

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

FAPPZ



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Možnosti aplikace rostlinných silic pro konzervaci
plodové zeleniny z čeledi Solanaceae**

Bakalářská práce

Matěj Stárek

Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů

Ing. Pavel Nový, Ph.D.

© 2023 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Možnosti aplikace rostlinných silic pro konzervaci plodové zeleniny z čeledi Solanaceae" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4.

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Pavlu Novému, Ph.D. za vedení mé práce a odborné konzultace, mé milující rodině, která mi poskytla veškerou podporu, kterou jsem potřeboval, a ještě mnohem víc. Andree Stárkové navíc děkuji za kontrolu slovosledu a pravopisu a v neposlední řadě děkuji Martinu Buchtovi, bez kterého bych práci nejspíš nikdy nedokončil.

Možnosti aplikace rostlinných silic pro konzervaci plodové zeleniny z čeledi Solanaceae

Souhrn

Rajčata a papriky jsou plody rostlin z čeledi Lilkovitých (*Solanaceae*), které jsou velice oblíbené a je po nich vysoká poptávka. Jedná se ale o relativně křehkou zeleninu, která navíc lehce podléhá mikrobiální zkáze, pokud nejsou dodrženy správné podmínky skladování a přepravy. Většinou bývají ošetřovány chemickými postřiky, které ale mají mnoho nevýhod a je snaha najít přírodní alternativy, které dokážou prodloužit trvanlivost paprik a rajčat svou antimikrobiální činností. V tomto ohledu mají velký potenciál rostlinné silice. Řada z nich disponuje silnými antimikrobiálními účinky a v této práci byl utvořen přehled silic, které vykazují silnou inhibici některých skládkových patogenů paprik a rajčat, například *Colletotrichum capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata* nebo *Botrytis cinerea*. Nejčastějším způsobem aplikace silic při konzervaci paprik a rajčat je jejich přimíchání do roztoku chitosanu, který po aplikaci na plod ztuhne v ochranný jedlý povlak. Ten zaručuje postupné uvolňování silice a zároveň zlepšuje organoleptické vlastnosti plodu díky zpomalení enzymatických změn. Navíc mají silice antioxidační vlastnosti, které jsou v potravinářském průmyslu velmi žádané. Mnoho z nich má ale silné aroma, které může při vyšších koncentracích být pro konzumenta nepříjemné. Bylo tedy nutno použít nižších koncentrací, které neměly tak dobré výsledky inhibice jako jejich použití *in vitro*. Obecně měly nejlepší výsledky roztoky s obsahem silic mezi 0,5 – 2 %, které inhibovali patogeny a zároveň neměly příliš výrazný vliv na senzoriku. Mezi silice s nejlepšími výsledky patřila tymiánová silice, která při pouze 0,5% koncentraci dosáhla 85% inhibice *Fusarium oxysporum* na rajčatech po 9 dnech skladování. Silice rozmarýnu zase inhibovala *Fusarium oxysporum* o 67 % více než kontrola při 0,5% koncentraci. Silice šalvěže, citronové trávy, kmínu a slupky granátového jablka také dosáhly skvělých výsledků a měly navíc kladný dopad na senzoriku plodů. Díky celkově pozitivním výsledkům by některé silice mohly být novou ekologickou alternativou k chemickým látkám při konzervaci paprik a rajčat.

Klíčová slova: rajčata, papriky, konzervace, chitosan, jedlé obaly, aplikace silic,

Possible applications of plant essential oils for preservation of fruiting vegetables of the Solanaceae family

Summary

Tomatoes and peppers are fruits of the Solanaceae family of plants, which are very popular and in high demand. However, they are relatively fragile vegetables which are also easily subject to microbial spoilage if the correct storage and transport conditions are not observed. They are usually treated with chemical sprays, but these have many drawbacks and efforts are being made to find natural alternatives that can extend the shelf life of peppers and tomatoes by their antimicrobial activity. Plant essential oils have great potential in this respect. A number of them have strong antimicrobial effects and in this work a list of essential oils that show strong inhibition of some of the dump pathogens of peppers and tomatoes, such as *Colletotrichum capsici*, *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata* and *Botrytis cinerea*, has been compiled. The most common way of applying essential oils in the preservation of peppers and tomatoes is to add them to a chitosan solution, which, when applied to the fruit, solidifies into a protective edible coating. This ensures the gradual release of the essential oil and improves the organoleptic properties of the fruit by slowing down enzymatic changes. In addition, the essential oils have antioxidant properties that are in great demand in the food industry. However, many of them have a strong aroma that can be unpleasant for the consumer at higher concentrations. It was therefore necessary to use lower concentrations which did not have as good inhibition results as their use in vitro. Generally, solutions with essential oil contents between 0.5 – 2% had the best results, inhibiting pathogens while not having too strong an effect on sensory quality. Among the essential oils with the best results was thyme essential oil, which at only 0.5% concentration achieved 85% inhibition of *Fusarium oxysporum* on tomatoes after 9 days of storage. Rosemary essential oil in turn inhibited *Fusarium oxysporum* 67 % more than the control at 0.5% concentration. Essential oils of sage, lemongrass, cumin and pomegranate peel also achieved excellent results and had an additional positive impact on fruit sensory. However, some essential oils did not have such strong microbial effects. Sesame, cloves and mint achieved *Botrytis cinerea* inhibition of only 5 – 7 %. With the overall positive results, some essential oils could be a new organic alternative to chemicals in the preservation of peppers and tomatoes.

Keywords: tomatoes, bell peppers, preservation, chitosan, edible packaging, essential oil applications,

1	Úvod.....	7
2	Cíl práce.....	8
3	Literární rešerše.....	9
3.1	Konzervace potravin.....	9
3.2	Způsoby konzervace.....	9
3.3	Balení potravin.....	10
3.3.1	Inteligentní obaly.....	10
3.3.2	Aktivní obaly.....	11
3.4	Choroby plodů rostlin z čeledi lilkovitých.....	11
3.5	Nové alternativy.....	12
3.6	Silice.....	12
3.6.1	Chemické složení silic.....	13
3.6.2	Pěstování siličnatých rostlin.....	15
3.6.3	Získávání silic z rostlin.....	16
3.6.4	Použití a aplikace silic.....	17
3.6.5	Konzervace pomocí silic.....	18
3.6.6	Dopad na senzoriku.....	19
3.6.7	Aplikace na rajčata.....	21
3.6.8	Aplikace na papriky.....	28
3.7	Významné silice.....	30
3.7.1	Tymián obecný (<i>Thymus vulgaris</i>).....	30
3.7.2	Rozmarýn (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	30
3.7.3	Šalvěj (<i>Salvia officinalis</i>).....	31
3.7.4	Oregano (<i>Origanum spp.</i>).....	31
3.7.5	Kmín (<i>Carum carvi</i>).....	32
3.7.6	Máta peprná (<i>Mentha piperita</i>).....	33
3.7.7	Bazalka (<i>Cimum basilicum</i>).....	33
3.7.8	Fenykl (<i>Foeniculum vulgare</i>).....	34
3.7.9	Pomerančovník čínský (<i>Citrus sinensis</i>).....	34
3.7.10	Citronová tráva (<i>Cymbopogon citratus</i>).....	35
3.7.11	Granátové jablko (<i>Punica granatum</i>).....	36
4	Závěr.....	37
5	Literatura.....	38

1 Úvod

Rajčata a papriky patří mezi nejoblíbenější zeleninu na trhu a jsou celosvětově žádané. Jsou to ale relativně křehké a choulostivé plodiny, které snadno podléhají mikrobiální zkáze. Vysoká poptávka po nich proto nutí zemědělce a dodavatele stále zlepšovat technologie jejich přepravy a skladování, aby se zabránilo zbytečným ztrátám na kvalitě a celkové produkci. Používání chemických postřiků a jiných syntetických antimikrobiálních látek má však mnoho nevýhod. Jsou velkou zátěží pro životní prostředí, bývají drahé a mohou mít negativní vliv na lidské zdraví. Proto je zájem a nové ekologičtější alternativy. Jednou z nich jsou rostlinné silice. Tyto aromatické látky disponují silnými antimikrobiálními a antioxidačními účinky, které jsou při konzervaci potřeba. Některé z nich vznikají jako vedlejší produkty při zpracování rostlin v průmyslu a jsou lehce odbouratelné. Mnoho z nich má ale silné aroma, které nemusí být vždy žádoucí. Otázkou tedy je, zda tato zajímavá skupina látek dokáže najít uplatnění v potravinářském průmyslu jako konzervační látky.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je vytvoření uceleného přehledu o možném využití rostlinných silic pro zlepšení a prodloužení trvanlivosti vybrané plodové zeleniny z rodu *Solanaceae*, jmenovitě paprik a rajčat. Při hodnocení bude sledován zejména vliv silic na senzoriku, trvanlivost a potlačení patogenů, hlavní obsahové složky použitých silic a jejich účinné koncentrace.

