly připraveny dle návodu, v tomto případě 3,6 g PCA spolu s 360 ml destilované vody a 23,4 g SDA s 360 ml destilované vody. Po důkladném promíchání byl fyziologický roztok, PCA a SDA, spolu s dalším potřebným laboratorním sklem

vložen do autoklávu a byl sterilizován při tlaku 121 kPa po dobu 20 minut. Po sterilizaci byly agary rozlity do Petriho misek (15–20 ml/ 1 miska). Od každého vzorku byly založeny dvě Petriho misky, čímž vzniklo 18 Petriho misek s SDA a 18 misek s PCA. Poté, co agar zatuhl, byly misky obráceny dnem vzhůru.

Z použitých skladovacích metod a ze všech tří náhodně vybraných vzorků bylo naváženo 10 g ořechů. Každý vzorek byl přidán do 100 ml fyziologického roztoku a byl třepán na třepače po dobu 10 minut. Vzniklý roztok byl pipetován v množství 100 μ l do Petriho misek s předem připraveným agarem. Všech 36 Petriho misek bylo vloženo do termostatu. PCA k nárůstu bakterií do termostatu o teplotě 35 °C na dobu jednoho dne a SDA k nárůstu plísní do termostatu o teplotě 25 °C na dobu dvou dnů.

Výsledky mikrobiologické aktivity v lískových ořeších byly statisticky vyhodnoceny podle Nemenyiho testu mnohonásobného porovnávání.

4.2 Stanovení profilu mastných kyselin

4.2.1 Chemikálie a přístroje

Petrolether (Penta; Praha, Česká republika), benzen (Lach-Ner; Neratovice, Česká republika), 0,4 M hydrid sodný, methanol (Penta; Praha, Česká republika), destilovaná voda.

Laboratorní mlýnek (IKA A11 basic), analytická váha (AND), automatická pipeta (Eppendorf Research Plus), plynová chromatografie (Agilent Technologies 7890A).

4.2.2 Metodika

Z každé skladovací metody byly vybrány tři vzorky ořechů a byly homogenizovány pomocí laboratorního mlýnku. Dále bylo naváženo na analytických vahách přesně 100 mg ořechů. Poté byly vzorky ořechů kvantitativně přendány do 10 ml odměrné baňky. Hydrid sodný byl připraven smícháním 0,48 g NaH s 50 ml methanolu. Postupně se do baňky přidávaly látky v následujícím pořadí: 0,5 ml petroletheru, 0,5 ml benzenu a 1 ml připraveného NaH. Vzorky byly takto esterifikovány. Roztok byl ponechán k reakci na 20 minut a poté byl po rysku doplněn destilovanou vodou. Po vytvoření dvou oddělených frakcí byla horní frakce převedena pipetou do předem připravené vialky. Vzniklo tak devět vialek, které byly uskladněny při -20 °C v mrazicím boxu až do analýzy. Analýza profilu mastných kyselin byla stanovena pomocí plynové chromatografie s hmotnostním spektrometrem (GC-MS). Plynový chromatograf Agilent 7890A GC, spojený s hmotnostním spektrometrem Agilent 5975C MSD (Agilent, Santa Clara, CA, USA) byl vybaven kolonou Rt-2560 (100m x 0,25mm x 0,2 μ m)

(Chromservis, Praha, Česká republika). Do injektoru vyhřátého na 225 °C byl proveden nástřik o objemu 1 µl ve splitovém poměru 1:50. Jako nosný plyn bylo použito helium a byl nastaven konstantní průtok 1,2 ml/min. Teplotní program byl nastaven na počáteční teplotu 70 °C po dobu 2 minut, poté došlo ke zvyšování teploty 5 °C/min až na 225 °C. Tato teplota byla udržována 9 minut, dále vystoupala na 240 °C opět rychlostí 5 °C/min, kde byla držena 15 minut. Celkový čas analýzy byl 60 minut. Identifikace byla provedena porovnáním retenčních časů s autentickými standardy esterů mastných kyselin a s literaturou. Kvantifikace byla vyhodnocena jako relativní procentické zastoupení ploch jednotlivých píků oproti celkové ploše všech píků.

4.3 Stanovení peroxidového čísla

4.3.1 Chemikálie, přístroje

Petrolether (Penta; Praha, Česká republika), jodid draselný (Penta; Chrudim, Česká republika), thiosíran sodný pentahydrát (Lach-Ner; Neratovice, Česká republika), škrob rozpustný (Lach-Ner; Neratovice, Česká republika), chloroform (Penta; Praha, Česká republika), octová kyselina (Penta; Praha, Česká republika), kyselina chlorovodíková (Penta; Praha, Česká republika), dichroman draselný (Lach-Ner; Neratovice, Česká republika), destilovaná voda.

Laboratorní mlýnek (IKA A11 basic), rotační odparka (Heidolph), magnetické míchadlo (Variomag), vařič, analytická váha (AND), skleněná pipeta.

