

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality a bezpečnosti potravin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Inhibitory klíčení uskladněných brambor

Diplomová práce

Bc. Martina Řezanková

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Vedoucí práce: Ing. Matěj Božik, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Inhibitory uskladněných brambor“ 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 21. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Matěji Božikovi, Ph.D, za vedení mé diplomové práce, za rady a čas, který mi během zpracování věnoval.

Můj další dík patří Ing. Kateřině Hankové za odborné konzultace a rady při psaní této závěrečné práce.

Tato práce byla vytvořena s finanční podporou Ministerstva zemědělství, Národní agentury pro zemědělský výzkum – projekt Biostore (QK21010064).

Inhibitory klíčení uskladněných brambor

Souhrn

Brambory (*Solanum tuberosum*) patří mezi jedny z nejdůležitějších zemědělských plodin. Spolu s pšenicí, rýží a kukuřicí se řadí mezi nejpěstovanější plodiny na světě. Již během skladování dochází u brambor ke klíčení, z tohoto důvodu se skladují při nízkých teplotách a před jejich uskladněním ve velkoskladech často dochází k ošetření hlíz.

Klíčení hlíz představuje pro pěstitele výzvu, kterou je nezbytné řešit, aby bylo možné minimalizovat ztráty a zachovat kvalitu sklizené úrody. Tradiční syntetické inhibitory klíčení, jako je chlorptofam jsou vystaveny rostoucímu tlaku evropské legislativy, což vede ke zvýšenému zájmu hledání účinné a ekologicky šetrné varianty.

Velmi slibně se v tomto ohledu jeví rostlinné silice, které jsou dobře známé zejména pro své antimikrobiální účinky a schopnost potlačení klíčení u brambor. Používání silic pro inhibici klíčení je známo již řadu let a v současné době jsou na trhu i komerčně dostupné přípravky. Mezi potenciální možnosti patří karvon, který je obsažený v kmínové silici a prokázal schopnost potlačit klíčení brambor. Nabízí se tedy jako atraktivní alternativa k syntetickým chemikáliím. Velmi nadějně se v této problematice jeví i silice z máty klasnaté (*Mentha spicata*), koriandru setého (*Coriandrum sativum*) a plodů pomerančovníku či citronovníku.

Experimentální část této práce zkoumala efektivitu karvonu při inhibici klíčení uskladněných brambor, přičemž se zaměřila na různé koncentrace karvonu a nosiče (piliny a bentonit). Brambory byly uskladněny po dobu 82 dní při pokojové teplotě, a následně byly podrobeny důkladnému pozorování a hodnocení různých parametrů, včetně hmotnostního úbytku, počtu klíčků a ztrát způsobených chorobami. Výsledné hodnoty byly zpracovány pomocí programů Microsoft Excel a Statistica 12.

Výsledky ukázaly, že nosič ovlivnil účinnost karvonu jako inhibitoru klíčení brambor. Nejlepší výsledky byly pozorovány u varianty, kde byly jako nosič použity piliny a koncentrace karvonu činila 20 %.

Tato zjištění podporují potenciální využití přírodních látek jako účinných prostředků pro zachování kvality brambor během skladování.

Věříme, že tato práce přispěje k rozvoji ekologicky šetrných postupů v zemědělství a poskytne cenné poznatky pro pěstitele brambor a výzkumnou komunitu zabývající se sklizní a skladováním zemědělských plodin.

Klíčová slova: brambory; karvon; klíčení; skladování; kmínová silice

Sprouting inhibitors of stored potatoes

Summary

Potatoes (*Solanum tuberosum*) are one of the most important agricultural crops. Together with wheat, rice and maize, they are among the most cultivated crops in the world. Potatoes already sprout during storage, which is why they are stored at low temperatures and the tubers are often treated before being stored in bulk storage.

Tuber sprouting is a challenge for growers that must be addressed in order to minimise losses and maintain the quality of the harvested crop. Traditional synthetic sprouting inhibitors such as chlorpropham are under increasing pressure from European legislation, leading to increased interest in finding an effective and environmentally friendly option.

Plant essential oils, which are particularly well known for their antimicrobial effects and their ability to inhibit sprouting in potatoes, show great promise in this respect. The use of essential oils for germination inhibition has been known for many years and commercially available products are currently on the market. Potential options include carvone, which is contained in cumin essential oil and has demonstrated the ability to inhibit sprouting in potatoes. It therefore offers an attractive alternative to synthetic chemicals. Essential oils from spearmint (*Mentha spicata*), coriander (*Coriandrum sativum*) and orange and lemon trees also show great promise.

The experimental part of this work investigated the effectiveness of carvone in inhibiting germination of stored potatoes, focusing on different concentrations of carvone and carrier (sawdust and bentonite). Potatoes were stored for 82 days at room temperature, and then subjected to close observation and evaluation of various parameters, including weight loss, number of sprouts and losses due to diseases. The resulting values were processed using Microsoft Excel and Statistica 12.

The results showed that the carrier affected the efficacy of carvone as a potato germination inhibitor. The best results were observed for the variant where sawdust was used as carrier and the carvone concentration was 20 %.

These findings support the potential use of natural substances as effective means to maintain potato quality during storage.

We believe that this work will contribute to the development of environmentally friendly agricultural practices and provide valuable insights for potato growers and the research community involved in crop harvesting and storage.

Keywords: potatoes; carvone; sprouting; storage; caraway oil

Obsah

1 Úvod	8
2 Vědecká hypotéza a cíle práce	9
3 Literární rešerše.....	10
3.1 Plýtvání potravinami	10
3.2 Klíčení brambor	11
3.3 Inhibitory klíčení.....	12
3.3.1 Chlorprofam (CIPC)	13
3.3.2 Maleinhydrazid	13
3.3.3 Etylen.....	13
3.3.4 1, 4 – dimetylnaftalen (1, 4 – DMN)	14
3.3.5 (3E)-dec-3-en-2-on	14
3.3.6 Rostlinné silice.....	15
3.3.7 Gel z aloe vera	20
3.3.8 Sorbenty.....	21
3.3.8.1 Bentonit	21
3.3.8.2 Piliny	22
3.3.8.3 Křemičitany	22
3.3.8.4 Uhlí.....	23
3.3.8.5 Papír.....	23
3.4 Skladování brambor	23
3.4.1 Teplota	23
3.4.2 Rosný bod a vlhkost vzduchu	24
3.4.3 Ztráty vzniklé skladováním	24
3.5 Skladování brambor v domácnosti.....	26
4 Metodika	28
4.1 Analýza dat.....	30
5 Výsledky.....	31
5.1 Popisná statistika.....	31
5.2 Hmotnost brambor	32
5.3 Počet oček a klíčků	33
5.4 Stanovení klíčků	35
6 Diskuze	38
7 Závěr	41

8 Literatura.....	42
--------------------------	-----------

1 Úvod

V dnešní době čelí naše planeta stále větším tlakům, a to jak v oblasti růstu populace, zajištění dostatku potravin, tak i ve využití zemědělské půdy.

Na jedné straně se moderní a vyspělý svět potýká s obezitou, nemocemi způsobenými nadměrnou konzumací jídla a potravinovým odpadem a na straně druhé s nedostatkem potravin a pitné vody pro obyvatele zemí s nižším materiálním blahobytem.

Plýtvání potravinami je v současné době velmi diskutovaným tématem. Přes dvě miliardy lidí na světě trpí nedostatečnou výživou a přibližně 800 milionů hladem. Data Statistického úřadu evropské unie (Eurostat) ukazují, že v přepočtu na jednoho obyvatele se v roce 2020 v Evropské unii vyhodilo 127 kg potravin. V roce 2021 bylo vyprodukováno 131 kg potravinového odpadu na jednoho obyvatele. Na tomto množství se z více než poloviny podílely domácnosti. Celosvětový průměr vyhozených potravin představuje 65 kg na jednoho obyvatele, přičemž by toto množství dokázalo zabezpečit stravu pro jednoho člověka na 18 dní. Mezi nejrychleji se kazící potraviny patří ovoce, zelenina a pečivo.

Brambory patří k nejčastěji pěstovaným plodinám na světě a při správném uskladnění je jejich konzumace možná po celý rok. Během špatného domácího skladování dochází u brambor ke ztrátám vody a k jejich klíčení, které je spojeno s hromaděním chlorofylu pod slupkou a akumulací solaninu v klíčcích. Tyto hlízy se stávají senzoričky neatraktivní a spotřebitelé je vyhazují.

Ve snaze zamezit ztrátám dochází po sklizni k ošetření hlíz. Ošetření je možné provést za pomoci syntetických inhibitorů klíčení jako je chlorprofam (CIPC), který už je v současné době v EU zakázán, maleinhydrazid či etylen.

V rámci hledání udržitelných a dlouhodobých řešení je kladen důkaz na vyvinutí alternativních inhibitorů klíčení. Velmi slibně se v této problematice jeví rostlinné silice, zejména pak silice kmínová, silice máty klasnaté a koriandru setého.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem diplomové práce bylo testování inhibičních účinků D-karvonu z kmínové silice na různých nosičích s možnostmi jejich využití v praxi, a to zejména při skladování brambor v domácích podmínkách. Byly připraveny různě koncentrované směsi karvonu, organického a anorganického nosiče a byly testovány jejich schopnosti inhibovat klíčení brambor při pokojových teplotách. Byl sledován počet a velikost klíčků, hmotnost brambor a jejich změny při pokojové teplotě.

Hypotéza: Různé sorbenty ovlivňují účinnost karvonu jako inhibitoru klíčení brambor skladovaných při pokojových teplotách.

3 Literární rešerše

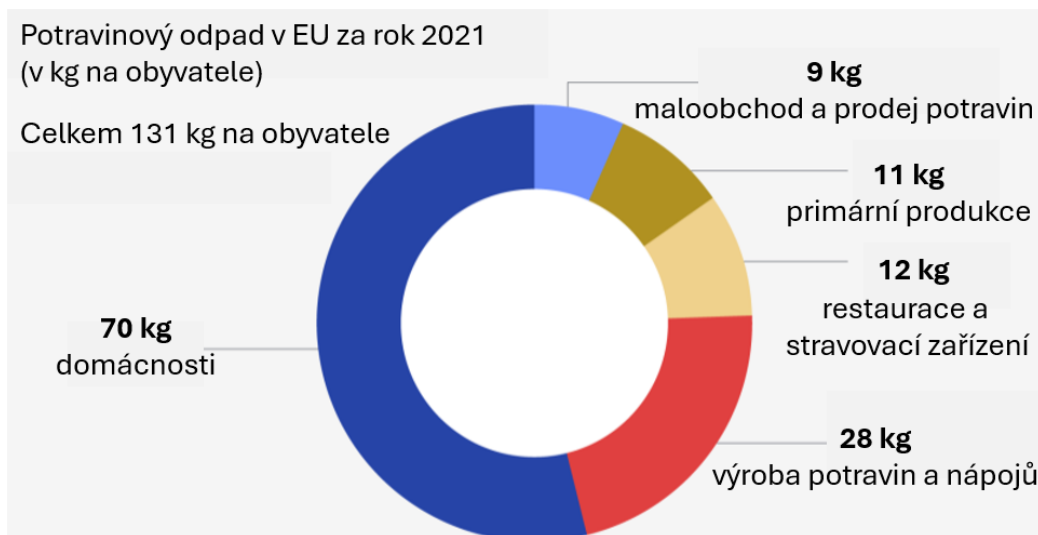
3.1 Plýtvání potravinami

V současné době čelí naše planeta stále větším tlakům, a to jak v oblasti zvyšujícího se populačního růstu, tak i ve změnách klimatu a využití půdy. Stále větší důraz je také kladen na hledání udržitelných a dlouhodobých řešení (Philippidis et al. 2019).

Přes dvě miliardy lidí na světě trpí nedostatečnou výživou a přibližně 800 milionů hladem v důsledku chudoby a nedostatečně rozvinutých potravinových systémů (Blas et al. 2018; Swinburn et al. 2019). Dle Chen et al. (2020) je celosvětově v průměru vyplýváno 65 kg potravin jednou osobou za rok, což odpovídá vyvážené stravě pro jednoho člověka na osmáct dní. Mezi nejčastěji vyhazované potraviny patří ovoce, zelenina a výrobky obilovin. Dále pak maso a mléčné výrobky. Data Eurostatu z roku 2022 ukazují, že během pandemie COVID 19 bylo v EU vyhozeno přibližně 127 kg potravin na obyvatele. V domácnostech bylo vytvořeno 55 % potravinového odpadu, což představuje 70 kg na obyvatele. Další 45 % tvořily ztráty v potravinovém řetězci. Avšak potravinový odpad z domácností představuje téměř dvojnásobek množství oproti prvovýrobě a výrobě potravinářských výrobků a nápojů, kde tvoří 14 kg a 34 kg na obyvatele. Restaurační a stravovací služby představují 12 kg potravinového odpadu na osobu. V roce 2021, který byl druhým rokem pandemie, bylo v EU vyprodukováno 131 kg potravinového odpadu na obyvatele (obrázek 1) (EUROSTAT 2020; EUROSTAT 2023).

Mezi udržitelná řešení v rámci plýtvání potravin můžeme zařadit zamezení a minimalizování potravinových ztrát. V září 2015 schválilo Valné shromáždění Organizace spojených národů Cíle udržitelnosti, které zahrnovaly vizi, jenž má do roku 2030 celosvětově snížit potravinový odpad na polovinu za jednoho obyvatele, a to jak na maloobchodní, tak i na spotřebitelské úrovni (Boschini et al. 2020; United Nations 2015). Evropská komise (EK) se sdělením COM/2025/0614 zavázala k dosažení cíle udržitelného rozvoje v Evropském akčním plánu pro oběhové hospodářství, který definuje plýtvání potravinami jako prioritu (EK 2015A).

V roce 2018 došlo k pozměnění směrnice o odpadech ES 2008a, která stanovuje povinné monitorování a podávání reportu o potravinovém odpadu členskými státy, a to ve dvou případech. Monitorování se týká výchozího stavu pro sledování dosažení cílů v oblasti minimalizování plýtvání potravinami a ve druhém kroku se zabývá pomocí při určení příslušných toků potravinového odpadu, jenž je potřeba zhodnotit z hlediska oběhového hospodářství (ES 2008a).



Obrázek 1: Potravinový odpad v EU (upraveno dle EUROSTAT 2023).

3.2 Klíčení brambor

Brambory byly domestikovány před více 8 000 lety v oblasti pohoří And v Jižní Americe, odkud se následně dostaly do Evropy a celé Asie. V současné době jsou brambory čtvrtou nejpěstovanější plodinou na světě, hned po kukuřici, rýži a pšenici (Boivin et al. 2020; FAO 2009). V roce 2010 bylo vypěstováno 333 milionů tun. Oproti tomu v roce 2019 bylo vyprodukováno už přes 370 milionů Mg brambor. Avšak až 25 % z celkové produkce může představovat v řetězci od sklizně po distribuci ztráty. Významnou roli v těchto ztrátách hraje klíčení, ke kterému dochází během skladování, a to především v teplých a vlhkých podmínkách (FAO 2019).

Po sklizni mohou brambory procházet tzv. fází předskladování neboli léčení. Během této fáze jsou skladovány při teplotě 10 až 15 °C při vlhkosti 95 % po dobu dvou týdnů. Tato fáze umožňuje zacelení a zahojení slupek, které mohly být během sklizně poškozeny. Po této fázi jsou brambory skladovány při nízkých teplotách na hromadách nebo v bednách po dobu několika týdnů až měsíců. Bezprostředně do sklizni jsou plody v přirozeném vegetačním stavu a nevyklíčí, doba tohoto klidu závisí na kultivarech, nicméně netrvá tak dlouho, jak by si potravinářský trh představoval (Boivin et al. 2020).