3 Literární rešerše

3.1 Konzervace potravin

Trvanlivost bývá nejčastěji definována jako doba, během které zůstane daný potravinářský výrobek bezpečný ke konzumaci, zachovává si své sensorické, fyzikální, mikrobiologické a chemické vlastnosti a také neztratí žádné z údajů uvedených na etiketě. To vše ale pouze při skladování za doporučených podmínek (IFST, 1993). Po uplynutí této doby již výrobce není zodpovědný za kvalitu a bezpečnost produktu.

Konzervace potravin se už od pradávna vyvíjela společně s lidstvem a po více než 3.4 milionech let, kam se datují nejstarší nálezy nástrojů ke konzervaci potravin (McPherron et al., 2010), se dostala do dnešního stavu, kdy je stále stejně důležitá, jako kdysi. Mnoho starobylých způsobů konzervace je praktikováno dodnes. I když se technologie značně vyvinula, princip zůstává stejný.

3.2 Způsoby konzervace

Konzervace se dělí podle zdroje konzervačního efektu. Fyzikální opracování zahrnuje například sušení, kdy odstraňujeme vodu a tím eliminujeme prostředí vhodné pro růst bakterií a jiných mikroorganismů. Dále sem patří úpravy jako je pastace, vaření, úprava párou, smažení, pečení atd., které eliminují aktivní formy mikroorganismů nebo i jejich spory a tím prodlužují trvanlivost. Řadíme sem ale i chlazení a mražení, které učiní vodu v potravine nepřístupnou pro mikroorganismy nebo samotná snížená teplota zabrání jejich růstu. Konzervace také může proběhnout pomocí biologických procesů, jako jsou fermentace a enzymatické procesy. Poslední skupinou je konzervace chemická, kdy dochází například k snížení pH na nízké hodnoty, čímž se vytváří prostředí neobyvatelné pro většinu mikroorganismů a dojde k inhibici spor. Dále se upravuje osmotický tlak například nasolením a konzervace cukrem nebo medem. Patří sem ale i konzervace pomocí různých antimikrobiálních látek, kam patří i takzvané éterické oleje/silice (Knorr & Augustin, 2022).

Další možností ošetření potravin pro prodloužení trvanlivosti je ultrazvuk. Produkt je vystaven zvukovým vlnám o vysoké frekvenci a intenzitě, které pronikají do potraviny a narušují buněčné stěny mikroorganismů. Ultrazvuk získal na oblibě díky nízké ceně jeho použití a minimálním vlivu na organoleptické a výživové vlastnosti potraviny. Špatná aplikace ale může zapříčinit snížení kvality textury a chuti potraviny (Izquierdo-Cañas et al., 2020; Xiong et al., 2020). Nejširší využití nachází ve vinařském a mléčném průmyslu. Může totiž šetrně nahradit použití chemických látek jako je oxid siřičitý k deaktivaci mikroorganismů. U mléka bylo při nedávné studii naměřené až 90% snížení počtu bakterií mléčného kvašení po vystavení ultrazvuku o frekvenci 24 kHz po dobu 20 minut (Fang et al., 2011; Fu et al., 2020). Nachází ale uplatnění také při izolaci bioaktivních látek u různých druhů zeleninových a ovocných šťáv a past nebo zjišťování celkového obsahu fenolických látek v různých kořenech (Teng et al., 2019).

K zajištění zdravotní nezávadnosti některých potravin je nutná dezinfekce. Jedním ze způsobů je ošetření ozónem, jehož obliba v posledních letech stále roste. Jedná se o izotop kyslíku, který vzniká při vystavení kyslíku ultrafialovému záření. Oproti chloru, kyselině

chlorné nebo peroxidu vodíku totiž nezanechává v potravině téměř žádná rezidua (Fisher et al., 2000; Nakamura et al., 2017). Má vynikající antimikrobiální a antivirové účinky a díky možnosti jeho okamžité výroby jej není třeba nikde skladovat na rozdíl od jeho škodlivějších alternativ. Jeho výroba navíc vyjde mnohem levněji oproti energii, kterou by bylo potřeba vynaložit na tepelné ošetření (Pandiselvam et al., 2019).

Dalším ze způsobů konzervace je použití elektrického pulzního pole, po kterém v posledních letech prudce vzrostla poptávka. Například díky jeho efektivnímu ničení bakterií *Escherichia coli* v mléce (Aghajanzadeh & Ziaifar, 2018). Jedná se o pokročilou metodu, která zahrnuje umístění potravin mezi dvě elektrody a krátkodobé vystavení intenzivnímu elektrickému impulzu. Takto ošetřená potravina má prodlouženou trvanlivost a zlepšené nutriční vlastnosti, protože impulz naruší matici buněčné membrány. Většinou se používá pro konzervaci různých druhů ovoce a zeleniny, šťáv, extraktů a mléka. Díky možnosti regulace napětí, frekvence a doby ošetření je tato metoda velice flexibilní a její použití je široké (Odriozola-Serrano et al., 2013; Wiktor et al., 2016).

3.3 Balení potravin

Správné uchovávání potravin je stejně důležité, jako jejich ošetření. Proto již od pradávna lidé využívali speciálních izolovaných staveb a obalů, aby prodloužili trvanlivost svých produktů (Blasco et al., 2019). Důležité je upravení atmosféry kolem skladovaného produktu. Jsou záznamy o skladování potravin v mořské vodě, zvířecích kůžích, octu, solankách, syrových vejcích, v kyselém popelu, medu, ethanolu, ledu, soli, oleji a jiných surovinách (Cristiani et al., 2018; Grabner et al., 2021; Park et al., 2016). Oproti pravěkým požadavkům na balení se však v dnešní době objevují i nové nároky, jako je atraktivita pro zákazníka nebo ekologická zátěž obalu. Jednou z nejdůležitějších funkcí obalu je ale kromě udržení zdravotní nezávadnosti produktu i udržení organoleptických a výživových vlastností (Ahari & Soufiani, 2021).

3.3.1 Inteligentní obaly

V dnešní době roste poptávka po nových, sofistikovanějších technologiích v oblasti balení potravin. Odpovědí mohou být takzvaná inteligentní balení, která dokáží kromě ochrany a izolaci produktu také monitorovat obsah kyslíku, teplotu, pH, vlhkost a jiné vlastnosti produktu bez toho, aby došlo k porušení obalu. Toho dosáhnou tím, že v balení jsou přítomné různé indikátory, díky kterým se dá i bez rozbalení poznat, zda má produkt nějaký deficit. Například přítomnost kyslíku, která poukazuje na poškození obalu a narušení ochranné atmosféry, nebo sledování teploty či přítomnost mikroorganismů (Bastarrachea et al., 2015). Tyto moderní metody ale nejsou zatím příliš rozšířené. Odhaduje se, že pokročilé obaly tvoří pouze 5 % celkové hodnoty trhu s obaly, přičemž inteligentní obaly jsou zastoupeny pouhými 11 % (Dainelli et al., 2008). Inteligentní obaly se často navzájem doplňují s aktivními obaly, díky kterým dosahují ještě vyšší efektivity (Bastarrachea et al., 2015).