4.3.2 Metodika

Vybrané tři vzorky ořechů jednotlivých skladovacích metod byly homogenizovány. Poté byly naváženy 2 g ořechů s přesností 0,001 g na analytických vahách. Vzorky byly kvantitativně převedeny do 100 ml Erlenmeyerovy baňky a bylo přidáno 10 ml petroletheru. Vzniklý roztok byl třepán po dobu 10 minut a poté zfiltrován do předem zvážené odparné baňky. Rotační odparka byla nastavena na 40 °C a na otáčky 90 RPM. Po zhruba sedmi minutách došlo k odpaření petroletheru a odparné baňky byly opět zvázeny.

Nasyčený vodný roztok jodidu draselného byl připraven smísením 36 g jodidu draselného a 25 ml destilované vody a byl s využitím magnetického míchadla zamíchán. Dále byl připraven škrob. V tomto případě bylo 0,503 g škrobu rozpuštěno v 10 ml destilované vody. Mezitím bylo 100 ml destilované vody přivedeno k varu. Do vroucí vody byla vmíchána směs rozpustného škrobu s 10 ml destilované vody. Nově vzniklý roztok byl vařen po dobu tří minut. K titraci byl

třeba thiosíran sodný, který byl připraven do 100 ml odměrné baňky navážením 0,025 g thiosíranu sodného a doplněním destilované vody po rysku.

K odpařenému vzorku bylo přidáno 10 ml chloroformu, 10 ml kyseliny octové a 1 ml jodidu draselného. Odparná baňka byla zazátkována, protřepána a po dobu jedné minuty uchována ve tmě. Po uplynutí pěti minut bylo ke vzorku přidáno 70 ml destilované vody a několik kapek škrobového mazu, který sloužil jako indikátor tmavě modrého zbarvení. Vzniklý roztok byl titrován standardním odměrným roztokem, thiosíranem sodným o koncentraci 1 mmol/l až do odbarvení. Takto bylo titrováno všech devět vzorků ořechů (M03, M06, M20, Z03, Z06, Z20, S1, S2, S3). Slepý pokus byl proveden stejným způsobem, pouze nebyla přítomna stanovovaná složka.

Dále byl připraven roztok dichromanu draselného, a to navážením 1 mg předmětné chemikálie, která byla následně rozpuštěna ve 40 ml destilované vody. Dichroman draselný sloužil jako standard pro titraci, protože je prakticky neomezeně stálý a lze ho připravit ve vysoké čistotě. Do odměrné baňky bylo převedeno 10 ml dichromanu draselného, 1 ml jodidu draselného, 5 ml kyseliny chlorovodíkové (připravené v poměru 1:5 ve prospěch destilované vody) a několik kapek škrobového mazu. Roztok byl opět titrován thiosíranem sodným.

Peroxidové číslo (x), vyjádřené v milimolech aktivního kyslíku na 1 kg vzorku bylo vypočteno podle vzorce: $x = ((V_1 - V_2) \cdot c / m)$, kde

V_1 – objem roztoku thiosíranu sodného použitého při titraci vzorku v ml

V_0 – objem vzorku thiosíranu sodného použitého při titraci slepého pokusu v ml

C – koncentrace použitého roztoku thiosíranu sodného v mmol/l

M – hmotnost zkušební vzorku v g

4.4 Stanovení obsahu fenolických látek

4.4.1 Chemikálie a přístroje

Methanol (Penta; Chrudim, Česká republika), Folinovo činidlo (Merck KGaA; Darmstadt, Německo), uhličitan sodný bezvodý (Lach-Ner; Neratovice, Česká republika), gallová kyselina, destilovaná voda.

Sonifikátor, centrifuga (Rotana 460R), analytická váha (AND), automatická pipeta (Eppendorf Research Plus), laboratorní mlýnek (IKA A11 basic), spektrofotometr (MultiskanAscent - Microtiter Plate Reader).

4.4.2 Metodika

Po zhomogenizování a navážení 1 g ořechů do centrifugačních zkumavek bylo přidáno ke vzorkům 5 ml methanolu. Vzniklé roztoky byly ručně třepány jednu minutu. Poté sonifikovány pět minut a následně centrifugovány také po dobu pěti minut.

Roztok gallové kyseliny byl připraven navážením 0,01 g gallové kyseliny, přidáním 20 ml methanolu a 80 ml destilované vody. 12% roztok uhličitanu sodného byl připraven z 6 g uhličitanu sodného a 50 ml destilované vody.