Dormance u rostlin je stav, ve kterém je růst rostliny snížen či pozastaven, a to i přesto, že jsou podmínky okolního prostředí příznivé (Campbell et al. 2008; Sonnewald & Sonnewald 2014). Období vegetačního klidu je u brambor charakterizováno absencí viditelného růstu klíčů, stejně tak i fyziologickou a hormonální kontrolou (Kleinkopf et al. 2003; Sonnewald & Sonnewald 2014). Klíčení brambor začíná na konci vegetačního období klidu nebo v případě, kdy je toto období přerušeno vnějšími faktory jako je teplota, výkyvy povětrnostních podmínek, především před koncem tohoto období, a virové choroby (Pareek 2016; Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod 2024). Klíčení brambor zahrnuje hromadění chlorofylu pod slupkou. Přítomnost chlorofylu je spojena s akumulací solaninu, což je alkaloid, který může být pro člověka toxický (FAO 2009).

Mezi nejkritičtější faktory regulující přerušení dormance se řadí skladovací teplota a vlhkost. Dle odborníků je skladování mezi 8–12 °C při relativní vlhkosti 85–90 % nejvhodnější a nejoblíbenější metodou pro udržení kvality brambor při skladování až 9 měsíců (Paul et al. 2016).

3.3 Inhibitory klíčení

Již během skladování brambor dochází ke ztrátám, a to především v důsledku úbytku vody, chorob či klíčení, které mění kvalitu brambor (Magdalena & Dariusz 2018). Klíčení modifikuje fyzikální vlastnosti brambor, tak že snižuje turgiditu, vyvolává scvrkávání a úbytek hmoty brambor (Alexandre et al. 2015; Sonnewald & Sonnewald 2014; Teper-Bamnlker et al. 2010). Předčasné klíčení také vede ke snížení nutričních a zpracovatelských vlastností (Alexandre et al. 2015; Suttle et al. 2016). Mimo to může vést až k produkci toxických látek jako jsou solanin a chakonin (Koffi et al. 2017).

Klíčení brambor během dlouhodobého skladování lze oddálit několika kroky. Je možné uskladnit odrůdu s dlouhým vegetačním obdobím, skladovat zeleninu při nízkých teplotách nebo aplikovat inhibitory klíčení. V roce 1951 byl na trh komerčně uveden chlorprofam (CIPC), který je považován za nejúčinnější látku, která potlačuje klíčení brambor. Tato látka se používá při posklizňovém ošetření a její mechanismus účinku spočívá v tom, že v buňkách inhibuje mitózu (Visse-Mansiaux et al. 2021). Podle studií umožňuje jedna či více aplikací 18–36 g CIPC na tunu brambor jejich skladování bez klíčení po dobu 5–12 měsíců při teplotě 8–12 °C (Corsini et al. 1979; Paul et al. 2016; Visse-Mansiaux et al. 2021). Aplikace CIPC však vyvolává obavy o bezpečnost potravin kvůli potencionálním chemickým reziduí, a proto v roce 2019 Evropská unie neobnovila licenci pro přípravky na ochranu rostlin, jež tuto látku obsahují (PROVÁDĚCÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2019/989: kterým se v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh neobnovuje schválení účinné látky chlorprofam a kterým se mění příloha prováděcího nařízení Komise (EU) č. 540/2011 (2019)).

Během aplikace CIPC v podobě mlhy vzniká tepelnou degradací 3-chloranilin. Jedná se o toxickou látku, která působí na hematopoetický systém a na ledviny (Arena et al. 2017). I přes to, že nebyla karcinogenita 3-chloranilinu prokázána, jeho strukturální podoba s 4-chloranilinem, jenž je karcinogen a genotoxine, vede k obavám (Boivin et al. 2020).

Nařízením Komise (EU) 2021/155 byl stanoven maximální limit reziduí (MLR) chlorprofamu v bramborách, jelikož údaje z monitoringu odhalily případnou kontaminaci hlíz, které byly skladovány v prostorách, kde byl CIPC již v minulosti používán. Nedávné výsledky ukázaly, že je možné dosáhnout nižšího MLR než 0,4 mg/kg u brambor, v důsledku toho byl nařízením komise (EU) 2023/377 stanoven MLR na 0,35 mg/kg (NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2023/377: kterým se mění přílohy II, III, IV a V nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005, pokud jde o maximální limity reziduí pro benzalkonium-chlorid (BAC), chlorprofam, didecyldimethylamonium-chlorid (DDAC), flutriafol, metazachlor, nikotin, profenofos, chizalofop-P, křemičitan sodno-hlinitý, thiabendazol a tria 2023).

3.3.1 Chlorprofam (CIPC)

Jedná se o nejnámější a nepoužívanější inhibitor klíčků od poloviny 20. století. Podle Boivin et al. (2020) zahrnovalo v roce 2020 až 90 % všech směsí, které byly aplikovány, v inhibičních přípravcích CIPC. Jediná aplikace tohoto inhibitoru dokáže eliminovat růst klíčků po dobu až 5 měsíců, a to díky tomu, že má schopnost zasáhnout do buněčného dělení (Kleinkopf et al. 2003).

Během mitózy zasahuje chlorprofam do procesu tvorby dělicího vřeténka a v důsledku toho dochází k potlačení buněčného dělení (Ashton & Crafts 1981). Proces klíčení a růstu klíčků vyžaduje intenzivní buněčné dělení a přítomnost CIPC ho omezuje, a tím dochází k omezenému růstu klíčků. Vaughn & Lehnen, Jr. (1991) uvádí, že v důsledku používání CIPC byla u rostlin zjištěna inhibice syntézy RNA a proteinů, potlačení transpirace a fotosyntézy.

3.3.2 Maleinhydrazid

Maleinhydrazid (hydrazid kyseliny jablečné) je možné jako inhibitor používat samostatně či v kombinaci s jinými látkami. Mechanismus účinku tohoto inhibitoru spočívá v inhibici DNA. Tím následně dochází k potlačení buněčného dělení (Corbett 1974).

Účinnost ošetření se ale liší v závislosti na kultivaru a také na načasování ošetření (Briddon & Stroud 2019; Saunders & Harper 2019). Dle Saunders & Harper (2019) je inhibitor více účinný u kultivarů, které mají delší období dormance. Vzhledem k faktu, že maleinhydrazid není těkavý, tak dokáže zajistit ochranu před klíčky i během skladování. Užití tohoto inhibitoru prokázalo potlačení růstu klíčků u všech testovaných kultivarů po 9 měsících pokusu, a to v kombinaci s CIPC. Podle Thoma & Zheljaskov (2022) může ošetření maleinhydrazidem snížit obsah cukru v bramborách. Některé studie ale naznačují, že léčba může naopak zvýšit obsah cukru (Gichohi & Pritchard 1995) či jeho obsah snížit a zlepšit barvu smažených brambor (Paterson et al. 1952; Sawyer & Dallyn 1958).

Nicméně další experimenty zase poukazují na to, že žádné rozdíly ve snižování koncentrace cukru v důsledku používání maleinhydrazidu neexistují a že jsou tyto účinky závislé na různých faktorech, jakým může být například kultivar (Caldiz et al. 2001; Sabba et al. 2009).

3.3.3 Etylen

Etylen je rostlinný hormon, který se v rostlinách účastní řady fyziologických procesů. Během skladování plodin může docházet kvůli působení etylenu k přezrání a tím i ke ztrátě kvality. V tomto případě se jedná o etylen, který je produkován endogenně, kdy rostlinnými pletivy (Martínez-Romero et al. 2007).

Dai et al. (2016) zkoumali vliv exogenního etylenu na klíčení brambor. Vzorky brambor byly rozděleny do třech skupiny M0, M1 a M2. První z nich byla kontrolní bez ošetření, druhá byla ošetřena exogenním etylenem o koncentraci 91,7 $\mu\text{l/l}$ a k poslední skupině byl přidán etylen v množství 199,3 $\mu\text{l/l}$. Tyto vzorky byly následně skladovány při 15 °C. První známky klíčení byly pozorovány za 4 dny, a to u skupiny M0 a M1, u skupiny M2 to bylo za 5 dní. Brambory ošetřené etylenem vykazovaly do 12. dne vyšší index klíčení.

Po 12 dnech došlo k nárůstům klíčků u skupiny M1, avšak během poslední kontroly, 24. den, byl index klíčení nejmenší u skupiny M2, která byla ošetřena koncentrací 199,3 $\mu\text{l/l}$.

Experimenty s etylenem naznačují, že jeho použití může potlačit, ale i zvýšit růst klíčků (Kleinkopf et al. 2003). Tyto odlišné výsledky jsou pravděpodobně zapříčiněny odlišnými kultivary brambor, koncentrací etylenu a načasováním ošetření (Thoma & Zheljaskov 2022). Krátkodobé ošetření by mohlo zkrátit délku dormance, nicméně kontinuální léčba by mohla vést k potlačení klíčků (Rylski et al. 1974). Mimo narušení dormance dokáže etylen ovlivnit také počet míst, ve kterých dochází ke klíčení (Yoshioka et al. 2001).

Použití etylenu jako inhibitoru pro růst klíčků by mělo být ale omezené, jelikož může způsobovat lehké hnědnutí během smažení, což není senzoričky atraktivní (Thoma & Zheljaskov 2022).

3.3.4 1, 4 – dimetylnaftalen (1, 4 – DMN)

1, 4 – dimetylnaftalen (1, 4 - DMN), se přirozeně vyskytuje v bramborách, jedná se o regulátor růstu. Tato sloučenina je také zodpovědná za chuť a vůni pečených brambor. Molekula byla izolována ze slupek brambor a poté syntetizována za účelem regulace růstu rostlin. 1, 4 – DMN potlačuje produkci klíčků a etiolizovaný vývoj u hlíz, které jsou skladovány, čímž je prodloužena doba uchovávání (Campbell et al. 2012; Campbell et al. 2020).

Meigh et al. (1973) uvádí, že 1, 4 – a 1, 6 – DMN, jež se uvolňují ze skladovaných hlíz, byly identifikovány jako silné inhibitory klíčení. Jejich aktivita je srovnatelná s komerčně prodáváním přípravkem CIPC. Jelikož se ale jedná o přirozeně se vyskytující látku v hlízách brambor, předpokládá se, že potlačuje vývoj klíčků a to tak, že dochází k prodloužení endogenních podmínek vegetačního klidu (Campbell et al. 2012; Richard Knowles et al. 2005). Studie, která byla provedena na změnách transkripčních profilů meristémů, které byly izolovány z hlíz po ošetření 1, 4 – DMN ukázala, že aktivní látka modifikuje geny podílející se na udržování G1/S fáze, s největší pravděpodobností za simulace inhibitorů buněčného cyklu (Campbell et al. 2012).

Nejnovější studie ukazují, že citlivost na 1,4 – DMN se mění s tím, jak uskladněné brambory stárnou (Campbell et al. 2020).

3.3.5 (3E)-dec-3-en-2-on

SmartBlock je někdy označován jako biopesticid, což znamená, že se jedná o chemickou látku, která má minimální škodlivé dopady na životní prostředí. Aktivní sloučeninou je (3E)-dec-3-en-2-on. Jedná se o aromatický keton, který je produkován vyššími rostlinami (Knowles & Knowles 2012; Takeoka et al. 1990).

Přípravek SmartBlock je aplikován pomocí tepelného zamlžování, a to především u čerstvé hlízy. Zajišťuje rychlé vypálení klíčků u čerstvých brambor, aniž by byla, jakkoliv zhoršena kvalita hlíz (Paul et al. 2016).

V rámci posklizňového ošetření brambor má SmartBlock jedinečný mechanismus, tzv. vyhoření klíčků. Při aplikaci ve formě horké či studené mlhy se aktivní látka snadno odpařuje a zároveň poškozují meristematické tkáně rychle rostoucích klíčků. β -nenasycené ketony,

kteře se ve SmartBlocku nacházejí, jsou elektrofilny s karbonylovými a konjugovanými vazbami, které vytváří adukty s buněčnými aminoskupinami a sulfhydrylovými skupinami, jeňž se nachází v proteinech a DNA. Tyto adukty jsou toxické a pro rostlinná pletiva smrtelné. Bylo také dokázáno, že aktivní sloučenina (3E)-dec-3-en-2-on indikuje narušení vnitřních buněčných struktur a rychlé vysychání klíčků hlíz (Gumbo et al. 2021).

Druhým mechanismem účinku je u SmartBlocku indukce částečného zvýšení respirace, které je zodpovědné za mobilizaci dostupných redukujících cukrů předtím, než intenzita dýchání klesne na úroveň hlíz, které jsou ve fázi dormance (Immaraju 2020).

V EU není tato látka zatím povolena. V současné době probíhá hodnocení rizik a dle EFSA byla prokázána schopnost SmartBlocku inhibovat klíčení a do budoucna se tak může jednat o významnou alternativu vůči konvenčním přípravkům potlačujících klíčení u brambor (European Food Safety Authority 2015; Visse-Mansiaux et al. 2021).

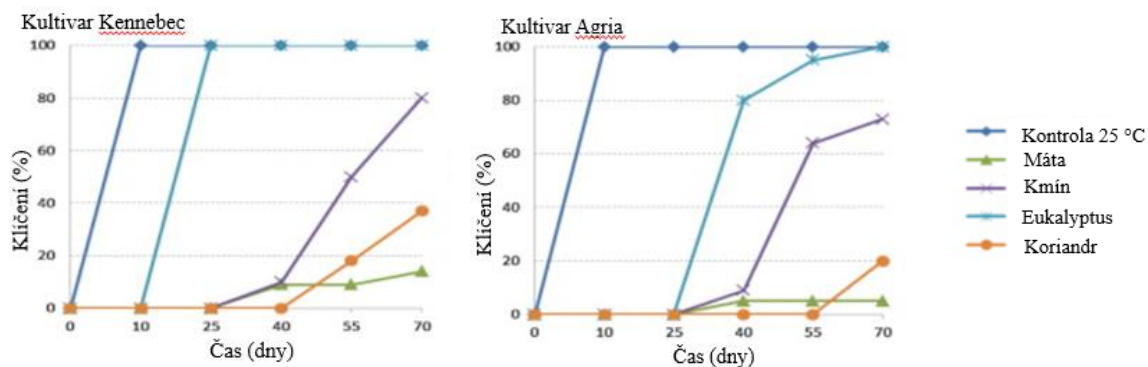
3.3.6 Rostlinné silice

Silice jsou vysoce koncentrované a komplexní směsi složek, které rostliny produkují ve formě sekundárních metabolitů. Mohou se vyskytovat ve všech částech rostlin. (Tongnuanchan & Benjakul 2014). Silice se skládají především ze seskviterpenů a fenylypropanoidů, které jsou dobře známy pro své antimikrobiální účinky a vlastnosti potlačující klíčení (Toxopeus & Bouwmeester 1992).

Používání rostlinných silic pro potlačování klíčků ekologickou cestou u brambor je známé již několik let a k dispozici jsou i komerčně dostupné produkty. Podmínky skladování brambor se ale liší v závislosti na použití a konečném trhu. Účinnost silic dále závisí také na teplotě, při které jsou brambory skladovány a aplikaci. Z důvodu oddálení či minimalizování klíčení brambor, jsou brambory pro spotřebitelský trh skladovány ve tmě při teplotách 3–7 °C a při relativní vlhkosti 85–90 % (Shukla et al. 2019). I přes to, že jsou teploty při inhibici klíčků účinné samy o sobě, nestačí k tomu, aby po uskladnění, které přesáhne 6 měsíců či déle, zabránili prodlužování klíčků. Jakmile se brambory dostanou do obchodu, jsou umístěny v teplejším prostředí. Z tohoto důvodu je zapotřebí používat k ošetření brambor látky, které jsou schopny potlačovat klíčení během delšího skladování, a i nějaký čas po něm (Thoma & Zheljzkov 2022).