3.3.2 Aktivní obaly

Aktivní obaly si poslední dobou získávají čím dál více pozornosti a jsou předmětem intenzivního zkoumání. Za aktivní obal považujeme ten, kde použitý materiál má navíc kromě ochrany a udržení kvality produktu ještě další funkce. Nejčastěji mívá antimikrobiální, antioxidační a biokatalytické účinky a jeho cílem bývá především zlepšení trvanlivosti, lepší udržení nebo upravení kvality produktu a bezpečnost potravin ke konzumaci či spotřebě. Působení aktivních látek v obalech může být dvojího účinku. Migrační metody jsou ty, u kterých aktivní látka putuje do produktu a působí přímo na něj. Patří mezi ně zapouštění, imobilizace a jiné. Druhou skupinou jsou metody nemigrační, kde je důležité, aby aktivní látka zůstala stabilní v matrici obalu. Mezi ně řadíme například photografting nebo kovalentní imobilizaci. Samotná integrace aktivní látky probíhá přimícháním do polymerních materiálů a vytvořením roztoku, který po ztuhnutí zůstává na produktu v podobě filmu (tenké vrstvy). Zde ale vyvstává problém. Většina polymerů má totiž vysoké body tání a navíc je nutné k jejich rozpuštění použít organických rozpouštědel. Proto by výroba takovýchto obalů byla značně nákladná a pro velkovýrobu tudíž nepoužitelná. Má proto využití pouze v laboratorním prostředí. Při studiích se proto používají častěji biodegradabilní polymery, které mají menší nároky na rozpouštění a větší potenciál pro velkovýrobní použití. Mezi ně patří kyselina mléčná, deriváty celulózy a jiné látky. Dále je důležité zajistit rovnoměrné rozmístění aktivní látky po obalu dobrým promícháním s polymerem. Uvolňování aktivní látky do produktu je také nutno kontrolovat. Jednou z možností je vytvoření dvojího filmu, kdy vnitřní vrstva obsahuje aktivní látku a vnější vrstva naopak zajišťuje, aby aktivní látka neunikala z obalu ven do ovzduší a působila pouze směrem k produktu. Přimíchání aktivních látek do obalu ale může značně ovlivnit jeho mechanické a fyzikální vlastnosti, i když je látky jen malé množství. Proto je zatím omezeno toto použití pouze na minoritní a specifické části obalů, u kterých není ztráta důležitých mechanických vlastností tolik na škodu (Bastarrachea et al., 2015).

3.4 Choroby plodů rostlin z čeledi lilkovitých

Rajčata i papriky jsou celosvětově oblíbené potraviny a je po nich velká poptávka. Jsou ale často napadány různými plísněmi a bakteriemi, které činí jejich přepravu a konzervaci problematickou. Až 30 % úrody může být v důsledku toho zničeno (Ochida et al., 2018). Mezi časté choroby zeleniny a ovoce patří antraknóza, kterou způsobuje řada druhů plísní z rodu *Colletotrichum*, u paprik nejčastěji *Colletotrichum capsici* (Pakdeevaparorn et al., 2005). Velké ztráty způsobuje také plíseň černá střídavá (*Alternaria alternata*), která způsobuje černání a hnilobu rajčat. Velkou škodu také působí plíseň šedá (*Botrytis cinerea*). Další významnou hrozbou pro skladované papriky a rajčata je fytopatogenní bakterie *Pectobacterium carotovorum*, která způsobuje u plodů měkkou hnilobu a značně tím snižuje produkci a kvalitu (Charkowski, 2015; Gillis et al., 2014). *Fusarium oxysporum* byl identifikován jako nejvíce patogenní kmen z deseti izolátů, které byly získány z rozkládajícího se plodu rajčete pořízeného z centrálního trhu v Teheránu (Khanjani et al., 2021). Tato plíseň kromě rajčat ohrožuje například i kořeny a natě jahodníků (Fang et al., 2011). Obecně se k potlačení hniloby a plísní používají umělé fungicidní přípravky, mezi

kteře patří například karbendazim, chlorothalonil a mankozeb (Bouzoumita et al., 2019). Ty sice nepůsobí negativně na chuť, vzhled ani jiné organoleptické vlastnosti, ale jejich nadbytečné používání často vede k adaptaci kmenů a vytvoření resistance. U některých lidí mohou dokonce vyvolávat alergické reakce nebo způsobovat různé jiné zdravotní potíže (Worku & Sahe, 2018). Navíc vytváří velkou ekologickou zátěž a jsou nebezpečné pro životní prostředí. Proto je snaha je co nejvíce omezit.

3.5 Nové alternativy

Ve snaze omezit používání umělých chemických látek ke konzervaci se stále častěji používají jedlé přípravky, které jsou ekologicky šetrnější a příznivější pro lidské zdraví. Jednou z těchto ekologicky odbouratelných látek je chitosan (Ali et al., 2015a). Jedná se o lineární polysacharid (Hu et al., 2020), který si v poslední době získal velkou popularitu v pokusech o alternativní uchovávání čerstvosti potravin, včetně paprik a rajčat. Mimo jiné se také dá použít při konzervaci jahod, brambor, granátových jablek, hroznů, broskví jablek a mnoha jiných druhů ovoce a zeleniny (Kuwar et al., 2015; Liu et al., 2007). Ve většině případů bývá z chitosanu vytvořena nanoemulze. Jednou z metod přípravy je takzvaná iontová gelace, kdy je chitosan rozpuštěn v kyselině octové a míchán po dobu 6 hodin při 500 otáčkách za minutu, dokud se roztok plně nehomogenizuje. Poté se upraví pH na 4,5 přidáním NaOH a dále se přidává tripolyfosforečnan sodný, dokud nedojde ke změně barvy na porcelánově bílou. Odstředěním pak získáme nanočástice chitosanu, které mají podobu prášku. Ten je následně použit pro vytvoření emulze, kterou můžeme na plod nanést postřikem, potěrem nebo do ní plod namočit. Emulze ztuhne a vytvoří na povrchu plodu povlak, který jej chrání před napadením mikroorganismy (Hu et al., 2020). Zároveň značně snižuje ztrátu hmotnosti, protože omezuje výpar. Dále má pozitivní účinek na zachování barvy, struktury a mnoha jiných organoleptických vlastností (Ali et al., 2015a).

Nanotechnologie jsou velkým průlomem s obrovským potenciálem pro využití v bezpečnosti odvětví, včetně potravinářského průmyslu. Zjednodušeně řečeno se jedná o použití materiálu, jehož částice mají aspoň jeden rozměr menší než 100 nm (Auffan et al., 2009). Tato technologie je využívána díky svým schopnostem postupného uvolňování a specifickému účinku, které ji činí extrémně flexibilní. Navíc má i další výhody. Neuvolňují se z ní žádné škodliviny, má vysokou energetickou účinnost a také mnohem menší nároky na prostor oproti jiným technologiím. Všechny tyto faktory a výhody z ní činí ideální technologii pro použití v potravinářském průmyslu, kde je důraz na nepřítomnost toxických nebo jinak škodlivých látek velmi velký (Kaphle et al., 2018). Je možno ji použít pro zpracování barviv, ochucovadel, konzervantů a jiných aditiv. Stejně tak je využívána na přípravu nanoemulzí, které by mohly být využity při modernizování konzervačních technologií (Sridhar et al., 2021).