Ke stanovení byly využity sterilní titrační destičky z průhledného polypropylenu. Každá destička obsahovala 12 sloupců a osm řad. Centrifugované vzorky byly postupně pipetovány do řad titračních destiček v následném pořadí: vzorek Z03, Z06, Z20, M03, M06, M20, S1, S2, S3 a gallová kyselina, která sloužila jako kontrola. Z každého vzorku byly provedeny tři analýzy. Svrchní frakce obsahu zkumavek byla postupně pipetována v objemu 200 μ l do prvního sloupce jamek titrační destičky. Do ostatních jamek titrační destičky bylo napipetováno 100 μ l methanolu. Poté bylo z prvního sloupce odpipetováno 100 μ l roztoku do druhého sloupce a po smísení roztoků ve druhém sloupci bylo opět 100 μ l odpipetováno do dalšího sloupce. Tento postup byl opakován až do konce titrační destičky. Po zředění roztoku bylo do každé jamky destičky napipetováno 25 μ l Folinova činidla a 75 μ l uhličitanu sodného. Takto připravená titrační destička se nechala na 30 minut ve tmě. Po uplynutí 30 minut byly vzorky v titračních destičkách vyhodnoceny. Absorbance byla měřena při 620 nm spektrofotometrem.

5 Výsledky

Stanovení celkového počtu bakterií a plísní

Z 9 testovaných vzorků na výskyt bakterií byl jejich obsah zjištěn pouze u jednoho ze tří mražených vzorků.

Výskyt plísní byl oproti bakteriím větší. Plísně byly nalezeny ve všech vzorcích. Nejvyšší nálezy byly ve vzorcích ve skořápce, kde nejvyšší hodnoty dosahovaly 7900 CFU/g. Naopak v mražených vzorcích se vyskytovalo nejmenší množství plísní (viz Tabulka 6).

Tabulka 6 Výsledky mikrobiologické aktivity v lískových ořeších

Vzorek	Bakterie (CFU/g) \pm SO	Plísně (CFU/g) \pm SO
M	33 \pm 52	333 \pm 115*
Z	0 \pm 0	2250 \pm 2561
S	0 \pm 0	7192 \pm 170*

Data byla vyjádřena jako aritmetický průměr ($n = 3$) z každé analyzované skladovací techniky; CFU – kolonii tvořící jednotka; SO – směrodatná odchylka; M – mražené ořechy; Z – zavařené ořechy; S – ořechy ponechané ve skořápce; * – statisticky významný rozdíl $p < 0,05$.

Stanovení profilu mastných kyselin

Obsahy mastných kyselin v jádrech lískových ořechů byly stabilní. Nebyly zjištěny žádné velké rozdíly v obsahu jednotlivých mastných kyselin u použitých skladovacích metod (viz Tabulka 7). Mezi nejvíce zastoupené nenasycené mastné kyseliny patřily: olejová kyselina (67,23–69,98), linolová kyselina (13,88–17,16) a palmitoolejová kyselina (0,28–0,31). Převládající nasycené mastné kyseliny obsažené v lískových ořeších byly palmitová kyselina (9,20–9,41 %), stearová kyselina (4,31–4,89 %) a arachidová kyselina (0,26–0,27 %). MUFA tvořila největší část mastných kyselin s průměrnou hodnotou 69,13 %, následována PUFA (16,12 %). SFA tvořila pouze 14,3 % z celkového počtu mastných kyselin. Poměr nenasycených/nasyceným mastným kyselinám jako průměrná hodnota ze všech měření činil 5,6 (85:15).

Tabulka 7 Procentuální zastoupení vybraných mastných kyselin v lískových ořeších

Retenční čas	Mastná kyselina ^{a, b}	M	Z	S
28,23	C 14:0	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,00
31,13	C 16:0	9,41 ± 0,44	9,20 ± 0,77	9,36 ± 0,05
32,01	C 16:1	0,31 ± 0,01	0,28 ± 0,03	0,30 ± 0,00
32,44	C 17:0	0,07 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,02
33,25	C 17:1	0,14 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,14 ± 0,00
33,86	C 18:0	4,89 ± 1,46	4,31 ± 0,49	4,43 ± 0,08
34,67	C 18:1	69,98 ± 2,78	67,91 ± 2,13	67,23 ± 0,12
35,78	C 18:2	13,85 ± 3,68	16,76 ± 2,01	17,16 ± 0,00
36,34	C 20:0	0,27 ± 0,04	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,01
37,13	C 20:1	0,28 ± 0,03	0,34 ± 0,07	0,31 ± 0,01
37,23	C 18:3	0,20 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,22 ± 0,01
39,18	C 22:0	0,06 ± 0,02	0,08 ± 0,03	0,06 ± 0,01
Celkem identifikováno		99,35	99,44	99,42

Data byla vyjádřena jako průměr ± směrodatná odchylka (n=3) z každé skladovací metody. Výjimku tvořily ořechy, které byly uskladněny ve skořápce, kde byl průměr vypočten pouze ze dvou vzorků z každé skladovací metody, z důvodu znehodnocení analyzovaného vzorku, které vedlo k nesprávnosti výsledku. M – mražené ořechy; Z – zavařené ořechy; S – ořechy ponechané ve skořápce, ^a – identifikace na základě porovnání hmotnostních spekter s databází NIST; ^b – identifikace potvrzená autentickým standardem.