Gómez-Castillo et al. (2013) prováděli experiment, ve kterém zkoumali a porovnávali účinky silic na inhibici klíčení. Byly porovnávány silice z kmínu setého, máty peprné, koriandru setého a blahovičnicku kulatoplodého, též známého jako eukalyptus.

Z testovaných silic byla zjištěna nejvyšší míra inhibice klíčení u máty peprné a koriandru. Inhibice klíčků dosahovala 65–95 % v porovnání s kontrolou (obrázek 2).



Obrázek 2: Porovnání inhibice rostlinných silic v závislosti na kultivaru brambor (upraveno dle Gómez-Castillo et al. 2013).

Thoma et al. (2022) zkoumali potenciál rostlinných silic jako inhibitorů klíčení u skladovaných brambor při pokojové teplotě. Jako nejúčinnější silice pro eliminaci klíčení byla vyhodnocena citronová tráva, která potlačila klíčení po dobu 90 dní. Dále bylo zjištěno, že působením silic myrty obecné a kajeputu došlo k významnému zkrácení klíčku v porovnání s kontrolou. U těchto silic nebyl prokázán vliv na snížení počtu klíčků.

Mezi další výhody rostlinných silic patří také snížení rychlosti akumulace redukujících cukrů ve skladovaných hlízách, které jsou zodpovědné za hnědnutí ve zpracovaných bramborových výrobcích (Santos et al. 2019). Mezi další pozitiva bezpochyby patří bezpečnost silic. Jelikož tyto sloučeniny pocházejí z přírodních zdrojů a jsou biologicky odbouratelné, a tak pro lidský organismus nepředstavují žádné nebezpečí (Gumbo et al. 2021).

Bioaktivita rostlinných silic zodpovědná za klíčení hlíz u brambor je z části připisována různorodému zastoupení monoterpenů. Bylo popsáno, že monoterpeny narušují integritu membrány v důsledku své lipofilní povahy (Teper-Bamnlker et al. 2010; Yap et al. 2021).

Teper-Bamnlker et al. (2010) uvádí, že během experimentu, který prováděli, byla na hlízy brambor aplikována mátová silice pomocí mlžného zařízení a došlo tak k inhibici klíčení a zároveň k nekrotickým změnám v meristémích bez viditelného poškození slupek. Tyto změny jsou vysvětlovány poškozením pletiva apikálních pupenů.

Monoterpeny mohou ovlivnit i syntézu fytohormonů a jejich aktivitu k potlačení klíčení. Bylo zjištěno, že inhibice růstu klíčků vyvolána účinkem 1,8-cineolemu je zajištěna změnou genové exprese klíčového metabolismu giberelinů – fytohormonů, jež jsou zodpovědné za vývojové procesy rostliny, a to v důsledku jejich zhoršenou biosyntézou a sníženým obsahem (Suttle et al. 2016).

Některé rostlinné silice mají schopnost inhibovat klíčení brambor. Monoterpen karvon, který se nachází v semenech kmínu (*carvum carvi*) a je také jednou z aktivních složek rostlinné silice máty (*Mentha spicata* a *Mentha piperita*) prokázal inhibiční účinky na klíčení brambor během jejich skladování (Curutchet et al. 2014; Decarvalho & Dafonseca 2006; Hartmans et al. 1995).

Existují dvě formy tohoto monoterpenu. Jedná se o konformaci D-karvonu (S-kavonu) a L-karvonu (R-karvonu). D-karvon má vůni kmínu či kopru a jedná se o hlavní složku těchto

roślin. L-karvon má nasládlou vůni a nachází se především v mátě klasnaté (*Mentha spicata*).

Karvon je možné získat extrakcí rostlin, případně chemickou a biotechnologickou syntézou (Decarvalho & Dafonseca 2006).

Studie, kterou prováděl Geng et al. (2023) ukazuje, že inhibice klíčení u *Ipomoea batatas* (batáty) je závislá na koncentraci karvonu. Zatímco brambory neošetřené nebo ošetřené karvonem o koncentraci 50 μl a 100 μl v nádobách o objemu 23 litrů vyklíčily po 4, 7, 12 a více než 20 dnech pokusu, tak u *Ipomoea batatas* ošetřené karvonem o koncentraci 200 μl v 23 litrové nádobě nevyklíčily ani po 14 dnech skladování. Kontrolní vzorek neošetřených brambor začal klíčit již během čtyř dnů při teplotě 30 °C (obrázek 3).



Obrázek 3: Porovnání klíčení batátů skladovaných bez ošetření s hlízkami, které byly ošetřeny karvonem (Geng et al. 2023).

Kvůli prozkoumání účinku ošetření karvonem byly klíčky brambor > 0,5 cm ošetřeny a skladovány 3 dny při teplotě 30 °C. Ukázalo se, že nevratné změny na membráně byly pozorovány už po 24 hodinách (obrázek 4). Karvon také prokázal antibakteriální účinek, kdy ošetřené brambory vykazovaly méně ztrát v důsledku napadení plísní (Geng et al. 2023).



Obrázek 4: Výsledek ošetření karvonem v průběhu tří dnů (Geng et al. 2023).

Gumbo et al. (2023) prováděl studii, při které porovnával účinky výparů S-karvonu, kmínové silice, 1,4 dimetylnaftalenu (1,4-DMN) či působení 25% gelu z aloe vera. Testované látky potlačující klíčení byly sledovány po dobu 10 týdnů při teplotě 25 ± 1 °C ve vztahu ke kontrole. Do vyhodnocení se zahrnovalo procento klíčků brambor, počet klíčků na bramboru, úbytek na hmotnosti, délka a tloušťka klíčků a anatomické rysy klíčků. Výsledky studie ukázaly, že ošetření brambor se v účinnosti významně lišila ($p < 0,05$), a to v následujícím pořadí: kmín > S-karvon > aloe vera gel > 1,4-DMN. Během skladování a následného klíčení došlo u skupiny s kmínem k hmotnostnímu úbytku pouze 5 a < 40 % za 10 týdnů. U kontrolní skupiny byl pokles hmotnosti > 60 % a k vyklíčené došlo za poloviční čas.

S-karvon, stejně tak i R-karvon mají silnou inhibiční biologickou aktivitu na klíčení brambor. Nicméně S-karvon inhibuje také růst bakterií a plísní jako jsou druhy *Fusarium* a *Rhizoctonia*, čímž představuje řadu dalších výhod při skladování (Gumbo et al. 2021).

Mechanismus účinku potlačení klíčení, který S-karvon využívá není ještě zcela objasněn. Předpokládá se ale, že monoterpen ovlivňuje klíčení hlíz tak, že zasahuje do metabolismu isoprenoidů. Mevalonátová dráha, která využívá enzym 3-hydroxy-3-methylglutaryl koenzym A reduktázu (HMG-CoA) se podílí na procesu, jenž zabraňuje růstu klíčků (Gómez-Castillo et al. 2013). S-karvon pravděpodobně potlačuje aktivitu HMG-CoA reduktázy během klíčení tím, že ovlivňuje její expresi na posttranslační úrovni (Oosterhaven et al. 1993).

Další model mechanismu pracuje s teorií inhibice isoprenoidní dráhy 2-C-methyl-D-erythritol 4-fosfátu (MEP), která ovlivňuje mevalonátovou dráhu a metabolismus isoprenoidů blokováním proteinů. S-karvon blokuje MEP dráhu, která je potřebná pro kaskádu signálů (Huchelmann et al. 2014). Hlavní rolí mevalonátové dráhy je poskytovat metabolity, které jsou nezbytné pro biosyntézu hormonů, jež jsou klíčové pro růst rostlin. (Gumbo et al. 2021).

Při experimentu, ve kterém byl zkoumán účinek silice na inhibici klíčení brambor byla používána silice z máty klasnaté, která obsahuje 51–73 % karvonu. V tomto pokusu byl zaznamenán výrazný pokles klíčení a také úbytek hmotnosti u hlíz různých odrůd brambor, které byly skladovány po dobu 6 měsíců (Teper-Bamnlker et al. 2010).

Podle studie (Saunders & Harper 2019) dokáže silice z máty klasnaté potlačit klíčení hlíz již při 4,5 °C. Opakované ošetření touto silicí dokázalo potlačit klíčení po dobu 9 měsíců skladování. Ve druhé části experimentu se Saunders & Harper (2019) zabývali aplikací silice máty klasnaté v kombinaci s ošetřením pomocí etylenu. Zjistili, že v průběhu 9 měsíců využili v kombinaci s ethylenem jen poloviční počet aplikací silice v porovnání s variantou, kdy byla aplikována pouze silice z máty klasnaté.















Kmínová silice obsahuje 50–60 % karvonu. U brambor skladovaných při teplotě 5–7 °C a ošetřených touto silicí bylo pozorováno potlačení růstu klíčků. Studie prokázala, že opakovaná aplikace karvonu inhibovala růst klíčků stejně účinně jako CIPC, a to po dobu až 274 dní. Nejvyšší koncentrace reziduí byla zaznamenána pod slupkou brambor a odpovídala aplikované koncentraci. Po oloupání a uvaření nebyly zaznamenány žádné odchylky od standardní chutě brambor (Gómez-Castillo et al. 2013).

Hřebíčková silice obsahuje až 85 % eugenolu. Santos et al. (2019) uvádí, že během experimentu byly u hlíz, které byly ošetřeny eugenolem pozorovány účinky, které byly zodpovědné za snížení rychlosti růstu klíčků. Dále bylo zjištěno, že došlo k významnému zkrácení délky klíčků, a to téměř o 44 % ve srovnání s kontrolou. Snížení rychlosti klíčení prodlužuje dobu, po kterou mohou být hlízy skladovány. Nicméně inhibice klíčení nebyla u této silice pozorována.

Goodarzi et al. (2017) prováděl experiment, v němž byl zkoumán účinek rostlinné silice z koriandru setého na inhibici klíčení hlíz brambor. Při pokusu byla testována silice o koncentraci 0, 0,5, 1, 2 a 4 $\mu\text{l/l}$, a to v časových intervalech 2, 4 a 6 týdnů. Po vyhodnocení výsledků bylo zjištěno, že aplikace této silice s koncentrací 2 $\mu\text{l/l}$ dokáže potlačit klíčení hlíz po dobu až tří měsíců. Při koncentraci 4 $\mu\text{l/l}$ nedošlo k významnému zvýšení inhibičního účinku, nicméně při použití koncentrace 0,5 $\mu\text{l/l}$ bylo zjištěno, že v porovnání s kontrolou došlo ke stimulaci klíčení. K největšímu potlačení klíčení došlo u varianty s koncentrací 2 $\mu\text{l/l}$ a aplikací každé 4 týdny. V porovnání s CIPC ale nebyl inhibiční účinek této silice tak výrazný.

Silice z koriandru byla také sledována ve studii Gómez-Castillo et al. (2013). Hlízy kultivarů Agria a Kennebec byly po 7 kg umístěny do plastového boxu, kde byly skladovány 7 dní ve tmě při teplotě 25 °C a 90% relativní vlhkosti. Pro ošetření byla použita koncentrace páry 230 ml/l. Vedle koriandru byl ve studii sledován i eukalyptus či máta peprná a kmín setý. Pro ošetření eukalyptem byla použita stejná koncentrace jako u koriandru. Pro mátu a kmín byla použita koncentrace páry 155 ml/l.

Míra inhibice klíčení byla u silice z koriandru setého a máty peprné stanovena v rozmezí 65-95 % vzhledem ke kontrole. Vědci uvádí, že účinek kmínové silice nedosahoval takového potlačení klíčení jako u výše zmíněných silic a u silice z eukalyptu nebyl zjištěn žádný účinek (obrázek 5). Autoři uvádí, že inhibiční účinek rostlinných silic je závislý na odrůdě brambor Gómez-Castillo et al. (2013).

Ošetření	AGRIA	KENNEBEC
Kontrola 25 °C		
Máta		
Kmín		
Eukalyptus		
Koriandr		
Kontrola 8 °C		
CIPC		

Obrázek 5: Vzhled odlišně ošetřených hlíz po 70 dnech skladování (upraveno dle Gómez-Castillo et al. 2013).

Tabulka 1: Silice potlačující klíčení brambor (tabulka autorky).

Rostlina	Část rostliny	Dominantní silice	Přípravek
<i>Mentha spicata</i>	Květ	R - karvon	Biox M
<i>Carum carvi</i>	Plod	S - karvon	Talent
<i>Citrus sinensis</i>	Plod	Limonen	ARGOS®
<i>Coriandrum sativum</i>	Plod	Linalol	Celá silice
<i>Syzygium aromaticum</i>	Květní poupata	Eugenol	Celá silice
<i>Eucalyptus globulus</i>	Listy	1,8-cineol	Celá silice

3.3.7 Gel z aloe vera

Z důvodu unikátního nutričního profilu je aloe vera široce používána v potravinářském i zdravotnickém průmyslu (Ul Hasan et al. 2021).

Jedlé obaly obsahující gel z aloe vera byly nedávno navrženy jako široce dostupné a cenově přijatelné látky, které potlačující klíčení u skladovaných brambor (Thoma &

Zheljazkov 2022). Tyto gely jsou považovány za potenciálně bezpečné konzervační technologie při skladování ovoce a zeleniny (Lin & Zhao 2007). Jedná se o konzervační technologii, kdy je aplikována tenká vrstva okolo zemědělské plodiny (Jodhani & Nataraj 2021).

Vědci uvádí, že ve formě jedlého povlaku je potenciál pro zvýšení trvanlivosti čerstvého ovoce díky jeho organickému původu (Ul Hasan et al. 2021; Jodhani & Nataraj 2021). Tenký nános tohoto materiálu omezuje přenos plynů a díky tomu dochází k prodloužení skladovatelnosti potravin, zadržování vlhkosti a snižuje se tak i ztráta hmotnosti (Chitravathi et al. 2014; Mahajan et al. 2014). Jodhani & Nataraj (2021) uvádí, že gel z aloe vera zpomalil také projev vizuálních nedostatků, které činí plodiny pro zákazníky méně atraktivní a jsou spojovány s nižší kvalitou.

Murigi et al. (2021) uvádí, že porovnáním výsledků získaných ve studiích, lze vyčíst potenciální efekt a přínos testování gelu pro použití potlačení klíčení u skladovaných brambor. Bylo zjištěno, že jedlé povlaky zabraňují úbytku hmotnosti tak, že snižují ztrátu vlhkosti a udržují pevnost ovoce, snižují dýchání, zpomalují oxidační hnědnutí a inhibují mikrobiální růst v různých druzích ovoce a zeleniny (Murigi et al. 2021; Ul Hasan et al. 2021).

Odborníci se však shodují, že neexistují téměř žádné údaje o využití gelu z aloe vera jako látky, která by dokázala potlačit klíčení či o její aplikaci na kultivary brambor pro prodloužení trvanlivosti hlíz (Gumbo et al. 2021; Thoma & Zheljazkov 2022).

3.3.8 Sorbenty

Adsorbenty jsou pevné látky, na jejichž povrchu dochází a adsorpci, tedy samovolnému zvyšování látek v oblasti fázového rozhraní, které vede ke snížení povrchové energie. Tyto látky musí mít dostatečně velký a porézní povrch.

Absorpce je děj, při kterém molekuly jedné fáze pronikají do celého objemu druhé fáze. U tuhých látek se může jednat o proniknutí mezi atomy krystalové mřížky. Sorpce je komplexní proces, při kterém dochází k adsorpci i k absorpci. (Bartovská & Šišková 2005).

