Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin

Využití silic proti skládkovým chorobám cibule při spotřebitelském skladování

Diplomová práce

Bc. Lucie Hejnalová

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 cibule při spotřebitelském 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 13.4.2023 _____

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu doc. Ing. Pavlu Kloučkovi, Ph.D. za trpělivost, odborné rady, připomínky a čas, který mi věnoval během pozorování a zpracování této práce.

Využití silic proti skládkovým chorobám cibule při spotřebitelském skladování

Souhrn

V této diplomové práci je testována účinnost vybraných silic během spotřebitelského skladování cibulí. Cibule jsou hojně využívanou plodinou nejen v domácnostech. Během skladování cibule je možné narazit na několik překážek, které mohou snížit jak jejich senzorickou jakost, tak ohrozit zdraví konzumentů. Pro spotřebitelské skladování, které má oproti velkým zařízením určeným k uchovávání potravin méně možností pro regulaci teploty, vlhkosti nebo prostoru, by přítomnost silice společně s vhodným obalem mohla být řešením tohoto problému.

V praktické části práce byly použity dva druhy silic – skořice a oregano. Silice byly použity v koncentracích 0,5 g / 2 g nosiče a 1 g/ 2 g nosiče. Jako nosič byl zvolen bentonit a dřevěné piliny. Cibule byly uchovány v pytlích Zembag na brambory a Zembag na ovoce a zeleninu. Účinnost silic byla vyhodnocována na základě pozorování dvou kontrolních skupin bez přítomnosti silic. Pozorován byl především úbytek hmotnosti, hniloba, viditelný výskyt mikrobiální kontaminace, výskyt kořínků a klíčení. Na konci skladovacího pokusu byla provedena senzorická analýza. U některých cibulí byla pozorována hniloba první vnější vrstvy, avšak uvnitř byly cibule bez poškození. Klíčení bylo pozorováno pouze u tří kusů cibulí z celého pozorování. Nejčastějším projevem byl růst kořínků, způsobený umístěním na vlhké buničině za účelem zvýšení vlhkosti prostředí. Kořínky byly pozorovatelé nejvíc u kontrolních skupin, v menší míře i u cibulí s přítomnou silicí. Z hlediska úbytku hmotnosti byla nejúčinnější silice oregana v koncentraci 1 g /2 g nosiče. Z hlediska senzorického byla naopak hodnocena jako nejlepší cibule v přítomnosti 1 g silice skořice.

Klíčová slova: cibule, skladování potravin, přírodní látky, délka skladování, silice, oregano, skořice, obaly

The use of essential oils against posthatvest diseases of onion for consumer storage

Summary

In this diploma thesis, the effectiveness of selected essential oils during consumer storage of onions is tested. Onions are a widely used crop not only in households. During the storage of onions, it is possible to encounter several obstacles that can reduce both their sensory quality and endanger the health of consumers. For consumer storage, which has fewer options for controlling temperature, humidity or space than large food storage facilities, the presence of essential oil together with suitable packaging could be a solution to this problem.

In the practical part of the work, two types of essential oils were used - cinnamon and oregano. Essential oils were used in concentrations of 0.5 g / 2 g carrier and 1 g / 2 g carrier. Bentonite and wood sawdust were chosen as the carrier. Onions were stored in Zembag for potatoes and Zembag for fruits and vegetables. The effectiveness of essential oils was evaluated based on the observation of two control groups without the presence of essential oils. Mainly weight loss, rotting, visible microbial contamination, appearance of roots and germination were observed. At the end of the storage trial, a sensory analysis was performed. Rot of the first outer layer was observed in some bulbs, but the bulbs inside were undamaged. Germination was observed in only three pieces of onions from the whole observation. The most common manifestation was the growth of roots, caused by placement on moist pulp in order to increase the humidity of the environment. Roots were observed most in the control groups, to a lesser extent also in the onions with essential oil present. In terms of weight loss, the most effective essential oil was oregano at a concentration of 1 g/2 g carrier. On the other hand, from a sensory point of view, it was rated as the best onion in the presence of 1 g of cinnamon essential oil.

Keywords: onion, food storage, essencial oils, shelf-life, cinnamon, oregano, packaging, natural substances

Obsah

1 Úvod **7**

2 Cíle práce **8**

3 Literární rešerše **9**

3.1 Silice **9**

3.1.1 Metody získávání silic 9

3.1.2 Chemické složení 9

3.1.3 Testování *in vitro* aktivity silic 10

3.1.4 Působení silic na mikroorganismy 10

3.1.5 Využití v potravinářství 11

3.1.6 Využití v zemědělství 13

3.2 Cibule kuchyňská **14**

3.2.1 Podmínky skladování 14

3.2.2 Metody zpracování pro předcházení mikrobiální kontaminace 16

3.2.3 Využití 17

3.2.4 Antioxidační vlastnosti a obsah flavonoidů 17

3.3 Skořicovník pravý (*Cinnamomum verum*) **18**

3.3.1 Využití silice skořice při konzervace potravin 19

3.4 Dobromysl obecná (*Origanum vulgare*) **20**

3.4.1 3.4.1 Využití silice oregana při konzervace potravin 21

4 Metodika **23**

4.1 Použité chemikálie **23**

4.2 Použité pytle **23**

4.3 Postup experimentu **23**

4.4 Senzorické hodnocení **23**

4.5 Vyhodnocení dat **24**

5 Výsledky **26**

6 Diskuze **38**

7 Závěr **40**

8 Literatura **41**

9 Přílohy **42**

1 Úvod

Cibule kuchyňská (*Allium cepa*) je bezpochyby jednou z nejvyužívanějších zemědělských plodin v domácnostech i potravinářském průmyslu. Zařazením se jedná o cibulovou zeleninu z čeledi amarylkovitých. Využití a pěstování této plodiny bylo známo již v dobách starověku. Dle dat ***Food and Agriulture Organization of the United Nations*** (dále jen FAO) bylo pouze v České republice za rok 2021 vypěstováno přes 52 tisíc tun této plodiny.

Ve světě pak mezi největší světové producenty patří ***Indie*** (26,64 mil. tun), ***Čína*** (24,22 mil. tun) a ***Spojené státy americké*** (3,10 mil. tun).

Problematikou cibule je především její pěstování, které i přes mnoho odrůd probíhá pouze sezónně. Aby bylo možné využít plodiny po celý rok, je nutné jí vhodně uskladnit nebo zpracovat způsobem, který umožňuje plně uchovat jejich senzorické a nutriční vlastnosti. Vhodným krokem může být například sušení, kdy dojde ke snižování vody a zintenzivnění chuti v poměru k množství. Přesto i čerstvou cibuli je možné uskladnit dlouhodobě, vezmeme-li v potaz podmínky a eliminujeme možné choroby, ke kterým je cibule během skladování náchylná (Savitha et al., 2022; Vazquez-Armenta et al., 2015a).

2 Cíle práce

Cílem práce je otestovat účinnosti přídavku silic (skořice, oregano) v pytlích Zembag k cibulím pro prodloužení životnosti během spotřebitelského skladování.

3 Literární rešerše

3.1 Silice

3.1.1 Metody získávání silic

Silice jsou získávány extrakcí z různých částí rostlin včetně plodů, listů, kůry nebo kořenů. K dispozici je několik technik extrakce, které mohou ovlivnit kvalitu a čistotu výsledné silice. Tyto metody je možné rozlišovat na tradiční, například destilaci vodní párou, maceraci nebo přídavek rozpouštědla. U každé ze zvolených metod je nutné brát ohled na efektivitu a výtěžnost, ale také na riziko znehodnocení, například znečištění rezidui rozpouštědla. Vliv má také délka extrakce, teplota a tlak (Masyita et al., 2022).

Kromě klasických, výše zmíněných metod je možné využít i alternativní a pokročilé technologie. Superkritická fluidní extrakce (dále jen SCF) je nejčastěji využívanou metodou vzhledem k nízkým nákladům a snadnému provedení. Klíčová je optimální kombinace teploty a tlaku, která zároveň zajistí vyšší výtěžnost. Další variantou může být mikrovlnná extrakce založená na odlišném způsobu zahřívání. Navíc umožňuje vyšší výtěžnost za kratší časový interval. Nicméně se jedná o méně ekologickou metodu než SCF. Kromě výše popsaných metod mohou být využity i ultrazvukové vlny. Vystavením části rostliny ultrazvukovým vlnám dojde k narušení vnitřní buněčné struktury a tím ke snazšímu uvolnění silic z rostlinných buněk. S metodou ultrazvukových vln je možné se setkat především při extrakci termolabilních či jinak nestabilních silic (Hou et al., 2022).

3.1.2 Chemické složení

Silice, občas nepřesně označované jako esenciální oleje, jsou bezbarvé až barevné, tekuté těkavé složky přirozeně se vyskytující v různých částech rostlin, květů nebo plodů. Chemický profil silic je složen ze dvou až tří dominantních složek, které charakterizují vlastnosti výsledné silice, především jejich antioxidační a biologickou aktivitu. Nicméně i tak je možné nalézt silice, jejichž míra biologické antioxidační aktivity se nepřipisuje přítomným dominantním složkám, ale vzájemnému synergickému efektu mezi jednotlivými složkami (Hou et al., 2022; Khodaei et al., 2021a).

Vlastnosti silic mohou být ovlivněny botanickým a geografickým původem, podmínkami skladování nebo metodami získávání. Přesto znalost chemického složení a vzájemného vlivu jednotlivých složek je důležitá pro využití maximálního potenciálu (Khodaei et al., 2021b).

3.1.3 Testování *in vitro* aktivity silic

Pro prvotní výběr silic a jejich účinnost proti jednotlivým mikroorganismům jsou rozhodující *in vitro* testy. Nicméně není vždy pravidlem, že pokud silice prokáže svou aktivitu *in vitro*, bude působit i *in vivo*. Mezi časté metody testování aktivity silic *in vitro* je možné zařadit diluční metody, agarový difuzní test nebo test v plynné fázi. Každá ze zmíněných metod má své výhody i nevýhody, které je třeba vzít v potaz před provedením testů. Disková difuzní metoda je často používána mezi prvními pro zjištění aktivity zvolené silice. Povrch agaru je inokulován mikroorganismy a papírový disk napuštěný silicí je umístěn přímo na povrch agaru. Účinnost silice je posuzována na základě vzniklé inhibiční zóny, respektive jejího poloměru. Nevýhodou u difuzních metod může být snadné přehlédnutí aktivity, respektive malý poloměr inhibiční zóny, vzhledem k těkavé povaze většiny silic (Husnu Can Baser et Buchbauer, 2010).

Naopak u dilučních metod dochází k přímému přídavku silice do polotekutého média nebo bujónu ještě před kultivací mikroorganismů. U této metody může snadno dojít k ovlivnění stanovení aktivity volbou nevhodného média ale i podmínkami kultivace. Často jsou diluční metody prováděny jako „doplněk“ po provedení difuzních metod (Korona-Glowniak et al., 2020).

Třetí možností je využití difuzní metody v plynné fázi, která naopak využívá těkavou povahu silic. Zároveň nedochází k přímému kontaktu silice s mikroorganismy (Husnu Can Baser et Buchbauer, 2010).

3.1.4 Působení silic na mikroorganismy

Citlivost mikroorganismů na přítomnost specifických silic je způsobena jejich chemickým složením, respektive přítomností jednotlivých složek - terpenů, esterů, etherů, alkoholů atp. Působení silic extrahovaných ze skořápek pistácií bylo testováno na kvasinkách rodu *Candida*. Konkrétně složky *D-limonene* a *3-carene* byly stanoveny jako původci antifungální aktivity (Hou et al., 2022).

V případě antibakteriální aktivity byla zvolena silice extrahovaná z borovice lesní *(Pinus sylvestris)* a následně testovaná na třinácti bakteriálních kmenech – včetně zástupců rodu *Bacillus spp., Micoccocus* spp. a *Klebsiella spp.* (Hou et al., 2022). Potenciál ve svém využití nalezla i silice vavřínu kubébového (*Litsea cubeba*) na *Acinetobacter baumanii*. Vypozorovaný mechanismus působení přítomné silice spočíval v poškození propustnosti buněčné stěny, což vedlo ke ztrátám enzymu alkalická fosfatáza, nukleových kyselin i proteinů důležitých pro život buňky. To vše nakonec vedlo k zániku buňky (Hou et al., 2022).

Z hlediska mikroorganismů souvisejících s kontaminací cibule, kam mohou spadat kmeny *Salmonella spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Staphylococcus spp.* nebo *Escherichia spp.* byla testována aktivita silice pomíšenky srdcolisté (*Baccharis coridifolia*), která se ukázala být účinná proti zástupcům *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus,* avšak ne proti *Escherichia coli* (Freitas et al., 2020; Savitha et al., 2022).

Potenciál ve využití ochranných vlastností proti plísním byl objeven u silic česneku a rozmarýnu, především ve vztahu k *Aspergillus flavus*, který je častým kontaminantem potravin. Během experimentu byla použita silice z perily křovité (*Perilla frutescens*). Růst *A. flavus* byl potlačen přítomností této silice, která zároveň ovlivnila propustnost buněčné membrány, metabolismus aminokyselin a vyvolala oxidativní stres uvnitř buňky vedoucí až ke smrti (Freitas et al., 2020; Savitha et al., 2022).

I přes výše zmíněný výčet studií na konkrétních mikroorganismech je využití silic pro prodloužení doby skladování, především u rostlinných produktů, prozatím nedostatečně popsané.

3.1.5 Využití v potravinářství

Silice v potravinářství jsou využívané již poměrně dlouho avšak jejich plný potenciál pro skladování potravin zatím nebyl zcela objeven. I v běžné kuchyni je možné najít silice v určité podobě, a to jako součást běžně využívaných koření, samozřejmě v mnohem nižších koncentracích než extrahované silice. V této formě mohou hrát významnou roli v ochraně ovoce a zeleniny před patogenními mikroorganismy a jejich toxiny. Extrahované silice současně využívané v potravinářství musí být na seznamu látek, které mají tzv. GRAS status, tedy že byly shledány bezpečné pro využití. Některé ze silic byly dokonce přijaty Evropskou komisí jako přípustná aditiva – například silice česneku, tymiánu, vanilin, karvon, eugenol, linalool, citral nebo limonen (Chen et al., 2021).

Mikrobiální kažení čerstvého ovoce a zeleniny je problematické při skladování. Bez využití konzervačních kroků – mražení, sušení, tepelné opracování atd. je obtížné udržet ovoce a zeleninu čerstvé déle než několik dní, až na pár výjimek. Potvrzen byl efekt přítomnosti silic jako prevence proti *Botrytis cinerea*. Česnek a rozmarýn naopak působily proti *A. niger* (Li et al., 2022). Inhibiční účinky silic se ukázaly daleko účinnější při testech *in vitro*. U jiných výzkumů, zabývajících se nejen účinkem jedné silice bylo zjištěno, že kombinace silic je podstatná pro dosažení celkového prodloužení skladování – není důležitý účinek jen proti mikroorganismům, ale i prodloužení doby skladování, které spočívá v přeměně nebo rozkladu metabolitů samotné plodiny, které vznikají po sklizni (Li et al., 2022).

Efektivita jednotlivých silic, ale i jejich vzájemný synergetický efekt při využití více než jedné, zůstává zatím ve fázi objevování. Jejich použité množství musí být přesně definované, vzhledem k vlivu na senzorické i organoleptické vlastnosti potravin a zároveň nesmí být škodlivé pro konzumenta (Li et al., 2022).

Již zmíněné silice z vybraného koření našly využití i při konzervaci živočišných produktů, konkrétně na rybách, ohrožených především kontaminací bakteriemi rodu *Vibrionaceae spp.* i *Pseudomonas spp.*, které dokážou přežít chladírenské podmínky skladování (Kačániová et al., 2017).

Výše zmíněné využití silic, ač pozitivně ovlivňující životnost potravin, je současně především doplňkem k běžným konzervačním metodám, například ve spojení s modifikovanou atmosférou nebo vakuovým balením. Úspěch byl pozorován během experimentu s mletým kuřecím masem, které bylo inokulováno mikroorganismy rodu *Pseudomonas* spp. a *Enterobacteriaceae spp.* a bakteriemi mléčného kvašení (Mastromatteo et al., 2009). Přídavek thymolu a karvakrolu v kombinaci s modifikovanou atmosférou (40 % CO_2, 30 % O_2, 30 % N_2) vykazoval nejen snížení množství bakterií rodu *Enteriobacteriaceae spp.*, ale také synergetický efekt přítomné silice a modifikované atmosféry v balení oproti použití pouze jedné metody. Stejný případ byl pozorován při konzervaci pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) s vyžitím přídavku eugenolu a vakua (Dimitrijević et al., 2019). Vzájemné působení obou metod dokázalo potlačit růst populace *Listerie monocytogenes* a udržet rybu čerstvou po dobu 20 dní. Obdobný synergetický efekt byl pozorován také se silicí česneku na krájené zelenině pak choi, kdy kromě prodloužení doby skladování došlo k potlačení hnědnutí a zachování čerstvosti na vysoké úrovni (Chen et al., 2021; Mastromatteo et al., 2009).

Stejně tak byla testována i součinnost použití silic v kombinaci s chladírenským a mrazírenským řetězcem. Pozitivní výsledek byl shledán u vzorků ryb za použití teploty 2 °C a směsi silic (citralu, karvakrolu, thymolu a eugenolu) při 1 % koncentraci každé z nich (Smyth et al., 2018). Vakuově balené kuřecí párky s přídavkem česnekové silice za mrazírenského skladování při - 18 °C oproti kontrolní skupině bez silice vykazovaly mnohem pomalejší změny obsahu vody, TBARS hodnoty, přítomných mikroorganismů i pH (He et al., 2019).

Rostlinné produkty, konkrétně semena tolice vojtěšky (*Medicago sativa*) byly ochráněny před kontaminací bakteriemi rodu *Salmonella spp.* přídavkem cinnamaldehydu a thymolu. Semena rýže byla účinně ošetřena 0,75 µl. g^{-1} karvakrolu proti *Bacillus cereus*. V ovocných šťávách byl prokazatelný účinek ochrany proti některým mikroorganismům přídavkem silice z citronové trávy (Falleh et al., 2020).

V podobě teplého proudu vzduchu byly silice oregana, skořice, česneku a citronové trávy aplikovány na jablka za účelem prodloužení doby skladovatelnosti a ochrany před plísněmi. Prokázaný byl účinek primárně proti *Penicillium spp*., ale byla zjištěna i nutnost použití menšího množství silice při aplikaci teplým proudem vzduchu než pouhou aplikací silice na jablka (Frankova et al., 2016).

Oproti tomu během experimentu v mléce byla využita silice tymiánu, která nejen že ochránila potravinu před růstem grampozitivních bakterií, ale také znatelně vylepšila organoleptické vlastnosti. Ke stejnému výsledku dospěl i experiment za přídavku silic skořice, česneku a tymiánu na sýr se sníženým obsahem tuku. Pozorovaná byla redukce *Salmonelly enteritidis*, nicméně vlivem přídavku silic došlo k nežádoucí změně vlastností sýru. Ve vztahu k mléčným výrobkům obecně může být na základě antibakteriálních vlastností považována za nejúčinnější silice česneku a oregana. Za nejméně účinnou je považován citral (Falleh et al., 2020).

Kontrastem vzhledem k výše zmíněným úspěchům při skladování byl vliv přídavku silic česneku, levandule nebo jasmínu, které se prokázaly být potenciálně zdraví ohrožující. Její pravidelná konzumace byla shledána jako spouštěč alergické reakce pro citlivější jedince. Dalším problémem z hlediska zdraví konzumenta je dávkování, které na rozdíl od běžných aditiv není legislativně omezeno povoleným množstvím, a tak není oficiálně stanoveno žádné doporučené denní množství. I tak je ale pro všechny povolené silice stanovena hodnota LD_{50}, která by měla vypovídat o vhodnosti využití v potravinářství, tj. čím vyšší hodnota, tím vhodnější. Pro silici tymiánu byla LD_{50} *5,94 g/kg*. Nejnižší hodnota byla stanovena pro buldovník vonný (43,18 mg/kg) a nejvyšší pro oslizák líbezný (23,66 g/kg) (Falleh et al., 2020; Sartori Tamburlin et al., 2021).

3.1.6 Využití v zemědělství

V reakci na rostoucí poptávku po udržitelném zemědělství začaly být silice využívány i v tomto sektoru. Výzkum se zaměřil na vlastnosti rostliny *Aniba canelilla*, respektive její silici, která prokázala potenciál coby možný bioherbicid. Schopnost inhibovat klíčení semen byla otestována na zástupcích divokých travin v Brazílii. Extrahovaná silice prokázala schopnost inhibice klíčení u 90 % testovaných semen při koncentraci pouhých 0,05 % a 100 % inhibici při koncentracích 0,1 %. Hlavní složkou silice, jež jsou připisovány právě tyto vlastnosti, je 1- nitro-2-fenyletan (Maldaner et al., 2022).

Dalším příkladem může být využití *Caphalotaxus sinensis*, rostliny běžně využívané v Číně v lidovém lékařství. Rostlina, respektive její alkaloidy, projevily účinek proti viru tabákové mozaiky. Zároveň silice z *C. sinensis* jevila insekticidní vlastnosti proti *Megoura japonica*,

Plutella xylostella a *Siophilus zeamais*. Efektivita při koncentraci silice z *C. sinensis* 0,25 % během 7denního působení proti *M. japonica* byla vyšší než 85 % (Ma et al., 2020).