Stanovení peroxidového čísla

Hodnoty peroxidového čísla v lískových ořeších se v rámci jednotlivých skladovacích metod výrazně lišily (viz Tabulka 8). Největší peroxidové číslo bylo zaznamenáno u mražených vzorků ořechů, kde hodnoty dosahovaly 13,25 meq O₂/kg. Naopak nejnižší hodnoty peroxidového čísla byly u vzorků ořechů ve skořápce (0,08 meq O₂/kg).

Tabulka 8 Hodnoty peroxidové čísla lískových ořechů

Vzorek	PČ (meq O ₂ /kg) ± SO
M	13,25 ± 1,79
Z	5,42 ± 0,87
S	0,08 ± 0,02

Data byla vyjádřena jako aritmetický průměr (n = 3) z každé analyzované skladovací techniky; PČ – peroxidové číslo; SO – směrodatná odchylka; M – mražené ořechy; Z – zavařené ořechy; S – ořechy ponechané ve skořápce.

Stanovení obsahu fenolických látek

Obsahy fenolických látek se u jednotlivých způsobů uskladnění lišili o 3–4 GAE mg/100 g ořechů. Ze všech testovaných vzorků byly nejvyšší obsahy fenolických látek naměřeny u mražených ořechů, obsah fenolických látek byl v průměru 23,83 GAE mg/100 g. Nejnižší hodnoty fenolických látek byly u vzorků ořechů ponechaných ve skořápce.

Tabulka 9 Hodnoty fenolických látek v lískových ořeších

Vzorek	TPC (GAE mg/100 g) \pm SO
M	23,83 \pm 7,81
Z	19,44 \pm 5,44
S	16,45 \pm 2,05

Data byla vyjádřena jako aritmetický průměr ($n = 3$) z každé analyzované skladovací techniky; TPC – celkový obsah fenolických látek; GAE –ekvivalent kyseliny gallové; SO – směrodatná odchylka; M – mražené ořechy; Z – zavařené ořechy; S – ořechy ponechané ve skořápce.

6 Diskuze

Lískové ořechy jsou zdraví prospěšná potravina, která se dá konzumovat během celého roku. Důležité je správné uskladnění této komodity, aby nedošlo ke žluknutí, nebo aby ořechy nenapadali plísně. Tento výzkum směřoval ke správnému uskladnění ořechů a jejich analýze na počátku uskladnění. Podkladem pro diskuzi byly tyto provedené analýzy: stanovení celkového počtu bakterií a plísní, stanovení profilu mastných kyselin, peroxidového čísla a obsahu fenolických látek.

Bakterie a plísně

Přestože lískové ořechy mají tvrdou skořápku, která by měla posloužit jako bariéra proti kontaminaci houbami, může dojít k tvorbě plísní vlivem klimatických podmínek a podmínek skladování (Ekinci et al., 2014).

V rámci jednotlivých skladovacích metod došlo k rozdílným hodnotám. Nejvyšší počty plísní byly nalezeny ve vzorcích ve skořápce. Důvodů mohlo být hned několik, např. špatná doba sklizně ořechů a průběh vegetace, nevhodná selekce ořechů, špatná hygiena práce.

Candlish et al., (2001) udává celkový počet bakterií 200 CFU/g vzorku a celkový počet plísní 2700 CFU/g. Počty plísní odpovídají hodnotám naší analýzy u tepelně ošetřených ořechů. Alwakeel et Nasser (2011) stanovují celkový počet plísní na hodnotu 9600 CFU/g, tyto údaje nejvíce odpovídají vzorkům lískových ořechů ve skořápce.

Pro porovnání s jinými druhy skořápkových plodů Riyaz-Ul-Hassan et al. (2003) uvádí mikrobiologickou aktivitu vlašských ořechů (*Juglans regia*). Vzorky spadají ze 2 % do uspokojivé kategorie ($<10^5$ CFU/g), 68 % vzorků patří do přijatelné kategorie (10^5 – $<10^6$), tj. hranice mikrobiologické jakosti a 30 % do neuspokojivé kategorie ($\geq 10^6$).

Do budoucna lze předpokládat, že se hodnoty celkového počtu bakterií a plísní významně nezmění.

V řadě výzkumů týkajících se plísní v jádrech lískových ořechů je uvedeno, že čím vyšší počet plísní, tím vyšší riziko výskytu mykotoxinů (Ekinci et al., 2014; Imperato et al., 2011). Vysoké hladiny mykotoxinů, nejvíce aflatoxinů představují pro spotřebitele riziko, protože většina těchto plísní se vyskytuje ve skryté formě a nelze je vizuálně vnímat. Typ a hladina mykotoxinů v lískových ořeších závisí na několika faktorech, jako je substrát, teplota, vlhkost a podmínky manipulace a skladování (Ekinci et al., 2014).

