

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití silic proti skládkovým chorobám česneku pro
spotřebitelské skladování**

Diplomová práce

**Bc. Margarita Moscovciuc
Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

doc. Ing. Pavel Klouček, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Využití silic proti skládkovým chorobám česneku pro spotřebitelské skladování" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Kloučkovi, Ph.D. za odborný dohled a pomoc při psaní této diplomové práce. Děkuji také Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů za možnost pracovat v laboratoři na České zemědělské univerzitě v Praze. Poděkování také patří rodičům, manželovi a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

Využití silic proti skládkovým chorobám česneku pro spotřebitelské skladování

Souhrn

Česnek je plodinou velkého významu po celém světě a je vysoce ceněn pro své kulinářské a léčivé vlastnosti. Choroby postihující česnek během skladování mohou vést k vážným ekonomickým ztrátám pro zemědělce na celém světě. Posklizňové choroby je jednou z hlavních příčin ztráty cibulek česneku během skladování.

Silice obsahují širokou řadu sekundárních metabolitů, které mohou inhibovat nebo zpomalit růst bakterií, kvasinek a plísní. Identifikace a využití těchto přírodních antimikrobiálních látek a jejich charakterizace s ohledem na bezpečnost, specifčnost a účinnost představují klíčové cíle pro potravinářský a farmaceutický výzkum a průmysl. Antimikrobiální látky pocházející z přírodních zdrojů poskytují nové způsoby, jak zajistit mikrobiální bezpečnost a zvýšit trvanlivost potravin.

Cílem práce je pomocí aplikace silic nalézt technologie skladování česneku, která zabrání výskytu skládkových chorob. Pro zpracování této diplomové práce byly vybrány 2 druhy silic (oregano a skořicová kura), které byly enkapsulované do dvou různých sorbentů: pilin a bentonitu. Bylo testováno 10 vzorků s různými skladovacími podmínkami. Každá varianta byla vyhodnocena ve třech opakováních. Průběžná kontrola vzorků česneku byla prováděna každý týden. Po ukončení skladovacího pokusu byla z česneku sloupnuta slupka a byly rozkrájené vybrané stroužky pro kontrolu výskytu vnitřních poškození a změn. Skladovací pokus byl prováděn po dobu čtyř měsíců. Po ukončení skladovacího pokusu bylo provedeno senzorické hodnocení česneku.

Výsledky potvrdily, že silice mohou potlačit růst houbových patogenů při skladování česneku. Byla prokázána statisticky významný rozdíl mezi kontrolními vzorky a vzorky, skladované se silicemi. Nejlepší účinek proti výskytu kontaminace byl dosažen u vzorků česneku, skladovaných s silicemi Oregana v obojích koncentracích, které byly enkapsulované na bentonitu. Nejhorší účinek proti chorobám prokázaly silice Skořice.

Klíčová slova: česnek, silice, skladování, oregano, skořice, skládkové choroby

The use of essential oils against postharvest diseases of garlic for consumer storage

Summary

Garlic is a crop of great importance worldwide and is highly valued for its culinary and medicinal properties. Diseases affecting garlic during storage can lead to serious economic losses for farmers worldwide. Postharvest rot is one of the main causes of loss of garlic bulbs during storage.

Essential oils contain a wide variety of secondary metabolites that can inhibit or slow the growth of bacteria, yeasts, and molds. The identification and utilization of these natural antimicrobial agents and their characterization with respect to safety, specificity, and efficacy represent key goals for food and pharmaceutical research and industry. Antimicrobial agents derived from natural sources provide new ways to ensure microbial safety and increase the shelf life of foods.

The goal of the thesis is to find garlic storage technologies that will prevent the occurrence of postharvest diseases using essential oils. For the processing of this thesis, 2 types of essential oils (oregano and cinnamon) were selected, which were encapsulated in two different sorbents: sawdust and bentonite. 10 samples with poor storage conditions were tested. Each variant was evaluated in three repetitions. Continuous control of the garlic sample was carried out every week. After the end of the storage experiment, the skin was peeled from the garlic and selected cloves were cut to check the occurrence of internal damage and changes. The storage trial was carried out for four months. After the end of the storage experiment, a sensory evaluation of the garlic was carried out.

The results confirmed that essential oils can suppress the growth of fungal pathogens during garlic storage. A statistically significant difference was demonstrated between control samples and samples stored with essential oils. The best effect against the occurrence of contamination was achieved with garlic samples stored with Oregano oils in both concentrations, which were encapsulated in bentonite. Cinnamon essential oils showed the worst effect against diseases.

Keywords: garlic, essential oil, storage, oregano, cinnamon, postharvest diseases

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Česnek	11
3.1.1 Základní informace.....	11
3.1.2 Využití česneku	12
3.1.3 Antibakteriální vlastností.....	12
3.1.4 Antifungální vlastností.....	13
3.1.5 Antivirové vlastností.....	13
3.1.6 Vliv na zdraví	13
3.1.7 Pěstování česneku.....	15
3.1.8 Skladování česneku	16
3.1.9 Choroby při skladování česneku.....	17
3.2 Silice.....	19
3.2.1 Metody získávání silic	21
3.2.2 Enkapsulace silic	22
3.2.3 Skořicová kůra (<i>Cinnamomum cassia</i>).....	23
3.2.4 Oregano (<i>Origanum vulgare</i>)	24
4 Metodika	26
4.1 Použité materiály.....	26
4.2 Příprava silic.....	27
4.3 Skladovací pokus.....	28
4.4 Senzorické hodnocení	30
5 Výsledky.....	32

5.1	Skladovací pokus.....	32
5.2	Senzorické hodnocení.....	38
6	Diskuze	40
7	Závěr.....	42
8	Literatura.....	43
9	Seznam tabulek	47
10	Seznam obrázku	47
11	Seznam grafů	47

1 Úvod

Česnek (*Allium sativum* L.) z čeledi Alliaceae se od starověku používá jako oblíbená přísada do kulinářství a tradiční medicíny. V průběhu historie mnoho různých kultur rozpoznalo potenciální využití česneku pro prevenci a léčbu různých nemocí. Česnek má mnoho prospěšných vlastností: posiluje imunitní systém, pomáhá v boji proti nachlazení, chrání kardiovaskulární systém a zabíjí bakterie.

Česnek je plodinou velkého významu po celém světě a je vysoce ceněn pro své kulinářské a léčivé vlastnosti. Nedávné studie podporují účinky česneku a jeho extraktů v široké škále aplikací. Tyto studie zvýšily možnost oživení terapeutických hodnot česneku u různých onemocnění (Bayan et al. 2014).

Je dobře známo, že česnek obsahuje řadu fytochemikálií. Tyto bioaktivní molekuly hrají klíčovou roli při udržování lidského zdraví a mají potenciál snižovat různá onemocnění. Má odlišný nutriční profil se zvláštním ohledem na jeho různé bioaktivní složky, které lze použít v různých dietních terapiích k léčbě různých poruch souvisejících se životním stylem. Ale při skladování česneku, může se objevit celá řada problémů, které vedou k jeho ztrátám. Ztráty jsou spojeny především s fyziologickými poruchami a patogenními mikroorganismy. Jednou z hlavních příčin ztrát česneku během skladování je posklizňová hniloba, způsobená houbou *Fusarium proliferatum* (Gálvez et al. 2017).

Mnoho nemocí přenášených potravinami je způsobeno použitím potravin kontaminovaných mikrobiálními patogeny. Mnoho studií se zaměřuje na potlačení působení takových patogenů souvisejících s potravinami a na prodloužení trvanlivosti zpracovaných potravin, které jsou považovány za zásadní, úzce související s problémy, jako je otrava jídlem a zdraví spotřebitelů, spolu s omezením plýtvání potravinami a náklady potravinářského průmyslu. Jako řešení se mohou nabízet i silice. Esenciální oleje jsou produkty vyrobené na bázi přírodních látek, které byly široce studovány při kontrole různých mikrobiálních onemocnění. Proto používání silic jako přírodních antimikrobiálních látek se stává životaschopnou alternativou ke snížení zdravotních rizik a ekonomických nedostatků v případě potravin kontaminovaných mikroorganismy (Pisoschi et al. 2018).

Hlavním účelem úpravy potravin je poskytnout spotřebiteli bezpečné, nutričně adekvátní potraviny při splnění očekávání chuti, vůně, vzhledu a pohodlí. Přírodní rostlinné

extrakty mohou pomoci při zachování vzhledu, chuti a kvality potravin bez negativního dopadu na barvu, vůni a chuťové profily.

Tato diplomová práce je zaměřena na testování aplikace silic, enkapsulovaných do různých materiálů, pro inhibice houbových patogenů při skladování česneku.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce je pomocí aplikace silic nalézt technologie skladování česneku, která zabrání výskytu skládkových chorob. Na základě výsledků doporučit ideální technologie pro spotřebitelské skladování česneku.

Základní hypotézou práce je předpoklad, že aplikace vybraných silic inhibuje choroby česneku při skladování. Dílčí hypotézou je, že bude nalezena vhodná technologie aplikace silic, která umožní praktické využití.

3 Literární rešerše

3.1 Česnek

3.1.1 Základní informace

Česnek (*Allium sativum* L.) je známý jako „voňavá“ zelenina, která je široce používána jako složka potravy v mnoha zemích a kulturách díky své výrazné chuti a potenciálním pozitivním zdravotním účinkům (Madhu et al. 2019). Česnek je velmi populární po celém světě a zaujímá důležité místo v mnoha národních kuchyních. Lídrem ve spotřebě této okopaniny je Čína, jejíž obyvatelé sní v průměru 14,3 kg česneku ročně. Na druhém místě je Jižní Korea, následovaná Indonésií, Indií a Bangladéšem. V Evropě je česnek oblíbený zejména ve Středomoří a na Balkáně. Blahodárné vlastnosti česneku jsou známy již od starověku. Čínští a indiští lékaři doporučovali česnek při onemocněních souvisejících s parazity. Ve středověké Evropě byly česnekové přípravky jedním z nejběžnějších léků. (Bayan et al. 2014)

Nutriční hodnota česneku (na 100 g): sacharidy - 33 g; tuky - 0 g; vláknina - 2 g; bílkoviny - 6 g. Česnek obsahuje vitamíny jako C, B6, B1, B2, B3, B5, B9 a také prospěšné stopové prvky: vápník, draslík, fosfor, selen, hořčík, sodík, zinek, železo a mangan (USDA 2023).

Na celém světě se ročně vyprodukuje přibližně 27,6 milionů tun česneku. Asi 80 % této světové produkce patří Číně, která spolu s Indií, Jižní Koreou, Egyptem a Ruskem patří mezi pět největších producentů země (FAO).

Česnek produkuje širokou škálu fotochemikálií, z nichž mnohé jsou sloučeniny obsahující síru, včetně ajoenu a thiosulfínátů, jako je allicin. Allicin se tvoří jako výsledek enzymatického působení aliinázy na cysteinsulfoxid alliin, ke kterému dochází pouze při ruptuře buňky v důsledku oddělení enzymu a substrátu v intaktních buňkách. Alliin je netěkavý a stabilní, zatímco allicin je vysoce reaktivní. Během buněčné lýzy převádí enzym aliináza alliin bez zápachu na allicin (diallylthiosulfínát). Nestabilní allicin se rozkládá na lipofilní organosírové sloučeniny, včetně diallyldisulfidu, diallylsulfidu, dithiinů (2-vinyl-1,3-dithiin, 3-vinyl-1,2-dithiin), diallyltrisulfidu a E/Z-ajoenu (Torun & Ozdemir 2022). Těkavá povaha těchto bioaktivních sloučenin je vysoce zapojena do obranných mechanismů česnekových rostlin proti škůdcům a několika patogenům, protože jejich uvolňování je

kombinováno s poškozením buněk a poškozením rostlinné tkáně (Hile, Shan, & Block, 2004). Nejcharakterističtější těkavé a zapáchající organosírné sloučeniny česneku se uvolňují po narušení buněčné membrány a způsobují α,β -eliminaci alliinu a dalších sulfoxidů, které se nacházejí na úrovni cytoplazmy, enzymem alliinázou, která je lokalizovaná ve vakuole (Martins et al. 2016).

Kromě toho byl také navržen jako jeden z nejbohatších zdrojů celkových fenolických sloučenin mezi obvykle konzumovanou zeleninou a byl vysoce hodnocen z hlediska svého příspěvku fenolických sloučenin k lidské stravě (Martins et al. 2016).

3.1.2 Využití česneku

Česnek běžně používaný pro kulinářské účely je také zajímavě oceňován pro své terapeutické a léčivé vlastnosti, a to jak v tradiční, tak v moderní medicíně. Při konzumaci buď jako syrová zelenina (čerstvé listy nebo sušené stroužky), nebo po zpracování ve formě oleje, extraktu a dokonce prášku (Martins et al. 2016).