Za zmínku stojí i využití silic zástupců rodu *Eukalyptus*, se kterými se je možné běžně se setkat, ať už v potravinářství, jako součást kosmetických produktů nebo jeho využití v lidovém lékařství. Prokázány jsou antimikrobiální, fungicidní, insekticidní nebo repelentní účinky. Důležitými složkami silice kromě majoritně zastoupeného eukalyptolu jsou sloučeniny jako citronellal, p-cymen, limonen, linalool, α-pinen a spousta dalších, které jsou zodpovědné za charakteristické vlastnosti eukalyptové silice. Vliv silic různých zástupců druhu *Eucalyptus spp*. na mikroorganismy jsou uvedeny v **Tabulce 1** (Batish et al., 2008).

Tabulka 1 Zástupci rodu Eukalyptus a jejich účinky na mikroorganismy dle (Batish et al., 2008)

Účinná silice s insekticidními/ herbicidními vlastnostmi	**Rizikové mikroorganismy**
E. camaldulensis	*Penicillium digitatum, Fusarium moniliforme*
E. citriodora	*Helminthosporium oryzae, Rhyzoctonia solani , Aspergillus sp., Penicillium sp., Fusarium sp., Mucor sp., Botrytis cinerea, Candida sp.,*
E. dives	G+ a G- bakterie, *Saccharomyces cerevisiae*
E. globulus	*Escherichia coli*
E. robusta	*S. aureus, E. coli, Candida albicans*
E. tereticornis	*S. aureus, B. cereus, E. coli, Micrococcus luteus*
Eucalyptus grandis	*Fusarium oxysporum*
Eucalyptus spp.	*spory Clostridium botulinum, B. cereus*

3.2 Cibule kuchyňská

Cibule (*Allium cepa*) je potravinou používanou nejen v domácnostech pro své charakteristické vlastnosti. Její typická vůně a chuť jsou připisovány přítomnosti sirných sloučenin (Vazquez-Armenta et al., 2015b).

3.2.1 Podmínky skladování

Podmínky uskladnění cibule jsou klíčové pro udržení jejích vlastností po co nejdelší dobu. Cibule obsahuje látky jako jsou flavonoidy a antokyany, které mohou být právě těmito

podmínkami negativně ovlivněny. Významné zastoupení zde má primárně kvercetin a jeho deriváty. V cibuli se vyskytuje až 5krát vyšší množství flavonolů než v brokolici nebo jablku. Nad uskladněním cibule je nutné přemýšlet už v moment sklizně, kdy je cibule nejnáchylnější. Ihned po sklizni je cibule rozprostřena pro sušení, aby se odstranila přebytečná vlhkost z vnějších vrstev. Doporučovaný rozsah teplot je 20 – 30 °C po dobu 9 dní až 6 týdnů v závislosti na klimatických podmínkách dané oblasti. Ve vlhčích podnebích, kam patří například Dánsko, probíhá sušení při 20 °C pro konvenční a 35 °C pro bio po dobu dvou týdnů (Mandake et al., 2022). Sušení bio produktů probíhá v několika fázích trvajících v řádu dnů – nejprve několik dní při teplotě 20 °C, následované prudkým zvýšením na 35 °C, dalším snížením na 20 °C, a nakonec pomalým snižováním na 0 – 5 °C po dobu několika týdnů (Islam et al., 2019; Mandake et al., 2022).

Přibližně 30 – 60 % sklizených cibulí podlehne kažení v důsledku příliš vysoké vlhkosti po sklizni. Dle dostupných studií je optimum pro skladování cibule 5 °C a relativní vlhkost 65 % až 75 %. Dodržení podmínek by mělo udržet kvalitu, zabránit hnilobě a klíčení, které je důsledkem úbytku hmotnosti během skladování (Mandake et al., 2022).

Během posklizňového skladování jsou cibule často náchylné k výskytu černé, modré nebo šedé plísně. Vzácný není ani výskyt různých druhů hniloby, která je často způsobena zástupci rodu *Botrytis spp*. (Ji et al., 2018).

Dle experimentu Islam et al., (2019) během skladování při teplotě 4 °C vyklíčila téměř polovina cibulí během 232 dní kdežto při pokojové teplotě začaly cibule klíčit již po 29 dnech. Během stejné studie byl prokázán i vztah mezi teplotou sušení a relativní vlhkostí.

Ve studii Ren et al., 2020 bylo v rámci experimentu provedeno kontrolované skladování, kdy po dobu 5 měsíců při teplotě 30 °C byl pozorován úbytek kvercetinu až o 50 %. Naopak nebyl pozorován znatelný úbytek při skladování v modifikované atmosféře (4 °C, 1 % O_2, 99 % N_2). Pozorovaný efekt skladování při vyšší teplotě ukázal tendenci vyšší akumulace ethylenu, což vedlo k stimulaci enzymu phenylalanin ammoné lyasy (PAL). Zvýšená aktivita PAL může vést k biosyntéze fenolických sloučenin, které jsou pro konzumenty nežádoucí.

Cibule může být také skladována při teplotách pod bodem mrazu, které zpomalí probíhající chemické a enzymatické procesy, a zároveň prodlužují skladovatelnost. Pozorovaný vliv mrazírenského skladování naznačoval, že dlouhodobé skladování ve vzduchotěsných nádobách může inaktivovat konkrétní enzymy podporující vznik ethylenu, což by vedlo ke stabilizaci přítomných flavonoidů. Nezanedbatelný vliv má i zpracování cibule. Žádoucí je minimální zpracování, procesy krájení, sušení a ostatní znamenají ztráty, nemluvě o vlivu na dostupnost a aktivitu bioaktivních látek. Například krájení může vést ke ztrátě až 39 % přítomných

flavonoidů. Během 5 hodin macerace cibule byly pozorovány ztráty flavonoidů 10 – 17,7 % (Ren et al., 2020).

Z hlediska balení cibule, především již oloupané a nakrájené, byly pozorovány vlivy podmínek skladování na přítomné flavonoidy. Vliv měl také výběr balení – řízená atmosféra a normální atmosféra. Z kombinací jednotlivých plynů v různých koncentracích v kontrolované atmosféře: 5 % CO_2 + 5 % O_2 / 5 % CO_2 + 2 % O_2 / 2 % CO_2 + 5 % O_2 / 2 % CO_2 + 2 % O_2 byl pozorován nejlepší efekt na přítomné flavonoidy s kombinací 5 % CO_2 + 5 % O_2 (Ren et al., 2020).

3.2.2 Metody zpracování pro předcházení mikrobiální kontaminace

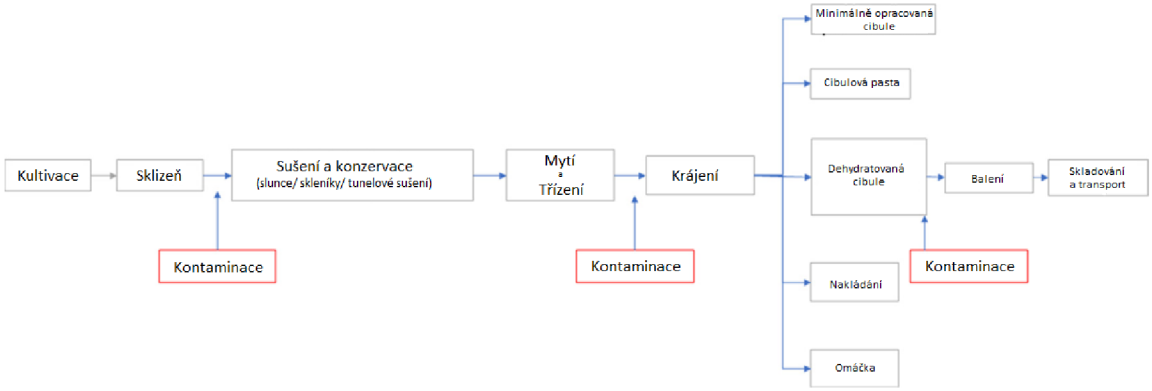
Důležitým krokem pro využití plodin obecně je ochrana před kontaminací, avšak ne vždy je kontaminace viditelná pouhým okem. Během jedné ze studií byl proveden experiment s cílem nalezení indikátoru kažení. Testovány byly nanočástice stříbra, které reagují na vznik konkrétních sirných sloučenin, které jsou zodpovědné za kažení a mají potenciál pro další využití při indikaci čerstvosti (Sachdev et al., 2016).

K velkým ztrátám, pomineme-li posklizňové období, dochází z důvodu špatného skladování. Jedním z kroků předcházení kažení je sušení, které odstraní z cibule až 80% přítomné vody. Výsledná aktivita vody se dostane na hodnoty 0,29 – 0,65, zatímco pro růst bakterií a plísní je potřeba alespoň 0,77. Stejně jako ostatní suché koření je i cibulový prášek vystaven riziku kontaminace sporami plísní, které jsou schopné přežít při aktivitě vody až do 0,61. Některé mikrobiální spory, které tvoří rody *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* nebo *Candida spp.* mohou přežít aktivitu vody nižší než 0,60 a přetrvat v potravině po celou dobu skladování, dokud nebude k dispozici dostatek vlhkosti. Dalšími kontaminanty během skladování i zpracování mohou být rody *Salmonella spp*, *Staphylococcus spp*, *Pseudomonas spp* nebo *E. coli* (Savitha et al., 2022).

Odpovědí na kontaminaci by mohlo být využití eliminačních metod, například zvýšení teploty, které by však mohlo negativně ovlivnit produkt, primárně ztrátu termolabilních složek. Zároveň byly testovány metody vystavení infračervenému záření a ozonu, které byly shledány potenciálně využitelnými pro další použití i vzhledem k finanční náročnosti (Savitha et al., 2022).

Během experimentu Memon et al., 2020 bylo testováno ozáření a přídavek benzoanu sodného v různých koncentracích a vzájemných kombinacích na krájenou cibuli. Cibule byla pozorována po dobu 16 dní při teplotě 5 °C. Nejúčinnější kombinací vzhledem k vlivu na barvu,

chuť a texturu cibule se projevila metoda namočení v 0,1 % roztoku benzoanu sodného s následným ozářením o síle 1 kGy.



Obrázek 1 *Kritické kontrolní body zpracování cibule dle* Savitha et al., 2022

3.2.3 Využití

Cibuli jsou dlouhodobě přisuzovány vlastnosti pro léčení a prevenci infekčních onemocnění, především v tradiční a lidové medicíně. Ve zvěrolékařství je cibule, respektive její extrakt součástí patentovaného léčiva proti ploštěncům. Z hlediska lidské medicíny se patentovanou léčivou metodou stala konzumace dehydratované cibule pro prevenci infekčních onemocnění. Dokonce během několika *in vitro* i *in vivo* studií byly objeveny její neuroprotektivní a antimikrobiální vlastnosti včetně schopnosti ovlivňovat glykémii, vysoký tlak nebo obezitu (Kumar et al., 2022).

Silici cibule je možné získat běžnou destilací. 1 g této silice je chutí a vůní roven 4,4 kg čerstvé cibule nebo 500 g cibulového prášku. Hlavními formami cibule využívané v potravinářství jsou cibulový prášek, cibulová sůl, enkapsulované silice a oleoresiny. Cibulová silice našla využití jako aditivum pro zlepšení senzorických, antioxidačních a mikrobiologických vlastností. (Vazquez-Armenta et al., 2015b).

3.2.4 Antioxidační vlastnosti a obsah flavonoidů

Již v předchozích kapitolách byly zmíněny významné vlastnosti cibule využívané v tradiční a lidové medicíně. Z hlediska těchto vlastností byl zkoumán vztah mezi jednotlivými vrstvami v cibulové bulvě. Během zpracování bývá odstraněna primárně nejsvrchnější vrstva, která pro potravinářské zpracování již nemá další využití. Přesto z hlediska obsahu fenolických sloučenin by mohla předčít koncentrace v samotné bulvě. Nejsvrchnější vrstva je jako jediná vystavena

slunečnímu záření, které vyvolá vyšší produkci flavonoidů, které mají schopnost chránit cibuli před UV zářením (Osojnik Črnivec et al., 2021).

V EU je vyprodukováno přes 450 tisíc tun zbytkového odpadu po zpracování cibule s potenciálem pro další využití. V potravinářství by to mohlo být například pro fortifikaci potravin antioxidanty. Nejvyšší zastoupení v cibulové slupce mají flavonoidy kvercetin a kemferol. Kvercetinu byly prokázány antikarcinogenní účinky stejně tak jako antioxidační a protizánětlivé vlastnosti. Během experimentu porovnávajícího koncentrace kvercetinu získaného extrakcí v alkoholu z bulvy a odpadních částí získaných během zpracování (tj. svrchní vrstva, listy, odřez s kořeny) byl rozdíl u odpadních částí až o dva řády vyšší než v samotné bulvě. Ziskovost kvercetinu byla v rozmezí 200 – 400 mg kvercetinu / kg sušiny, zatímco u extraktů z bulvy byla ziskovost pouhých 5 – 40 mg/ kg sušiny. Přítomnost kvercetinu byla stanovena v červené a žluté cibuli a šalotce. V bílé cibuli přítomnost kvercetinu nebyla detekována (Osojnik Črnivec et al., 2021).

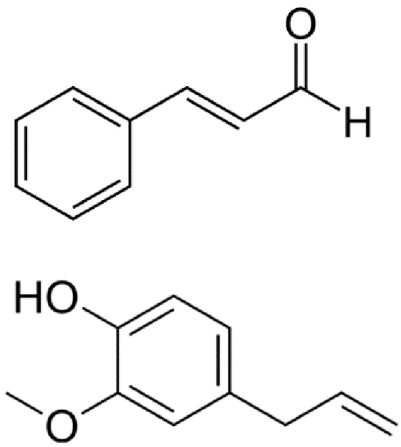
Kromě obsahu kvercetinu byly prokázány cibuli i protihnědnoucí účinky. Klíčová je inhibice enzymu polyfenol oxidasy, za kterou jsou zodpovědné sirné sloučeniny o nízké molekulové hmotnosti. Například zahřátý extrakt z cibule byl účinný v prevenci hnědnutí hrušek a banánů (Roldán et al., 2008).

3.3 Skořicovník pravý (*Cinnamomum verum*)

Skořice je získávána z vnitřní strany kůry keře skořicovníku pravého (*Cinnamomum verum*), skořicovníku čínského (*Cinnamomum cassia*) a dalších zástupců rodu *Cinnamomum sp*. Své využití nachází primárně díky charakteristickému aroma skořicové silice. Z chemického hlediska se jedná primárně o cinnamaldehyd a eugenol, které tvoří majoritní profil skořicové silice (Guan et al., 2023).

Obsah eugenolu nebo cinnamaldehydu v silici je ovlivněn volbo části rostliny, ze které je získána. Zatímco silice z listů skořicovníku je především bohatá na eugenol (až 90 %), kůra je zase bohatá na cinnamaldehyd (až 80 %). Obě složky silice mají také jiný účinek působení proti mikroorganismům. Zatímco cinnamaldehyd inhibuje buněčné dělení a narušuje buněčnou membránu, eugenol působí jako antimikrobiální agent a proniká do cytoplazmatické membrány (Brnawi et al., 2019)

Chemickou strukturu dvou hlavních složek znázorňuje **Obrázek 2**.



Obrázek 2 Chemická struktura cinnamaldehydu (nahoře) a eugenolu (dole)

3.3.1 Využití silice skořice při konzervace potravin

Již dříve rozebíraná snaha o upřednostňování udržitelnějších a přírodních látek v zemědělství ale i v potravinářství umožňuje využívání antioxidačních a antimikrobiálních vlastnosti této silice jako doplněk k běžným anabiotickým metodám konzervace potravin, které nemusí být vždy dostatečné. Není neobvyklé, že jsou zástupci rodů *Salmonella spp*. nebo *Listeria spp*. často detekováni v chlazeních potravinách. Během experimentu byla silice využita na mleté vepřové maso v koncentracích 0,1 – 1,0 % při chladírenské teplotě a při teplotě 37 °C. Nezanedbatelný vliv byl pozorován v koncentracích silice od 0,5 %, kdy při teplotě 37 °C došlo k úbytku *L. monocytogenes* až o 2,42 log KTJ/ml. Tato účinnost je připisována chemické sktruktuře cinnamaldehydu, jehož benzenové jádro je snadno adsorbováno buněčnou stěnou bakterií a tím naruší jejich metabolismus. Tato funkce je nicméně ovlivněna teplotou, difuze do bakteriální buňky má lepší účinek s vyšší teplotou. Naopak nižší teplota tuto schopnost snižuje a může vzniknout rezistence těchto patogenů vůči antibakteriálním vlastnostem silice. Vzhledem k silnému aromatu může silice snadno ovlivňovat senzorické vlastnosti potraviny na níž je aplikována. U mletého vepřového masa byly vzorky s koncentracemi 0,5 % a 1 % hodnoceny pouze jako přijatelné oproti nižším koncentracím, na druhou stranu barva masa a konzistence byly nejlépe hodnoceny při nejvyšší použité koncentrace, tj. 1 % (Guan et al., 2023).

Naopak další studie provádějící experiment na mořských rybách a plodech s využitím skořicové silice, tymiánu a rozmarýnu proti *L. monocytogenes* v koncentracích 0,4 %, 0,8 % a 1,2 % jako nejúčinnější silici stanovila tymián. Silice skořice se naopak ukázala být účinná proti rodu *Pseudomonas spp*. Tato účinnost byla umocněna přeměnou silice na nanoemulzi (Kačániová et al., 2017).

Tabulka 2 *Použité koncentrace s prokázaným účinkem na určité druhy mikroorganismů dle* Jackson-Davis et al., 2023

Koncentrace	Mikroorganismus
0,05 %	*Listeria monocytogenes*
2000 ml/L	*Aspergillus flavus*
0,1 %, 0,3 %, 0,5 %	*Salmonella enterica*

Dalším způsobem využití je vytvoření polymerních filmů napuštěných silicí a oxidem titaničitým pro konzervaci mléčných výrobků, konkrétně tvrdých sýrů. V případě tohoto experimentu byl nejúčinnější film o složení PBA-PBAT-TiO2-7% silice. V tomto složení filmu došlo k nejnižšímu úbytku hmotnosti a zároveň potlačení aktivity *E.coli* po dobu 12 dní (Sharma et al., 2023).

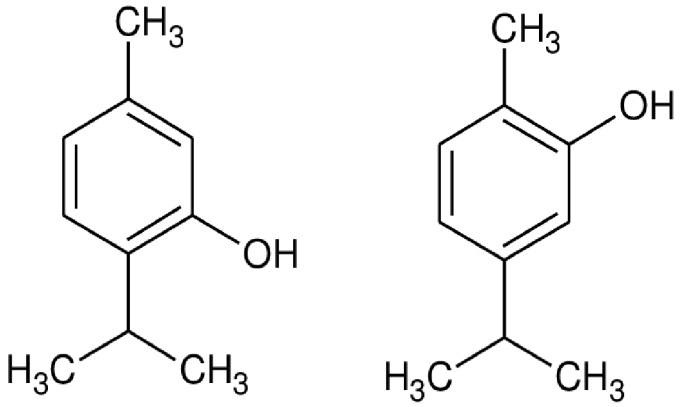
A. Flavus jako častý kontaminant potravin byl vystaven celkem 15 silicím, včetně silice skořice. V tomto případě byl jako hlavní účinná látka identifikován eugenol, který je druhou nejvíce zastoupenou složkou ve skořicové silici (Achar et al., 2020).

V jiné studii byl zase vytvořen roztok skořicové silice ve fosfátovém pufru. Principem experimentu bylo pozorovat množství přítomných kolonií *S. enterica* po namáčení listů salátu a špenátu v roztok pufru. Výsledkem bylo viditelné snížení kolonií na listech namočených v roztoku silice a pufru (Todd et al., 2013).

V neposlední řadě byl proveden i experiment odlišného vlivu na *L. monocytogenes* a *Salmonella typhimurium* na celeru s využitím silice získané z kůry a listů skořicovníku. Proti růstu obou mikroorganismů byla pozorována vyšší účinnost při použití skořicové silice z kůry, která na rozdíl od listů obsahuje 50 – 80 % cinnamaldehydu, který má prokázaný účinek proti rodům *Salmonela spp*. a *Literia spp*. (Brnawi et al., 2019). Koncentrace silice pro výše zmíněné experimenty jsou uvedeny v **Tabulce 2**.

3.4 Dobromysl obecná (*Origanum vulgare*)

Thymol a karvakrol jsou majoritními sloučeninami obsaženými v silici oregana. Jejich chemická struktura je zobrazena na **Obrázku 3**.



Obrázek 3 Chemická struktura thymolu (vlevo) a karvakrolu (vpravo)

Stejně jako ostatní silice mají i tyto dvě složky prokázané antioxidační vlastnosti, jejichž princip spočívá v redukci oxidačního stresu vychytáváním volných radikálů a poskytnutím elektronů. Díky lepšímu prostorovému uspořádání má thymol efektivnější antioxidační vlastnosti než karvakrol.