3.3.8.1 Bentonit

Bentonitový jíl je jedním z nejstarších jílů, jaké lidstvo zná. Jedná se o horninu, která vzniká zvětváním matečné horniny z čediče. Má velmi dobrou sorpční schopnost a vysokou schopnost výměny kationtů. Bentonit dokáže při kontaktu s vodou zvětšovat svůj objem (Kopeček 2022).

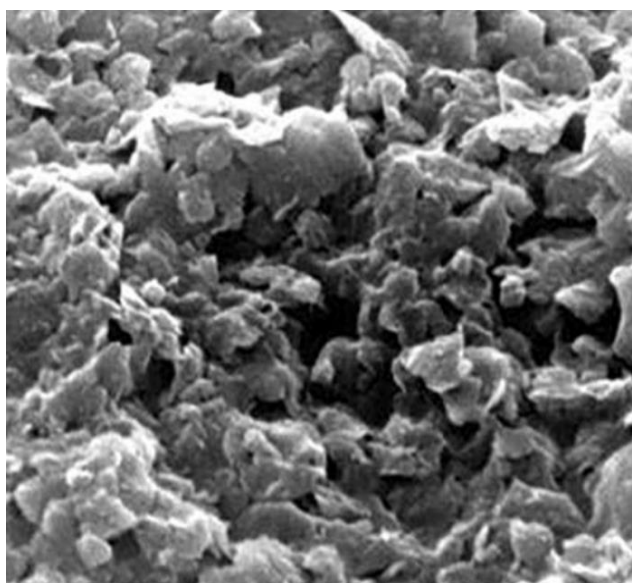
Borah et al. (2022) uvádí, že v posledních letech tento jíl nabýval na popularitě, a to díky jeho fyzikálně-chemickým vlastnostem. Bentonit má velký obsah povrchu díky struktuře montmorillonit (obrázek 6). Jedná se o seskupení minerálů, které se vytvoří po vysrážení z vodního roztoku jako mikroskopické krystalky. Bylo zjištěno, že vyšší funkční schopnosti bentonitu lze docílit zvýšením celkového počtu těchto krystalků.

3.3.8.2 Piliny

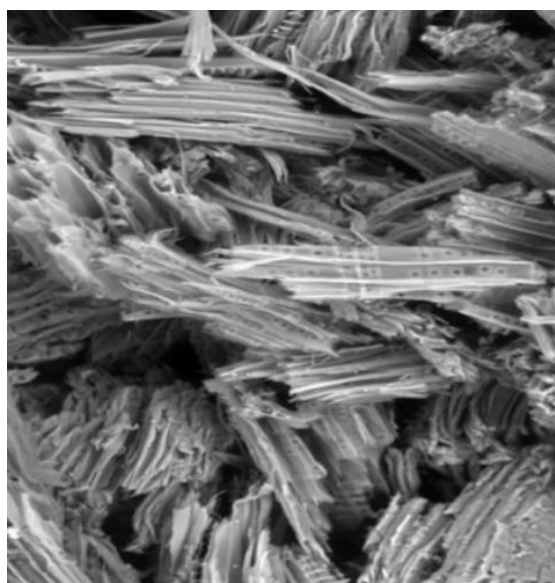
Velkou pozornost mezi zkoumanými sorpčními materiály zaujímají zemědělské odpadní materiály, jelikož představují nevyužité zdroje a v mnoha případech se spíše jedná o problémy s likvidací (Memon et al. 2008) Mnoho vedlejších produktů nemá téměř žádnou ekonomickou hodnotu a jsou produkovány ve velkém množství jako je tomu u pilin.

V případě pilin se jedná o nejatraktivnější odpadní produkt, který je možné využít jako sorbent. Mezi další diskutované sorbenty patří i slupky arašídů, ječná sláma či mechová rašelina (Memon et al. 2008; Singh et al. 1993).

Studie, kterou prováděl Shukla et al. (2002) prokázala, že piliny jsou nejslibnějším adsorbentem při odstraňování těžkých kovů, barviv a dalších nežádoucích látek z odpadních vod. Adsorpce je ovlivňována celou řadou faktorů, jako je povrch sorbentu (obrázek 7) dávka sorbentu a doba kontaktu mezi sorbentem a danou látkou. Adsorpce se zvyšuje se zvyšující se dávkou sorbentu a dobou kontaktu.



Obrázek 6: Struktura bentonitu pod mikroskopem, zvětšeno 200 x (El-Enein et al. 2020).



Obrázek 7: Struktura pilin pod mikroskopem, zvětšeno 200 x (Eltyeb 2010).

3.3.8.3 Křemičitany

Jako další sorpční materiály jsou zkoumány křemičitany. Alharthi & El-Magied (2021) uvádí, že v současné době roste poptávka o nalezení sorbentů, které budou schopny odstranit radionuklidy z přírody. Velmi slibně se pro tento účel jeví hlinitokřemičitanový kompozit, který je vyráběn ze strusky, vedlejšího produktu z železářských a ocelářských provozů. Tento sorpční kompozit se skládá především z kyslíku, křemíku a hliníku, jako stopové prvky jsou obsaženy titan, železo či vápník.

3.3.8.4 Uhlí

Uhlí je přírodním materiálem, který má mikroporézní pórovitou strukturu. Tento materiál vykazuje vysokou sorpční afinitu k plynům, jako je oxid uhličitý a metan, které souvisejí s uhelnými ložisky (Godyń et al. 2020). Jako další alternativy jsou testovány různé sorbenty na bázi uhlí, jako je lignit (hnědé uhlí) či bituminózní uhlí (Venkata Mohan et al. 2002).

3.3.8.5 Papír

Z ekonomického a ekologického hlediska je využití odpadních materiálů z výroby ideálním řešením. Při experimentu se Demirel Bayık & Altın (2017) zabývali zpracováním celulózového odpadu z papírenského průmyslu a následnou výrobou sorbentu pro čištění a odstranění ropných skvrn. Po fyzikální úpravě, která vedla ke zvýšení povrchu byl z odpadu papírenského průmyslu vyroben levný a účinný sorbent.

3.4 Skladování brambor

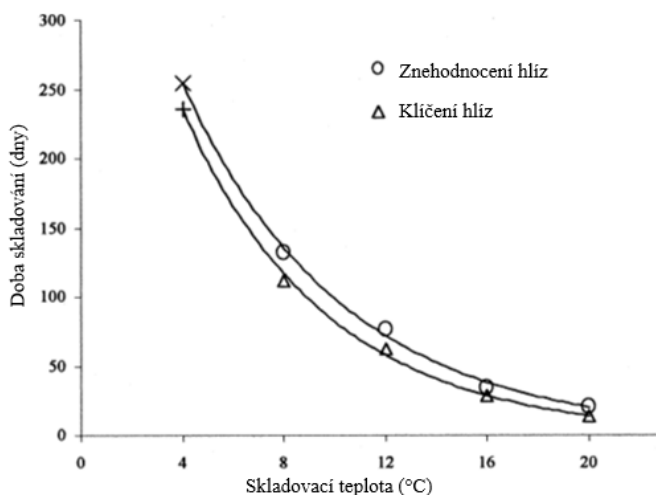
Faktory, jež jsou zodpovědné za ovlivnění uskladněných brambor jsou především teplota, výměna vzduchu mezi hlízami a okolním prostředím, odvod oxidu uhličitého a vody, které při dýchání hlíz vznikají. Dále se také důležité zohlednit kultivar a zralost skladovaných hlíz (Krochmal-Marczak et al. 2020; Mayer & Hausvater 2013).

3.4.1 Teplota

Vizuální kvalita brambor je výsledkem kombinací faktorů, které činí hlízy pro spotřebitele atraktivní. V závislosti na teplotě může u skladovaných brambor docházet ke změně struktury a tím k nižší atraktivitě u spotřebitelů (Laza et al. 2001).

Nourian et al. (2003) prováděli experiment, kdy sledovali dobu klíčení brambor, které byly skladovány při různých teplotách. Pokus ukázal, že skladováním při nižší teplotě dochází k oddálení klíčení. Hlízy byly skladovány při teplotě 20 °C, 16 °C, 12 °C, 8 °C a 4 °C, přičemž první známky klíčení byly pozorovány při skladovací teplotě 20 °C po 14 dnech od založení pokusu. Se snižující teplotou docházelo k oddálení začátku klíčení (obrázek 6). Během experimentu, který trval 135 dní nebyly u hlíz, které byly skladovány při teplotě 4 °C pozorovány žádné klíčky. Delší doba klíčení při skladování za nižších teplot, lze vysvětlit tím, že teplota hraje důležitou roli při procesech růstu, jež jsou zabezpečeny pomocí enzymů či proteinů (Murigi et al. 2021).

Kažení brambor během skladování vykazovalo stejný trend jako teplota, tj. se zvyšující se teplotou docházelo k poškození hlíz během kratší doby (Nourian et al. 2003).



Obrázek 8: Klíčení a kažení hlíz v závislosti na teplotě (upraveno dle Nourian et al. 2003).

3.4.2 Rosný bod a vlhkost vzduchu

Pokud dojde k nasycení vodních par, které jsou obsaženy ve vzduchu, nastává tzv. rosný bod. Jedná se o teplotu, kdy dochází ke kondenzaci těchto nasycených par. Jestliže ke zkapalnění par dochází na skladovaných bramborách, může v důsledku toho docházet k rozvoji skládkových chorob (Mayer & Hausvater 2013).

Mayer & Hausvater (2013) uvádí, že vlhkost vzduchu rozhoduje o ztrátách výparem a měla by se pohybovat v rozmezí 87-95 %. Van Den Berg & Lentz (1973) uvádí, že experimenty s dlouhodobým skladováním brambor ukázaly, že pro hlízy byla optimální relativní vlhkost 98-100 %. Tato vysoká relativní vlhkost vzduchu během skladování brambor zachovala jejich pevnou slupku, u hlíz nedocházelo k výparu vody a tím k jejich scvrkávání, došlo také k poklesu ztrát vzniklých hnilobou.

3.4.3 Ztráty vzniklé skladováním

Na fyziologické změny a ztráty při skladování má kromě doby skladování velký vliv i genetika a podmínky, jako jsou teplota a relativní vlhkost vzduchu, jež byly popsány v předešlé kapitole. Tyto faktory ovlivňují metabolické procesy a odolnost vůči chorobám (Kapsa 2008; Pérombelon 2002).

Sowa-Niedziałkowska (1998) uvádí, že největší ztráty během skladování vznikají v důsledku transpirace, tedy hlavním mechanismem výdeje vody rostlinou, a dýcháním. Tyto procesy způsobují přibližně 10 % celkové hmotností ztráty (SOWA-SOWA). Intenzita transpirace je ovlivněna kultivarem a teplotou skladování či relativní vlhkostí (Rastovski et al. 1981).

Magdalena & Dariusz (2018) prováděli studii, ve které testovaly šest odlišných odrůd brambor a sledovali jejich hmotnostní ztrátu během skladování. Ztráty se pohybovaly v rozmezí 7,65 % – 11,93 %. Nejnižší ztráty byly pozorovány u odrůd, které byly skladovány při 3 °C a 5 °C, nejvyšší naopak u hlíz, které byly uchovávány při teplotě 8 °C.

Hlízy brambor jsou živými součástmi rostlin, a z toho důvodu může během skladování docházet k jejich napadení různými chorobami. Mezi nejvýznamnější původce chorob patří

plíseň bramborová (*Phytophthora infestans*) (Hausvater & Doležal 2011). Patogen přežívá na hlízách, ze kterých přerůstá do nadzemní části rostliny. Odtud je pak během deště vodou splachován do zpět půdy, kde infikuje hlízy. Napadené hlízy nají na povrchu šedé skvrny (obrázek 7). Dužnina pod těmito skvrnami má rezavé zbarvení, která proniká do hloubky hlízy (Rod 2017).

Další vadou skladovaných hlíz je mokrá hniloba. Tato choroba je nejčastěji způsobena bakteriemi *Erwinia carotovora* či *Pseudomonas*. Výskyt této hniloby je pozorován na poli, ale nejčastěji se objevuje během skladování, jako výsledek nešetrného zacházení s hlízami a v důsledku mechanického poškození. (Hausvater & Doležal 2011). U hlíz napadených touto chorobou dochází ke změně struktury na kašovitou hmotu (obrázek 8). Na řezu napadený hlíz bývá znatelná tmavá linie, která odděluje zdravé a postižené pletivo (Víchová 2021).

Na rozdíl od mokrých hnilob jsou suché hniloby nejčastěji způsobeny houbami. Nejčastější chorobou skladovaných brambor je fusariová hniloba (Hausvater & Doležal 2011) Tato hniloba je způsobena houbami rodu *Fusarium*. Zdrojem infekce je půda, kde spory této houby přežívají. K infekci dochází u poškozených hlíz v místě porušení rostlinného pletiva (Víchová 2021). Známkou napadení hlíz jsou zvrásněné nekrotické skvrny na povrchu brambor. Později se může objevit bílé, žluté či narůžovělé mycelium (obrázek 9). Fusariová hniloba se během skladování nerozšiřuje (Hausvater & Doležal 2011).

Méně častou chorobou je pak fomová hniloba způsobena houbami *Phoma foveata* (Hausvater & Doležal 2011). K napadení dochází u mechanicky poškozených hlíz a infekce je podpořena nízkou teplotou. Onemocnění se projevuje nekrotickými skvrnami na slupkách (obrázek 10). V dužnině se pod napadenými místy vytváří dutiny, které jsou vyplněny tmavým myceliem (Rod 2017).



Obrázek 9: *Plíseň bramborová* (Hausvater & Doležal 2011).



Obrázek 10: *Mokrý hniloba brambor* (fotografie autorky).



Obrázek 11: *Fusariová hniloba* (fotografie autorky).



Obrázek 12: *Fomová hniloba* (Hausvater & Doležal 2011).

3.5 Skladování brambor v domácnosti

Účelem skladování brambor je uchovat hlízy požadovanou dobu, zamezit jejich ztrátám a zachovat tak požadovanou kvalitu. Skladování brambor vyžaduje zvláštní péči, jelikož se jedná o živý rostlinný materiál, která je citlivý na podmínky vnějšího okolí a na manipulaci (Mayer & Hausvater, 2013). Při skladování brambor v domácnosti je zapotřebí respektovat určité zásady. Je dobré zamezit přístupu světla a snížit teplotu okolního vzduchu, což je všeobecně známo. Tradičně se zelenina a brambory uchovávaly v tmavých a vlhkých sklepech, tzv. krechtech.

Nejběžnějším způsobem uchovávání potravin v domácnostech, v rozvinuté části světa, jsou chladničky.

Systematické skladování potravin v domácích chladničkách může prodloužit jejich trvanlivost a minimalizovat tak potravinový odpad (Waitt & Phillips 2015). Uspořádání potravin v chladničce s nedostatkem znalostí o jejich správném umístění ale efektivnímu skladování brání. Většina spotřebitelů není schopna plně využít tento typ skladování a zamezit tak plýtvání potravin (Farr-Wharton et al. 2014).

Holsteijn & Kemna (2018) uvádí, že teplota 4 °C není ideální pro všechny typy čerstvých potravin. Vytvořením spotřebiče, který by disponoval více přihrádkami pro chlazené potraviny s teplotami od -1 °C do 2 °C a poličkami s rozsahem nižších teplot v rozmezí od 8 °C do 14 °C by mohl velmi významně přispět k tomu, aby se předcházelo plýtvání potravinami. Skladováním v lednici sice účinně zabráníme klíčení, ale při tak nízkých teplotách brambory sládnou.

Další možností, jak skladovat brambory v domácnosti je využití inhibitorů klíčení při pokojových teplotách.