Antioxidanty česneku jsou důležité pro lidské zdraví, pro schopnost vychytávání radikálů a také pro konzervaci potravin. Ve skutečnosti se v potravinářském průmyslu česnek používá jako potravinářská přísada pro kontrolu rozvoje žluknutí, snížení tvorby toxických oxidačních produktů a prodloužení trvanlivosti produktů (Tedeschi et al. 2023).

3.1.3 Antibakteriální vlastnosti

Antimikrobiální vlastností česneku je souvisí a aktivitou allicinu která byla hlášena vůči široké škále mikroorganismů včetně rezistentních antibiotik gram pozitivních a gram negativních bakterií. Bylo popsáno, že různé česnekové extrakty (vodný, chloroformový, methanolový a ethanolový extrakt) inhibují růst několika patogenních bakterií s různým stupněm citlivosti (El-Saber Batiha et al. 2020).

Antimikrobiální aktivita allicinu je způsobena jeho chemickou interakcí s enzymy obsahujícími thiol. Allicin je biocid, který může ovlivnit nezbytný metabolismus cysteinové proteinázy, a tím zabít všechny eukaryotické buňky díky přítomnosti thiolových skupin ve všech živých buňkách (El-Saber Batiha et al. 2020).

3.1.4 Antifungální vlastnosti

Extrakty z česneku vykazovaly široké spektrum fungicidního účinku proti houbám druhů *Candida*, *Torulopsis*, *Trichophyton*, *Cryptococcus*, *Aspergillus*, *Trichosporon* a *Rhodotorula*. Bylo zjištěno, že silice česneku inhibuje klíčení a růst *Meyerozyma guilliermondii* a *Rhodotorula mucilaginosa*. Silice česneku působily na buněčnou stěnu houby a způsobily nevratné ultrastrukturální změny v buňkách hub, které vedly ke ztrátě strukturální integrity a ovlivnily schopnost klíčení. Tyto změny v cytoplazmatickém obsahu vedou k poškození jádra a buněčných organel, které nakonec vede k buněčné smrti (El-Saber Batiha et al. 2020).

3.1.5 Antivirové vlastnosti

Antivirová aktivita extraktů česneku byla hodnocena proti chřipce B, lidskému rhinoviru typu 2, když česnek byl podáván myším. Česnek vykazoval ochrannou aktivitu proti chřipkovým virům zlepšením produkce neutralizačních protilátek. Tato aktivita byla založena na přítomnosti látek jako allicin a ajoen. Allicin působí tak, že brání několika thiolovým enzymům, zatímco antivirová aktivita ajoenu byla způsobena prevencí adhezivní interakce a fúze leukocytů (El-Saber Batiha et al. 2020).

3.1.6 Vliv na zdraví

Česnek má širokou škálu biologických funkcí a vlastností, včetně antioxidačních vlastností, protizánětlivé aktivity, antimikrobiální aktivity, podporu imunitního systému, kardiovaskulární ochrany, protirakovinné aktivity, hepatoprotektivní aktivity, ochrany trávicího systému a antidiabetické aktivity (Netzel 2020).

Česnek jako bylinný prostředek snižuje množství rizikových faktorů, které hrají rozhodující roli při vzniku a progresi arteriosklerózy: snížení celkového a LDL-cholesterolu, zvýšení HDL-cholesterolu, snížení koncentrace triglyceridů a fibrinogenu v séru, snížení arteriální tlaku a podpora prokrvení orgánů a konečně zvýšení fibrinolýzy, inhibice agregace krevních destiček a snížení viskozity plazmy. Čtyřletá studie ukázala, že lidé, kteří dostávali 900 mg česnekového prášku denně, měli snížení hladiny LDL o 4 %, zvýšení koncentrace HDL o 8 % a snížení krevního tlaku o 7 %. Tyto pleiotropní účinky česneku vedou ke snížení relativního kardiovaskulárního rizika infarktu a mrtvice o více než 50 % (Siegel et al. 2019).

Hlavní účinnou složkou česneku je allicin, který mu dodává jeho výraznou vůni. Jedná se o jedno z prvních antibiotik, které lidstvo začalo používat. Bylo prokázáno, že je účinný při zabíjení gram pozitivních a gram negativních bakterií, zlatého stafylokoka, hub a parazitů, jako jsou schistosomy nebo améby, které způsobují úplavici. Existují případy, kdy ještě před vynálezem antibiotik inhalace čerstvého česneku vyléčila tuberkulózu (Reiter et al. 2019).

Allicin působí proti multirezistentním patogenům. Allicin je přitom těkavá sloučenina, která se šíří plynným prostředím. Není tedy nutné na postižené místo aplikovat česnek. Při dýchání, se dostává do dýchacího traktu a plic (Reiter et al. 2019).

Další vlastností allicinu je jeho účinnost proti respiračním onemocněním. Velká studie zjistila, že každodenní užívání česnekových doplňků snížilo počet nachlazení o 63 %. Průměrné trvání příznaků nachlazení se také snížilo o 70 %, z pěti dnů ve skupině s placebem na jeden a půl dne ve skupině s česnekem (Josling 2001).

Také protirakovinné vlastnosti některých složek česneku byly již dlouho objeveny. Česnek sloužil k zabíjení rakovinných buněk v několika nádorech působících v různé fázi karcinogeneze a zdá se, že vysoká konzumace česneku chrání před různými pevnými nádory, včetně rakovině prsu. Zdravé vlastnosti česneku byly navíc charakterizovány z hlediska neuroprotektce při léčbě Alzheimerovy choroby (Tedeschi et al. 2023).

Skupina látek obsažených v česneku ředí žluč a zabraňuje tvorbě žlučových kamenů (Vidyashankar et al. 2009). Studie prokázaly, že látky obsažené v česneku zvyšují tvorbu jaterních enzymů nezbytných pro metabolismus léčiv. Bylo také prokázáno, že česnek chrání játra před toxiny, které se nacházejí v lécích a těžkých kovech (Fisher et al. 2007).

O tom, že česnek přináší lidskému organismu mnoho výhod, není pochyb. Ale česnek taky má i nežádoucí účinky. Tato zelenina má silné látky, jejichž nadbytek může vést k nežádoucím následkům a situaci jen zhoršit. Při konzumaci a zejména ošetřování česneku bychom měli být maximálně opatrní a nezneužívat ho (El-Saber Batiha et al. 2020).

Alicin má schopnost vyvolat intoleranci, alergické reakce a gastrointestinální poruchy. Obecně doporučené dávky denního příjmu česneku pro dospělého člověka jsou 4 g syrového česneku nebo jedna tableta sušeného česnekového prášku dvakrát až třikrát denně. Také je nutno omezit používání této zeleniny v následujících případech:

- nalačno;
- týden před nadcházející operací, protože ovlivňuje srážlivost krve;
- s pankreatitidou, cholelitiázou, onemocněním jater, protože je silně stimuluje trávicí systém a může vést ke křečím a pálení žáhy;
- s obezitou, protože způsobuje chuť k jídlu;
- s epilepsií, protože může vyvolat záchvat (El-Saber Batiha et al. 2020).

3.1.7 Pěstování česneku

Česnek je nenáročná rostlina, kterou lze sázet jak na podzim (zimní odrůdy), tak na jaře (jarní odrůdy). Je třeba mít na paměti, že rostlina vyžaduje v prvních týdnech po výsadbě vydatnou závlivu a naopak preferuje sucho během dozrávání cibulí.

Je třeba poznamenat, že půda připravená pro česnek by měla být bohatá na fosfor, draslík a dusík. Aby byl zajištěn normální vývoj kořenového systému, je třeba jej uvolnit. Hloubka výsadby se obvykle pohybuje od 6 do 12 cm v závislosti na velikosti stroužků (čím jsou větší, tím hlouběji je třeba sázet). Aby se zabránilo tvorbě kůry, může být půda mulčována humusem. Délka růstového cyklu česneku se velmi liší v závislosti na období setí. Období růstu česneku vysetého na jaře je relativně krátké, obvykle 90 až 110 dní; česnek zasety na podzim vyžaduje určitý počet dní nízkoteplotní veralizace a období růstu je obecně dlouhé 220 až 280 dnů (Madhu et al. 2019).

Pěstitelské podmínky mohou výrazně ovlivnit chemické složení česneku, a proto by pěstování ve vybraných oblastech mohlo být využito pro manipulaci s obsahem bioaktivních látek a tím i s kvalitou výsledného produktu (Martins et al. 2016).

Zavlažování je nezbytné pro dosažení nejen maximálního potenciálu výnosu, ale také pro nejvyšší kvalitu konečného produktu. Csiszár et al. (2007) uvedli, že mírný deficit vody (snížení obsahu vody v půdě o 40 %) během vegetačního období, provedený zadržováním vody po dobu jednoho týdne ve fázi růstu 3–5 listů, způsobil významné změny antioxidantů a aktivity antioxidantních enzymů, jako je kataláza (CAT), glutathionreduktáza (GR), glutathion S-transferáza (GST), peroxidáza (POD) a superoxiddismutáza (SOD) (Csiszár et al. 2007).

Dalším důležitým faktorem, protože je nezbytný pro kvalitu konečného produktu, je fáze sklizně. I když se v dřívějších fázích růstu alliin akumuluje v listech, jakmile se zahájí tvorba cibulí a rostlina se blíží k fázi sklizně, alliin a jeho prekurzory jsou translokovány z

listů a ukládány v cibulkách. Pozdní sběr by tedy mohl být použit jako prostředek ke zvýšení obsahu alliinu a následně ke zlepšení bioaktivní účinnosti konečného produktu (Csiszár et al. 2007).

Správná péče před sklizní a po sklizni je nezbytná pro udržení kvalitativních charakteristik, jako je obsah sušiny, štiplavost, celkový obsah rozpustných pevných látek, cukry, barva slupky a celistvost. Včasné zavlažování a vhodné hnojení jsou důležitými parametry před sklizní, zatímco správné parametry ošetřování a skladování, tj. teplota, relativní vlhkost, větrání, obalový materiál a zpracování, jsou faktory po sklizni (Madhu et al. 2019).

3.1.8 Skladování česneku

Skladování česneku pro prodlouženou dostupnost během libové sezóny cibulí uspokojivé kvality je vícerozměrná záležitost, která zahrnuje různé předsklizňové a posklizňové parametry. Hlavními cíli skladovacích plodin cibulovin je udržet „kvalitativní kapitál“ přítomný při sklizni a naplnit spotřebitelskou poptávku po rozšířené dostupnosti odpovídající kvality cibulí. Zvýšení výnosu česneku a zlepšení kvality cibulí jsou tedy specifikovanými vlastnostmi pro pěstitele, prodejce a spotřebitele česneku (Madhu et al. 2019).

Sezónní povaha pěstování česneku vyžaduje skladování po mnoho měsíců po sklizni, aby byla zajištěna celoroční zásoba. Je známo, že kvalita během této doby klesá, a proto je nutně nalézt podmínky skladování pro prodloužení životnosti čerstvé uchovaného česneku. Nízké skladovací teploty prodlužují skladovatelnost, ale je zapotřebí přesné řízení teploty, aby se zabránilo poškození mrazem (Ludlow et al. 2022).

Skladovací teplota ovlivňuje klíčové kvalitativní charakteristiky v průběhu skladování, včetně klíčení, štiplavosti a výskytu chorob. Klíčení a zakořeňování jsou také problémy se ztrátou kvality, ke kterým dochází v důsledku podmínek vysoké vlhkosti v plastových obalech a skladování při vyšších teplotách, než je doporučeno 0–2°C. Cibulky česneku lze skladovat až 9 měsíců při teplotě 0–2°C a 60–70 % relativní vlhkosti, ale je třeba vzít v úvahu náklady na skladování v chladu a jeho dopad na změnu klimatu. Torun (2022) však uvedl, že domácí lednička (4°C) není vhodná pro dlouhodobé skladování česneku, protože udržování při teplotě 4°C stimuluje klíčení. K prodloužení trvanlivosti minimálně zpracované zeleniny

lze použít ozon, pulzní světlo, modifikované atmosférické a bioaktivní obaly, záření, jedlé náěry a konzervační látky. (Torun & Ozdemir 2022).

Správné skladovací podmínky jsou zásadní pro zachování vysoké kvality cibulí česneku a jeho vedlejších produktů, s ohledem na vysokou nestabilitu organosírových sloučenin. Přirozená citlivost nejhojnějších bioaktivních složek česneku je většinou připisována náchylnosti k tepelné degradaci, která zhoršuje jejich účinnost. Průmyslové pokroky byly také stále více implementovány směrem ke zlepšení skladovatelnosti mnoha potravinářských produktů. Modifikovaná/řízená atmosféra a ozařování patří k nejčastěji používaným biotechnologickým technikám, jejichž cílem je zajistit stabilitu, a navíc zachovat obecné mikrobiologické, fyzikálně-chemické a organoleptické vlastnosti česneku v období po sklizni (Csiszár et al. 2007).

Kontrola výskytu chorob skladovaného česneku je z velké části dosažena kontrolou teploty a vlhkosti. Nízké skladovací teploty, prokazují dobrou dlouhodobou kontrolu řady posklizňových chorob česneku. Za optimální pro skladování česneku se považuje relativní vlhkost 60–70 %, protože vyšší vlhkost podporuje houbové choroby (Ludlow et al. 2022).