3.4.1 3.4.1 Využití silice oregana při konzervace potravin

Během několika experimentů zaměřených na antioxidační vlastnosti byly jednotlivé složky testovány samostatně i ve směsi. Výsledná směs, tvořená kombinací thymolu i karvakrolu, si zachovala požadované vlastnosti i po jednom měsíci skladování. Thymol i karvakrol mají prokázané účinky na mikroorganismy při narušování buněčných membrán, inhibici mikrobiálních ATPas a jejich motility. Takového působení jsou schopné obě sloučeniny jednotlivě, avšak jejich společné působení je synergické (Rathod et al., 2021).

Jednou z možností aplikace karvakrolu a thymolu v potravinářství je prostřednictvím aktivního balení, tedy jako součást filmu ze syntetických polymerů, škrobů nebo polymléčné kyseliny. Rychlost silice uvolňované z obalu do potraviny je závislá nejen na teplotě, ale i na samotné potravině. Využití thymolu i karvakrolu v dalších experimentech je shrnuto v **Tabulce 3** (Rathod et al., 2021).

Tabulka 3 *Shrnutí experimentů za využití silice oregana dle* Rathod et al., 2021

Použitá složka silice	Potravina	Způsob aplikace	Výsledek experimentu
thymol, karvakrol, kombinace	hummus inokulovaný *E.coli*	aktivní film	*thymol* - bez výsledku, *karvakrol* -střední inhibice, *kombinace* - úplná inhibice

thymol, karvakrol	zrna kukuřice inokulovaná *A. flavus*	páry	*thymo*l - bez výsledku, *karvakrol* - inhibice růstu po dobu jednoho dne
thymol, karvakrol	mango a papája inoklované *Colletotrichum gleosporiodes*	přímý přídavek	v obou případech došlo ke změně barvy a konzistence ovoce, snížení indexu zrání během skladování, inhibice růstu

Během jiného experimentu byla použita silice oregana na rajčata, která byla skladována v chladu po dobu 45 dní. Při skladování byl pozorován synergetický efekt nízké teploty a zvolené silice oproti druhé pozorované skupině, která byla bez pozitivního výsledku skladovaná pouze po dobu 12 dní při teplotě 25 °C (AA Ibrahim, 2014).

Tabulka 4 *Koncentrace použité oreganové skořice a její účinky dle provedených studií*

Koncentrace	**Mikroorganismus**	**Pozorovaný účinek**
100 – 2000 ml/L	*Fusarium, spp Aspergillus niger, Penicillium spp.,*	Při inokulaci rajčete různými koncentracemi nebyl pozorován růst MO při teplotě 5 °C(AA Ibrahim, 2014)
200 ml/L	*Aspergillus flavus*	Totální inhibice růstu *A. flavus* na rajském protlaku (Omidbeygi et al., 2007)
5200 – 6400 mg/L	*Shigella sonnei*	Přítomnost silice snížila množství přítomných kolonií *S. sonnei* na čerstvých listech koriandru, petržele a špenátu (Orue et al., 2013)
0,6 ml/L	*Listeria monocytogenes*	Byl pozorován snížený počet pozorovaných kolonií na čerstvé listové zelenině (Barbosa et al., 2021)

4 Metodika

4.1 Použité chemikálie

Silice:

- **Skořicová:** 73,1 % cinnamaldehyd, 5 % limonen, 5 % linalol, 3,7 % cynnamyl acetát, 3,5 % eugenol (Biomedica spol. s.r.o., Praha, CZ)
- **Oreganová:** 64,5 %, karvakrol, 5,2 % p-cymen, 2,9 % tymol (Biomedica spol. s.r.o., Praha, CZ)

4.2 Použité pytle

Zembag na brambory:

Vnější vrstva: juta (přírodní pytlovina, gramáž 365 g/m2), kortexin, 100 % bavlna

Vnitřní vrstva: netkaná textilie, PE - ALU folie

Zembag na ovoce a zeleninu: juta (přírodní pytlovina, gramáž 365 g/m2), kortexin, 100 % bavlna

4.3 Postup experimentu

Vážení cibule probíhalo v týdenních intervalech pod dobu 17 týdnů. V každém pytli byly cibule v rozmezí 800 – 850 g. Zaznamenána byla hmotnost i vlhkost cibule. Cibule s přídavkem silice byly skladovány v pytli Zembag na brambory (24 pytlů), dále byla kontrolní skupina bez přídavku silice (3 pytle) v Zembagu na brambory a kontrolní skupina v Zembagu na ovoce a zeleninu. Cibule byly skladovány v přítomnosti silice ze skořice a oregana v koncentracích 0,5 g a 1 g silice na 2 g nosiče. Jako nosič byl zvolen bentonit a dřevěné piliny. Každý kombinace zvolené koncentrace a nosiče byla provedena ve třech opakováních.

Vzhledem k příliš nízké vlhkosti ve skladovacích prostorech byl od 8. týdne pozorování každý pytel zvlhčován přídavkem 15 ml destilované vody, kterou byla navlhčena buničina na dně pytle.

4.4 Senzorické hodnocení

Vybrané vzorky cibulí byly hodnoceny senzorickým panelem čítajícím 11 zkušených hodnotitelů. Vybrány byly vzorky s vyšší koncentrací obou silic a vzorky z kontrolních skupin. Celkem bylo hodnoceno 6 vzorků. Cílem bylo zjistit přijatelnost vzorků během konzumace

a případný vliv přítomnosti silice na vzorky cibulí. Hodnocení proběhlo v senzorické laboratoři v oddělených kójích pro každého z hodnotitelů. Hodnotitelům byly předloženy vzorky s číselným kódem. Před začátkem hodnocení byl panel řádně proškolen. Jako neutralizátor chuti byla použita pitná neperlivá voda, suché pečivo a polotučné mléko.

Parametry pro hodnocení byly především hédonické, hodnocena byla celková přijatelnost chuti, vizuální přijatelnost a aroma. Současně byla provedena i pořadová zkouška. Stupnici pro hodnocení znázorňuje **Tabulka 5**.

Tabulka 5 *Stupnice pro senzorické hodnocení*

Bodová stupnice pro senzorické hodnocení					
1	Vynikající	**4**	Spíše vyhovující	**7**	Špatné
2	Velmi dobré	**5**	Ani dobré ani špatné	**8**	Velmi špatné
3	Dobré	**6**	Spíše nevyhovující	**9**	Odporné

Během pořadové zkoušky panel hodnotitelů seřadil vzorky podle preference od výborných až po nepřijatelné. Udělená pořadí pro jednotlivé vzorky byla sečtena a na základě prostupů pro senzorickou analýzu potravin vyhodnocena.

4.5 Vyhodnocení dat

Ztráty hmotností byly vyhodnoceny v programu excel a Statistica 13 na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$. Pro vyhodnocení statistických rozdílů mezi jednotlivými koncentracemi silic, úbytkem hmotnosti a zvolenými nosiči byl proveden dvouvýběrový t-test (vše na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$).

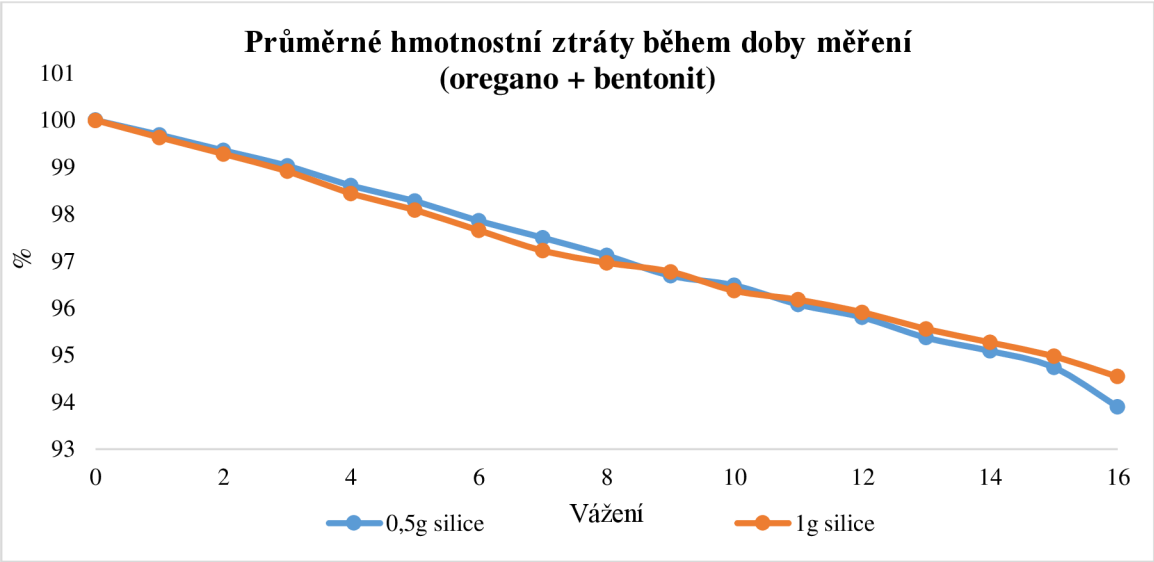
Kromě hmotnosti byl hodnocen i finální vzhled cibulí po sloupnutí na první tvrdou vrstvu a v průřezu. Bodová stupnice platná pro vnější i vnitřní hodnocení je včetně parametrů popsána v **Tabulce 6**. Vzhledem k polovičnímu množství cibulí z kontrolních skupin oproti skupinám s přítomností silice, byly součty bodů udělené cibulím v kontrolních skupinách zdvojnásobeny.

Tabulka 6 *Charakteristiky hodnocení cibulí před a po rozkrojení*

Charakteristiky hodnocení		
Výborné	**0 bodů**	výborný stav, bez známek vysychání, klíčení, kořenění nebo plísně
Velmi dobré	**1 bod**	viditelné drobné poškození na polovině cibule, velmi dobrý stav
Přijatelné	**2 body**	viditelné drobné poškození na obou polovinách cibule, dobrý stav, viditelné klíčení nebo kořenění, konzumentsky stále přijatelné
Nepřijatelné	**3 body**	nepřijatelné pro konzumaci, jasně viditelná hniloba, plíseň nebo jiné poškození

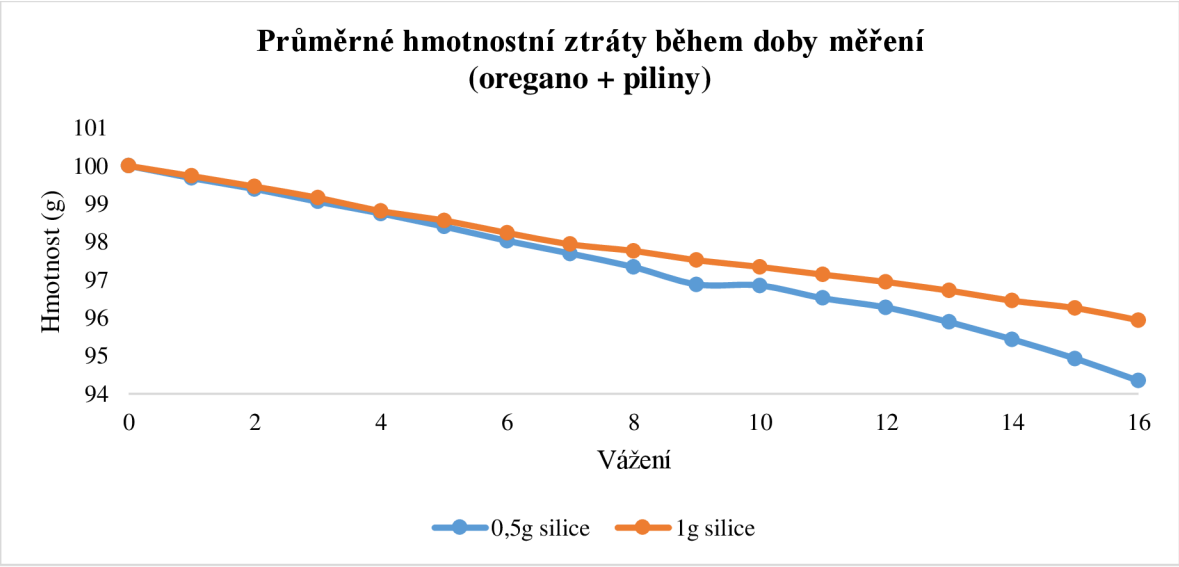
5 Výsledky

Mezi koncentracemi se stejným nosičem nebyl shledán statisticky významný rozdíl v úbytku hmotností u žádné ze silic. Naopak při vyhodnocení úbytků hmotností s použitím 1 g silice oregana společně s pilinami a bentonitem byl zjištěn statisticky významný rozdíl. U silice skořice však statisticky významný rozdíl zjištěn nebyl.

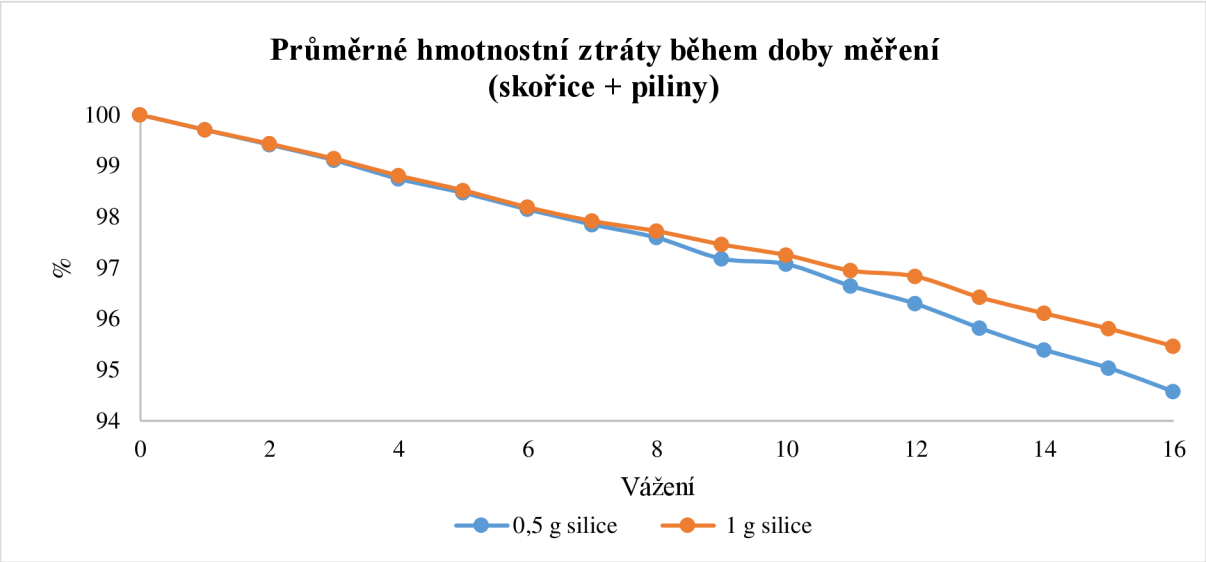


Obrázek 4 *Graf průměrného úbytku hmotnosti v průběhu týdenního vážení pro oregano + bentonit*

Jako nosič silic byl zvolen bentonit (**Obrázek 4**) a dřevěné piliny (**Obrázek 5**). Silice byly testovány ve dvou koncentracích. Zatímco u koncentrace 0,5 g silice/ 2 g bentonitu byl průměrný úbytek hmotnosti 5,26 %, u koncentrace 1 g silice/ 4 g nosiče byl průměrný úbytek hmotnosti pouze 5,02 % z původní hmotnosti. Z hlediska úbytku hmotností mezi dvěma koncentracemi nebyl shledán statisticky významný rozdíl.

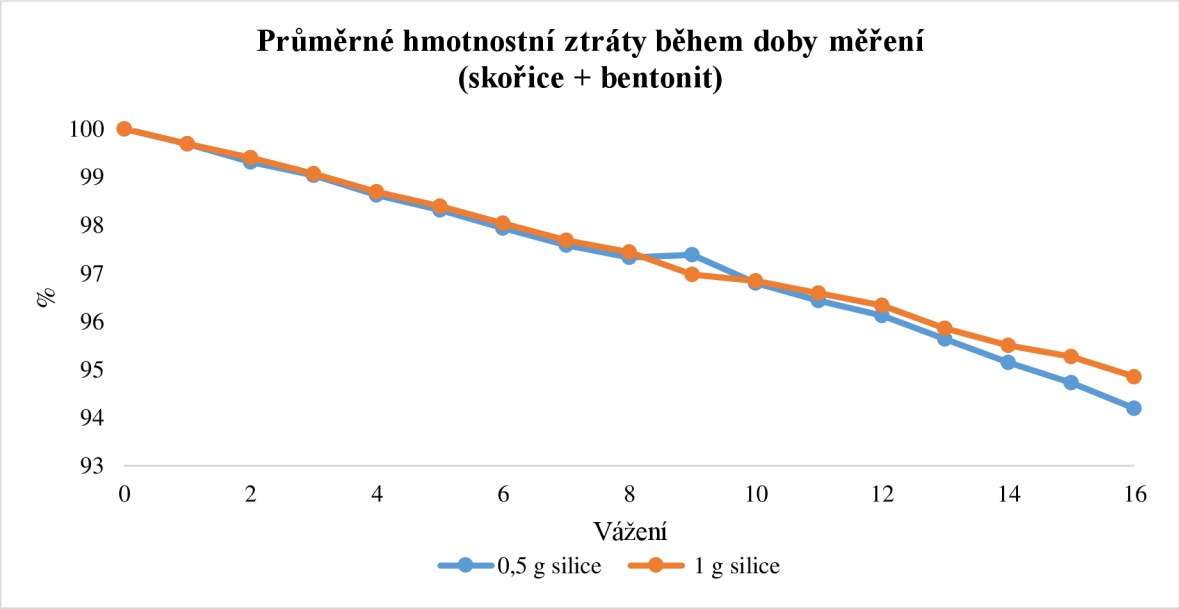


Obrázek 5 *Graf průměrného úbytku hmotnosti v průběhu týdenního vážení pro oregano + piliny*



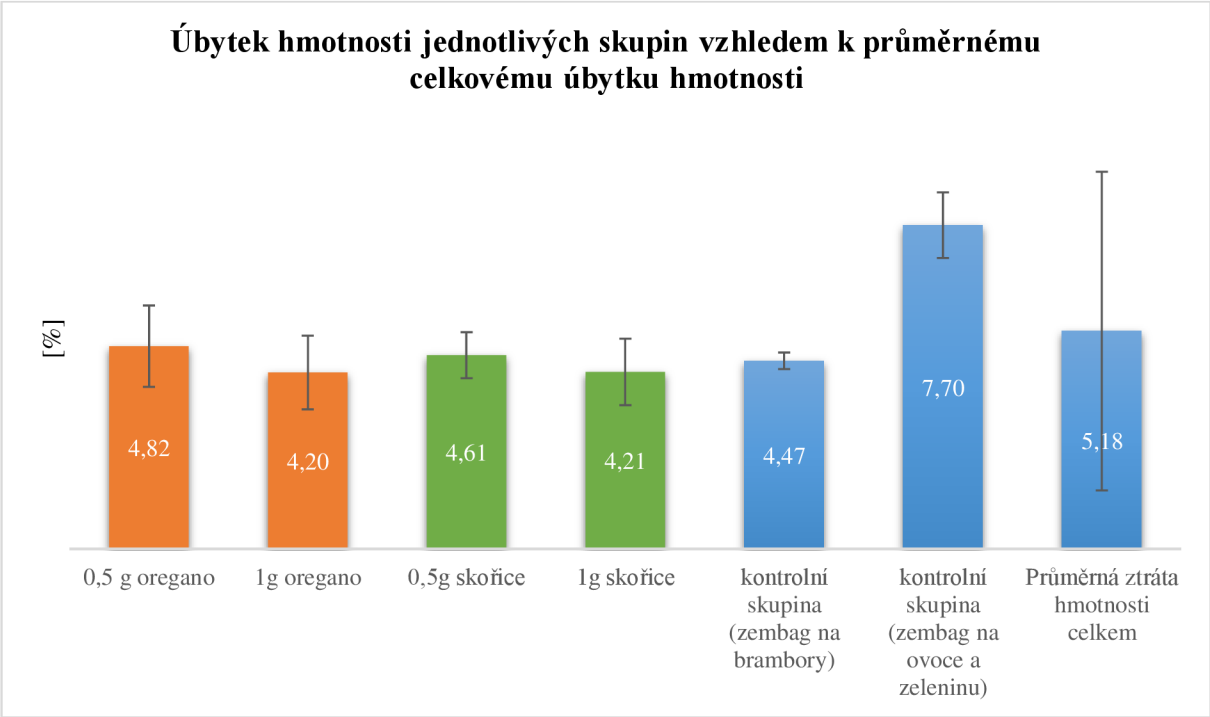
Obrázek 6 *Graf průměrného úbytku hmotnosti v průběhu týdenního vážení pro skořici + piliny*

Stejným způsobem byla testována účinnost silice skořice. Při koncentraci 0,5 g silice/ 2 g nosiče byla průměrná ztráta hmotnosti 5,43 %, u koncentrace 1 g silice/ 2 g nosiče byla průměrná ztráta hmotnosti pouze 4,54 %. Průběh hmotnostních ztrát cibule za přídavku silice skořice jsou zobrazeny v **Obrázku 6** a **Obrázku 7**.