Především na zahraničním trhu jsou dostupné přípravky na bázi CPIC nebo systémy využívající přírodní látky. Takovýmto řešením na přírodní bázi je například Solabiol Anti-germe, využívající mátovou silici v pilinách nebo Zembag, využívající karvon z kmínové silice v bantonitu (“Potato Sprouting Inhibitor” 2024).

Zembag je pytel, který byl vyvinu vědci z České zemědělské univerzity v Praze s cílem snížit a omezit plýtvání potravinami a umožnit skladování zeleniny při pokojových teplotách.

Jedná se o pytel, který se skládá ze tří vrstev. Vnitřní část vaku je tvořena hliníkovou fólií, která v systému udržuje optimální vlhkost, díky které brambory nevysychají. Střední vrstva je vyrobena z netkané prodyšné textilie tak, aby přes ní nepronikalo světlo, čímž chrání hlízy před zelenáním, které je zodpovědné za zvýšené množství solaninu v bramborách. Svrchní vrstva je tvořena bavlnou a jutovinou (“Terpenix, CZ” 2024, “Zembag” © 2022–2024).

4 Metodika

V experimentální části diplomové práce byl zkoumán inhibiční účinek D-karvonu, z kmínové silice na brambory, které byly uskladněny po dobu 82 dní v pytlích Zembag při pokojové teplotě. Jako nosič pro karvon byl použit bentonit a piliny.

V první části experimentu byly připraveny různě koncentrované směsi karvonu s bentonitem a směsi karvonu s pilinami (tabulka 1). Takto připravená směs byla naplněna do čajových sáčků o hmotnosti 18, 13,5 a 9 gramů. Koncentrace karvonu ve směsi byla 20, 15, 10 a 0 %. Pro zvýšení odolnosti byl sáček zabalen do jutového obalu (obrázek 11).

Tabulka 2: Koncentrace náplní testovaných pytlíčků (tabulka autorky).

Číslo vzorku	Navážka pytlíku s náplní [g]					g karvonu / kg brambor
	Koncentrace karvonu [%]	Karvon	Bentonit	Piliny	Hmotnost pytlíčku celkem	
1	20	3,6	14,4	0	18	1,44
2	20	3,6	0	14,4	18	1,44
3	15	2,7	15,3	0	18	1,08
4	15	2,7	0	15,3	18	1,08
5	10	1,8	16,2	0	18	0,72
6	10	1,8	0	16,2	18	0,72
7	0	0	18	0	18	0
8	0	0	0	18	18	0
9	0	0	0	0	0	0

Všechny varianty byly přichystány ve třech opakováních. Kontrola obsahovala pouze náplně s nosičem – bentonit či piliny a jedna varianta byla bez sáčku. Celkem bylo připraveno 9 variant ve 3 opakováních, tedy 27 pytlů Zembag.



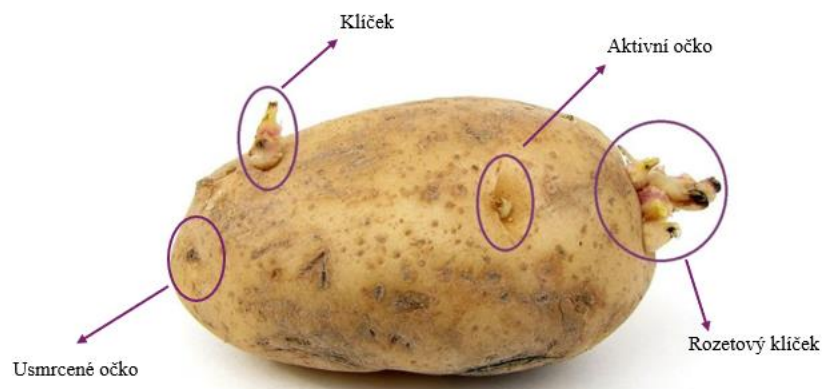
Obrázek 13: Pytlíky s náplní (fotografie autorky).

Do každého pytle bylo naváženo $\pm 2,5$ kg (2,47-2,79 kg) tříděných brambor Camelie, sklizeň z farmy Hanka Mochov s.r.o.

Před umístěním brambor do pytle byl u každé hlízy zaznamenán počet oček. Hlízy nebyly na počátku experimentu naklíčené. Testovaný pytlíček byl umístěn mezi brambory, zhruba do poloviny pytle. Hlízy byly následně skladovány při pokojové teplotě.

Kontrola hlíz byla provedena při založení pokusu (den 0) a dále pak 7., 14., 29., 43., 57., 72., a 82. den od zahájení pokusu. Při každém měření byla nejprve zaznamenána váha všech brambor a hmotnost poškozených hlíz, které byly z pytle odstraněny jako ztráty v důsledku chorob. Následně byla každá varianta vyfocena. Dále byly zaznamenány počty oček, aktivních oček, neaktivních oček a klíčků. Aktivní očka byla ta, která začala klíčit, neaktivní očko je takové, které ještě neklíčí, ale v našem případě se jednalo o očko, které vyklíčilo a následně bylo usmrceno karvonem.

Za klíčky byly považovány výhonky > 5 mm. Data byla zapisována do tabulky a následně zpracována.



Obrázek 14: Očka a klíčky na bramborách (upraveno dle „Store-Bought Potatoes Treated With Eye-Growth Inhibitor” 2022).



Obrázek 15: Fotografie pořízená v rámci kontrolního měření (fotografie autorky).

4.1 Analýza dat

Celkem bylo analyzováno 9 variant ve 3 opakováních. Jedna varianta byla kontrolní, dvě obsahovaly pouze nosič a ostatní obsahovaly karvon v určitých koncentracích. Analýza dat proběhla pomocí programu Statistica12 a Microsoft excel.

5 Výsledky

Realizovaný experiment byl zaměřen na inhibitory klíčení brambor. Potlačení klíčení bylo sledováno u 9 variant ve třech opakováních. Výsledné hodnoty byly vyjádřeny jako průměrné hodnoty u třech opakováních.

Data byla zpracována pomocí programů Microsoft Excel a Statistica12. Řešené hypotézy byly provedeny na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

5.1 Popisná statistika

V den založení pokusu byly připraveny brambory do celkem 27 pytlů Zembag. Průměrný počet oček byl v těchto pytlích téměř 140. Minimální počet oček byl 81 a maximum bylo stanoveno na 194. Směrodatná odchylka činila $\pm 23,6$. Počet aktivních oček byl 53, přičemž bylo zjištěno minimum 18 a maximum 112. Směrodatná odchylka představovala $\pm 22,5$. Klíčky nebyly zaznamenány u žádné varianty (tabulka 3).

Tabulka 3: Popisná statistika vztažená k začátku pokusu

Proměnná	Měření=den 0 Popisné statistiky (DATA STA Brambory data pro statistiku_MB2.sta)				
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
Očka	27	139,8205	81,00000	194,0000	23,62856
Aktivní očka	27	53,1282	18,00000	112,0000	22,54957
Klíčky	27	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000
Neaktivní očka	27	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000
Hmotnost [kg]	27	2,5556	2,42000	2,8900	0,11751
Ztráty [g]	27	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000
Vyhozené brambory [kusy]	27	0,0000	0,00000	0,0000	0,00000

V den ukončení pokusu, tj. 82. den bylo zkoumáno pouze 26 pytlů. V důsledku napadení mokrou hnilobou byly brambory z varianty, kde byl sorbentem bentonit a koncentrace karvonu činila 15 % (1,08 g karvonu na 1 kg brambor), zlikvidovány. Vyhozené brambory z důvodu poškození či nemoci průměrně představovaly 1 až 2 brambory z pytle, což odpovídá průměrné ztrátě 134 g.

Počet aktivních oček klesal, což bylo způsobeno jejich přeměnou na klíčky či karvonem, který je deaktivoval. Průměrný počet klíčků představoval přibližně 124 klíčků v jednom pytli, směrodatná odchylka představovala ± 88 . Žádné klíčky byly zaznamenány u varianty s koncentrací karvonu 20 % (1,44 g karvonu na 1 kg brambor) v pilinách i bentonitu. U varianty s pilinami také nebyla zaznamenána žádná aktivní očka. U varianty s pilinami a karvonem o koncentraci 15 % (1,08 g karvonu na 1 kg brambor) nebyly zaznamenány žádné klíčky a aktivní očka byla zjištěna pouze 4. Průměrný počet neaktivních oček byl stanoven na hodnotu 94 v jednom pytli, směrodatná odchylka představovala ± 66 (tabulka 4).

Tabulka 4: Popisná statistika vztažená ke dni ukončení pokusu

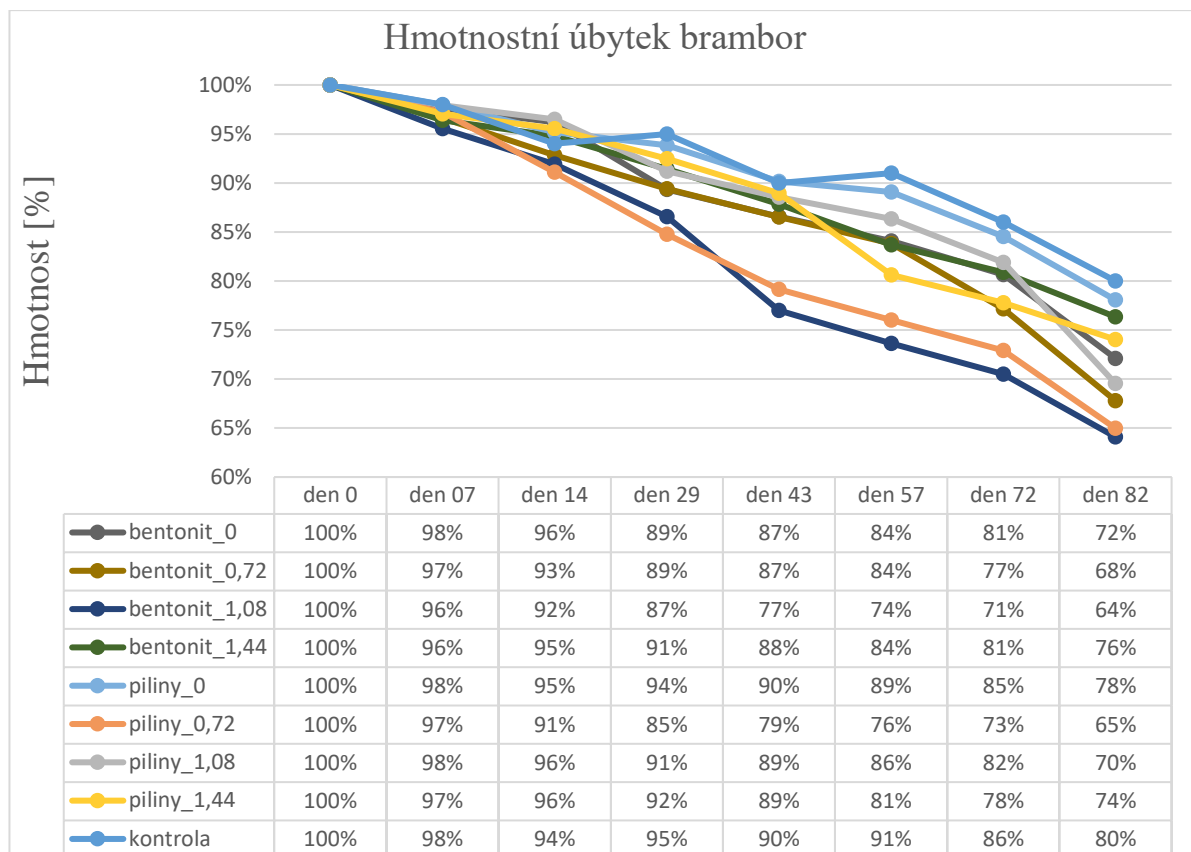
Proměnná	Měření=den 82				
	Popisné statistiky (DATA STA Brambory data pro statistiku MB2.sta)				
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
Očka	26	139,7368	81,00000	194,0000	23,9399
Aktivní očka	26	26,7105	0,00000	67,0000	15,7376
Klíčky	26	123,7895	0,00000	294,0000	88,1562
Neaktivní očka	26	94,3947	0,00000	206,0000	66,1483
Hmotnost [kg]	26	1,7926	1,18000	2,2600	0,2424
Ztráty [g]	26	133,9474	0,00000	470,0000	167,8729
Vyhozené brambory [kusy]	26	1,3421	0,00000	5,0000	1,6810

5.2 Hmotnost brambor

Brambory byly v průběhu pokusu vyhozeny z důvodu chorob. Průměrně se jednalo o 1 až 2 brambory z jednoho pytle. Další ztráta hmotnosti nastala z důvodu odpaření vody z uskladněných hlíz.

Za celé skladovací období došlo k největšímu úbytku hmotnosti brambor u varianty, kde byl jako nosič použit bentonit a obsah karvonu byl 1,08 g na kg brambor (15 %), stejně tomu bylo u varianty, kde byly jako sorbent použity piliny a obsah karvonu představoval 0,72 g na kg brambor (10 %) (graf 1). Úbytek hmotnosti činil za 82 dní téměř 36 %, což odpovídalo ztrátě 1 kg. K největšímu váhovému úbytku došlo mezi 29. a 43. dnem uskladnění.

Naopak k nejmenšímu úbytku hmotnosti došlo u variant, které byly kontrolní a neobsahovala žádnou náplň a u těch, které v náplni obsahovaly pouze piliny. Během skladovacího období došlo ke ztrátě 20 % a 22 % hmotnosti, což odpovídalo ztrátě zhruba 0,5 kg.

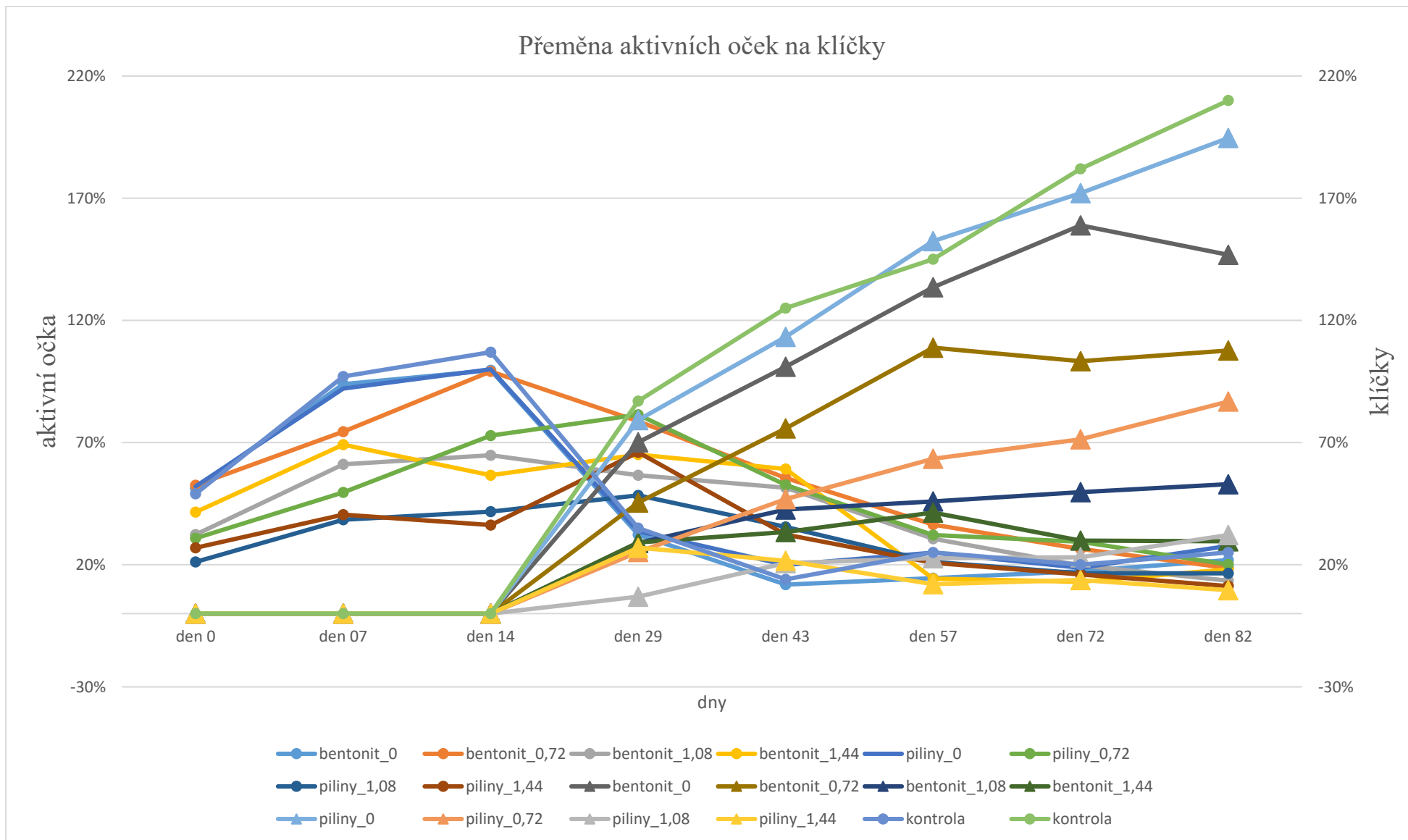


Graf 1: Hmotnostní úbytek brambor v %.