Ale takové skladovací podmínky je docela těžké vytvořit a udržet při skladování v domácnostech. Proto je tato diplomová práce zaměřená na hledání jiných způsobů skladování česneku.

3.1.9 Choroby při skladování česneku

Choroby postihující česnek během skladování mohou vést k vážným ekonomickým ztrátám pro zemědělce na celém světě. Posklizňová hniloba je jednou z hlavních příčin ztráty cibulek česneku během skladování. Jeho výskyt přímo souvisí s přítomností patogenů na sklizených cibulích a je značně ovlivněn procesy posklizňové manipulace, včetně sušení, skladování, přepravy (Gálvez & Palmero 2021).

Jedním z původců hniloby je *Fusarium proliferatum*. *Fusarium proliferatum* je celosvětově se vyskytující houbový patogen postihující některé plodiny včetně cibulek česneku (Gálvez et al. 2017). Počáteční příznaky nakažení na stroužcích česneku zahrnují polygonální světle hnědé centrálně prohnuté skvrny, které nelze snadno detekovat kvůli pochvě pokrývající stroužky, a bílé mycelium, které se může stát viditelným ve vnitřních stroužcích při silném napadení. Různé fungicidní testy neprokázaly žádný účinek na *F.*

Proliferatum (Llamas et al. 2013). Kromě toho *F. proliferatum* je mykotoxigenním druhem produkujícím širokou škálu toxinů, které mohou představovat riziko pro bezpečnost potravin (Gálvez et al. 2017).

Peronosporóza – onemocnění česneku je způsobeno houbou zvanou Peronspora ničící. Charakteristickým vnějším znakem onemocnění je přítomnost bílého povlaku pokrývajícího nadzemní části rostliny. Houba se v pletivech vyvíjí dlouho, takže nemocný česnek nelze rozeznat od zdravého. Vzhled plaku je známkou toho, že parazit začal sporulovat. Cibulky česneku napadeného peronosporózou jsou špatně vyvinuté a jsou přenašeči plísňových spor (Llamas et al. 2013).

Nejnebezpečnějším onemocněním česneku způsobeným bakteriemi je bakteriální hniloba. Bakterie *Bacillus* stejně intenzivně ovlivňují jak cibule, tak nadzemní části rostliny. První příznaky: na stroužcích česneku se tvoří hnědé skvrny, poté se stroužky stávají sklovitými a perleťovými. Vývoj hniloby je doprovázen ostrým nepříjemným zápachem.

Sclerotium cepivorum je původcem onemocnění běžně známého jako bílá hniloba. Jedná se o problém se vyskytující u česneku po celém světě. To může být velmi ničující, protože může způsobit velké ztráty. Jakmile na poli se objeví *S. cepivorum*, je obtížné a nákladné pokračovat v pěstování česneku. Houba je pozitivně ovlivněna především chladným počasím a přežívá v půdě jako malé kulaté útvary známé jako sklerocia. Tato sklerocia mohou přežít v půdě desítky let. Při klíčení sklerocia produkují mycelium, které proniká kořenovou epidermis a napadá kortikální parenchym jak intracelulárně, tak intercelulárně, což způsobuje rozsáhlou degradaci tkáně (Zewide et al. 2007).

3.2 Silice

Lidé od pradávna využíval rostliny k několika účelům, od potravin po palivo, oblečení a léky. Aromatické rostliny se používají především pro kulinářské, aromatické a léčebné účely. Tyto rostliny je známé svými antioxidačními účinky, stejně jako svými antiseptickými a léčivými vlastnostmi a vůní a často se používají při konzervaci potravin a jako analgetika, sedativa, protizánětlivé látky, spasmolytika a lokální anestetika. Silice neboli esenciální oleje jsou těkavé, průhledné, bezbarvé nebo slabě zbarvené kapaliny s charakteristickým aroma produkovaným rostlinami. Esenciální oleje se získávají ze všech rostlinných orgánech, včetně pupenů, květů, listů, semen, větviček, stonků, květů, plodů, kořenů, dřeva nebo kůry, ale obecně jsou rostlinou uloženy v sekrečních buňkách, dutinách, kanálcích, žláznatých trichomech nebo epidermální buňky (Nazzaro et al. 2013).

Silice obsahují širokou řadu sekundárních metabolitů, které mohou inhibovat nebo zpomalit růst bakterií, kvasinek a plísní. Kromě toho jsou esenciální oleje biologicky odbouratelné a mají malý vliv na necílové organismy, což může zpomalit rozvoj rezistence (Wu et al. 2023).

Tyto oleje jsou přítomny jako různé směsi primárně terpenoidů, zejména monoterpenů (C₁₀) a seskviterpenů (C₁₅), ačkoli mohou být přítomny také diterpeny (C₂₀). Vyskytuje se také řada dalších molekul, jako jsou kyseliny, alkoholy, aldehydy, alifatické uhlovodíky, acyklické estery nebo laktony; vzácné sloučeniny obsahující dusík a síru; kumariny; a homology fenylpropanoidů (Nazzaro et al. 2013).

V přírodě silice hrají důležitou roli při ochraně rostlin. Mohou také přitahovat určitý hmyz pro rozptýlení pylu a semen nebo odpuzovat jiný nežádoucí hmyz. Esenciální oleje tak mohou hrát roli mediátorů v interakci rostlin s prostředím (Nazzaro et al. 2013).

V poslední době se zvyšuje poptávka o produktech, léčivých a kosmetických produktech vyrobených na bázi přírodních látek. Produkty tohoto druhu jsou nezbytné pro udržení zdraví a psychického stavu člověka jako celku. Esenciální oleje jsou nezbytné pro výrobu produktů, které tyto funkce zajišťují (Wu et al. 2023). Očekává se, že poptávka po přírodních antimikrobiálních alternativách nahrazujících syntetické sloučeniny bude neustále narůstat, protože byl prokázán negativní vliv některých syntetických konzervačních látek na zdraví spotřebitelů (Pisoschi et al. 2018).

Vysoká poptávka esenciálních olejí je odůvodněna jejich širokým rozsahem použití, protože je známo, že se používají ve farmaceutickém, potravinářském, parfémovém a kosmetickém průmyslu. I přes rozvoj výroby podobných syntetických látek se přírodní silice svými vlastnostmi výrazně liší. Přírodní silice jsou unikátní směsí těkavých složek. Kromě svých dlouho studovaných léčivých vlastností, mají výrazné individuální aroma, které ovlivňuje nejen náladu, ale také celkovou pohodu člověka (Zanetti et al. 2018).

Identifikace a využití těchto přírodních antimikrobiálních látek a jejich charakterizace s ohledem na bezpečnost, specifčnost a účinnost představují klíčové cíle pro potravinářský a farmaceutický výzkum a průmysl. Antimikrobiální látky pocházející z přírodních zdrojů poskytují nové způsoby, jak zajistit mikrobiální bezpečnost a zvýšit trvanlivost potravin (Pisoschi et al. 2018).

Silice byly použity v organicky zpracovaných potravinách ve Spojených státech, včetně potravin extrahovaných ze skořice, citronové trávy a tymiánu, které mají potenciál být přírodními konzervačními látkami a antimykotiky a jsou používány se v různých potravinách, včetně cukrovinek, nealkoholických nápojů, destilovaných lihovin a dalších (Wu et al. 2023).

Hlavními sloučeninami přítomnými v esenciálních olejích, které udělují antimikrobiální vlastnosti rostlinám včetně bylin a koření, jsou fenoly (flavonoidy a neflavonoidy), terpeny, alifatické alkoholy, aldehydy, ketony, organické kyseliny, saponiny, thiosulfináty, glukosinoláty. Získávají se většinou z rostlin parní destilací nebo extrakcí superkritickým oxidem uhličitým. Obecně bylo prokázáno, že rostliny vykazují lepší inhibici na Gram-pozitivní než na Gram-negativní bakterie (Pisoschi et al. 2018).

Bylo prokázáno, že thymol, eugenol a karvakrol narušují buněčnou membránu, inhibují aktivitu ATP-ázy a následně uvolňují intracelulární adenosintrifosfát a další buněčné složky. Karvakrol a thymol zvyšují permeabilitu membrán rozpuštěním ve fosfolipidové dvojvrstvě vyrovnávající se mezi řetězci mastných kyselin. Alkylová substituce do aromatického jádra je dalším procesem, který je základem antibakteriální aktivity fenolických látek. Nicméně v případě stabilnějších fenolických látek, jako jsou ethery anethol nebo myricistin, nedochází k uvolňování fenoxylových radikálů schopných reagovat s alkylovými substituenty. Toto pozorování bylo spojeno se vzácnou antimikrobiální aktivitou muškátového oříšku, fenyklu nebo petrželové silice. Navíc bylo konstatováno, že antimikrobiální aktivita fenolických látek závisí na koncentraci: při nízké koncentraci fenoly

inhibují aktivitu mikrobiálních enzymů, zatímco při vysokých koncentracích indukují denaturaci proteinů (Zanetti et al. 2018).

Esenciální oleje z oregana a tymiánu se vyznačovaly výraznými bakteriostatickými a baktericidními vlastnostmi. Ireverzibilní poškození buněk *E. coli* bylo zaznamenáno během 1 minuty aplikací baktericidní koncentrace oreganové silice. Těkavé terpeny karvakrol, p-cymen, γ -terpinen a thymol se ukázaly jako zodpovědné za antimikrobiální potenciál oregana, tymiánu a saturejky. Antimikrobiální aktivita šalvěže a rozmarýnu byla přiřazena borneolu a dalším fenolickým látkám přítomným v terpenové frakci (Pisoschi et al. 2018).

Silice jsou těkavé látky, a proto je třeba skladovat ve vzduchotěsných nádobách ve tmě, aby se zabránilo změnám složení. Skladování je kritickým kontrolním bodem a kontrola skladovací teploty, vlhkosti a přímého slunečního záření je nezbytná, aby se zabránilo poškození silic (Shan et al. 2007).

3.2.1 Metody získávání silic

Silice se získávají ze všech rostlinných orgánů, včetně pupenů, květů, listů, semen, větviček, stonků, plodů, kořenů nebo kůry, ale obecně jsou rostlinou uloženy v sekrečních buňkách, dutinách, kanálcích, žláznatých trichomech nebo v epidermálních buňkách (Nazzaro et al. 2013).

Silice se vyrábí pomocí konvenčních technik jako: parní destilace, hydrodestilace, hydrodifúze a extrakce rozpouštědlem, a nekonvenčních extrakčních technik jako: mikrovlnná extrakce bez rozpouštědel, subkritická extrakční kapalina a extrakce superkritickou kapalinou. Pro výrobu různých silic se používá různé techniky. Například, studia Kantu & Kumaru (2022) ukázaly, že pro silice rozmarýnu je nejlepší destilace vody s plnou integrací energie z technicko-ekonomického a ekologického hlediska. Naproti tomu extrakce superkritickou tekutinou je nejlepší metodou pro oreganový olej.

Destilace rozděluje látky na základě rozdílných bodů varu. Silice jsou uvolňovány z olejových buněk rostlin do plynné fáze vlivem zvýšeného tlaku vznikajícího rostoucí teplotou. Rostlinný materiál může být ponořen do vroucí vody (hydrodestilace), nebo umístěn v proudu páry. Destilace vodní parou je nejčastěji využívána pro látky s vyšší těkavostí, ve vodě méně rozpustné. Nevýhodou destilace je případná degradace termolabilních vonných látek, tento způsob poskytuje však dostačující kvalitu produktu pro potravinářský průmysl (Baser et al. 2009).

Lisováním za studena se získávají silice většinou z citrusových plodů. Dříve se celý proces prováděl ručně, ale docházelo k velkým ztrátám oleje, proto došlo k zavedení mechanizace. Pro tento účel je v dnešní době často využívaným zařízením FMC extraktor, produkující ovocnou šťávu i silice z kůry citrusů zároveň (Baser et al. 2009).

Další konvenční metodou pro tepelně nestabilní látky je extrakce rozpouštědlem. Organická rozpouštědla, jako hexan, petrolether nebo benzen, jsou silicí absorbována a následně odpařena v extraktoru. Vzniklý produkt se nazývá konkrét neboli konkrétní silice, obsahující kromě vonných látek také balastní látky ve formě vosků. Pro získání tzv. absolutní silice je konkrét rozpuštěn v etanolu, několikrát přefiltrován, zchlazen pro separaci vosků a nakonec odpařen. Během procesu jsou používány nižší teploty než u destilace zabraňující vzniku nežádoucích sloučenin a rozkladu termolabilních látek. Čistota silice není vzhledem k přítomnosti zbytkového rozpouštědla vysoká, ale díky rychlosti a nízké ceně je tato metoda využívána pro potravinářství i parfumerství (R. Preedy 2016).