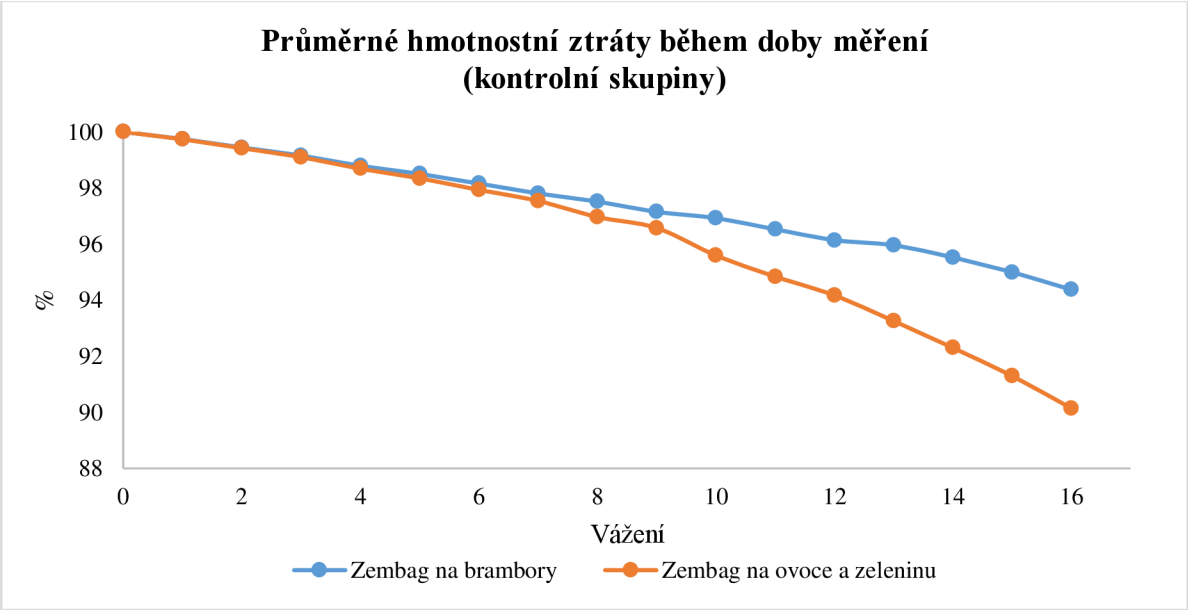
Obrázek 7 *Graf průměrného úbytku hmotnosti v průběhu týdenního vážení pro skořici + bentonit*

Podíváme-li se na celkové hmotnostní ztráty pro jednotlivé skupiny (**Obrázek 8**) v porovnání s průměrnou hmotnostní ztrátou během celé periody měření, je vidět, že Zembag na ovoce a zeleninu je vysoce nad průměrem oproti stejné kontrolní skupině v Zembagu na brambory. Průměrná ztráta hmotnosti během doby měření činila 5,18 %.



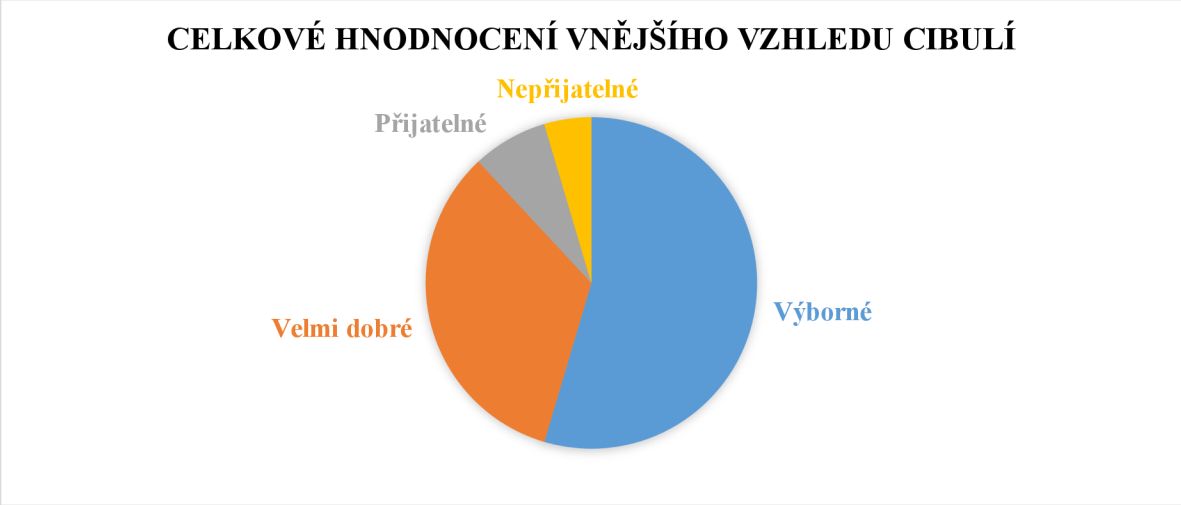
Obrázek 8 *Graf průměrného úbytku hmotnosti jednotlivých skupin vzhledem k celkovému průměrnému úbytku hmotnosti*

Pro pytle Zembag na brambory byl průměrný úbytek hmotnosti 4,47 %, zatímco pro Zembag na ovoce a zeleninu byl průměrný úbytek hmotnosti 7,70 %. Průběh poklesu hmotnosti kontrolních skupin je zobrazen na **Obrázku 9**. Při statistickém vyhodnocení dat byl zjištěn statisticky významný rozdíl mezi kontrolními skupinami na hladině významnosti $\alpha = 0{,}05$



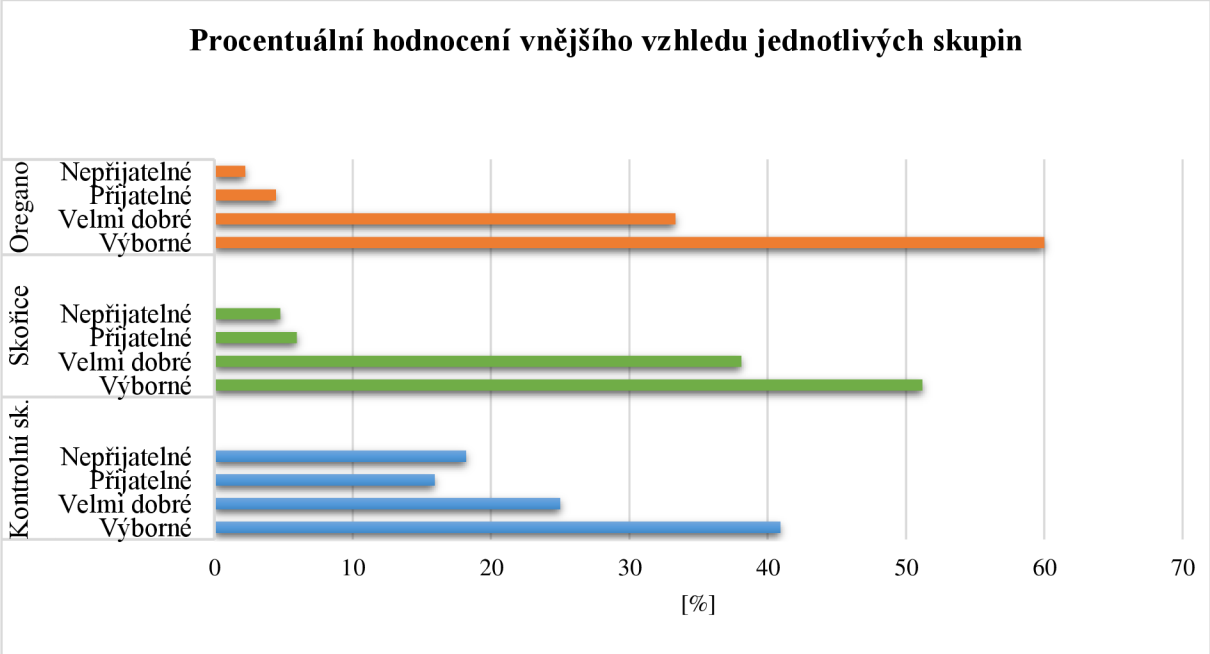
Obrázek 9 *Graf průměrného úbytku hmotnosti v průběhu týdenního vážení pro kontrolní skupiny*

Mimo hmotnosti byl vyhodnocen i vnější a vnitřní vzhled pozorovaných cibulí. Z hlediska celkového hodnocení vnějšího vzhledu všech cibulí bylo 55 % ve výborném stavu a pouze 5 % bylo hodnoceno jako nepřijatelné. Bodové hodnocení vnějšího vzhledu všech cibulí je zobrazeno na **Obrázku 10**.



Obrázek 10 *Graf celkového hodnocení vnějšího vzhledu všech cibulí*

Rozdělíme-li získané body na jednotlivé skupiny v závislosti na přidané silici či její absenci, můžeme konstatovat, že u kontrolních skupin bylo pouze 41 % cibulí považováno za výborné, naopak 18 % cibulí bylo hodnoceno jako nevyhovující.

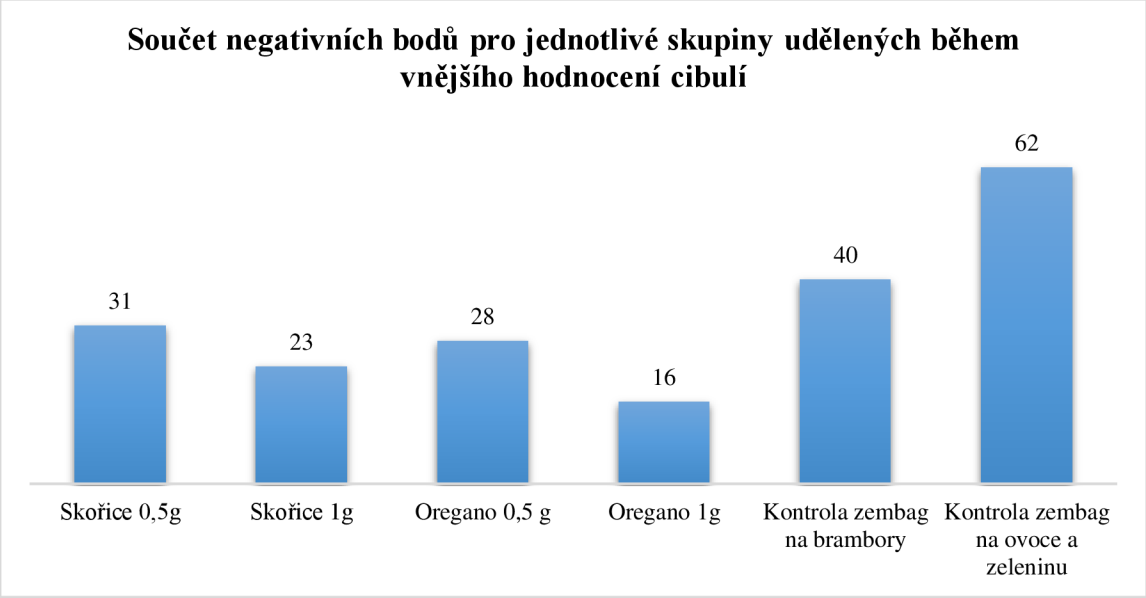


Obrázek 11 *Graf procentuálního hodnocení vnějšího vzhledu jednotlivých skupin (modrá = kontrolní skupiny; zelená = skořice; oranžová = oregano)*

Oproti kontrolním skupinám bylo 51 % cibulí s přídavkem skořicové silice hodnoceno jako výborné, 38 % jako velmi dobré, 6 % jako přijatelné a 5 % jako nepřijatelné. Druhou použitou

silicí bylo oregano. Cibule s přídavkem této silice byly hodnoceny jako výborné v 60 %, což je víc než v případě skořice. 33 % cibulí bylo hodnoceno jako velmi dobré, 4 % jako přijatelné a pouhá 2 % jako nepřijatelné. Ve všech případech dosáhly cibule s přídavkem silice oregana lepších výsledků než cibule s přídavkem skořicové silice (**Obrázek 11**).

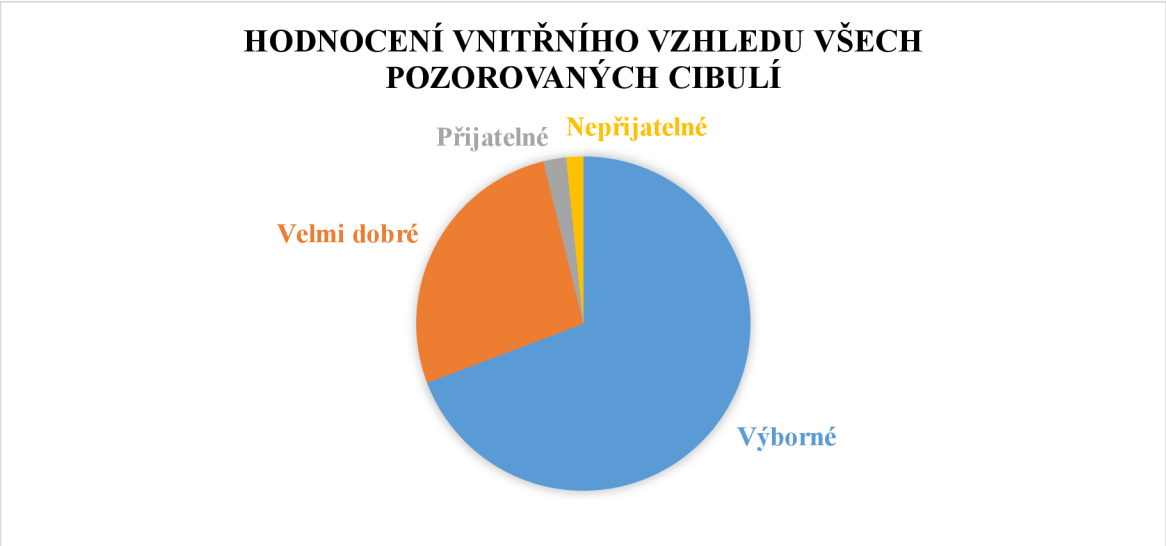
Množství udělených bodů pro jednotlivé skupiny ukazuje **Obrázek 12**. Nejlepšího hodnocení dosáhly cibule s přídavkem 1g silice oregana.



Obrázek 12 *Graf součtu negativních bodů pro jednotlivé skupiny cibulí při hodnocení vnějšího vzhledu*

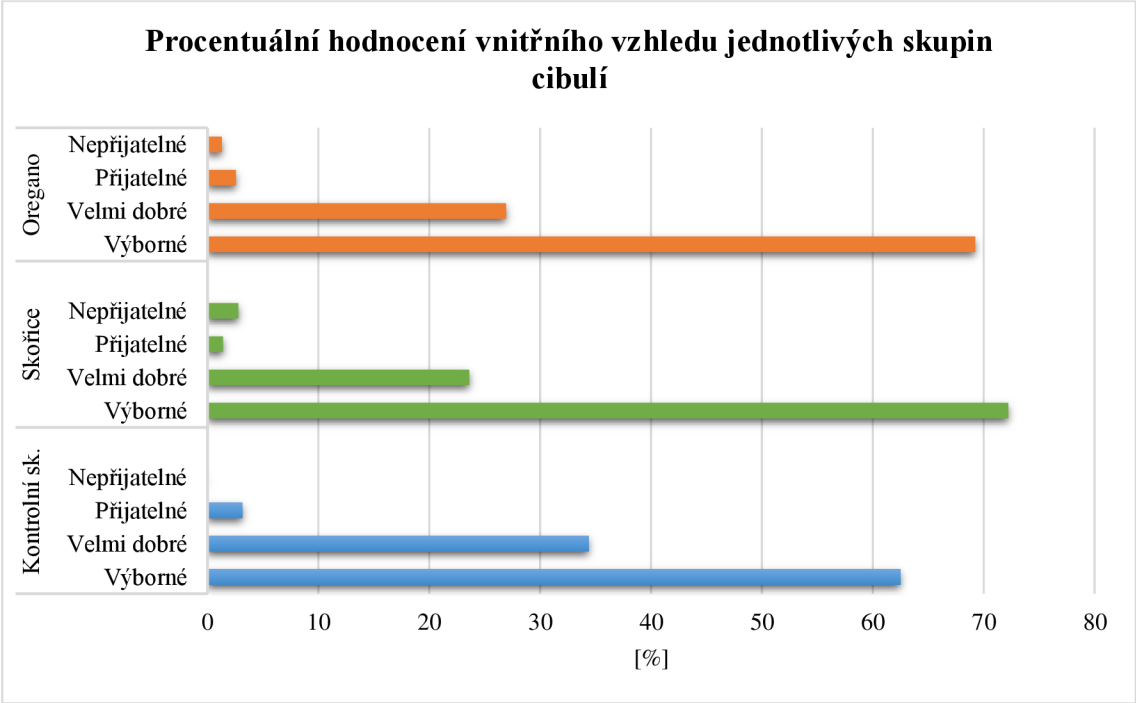
Podíváme-li se blíže na součet získaných bodů pro jednotlivé skupiny s přídavkem silice, můžeme pozorovat nejvíce získaných bodů, tedy nejhůře hodnocené cibule u přídavku 0,5 g skořice následované přídavkem 0,5 g oregana.

Druhé kritérium hodnocení jednotlivých cibulí byl vnitřní vzhled. Oproti 5 % nepřijatelných cibulí u hodnocení vnějšku, u vnitřního hodnocení byly nepřijatelné pouze 2 % všech cibulí (**Obrázek 13**).



Obrázek 13 *Graf hodnocení vnitřního vzhledu všech pozorovaných cibulí*

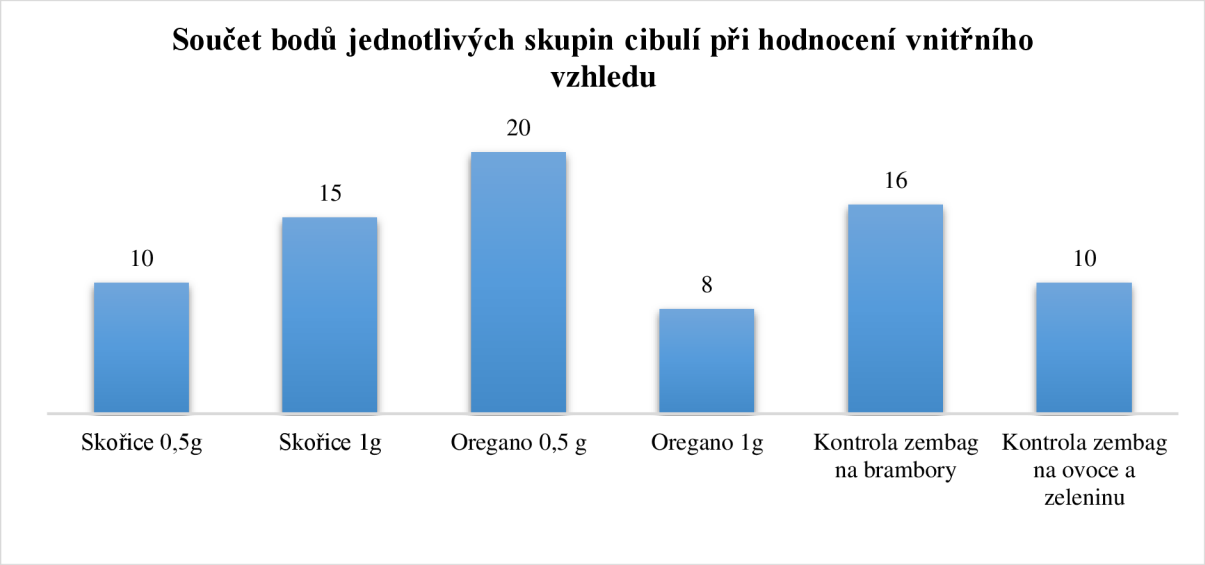
U jednotlivých skupin dopadlo hodnocení příznivěji. Například u přídavku skořice bylo hodnoceno 72 % cibulí jako výborné uvnitř, kdežto u vnějšího hodnocení jich bylo pouze 51 %. U oregana byl rozdíl mezi vnějším a vnitřním hodnocením cibulí jako výborné pouze 9 %. Nejvýznamnějším rozdílem bylo hodnocení kontrolní skupiny, kde při vnějším hodnocení bylo 18 % cibulí hodnoceno jako nepřijatelné, kdežto u hodnocení vnitřního vzhledu nebyla takto hodnocena žádná (**Obrázek 14**).