Mastné kyseliny

Relativní obsahy mastných kyselin byly srovnatelné s obsahy uvedenými v odborné literatuře a nelišily od průměrných hodnot o více než 6 % (viz Tabulka 1 na str. 7). Vzhledem k vysokému poměru nenasycených a nasycených mastných kyselin dochází ke zlepšení nutričních hodnot v průmyslově vyráběných potravinách s obsahem lískových ořechů (Köksal et al., 2006). Nízké množství palmitoolejové a linolenové kyseliny negativně ovlivňuje skladovatelnost ořechů kvůli nízké stabilitě. Oleje s vyššími hodnotami PUFA jsou podrobeny rychlejšímu oxidačním změnám. Oxidační rychlosti linolové a linolenové kyseliny jsou 100 až 200 krát větší než u stearové kyseliny (Bacchetta et al., 2013).

Mezi jednotlivými skladovacími metodami nebyli velké rozdíly. Pouze u olejové kyseliny byl zaznamenán mírný nárůst (67,23–69,98 %) a to na úkor linolové kyseliny, u které došlo k mírnému poklesu (17,16–13,85 %).

Ve srovnání s jinými analýzami profilu mastných kyselin lze říci, že například Bacchetta et al. (2013) uvádí jako hlavní mastnou kyselinu - olejovou kyselinu (73,3–84,56 %) stanovenou v 75 vzorcích lískových ořechů. V porovnání s naší analýzou je obsah této kyseliny o cca 12 % větší, naopak obsah stearové kyseliny je o 2,3 % nižší (2,2 %). Palmitová kyselina je v množství 5,8 %, což znamená ztrátu ve výši 3,5 procentního bodu oproti naší analýze. Matthaus et Ozcan (2012) stanovují obsah olejové kyseliny na hodnotu 79,6 % jako průměrný obsah z pěti vzorků. Obsah palmitové kyseliny v průměru činí 6,08 %, autoři zmiňují její příliš vysoký obsah jako nežádoucí, avšak tyto hodnoty jsou stále nižší než hodnoty palmitové kyseliny v naší práci. Köksal et al. (2006) stanovuje profil mastných kyselin v podobných koncentracích jako jsou naše výsledky.

Do budoucna lze dle dosavadních výzkumů předpokládat, že během skladování poměr nenasycených/nasycených mastných kyselin klesne ve prospěch nasycených mastných kyselin. Tyto změny souvisí s poklesem obsahu linolové kyseliny, pravděpodobně v důsledku její peroxidace a následné ztráty (Ghirardello et al., 2013; Koyuncu et al., 2005).

Peroxidové číslo

Stanovení peroxidového čísla je důležitým faktorem pro monitorování skladovacího pokusu lískových ořechů. Peroxidy, které byly přítomny na počátku skladování by mohly negativně ovlivnit barvu, křehkost, chuť a vůni lískových ořechů a ořechy by se mohly později stát nepoživatelné (Güler et al., 2016).

Rozdílných hodnot bylo dosaženo v rámci jednotlivých skladovacích metod mezi ořechy nevylopanými a vyloupanými. Nejnižší hodnoty peroxidového čísla byly naměřeny ve vzorcích ve skořápce, naopak nevyšší peroxidové číslo bylo u vzorků mražených. Tyto výsledky naznačují, že přítomnost skořápky chrání lískové ořechy před oxidací (Romero et Lopez, 2001).

Güler et al. (2016) uvádí hodnoty peroxidového čísla lískových ořechů na počátku skladování v průměrné hodnotě 0,26 meq O₂/kg. Tato hodnota je v souladu s naší analýzou vzorkům ve skořápce (0,08 meq O₂/kg). Dle Yalcin (2010) je hodnota peroxidového čísla 2,7 meq O₂/kg. I v dalších analýzách autorů jako je např. Ayyildiz et al. (2015) jsou hodnoty peroxidového čísla blízké našim hodnotám vzorků ve skořápce – 0,51 meq O₂/kg.

V porovnání s jinými rostlinnými druhy se hodnoty příliš neliší. Ayyildiz et al. (2015) udává hodnoty peroxidového čísla arašídů jako průměr ze tří vzorků na hodnotu 0,92 meq O₂/kg.

Pro peroxidové číslo je typické, že narůstá s časem skladování, kdy se projeví žluknutí ořechů. Tudíž na začátku skladovacího experimentu vykazují lískové ořechy nejnižší hodnoty peroxidového čísla, protože proces žluknutí ještě nebyl plně zahájen (Romero et Lopez, 2001).

Fenolické látky

Fenolické látky se většinou nacházejí v obalech ořechů, a to ve formě rozpustné, volné a vázané. Fenolické sloučeniny v lískových ořeších jsou většinou v rozpustné formě (74 %), následuje volná forma (15 %) a nerozpustná vázaná forma (11 %). Mezi běžně uváděné fenolové kyseliny v ořeších patří: kávová kyselina, chlorogenová kyselina (ester kyseliny kávové), kumarin, gallová kyselina, ferulová kyselina atd. (Taş et Gökmen, 2017).