3.2.2 Enkapsulace silic

Enkapsulace silic se objevila relativně nedávno, ale jeho rychlý a významný pokrok umožnil použití této technologie v nejrůznějších odvětvích průmyslu, zejména ve farmaceutickém, kosmetickém a potravinářském sektoru. Enkapsulace je proces který zachycuje jednu látku (účinnou látku) do jiné látky (materiálu), za vzniku částic v nanometrovém (nanoenkapsulaci), mikrometrovém (mikroenkapsulaci) nebo milimetrovém měřítku (Zanetti et al. 2018).

Používání silic v průmyslových procesech vede s sebou omezení, jako je jejich nízká rozpustnost ve vodě, organoleptické vlastnosti a zejména nízká tepelná stabilita. Technologie enkapsulace se mohou být důležitou alternativou k překonání těchto omezení. Při procesu enkapsulace přírodních sloučenin odolnějšími nanostrukturními materiály zvyšuje tepelná a chemická stabilita esenciálních olejů a také rozpustnost v rozpouštědlech za určitých podmínek. Enkapsulace esenciálních antimikrobiálních olejů také prospívá řízenému uvolňování, zvyšuje buněčnou biologickou dostupnost a zvyšuje účinnost proti patogenům (Zanetti et al. 2018).

Enkapsulace pomáhá snižovat odpařování nebo zpomaluje přenos hmoty těkavých sloučenin do vnějšího prostředí. Tato technologie také mění fyzikální vlastnosti sloučenin, usnadňuje jejich aplikaci přeměnou kapaliny na pevnou fázi, poskytuje kontrolu a cílené

uvolňování účinných látek, zlepšuje trvanlivost, maskuje příchutě nebo pachy esenciálních olejů. Enkapsulaci je možné, kromě hlavních požadavků, zlepšit také vizuální stránku a marketingový koncept produktu. Kromě toho potraviny obsahující enkapslované esenciální oleje vykazovaly lepší přijatelnost než potraviny s přímou aplikací oleje (Reis et al. 2022).

Výběr nejvhodnější techniky enkapsulace závisí na faktorech, jako je požadovaná velikost kapsle, fyzikální vlastnosti materiálů, rozpustnost materiálu, řízené uvolňování, ideální propustnost vrstvy a náklady na proces. Metody, které používají kroky zahřívání nebo odpařování, mohou ovlivnit výtěžnost nebo dokonce podpořit modifikaci charakteristik esenciálního oleje (Reis et al. 2022).

Technologie enkapsulace je možně rozdělit na 2 základní metody: fyzikální a chemické. Fyzikální metody nezahrnují polymerační reakce, protože materiály použité na počátku jsou již charakterizovány jako určitý typ polymeru. Mechanicky tedy dochází pouze k formování tvaru mikrokapslí. Chemické metody zahrnují získávání mikrokapslí pomocí polymeračních reakcí prekurzorových materiálů, jako jsou monomery nebo prepolymery, nebo asociace s chemickými interakcemi (Reis et al. 2022).

3.2.3 **Skořicová kůra (*Cinnamomum cassia*)**

Cinnamomum cassia je stálezelený strom pocházející z jižní Číny. Je to jeden z několika druhů *Cinnamomum* používaných především pro svou aromatickou kůru, která se používá jako koření. Může být přidáván do potravin ve formě celého nebo mletého materiálu nebo jako extrakty nebo oleje získané z listů nebo kůry skořice (Ribeiro-Santos et al. 2017).

Antimikrobiální, antioxidační, protizánětlivé, protinádorové a další vlastnosti koření jsou popsány v několika studiích (Ribeiro-Santos et al. 2017, Shan et al. 2007) a bioaktivní obsah na bázi skořice produkty v současnosti přitahují velký zájem jak ze strany průmyslu, tak spotřebitelů.

Těkavé složky silice jsou přítomny ve všech částech skořice a lze je obecně rozdělit na monoterpeny, seskviterpeny a fenypropeny. Nicméně skořicový aldehyd (trans-cinnamaldehyd nebo 3-fenyl-2-propenal) je hlavní složkou silice skořicové kůry. Cinnamaldehyd podléhá tepelně indukovanému rozkladu při poměrně nízké teplotě (<60 °C) za vzniku benzaldehydu. Cinnamaldehyd je zodpovědný za sladkou chuť skořice. U sladkého

jídla dochází k synergickému efektu, který umocňuje sladký vjem jídla při spojení sladké chuti cukru a sladkého aroma skořice (Shan et al. 2007).

Skořice je první aromatická rostlina používaná k léčbě chronické bronchitidy. Silice skořice lze použít jako příchut' v dentálních přípravcích a léčivech. Například jeho ochucovadlo, cinnamaldehyd, se přidává do zubní pasty, aby maskovala nepříjemnou chuť pyrofosfátu. V kosmetickém průmyslu se skořice obvykle používá jako příchut' do mýdla a dalších kosmetických výrobky (Ribeiro-Santos et al. 2017).

Ve studii (Shan et al. 2007) silice skořicové kůry ukázaly širokou škálu antibakteriálních aktivit proti grampozitivním i gramnegativním bakteriím. Její hlavní složky ((E)-cinnamaldehyd a proanthokyanidiny) se vyznačovaly významnou *in vitro* antibakteriální aktivitou, projevující se proti pěti alimentárním patogenním bakteriím (*Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella anatum*). Autoři navrhli potenciální využití tohoto extraktu jako přírodního potravinového antimikrobiálního prostředku.

Pozitivní zdravotní účinky spojené se skořicí jako kontrola hladiny glukózy v krvi u diabetu, jako repelent a jako protizánětlivé činidlo byly popsány v studii. Kromě toho silice souvisí s prevencí a léčbou několika různých chronických onemocnění, jako je diabetes, Alzheimerova a Parkinsonova choroba (Khasnavis & Pahan 2014).

3.2.4 Oregano (*Origanum vulgare*)

Origanum vulgare L., běžně známý jako oregano, je celosvětově uznáván jako jedna z nejnámějších aromatických bylin. Rostlina byla známá již ve starověkém Řecku, věřilo se, že má nejen protizánětlivé, ale i uklidňující účinky. Jeho použití však lze rozšířit do různých oblastí, jako je tradiční medicína a aromaterapie, farmakologie, kosmetologie a potravinářský průmysl. Oregano se často používalo při léčbě nachlazení (Tomiotto-Pellissier et al. 2022).

Oreganový olej má kořeněnou květinovou vůni s nádechem kafru, dřeva a čaje. Barva se mění od světle žluté po hnědou se zlatým leskem.

Kromě toho se silice oregana používá v tradiční medicíně jako lokální masti na kožní infekce jako obecné antiseptikum a hojení kožních ran. Esenciální oleje obsahují širokou škálu hydrofobních sloučenin s antimikrobiálním potenciálem a schopnost difundovat přes buněčné membrány jistě dává těmto molekulám určitou výhodu při zacílení na intracelulární

mikroby, což je cenná výzkumná možnost pro hledání bioaktivních sloučenin (Tomiotto-Pellissier et al. 2022).

Bylo prokázáno, že esenciální olej z oregana významně snížil oxidaci lipidů a proteinů a zlepšil barevnou stálost syrového a vařeného kuřecího masa (Pisoschi et al. 2018).

4 Metodika

4.1 Použité materiály

Pro zpracování této diplomové práce byla použita odrůda česneku setého (*Allium sativum* L.) – Dukát, který byl zakoupen z Demonstračního a experimentálního pracoviště ČZU v Praze. Dukát je poloraná odrůda bílého ozimého paličáku. Cibule jsou velké 45–70 mm o hmotnosti 55–80 g. Odrůda je odolná proti virózám. Má výraznou typickou ostrou chuť a vůni.

Pro inhibice houbových patogenů při skladování česneku byly použité 2 silice - oregano (*Origanum vulgare*) a skořicová kůra (*Cinnamomum cassia*) od výrobce Biomedica spol. s r.o. (Praha, Česká republika).

Pro enkapsulace silic byly použité 2 různé sorbenty: bílý bentonit Superbenton DC (ZAN-AROMI, spol. s r.o., Česká republika) a piliny. Bentonit je směsná látka křemičitanu hlinitého, získaný z vulkanického popela a tvořený převážně montmorillonitem, druhem přírodního jílu ze skupiny smektitů (Santos et al. 2020).

4.2 Příprava silic

Před založením skladovacího pokusu byly připraveny silice. Na základě předchozího studia (Novotná 2022) byly vybrány 2 silice – oregano (*Origanum vulgare*) a skořicová kůra (*Cinnamomum cassia*) do výrobce Biomedica spol. s r.o. (Praha, Česká republika).

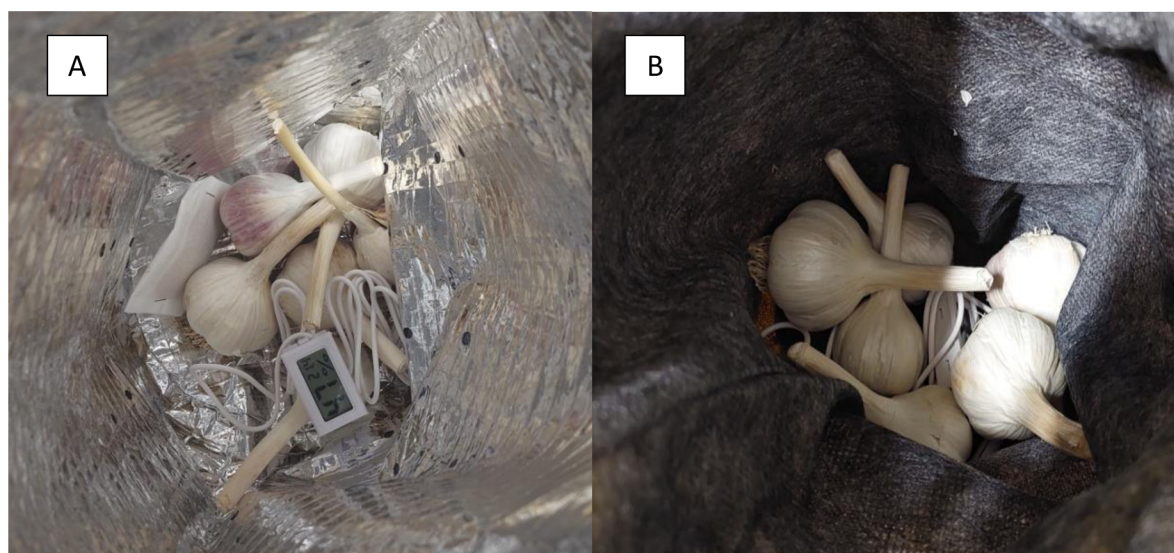
Silice byly enkapsulované do dvou různých sorbentů: pilin a bentonitu. Do hermeticky uzavíratelných vialek byl navážen 1 díl silice a 4 díly sorbentu. Po důkladné homogenizaci sorbentu a silic vialky byly umístěny na třepačce při teplotě 37°C po dobu 24 hodin. Následně skladované v lednici. Navážení proběhlo pro 2 sorbenty, 2 silice ve dvou koncentracích (0,5 g silice + 2g sorbentu, a 1g silice + 4g sorbentu) a ve třech opakováních. Celkem pro 24 vzorků. Následně enkapsulované silice byly aplikované do čajových sáčků.

4.3 Skladovací pokus

Skladovací pokus byl prováděn v potravinářském pavilonu České zemědělské univerzity v Praze ve skladu semen. Průměrná teplota skladu po dobu pokusu byla 20,5°C a průměrná vlhkost 35 %. Pro každý vzorek bylo náhodně vybráno 5-7 cibulí česneku o celkové hmotnosti 350-400 g. Vizuálně byly cibule česneku zdravé bez viditelných závad. Česnek byl skladován v textilních pytlících od značky Zenbag. Vnější vrstva pytlíku je tvořena kombinací bavlněné látky a jutoviny, dno je z nepropustné pevné textilie. Střední vrstva je vyrobena z tmavé netkané textilie, která je prodyšná, vyjímatelná a nepropouští světlo. Vnitřní vrstva obsahuje hliníkovou fólii, která udržuje uvnitř dostatečnou vlhkost a ochrannou atmosféru. Pro 3 kontrolní vzorky byly použity taky jutové pytlíky, ale bez alobalové vrstvy.

Bylo připraveno 6 kontrolních vzorků bez aplikace silice: 3 vzorky byly skladované v pytlících s alobalovou vrstvou a 3 byly v pytlících bez alobalové vrstvy.

Do textilních pytlíků byly vloženy celé cibule česneku. Následně do pytlíků s česnekem byl přidán čajový sáček s navážkou enkapsulované silice. Také byl vložen přístroj na měření vlhkosti, tak aby se nedotýkal s čajovým sáčkem (Obrázek č. 1). Pytlík byl pevně uzavřen kolíčkem a uložen při pokojové teplotě. Každý vzorek byl připraven ve třech opakování. Celkem 30 vzorků. Přehled vzorků uveden v tabulce č. 1.



Obrázek č. 1. Vzorek česneku v pytlíku s alobalovou vrstvou (A) a v pytlíku bez alobalové vrstvy (B).