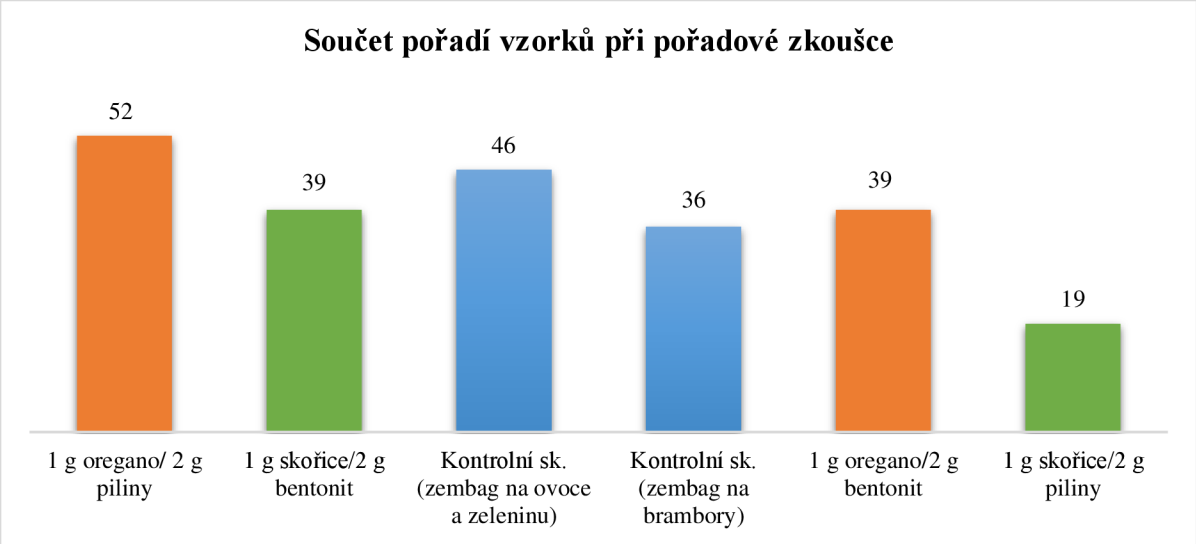
Obrázek 14 *Graf hodnocení vnitřního vzhledu cibulí (modrá = kontrolní skupiny; zelená = skořice; oranžová = oregano)*

Z hlediska součtu získaných bodů si dle **Obrázku 15** vedly nejhůř cibule s přídavkem 0,5 g oregana následované přídavkem 1g skořice. Opět je nutné vzít v potaz pouze poloviční počet

pytlů kontrol oproti skupinám s přídavkem silic. Z cibulí s přídavkem silice byl nejlépe hodnocen vnitřní vzhled cibulí s 1g silice oregana.



Obrázek 15 *Graf součtu bodů jednotlivých skupin cibulí při hodnocení vnitřního vzhledu*



Obrázek 16 *Graf součtu pořadí vzorků při pořadové zkoušce*

Vzorek s nejnižším součtem byl s přídavkem 1g skořice na 2 g pilinách. Naopak nejhůře hodnocený byl vzorek v přítomnosti 1g oregana a 2 g pilin. Získaná suma pořadí byla vyhodnocena dle Friedmana, abychom zjistili, zda se některý ze vzorků významně odlišuje od ostatních. Na základě počtu opakování (resp. hodnotitelů) a vzorků byl stanoven interval 22-55 na hladině pravděpodobnosti P = 99 %. V tomto intervalu se nenacházel pouze výše zmíněný vzorek skladovaný v přítomnosti 1 g skořice/2 g pilin. Tedy existuje významný statistický rozdíl mezi ním a ostatními vzorky. Na hladině pravděpodobnosti P = 99 % bylo stanoveno

limitní kritérium X^2 = 15,09. Vypočtené testové kritérium F = 16,25 dosahovalo vyšší hodnoty než limitní kritérium, což vypovídá o tom, že v souboru existují průkazné rozdíly.

Účinnost přítomnosti silic se ale prokázala u růstu kořínků, který byl s největší pravděpodobností vyvolán přítomností vlhké buničiny na dně pytle. Je nutné podotknout, že se množství cibulí s kořínky každý týden měnilo, pravděpodobně v závislosti na působení silice na cibule, zatímco u kontrolní skupiny v Zembagu na brambory byly přítomnosti kořínků pozorovány pravidelně (**Obrázek 17**).

Obrázek 17 *Cibule skladované v Zembagu na brambory bez přítomnosti silice*

U kontrolní skupiny Zembagu na ovoce a zeleninu byl tento efekt pozorován v mnohem nižší míře, pravděpodobně z důvodu nepřítomnosti vložky z hliníkové folie, která napomáhá udržení vlhkosti. Stav cibulí s přídavkem silice v porovnání s kontrolními skupinami je zobrazen na **Obrázku 18** a **Obrázku 19**. Fotografie byly pořízeny v 10. týdnu experimentu.

Obrázek 18 *Cibule skladované v Zembagu na ovoce a zeleninu bez přítomnosti silice*

Obrázek 19 *cibule skladované v Zembagu na brambory s přídavkem 1 g silice oregana*

Zaznamenána byla ojediněle i přítomnost plísní, avšak vzhledem k cíli této práce nebyly konkrétní mikroorganismy identifikovány. Jistý vliv přítomnosti silice byl pozorovatelný v množství cibulí s klíčky, kořínky nebo počínající plísní v průběhu 3 týdnů (**Tabulka 7**). Na **Obrázku 20** jsou zobrazeny všechny vyklíčené cibule během doby pozorování.

Obrázek 20 *Vyklíčené cibule během experimentu; vlevo s přídavkem 0,5 g silice oregana; vpravo kontrolní skupina skladovaná v Zembagu na brambory*

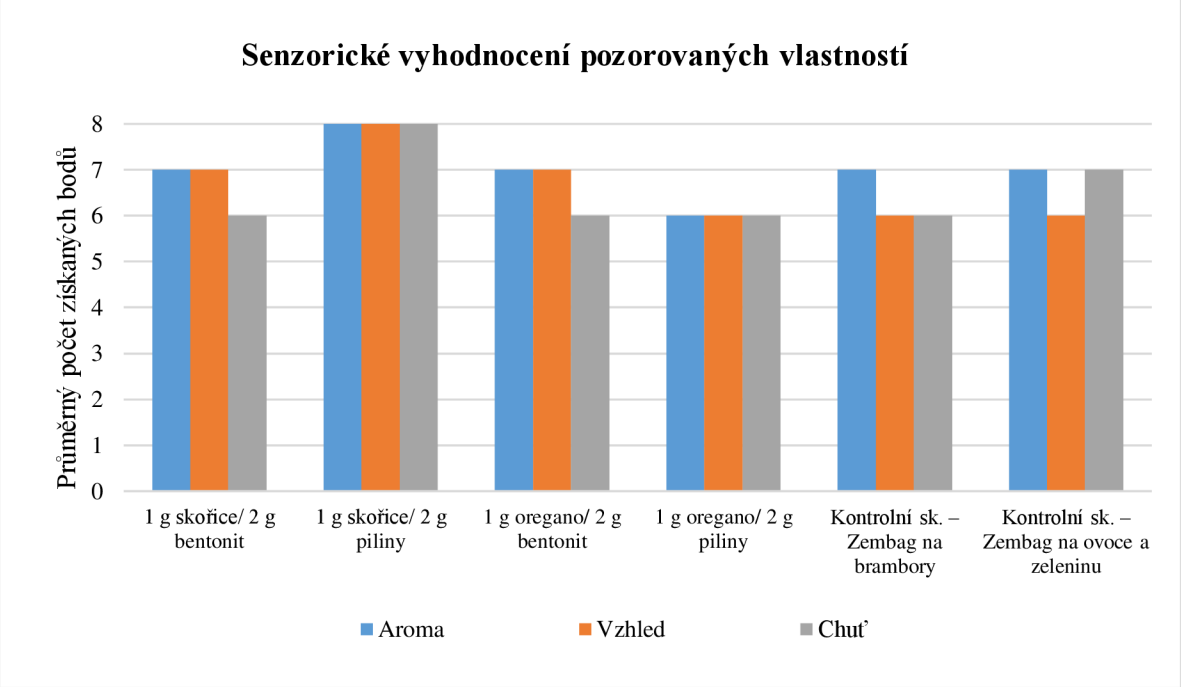
Tabulka 7 *Tabulka procentuálního vyhodnocení cibulí s výskytem klíčků/kořínků/ plísní v průběhu 3 týdnů sledování*

Silice	**13. týden [%]**	**16. týden [%]**
Oregano 0,5 g + bentonit	36,51	22,82
Oregano 1 g + bentonit	12,17	13,1
Oregano 0,5 g + piliny	20,37	4,17
Oregano 1 g + piliny	0	0
Skořice 0,5 g + bentonit	59,72	16,67
Skořice 1 g + bentonit	9,52	18,45
Skořice 0,5 g + piliny	22,02	16,67
Skořice 1 g + piliny	3,33	0
Kontrolní skupina (Zembag na brambory)	72,22	70,24
Kontrolní skupina (Zembag na ovoce a zeleninu)	35,12	43,45

Při pohledu na **Obrázek 9** je možné pozorovat strmý úbytek hmotnosti přibližně od 8. týdne pozorování. Již výše zmíněný přídavek destilované vody započal v 7. týdnu pozorování, tedy v 8. týdnu došlo ke znatelnému zvýšení vlhkosti v pytlích s hliníkovou vložkou. U Zembagu na ovoce a zeleninu však byla i přes pravidelné týdenní zvlhčování vlhkost nedostatečná. Tento fakt mohl značně ovlivnit strmější úbytek hmotnosti během daného období pozorování. Průměrná vlhkost pro jednotlivé skupiny vzorku je zobrazena v **Tabulce 8**. Z dat je možné poznat lehký nárůst průměrné vlhkosti v době po přídavku vody. Úbytek vlhkosti je pozorovatelný pouze u Zembagů na ovoce a zeleninu, o kterých by se dalo na základě předchozích dat tvrdit, že pro skladování cibule není vhodný.

Tabulka 8 Průměrná vlhkost v pytlích během experimentu

Vzorek	Před přídavkem vody [%]	Po přídavku 15 ml destilované vody [%]
0,5 g oregano / 2 g bentonit	43	53
0,5 g oregano / 2 g piliny	40	57
1 g oregano / 2 g bentonit	44	52
1 g oregano / 2 g piliny	43	50
0,5 g skořice / 2 g bentonit	48	63
0,5 g skořice / 2 g piliny	44	52
1 g skořice / 2 g bentonit	45	57
1 g skořice / 2 g piliny	48	53
Kontrola Zembag na brambory	45	54
Kontrola Zembag na ovoce a zeleninu	42	37



Obrázek 21 Graf senzorického vyhodnocení pro jednotlivé vlastnosti

1 g oregano/ 2 g piliny

Vzorek skladovaný v přítomnosti silice oregana byl hodnocen rovnoměrně u všech pozorovaných vlastností. Průměrně byl ohodnocen jako „spíše vyhovující“. Hodnotiteli byl

popsán jako silně aromatický, štiplavě zapáchající s hořkou až kovovou pachutí. Pravděpodobnou příčinou přítomné pachuti mohly být způsobeny přítomností silice oregana.

1 g oregano/ 2 g bentonit

Aroma a vzhled tohoto vzorku byly ohodnoceny jako „dobré“ oproti chuti, která byla „spíše vyhovující“. Chuť cibule byla hodnocena jako štiplavá se silným cibulovým aromatem, avšak s přítomností cizí pachuti.

Kontrolní sk. – Zembag na ovoce a zeleninu

U tohoto vzorku byly shodně hodnoceny aroma a chuť jako „dobré“, avšak vzhled byl „spíše vyhovující“. Aroma bylo hodnotiteli popisováno jako slabší oproti ostatním vzorkům.

Kontrolní sk. – Zembag na brambory

Chuť i vzhled cibule z této kontrolní skupiny byly hodnoceny o stupeň hůře než v případě kontrolní skupiny v jiném Zembagu. Naopak aroma bylo hodnoceno jako „dobré“ oproti vzhledu a chuti, které byly pouze „spíše vyhovující“. U vzorku byla hodnotiteli pozorovaná silná cibulová pachuť.

1 g skořice/ 2 g bentonit

V případě tohoto vzorku byly cibule hodnoceny stejně jako u přídavku 1 g oregana/ 2 g bentonitu. Aroma i vzhled byly „dobré“ s velice silným až štiplavým aromatem. Hůře byla hodnocena chuť, které byla „spíše vyhovující“ a zároveň byla hodnocena také jako příliš silná s nepříjemnou cizí pachutí.

1 g skořice/ 2 g piliny

Tento vzorek byl nejlépe hodnoceným ze všech, zároveň byl ohodnocen stejně u všech pozorovaných vlastností. Chuť cibule byla šťavnatá až lehce štiplavá.

6 Diskuze

Silice jsou látky přírodního původu získávané primárně destilací, extrakcí nebo lisováním z plodů, květů, kořenů, listů nebo kůry rostlin. Z chemického hlediska se jedná o různorodou směs terpenoidních látek, fenolických sloučením, uhlovodíků, kyselin a mnohých dalších. Kostra silice je tvořena většinou jednou až třemi sloučeninami, které jsou v silici zastoupeny v majoritním množství. Příkladem může být cinnamaldehyd, který je dominantní složkou skořicové silice nebo thymol a karvakrol, které jsou zase na základě jejich poměru majoritními složkami silice oregana a tymiánu.

Cibule byly během experimentu skladovány při pokojové teplotě ve skladu. Dle Islam et al., 2019 byly v rámci experimentu skladovány cibule v pokojové teplotě po dobu 29 dní a relativní vlhkosti 75 %, než začali klíčit. V našem případě byly skladovány cibule při stejné teplotě, nicméně v nedostatečné vlhkosti pro klíčení (průměrně 45 %).

Pro dosažení vlhkosti alespoň 60 % z původních 45 % byla do každého pytle během týdenních měření vkládána buničina navlhčená 15 ml destilované vody, která zvlhčovala prostředí v pytli. Zároveň vytvořila podmínky pro klíčení nebo rozvoj plísní. I tak došlo k naklíčení pouze jednotek cibulí z celkového množství, které nebylo dostatečné pro určení, zda skutečně byla přítomnost silice účinná či nikoliv.

U studie dle Islam et al., 2019 byl mimo jiné pozorován i hmotnostní úbytek během 232 dní skladování při teplotě 4 °C a relativní vlhkosti 75 %. V případě našeho experimentu byl pozorován průměrný úbytek hmotnosti v přepočtu o necelé procento nižší, přestože byly cibule skladovány v úplně jiných podmínkách. Vzhledem k nekonzistentnosti a velkým výkyvům vlhkosti během našeho experimentu nebylo možné tuto pozorovanou veličinu spolehlivě vyhodnotit. Nicméně byl pozorován rozdíl úbytku hmotnosti před a po přídavku vody do pytlů na Zembag na ovoce a zeleninu. Zatímco u běžných Zembagů na brambory pokračoval úbytek konstantně, u tohoto Zembagu, bez vnitřní hliníkové vložky, došlo po zvýšení vlhkosti prostředí ke strmějšímu úbytku hmotnosti oproti ostatním pytlům.

Pozitivní výsledek byl pozorován oproti studii AA Ibrahim, 2014, kde byla skladována rajčata v přítomnosti silice při chladírenské (5 °C) a pokojové (25 °C) teplotě. Přestože se jednalo o sledování úbytku množství přítomných mikroorganismů, v našem případě bylo možné v průběhu času pozorovat výskyt plísní a kořínků oproti kontrolní skupině bez přítomnosti silice i za pokojové teploty.

Výskytem plísní a hniloby se zabývala i studie Ji et al., 2018 na cibulích, kde byl pozorován účinek povrchového ošetření cibulí roztokem thymolu ve 100 % ethanolu oproti běžnému

ošetření sírou. Výskyt hniloby vyvolané přítomností zástupci rodů *Botrytis spp*. byl snížen o 96 % při ošetření thymolem. Tento účinek je možné konstatovat i případě našeho pozorování. U cibulí v přítomnosti silice skořice, bez silice ale i s nižší koncentrací oregana byla hniloba na vnější vrstvě cibulí pozorována. Ovšem u cibulí s přídavkem 1 g silice oregana byl tento jev pozorován v nejmenší míře. A jelikož je thymol jednou z majoritních složek silice oregana, lze předpokládat jistou spojitost mezi výskytem hniloby a volbou silice a její koncentrace. Mikrobiální kontaminaci bílou plísní se věnovala i studie Camiletti et al., 2016 kde byla taktéž použita silice oregana, konkrétně na stroužky česneku. Jako v našem případě byly pozorovány fungicidní účinky, avšak byly zjištěny i silné fytotoxické účinky na stroužky česneku. Ke stejnému závěru ohledně účinnosti námi použité silice došla i Frankova et al., 2016 ve své studii během ošeření jablek po sklizni rozptylem silic z oregana, skořice, česneku a lemongrass v teplém vzduchu. Jako nejúčinnější byla vyhodnocena, stejně jako v našem případě, silice oregana. Z hlediska senzorických vlastností dosáhla jablka obdobných výsledků v přítomnosti silic skořice i oregana. V našem případě byly hodnoceny jako senzoricky přijatelnější cibule s přídavkem skořice. Přítomnost cizí chuti u jablek převládala u silice oregana, zatímco u nás byla detekována v případě obou silic.

Vzhledem k vlivu na texturu a organoleptické vlastnosti byly pozorovány změny po přídavku silice skořice, česneku a tymiánu. Ve své studii se vlivu koncentrace přítomné silice na senzorické vlastnosti věnoval Guan et al., 2023. Koncentrace 0,5 % až 1 % byly považovány pouze za přijatelné. Prokázaný byl i vliv přímého přídavku thymolu a karvakrolu na mango a papáju, kdy byla pozorovaná změna barvy i konzistence obou plodů. V případě cibule nebyly tyto změny pozorovány, nicméně během senzorického hodnocení přijatelnosti chuti byly několika hodnotiteli označeny jako nositelé divné až cizí pachuti vzorky s obsahem silice. Tato pachuť mohla být způsobena právě působením přítomné silice.

7 Závěr

Není tomu více než pár let, kdy začala vzrůstat snaha spotřebitelů v domácnostech nahrazovat chemikálie látkami přírodními a šetrnějšími k životnímu prostředí. Tak proč by tomu tak nemělo být i u potravin?

S rostoucí poptávkou o potraviny a suroviny s dlouhou trvanlivostí, avšak bez nutnosti využití aditiv nebo jiných přídavných látek je jen logické využít rostlinné silice. Jejich využití je přeci jen poměrně nové, a tak zatím není dostatek směrodatných studií pro využití silic na každou surovinu, především ty rostlinné, jelikož samy zemědělské plodiny vydrží mnohem delší dobu, než je tomu u živočišných produktů. Samozřejmě před použitím, tak aby použitá koncentrace byla bezpečná a zároveň nechtěně neovlivnila danou potravinu, je nutné provést řadu studií a experimentů.

Hlavním účelem této práce bylo pomocí dvou vybraných rostlinných silic ověřit jejich účinnosti proti skládkovým chorobám při spotřebitelském skladování. Experiment probíhal z přítomnosti silic ve dvou koncentracích, jejichž vzájemná účinnost v ochraně cibulí byla pozorována.

V našem experimentu se nejúčinnější jevila silice oregana v koncentraci 1 g/ 2 g nosiče, a to jak z hlediska úbytku hmotnosti, ale také hodnocení vzhledu. Během, senzorického hodnocení však nedosáhla takových výsledků, kde nejlépe byla ohodnocena cibule s přídavkem silice 1 g skořice/ 2 g nosiče. Cibule s přídavkem skořice byly však mnohem hůř hodnoceny nejen z hlediska finálního vnitřního i vnějšího vzhledu. Z hlediska úbytku hmotnosti byl pozorován minimální rozdíl.

Pro budoucí pokračování experimentu by bylo vhodné zaměřit se více na vlhkost ve vybrané místnosti pro skladování, aby bylo možné plně poznat účinnost přítomné silice, hlavně z hlediska působení na mikroorganismy, které vyžadují vyšší vlhkost pro svůj růst, a tedy by mohlo dojít i k testování účinnosti proti konkrétním mikroorganismům. Zároveň by vyšší vlhkost mohla pomoci lépe posoudit volbu nosiče, jelikož v našem případě nebyl pozorován významný rozdíl mezi využitím bentonitu a dřevěných pilin. Možným dalším krokem v tomto experimentu by mohlo být využití kombinace obou silic.

8 Literatura

AA Ibrahim, F. 2014. Evaluation of Antifungal Activity of Some Plant Extracts and their Applicability in Extending the Shelf Life of Stored Tomato Fruits. Journal of Food Processing & Technology. 05 (06). doi: 10.4172/2157-7110.1000340.

Achar, P. N., Quyen, P., Adukwu, E. C., Sharma, A., Msimanga, H. Z., Nagaraja, H., Sreenivasa, M. Y. 2020. Investigation of the antifungal and anti-aflatoxigenic potential of plant-based essential oils against aspergillus flavus in peanuts. Journal of Fungi. 6 (4). 1–19. doi: 10.3390/jof6040383.

Barbosa, R. F. da S., Yudice, E. D. C., Mitra, S. K., Rosa, D. dos S. 2021. Characterization of Rosewood and Cinnamon Cassia essential oil polymeric capsules: Stability, loading efficiency, release rate and antimicrobial properties. Food Control. 121 . 107605. doi: 10.1016/J.FOODCONT.2020.107605.

Batish, D. R., Singh, H. P., Kohli, R. K., Kaur, S. 2008. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. Forest Ecology and Management. 256 (12). 2166–2174. doi: 10.1016/j.foreco.2008.08.008.

Brnawi, W. I., Hettiarachchy, N. S., Horax, R., Kumar-Phillips, G., Ricke, S. 2019. Antimicrobial activity of leaf and bark cinnamon essential oils against Listeria monocytogenes and Salmonella typhimurium in broth system and on celery. Journal of Food Processing and Preservation. 43 (3). doi: 10.1111/jfpp.13888.