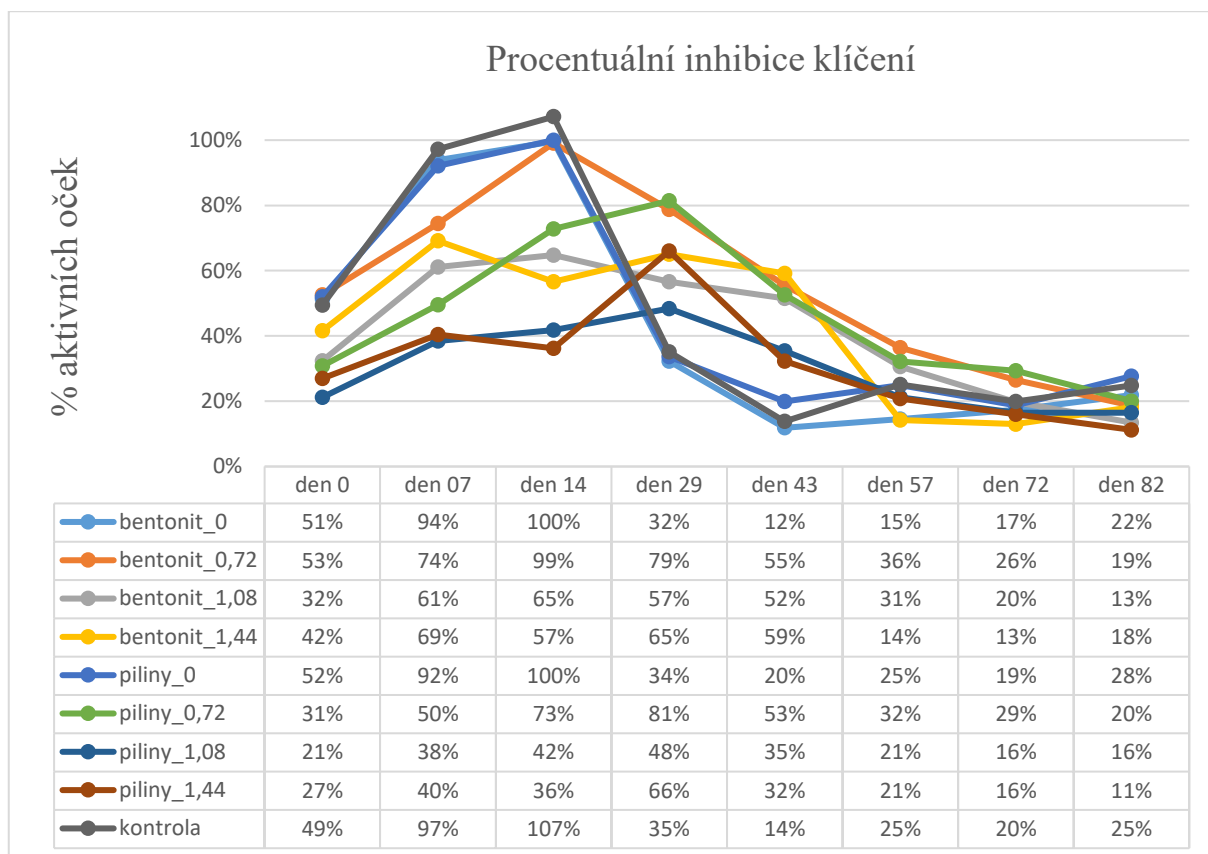
5.3 Počet oček a klíčků

Aktivní očka se v klíčky začala přeměňovat od 14. dne pokusu. K největší přeměně začalo docházet od 29. dne, kdy začaly počty aktivních oček klesat a počet klíčků naopak rapidně stoupat. Po ukončení pokusu byl zaznamenán největší počet klíčků u kontrolních variant, tedy u těch, kde nebyla v pytli žádná náplň a u náplní, které obsahovaly pouze sorbent (graf 2).

Nejmenší počty klíčků a zároveň aktivních oček byly zjištěny u varianty karvonu o koncentraci 20 % (1,44 g karvonu na 1 kg brambor) v pilinách. Klíčky byly inhibovány také u stejné varianty s bentonitem. Vysoké potlačení klíčení bylo pozorováno také u varianty s pilinami a karvonem o koncentraci 1,08 g/kg. Taktéž tomu bylo u varianty s karvonem 1,08 g/kg v bentonitu (graf 3).



Graf 2: Přeměna aktivních oček na klíčky.



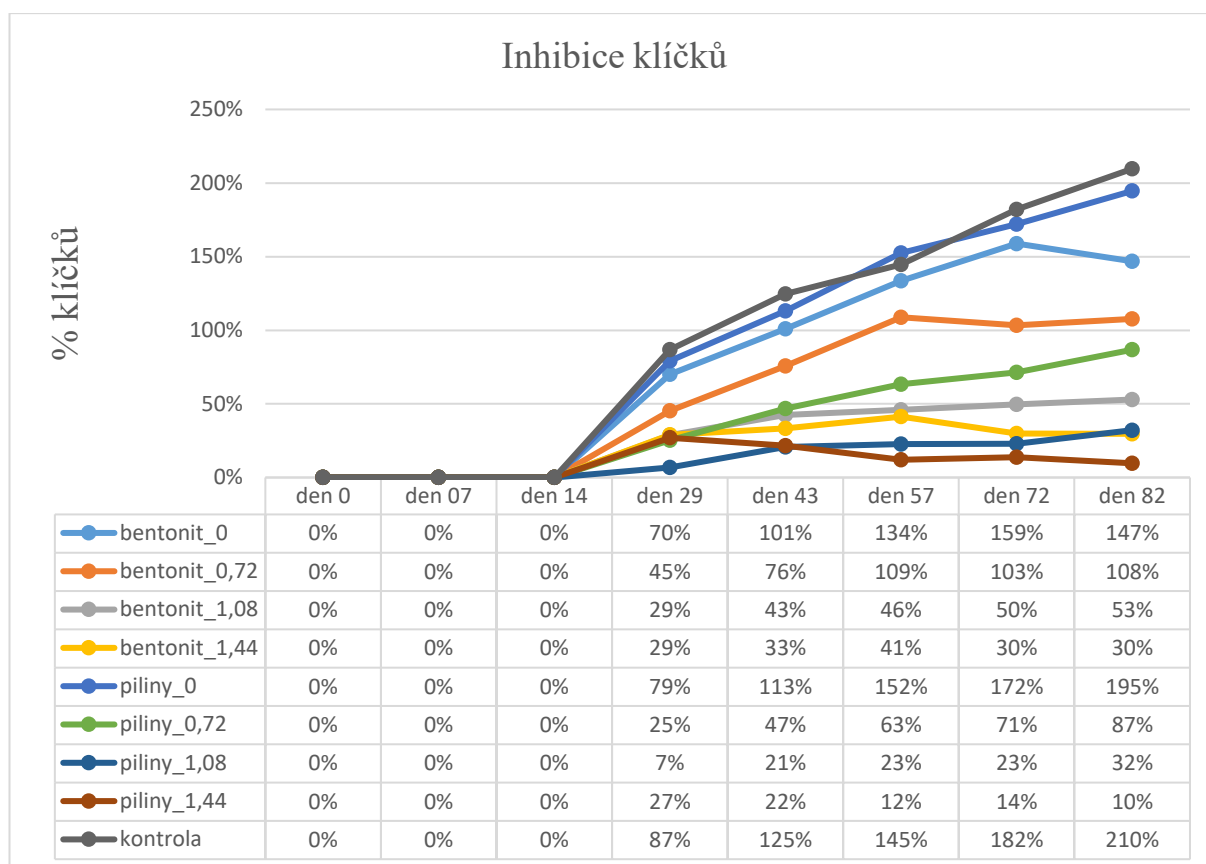
Graf 3: Procentuální inhibice klíčení.

5.4 Stanovení klíčků

Největší množství klíčků bylo zjištěno u varianty, ve které byl pouze bentonit s nulovou koncentrací karvonu. Dále se jednalo o kontrolu a variantu, která v náplni obsahovala pouze piliny, bez karvonu. Nejnížší počty klíčků byly zjištěny u variant, kde byly jako nosič použity piliny s karvonem o koncentraci 1,44 g/kg a 1,08 g/kg (graf 4).

Z grafu 4 zobrazujícího procenta klíčků lze přehledně vidět, jak různé koncentrace karvonu na odlišných typech nosiče potlačují růst klíčků během skladování. Do třetí kontroly, která proběhla 29. den skladování nedocházelo k inhibici u žádné skupiny. K největší inhibici klíčení došlo u karvonu s koncentrací 1,44 g/ kg a 1,08 g/ kg brambor, který byl ve směsi společně s pilinami, dále pak u karvonu s koncentrací 1,44 g/ kg, kde byl jako nosič použit bentonit. Naopak k nejmenšímu potlačení klíčků došlo u varianty, ve které byly pouze piliny a bentonit.

Při porovnání sorbentů pilin a bentonitu je viditelné, že karvon dosahoval ve všech koncentracích lepších výsledků než bentonit. U kontrolních skupin však došlo k většímu nárůstu u varianty, která obsahovala v náplni pouze piliny, nikoliv bentonit.



Graf 4: Inhibice klíčků.

Tabulka 5: Statistické porovnání klíčků v den ukončení pokusu.

Měření=den 82
Scheffeho test; proměnná Klíčky (DATA STA Brambory data pro statist
Homogenní skupiny, alfa = ,05000
Chyba: meziskup. PČ = 1946,5, sv = 29,000

Č. buňky	dávka (g karvonu na 1 kg brambor)	Klíčky Průměr	1	2	3	4
1	piliny_1,44	11,3333	****			
2	bentonit_1,44	38,6667	****			
3	piliny_1,08	46,8333	****			
4	bentonit_1,08	103,8000	****	****		
5	piliny_0,72	118,1667	****	****	****	
6	bentonit_0,72	140,3333	****	****	****	****
7	bentonit_0	239,3333		****	****	****
8	piliny_0	242,0000			****	****
9	kontrola	253,0000				****

Ze statistického zpracování vyplývá, že nejmenší počet klíčků byl v den ukončení pokusu zaznamenán u varianty karvonu (1,44 g na 1 kg brambor) v pilinách. Ze statistických výsledků vyplývá, že v porovnání mezi kontrolami a variantou s karvonem o koncentraci 0,72 g na kg brambor není statisticky významný rozdíl. Dále je možné konstatovat, že statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn ani při porovnání všech testovaných variant mimo kontrol.

Z výše uvedených dat vyplývá, při testování inhibice klíčení uskladněných brambor dosahovala nejlepších výsledků varianta, kde byly jako nosič použity piliny a karvon o koncentraci 1,44 g/kg. Velmi dobrých výsledků dosahovala i varianta, kde byla nižší koncentrace karvonu, a to 1,08 g/ kg a poté směs bentonitu a karvonu s koncentrací 1,44 g/ kg.

K úbytku hmotnosti brambor docházelo v důsledku chorob a odpaření vody během uskladnění. K největšímu váhovému úbytku došlo mezi 29. a 43. dnem uskladnění. Nejmarkantnější úbytek hmotnosti brambor, 1 kg, byl zjištěn u varianty, kde byl jako nosič použit bentonit a obsah karvonu byl 1,08 g na kg brambor (15 %). Nejmenší hmotností úbytek činil zhruba 0,5 kg a byl pozorován u kontrolní skupiny.

6 Diskuze

Tato diplomová práce se zabývala inhibičními účinky D-karvonu z kmínové silice na různých nosičích s možnostmi jejich využití v praxi, a to zejména při skladování brambor v domácích podmínkách s využitím vícevrstevných pytlů Zembag (Terpenix CZ). Byly připraveny různě koncentrované směsi karvonu, organického a anorganického nosiče a byly testovány jejich schopnosti inhibovat klíčení brambor při pokojových teplotách. Byl sledován počet a velikost klíčků, hmotnost brambor a jejich změny při pokojové teplotě.

Ke klíčení brambor může docházet již během skladování. Jedná se o nežádoucí jev, který je zodpovědný za snížený prodej brambor a ubývající hmotnost hlíz v důsledku odpařování vody z povrchů klíčků. Hlízy se stávají pro spotřebitele neatraktivní, což má vliv na vytváření potravinového odpadu (Decarvalho & Dafonseca 2006). Z tohoto důvodu dochází před uskladněním k ošetření hlíza a doporučuje se skladovat hlízy při nízkých teplotách (Nourian et al. 2003). K ošetření se používají syntetické látky jako jsou maleinhydrazid, etylen či 1,4 – dimetylnaftalen. Dříve se pro inhibici klíčení používal i chlorprofam (CIPC), jehož aplikace je v současné době v EU legislativně zakázána. Z tohoto důvodu roste snaha o hledání alternativních variant, které budou v potlačení klíčení brambor dosahovat stejných účinků jako syntetické přípravky a zároveň budou mít menší dopad na lidské zdraví a životní prostředí (Decarvalho & Dafonseca 2006).

Silice jsou vysoce koncentrované a komplexní směsi složek, které rostliny produkují ve formě sekundárních metabolitů. Mohou se vyskytovat ve všech částech rostlin. (Tongnuanchan & Benjakul 2014). Silice se skládají především ze seskviterpenů a fenylpropanoidů, které jsou dobře známy pro své antimikrobiální účinky a vlastnosti potlačující klíčení (Toxopeus & Bouwmeester 1992). Používání rostlinných silic pro potlačování klíčů ekologickou cestou u brambor je známé již několik let a k dispozici jsou i komerčně dostupné produkty. Účinky silic na brambory jsou zkoumány již od 30. let 20. století.

Bylo provedeno mnoho studií, které zkoumaly účinky rostlinných silic v problematice inhibice klíčení. Byly provedeny i experimenty, ve který autoři srovnávali účinnost silic a syntetických přípravků při potlačení klíčení.