V rámci jednotlivých skladovacích metod se obsahy fenolických látek lišili. Nejnižší obsahy fenolických látek byly u vzorků ve skořápce, naopak nejvyšší u mražených vzorků. Özcan et al. (2018) porovnávají hodnoty fenolických látek mezi lískovými ořechy tepelně ošetřenými a neošetřenými. Výsledkem jejich výzkumu bylo, že neošetřené vzorky obsahují více fenolických látek než tepelně ošetřené vzorky, pro upřesnění: neošetřené – 55,53 GAE mg/100 g, ošetřené – 46,75 GAE mg/100 g. V této práci jsou obsahy fenolických látek vyšší u vzorků tepelně ošetřených (19,44 GAE mg/100 g) a nižší u vzorků neošetřených (16,45 GAE mg/100 g).

V porovnání s jinými analýzami: Ciemniowska-Zytkiewicz et al. (2015) udává hodnotu fenolických látek na 167 GAE mg/100 g. Taş et Gökmen (2017) stanovují obsah na 159 GAE mg/100 g. Amarowicz et al. (2016) mají hodnotu fenolických látek

291 GAE mg/100 g. Obsahy fenolických látek jsou ve většině analýz jiných autorů vyšší než hodnoty v naší práci, důvodů se nabízí několik: ořechy obsahují přirozeně nízký obsah fenolických látek, špatná ředící řada gallové kyseliny nebo nepovedená extrakce fenolických látek z ořechů.

Dle Ghirardello et al. (2016) lze předpokládat že hodnoty fenolických látek se do budoucna významně nezmění.

7 Závěr

Cíle této bakalářské práce byly splněny.

V literární rešerši byly popsány vlivy ořechů na zdraví lidského organismu, nutriční parametry lískových ořechů i optimální podmínky skladování ořechů.

Dále byl založen dlouhodobý skladovací pokus a provedena následná analýza potřebná pro porovnání kvalitativních parametrů lískových ořechů. Mezi zařazené analýzy patřilo: stanovení profilu mastných kyselin, obsah fenolických látek, peroxidové číslo a celkový počet mikroorganismů.

U testovaných metod byl pozorován rozdílný vliv na jednotlivé sledované kvalitativní parametry, proto podle dosavadních výsledků měření nelze zatím s jistotou určit, která metoda uskladnění ořechů je nejvýhodnější. Počáteční hodnoty měření poslouží jako odrazový můstek pro porovnávání s analýzami v dalším průběhu skladování.

8 Seznam literary

- Alasalvar, C., Bolling, B. W. 2015. Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *British Journal of Nutrition*. 113 (2). 68–78.
- Alwakeel, S. S., Nasser, L. A. 2011. Microbial Contamination and Micotoxins from Nuts in Riyadh, Saudi Arabia. *American Journal of Food Technology*. 6 (8). 613–630.
- Amarowicz, R., Gong, Y., Pegg, R. B. 2016. Recent Advances in Our Knowledge of the Biological Properties of Nuts: Functional Food Properties and Applications. *Wild Plants, Mushrooms and Nuts*. 377–409.
- Amini-Noori, F., Ziarati, P. 2015. Chemical composition of native hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties in Iran, association with ecological conditions. *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 12 (3). 2053–2060.
- Ayyildiz, H. F., Topkafa, M., Kara, H., Sherazi, S. T. H. 2015. Evaluation of Fatty Acid Composition, Tocols Profile, and Oxidative Stability of Some Fully Refined Edible Oils. *International Journal of Food Properties*. 18. 2064–2076.
- Bacchetta, L., Aramini, M., Zini, A., Di Giammatteo, V., Spera, D., Drogoudi, P., Rovira, M., Silva, A. P., Solar, A., Botta, R. 2013. Fatty acids and alpha-tocopherol composition in hazelnut (*Corylus avellana* L.): A chemometric approach to emphasize the quality of European germplasm. *Euphytica*, 191 (1), 57–73.
- Candlish, A. A. G., Pearson, S. M., Aidoo K. E., Smith, J. E., Kelly, B., Irvine H. 2001. A survey of ethnic foods for microbial quality and aflatoxin content. *Food Additives and Contaminants*. 2. 129–136.
- Ciemniewska-Zytkiewicz, H., Verardo, V., Pasini, F., Bryś, J., Koczoń, P., Caboni, M. F. 2015. Determination of lipid and phenolic fraction in two hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars grown in Poland. *Food Chemistry*. 168. 615–622.

Contini, M., Baccelloni, S., Massantini, R., Anelli, G. 2008. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. *Food Chemistry*. 110 (3). 659–669.

Cosmulescu, S., Botu, M., Trandafir, I. 2013. The mineral source for human nutrition of nuts in different hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 41 (1). 250–256.