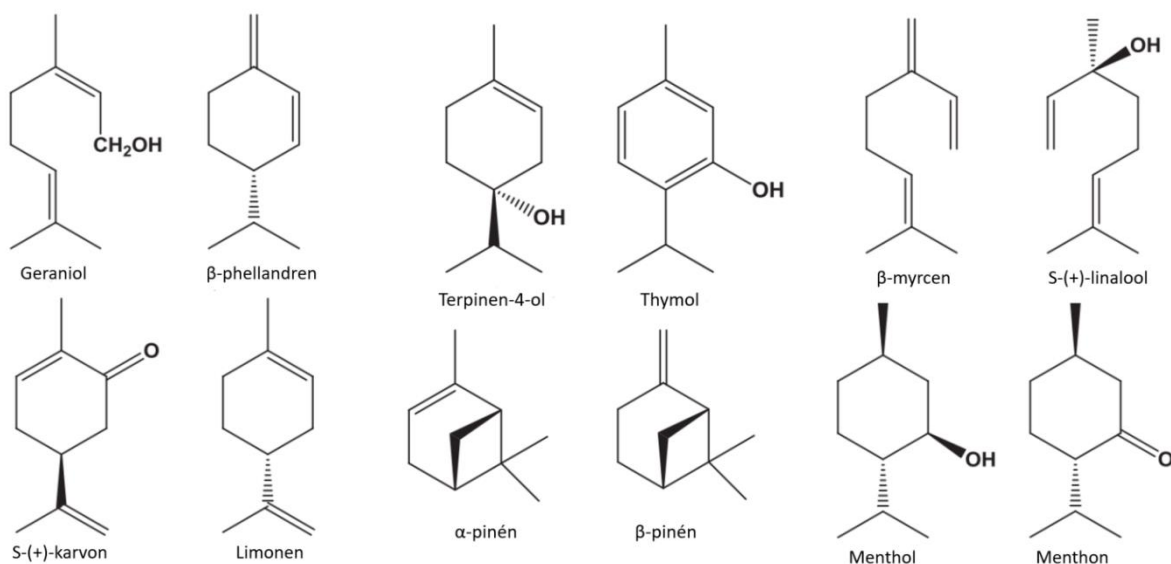
3.6 Silice

Rostlinné silice jsou již od pradávna využívány člověkem v mnoha oblastech. Obecně se jedná o sekundární metabolity vyšších rostlin, které mají vysoce těkavou povahu a vynikají intenzivní vůní, která ale nemusí být přítomná u všech silic. Obecně jsou rostlinou tyto látky

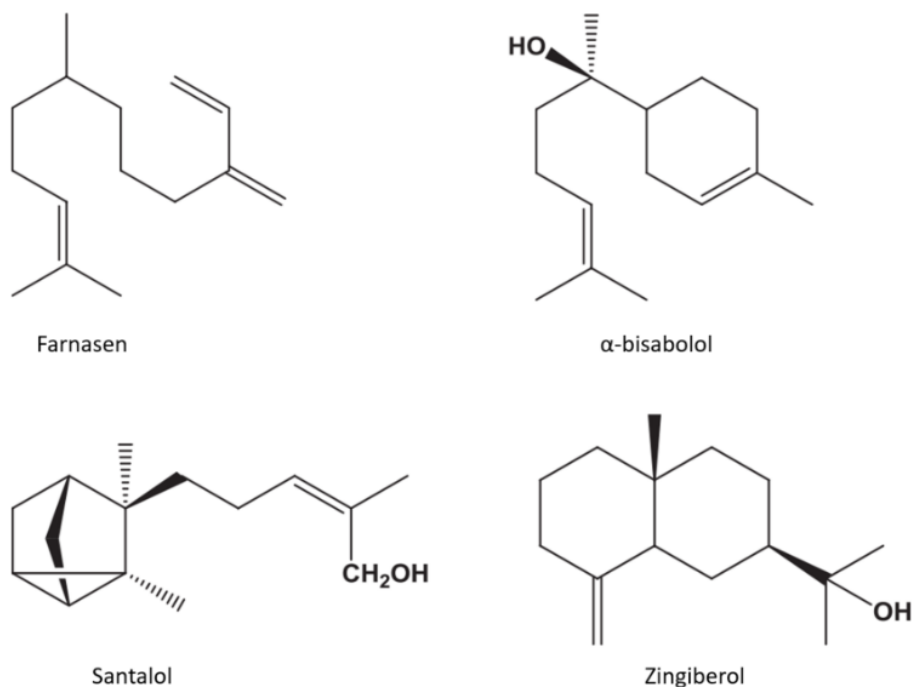
využívány pro komunikaci s vnějším prostředím, jako obrana proti škůdcům a býložravcům, kterým jsou většinou nepříjemné (SVOBODA et al., 2016). V čisté formě mají většinou podobu bezbarvé průhledné tekutiny, někdy lehce nažloutlé. Jsou rozpustné v nepolárních organických rozpouštědlech, čehož se se dá využít při jejich zpracování. Používají se především díky jejich jedinečným antioxidačním a antimikrobiálním účinkům a také samozřejmě kvůli jejich aromatu a vůni. Jsou celkem lehce vstřebatelné pokožkou, což je výhoda pro jejich použití v kosmetice a farmacii a obecně mají až na pár výjimek nízkou hustotu (Ríos, 2016). Dnes je známo téměř 3000 různých druhů rostlinných silic, přičemž přibližně 300 z nich má komerční využití (Burt, 2004).

3.6.1 Chemické složení silic

Mezi hlavní chemické komponenty rostlinných silic patří monoterpeny a seskviterpeny, což jsou deriváty terpentýnu. Ty jsou buď odvozené od alifatických nebo alicyklických derivátů s aromatickou strukturou. Do této rozsáhlé skupiny aromatických silic patří geraniol obsažený v růži damašské (*Rosa damascena*), limonen v citrónu (*Citrus limon*), terpinen-4-ol v Tea tree silici (*Melaleuca alternifolia*), karvanon v eukalyptu (*Eucalyptus globulus*), mentol v mátě peprné (*Mentha piperita*), askaridol v merlíku (*Chenopodium ambrosioides*) nebo linalool v koriandru (*Coriandrum sativum*) a mnoho jiných (Ríos, 2016). Některé ze vzorců těchto látek můžeme vidět na obrázcích 1 a 2.

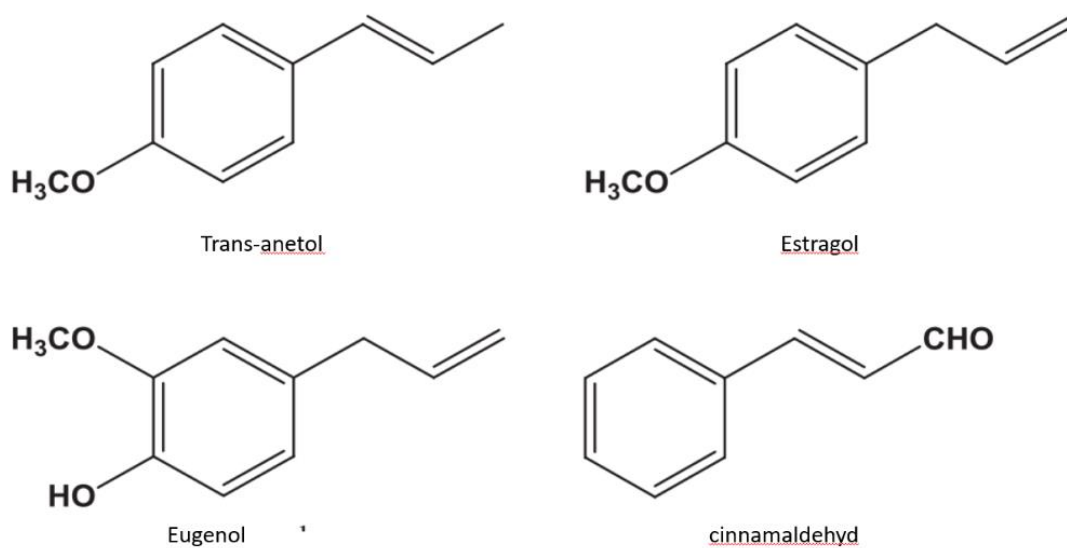


Obrázek 1. - Příklady alifatických, mono a bicyklických, uhlovodíkových a kyslíkatých monoterpenů (Ríos, 2016).