Kontrola vzorku česneku byla prováděna každý týden. Byly kontrolovány kvalitativní znaky jako vizuální vzhled, změna barvy, výskyt plísní nebo jiných chorob a kvantitativní

znaky jako změna hmotnosti a vlhkosti. Během průběžného hodnocení byla měřena hmotnost, kontrolovaná vlhkost uvnitř pytlíku a provedena vizuální kontrola česneku.

Po šesti týdnech pokusu nebyl pozorován žádný výskyt plísní nebo jiných chorob, ale byl pokles vlhkosti a hmotnosti. Proto jsme rozhodli vložit do pytlíků vrstvu buničitého papíru namočeného do 15 ml destilované vody. V následujících týdnech bylo, pro zvýšení vlhkosti přidáváno do každého pytlíku 15 ml destilované vody.

Tabulka č. 1. Přehled vzorků česneku.

Číslo vzorku	Zkrátka, použitá v práci	Popis vzorku
A-C	Kontrola bez alob	kontrolní vzorek, skladovaný ve pytlíku bez alobalové vrstvy
A1-C1	Kontrola s alob	kontrolní vzorek, skladovaný v pytlíku s alobalovou vrstvou
1-3	P+O (0,5)	vzorek, skladovaný se silicí oregana v dávce 0,5 g enkapsulované do pilin
4-6	P+O (1)	vzorek, skladovaný se silicí oregana v dávce 1 g enkapsulované do pilin
7-9	P+S (0,5)	vzorek, skladovaný se silicí skořice v dávce 0,5 g enkapsulované do pilin
10-12	P+S (1)	vzorek, skladovaný se silicí skořice v dávce 1 g enkapsulované do pilin
13-15	B+O (0,5)	vzorek, skladovaný se silicí oregana v dávce 0,5 g enkapsulované do bentonitu
16-18	B+O (1)	vzorek, skladovaný se silicí oregana v dávce 1 g enkapsulované do bentonitu
19-21	B+S (0,5)	vzorek, skladovaný se silicí skořice v dávce 0,5 g enkapsulované do bentonitu
22-14	B+S (1)	vzorek, skladovaný se silicí skořice v dávce 1 g enkapsulované do bentonitu

Po ukončení skladovacího pokusu bylo provedeno kontrolní hodnocení. Byla měřena konečná hmotnost vzorku česneku, pozorován vzhled vzorku a výskyt kontaminace na povrchu česneku, nesledné z česneku byla sloupnuta slupka a pozorované výskyt kontaminace na

oloupaných stroužku a vyskyt barevných změn, také byl spočítán počet prokličených stroužkuz česneku. Skladovací pokus byl prováděn po dobu čtyř měsíců od 27.10.2022 do 13.02.2023.

4.4 Senzorické hodnocení

Po ukončení skladovacího pokusu bylo provedeno sensorické hodnocení česneku. Cílem bylo určit, mají-li vliv silice na sensorické vlastnosti česneku jako vzhled, vůně a chuť.

Česnek byl hodnocen 12 hodnotiteli ve stejný čas a ve stejných podmínkách. Před sensorickým hodnocením byli hodnotitelé seznámeni s pravidly a cílem hodnocení. Všichni hodnotitelé uvedli, že oni byli v dobrém zdravotním stavu.

Pro hodnocení byl česnek použit v syrovém stavu bez tepelné úpravy. Česnek byl oloupan a rozdělen na stroužky. Stroužky byly nakrajené na tenké platky podél delce. K eliminaci chuti se používal chleba. Při smyslovém hodnocení česneku bylo povoleno používat čistou vodu bez přísad.

Pro sensorické hodnocení a identifikace působení silic na sensorické vlastnosti česneku byly vybrány 6 vzorků:

- kontrolní vzorek, skladovaný ve pytlíku bez alobalové vrstvy,
- kontrolní vzorek, skladovaný v pytlíku s alobalovou vrstvou,
- vzorek, skladovaný se silicí skořice enkapsulované do pilin ve vyšší koncentraci,
- vzorek, skladovaný se silicí skořice enkapsulované do bentonitu ve vyšší koncentraci,
- vzorek, skladovaný se silicí oregana enkapsulované do pilin ve vyšší koncentraci,
- vzorek, skladovaný se silicí oregana enkapsulované do bentonitu ve vyšší koncentraci.

. Všichni vzorky byly zašifrované kódy, které uvedené v tabulce.

Hodnotitelé posuzovali vzhled, vůni a chuť u jednotlivých vzorků, a následně seřazovali vzorky podle celkové přijatelnosti chuti. Cílem bylo určit, je-li rozdíl mezi vzorky skladované se silicemi a bez silic. Pro hodnocení vzhledu, vůně a chuti byla použita stupnicová tabulka s body od 1 (extrémně nepříjemná) do 9 (vynikající). Hodnotitelé

zaznamenávali intenzitu každé vlastnosti křížkem do připravené tabulky. V případě, že hodnotitelé posuzovali vzorky body 1-5, tak měly za úkol uvést slovně, proč se tak bylo rozhodli.

Celková přijatelnost chuti vzorku česneku byla posuzována pořadovou zkouškou. Hlavním účelem tohoto hodnocení bylo zjistit, který vzorek česneku považovali za nejlepší, a který za nejhorší. Hodnotitelé měli za úkol seřadit vzorky od nejlepšího po nejhorší.

Vzory použitých formulářů jsou uvedeny v příloze 1 a 2.

5 Výsledky

5.1 Skladovací pokus

Kontrolní hodnocení česneku bylo provedeno po 15. týdnu skladování. Před kontrolním hodnocením každý týden bylo provedeno průběžné hodnocení. Výsledky uvedené v tabulce č. 2. Je vidět, že nejlepší účinek proti vyskytu kontaminace byl dosažen u vzorků česneku, skladovaných s silicemi oregana v obojích koncentracích, které byly enkapsulované na bentonitu. Nejhorší účinek proti chorobám prokázaly silice skořice.

Tabulka č. 2. Výsledky skladování česneku po 15. týdnech.

	Snížení hmotnosti (%)	Výskyt kontaminace (%)	Barevné změny (%)	Klíčení (%)
Kontrola bez alob	18,03 ± 8,59	55,56 ± 44,10	61,11 ± 48,11	16,50 ± 10,48
Kontrola s alob	11,10 ± 2,32	56,08 ± 16,69	71,16 ± 23,17	24,77 ± 19,08
P+O 0,5	6,37 ± 1,21	25,93 ± 6,42	14,81 ± 13,98	31,60 ± 10,50
P+O 1	6,00 ± 0,78	27,78 ± 0	3,70 ± 6,42	33,37 ± 5,84
P+S 0,5	8,57 ± 2,26	27,78 ± 14,70	20,37 ± 22,45	22,20 ± 15,51
P+S 1	8,28 ± 1,68	38,89 ± 9,62	22,22 ± 14,70	33,27 ± 3,41
B+O 0,5	5,47 ± 0,46	14,07 ± 7,56	0,00	38,40 ± 4,68
B+O 1	5,67 ± 0,54	16,67 ± 5,56	3,70 ± 6,42	31,90 ± 13,19
B+S 0,5	12,24 ± 4,15	48,94 ± 26,04	49,47 ± 37,28	19,47 ± 11,27
B+S 1	7,25 ± 1,52	16,30 ± 10,56	20,37 ± 11,56	30,23 ± 7,21
Průměr	8,90	32,80	26,69	28,17
Směrodatná odchylka	3,93809	16,11901	25,14775	7,045125

Při vizuální kontrole česneku po 6. týdnu nebyl zaznamenán žádný výskyt plísni nebo jiné kontaminace. Hmotnost česneku po každé kontrole stejnoměrně klesla. Proto bylo rozhodnuto přidávat po 15 ml destilované vody, aby umělé zvýšit vlhkost. Už po prvním týdnu po přidání destilované vody na kontrolních vzorcích, skladovaných v pytlících s vrstvou alobalu, byl pozorován lehký povlak plísni kolem kořenů, který s každým týdnem rozšiřoval se po cele ploše česneku. Po třech týdnu po stálém zvyšování vlhkosti objevil se narůst plísni na kontrolních vzorcích, které byly skladované v taškách bez alobalové vrstvy. Po dvou týdnech po přidání vlhkosti byl zaznamenán výskyt plísni na vzorcích česneku, skladovaných se silice skořice enkapsulovaných na pipily. Na vzorcích česneku, na které

nepůsobily silice, plocha kontaminace během skladování stále rozšiřovala. Což na rozdíl od vzorků česneku skladovaných s enkapsulovanými silice po dobu celého pokusu plocha poškozené části rozšiřovala se pomalejší nebo nešířila se vůbec. Porovnání kontrolních vzorků a vzorků s enkapsulovanými silice můžeme vidět na obrázku č. 2-4.



Obrázek č. 2. Kontrolní vzorek, skladovaný v pytlíku s alobalovou vrstvou.

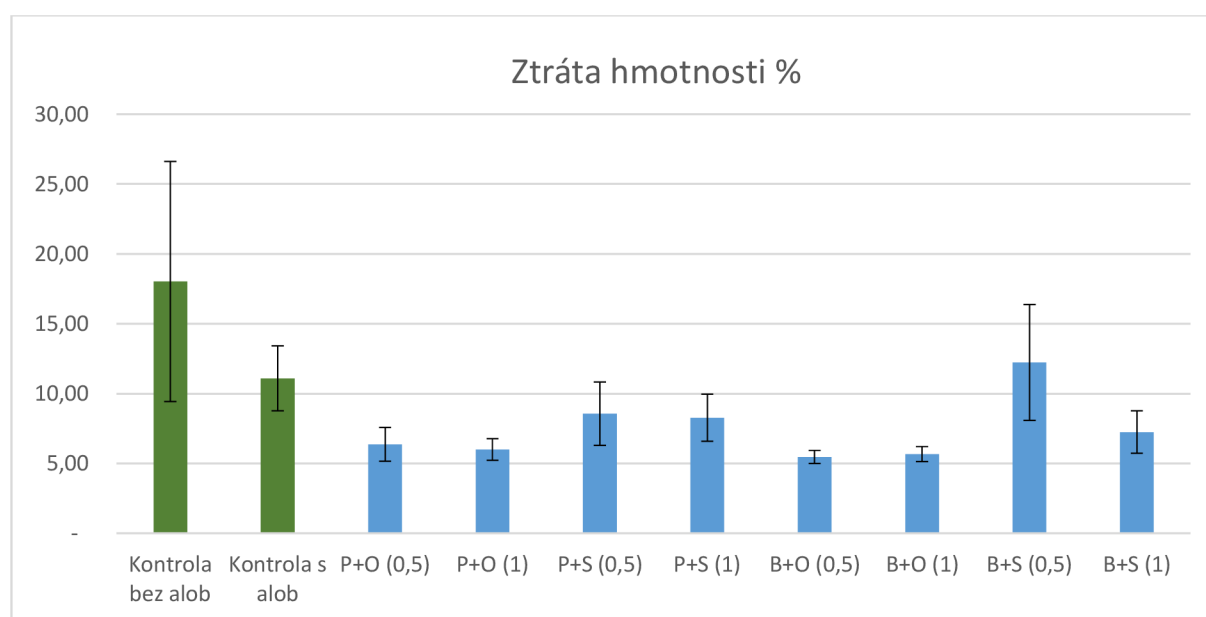


Obrázek č. 3. Vzorek 19. Vzorek, skladovaný se silicí skořice v dávce 0,5 g enkapsulované do bentonitu.



Obrázek č. 4. Vzorek 17. Vzorek, skladovaný se silicí oregana v dávce 1 g enkapsulované do bentonitu.