Camiletti, B. X., Asensio, C. M., Gadban, L. C., Pecci, M. de la P. G., Conles, M. Y., Lucini, E. I. 2016. Essential oils and their combinations with iprodione fungicide as potential antifungal agents against withe rot (Sclerotium cepivorum Berk) in garlic (Allium sativum L.) crops. Industrial Crops and Products. 85 . 117–124. doi: 10.1016/j.indcrop.2016.02.053.

Dimitrijević, M., Grković, N., Bošković, M., Baltić, M., Dojčinović, S., Karabasil, N., Vasilev, D., Teodorović, V. 2019. Inhibition of Listeria monocytogenes growth on vacuum packaged rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) with carvacrol and eugenol. Journal of Food Safety. 39 (1). doi: 10.1111/jfs.12553.

Falleh, H., Ben Jemaa, M., Saada, M., Ksouri, R. 2020. , Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. Food Chemistry. Elsevier Ltd.

Frankova, A., Smid, J., Bernardos, A., Finkousova, A., Marsik, P., Novotny, D., Legarová, V., Pulkrabek, J., Kloucek, P. 2016. The antifungal activity of essential oils in combination with warm air flow against postharvest phytopathogenic fungi in apples. Food Control. 68 . 62–68. doi: 10.1016/j.foodcont.2016.03.024.

Freitas, P. R., de Araújo, A. C. J., dos Santos Barbosa, C. R., Muniz, D. F., Rocha, J. E., de Araújo Neto, J. B., da Silva, M. M. C., Silva Pereira, R. L., da Silva, L. E., do Amaral, W., Deschamps, C., Relison Tintino, S., Ribeiro-Filho, J., Coutinho, H. D. M. 2020. Characterization and antibacterial activity of the essential oil obtained from the leaves of Baccharis coridifolia DC against multiresistant strains. Microbial Pathogenesis. 145 . doi: 10.1016/j.micpath.2020.104223.

Guan, P., Wang, X., Dong, Z., Song, M., Zhu, H., Suo, B. 2023. Cinnamaldehyde inactivates Listeria monocytogenes at a low temperature in ground pork by disturbing the expression of stress regulatory genes. Food Bioscience. 51 . 102277. doi: 10.1016/j.fbio.2022.102277.

He, Q., Gong, B., He, J., Xiao, K. 2019. A novel superchilling storage-ice glazing (SS-IG) approach using anti-oxidative and antimicrobial essential oil (EO) for freshness-keeping of sea bass (Dicentrarchus labrax). Aquaculture. 500 . 243–249. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.10.022.

Hou, T., Sana, S. S., Li, H., Xing, Y., Nanda, A., Netala, V. R., Zhang, Z. 2022. , Essential oils and its antibacterial, antifungal and anti-oxidant activity applications: A review. Food Bioscience. Elsevier Ltd.

Husnu Can Baser, K., Buchbauer, G. 2010. Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications. New York.

Chen, K., Zhang, M., Bhandari, B., Mujumdar, A. S. 2021. , Edible flower essential oils: A review of chemical compositions, bioactivities, safety and applications in food preservation. Food Research International. Elsevier Ltd.

Islam, M. N., Körner, O., Pedersen, J. S., Sørensen, J. N., Edelenbos, M. 2019. Analyzing quality and modelling mass loss of onions during drying and storage. Computers and Electronics in Agriculture. 164 . doi: 10.1016/j.compag.2019.104865.

Jackson-Davis, A., White, S., Kassama, L. S., Coleman, S., Shaw, A., Mendonca, A., Cooper, B., Thomas-Popo, E., Gordon, K., London, L. 2023. A Review of Regulatory Standards and Advances in Essential Oils as Antimicrobials in Foods. Journal of Food Protection. 26 (2). doi: 10.1016/j.jfp.2022.100025.

Ji, S. H., Kim, T. K., Keum, Y. S., Chun, S. C. 2018. The major postharvest disease of onion and its control with thymol fumigation during low-temperature storage. Mycobiology. 46 (3). 242–253. doi: 10.1080/12298093.2018.1505245.

Kačániová, M., Terentjeva, M., Vukovic, N., Puchalski, C., Roychoudhury, S., Kunová, S., Klūga, A., Tokár, M., Kluz, M., Ivanišová, E. 2017. ,The antioxidant and antimicrobial activity of essential oils against Pseudomonas spp. isolated from fish. Saudi Pharmaceutical Journal. Elsevier B.V.

Khodaei, N., Nguyen, M. M., Mdimagh, A., Bayen, S., Karboune, S. 2021. a Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. LWT. 138 . doi: 10.1016/j.lwt.2020.110684.

Khodaei, N., Nguyen, M. M., Mdimagh, A., Bayen, S., Karboune, S. 2021. b Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. LWT. 138 . doi: 10.1016/j.lwt.2020.110684.

Korona-Glowniak, I., Glowniak-Lipa, A., Ludwiczuk, A., Baj, T., Malm, A. 2020. The in vitro activity of essential oils against Helicobacter pylori growth and urease activity. Molecules. 25 (3). doi: 10.3390/molecules25030586.

Kumar, M., Barbhai, M. D., Hasan, M., Punia, S., Dhumal, S., Radha, Rais, N., Chandran, D., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Tomar, M., Satankar, V., Senapathy, M., Anitha, T., Dey, A., Sayed, A. A. S., Gadallah, F. M., Amarowicz, R., Mekhemar, M. 2022. , Onion (Allium cepa L.) peels: A review on bioactive compounds and biomedical activities. Biomedicine and Pharmacotherapy. Elsevier Masson s.r.l.

Li, Y. xin, Erhunmwunsee, F., Liu, M., Yang, K., Zheng, W., Tian, J. 2022. , Antimicrobial mechanisms of spice essential oils and application in food industry. Food Chemistry. Elsevier Ltd.

Ma, S., Jia, R., Guo, M., Qin, K., Zhang, L. 2020. Insecticidal activity of essential oil from Cephalotaxus sinensis and its main components against various agricultural pests. Industrial Crops and Products. 150 . doi: 10.1016/j.indcrop.2020.112403.

Maldaner, J., Oliveira, M. N., de Alexandria Santos, D., Simote Silva, S. Y., da Cruz Silva, S., da Costa Lima, T., da Silva, M. L., Lima Silva, H. T., Siqueira-Silva, D. H., Pauli kist Steffen, G., Steffen, R. B. 2022. Bioherbicide and anesthetic potential of Aniba canelilla essential oil, a contribution to the demands of the agricultural sector. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 42 . doi: 10.1016/j.bcab.2022.102353.

Mandake, S., Shikalgar, N., Deshmukh, A. M. 2022. Design and development of an adequate ventilation system to preserve freshly harvested onions. Materials Today: Proceedings. doi: 10.1016/j.matpr.2022.09.096.

Mastromatteo, M., Lucera, A., Sinigaglia, M., Corbo, M. R. 2009. Combined effects of thymol, carvacrol and temperature on the quality of non conventional poultry patties. Meat Science. 83 (2). 246–254. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.05.007.

Masyita, A., Mustika Sari, R., Dwi Astuti, A., Yasir, B., Rahma Rumata, N., Emran, T. bin, Nainu, F., Simal-Gandara, J. 2022. Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. Food Chemistry: X. 13 . doi: 10.1016/j.fochx.2022.100217.

Memon, N., Gat, Y., Arya, S., Waghmare, R. 2020. Combined effect of chemical preservative and different doses of irradiation on green onions to enhance shelf life. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 19 (3). 207–215. doi: 10.1016/j.jssas.2018.09.006.

Omidbeygi, M., Barzegar, M., Hamidi, Z., Naghdibadi, H. 2007. Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against Aspergillus flavus in liquid medium and tomato paste. Food Control. 18 (12). 1518–1523. doi: 10.1016/J.FOODCONT.2006.12.003.

Orue, N., García, S., Feng, P., Heredia, N. 2013. Decontamination of Salmonella, Shigella, and Escherichia coli O157: H7 from Leafy Green Vegetables Using Edible Plant Extracts. Journal of Food Science. 78 (2). doi: 10.1111/1750-3841.12016.

Osojnik Črnivec, I. G., Skrt, M., Šeremet, D., Sterniša, M., Farčnik, D., Štrumbelj, E., Poljanšek, A., Cebin, N., Pogačnik, L., Smole Možina, S., Humar, M., Komes, D., Poklar Ulrih, N. 2021. Waste streams in onion production: Bioactive compounds, quercetin and use of antimicrobial and antioxidative properties. Waste Management. 126 . 476–486. doi: 10.1016/j.wasman.2021.03.033.

Rathod, N. B., Kulawik, P., Ozogul, F., Regenstein, J. M., Ozogul, Y. 2021. ,Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. Trends in Food Science and Technology. Elsevier Ltd.

Ren, F., Nian, Y., Perussello, C. A. 2020. , červen 1 Effect of storage, food processing and novel extraction technologies on onions flavonoid content: A review. Food Research International. Elsevier Ltd.

Roldán, E., Sánchez-Moreno, C., de Ancos, B., Cano, M. P. 2008. Characterisation of onion (Allium cepa L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. Food Chemistry. 108 (3). 907–916. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.11.058.

Sachdev, D., Kumar, V., Maheshwari, P. H., Pasricha, R., Deepthi, Baghel, N. 2016. Silver based nanomaterial, as a selective colorimetric sensor for visual detection of post harvest spoilage in onion. Sensors and Actuators, B: Chemical. 228 . 471–479. doi: 10.1016/j.snb.2016.01.049.

Sartori Tamburlin, I., Roux, E., Feuillée, M., Labbé, J., Aussaguès, Y., El Fadle, F. E., Fraboul, F., Bouvier, G. 2021. Toxicological safety assessment of essential oils used as food supplements to establish safe oral recommended doses. Food and Chemical Toxicology. 157 . doi: 10.1016/j.fct.2021.112603.

Savitha, S., Chakraborty, S., Thorat, B. N. 2022. Microbial Contamination and Decontamination of Onion and its Products. Applied Food Research. 2 (1). 100032. doi: 10.1016/j.afres.2021.100032.

Sharma, S., Byrne, M., Perera, K. Y., Duffy, B., Jaiswal, A. K., Jaiswal, S. 2023. Active film packaging based on bio-nanocomposite TiO2 and cinnamon essential oil for enhanced preservation of cheese quality. Food Chemistry. 405 . 134798. doi: 10.1016/j.foodchem.2022.134798.

Smyth, C., Brunton, N. P., Fogarty, C., Bolton, D. J. 2018. The effect of organic acid, trisodium phosphate and essential oil component immersion treatments on the

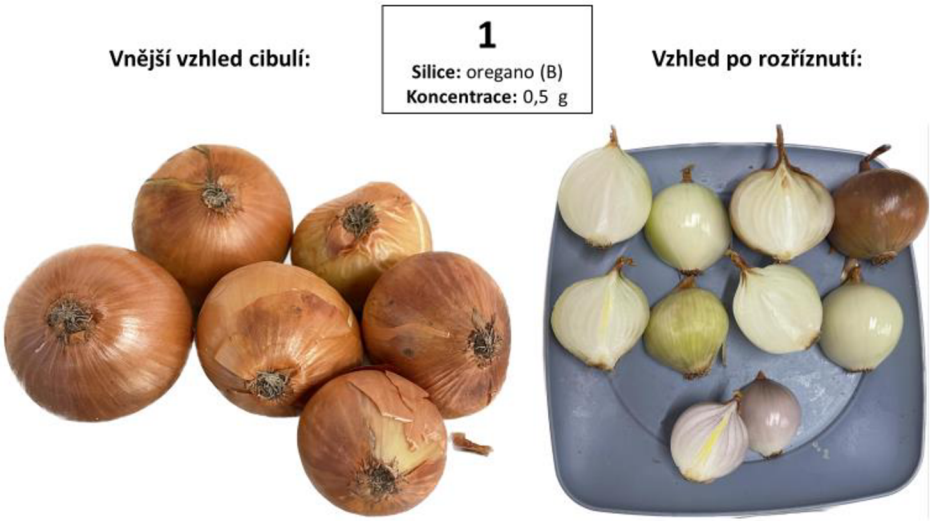
microbiology of cod (Gadus morhua) during chilled storage. Foods. 7 (12). doi: 10.3390/foods7120200.

Todd, J., Friedman, M., Patel, J., Jaroni, D., Ravishankar, S. 2013. The antimicrobial effects of cinnamon leaf oil against multi-drug resistant Salmonella Newport on organic leafy greens. International Journal of Food Microbiology. 166 (1). 193–199. doi: 10.1016/J.IJFOODMICRO.2013.06.021.

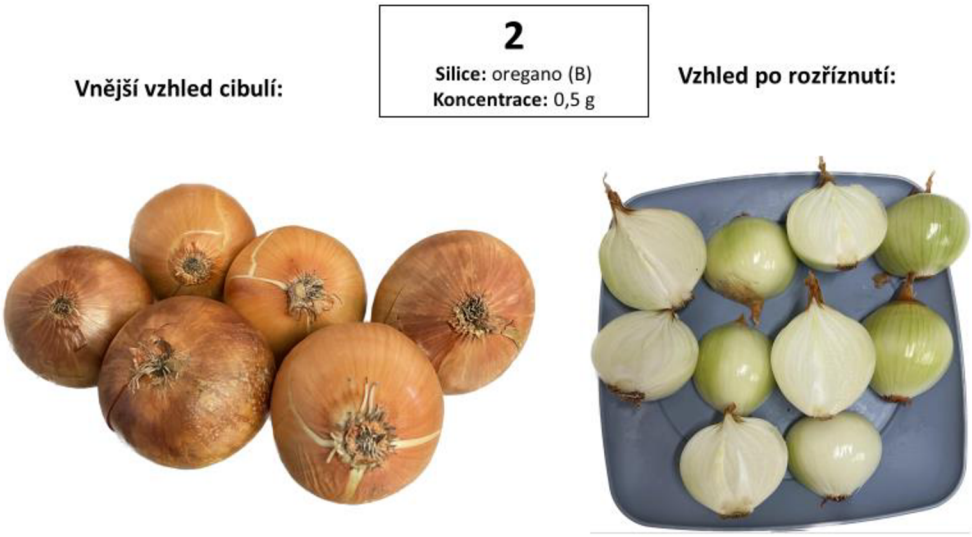
Vazquez-Armenta, F. J., Cruz-Valenzuela, M. R., Ayala-Zavala, J. F. 2015. a Onion (Allium cepa) Essential Oils. In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. s. 617–623. Elsevier. ISBN: 9780124166417.

Vazquez-Armenta, F. J., Cruz-Valenzuela, M. R., Ayala-Zavala, J. F. 2015. b Onion (Allium cepa) Essential Oils. In: Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. s. 617–623. Elsevier. ISBN: 9780124166417.

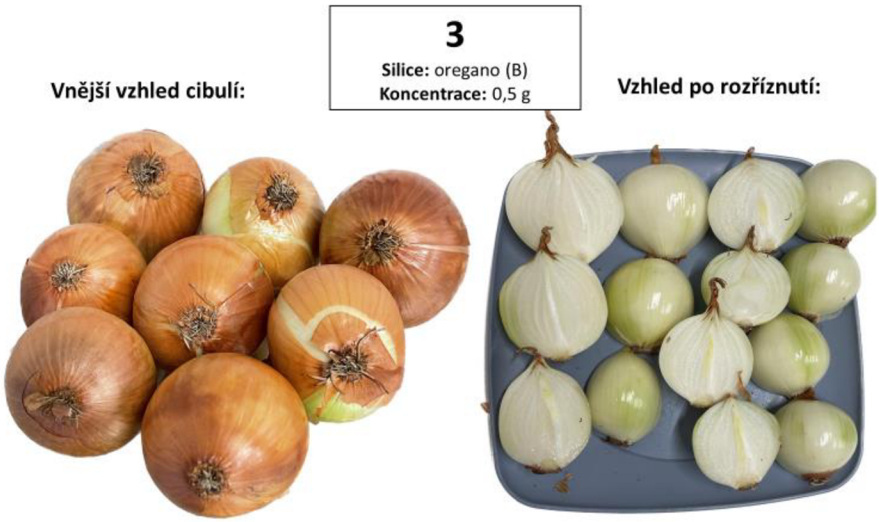
9 Přílohy



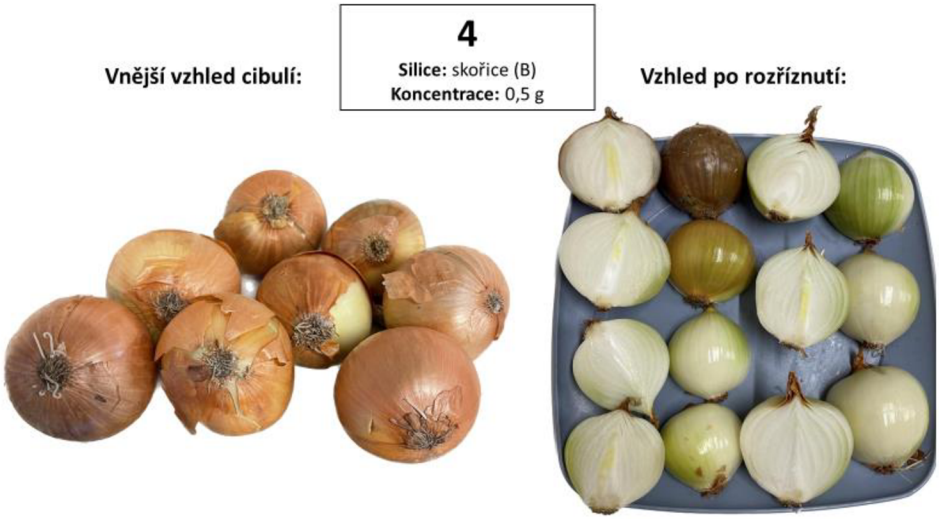
Obrázek 22 *Hodnocené cibule z pytle č. 1*



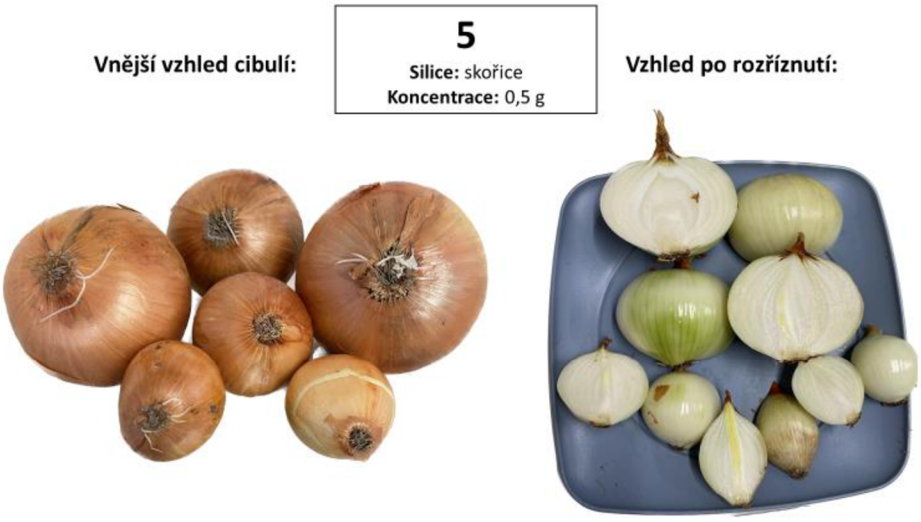
Obrázek 23 *Hodnocené cibule z pytle č. 2*



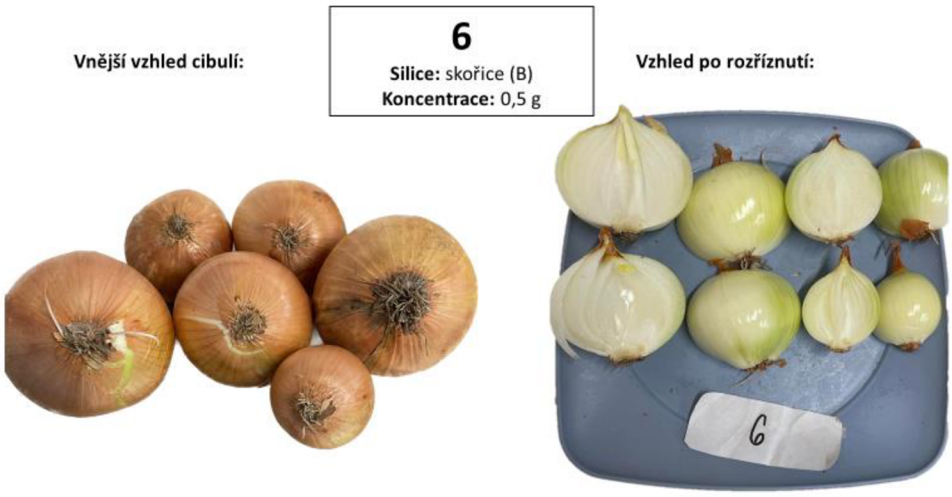
Obrázek 24 *Hodnocené cibule z pytle č. 13*