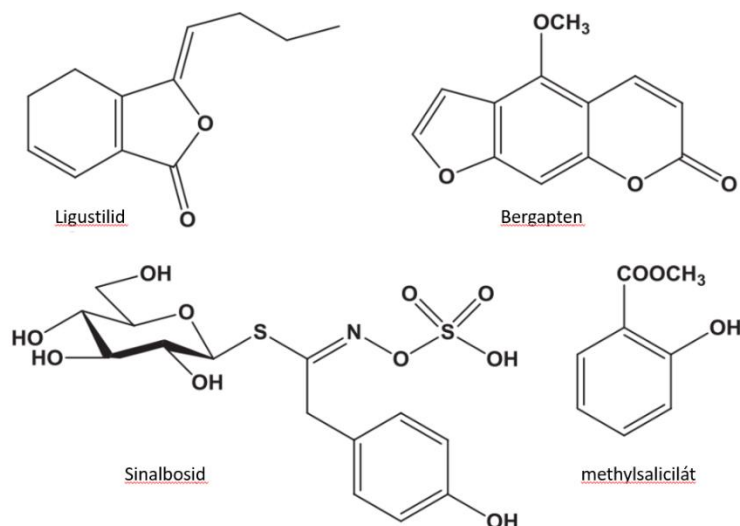
Obrázek 2. - Příklady alifatických, monocyklických a bicyklických, uhlovodíkových a okysličených seskviterpenů (Ríos, 2016).

Silice jiných rostlin jsou zase tvořeny aromatickými deriváty z allylfenolu a isoallylfenolu. Mezi zástupce těchto látek patří trans-anetol v anýzu (*Pimpinella anisum*), fenyklu (*Foeniculum vulgare*) nebo badyánu (*Illicium verum*). Dále eugenol v hřebíčku (*Syzygium aromaticum*) a cinnamaldehyd ve skořici (*Cinnamomum verum*) (Ríos, 2016). Vzorce těchto látek můžeme vidět na obrázku 3.



Obrázek 3. - Příklady allylových a izoallylových fenolů (Ríos, 2016).

Dalšími látkami hojně obsaženými v rostlinných silicích jsou těkavé sloučeniny, které jsou často prekurzory k známějším látkám, například glykosidům nebo seskviterpenovým laktonům. Mezi tyto látky patří ligustilid obsažený v silici libečku (*Ligusticum levisticum*), kumarin v levanduli (*Lavandula*), furanokumarin v bergamotu (*Citrus bergamia*), glukosinolát sinalbosid v silici bílé hořčice (*Brassica alba*) nebo amygdalin z hořkých mandlí (*Prunus communis*) (Ríos, 2016). Vzorci některých těchto látek můžeme vidět na obrázku 4.



Obrázek 4. příklady dalších látek v rostlinných silicích (Ríos, 2016).

3.6.2 Pěstování siličnatých rostlin

Při rostoucí poptávce po rostlinných silicích se také musí zvyšovat jejich produkce. s ohledem na to, jak široké spektrum silic je využíváno, je i pěstování jejich rostlin velice rozmanité. Uvádí se, že na trhu je používáno nejméně 400 druhů rostlin z 67 čeledí, které jsou pěstovány za účelem získávání silic ve velkém. Mezi nejdůležitější čeledi patří například hvězdnicovité (*Asteraceae*), hluchavkovité (*Lamiaceae*) a miříkovité (*Apiaceae*). Každá z těchto čeledí zahrnuje aspoň 15 druhů, které jsou hromadně pěstovány pro průmyslové použití. Mezi další významné čeledi patří bobovité (*Fabaceae*), myrtovité (*Myrtaceae*), routovité (*Rutaceae*), zázvorníkovité (*Zingiberaceae*), borovicovité (*Pinaceae*) a mořenovité (*Rubiaceae*) (Duke, 2002). U některých rostlin je možné lodyhy nebo jiné části sušit a vlastnosti jejich silice se nevytratí. Jinde je však zapotřebí dodání čerstvé rostliny, jako je tomu například v kulinářství, a tak může být jejich pěstování a distribuce výzvou.

Samotné pěstování má velký vliv na obsah a kvalitu silic v rostlině. Tvorba je ovlivněna teplotou, dostatkem vody nebo délkou vegetačního období. Vyšší teploty obecně zvyšují produkci silice rostlinou. Příliš vysoké teploty ale zase způsobují ztráty silice důsledkem výparu. Přebytek srážek může vést k odplavení silice z povrchu rostliny některých druhů, takže při průmyslovém pěstování je lepší zalévat tyto druhy ke kořenům, aby se této ztrátě zamezilo (Bhattacharya, 2016). I samotná délka dne může značně ovlivnit složení silice. Například u máty peprné měl dlouhý den za následek zvýšený obsah mentonu, mentolu a stopové množství mentofuranu, kdežto při pěstování v umělých podmínkách s krátkým dnem

tvoril mentofuran hlavní část silice. Další studie uvádí, že u tabáku planého (*Nicotiana sylvestris*) byla zjištěna desetinásobně větší koncentrace aromatických látek během nočních hodin. Mezi tyto látky patřil mimo jiné i benzylalkohol, ale u jiných látek (např. linalool) nebyl naměřen žádný vzrůst koncentrace (Loughrin et al., 1990). Na některé rostliny má dokonce vliv nadmořská výška, ve které jsou pěstovány. Například u obsahu silic v máté peprné (*Mentha piperita*) a tymiánu (*Thymus vulgaris*) byl zaznamenán úbytek s rostoucí nadmořskou výškou. U hřebíčkovce kořeného (*Eugenia caryophyllus*) musí nadmořská výška dosahovat maximálně 900 metrů nad mořem, aby se jeho produkce vyplatila. Naopak kafrovník lékařský (*Cinnamomum camphora*) musí být pěstován v nadmořské výšce mezi 1500 a 2000 metry. Šafrán setý zase musí být pěstován maximálně v 1250 metrech (Bhattacharya, 2016). Proto musí být i tento faktor brán v potaz při jejich pěstování, pokud chceme dosahovat optimálních výsledků. Pokud vezmeme souhrn faktorů během jednoho období, můžeme mluvit o sezóně. Ta pak ovlivňuje celou sklizeň rostliny v hromadném měřítku. Studie provedená na řeckém oregánu (*Origanum hirtum*) ukázala, že sklizeň v suché a teplé sezóně vynesla zhruba 1,5-2 % silice v rostlině. Naproti tomu sklizeň během vlhké a studenější sezóny vynesla až 5,5 % silice, což je téměř trojnásobek předchozí úrody. Naopak obsah aktivní látky silice oregana, karvakrolu, byl v chladnější a vlhčí sezóně o zhruba 20 % menší než v předchozí sušší sezóně, protože došlo k většímu naředění díky dostatku vláhy (Karamanos & Sotiropoulou, 2013). Proto sezónní výkyvy teplot a srážek mají mnohem větší vliv na obsah silice v rostlině, byť to nemusí být na první pohled znatelné. Na obsah silic má mimo jiné také vliv dostatek minerálů, živin a především dusíku (Ozguven et al., 2005). Pro vyšší výtěžnost silic z rostlin byly také postupně vyšlechtěny speciální odrůdy, které mívají odlišné a zvýšené obsahy různých látek podle potřeby zemědělce.

3.6.3 Získávání silic z rostlin

Silice se v rostlině vyskytují v kořenech, květech, kůře, listech, semenech, plodech, stoncích a jiných částech rostliny (Hyldgaard et al., 2012). Často jsou nahromaděné ve vylučovacích orgánech, například ve žláznatých chloupkách a sekrečních kanálcích. V některých případech se dokonce nevytváří v rostlině, ale až smícháním různých sloučenin, které rostlina vylučuje. Rostlinný materiál, ze kterého silici získáváme, může být čerstvý, sušený nebo částečně dehydratovaný. U květů však musí být hmota čerstvá (Stratakos & Koidis, 2016). Z rostliny se dá silice získat několika způsoby. Nejčastěji se ale jedná o různé formy destilace? Ve specifických případech, jako například u levandule nebo růže, můžeme použít cohobace, což je typ destilace, kde se voda vrací zpátky do destilátu, aby se zabránilo ztrátám sloučenin rozpustných ve vodě. Dále můžeme využít macerace, což je vylouhování za studena ve vodě, která se používá, pokud je výtěžnost silice při destilaci nízká. Další šetrnou metodou je lisování nebo vymačkávání, kdy pomocí mechanického působení oddělujeme tekutou část rostliny od zbytku a následně pomocí odstředění nebo dekantace oddělíme zbytky rostliny od kapaliny. Enfleurage je metoda, kdy použijeme za pokojové teploty tuhé tuky k zachycení aromatu rostlinných silic. Jednou z modernějších technik je extrakce silice pomocí rozpouštědel nebo superkritických kapalin. Enfleurage a extrakce jsou používány, pokud chceme získat silici z choulostivých nebo tepelně nestabilních surovin, protože v extrakční kapalině zůstanou sloučeniny jako rezinoidy a jiné látky (Chamorro et al., 2012).