Şanlı & Karadoğan (2019) porovnávali ošetření hlíz pomocí CIPC, karvonu a rostlinných silic, z kmínu (*Carum carvi*), kopru (*Anethum graveolens*) a máty klasnaté (*Mentha spicata*), které obsahují vysoké množství karvonu. Ve studii byla zkoumána inhibice klíčení brambor v závislosti na skladovacích teplotách 5 °C, 10 °C a 15 °C při 85% relativních vlhkosti po dobu 6 měsíců. Z testovaných silic byla nejúčinnější kmínová, která dokázala potlačit klíčení po dobu 180 dní při všech skladovacích teplotách. Ošetření syntetickým přípravkem CIPC bylo v inhibici klíčení účinné pouze při nízkých teplotách. Při 15 °C se účinek snížil a ke klíčení hlíz došlo po 120 dnech. Koprovní silice inhibovala klíčení více než 135 dní při teplotě 15 °C. Inhibiční účinky mátové silice a D-karvonu se snižovaly se zvyšující teplotou.

Autoři došli k závěru, že použití kmínové a koprové silice významně snížilo ztráty hmotnosti a při dlouhodobém skladování při teplotě 15 °C potlačilo klíčení.

Z výsledků našeho experimentu je zřejmé, že kmínová silice dokáže potlačit klíčení i při vyšších pokojových teplotách, nicméně pokus byl ukončen již po 82 dnech skladování. Je otázkou, zda by potlačení klíčení přetrvalo dalších 100 dní.

Vědci zjistili, že účinky D-karvonu při inhibici klíčení brambor dosahovaly ve srovnání se syntetickými přípravky lepších výsledků při dlouhodobém skladování (Hartmans et al. 1995). Experiment, který probíhal v letech 1996-1999, porovnával hlízy ošetřené CIPC a karvonem. Bylo zjištěno, že brambory skladované při 10 °C a ošetřené 0,1 ml kmínové silice na kg brambor pravidelně po dobu 4 až 6 týdnů nevyklíčily. Hmotnostní ztráty, které byly způsobené klíčením představovaly u ošetřených hlíz přibližně 0,3 % (Čížková et al. 2000).

V našem pokusu došlo k největšímu váhovému úbytku mezi 29. a 43. dnem uskladnění. Úbytek hmotnosti činil téměř 36 %, což odpovídalo ztrátě 1 kg. Naopak k nejmenšímu úbytku hmotnosti došlo u variant, které byly kontrolní a neobsahovala žádnou náplň a u těch, které v náplni obsahovaly pouze piliny. Během skladovacího období došlo ke ztrátě 20 % a 22 % hmotnosti, což odpovídalo ztrátě zhruba 0,5 kg.

U brambor skladovaných při teplotě 5–7 °C a ošetřených kmínovou silicí bylo pozorováno potlačení růstu klíčků. Studie prokázala, že opakovaná aplikace karvonu inhibovala růst klíčků stejně účinně jako CIPC, a to po dobu až 274 dní. Nejvyšší koncentrace reziduí byla zaznamenána pod slupkou brambor a odpovídala aplikované koncentraci. Po oloupaní a uvaření nebyly zaznamenány žádné odchylky od standardní chutě brambor (Gómez-Castillo et al. 2013).

Gómez-Castillo et al. (2013) prováděli experiment, ve kterém zkoumali a porovnávali účinky silic na inhibici klíčení. Byly porovnávány silice z kmínu setého, máty peprné, koriandru setého a blahovičnicku kulatoplodého, též známého jako eukalyptus.

Z testovaných silic byla zjištěna nejvyšší míra inhibice klíčení u máty peprné a koriandru. Inhibice klíčků dosahovala 65–95 % v porovnání s kontrolou skladovanou při 25 °C.

Výsledky našeho pokusu prokázaly u karvonu inhibici klíčení 10–108 % v závislosti na koncentraci karvonu a sorbentu v porovnání s kontrolou při podobně vysokých pokojových teplotách. Nejlepších výsledků bylo dosaženo při použití koncentrace 20 % a sorbentu pilin. Náš pokus byl realizován na ± 2,5 kg brambor v prodyšných pytlech. Gómez-Castillo et al. pokus realizovali na 7 kg brambor ± 0,5 kg v plastových nádobách a na dvou odlišných kultivarech brambor.

Autoři experimentu uvádí, že použití aromatických silic z máty peprné a koriandru představuje slibnou alternativu k použití syntetických inhibitorů klíčení, jako je CIPC, jelikož účinně inhibují klíčení, a to bez ovlivnění celkové kvality hlíz. K posouzení optimálních dávek a způsobu aplikace je však zapotřebí dalšího zkoumání.

Studie, kterou prováděl Geng et al. (2023) ukazuje, že inhibice klíčení u *Ipomoea batatas* (batáty) je závislá na koncentraci karvonu. Zatímco brambory ošetřené plynou fází s karvonem

o koncentraci 50 μ l a 100 μ l v nádobách o objemu 23 litrů vyklíčily po 4, 7, 12 a více než 20 dnech pokusu, tak u *Ipomoea batatas* ošetřených karvonem o koncentraci 200 μ l v 23 litrové nádobě nedošlo k vyklíčení ani po 14 dnech skladování.

V experimentální části této práce bylo potvrzeno, že klíčení brambor je ovlivněno koncentrací karvonu. Brambory v našem pokusu byly ošetřeny karvonem o koncentraci 20 %, 15 % a 10 %, což představuje 1,44 g, 1,08 g a 0,72 g karvonu na 1 kg brambor. K vyklíčení všech hlíz došlo již 14. den skladování, nicméně od 29. dne začalo docházet k inhibici klíčení, a to u variant, které obsahovaly 20 % karvonu.

V experimentální části diplomové práce bylo zjištěno, že různé typy sorbentů mohou ovlivnit účinnosti karvonu jako inhibitoru uskladněných brambor při pokojových teplotách.

Po 82 dnech, kdy došlo k ukončení skladovacího pokusu, bylo zjištěno, že k největšímu váhovému úbytku došlo mezi 29. a 43. dnem uskladnění, a to v důsledku chorob a odpaření vody.

Největší množství klíčků bylo zaznamenáno u varianty, ve které byl pouze bentonit s nulovou koncentrací karvonu. K největší inhibici klíčení došlo u varianty, kde byly jako nosič použity piliny s karvonem o koncentraci 1,44 g/kg (20 %).

Z výsledků experimentální části diplomové práce, ze studií uvedených v literární rešerši a v této kapitole vyplývá, že rostlinné silice je jeví jako skvělá alternativa v problematice klíčení uskladněných brambor. Nicméně je zapotřebí dalších studií pro posouzení a stanovení optimálních dávek a způsobu aplikace.

Dále bylo zjištěno, že typ sorbentu ovlivňuje účinnost karvonu při inhibici klíčení, stejně tak jako koncentrace karvonu, která je použita k ošetření uskladněných hlíz.

7 Závěr

Pro experiment bylo založeno celkem 27 pytlů – 9 variant ve třech opakováních. Během pokusu byl jeden pytel zlikvidován v důsledku napadení mokrou hnilobou.

Největší hmotnostní ztráta byla 1 kg a byla zjištěna u varianty, kde byl jako nosič použit bentonit a obsah karvonu byl 1,08 g na kg brambor (15 %). Nejmenší hmotností úbytek činil zhruba 0,5 kg a byl pozorován u kontrolní skupiny.

Výsledky experimentu ukázaly, že nosič ovlivnil účinnost karvonu jako inhibitoru klíčení brambor. Nejlepší výsledky byly pozorovány u varianty, kde byly jako nosič použity piliny a koncentrace karvonu činila 20 %, tj. 1,44 g karvonu/ kg brambor.

Při porovnání sorbentu piliny a bentonit byly zjištěny prokazatelně lepší výsledky všech koncentrací karvonu v pilinách oproti karvonu v bentonitu. Tato skutečnost by mohla být zapříčiněna povrchem daných sorbentů.

Tato zjištění podporují potenciální využití přírodních látek jako účinných inhibitorů a prostředků pro zachování kvality brambor během skladování.

Věříme, že tato práce přispěje k rozvoji ekologicky šetrných postupů v zemědělství a poskytne cenné poznatky pro pěstitele brambor a výzkumnou komunitu zabývající se sklizní a skladováním zemědělských plodin.

8 Literatura

1. Alexandre EMC, Rodrigues IMMA, Saraiva JMA. 2015. Influence of thermal and pressure treatments on inhibition of potato tubers sprouting. *Czech Journal of Food Sciences* **33**:524-530.
2. Alharthi S, El-Magied MOA. 2021. Industrial by-product utilized synthesis of mesoporous aluminum silicate sorbent for thorium removal. *Korean Journal of Chemical Engineering* **38**:2365-2374. Available at <https://link.springer.com/10.1007/s11814-021-0877-2>
3. Arena M et al. 2017. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance propiconazole. *EFSA Journal* **15**. Available at <http://doi.wiley.com/10.2903/j.efsa.2017.4887>
4. Ashton FM, Crafts AS. 1981. *Mode of Action of Herbicides*, 2nd edition. Wiley.
5. Bartovská L, Šišková M. 2005. Co je co v povrchové a koloidní chemii. Available at *Co je co v povrchové a koloidní chemii* (accessed April 2, 2024).
6. Beveridge JL, Dalziel J, Duncan HJ. 1981. The assessment of some volatile organic compounds as sprout suppressants for ware and seed potatoes. *Potato Research* **24**:61-76.
7. Blas A, Garrido A, Willaarts B. 2018. Food consumption and waste in Spanish households: Water implications within and beyond national borders. *Ecological Indicators* **89**:290-300.
8. Boivin M, Bourdeau N, Barnabé S, Desgagné-Penix I. 2020. Sprout Suppressive Molecules Effective on Potato (*Solanum tuberosum*) Tubers during Storage: a Review. *American Journal of Potato Research* **97**:451-463.
9. Boivin M, Bourdeau N, Barnabé S, Desgagné-Penix I. 2020. Sprout Suppressive Molecules Effective on Potato (*Solanum tuberosum*) Tubers during Storage: a Review. *American Journal of Potato Research* **97**:451-463. Available at <https://link.springer.com/10.1007/s12230-020-09794-0>
10. Borah D, Nath H, Saikia H. 2022. Modification of bentonite clay & its applications: a review. *Reviews in Inorganic Chemistry* **42**:265-282.
11. Boschini M, Falasconi L, Cicatiello C, Franco S. 2020. Why the waste? A large-scale study on the causes of food waste at school canteens. *Journal of Cleaner Production* **246**.
12. Briddon A, Stroud G P, *Efficacy of Sprout Suppressants Used Alone, or in Combination, to Control Sprouting of Stored Potato*; Sutton Bridge Crop Storage Research: Spalding, UK, 2019; p. 23. Available online: <https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Potato%20knowledge%20library/S1043%202018-19%20Yr%20%20Report.pdf>
13. Caldiz DO, Fernandez LV, Inchausti MH. 2001. Maleic hydrazide effects on tuber yield, sprouting characteristics, and french fry processing quality in various potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown under argentinian conditions. *American Journal of Potato Research* **78**:119-128.

14. Campbell M, Segear E, Beers L, Knauber D, Suttle J. 2008. Dormancy in potato tuber meristems: chemically induced cessation in dormancy matches the natural process based on transcript profiles. *Functional & Integrative Genomics* **8**:317-328.
15. Campbell MA, Gleichsner A, Hilldorfer L, Horvath D, Suttle J. 2012. The sprout inhibitor 1,4-dimethylnaphthalene induces the expression of the cell cycle inhibitors KRP1 and KRP2 in potatoes. *Functional & Integrative Genomics* **12**:533-541.
16. Campbell MA, Gleichsner A, Hilldorfer L, Horvath D, Suttle J. 2012. The sprout inhibitor 1,4-dimethylnaphthalene induces the expression of the cell cycle inhibitors KRP1 and KRP2 in potatoes. *Functional & Integrative Genomics* **12**:533-541.
17. Campbell MA, Gwin C, Tai HH, Adams R, Gururani M. 2020. Changes in gene expression in potato meristems treated with the sprout suppressor 1,4-dimethylnaphthalene are dependent on tuber age and dormancy status. *PLOS ONE* **15**.
18. Campbell MA, Gwin C, Tai HH, Adams R, Gururani M. 2020. Changes in gene expression in potato meristems treated with the sprout suppressor 1,4-dimethylnaphthalene are dependent on tuber age and dormancy status. *PLOS ONE* **15**.
19. Corbett JR. 1974. *The biochemical mode of action of pesticides*. Academic Press, New York.
20. Corsini D, Stallknecht G, Sparks W. 1979. Changes in chlorpropham residues in stored potatoes. *American Potato Journal* **56**:43-50.
21. Curutchet A, Dellacassa E, Ringuet JA, Chaves AR, Viña SZ. 2014. Nutritional and sensory quality during refrigerated storage of fresh-cut mints (*Mentha×piperita* and *M. spicata*). *Food Chemistry* **143**:231-238.
22. Čížková H, Vacek J, Voldřich M, Ševčík R, Krátká J. 2000. Caraway essential oil as potential inhibitor of potato sprouting.. *Rostlinná Výroba* **46**:501-507.
23. Dai H, Fu M, Yang X, Chen Q. 2016. Ethylene inhibited sprouting of potato tubers by influencing the carbohydrate metabolism pathway. *Journal of Food Science and Technology* **53**:3166-3174.
24. Decarvalho C, Dafonseca M. 2006. Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry* **95**:413-422."
25. Decarvalho C, Dafonseca M. 2006. Carvone: Why and how should one bother to produce this terpene. *Food Chemistry* **95**:413-422. Available at <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814605000907>.
26. Demirel Bayık G, Altın A. 2017. Production of sorbent from paper industry solid waste for oil spill cleanup. *Marine Pollution Bulletin* **125**:341-349.
27. El-Enein SA, Okbah MA, Hussain SG, Soliman NF, Ghounam HH. 2020. Adsorption of Selected Metals Ions in Solution Using Nano-Bentonite Particles: Isotherms and Kinetics. *Environmental Processes* **7**:463-477.

28. European Food Safety Authority. 2015. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance (3E)-3-decen-2-one (applied for as 3-decen-2-one). EFSA Journal **13**.
29. EUROSTAT. 2020. Available at <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220925-2>
30. EUROSTAT. 2023. Available at <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230929-2>
31. Evropská komise, Generální sekretariát 2015, Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů Uzavření cyklu – akční plán EU pro oběhové hospodářství.
32. Evropský parlament, Rada Evropské unie 2008, Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008 ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic, *Úř. věst. L 312, 22.11.2008, s. 3—30*.
33. FAO. 2009. New light on a hidden treasure, 1st edition. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome.
34. FAO. 2019. The state of food and agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction., 1st edition. FAO, Rome.
35. Farr-Wharton G, Foth M, Choi JH-J. 2014. Identifying factors that promote consumer behaviours causing expired domestic food waste. *Journal of Consumer Behaviour* **13**:393-402.
36. Geng S, Liu Z, Golding JB, Pristijono P, Lv Z, Lu G, Yang H, Ru L, Li Y. 2023. Transcriptomic analyses of carvone inhibited sprouting in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam cv 'Yan 25') storage roots. *Postharvest Biology and Technology* **195**.
37. Gichohi EG, Pritchard MK. 1995. Storage temperature and maleic hydrazide effects on sprouting, sugars, and fry color of Shepody potatoes. *American Potato Journal* **72**:737-747.
38. Godyń K, Dutka B, Chuchro M, Młynarczuk M. 2020. Synergy of Parameters Determining the Optimal Properties of Coal as a Natural Sorbent. *Energies* **13**.
39. Gómez-Castillo D, Cruz E, Iguaz A, Arroqui C, Vírveda P. 2013. Effects of essential oils on sprout suppression and quality of potato cultivars. *Postharvest Biology and Technology* **82**:15-21.
40. Goodarzi F, Mirmajidi A, Razaghi K. 2017. Comparing inhibitory effect of chlorpropham and Coriander essential oils on potato sprouting during the storage. *IIOAB Journal* **7**:558-562.
41. Gumbo N, Magwaza LS, Ngobese NZ. 2021. Evaluating Ecologically Acceptable Sprout Suppressants for Enhancing Dormancy and Potato Storability: A Review. *Plants* **10**.
42. Gumbo N, Ngobese NZ, Oskolski A, Magwaza LS. 2023. Effects of S -carvone, caraway essential oil, 1,4-DMN and Aloe vera gel on the shelf life of two potato cultivars at ambient temperatures. *Acta Horticulturae*:467-474.
43. Hartmans KJ, Diepenhorst P, Bakker W, Gorris LGM. 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. *Industrial Crops and Products* **4**:3-13.