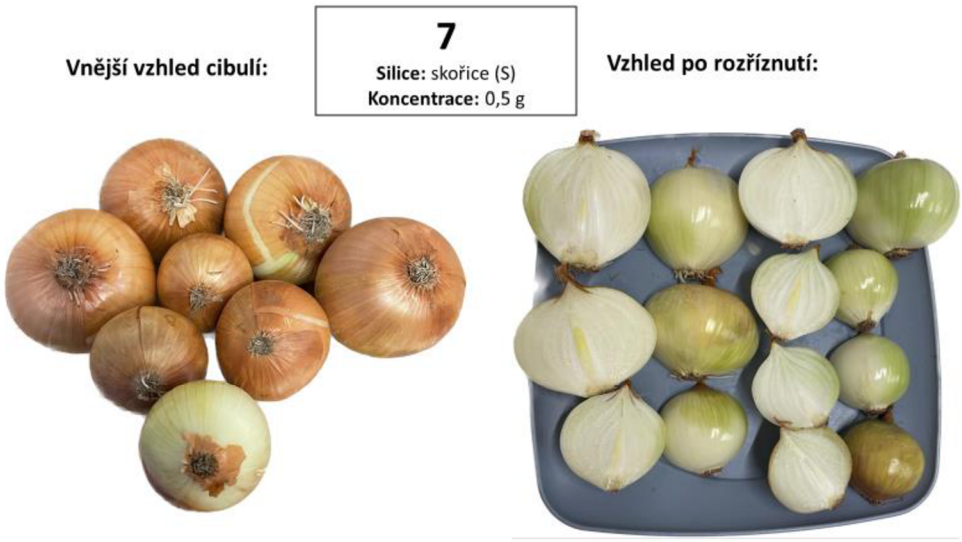
Obrázek 25 *Hodnocené cibule z pytle č. 4*



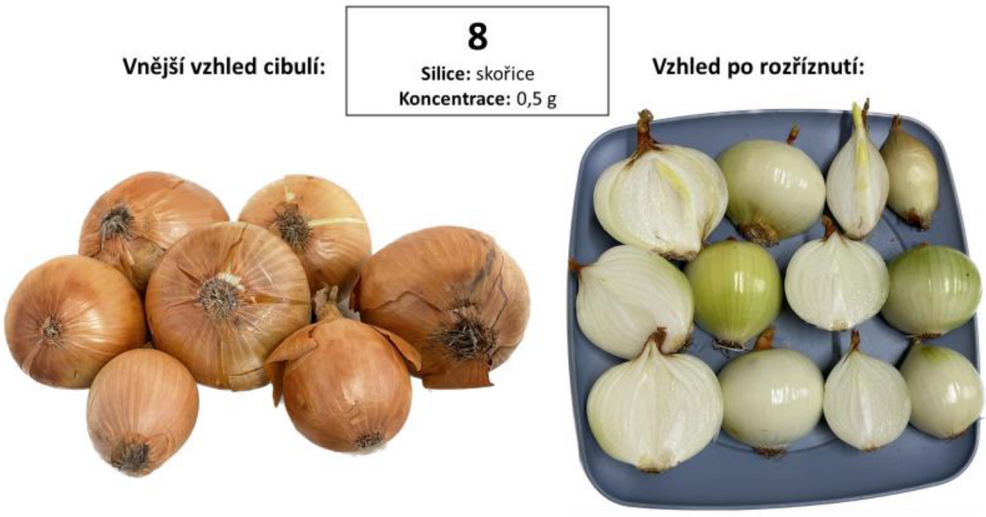
Obrázek 26 *Hodnocené cibule z pytle č. 5*



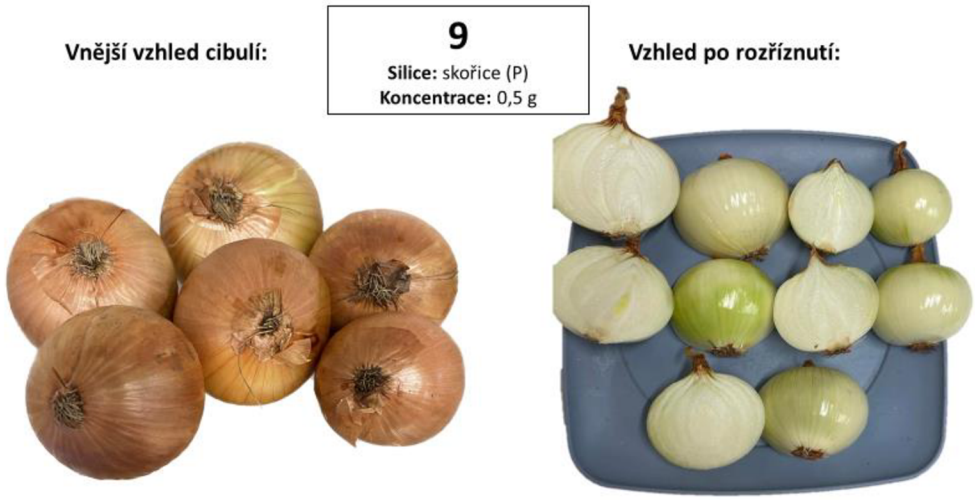
Obrázek 27 *Hodnocené cibule z pytle č. 6*



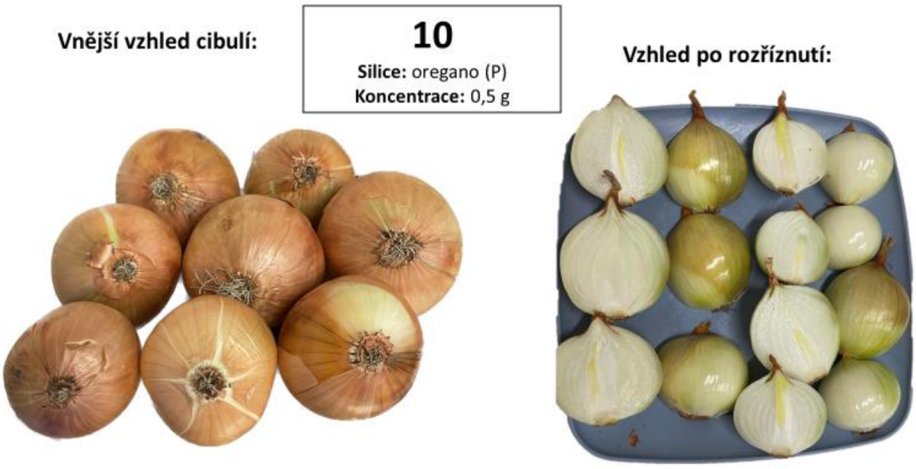
Obrázek 28 *Hodnocené cibule z pytle č. 7*



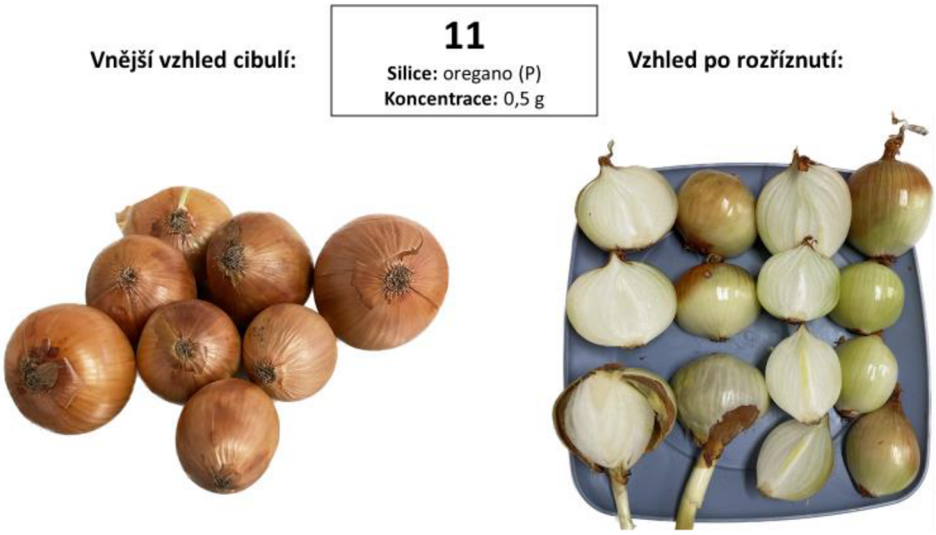
Obrázek 29 *Hodnocené cibule z pytle č. 8*



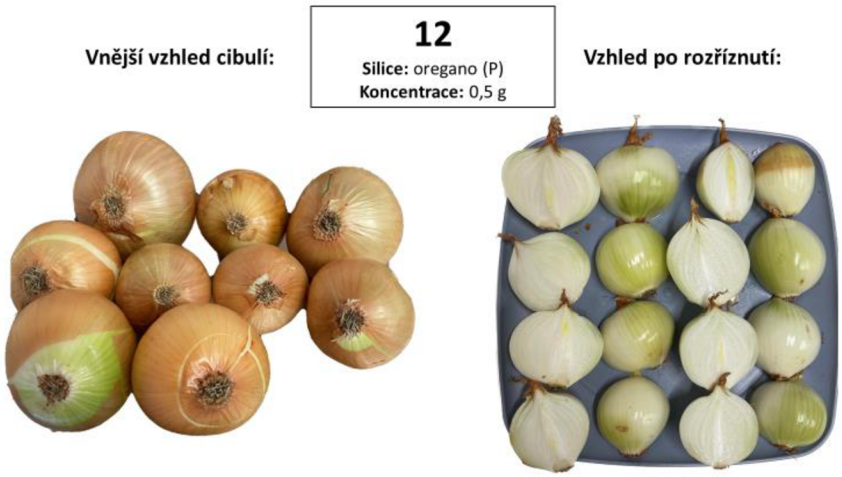
Obrázek 30 *Hodnocené cibule z pytle č. 9*



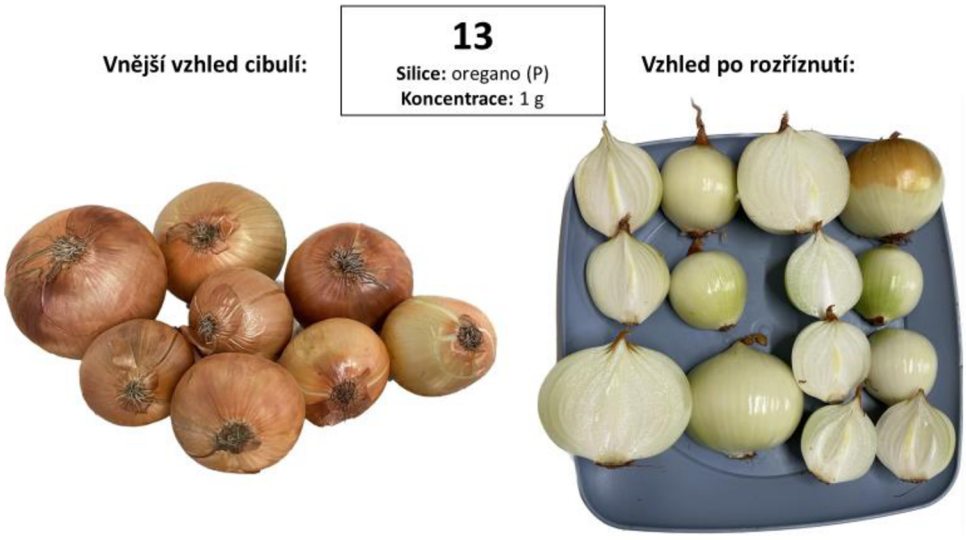
Obrázek 31 *Hodnocené cibule z pytle č. 10*



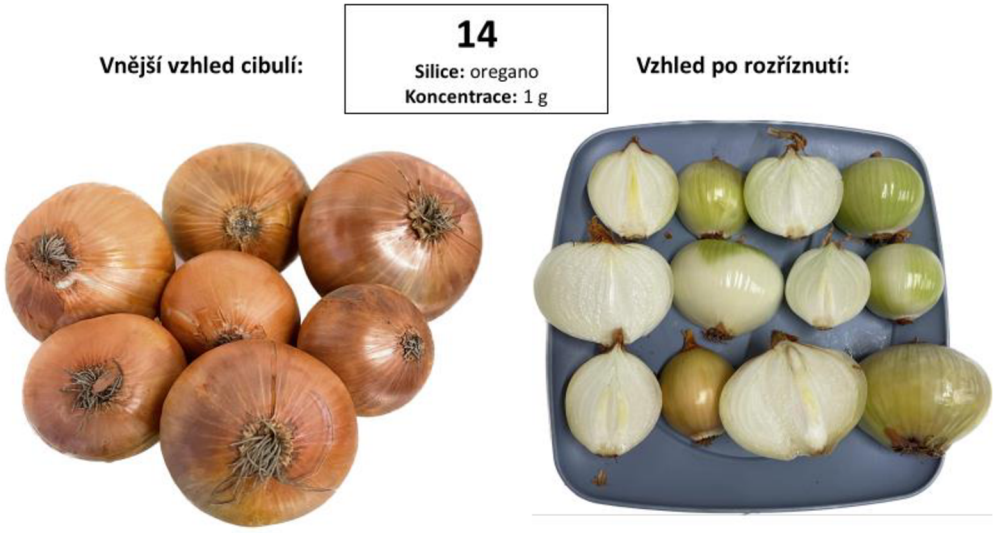
Obrázek 32 *Hodnocené cibule z pytle č. 11*



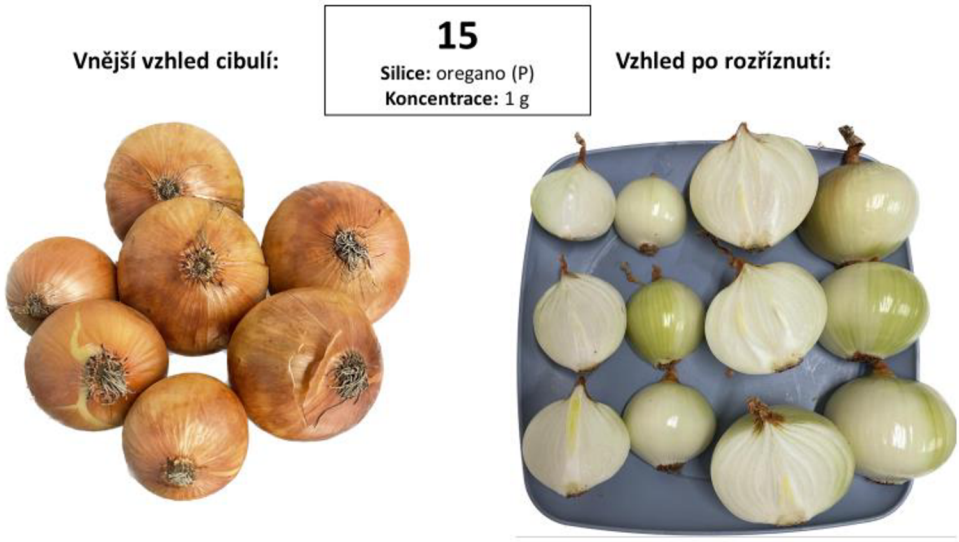
Obrázek 33 *Hodnocené cibule z pytle č. 12*



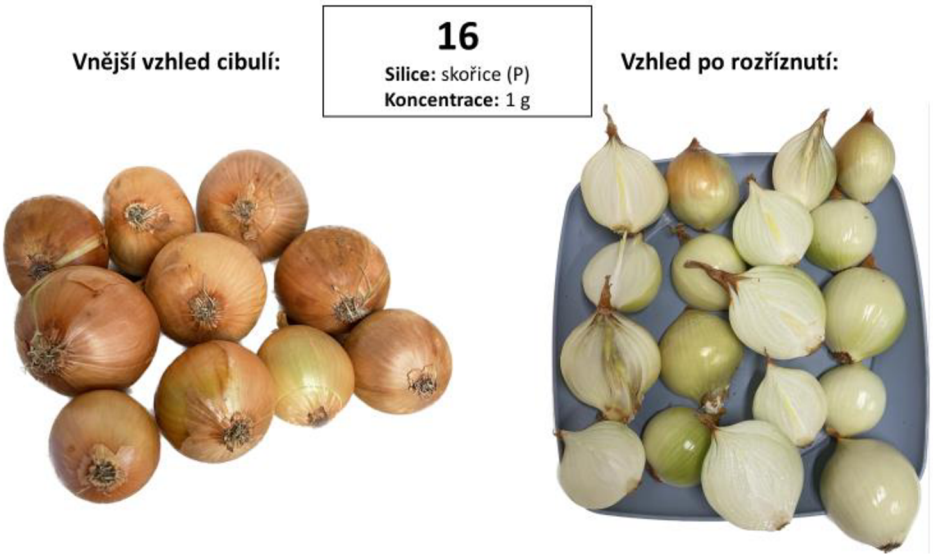
Obrázek 34 *Hodnocené cibule z pytle č. 13*



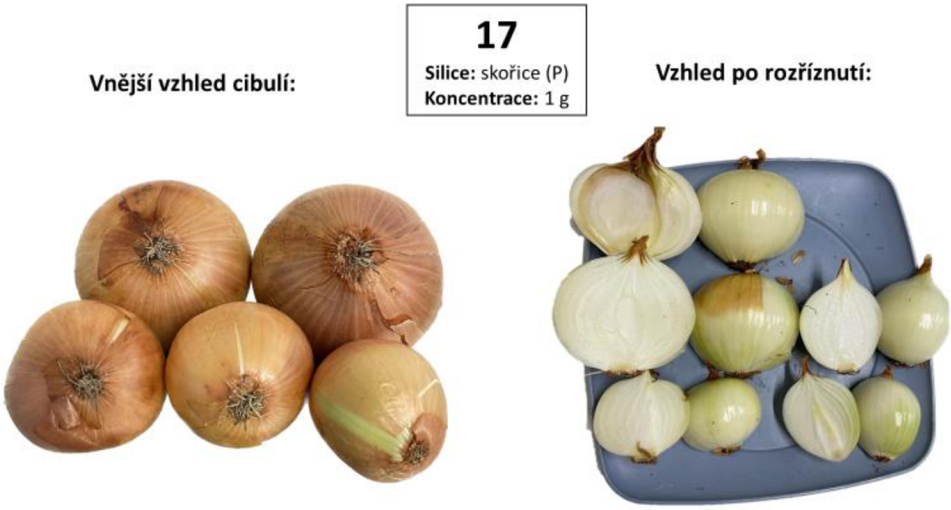
Obrázek 35 *Hodnocené cibule z pytle č. 14*



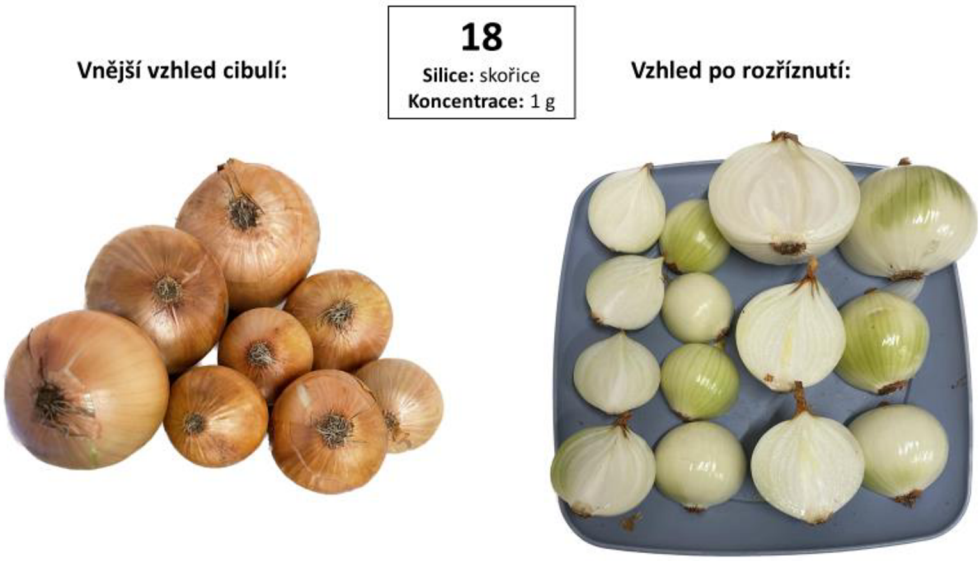
Obrázek 36 *Hodnocené cibule z pytle č. 15*



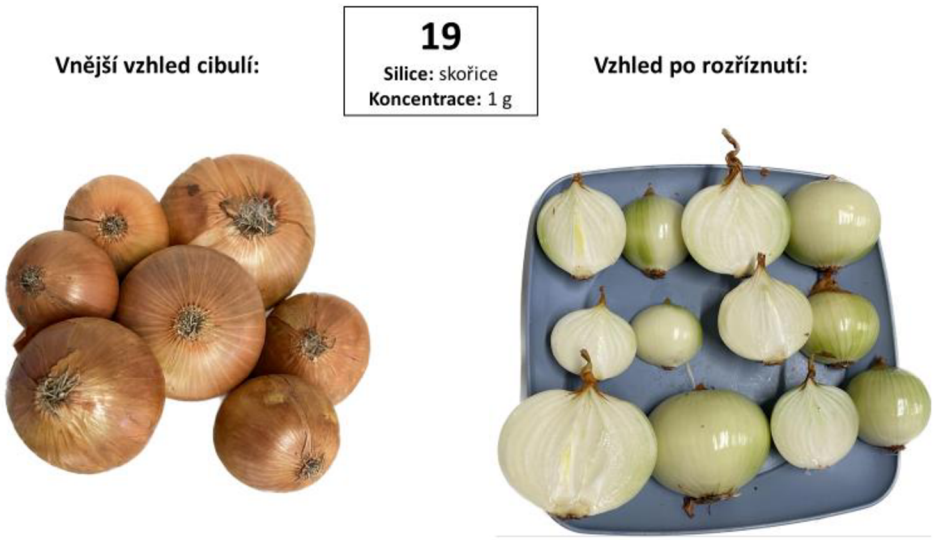
Obrázek 37 *Hodnocené cibule z pytle č. 16*