Jednou z dalších alternativních metod je superkritická extrakce pomocí oxidu uhličitého. Je totiž šetrná k těkavým a jiným chemicky křehkým komponentům silice a ponechává je nezměněné (Herzi et al., 2013).

3.6.4 Použití a aplikace silice

Rostlinné silice mají relativně široké využití. Mají stabilní místo v kosmetickém průmyslu a parfumerii, kde se používají k výrobě šampónů, sprchových gelů, různých olejů, mýdel, parfémů a mnoha jiných druhů kosmetiky, především díky jejich silnému aromatu. Díky němu mají také využití v aromaterapii a pro jejich léčivé nebo jinak příznivé účinky jsou hojně využívány ve farmacii (Buchbauer Gerhard & K. Hüsnü Can Baser, 2015). Například máta peprná (*Mentha piperita*), anýz (*Pimpinella anisum*), šalvěj lékařská (*Salvia officinalis*), hřebíček (*S. aromaticum*), eukalyptus (*Eucalyptus globulus*) a tea tree (*Melaleuca alternifolia*) jsou skvělé k léčbě kašle a bronchitidy, mají silné antimikrobiální účinky nebo uvolňují ucpané dýchací cesty. Hřebíčkový olej nachází uplatnění v zubním lékařství, kde slouží jako dezinfekce díky jeho antiseptickým účinkům. Tea tree olej zase pomáhá v léčbě akné díky své silné antimikrobiální aktivitě na grampozitivní bakterie (Buchbauer Gerhard & K. Hüsnü Can Baser, 2015). Silice mohou být také použity pro zlepšení chuti některých farmaceutických přípravků nebo zakrytí nepříjemného aroma.

Silice je možno aplikovat několika cestami. Často používané je přidání silice do horké vody a následná inhalace par (Boehm et al., 2012). Takto může silice lehce působit v dýchacích cestách a pomoci při léčbě jejich ucpaní nebo zánětů. Kromě inhalace můžeme silici také použít orálně v podobě různých kapek a sirupů nebo jako kapsle či tablety. Tato metoda aplikace je výhodná díky možnosti precizního dávkování (Karlsen, 2020). Mohou být také požitý přímo ve formě čaje nebo vývaru. Zde však není možné zachovat přesnost dávkování a riziko toxicity silic je v tomto případě vyšší. Pokud jde o vnější použití, silice lze aplikovat v podobě mastí, krémů nebo obkladů. Účinné látky se tak snadno vstřebají do těla pokožkou přímo v místě potřeby. Takto se aplikuje například měsíčkový krém nebo konopná mast na bolest svalů nebo ekzémy. Silice jsou v těchto případech často navázané na nosném médiu, nejčastěji oleji nebo tuku, které usnadňuje jejich aplikaci (Boehm et al., 2012).

Dále nacházejí silice využití v potravinářském průmyslu jako ochucovací nebo aromatické složky různých nápojů nebo potravin (Adelakun et al., 2016). Mohou sloužit při ochucování nejrůznějších cukrovinek a vytváří hlavní aroma některých alkoholických nápojů, jako jsou bylinné likéry, ochucené destiláty a mnoho jiných. Zde však bereme v potaz pouze využití jejich aromatu a chutě. O využití jejich konzervačních a antimikrobiálních vlastností bude psáno dále.

3.6.5 Konzervace pomocí silic

Většina silic má silnou antimikrobiální aktivitu. To je způsobeno jejich složením, protože některé terpeny a fenolické sloučeniny narušují membránu mikroorganismů a tím je inhibují. Jejich inhibice patogenů *in vitro* je skoro vždy velice vysoká ve vyšších koncentracích. Tyto vysoké koncentrace mají často ale negativní vliv na organoleptické nebo sensorické vlastnosti potravin. Proto je použití silic v potravinářském průmyslu jako antimikrobiálních látek poněkud složitější. Alternativou k jejich přímé aplikaci na potravinu je zavedení silic do balení produktu. Nové technologie dovolují implementovat syntetické antimikrobiální látky přímo do složení obalových materiálů. Tyto syntetické antimikrobiální látky však mohou mít nepříjemné aroma často působí nedůvěryhodně na širokou veřejnost. Někdy mohou mít také nechtěné vedlejší efekty. Příkladem těchto látek jsou amonné soli, benzoany sodné, siřičitany, kyselina benzoová nebo octová, sorban draselný, měďnaté ionty nebo triklosan. Stejně jako tyto látky mohou být i aktivní látky silic připojeny na hlavní řetězec molekul obalového materiálu jako vedlejší řetězce. Tímto způsobem se dá kontrolovat jejich uvolňování a vliv na potravinu a plně tak využít jejich antimikrobiálních vlastností. Silice jsou navíc často velmi těkavé a jejich zabudováním do polymeru se zajistí, že během skladování příliš rychle nevyprchají. Na samotnou antimikrobiální aktivitu silic působí hodně vlivů. Jejich účinnost se zřetelně snižuje při nižší aktivitě vody v potravine, jsou ovlivněny přítomností tuků, bílkovin, kyselostí potraviny, teplotou a mnoha jinými faktory. Je proto potřeba silice kombinovat s dalšími konzervačními faktory, jako je nízká teplota, zabránění vystavování slunečnímu svitu nebo vysoký hydrostatický tlak (Adelakun et al., 2016). Účinky některých silic jsou totiž zcela deaktivovány při styku s různými látkami. Koriandrový olej vykazoval silnou antimikrobiální aktivitu při použití v přípravě vývaru, ale při kontaktu s monolaurinem nebo lecitinem se jeho antimikrobiální vlastnosti deaktivovaly (Gil et al., 2002).

Je několik metod, jak silice efektivně využít při konzervaci potravin. Jedním z nich je enkapsulace. Tato metoda spočívá v uzavření silic do kapslí nebo jiných forem obalu, čímž se zamezí jejich nadměrnému výparu a zlepšuje se manipulace. Silice se pak dají také mnohem lépe dávkovat a jsou ochráněny před vnějšími vlivy, které by mohly znehodnotit jejich vlastnosti. Prvním krokem je silice převedení silice do emulze nebo roztoku. Silice jsou totiž většinou velice těkavé látky a tímto krokem se zmírní jejich výpar. Poté jsou uzavřeny do kapsulí, které jsou tvořeny z přírodních nebo syntetických polymerů. Kapsule pak stačí přidat do balení společně s potravinou. Další metodou je nechat kus papíru nebo jiné matrice nasáknout roztokem silice a poté jej umístit společně s potravinou do obalu. Toto je velice jednoduchá metoda, která nenabízí příliš velkou kontrolu nad výparem, ale pokud je potravina hermeticky uzavřena v obalu s upravenou atmosférou, je tato metoda dostačující. Touto metodou byly inhibovány například *Candida albicans*, *Penicillium nalgiovense* a *Eurotium repens* pomocí výparů ze silice hřebíčku (*Syzygium aromaticum*), oregana (*Origanum vulgare*) a skořice (*Cinnamomum zeylanicum*) (Rodríguez et al., 2007). Asi nejčastější metodou je však obalení potraviny do jedlého povlaku, který je obohacen o malou koncentraci silice. Tyto filmy jsou většinou vyrobeny z alginátu, mléčných bílkovin nebo chitosanu. Filmy z těchto látek samy o sobě vykazují antimikrobiální aktivitu, ale jejich hlavní výhodou je možnost implementace dalších složek do jejich roztoku. Tyto přídavné látky mohou být cokoliv od

vitaminů, ochucovadel a barviv až po antioxidační a antimikrobiální látky, jako jsou právě silice. Roztok nosné látky je obohacen o silici a homogenizován. Poté je roztok nastříkán na potraviny nebo je do něj ponořena. Po uschnutí vytvoří roztok na povrchu potraviny povlak, který ji chrání před vnějšími podmínkami a zabraňuje výparu, oxidaci a jiným nechtěným procesům. Tato technologie se dá skvěle použít pro konzervaci různých druhů ovoce a zeleniny, včetně paprik a rajčat. Povlak udržuje plody mnohem déle čerstvé a je většinou požitelný. Tímto způsobem je vyvíjen mnohem menší tlak na životní prostředí než při použití syntetických postřiků. Navíc uvolňování přidaných aktivních látek může být dobře kontrolováno (Adelakun et al., 2016; Chrysargyris et al., 2021; Pirozzi et al., 2020).