44. Hausvater E, Doležal P. 2011. Skládkové choroby brambor. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/sklizen-a-skladovani/skladovani/skladkove-choroby-brambor> (accessed March 18, 2024).
45. Holsteijn F van, Kemna R. 2018. Minimizing food waste by improving storage conditions in household refrigeration. *Resources, Conservation and Recycling* **128**:25-31.
46. Huchelmann A, Gastaldo C, Veinante M, Zeng Y, Heintz D, Tritsch D, Schaller H, Rohmer M, Bach TJ, Hemmerlin A. 2014. S -Carvone Suppresses Cellulase-Induced Capsidiol Production in *Nicotiana tabacum* by Interfering with Protein Isoprenylation . *Plant Physiology* **164**:935-950.
47. Chen C, Chaudhary A, Mathys A. 2020. Nutritional and environmental losses embedded in global food waste. *Resources, Conservation and Recycling* **160**.
48. Chitravathi K, Chauhan OP, Raju PS. 2014. Postharvest shelf-life extension of green chillies (*Capsicum annuum* L.) using shellac-based edible surface coatings. *Postharvest Biology and Technology* **92**:146-148.
49. Immaraju JA. 2020. *Development of SmartBlock® as a Global Replacement for Chlorpropham (CIPC)*. AMVAC Chemical Corporation: Newport Beach, CA, USA.
50. Jodhani KA, Nataraj M. 2021. Synergistic effect of Aloe gel (*Aloe vera* L.) and Lemon (*Citrus Limon* L.) peel extract edible coating on shelf life and quality of banana (*Musa* spp.). *Journal of Food Measurement and Characterization* **15**:2318-2328.
51. Kapsa JS. 2008. Important Threats in Potato Production and Integrated Pathogen/Pest Management. *Potato Research* **51**:385-401
52. Kleinkopf GE, Oberg NA, Olsen NL. 2003. Sprout inhibition in storage: Current status, new chemistries and natural compounds. *American Journal of Potato Research* **80**:317-327.
53. Kleinkopf GE, Oberg NA, Olsen NL. 2003. Sprout inhibition in storage: Current status, new chemistries and natural compounds. *American Journal of Potato Research* **80**:317-327.
54. Knowles LO, Knowles NR. 2012. Toxicity and Metabolism of Exogenous α,β -Unsaturated Carbonyls in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **60**:11173-11181.
55. Koffi GY, Remaud-Simeon M, Due AE, Combes D. 2017. Isolation and chemoenzymatic treatment of glycoalkaloids from green, sprouting and rotting *Solanum tuberosum* potatoes for solanidine recovery. *Food Chemistry* **220**:257-265.
56. Kopeček Z. 2022. Co je bentonit a jak se používá? Available at <https://www.vinarskydum.cz/radce/zima/89-co-je-bentonit-a-jak-se-pouziva> (accessed March 17, 2024).
57. Krochmal-Marczak B, Sawicka B, Krzysztofik B, Danilčenko H, Jariene E. 2020. The Effects of Temperature on the Quality and Storage Stalibity of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L. [Lam]) Grown in Central Europe. *Agronomy* **10**. Available at <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1665> (accessed March 25, 2024).

58. Laza M, Scanlon MG, Mazza G. 2001. The effect of tuber pre-heating temperature and storage time on the mechanical properties of potatoes. *Food Research International* **34**:659-667.
59. Lin D, Zhao Y. 2007. Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **6**:60-75.
60. Magdalena G, Dariusz M. 2018. Losses during Storage of Potato Varieties in Relation to Weather Conditions during the Vegetation Period and Temperatures during Long-Term Storage. *American Journal of Potato Research* **95**:130-138.
61. Magdalena G, Dariusz M. 2018. Losses during Storage of Potato Varieties in Relation to Weather Conditions during the Vegetation Period and Temperatures during Long-Term Storage. *American Journal of Potato Research* **95**:130-138.
62. Mahajan PV, Caleb OJ, Singh Z, Watkins CB, Geyer M. 2014. Postharvest treatments of fresh produce. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* **372**.
63. Martínez-Romero D, Bailén G, Serrano M, Guillén F, Valverde JM, Zapata P, Castillo S, Valero D. 2007. Tools to Maintain Postharvest Fruit and Vegetable Quality through the Inhibition of Ethylene Action: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **47**:543-560.
64. Mayer, V., Hausvater E. 2013. Skladování. Pages 97-100 in Vokál B. *Brambory: šlechtění, pěstování, užití, ekonomika*. Profi Press, Praha.
65. Meigh DF, Filmer AAE, Self R. 1973. Growth-inhibitory volatile aromatic compounds produced by *Solanum tuberosum* tubers. *Phytochemistry* **12**:987-993.
66. Murigi WW, Nyankanga RO, Shibairo SI. 2021. Effect of Storage Temperature and Postharvest Tuber Treatment with Chemical and Biorational Inhibitors on Suppression of Sprouts During Potato Storage. *Journal of Horticultural Research* **29**:83-94.
67. Murigi WW, Nyankanga RO, Shibairo SI. 2021. Effect of Storage Temperature and Postharvest Tuber Treatment with Chemical and Biorational Inhibitors on Suppression of Sprouts During Potato Storage. *Journal of Horticultural Research* **29**:83-94.
68. Nourian F, Ramaswamy HS, Kushalappa AC. 2003. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. *LWT - Food Science and Technology* **36**:49-65.
69. Oosterhaven K, Hartmans KJ, Huizinga HJ. 1993. Inhibition of Potato (*Solanum tuberosum*) Sprout Growth by the Monoterpene S-Carvone: Reduction of 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Coenzyme A Reductase Activity without Effect on its mRNA Level. *Journal of Plant Physiology* **141**:463-469.
70. Pareek S. 2016. *Postharvest Ripening Physiology of Crops*, 1st edition. CRC Press.
71. Paterson DR, Wittwer SH, Weller LE, Sell HM. 1952. The Effect of Preharvest Foliar Sprays of Maleic Hydrazide on Sprout Inhibition and Storage Quality of Potatoes. *Plant Physiology* **27**:135-142.

72. Paul V, Ezekiel R, Pandey R. 2016. Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. *Journal of Food Science and Technology* **53**:1-18.
73. Paul V, Ezekiel R, Pandey R. 2016. Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. *Journal of Food Science and Technology* **53**:1-18.
74. Pérombelon MCM. 2002. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology* **51**:1-12.
75. Philippidis G, Sartori M, Ferrari E, M'Barek R. 2019. Waste not, want not: A bio-economic impact assessment of household food waste reductions in the EU. *Resources, Conservation and Recycling* **146**:514-522.
76. Potato Sprouting Inhibitor. 2024. Available at <https://www.chinesepost-harvest.com/potato-sprouting-inhibitor/>
77. PROVÁDEČÍ NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2019/989: kterým se v souladu s nařízením Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1107/2009 o uvádění přípravků na ochranu rostlin na trh neobnovuje schválení účinné látky chlorprofam a kterým se mění příloha prováděcího nařízení Komise (EU) č. 540/2011. 2019.
78. Rastovski A, N. Buitelaar A, Van Es PH, De Haan KJ, Hartmans CP Meijers JHW, Van der Schild PH, Sijbring H, Sparenberg BH, Van Zwol, DE Van der Zaag. 1981. Storage of potatoes. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen.
79. Richard Knowles N, Knowles LO, Haines MM. 2005. 1,4-Dimethylnaphthalene treatment of seed potatoes affects tuber size distribution. *American Journal of Potato Research* **82**:179-190.
80. Rod J. 2017. Choroby a škůdci na zahradě: identifikace, prevence a ochrana, 1st edition. Grada Publishing, Praha.
81. Rylski I, Rappaport L, Pratt HK. 1974. Dual Effects of Ethylene on Potato Dormancy and Sprout Growth. *Plant Physiology* **53**:658-662.
82. Sabba RP, Holman P, Drilias MJ, Bussan AJ. 2009. Influence of Maleic Hydrazide on Yield and Sugars in Atlantic, Freedom Russet and White Pearl Potato Tubers. *American Journal of Potato Research* **86**:272-277.
83. Şanlı A, Karadoğan T. 2019. Carvone Containing Essential Oils as Sprout Suppressants in Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers at Different Storage Temperatures. *Potato Research* **62**:345-360. Available at <http://link.springer.com/10.1007/s11540-019-9415-6>.
84. Santos MN de S, Araujo FF de, Lima PCC, Costa LC da, Finger FL. 2019. Changes in potato tuber sugar metabolism in response to natural sprout suppressive compounds. *Acta Scientiarum. Agronomy* **42**.
85. Santos MN de S, Araujo FF de, Lima PCC, Costa LC da, Finger FL. 2019. Changes in potato tuber sugar metabolism in response to natural sprout suppressive compounds. *Acta Scientiarum. Agronomy* **42**.
86. Saunders S, Harper G, *Integrating Alternative Sprout Suppressants for the Fresh Market*; Sutton Bridge Crop Storage Research: Spalding, UK, 2019; Available

- online: https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Potatoes/11140043%20Interim%20Report_published%20Feb%202019.pdf
87. Sawyer RL, Dallyn SL. 1958. Timing maleic hydrazide sprays to stage of plant development. *American Potato Journal* **35**:620-625.
 88. Shukla A, Zhang Y-H, Dubey P, Margrave JL, Shukla SS. 2002. The role of sawdust in the removal of unwanted materials from water. *Journal of Hazardous Materials* **95**:137-152
 89. Shukla S, Pandey SS, Chandra M, Pandey A, Bharti N, Barnawal D, Chanotiya CS, Tandon S, Darokar MP, Kalra A. 2019. Application of essential oils as a natural and alternate method for inhibiting and inducing the sprouting of potato tubers. *Food Chemistry* **284**:171-179.
 90. Singh DK, Tiwari DP, Saksena ND, *Indian J. Environ. Health.*1993. 35.
 91. Směrnice 2008/98/ES o odpadech a zrušení některých směrnic. 2018.
 92. Sonnewald S, Sonnewald U. 2014. Regulation of potato tuber sprouting. *Planta* **239**:27-38.
 93. Sonnewald S, Sonnewald U. 2014. Regulation of potato tuber sprouting. *Planta* **239**:27-38.
 94. Sowa-Niedziałkowska G. 1988. Share of transpiration in natural losses during the storage of potatoes. *Potato* 1988: 61–77.
 95. STORE-BOUGHT POTATOES TREATED WITH EYE-GROWTH INHIBITOR. 2022.. Available at <https://www.quirkyscience.com/chlorpropham-eye-growth-inhibitor/>.
 96. Suttle JC, Olson LL, Lulai EC. 2016. The Involvement of Gibberellins in 1,8-Cineole-Mediated Inhibition of Sprout Growth in Russet Burbank Tubers. *American Journal of Potato Research* **93**:72-79.
 97. Suttle JC, Olson LL, Lulai EC. 2016. The Involvement of Gibberellins in 1,8-Cineole-Mediated Inhibition of Sprout Growth in Russet Burbank Tubers. *American Journal of Potato Research* **93**:72-79.
 98. Swinburn BA et al. 2019. The Global Syndemic of Obesity, Undernutrition, and Climate Change: The Lancet Commission report. *The Lancet* **393**:791-846.
 99. Takeoka GR, Flath RA, Mon TR, Teranishi R, Guentert M. 1990. Volatile constituents of apricot (*Prunus armeniaca*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **38**:471-477.
 100. Teper-Bamnolker P, Dudai N, Fischer R, Belausov E, Zemach H, Shoseyov O, Eshel D. 2010. Mint essential oil can induce or inhibit potato sprouting by differential alteration of apical meristem. *Planta* **232**:179-186.
 101. Terpenix, CZ. 2024. Available at <https://terpenix.cz/>
 102. Thoma J, Zheljazkov VD. 2022. Sprout Suppressants in Potato Storage: Conventional Options and Promising Essential Oils—A Review. *Sustainability* **14**.
 103. Thoma JL, Cantrell CL, Zheljazkov VD. 2022. Evaluation of Essential Oils as Sprout Suppressants for Potato (*Solanum tuberosum*) at Room Temperature Storage. *Plants* **11**.

104. Tongnuanchan P, Benjakul S. 2014. Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science* **79**.
105. Toxopeus H, Bouwmeester HJ. 1992. Improvement of caraway essential oil and carvone production in The Netherlands. *Industrial Crops and Products* **1**:295-301.
106. Ul Hasan M, Ullah Malik A, Anwar R, Sattar Khan A, Haider MW, Riaz R, Ali S, Ur Rehman RN, Ziaf K. 2021. Postharvest Aloe vera gel coating application maintains the quality of harvested green chilies during cold storage. *Journal of Food Biochemistry* **45**.
107. Ul Hasan M, Ullah Malik A, Anwar R, Sattar Khan A, Haider MW, Riaz R, Ali S, Ur Rehman RN, Ziaf K. 2021. Postharvest Aloe vera gel coating application maintains the quality of harvested green chilies during cold storage. *Journal of Food Biochemistry* **45**.
108. United Nations. 2015. The Millennium Development Goals Report 2015. United Nations.
109. Van Den Berg L, Lentz Cp. 1973. Effect Of Relative Humidity, Temperature And Length Of Storage On Decay And Quality Of Potatoes And Onions. *Journal of Food Science* **38**:81-83. Available at <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1973.tb02781.x>
110. Vaughn KC, Lehnen, Jr. LP. 1991. Mitotic Disrupter Herbicides. *Weed Science* **39**:450-457.
111. Venkata Mohan S, Chandrasekhar Rao N, Karthikeyan J. 2002. Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic and mechanistic study. *Journal of Hazardous Materials* **90**:189-204.
112. Víchová J. 2021. Choroby bramboru (9): Skládkové choroby bramboru. Available at <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/choroby-bramboru-9-skladkove-choroby-bramboru> (accessed March 18, 2024).
113. Visse-Mansiaux M, Tallant M, Brostaux Y, Delaplace P, Vanderschuren H, Dupuis B. 2021. Assessment of pre- and post-harvest anti-sprouting treatments to replace CIPC for potato storage. *Postharvest Biology and Technology* **178**.
114. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o. 2024. Poradna. Available at <https://www.vubhb.cz/cs/forum/poradna?page=5> (accessed March 1, 2024).
115. Waitt G, Phillips C. 2015. Food waste and domestic refrigeration: a visceral and material approach. *Social & Cultural Geography* **17**:359-379.
116. Yap PSX, Yusoff K, Lim S-HE, Chong C-M, Lai K-S. 2021. Membrane Disruption Properties of Essential Oils—A Double-Edged Sword? *Processes* **9**.
117. Yoshioka H, Sugie K, Park H-J, Maeda H, Tsuda N, Kawakita K, Doke N. 2001. Induction of Plant gp91 phox Homolog by Fungal Cell Wall, Arachidonic Acid, and Salicylic Acid in Potato. *Molecular Plant-Microbe Interactions®* **14**:725-736.
118. Zembag. ©2022 - 2024. Available at <https://www.zembag.cz/> (accessed March 19, 2024).