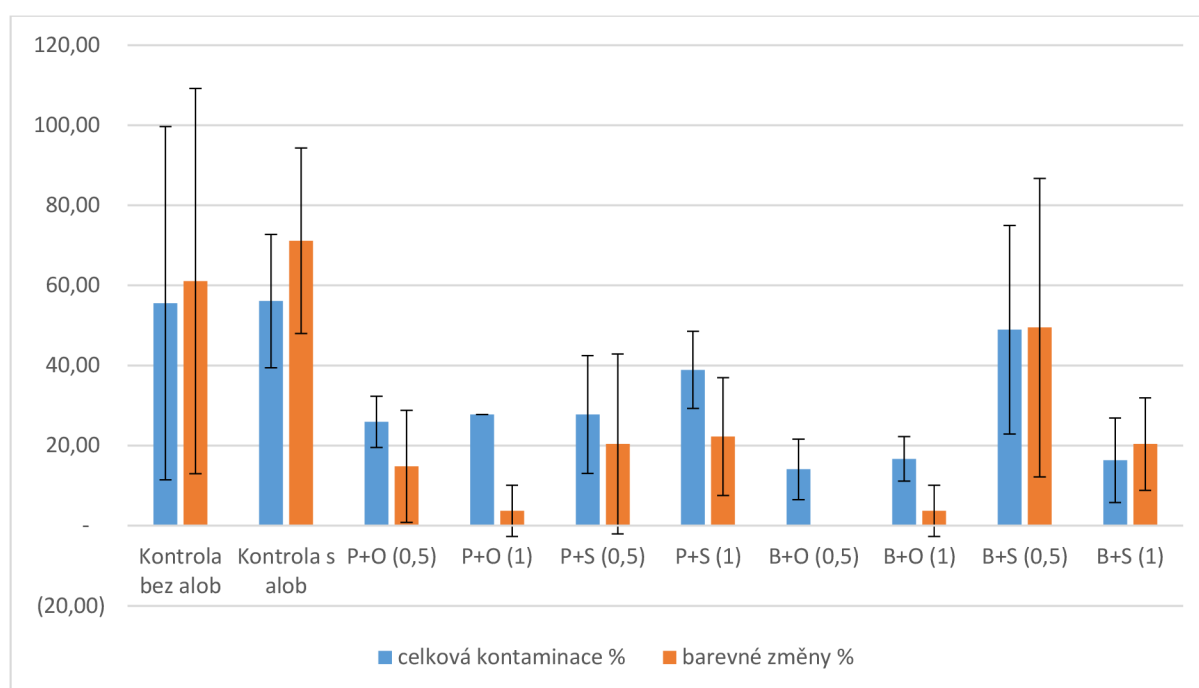
Na grafu č. 1 můžeme vidět, že větší ztráta hmotnosti byla u kontrolních vzorku (zelená barva) v porovnání se vzorky s enkapsulovanými silicemi (modrá barva). Střední hodnota ztráty hmotnosti u kontrolních vzorku – 14,6 %, u testovaných vzorku – 7,48 %. Pomocí statistického testu ANOVA, byla spočítána hodnota hladiny významnosti $P=0,01$. Můžeme říct, že byl zjištěn statistický významný rozdíl na hladině významnosti 5 % při porovnání hodnot ztráty hmotnosti mezi kontrolními vzorky a vzorky, skladované se silicí.



Graf č. 1. Ztráta hmotnosti v %.

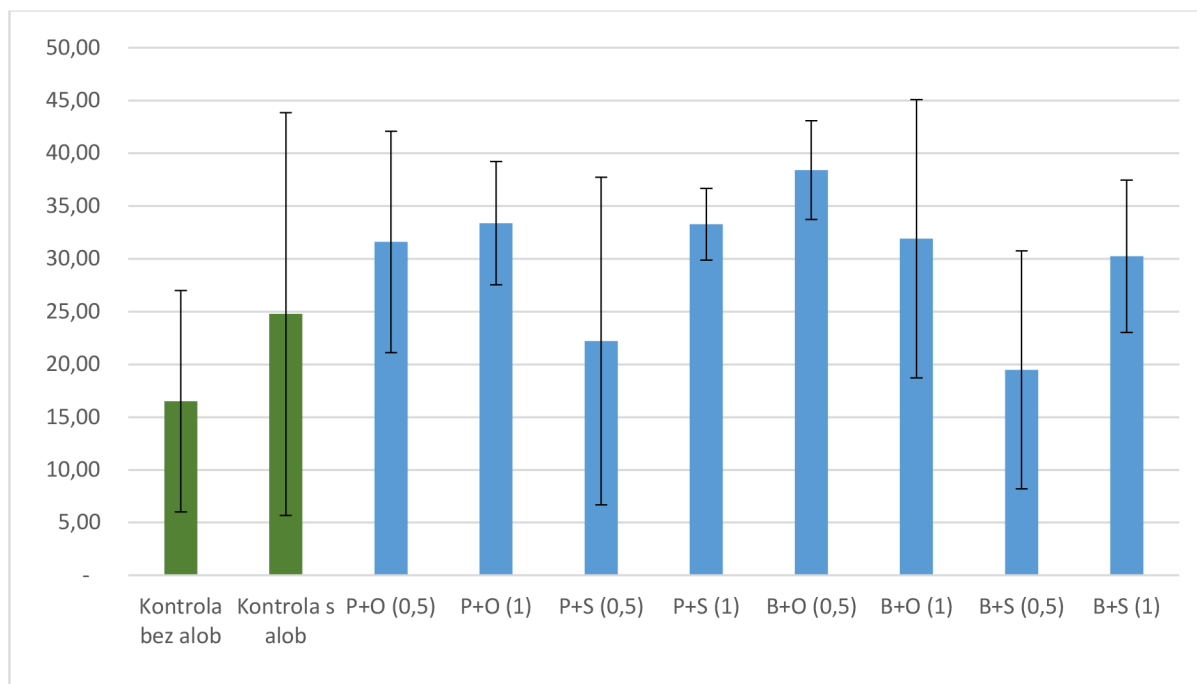
Na grafu č. 2 modrou barvou je zobrazena celková kontaminace vzorku a oranžovou barvou barevné změny vzorku. Hodnoty jsou přepočítány na procenta. Pomocí statistického testu ANOVA, byla spočítána hodnota hladiny významnosti $P=0,01$. Můžeme říct, že byl zjištěn statistický významný rozdíl na hladině významnosti 5 % při porovnání kontrolních vzorku a vzorku se silicemi.

Je vidět, že barevné změny ve většině případu souvisí s výskytem kontaminace. Hodnota korelace vyšla 0,92, což ukazuje velmi vysokou sílu korelace. Ve většině případu změna se projevila do fialovo-červené barvy, která vyskytovala jenom na povrchu stroužku. Změna barvy dužiny se projevila jenom ve velmi malém počtu stroužku a souvisela s větším úrovní výskytu plísní. Při porovnání dvou grafu, je vidět, že ztráty hmotnosti souvisí s výskytem kontaminace. Hodnota korelace vyšla 0,85. Co ukazuje vysokou sílu korelace mezi ztrátou hmotnosti a výskytém plísní.



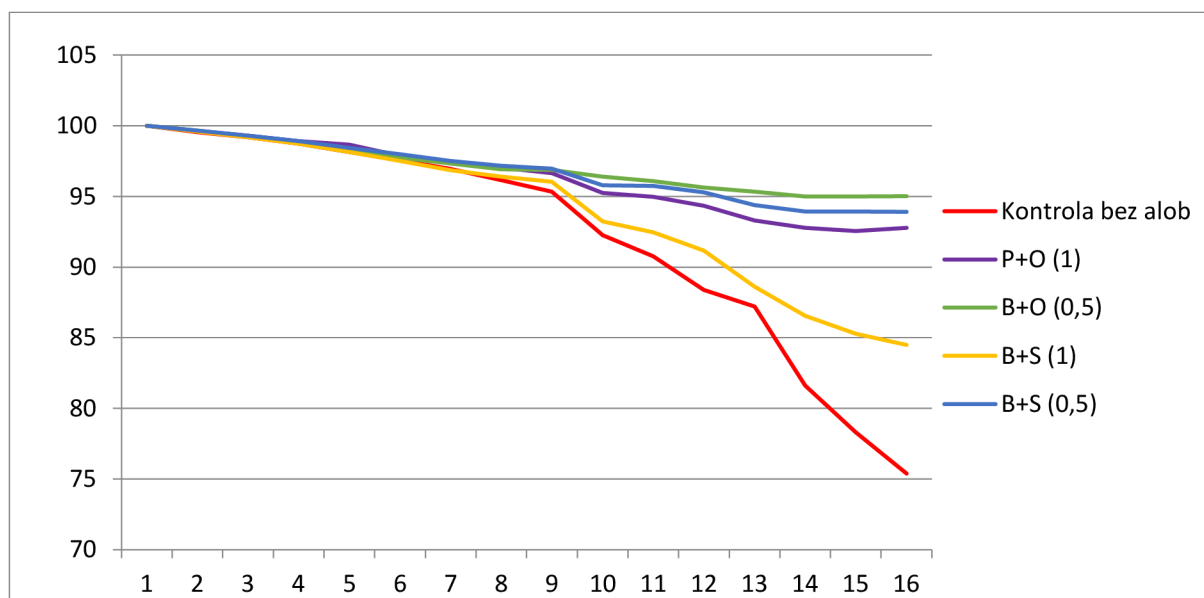
Graf č. 2. Výskyt kontaminace a barevné změny v %.

Na grafu č. 3 je zobrazen počet prokličených stroužku v procentech. Při porovnání grafů změny a klíčení můžeme uvidět závislost čím více kontaminován vzorek, tím méně proklečených stroužku. Hodnota korelace vyšla -0,6, co ukazuje mírnou sílu korelace. Ale v porovnání kontrolních vzorků a vzorků s enkapsulovanými silice, podle grafu silice nemají vliv na klíčení. Střední procenta proklečených stroužku u kontrolních vzorku česneku – 20,5%, a u vzorku s enkapsulovanými silice – 30,5%.



Graf č. 3. Počet prokličných stroužku v procentech.

Na grafu č. 4 porovnaní ztráty hmotnosti u kontrolních vzorků a vzorků s enkapsulovanými silice s nejlepšími a nejhoršími výsledky. Po 8. týdny u kontaminovaných vzorku byl zaznamenán velký pokles hmotnosti a při vizuální kontrole změkčení palic česneku. Co odpovídá velkému úrovně vnitřních poškození.



Graf č. 4. Ztráty hmotnosti u vybraných vzorků v průběhu skladování.

Procent výskytu kontaminace u vzorků skladovaných s enkapsulované silice na pilinách je 30,9 %, u vzorků bentonitu je 23,9 %. Z čeho můžeme říct, že enkapsulace na bentonitu je účinnější proti výskytu plísní. Ale pomoci statistického testu ANOVA, byla

spočítána hodnota hladiny významnosti $P=0,52$. Proto můžeme říct, že nebyl prokázán statistický významný rozdíl na hladině významnosti 5 % mezi účinnosti bentonitu a pilin. Také u vzorku s použitím bentonitu byla zaznamenána vysoká hodnota rozptilu 277,88. Z čehož lze usuzovat, že bentonit, jako matrice pro enkapsulace silic, ukazuje nestabilní výsledky.

Procent výskytu kontaminace u vzorků, na které působily silice oregana je 21,1 %, u vzorků s použitím silic skořice je 32,98 %. Je vidět, že silice oregana je účinnější proti výskytu plísní na vzorcích česneku než silice skořice. Pomocí statistického testu ANOVA, byly porovnané vzorky skladované se silice oregana a skořice. Byla spočítána hodnota hladiny významnosti $P=0,18$, která je více než hladina významnosti 0,05, proto nebyl zjištěn statistický významný rozdíl mezi silice oregana a skořice na putlačení výskytu kontaminace.

Procent barevných změn u vzorků, skladovaných s nekapsulovanými silicemi oregana je 5,56 %, u vzorku se silicemi skořice je 28,11 %. Hodnota hladiny významnosti $P=0,03$, proto byl prokázán statistický významný rozdíl mezi silice skořice a oregana na barevné změny. Silice skořice mají větší vliv na barevné změny stroužku česneku.

Procent proklíčených stroužků česneku, na které působily silice oregana, je 33,82 %. Procent proklíčených stroužků česneku, na které působily silice skořice, je 26,29 %. Hodnota hladiny významnosti $P=0,09$, proto druh silice nemá vliv na klíčivost česneku.

Procent výskytu kontaminace u vzorků s použitím nižší koncentrací silic je 29,18 %, s vyšší koncentrací je 24,91 %. Je vidět, že vyšší koncentrace silic je účinnější proti výskytu plísní, ale rozdíl mezi středními hodnotami není statistické významný na hladině významnosti 5 %. Pomocí statistického testu ANOVA, byla spočítána hodnota hladiny významnosti $P=0,65$.

Procent barevných změn u vzorků s nižší koncentrací silic je 21,6 %, u vzorků s vyšší koncentrací je 12,5%. Je vidět, že nižší koncentrace silic vyvolala větší barevné změny, ale ten rozdíl není statistické významný na hladině významnosti 5 %, protože hodnota významnosti $P=0,48$. Také vzorky v dávce silic 0,5 g mají velkou hodnotu rozptilu 430,05, což říká o nestabilitě výskytu barevných změn u vzorku česneku, skladovaných s enkapsulovanými silicemi v nižší koncentraci. Jak bylo zjištěno, že na barevné změny má vliv výskyt kontaminace, takže při nižší koncentraci větší výskyt kontaminace. Proto lze říct, že působení silic nemá vliv na barevné změny stroužků česneku.

Procent proklíčených stroužků česneku, skladovaných při nižší koncentraci silic je 27,92 %, při vyšší koncentraci je 32,19 %. Pomoci statistického testu ANOVA, byly porovnané vzorky skladované se silice v různých koncentracích. Byla spočítána hodnota hladiny významnosti $P=0,93$, která je více než hladina významností 0,05, proto nebyl zjištěn statistický významný rozdíl mezi vzorky. Je možno říct, že koncentrace silic při skladování nemá vliv na klíčivost česneku.