3.6.6 Dopad na sensoriku

Rostlinné silice bývají složeny až z 50 látek, převážně terpenů, terpenoidů a alifatických a aromatických látek, přičemž jedna až tři z nich tvoří kolem 90 % celkového objemu silice. Tyto látky jsou zodpovědné za většinu chemických vlastností silice, utváří ale také celkové aroma a chuť silice. Je známo přes 200 látek, které mohou být v silici obsaženy a ovlivňovat její sensorické vlastnosti. Absence nebo záměna už jenom jedné z těchto látek může mít na sensoriku velký dopad. Díky jejich jedinečné chuti a vůni jsou silice často využívány v potravinářství a gastronomii. Mnoho silic je používáno jako aditiva, jejich registrace jako zákonem schválené konzervanty je však stále omezena nedostatkem výzkumu a je nutno ověřit jejich vliv na zdravotní stav člověka. Mnoho silic je používáno v přírodní podobě ve formě listů nebo celých lodyh. Používají se v kuchyni běžně jako koření nebo pro zlepšení chuti masa, přílohy, salátů a jiných pokrmů. Mezi nejčastější patří známé byliny jako tymián, bazalka, šalvěj, levandule, máta, oregano, citronová tráva nebo kůra plodů různých citrusů. Ideální využití silic je ale sloučení jejich antimikrobiálních, antioxidačních a sensorických vlastností během jednoho použití. Silice extrahovaná z pepře guinejského (*Piper guineense*), poupate hřebíčku kořeného (*Eugenia aromatica*) a muškátového oříšku (*Monodora Myristicabyla*) byly použity při skladování obilovin, které pak byly ohodnoceny porotou. Uvařené obiloviny získaly aroma ze silic a při nižších koncentracích kolem 5 ml/kg byly porotou preferovány, přičemž muškátový oříšek dosáhl nejlepších výsledků (Mariod, 2016). Další studie ukázala jejich pozitivní vliv oreganové silice na sensoriku masa. Oproti nehodnotitelné kontrole udržela maso v přijatelné kondici, i když vůně masa byla trochu silnější, než je běžný spotřebitel zvyklý. Aroma uvařeného masa bylo ale hodnoceno jako přijatelné a barva byla zachována lépe než při použití kyseliny kaprylové, která sice neovlivnila aroma tolik jako silice, ale barva a celkový vzhled masa byly horší (Hulankova et al., 2013). V další studii bylo prokázáno, že přidání silice oregana a rozmarýnu zabránilo vzniku nepříjemného zápachu při skladování krémového sýra. To bylo především díky jejich antioxidační aktivitě, která zabránila žluknutí tuků a celkově zlepšila stabilitu sýra. Zabránilo také vyvinutí nechtěné zatuchlé nebo fermentované pachuti. Navíc aroma těchto silic zakrylo jakýkoliv přebytečný zápach, který by případně mohl vzniknout (Olmedo et al., 2013).

Často jsou také používány jednotlivé hlavní aktivní látky silic, ze kterých chemicky získávají. Některé z těchto látek byly Evropskou unií schváleny jako bezpečná aditiva, která mohou být použita při výrobě potravin. Mezi ně patří karvakrol, karvon, citral, eugenol, limonen, mentol, thymol, p-cymen a cinnamaldehyd. Například karvakrol, což je hlavní

aktivní látka v silicích tymiánu nebo oregana, skvěle doplňuje aroma rybího masa, kterému dodává větší intenzitu a příjemný podtón. Dále se také dá použít při skladování čerstvých plodů kiwi a medového melounu, které díky němu neztrácejí své sensorické a organoleptické vlastnosti zdaleka tak rychle (Roller & Seedhar, 2002).

Silice mohou být také použity jako dezinfekční látky místo chloru nebo jiných sanitačních prostředků. Silice šalvěje a oregana byly použity pro omytí a následné skladování různých druhů zeleniny. Roztoky silic prodloužily trvanlivost zeleniny a zároveň dosáhly dobrého hodnocení na hedonické stupnici, kde byl popsán jejich vliv na sensoriku zeleniny jako „nezjistitelný“ až „docela příjemný“ (de Azeredo et al., 2011). Mohlo by být podmětem k diskusi, zda je více ceněn minimální dopad na sensoriku potravin nebo příjemné ovlivnění jejich aromatu a chuti. Tato otázka zůstane nejspíše na preferenci jednotlivce a na místě použití. Pokud si kupujeme zeleninu nebo ovoce v obchodě a hledáme čerstvé plody pro další zpracování nebo přímé konzumaci, budeme nejspíše preferovat plody s jejich přírodním aromatem bez cizích příměsí, které by jej narušovaly. Pokud si budeme kupovat například rajčata na salát nebo přímou konzumaci, dáme nejspíše přednost plodům bez přidaných aromat, pokud by jejich kvalita byla stejná jako těch ošetřených například tymiánovou silicí. V některých případech by ale mohlo přidané aroma silic být žádáno. Sušená rajčata mohou během procesu dehydratace přijít o část aromatu nebo jej změnit, proto by použití silice mohlo celkovou sensoriku potraviny zlepšit. Záleží tedy především na použití.

Silice jsou relativně agresivní látky v jejich čisté formě a je potřeba je silně naředit, pokud mají být použity v potravinářství nebo kosmetice. Navíc některé citlivější potraviny mohou vykazovat známky poškození po vystavení koncentrovanějším silicím, což silně zhoršuje jejich organoleptické vlastnosti a je nežádoucí. Řešením tohoto problému by mohlo být vystavení produktu výparům ze silice místo její přímé aplikace. Listy salátu byly vystaveny výparům silic citronu (*Citrus limon*), pomeranče (*Citrus sinensis*) a bergamotu (*Citrus bergamia*). Výpary silně inhibovali mikroorganismy a zároveň nezpůsobily vadné organoleptické změny na listech (K. Fisher & Phillips, 2006). Podobnému ošetření byly podrobeny rajčata, která byly vystaveny výparům šalvěje o různých koncentracích po dobu 2 hodin a poté skladována. Silice byla při vyšších koncentracích již nepříjemná a nedosáhla vysokého organoleptického skóre. Nižší koncentrace ale měly minimální dopad na sensoriku a skvěle inhibovali patogeny (Chrysargyris et al., 2021). Další pokus prokázal pozitivní vliv silice na prodloužení trvanlivosti kuřecího masa skladovaného v chladírenských podmínkách po dobu 25 dní. Maso bylo uchováno v modifikovaných atmosférách, které byly obohaceny o silici oregana a měly různé poměry CO₂ a N₂. Nejlepších výsledků dosáhla atmosféra tvořená z 70 % dusíkem a 30 % oxidem uhličitým, která obsahovala 0,1 % silice. Tato kombinace prodloužila dobu skladování masa až o 6 dní oproti kontrole a průměrně o až 3 dny oproti ostatním koncentracím. Vliv této koncentrace měl navíc minimální dopad na sensoriku. Maso upravené 1% koncentrací silice vykazovalo velice silné aroma, díky kterému byly vzorky nehodnotitelné a tudíž nepříjemné (Chouliara et al., 2007). Silice rostliny *Zataria multiflora* a skořicovníku (*Cinnamom zeylanicum*) byly použity do těsta při pečení dortů. Jejich implementace značně omezila oxidaci a prokázala dokonce lepší výsledky než butylhydroxyanisol, který se v potravinářství běžně používá po značkou E 320 jako látka pro zpomalování procesu žluknutí tuků. Dorty se silicí měly navíc lepší mechanické a nutriční vlastnosti a silice neměly negativní dopad na jejich barvu nebo konzistenci. Aroma silic navíc