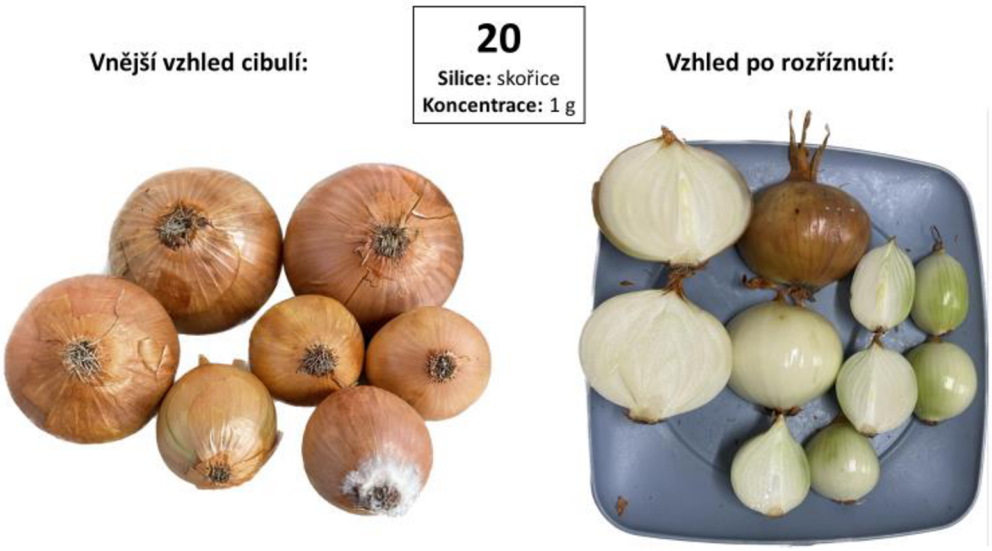
Obrázek 38 *Hodnocené cibule z pytle č. 17*



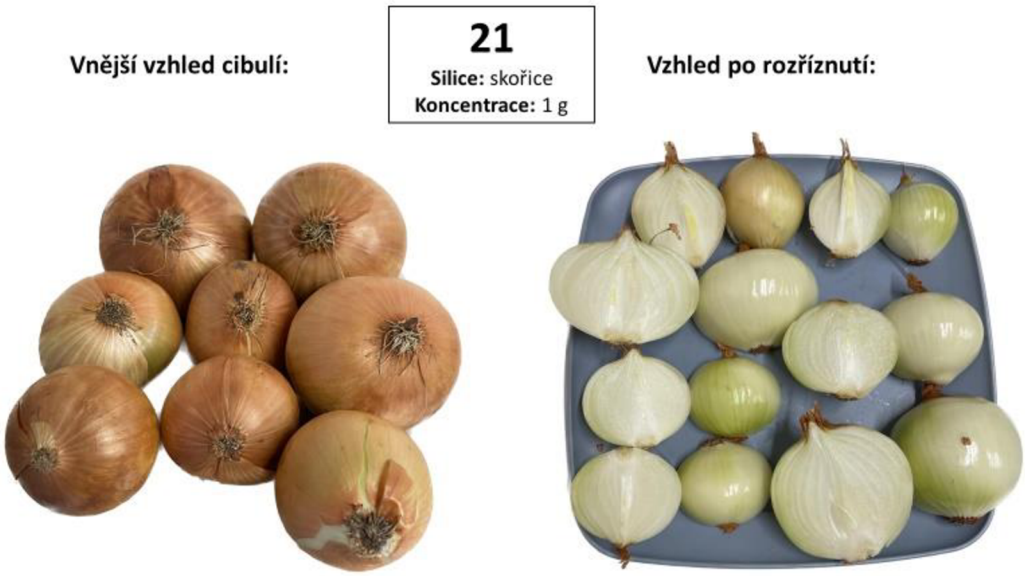
Obrázek 39 *Hodnocené cibule z pytle č. 18*



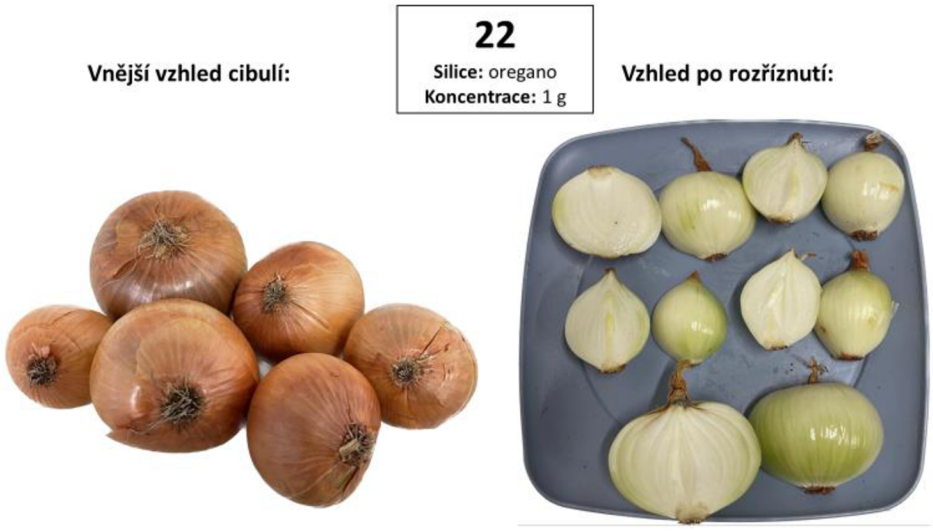
Obrázek 40 *Hodnocené cibule z pytle č. 19*



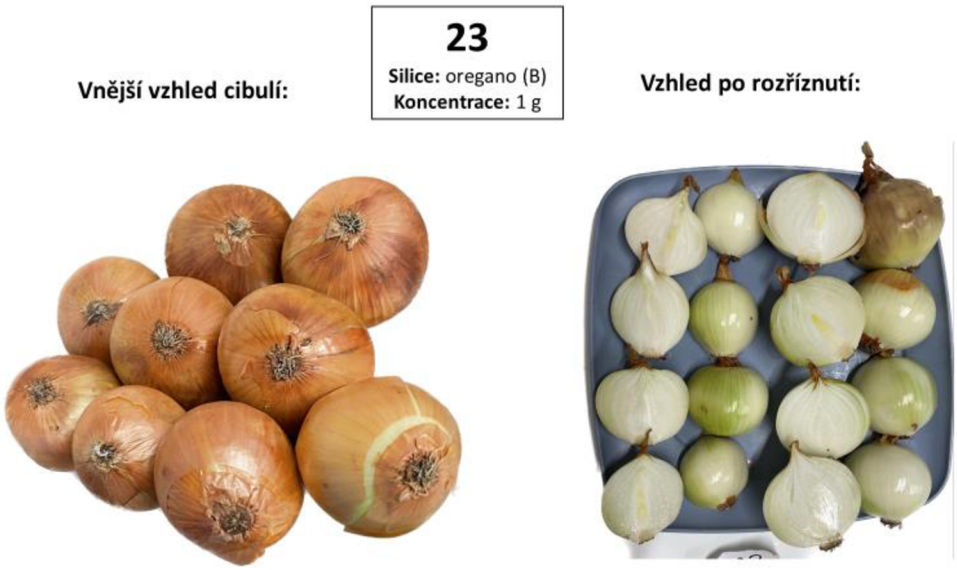
Obrázek 41 *Hodnocené cibule z pytle č. 20*



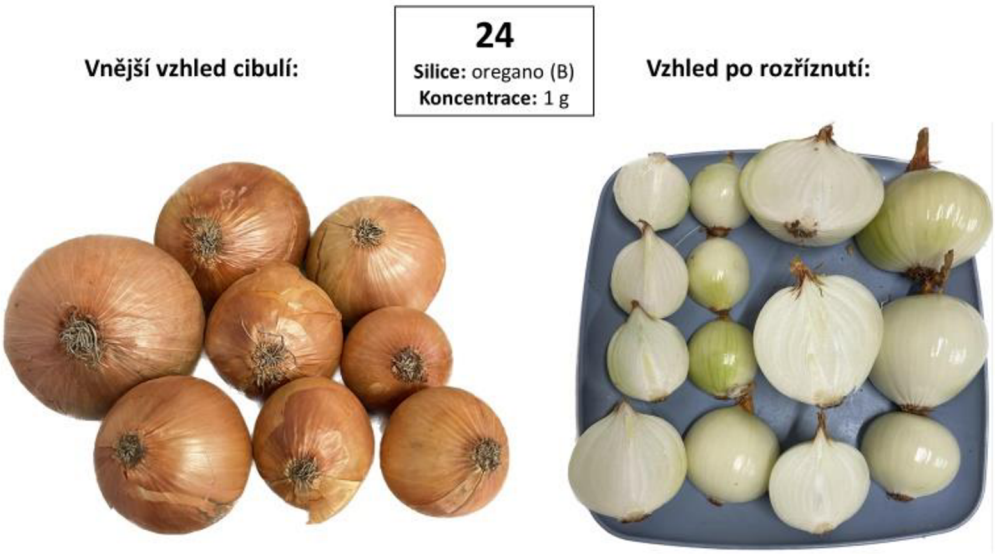
Obrázek 42 *Hodnocené cibule z pytle č. 21*



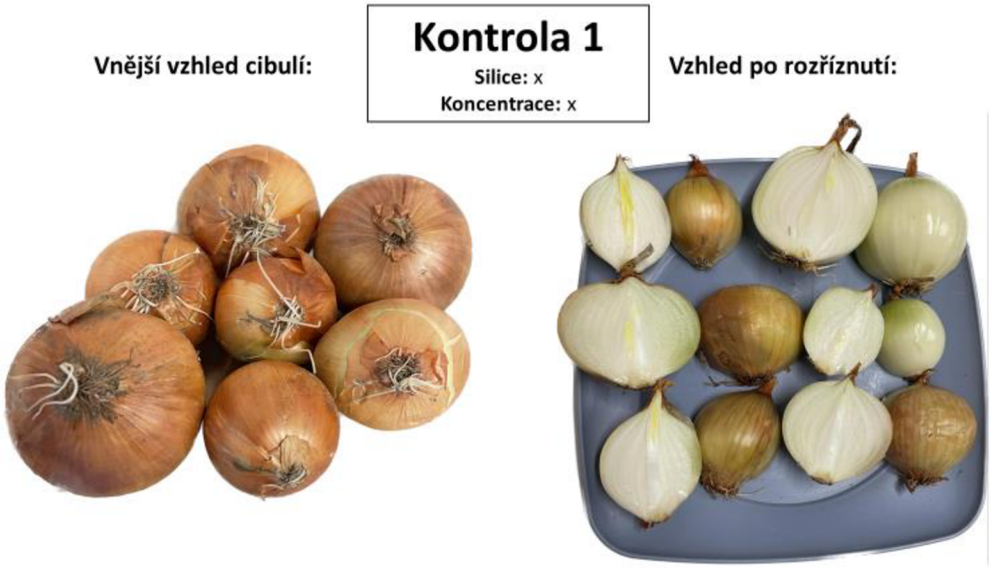
Obrázek 43 *Hodnocené cibule z pytle č. 22*



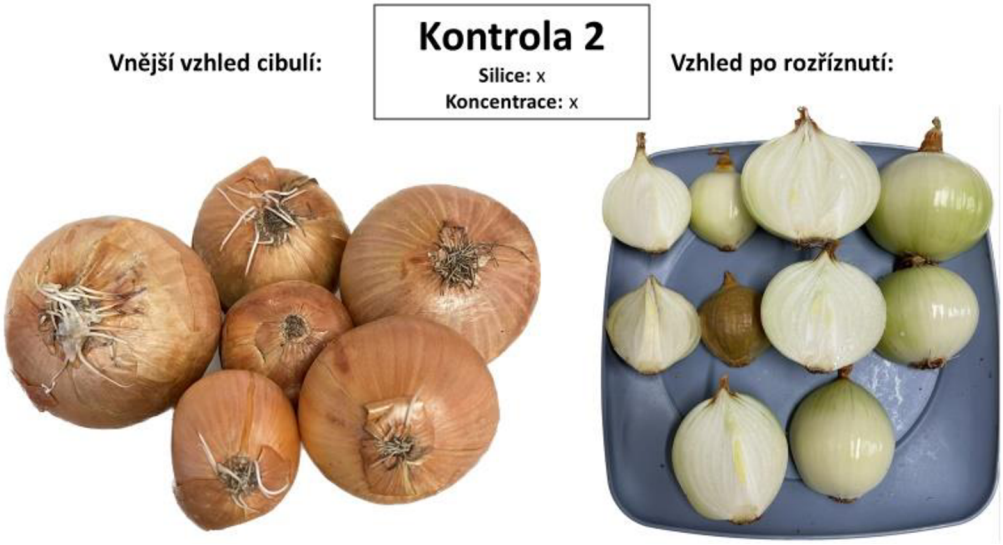
Obrázek 44 *Hodnocené cibule z pytle č. 23*



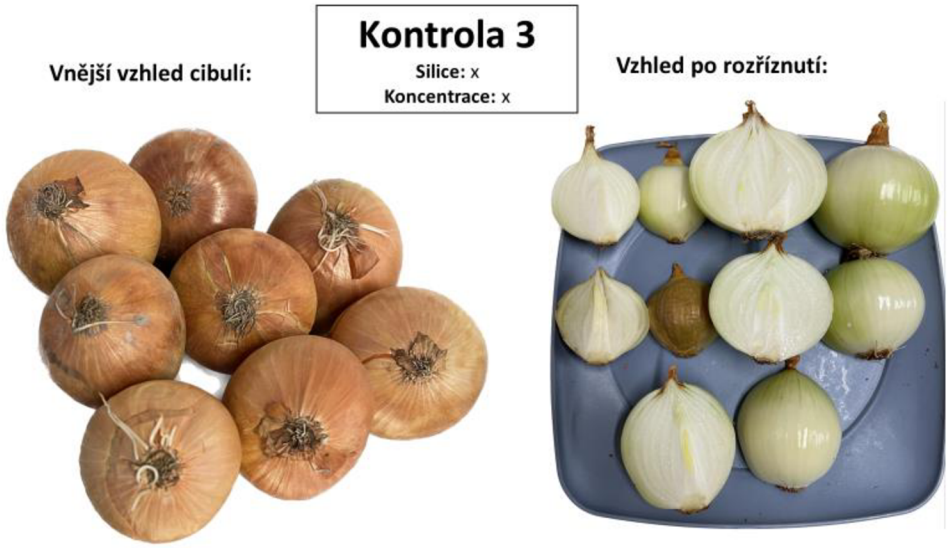
Obrázek 45 *Hodnocené cibule z pytle č. 24*



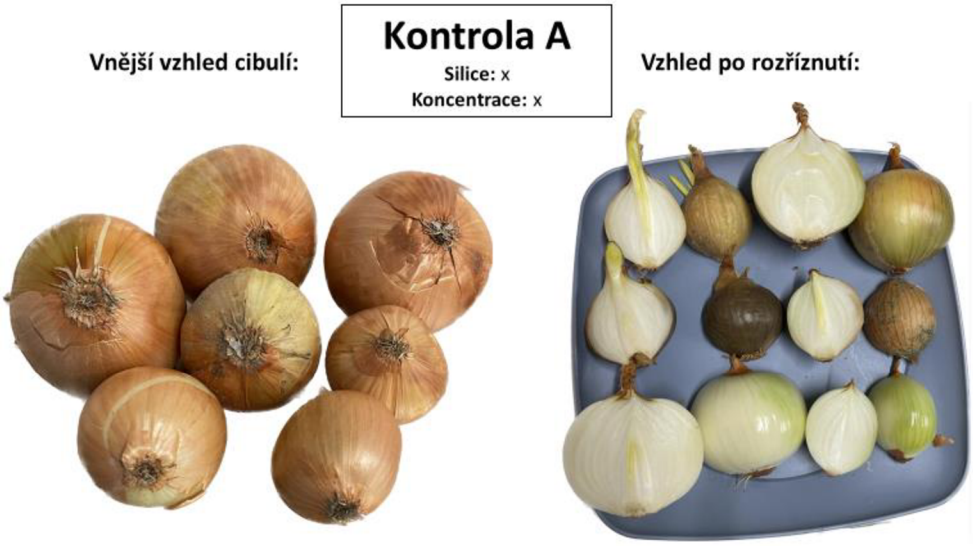
Obrázek 46 *Hodnocené cibule z kontrolního pytle č. 1*



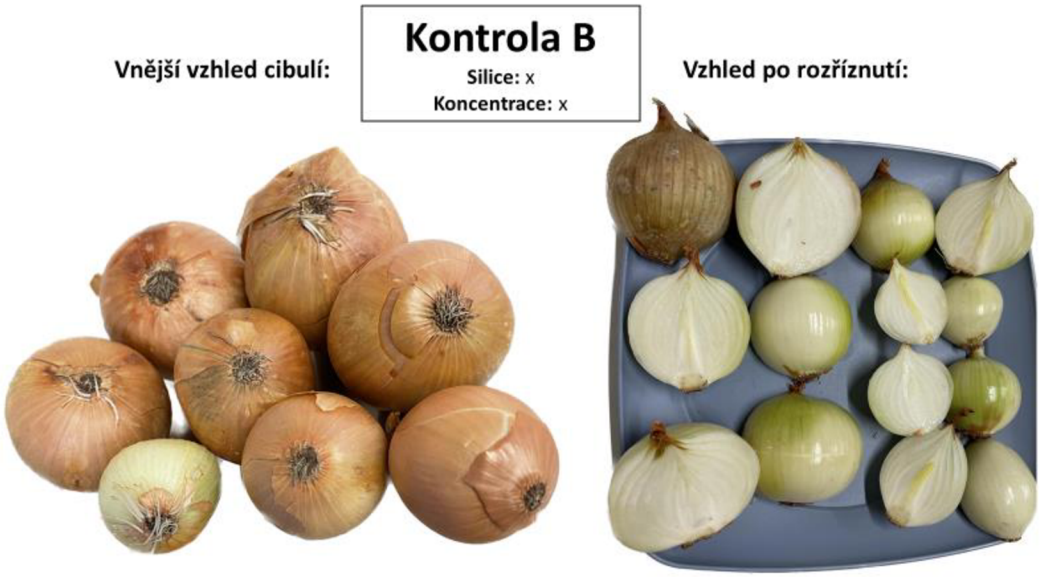
Obrázek 47 *Hodnocené cibule z kontrolního pytle č. 2*



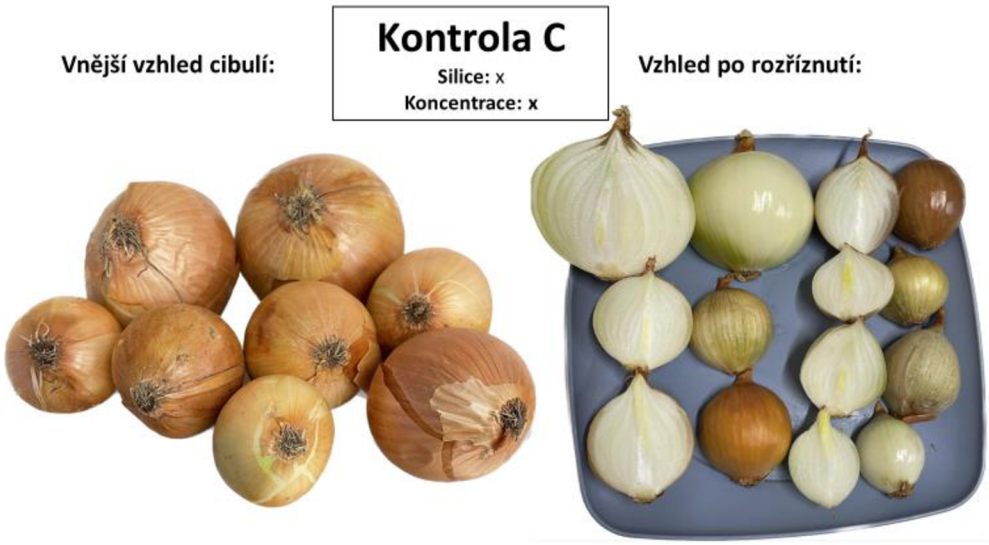
Obrázek 48 *Hodnocené cibule z kontrolního pytle č. 3*



Obrázek 49 *Hodnocené cibule z kontrolního pytle A*



Obrázek 50 *Hodnocené cibule z kontrolního pytle B*



Obrázek 51 *Hodnocené cibule z kontrolního pytle C*