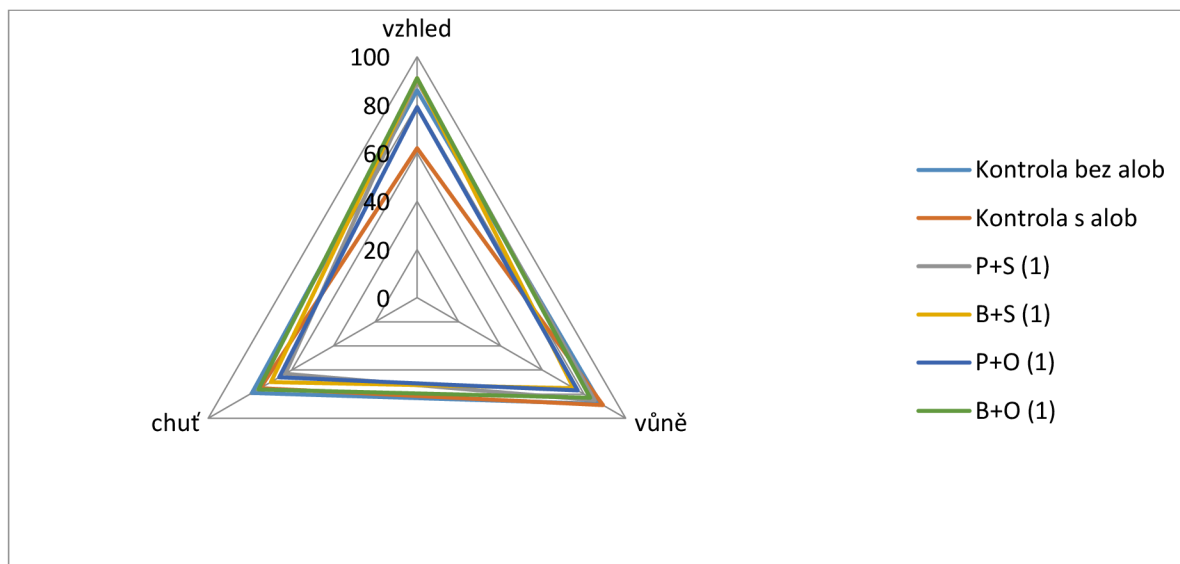
5.2 Senzorické hodnocení

V tabulce č. 3 je vidět výsledky hodnocení celkové přijatelnosti česneku. Hladina významnosti $P=0,64$, proto můžeme říct, že mezi vzorky česneku na hladině významnosti 5 % nebyl pozorován statisticky významný rozdíl mezi vzorky česneku. Přes to podle hodnotitelů dle souštu pořadí vzorku česneků, za nejlepší vzorek byl označen kontrolní vzorek, skladovaný v pytlíku bez alobalové vrstvy. Nejhorší vlastnosti byly zaznamenány u vzorku česneku, skladovaného se silici oregana enkapsulované do pilin.

Tabulka č. 3. Hodnocení celkové přijatelnosti česneku.

Hodnotitel	Kontrola Kontrola					
	bez alob	s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
1	5	4	2	3	1	6
2	5	4	6	2	1	3
3	6	3	4	1	2	5
4	5	2	3	4	1	6
5	4	1	5	2	3	6
6	5	6	3	2	4	1
7	1	4	5	3	6	2
8	6	4	3	1	2	5
9	3	5	1	6	4	2
10	5	2	1	6	4	3
11	6	3	5	2	1	4
12	3	5	1	4	2	6
Součet pořadí	54	43	39	36	31	49

Na grafu č. X je zobrazen výsledek hodnocení vzhledu, vůně a chuti vzorku česneku. Je vidět, že rozdíl mezi vzorky je velmi malý. A proto můžeme říct, že silice nemá vliv na senzorické vlastnosti česneku při společném skladování.



Graf č. 5. Sensorické hodnocení vzhledu, vůně a chuti.

V tabulce č. 4 je zobrazen součet bodu všech hodnotitelů pro vzhled, vůně a chuť. Podle hodnotitelů nejlepší vzhled měly vzorky, které byly skladované spolu s enkapsulovanými silici. Nejhorší vzhled měl kontrolní vzorek, skladovaný v pytlíku s alobalovou vrstvou. Ale tento vzorek, podle hodnotitelů měl nejlepší vůně. Chuťové vlastnosti byly nejlépe hodnoceny u kontrolního vzorku, skladovaného v pytlíku bez alobalové vrstvy. A nejhorší chuť byla posouzena u vzorku česneku, skladovaného s enkapsulovanými silicemi skořice.

Tabulka č. 4. Hodnocení vzhledu, vůně a chuti.

	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	86	62	90	91	79	91
vůně	88	89	85	75	77	83
chuť	79	75	63	70	66	76

6 Diskuze

V roce 2022 na bázi České Zemědělské univerzity v Praze byla prováděna studie (Novotná 2022), zaměřena na využití technologie enkapsulace silic proti skládkovým chorobám česneku. V této studii byl experiment prováděn na stroužcích česneku, inokulovaných patogenními organismy. Výsledky ukázaly, že nejučenější silice byla skořicová kura, enkapsulovaná do bentonitu. V porovnání s výsledky mé diplomové práce, silice skořicové kury enkapsulované na bentonitu ukázaly rozdílné výsledky pro různé koncentrace. Ale silice skořice celkově ukázaly horší výsledky než silice Oregana.

Na základě výsledku působení silic enkapsulovaných do bentonitu lze říct, že bentonit jako matrice pro enkapsulace vykazuje nestabilní výsledky v porovnání s pilinami. Předpokládám, že byla vybrána špatná technologie aplikace tohoto materiálu na vzorcích. Problémem s použitím bentonitu je prašnost této matrice, a tím pádem možnost ztráty části aplikovaného materiálu při manipulaci se vzorky a snížení koncentrace enkapsulovaných silic. Je zapotřebí dalších studií, které pomohou nalézt lepší způsoby aplikace bentonitu s enkapsulované silice pro praktické použití.

Tak ve svém studiu Ji et al. (2018) zkoušel různé způsoby aplikace silic pro potlačení skládkových chorob při skladování cibule. Byly využité takové způsoby jako: přímá aplikace na povrch cibule postříkem roztoku etanolu se silicemi; aplikace roztoku ethanolu se silicemi na papírový disk, aby se silice postupně odpařovali; použití granul pro enkapsulace silic a následné zahřátí pro lepší odpařování. Použití granul vedlo ke vzniku prachu v blízkosti fumigačního zařízení. Proto byla tato metoda v testu v komerčním měřítku vyloučena, přesto že v in vitro podmínkách ukazovala velký potenciál. Takže v této studii bylo provedeno porovnání účinku silice tymolu na prodloužení skladování cibule při snížené teplotě oproti konvenčním fungicidním přípravkům. Bylo prokázáno, že použity tymolu o koncentraci 10 - 20 mg/l na cibule, výrazně snížilo výskyt patogenních mikroorganismů na skladovaných cibulích po dobu několika měsíců. Při této studii bylo také zjištěno, že v cibulích ošetřených roztokem tymolu nebyly detekovány rezidua silice po 10 měsících skladování.

Pro snížení vzniku rezistence houbových patogenů vůči chemickým prostředkům a rizika nebezpečí kontaminace životního prostředí, je nutno omezit použití chemických látek. Proto je důležité hledat alternativní zdroje na bázi přírodních materiálů, které nebudou vykazovat nežádoucí účinky.

Problémem pro efektivní použití silic může být fytotoxicita esenciálních oleju. Silice mohou nežadoucí působit na barevné změny vzorků, také mohou ovlivnit chut a vůně potravin. Koncentrace esenciálních oleju, potřebné k dosažení významné antimikrobiální aktivity, často způsobují nežadoucí poškození vzorků. Například ve své studii Boskovic et al. (2017) prokázal, že silice tymiánu v koncentraci 0,9 % byly účinné při snižování výskytu *Salmonella sp.* v mletém vepřovém mase, ale přijatelnost konečného produktu byla pod hranicí přijatelnosti. Targino de Souza Pedrosa et al. (2021) popsal kombinace použití silic při balení produktu v ochranné atmosféře. Popsané technologie umožnily minimalizaci koncentrací silic, při zachování antimikrobiologických vlastností, což je zásadní pro snížení dopadu na jejich sensorické vlastnosti. Kromě toho kombinace technologií zlepšily bezpečnost potravin a prodloužily jejich trvanlivost. V mé diplomové práci při sensorickém hodnocení nebyl prokázán statistický významný rozdíl mezi kontrolními vzorky česneku a vzorky, skladované se silicemi. Ani při vizuální kontrole vzorku česneku nebyly zaznamenány změny způsobené fytotoxicitou silic. Ale fytotoxicitu silic je nutné brát v úvahu při jejich výběru, zvolení koncentrací a použití, aby během skladování místo ochrany nadošlo k nežadoucím poškozením.

7 Závěr

Uchovávání potravin, jejich kvalita a bezpečnost jsou stále důležitým tématem v potravinářském průmyslu. Využití přírodních materiálů má potenciál zlepšit bezpečnost potravin.

Esenciální oleje mají inhibiční aktivitu proti patogenům v potravinách. Jejich vysoká hydrofobnost a silný vliv na organoleptické vlastnosti potravin jsou však značnou výzvou pro jejich přímé začlenění do potravinových systémů. Enkapsulace těchto olejů tedy může nabídnout možná řešení těchto nedostatků.

Tato diplomová práce potvrdila základní hypotézu, že aplikace vybraných silic inhibuje choroby česneku při skladování. Obojí silice oregano i skořicová kura ukázaly zajímavý potenciál pro využití technologie enkapsulace silic při skladování česneku. Aplikace silic oregana byla účinnější a vedla k většímu snížení výskytu skládkových chorob. Problém s použitím silic byl nalezen při aplikaci bentonitu do reálných vzorků, když při manipulaci se vzorky docházelo k uvolňování části této matrice do prostředí.

Při využití silic oregana a skořice při skladování česneku nedošlo ke změně jeho typických sensorických vlastností jako chuť a vůně. Silice také neměly vliv na výskyt barevných změn na povrchu stroužku ani na změnu dužniny.

Aplikace enkapsulace silic proti výskytu patogenních mikroorganismů při skladování potravin je nedávná technologie v potravinářském průmyslu, proto je zapotřebí další studia pro vyhodnocení jejich účinnosti a nalezení ideální technologie jejich aplikace jak pro průmyslové, tak i pro spotřebitelské skladování, aby minimalizovat výskyt skládkových chorob. Pro dosažení chtěných výsledků je nutný další výzkum v této oblasti.

8 Literatura

Baser HC, Buchbauer G. 2009. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. CRC Press, Boca Raton.

Bayan L, Koulivand PH, Gorji A. Garlic: a review of potential therapeutic effects. *Avicenna J Phytomed.* 2014 Jan;4(1):1-14. PMID: 25050296; PMCID: PMC4103721.

Boskovic M, Djordjevic J, Ivanovic J, Janjic J, Zdravkovic N, Glisic M, Glamoclija N, Baltic B, Djordjevic V, Baltic M. 2017. Inhibition of Salmonella by thyme essential oil and its effect on microbiological and sensory properties of minced pork meat packaged under vacuum and modified atmosphere. *International Journal of Food Microbiology* **258**:58-67.

Csiszár J et al. 2007. Antioxidant enzyme activities in *Allium* species and their cultivars under water stress. *Plant, Soil and Environment* 53:517-523.

El-Saber Batiha G, Magdy Beshbishy A, G. Wasef L, Elewa YHA, A. Al-Sagan A, Abd El-Hack ME, Taha AE, M. Abd-Elhakim Y, Prasad Devkota H. 2020. Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Garlic (*Allium sativum* L.): A Review. *Nutrients* **12**.

Fisher CD, Augustine LM, Maher JM, Nelson DM, Slitt AL, Klaassen CD, Lehman-McKeeman LD, Cherrington NJ. 2007. Induction of Drug-Metabolizing Enzymes by Garlic and Allyl Sulfide Compounds via Activation of Constitutive Androstane Receptor and Nuclear Factor E2-Related Factor 2. *Drug Metabolism and Disposition* **35**:995-1000.

Gálvez L, Palmero D. 2021. Incidence and Etiology of Postharvest Fungal Diseases Associated with Bulb Rot in Garlic (*Allium sativum*) in Spain. *Foods* **10**.

Gálvez L, Urbaniak M, Waśkiewicz A, Stępień Ł, Palmero D. 2017. *Fusarium proliferatum* – Causal agent of garlic bulb rot in Spain: Genetic variability and mycotoxin production. *Food Microbiology* **67**:41-48.

Ji SH, Kim TK, Keum YS, Chun S-C. 2018. The Major Postharvest Disease of Onion and Its Control with Thymol Fumigation During Low-Temperature Storage. *Mycobiology* **46**:242-253.

Josling P. 2001. Preventing the common cold with a garlic supplement: A double-blind, placebo-controlled survey. *Advances in Therapy* **18**:189-193.

Kant R, Kumar A. 2022. Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* **30**.

Khasnavis S, Pahan K. 2014. Cinnamon Treatment Upregulates Neuroprotective Proteins Parkin and DJ-1 and Protects Dopaminergic Neurons in a Mouse Model of Parkinson's Disease. *Journal of Neuroimmune Pharmacology* **9**:569-581.