Costa, J., Mafra, I., Carrapatoso, I., Oliveira, M. B. P. P. 2015. Hazelnut allergens: Molecular characterization, detection, and clinical relevance. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 56 (15). 2579–2605.

ČSN 46 3087. Jádra lískových ořechů. 2002. Český normalizační institut. Praha. 6 s.

Datema, M. R., Zuidmeer-Jongejan, L., Asero, R., Barreales, L., Belohlavkova, S., De Blay, F., Bures, P., Clausen, M., Dubakiene, R., Gislason, D., Edrzejczak-Czechowicz, M., Kowalski, M. L., Knulst, A. C., Kralimarkova, T., Lovegrove, A., Marsh, J., Papadopoulos, N. G., Popov, T., Prado, N., Purohit, A., Reese, G., Reig, I., Seneviratne, S., Sinaniotis, A., Versteeg, S. A., Vieths, S., Zwinderman, A. H., Mills, C., Lidholm, J., Hoffmann-Sommergruber, K., Fernández-Rivas, M., Ballmer-Weber, B., Van Ree, R. 2015. Hazelnut allergy across Europe dissected molecularly: A EuroPrevall outpatient clinic survey. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 136 (2). 382–391.

Davis, M. I. *Nuts: Properties, Consumption and Nutrition* [online]. New York. Nova Science Publishers, Inc. 2011 [cited 2018 Feb 21]. 184 p. Available from: <https://www.scribd.com/document/167475275/Nuts-Properties-Consumption-and-Nutrition-I-Davis-Nova-2011-BBS>.

Dlouhá, J., Richter, M., Valíček, P. 1995. *Ovoce. Aventinum*. Praha. 223 s. ISBN: 8071517682.

Dvořák, A., Cvopa, J., Jašík, K., Kalášek, J., Lánská, D., Richter, M., Schubert, V., Vachůn, Z., Vondráček, J. 1978. *Atlas odrůd ovoce*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 399 s.

Ekinci, R., Otağ, M., Kadakal, Ç. 2014. Patulin & ergosterol: New quality parameters together with aflatoxins in hazelnuts. *Food Chemistry*. 150. 17–21.

Esposito, T., Sansone, F., Franceschelli, S., Del Gaudio, P., Picerno, P., Aquino, R. P., Mencherini, T. 2017. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) shells extract: Phenolic composition, antioxidant effect and cytotoxic activity on human cancer cell lines. *International Journal of Molecular Sciences*. 18 (2).

Flowerdew, B. 1997. Ovoce: Velká kniha plodů. VolvoxGlobator. Praha. 256 s. ISBN: 8072070525.

Ghirardello, D., Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V., Antonucci, M., Spigolon, N., Zeppa, G. 2016. Phenolic composition, antioxidant capacity and hexanal content of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) as affected by different storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*. 112. 95–104.

Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V., Botta, R. 2013. Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 81. 37–43.

Güler, S. K., Bostan, S. Z., Çon, A. H. 2016. Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels. *Postharvest Biology and Technology*. 123. 12–21.

Gupta, U. C., Gupta, S. C. 2014. Sources and Deficiency Diseases of Mineral Nutrients in Human Health and Nutrition: A Review. *Pedosphere*. 24 (1). 13–38.

Hassan-Ul-Riyaz, S., Verma, V., Malik, A., Qazi, G. N. 2003. Microbiological quality of walnut kernels and apple juice concentrate. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. 19. 845–850.

Heperkan, D. 2006. The importance of mycotoxins and a brief history of mycotoxin studies in Turkey. *ARI Bulletin of the Istanbul Technical University*. 54 (4). 18-27.

- Hladík, F., Malik, T., Jirásek, F., Šobek, J., Nitka, J. 1966. Malá pomologie 4: Meruňky, broskve, mandle, ořechy vlašské a lískové. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 320 s.
- Imperato, R., Campone, L., Piccinelli, A. L., Veneziano, A., Rastrelli, L. 2011. Survey of aflatoxins and ochratoxin a contamination in food products imported in Italy. Food Control. 22 (12). 1905–1910.
- Jiang, L., Wang, W., Lian, T., Zhang, C. 2017. Manipulation of Metabolic Pathways to Develop Vitamin-Enriched Crops for Human Health. Frontiers in Plant Science. 8 (6). 1–12.
- Kit, W. S., Priya, M., Chin, J. H., Mariam, A., Akowuah, G. A. 2016. Antimicrobial and antiradical activities of *Corylus cornuta* (marsh.,betulacea) kernel extracts. Oriental Pharmacy and Experimental Medicine. 16 (1). 45–51.
- Khoury, A., Atoui, A. 2010. Ochratoxin A: General Overview and Actual Molecular Status. Toxins. 2 (4). 461–493.
- Köksal, A. I., Artik, N., Şimşek, A., Güneş, N. 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. Food Chemistry. 99 (3). 509–515.
- Koyuncu, M. A., Islam, A., Küçük, M. 2005. Fat and fatty acid composition of hazelnut kernels in vacuum packages during storage. Grasas y Aceites. 56 (4). 263–266.
- Matthäus, B., Özcan, M. M. 2012. The comparison of properties of the oil and kernels of various hazelnuts from Germany and Turkey. European Journal of Lipid Science and Technology. 114(7). 801–806.
- McWilliam, V., Koplin, J., Lodge, C., Tang, M., Dharmage, S., Allen, K. 2015. The Prevalence of Tree Nut Allergy: A Systematic Review. Current Allergy and Asthma Reports. 15 (9). 13.
- Naidu, K. A. 2003. Vitamin C in human health and disease is still a mystery?. Nutritional journal. 10. 1–10.

- Oliveira, I., Sousa, A., Morais, J. S., Ferreira, I. C. F. R., Bento, A., Estevinho, L., Pereira, J. A. 2008. Chemical composition, and antioxidant and antimicrobial activities of three hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *Food and Chemical Toxicology*. 46 (5). 1801–1807.
- Özcan, M. M., Juhaimi, F., Uslu, N. 2018. The effect of heat treatment on phenolic compounds and fatty acid composition of Brazilian nut and hazelnut. *Journal of Food Science and Technology*. 55 (1). 376–380.
- Özenç, N., Özenç, B. 2014. Effect of iron fertilization on nut traits and nutrient composition of “Tombul” hazelnut (*Corylus avellana* L.) and its potential value for human nutrition. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. 64 (7). 633–643.
- Ramalhosa, E., Delgado, T., Estevinho, L., Pereira, J. A. 2011. Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars and Antimicrobial Activity. *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. 627–636.
- Romero, A., Lopez, A. 2001. Effect of Modified Atmosphere Storage on hazelnut quality. *Journal of Food Processing and Preservation*. 25 (9). 309–321.
- Richter, M. 2004. Malý obrazový atlas odrůd ovoce 5: Hrušně, ořešák, liska, kaštanovník jedlý, mandloň. TG TISK. Lanškroun. 90 s. ISBN: 8090348742.
- Ros, E. 2010. Health benefits of nut consumption. *Nutrients*. 2 (7). 652–682.
- Saleemullah, Iqbal, A., Khalil, I. A., Shah, H. 2006. Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts. *Food Chemistry*. 98 (4). 699–703.
- Shahihi, F., Alasalvar, C., Liyana-Pathirana, C.M. 2007. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and in hazelnut by products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55. 1212–1220.

Siciliano, I., Spadaro, D., Prella, A., Vallauri, D., Cavallero, M. C., Garibaldi, A., Gullino, M. L. 2016. Use of cold atmospheric plasma to detoxify hazelnuts from aflatoxins. *Toxins*. 8 (5).

Simsek, A., Aykut, O. 2007. Evaluation of the microelement profile of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties for human nutrition and health. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 58 (8). 677–688.

Sipahioglu, H. N., Heperkan, D. 2000. Lipolytic activity of *Trichothecium roseum* on hazelnut. *Food Microbiology*. 17 (4). 401–405.

Taş, N. G., Gökmen, V. 2015. Profiling triacylglycerols, fatty acids and tocopherols in hazelnut varieties grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*. 44. 115–121.

Taş, N. G., Gökmen, V. 2017. Phenolic compounds in natural and roasted nuts and their skins: a brief review. *Current Opinion in Food Science*. 14. 103–109.

Vadivel, V., Kunyanga, C. N., Biesalski, H. K. 2012. Health benefits of nut consumption with special reference to body weight control. *Nutrition*. 28 (11–12). 1089–1097.

Yalcin, H. 2011. Antioxidative effects of some phenolic compounds and carotenoids on refined hazelnut oil. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 6 (3). 353–358.

9 Seznam použitých zkratek

CFU	kolonii tvořící jednotka
IgE	imunoglobulin E
IQ	intelligenční kvocient
HPLC	vysokoučinná kapalinová chromatografie
MUFA	monoenové mastné kyseliny
PUFA	polyenové mastné kyseliny
RPM	otáčky za minutu
SFA	nasyčené mastné kyseliny
TPC	celkový obsah fenolických látek

10 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Obsah mastných kyselin v lískových ořeších

Tabulka 2 Obsahy vybraných aminokyselin v lískových ořeších

Tabulka 3 Obsah vitaminů v lískových ořeších (mg/100 g)

Tabulka 4 Minerální složení lískových ořechů

Tabulka 5 Značení metod skladování lískových ořechů

Tabulka 6 Výsledky mikrobiologické aktivity v lískových ořeších

Tabulka 7 Procentuální zastoupení vybraných mastných kyselin v lískových ořeších

Tabulka 8 Hodnoty peroxidové čísla lískových ořechů

Tabulka 9 Hodnoty fenolických látek v lískových ořeších