Llamas DP, Patón LG, Díaz MG, Serna JG, Sáez SB. 2013. The effects of storage duration, temperature and cultivar on the severity of garlic clove rot caused by *Fusarium proliferatum*. *Postharvest Biology and Technology* **78**:34-39.

Ludlow RA, Evans G, Graz M, Marti G, Martínez PC, Rogers HJ, Müller CT. 2022. From laboratory to industrial storage – Translating volatile organic compounds into markers for assessing garlic storage quality. *Postharvest Biology and Technology* **191**.

Madhu B, Mudgal VD, Champawat PS. 2019. Storage of garlic bulbs (*Allium sativum* L.): A review. *Journal of Food Process Engineering* **42**.

Martins N, Petropoulos S, Ferreira ICFR. 2016. Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review. *Food Chemistry* **211**:41-50.

Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V. 2013. Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria. *Pharmaceuticals* **6**:1451-1474.

Netzel ME. 2020. Garlic: Much More Than a Common Spice. *Foods* **9**.

Novotná K. 2022. Využití technologií enkapsulace pro efektivní aplikaci silic proti skládkovým chorobám česneku. Diplomová práce. Praha.

Pisoschi AM, Pop A, Georgescu C, Turcuş V, Olah NK, Mathe E. 2018. An overview of natural antimicrobials role in food. *European Journal of Medicinal Chemistry* **143**:922-935.

R. Preedy V. 2016. *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Department of Nutrition and Dietetics. King's College London, London, UK.

Reis DR, Ambrosi A, Luccio MD. 2022. Encapsulated essential oils: A perspective in food preservation. *Future Foods* **5**.

Reiter J, Borlinghaus J, Dörner P. December 27, 2019. Investigation of the deposition behaviour and antibacterial effectivity of allicin aerosols and vapour using a lung model. *Experimental and Therapeutic Medicine*:1541-1549.

Ribeiro-Santos R, Andrade M, Madella D, Martinazzo AP, de Aquino Garcia Moura L, de Melo NR, Sanches-Silva A. 2017. Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: Cinnamon. **62**:154-169.

Santos AJ et al. 2020. Clay/PVP nanocomposites enriched with *Syzygium aromaticum* essential oil as a safe formulation against *Aedes aegypti* larvae. *Applied Clay Science* **185**.

Shan B, Cai Y-Z, Brooks JD, Corke H. 2007. Antibacterial Properties and Major Bioactive Components of Cinnamon Stick (*Cinnamomum burmannii*): Activity against Foodborne Pathogenic Bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**:5484-5490.

Siegel G, Walter A, Engel G. 2019. Pleiotropic effects of garlic. *Wiener Medizinische Wochenschrift*:8-10.

Targino de Souza Pedrosa G, Pimentel TC, Gavahian M, Lucena de Medeiros L, Pagán R, Magnani M. 2021. The combined effect of essential oils and emerging technologies on food safety and quality. *LWT* **147**.

Tedeschi P et al. 2023. The Effect of Different Storage Conditions on Phytochemical Composition, Shelf-Life, and Bioactive Compounds of Voghiera Garlic PDO. *Antioxidants* **12**.

Tomiotto-Pellissier F et al. 2022. The cytotoxic and anti-leishmanial activity of Oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: An in vitro, in vivo, and in silico study. *Industrial Crops and Products* **187**.

Torun M, Ozdemir F. 2022. Milk protein and zein coatings over peeled garlic cloves to extend their shelf life. *Scientia Horticulturae* **291**.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE: Agricultural Research Service. Available at <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169230/nutrients> (accessed 2023).

Vidyashankar S, Sambaiah K, Srinivasan K. 2009. Dietary garlic and onion reduce the incidence of atherogenic diet-induced cholesterol gallstones in experimental mice. *British Journal of Nutrition* **101**:1621-1629.

Wei C, Wan C, Huang F, Guo T. 2023. Extraction of *Cinnamomum longepaniculatum* deciduous leaves essential oil using solvent-free microwave extraction: Process optimization and quality evaluation. *Oil Crop Science* **8**:7-15.

Wu T-L, Zhang B-Q, Luo X-F, Li A-P, Zhang S-Y, An J-X, Zhang Z-J, Liu Y-Q. 2023. Antifungal efficacy of sixty essential oils and mechanism of oregano essential oil against *Rhizoctonia solani*. *Industrial Crops and Products* **191**.

Zanetti M, Carniel TK, Dalcanton F, dos Anjos RS, Gracher Riella H, de Araújo PHH, de Oliveira D, Antônio Fiori M. 2018. Use of encapsulated natural compounds as antimicrobial additives in food packaging: A brief review. **81**:51-60.

Zewide T, Fininsa C, Sakhuja PK. 2007. Management of white rot (*Sclerotium cepivorum*) of garlic using fungicides in Ethiopia. *Crop Protection* **26**:856-866.

9 Seznam tabulek

Tabulka č. 1. Přehled vzorků česneku.

Tabulka č. 2. Výsledky skladování česneku po 15. týdnech.

Tabulka č. 3. Hodnocení celkové přijatelnosti česneku.

10 Seznam obrázku

Obrázek č. 1. Vzorek česneku v pytlíku s alobalovou vrstvou (A) a v pytlíku bez alobalové vrstvy (B).

Obrázek č. 2. Kontrolní vzorek, skladovaný v pytlíku s alobalovou vrstvou.

Obrázek č. 3. Vzorek 19. Vzorek, skladovaný se silicí skořice v dávce 0,5 g enkapsulované do bentonitu.

Obrázek č. 4. Vzorek 17. Vzorek, skladovaný se silicí oregana v dávce 1g enkapsulované do bentonitu.

11 Seznam grafů

Graf č. 1. Ztráta hmotnosti v %.

Graf č. 2. Výskyt kontaminace a barevné změny v %.

Graf č. 3. Počet prokličených stroužku v %.

Graf č. 4. Ztráty hmotnosti u vybraných vzorků v průběhu skladování.

Graf č. 5. Senzorické hodnocení vzhledu, vůně a chuti.

Příloha 1. Formulář senzoričkého hodnocení 1.

Verbal hedonic scales

Name:.....Health condition.....

Date:.....Hour:.....

Instruktions: Please examine the garlic samples and point out your satisfaction level for the attribute **appearance, aroma** and **overall acceptability of taste**.

Sample no:

Rating scale	APPEARANCE (VISUAL QUALITY)	AROMA	OVERALL ACCEPTABILITY OF TASTE
9. Like Extremely			
8. Like Very Much			
7. Like Moderately			
6. Like Slightly			
5. Neither Like nor Dislike			
4. Dislike Slightly			
3. Dislike Moderately			
2. Dislike Very Much			
1. Dislike Extremely			

If you mark each attribute from 1 to 5, please write what was problem with the attribute:

Appearance (visual quality):.....

Aroma:.....

Overall acceptability of taste:.....

Příloha 2. Formulář senzoričkého hodnocení 2.

Ranking test-Overall acceptability of taste

Name:.....Health condition.....

Date:.....Hour:.....

Instructions: Rank all samples in order of increasing overall acceptability of taste.

Procedure: Sort the of samples from the **rejectable** to the **excellent** and write the code of the samples in the table according to increasing intensity.

Garlic samples

Rank	Sample code
1 (rejectable)	
2	
3	
4	
5	
6 (excellent)	

Příloha 3. Výsledky senzoričkého hodnocení vzhledu, vůně a chuti. (1 (rejectable) - 6 (excellent))

1	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	6	5	8	8	7	8
vůně	8	8	6	8	6	9
chut	8	8	6	7	6	9

2	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	7	8	9	7	6	7
vůně	8	9	9	6	6	6
chut	8	7	8	6	6	7

3	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	8	5	8	7	6	8
vůně	7	7	7	6	6	7
chut	8	7	7	7	6	8

4	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	6	6	7	8	7	7
vůně	9	9	8	6	8	8
chut	7	7	6	7	6	8

5	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	6	3	9	8	6	8
vůně	7	7	7	7	7	7
chut	8	7	8	6	7	9

6	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	8	8	7	6	7	8
vůně	7	8	6	3	6	8
chut	6	8	4	5	6	2

7	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	8	3	8	9	7	9
vůně	7	7	9	6	8	7
chut	4	8	7	6	9	6

8	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	8	8	7	8	8	6
vůně	7	6	7	7	7	6
chut	8	3	6	4	5	7

9	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	7	4	7	7	8	9
vůně	9	9	8	8	7	8
chut	8	8	5	9	8	7

10	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	7	6	9	8	7	7
vůně	5	7	6	5	8	7
chut	5	2	1	7	3	3

11	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	7	2	4	8	4	6
vůně	8	6	5	5	4	5
chut	7	4	3	2	2	3

12	vzorky					
	Kontrola bez alob	Kontrola s alob	P+S (1)	B+S (1)	P+O (1)	B+O (1)
vzhled	8	4	7	7	6	8
vůně	6	6	7	8	4	5
chut	2	6	2	4	2	7

Příloha 4. Testy ANOVA.

**Anova: Single Factor
(Senzorické hodnocení)**

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	12	54	4,5	2,272727
Column 2	12	43	3,583333	2,083333
Column 3	12	39	3,25	3,113636
Column 4	12	36	3	2,909091
Column 5	12	31	2,583333	2,628788
Column 6	12	49	4,083333	3,356061

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	30	5	6	2,2	0,064658	2,353809
Within Groups	180	66	2,727273			

**Anova: Single Factor
(Kontaminace:
kontrola/oregano/skořice)**

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
kontrola	2	111,64	55,82	0,1352
oregano	4	84,45	21,1125	45,66549
skořice	4	131,91	32,9775	198,304

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1606,357	2	803,1787	7,680212	0,017166	4,737414
Within Groups	732,0438	7	104,5777			
Total	2338,401	9				

**Anova: Single Factor
(Kontaminace: kontrola/silice)**

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
---------------	--------------	------------	----------------	-----------------

kontrola	2	111,64	55,82	0,1352
silice	8	216,36	27,045	144,7807

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1324,801	1	1324,801	10,4562	0,011992	5,317655
Within Groups	1013,6	8	126,7			
Total	2338,401	9				

Anova: Single Factor (Kontaminace: dávka 1g/dávka 0,5g)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
1 g	4	116,72	29,18	210,4307
0,5 g	4	99,64	24,91	115,2357

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	36,4658	1	36,4658	0,223946	0,652776	5,987378
Within Groups	976,9992	6	162,8332			
Total	1013,465	7				

Anova: Single Factor (Kontaminace: Piliny/Bentonit)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
piliny	4	120,38	30,095	35,13923
bentonit	4	95,98	23,995	277,8758

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	74,42	1	74,42	0,475504	0,516234	5,987378

Within Groups	939,045	6	156,5075
Total	1013,465	7	

Anova: Single Factor (Barva: oregano/skořice)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
o	4	22,21	5,5525	41,13169
s	4	112,43	28,1075	203,5856

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1017,456	1	1017,456	8,315358	0,027925	5,987378
Within Groups	734,152	6	122,3587			
Total	1751,608	7				

Anova: Single Factor (barva: dávka 1g/dávka 0,5g)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Column 1	4	84,65	21,1625	430,0494
Column 2	4	49,99	12,4975	103,7651

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	150,1645	1	150,1645	0,562609	0,481577	5,987378
Within Groups	1601,444	6	266,9073			
Total	1751,608	7				

Anova: Single Factor (barva: piliny/bentonit)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
p	4	61,1	15,275	69,46297
b	4	73,54	18,385	507,9583

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	19,3442	1	19,3442	0,067002	0,804404	5,987378
Within Groups	1732,264	6	288,7106			
Total	1751,608	7				

Anova: Single Factor (klíčení: oregano/skořice)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
oregani	4	135,27	33,8175	9,931225
skořice	4	105,17	26,2925	42,49483

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	113,2513	1	113,2513	4,320419	0,0829	5,987378
Within Groups	157,2782	6	26,21303			
Total	270,5294	7				

Anova: Single Factor (klíčení: dávka 1g / dávka 0,5g)

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
1 g	4	111,67	27,9175	75,83123
0,5 g	4	128,77	32,1925	2,161492

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between	36,55125	1	36,55125	0,937299	0,370363	5,987378

Groups			
Within Groups	233,9782	6	38,99636
Total	270,5294	7	

**Anova: Single Factor (klíčení:
piliny/bentonit)**

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
piliny	4	120,44	30,11	28,46713
bentonit	4	120	30	61,70127

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,0242	1	0,0242	0,000537	0,982267	5,987378
Within Groups	270,5052	6	45,0842			
Total	270,5294	7				

**Anova: Single Factor
(Hmotnost: kontrola/silice)**

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Kontrola	2	29,13	14,565	24,01245
Silice	8	59,85	7,48125	5,039612

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	80,28722	1	80,28722	10,8332	0,010999	5,317655
Within Groups	59,28974	8	7,411217			
Total	139,577	9				