dorty učinilo pro konzumenty atraktivnější a byly skvěle ohodnoceny (Kordsardouei et al., 2013). Z těchto studií můžeme usuzovat, že silice mohou kromě jejich antioxidačních a antimikrobiálních vlastností také potraviny nebo nápoje obohatit svým aromatem, pokud jsou použity v nižších koncentracích a na potravinách, s jejichž aromatem se doplňují nebo jej mají zakrýt.

3.6.7 Aplikace na rajčata

Rajčata jsou jedním z nejžádanějších druhů zeleniny na trhu (Amoozegaran et al., 2022). Jedná se ale o relativně choulostivou potravinu, proto jsou jejich správné skladování a přeprava kritické. Rajčata jsou nejčastěji kvůli jejich křehkosti sklízena ručně ale některé druhy jsou speciálně vyšlechtěny pro strojovou sklizeň. Další nevýhodou je, že sklizená nedozrálá rajčata jen velmi těžce dozrávají, takže pro optimální kvalitu je nutno je sklídit ve vysokém stádiu zralosti. V tomto stavu jsou ale rajčata nejvíce náchylná k mechanickému poškození a chorobám. Proto se plody určené pro dlouhé převozy sklízají ještě částečně zelené. Nikdy ale nedosáhnou takové kvality jako plody, které byly ponechány zrát na rostlině. Tento dopad na kvalitu lze zmírnit upravením atmosféry ve skladu přidáním ethenu. Jedná se o bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který produkuje nezralé plody k urychlení zrání. Rajčata mohou být vystavena působení ethenu o koncentraci 100-150 ppm po dobu 24-48 hodin. Po sklizni je plody nutno protřídit, očistit a omýt chlorovanou vodou kvůli dezinfekci. Poté je nutno rajčata co nejrychleji zchladit na skladovací teplotu kolem 10 °C, což značně zvyšuje trvanlivost a celkovou kvalitu plodů. Při jejich skladování je nutno zajistit, aby plody nebyly příliš nakupeny na sobě a mohl mezi nimi proudit chladný vzduch. Pro skladování rajčat je možno upravit atmosféru na 97 % dusíku a 3 % kyslíku, aby se prodloužila trvanlivost zamezením oxidace. Takto skladovaná zralá zelená rajčata mohou vydržet až 6 týdnů bez znatelného zhoršení sensorických a organoleptických vlastností. Rajčata jsou ale velmi náchylná na poškození mrazem a je nutno pohlídat, aby teplota ve skladu neklesla pod 9 °C, jinak dojde ke snížení kvality. Teplota skladování se může lišit pro různá stadia zralosti. Vlhkost vzduchu hraje také důležitou roli a neměla by přesáhnout 90 %. Při vyšší vlhkosti se rapidně zvyšuje šance napadení patogeny. Nejznámější a nejničivější nákazu rajčat způsobuje černá střídavá (*Alternaria alternata*). Zapříčiňuje černání, hnilobu a při špatných podmínkách skladování může zničit až 30 % úrody (Ochida et al., 2018)(Boyette et al., 1997). Rajčata ale podléhají mnoha dalším chorobám, jejichž propuknutí je velmi těžké zabránit bez použití chemických přípravků. Jako alternativa k chemickému ošetření se ale nabízejí rostlinné silice nebo aktivní látky z nich vyextrahované. Mnoho studií ukazuje, že disponují silnými antimikrobiálními účinky. Navíc mají antioxidační vlastnosti a jejich sensorické vlastnosti je možno využít ve prospěch producenta.

V tabulce 1 můžeme vidět výsledky vybraných studií účinků silic na prodloužení trvanlivosti různých druhů rajčat. Většina pokusů se soustředila na přidání silice do roztoku chitosanu a případně jiných látek. Ten pak byl aplikován na plody a vytvořil na jejich povrchu povlak. Někde byly zase plody vystaveny siličným výparům. Obecně dosáhly silice dobrých výsledků při inhibici známých patogenů rajčat, jako je *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* a *Botrytis cinerea*. Nutno navíc dodat, že při většině pokusů byly plody relativně silně inokulovány suspenzí spor do záměrně způsobených zranění, takže in vivo použití v

potravinářském průmyslu, kde nedochází k záměrné inokulaci, by mohlo mít ještě lepší výsledky. Tymiánová silice (tabulka 1) byla použita nejčastěji a prokázala skvělé inhibiční účinky především proti *Fusarium oxysporum*. Rozmarýnová silice (tabulka 1) také dosáhla skvělých výsledků proti *Botrytis cinerea* a *Fusarium oxysporum*. Silice navíc pomohly k zachování sensorické kvality rajčat, jako je barva a pevnost. Tyto vlastnosti jsou kritické k dobrému marketingu a aplikace silic by tak mohla mít v budoucnosti skladování rajčat využití.

Tabulka 1 - rajčata

Rostlinná silice	Hlavní složky (%)	Mikroorganismus	Metoda	Účinné koncentrace Doba skladování	Efekt
Tymián (<i>Thymus vulgaris</i>) (Amoozegaran et al., 2022)	thymol (43 %) p-cymen (28,6 %) γ-terpinen (22,8 %)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Plody poraněny, inokulovány suspenzí spor a postříkány roztokem. Poté usušeny.	0,5 % tymiánové silice 25 °C a relativní vlhkosti 90 % a po dobu 9 dní	povlak zabránil růstu houbové infekce s 85,31% inhibicí. Povlak vytvořil polopropustnou bariéru, která snížila rychlost dýchání a tím i úbytek hmotnosti a syntézu metabolitů. Senzorika nesledována
Tymián (<i>Thymus vulgaris</i>) (Ghoshal & Shivani, 2022)	karvakrol (41,3 %) thymol (26,3 %) p-cymen (10,6 %)	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i>	Plody zabaleny do obalu z nanoemulze.	5 %, 10 %, 15 %, 20 % tymiánové silice 14 dní při pokojové teplotě	Filmy s 20% tymiánovou silicí byly neúčinnější proti <i>S. Aureus</i> a vykazovaly inhibiční zónu o 43,33 ± 2,60 mm vyšší než <i>E. Coli</i> . 5% a 10% bez inhibiční zóny. Film zpomalil proces zrání, jasnější barva rajčat. Hodnocení barvy po 14 dnech 6-9/10. Vyšší koncentrace silice způsobily zákal filmu.
Tymián (<i>Thymus vulgaris</i>) (Samara R. et al., 2023)	γ-terpinen (21 %) thymol (5 %) Karvakrol (8 %)	<i>B. cinerea</i>	Plody ponořeny do roztoku a usušeny. Poté 4krát poraněny a inokulovány patogeny.	10, 100, 250, and 500 μl · ml ⁻¹ 7 °C po dobu 14 dnů	Tymiánová silice v povlaku dosáhla 18% inhibice <i>B. cinerea</i> . Senzorika nesledována
Rozmarýn (<i>Rosmarinus officinalis</i>) (Khanjani et al., 2021)	1,8-cineol (37,5 %) α-pinen (37 %)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Plody poraněny a inokulovány suspenzí spor. Poté postříkány emulzí a usušeny.	0,5 % silice 25 °C a vlhkosti 85-90 % po dobu 14 dní	Film inhiboval růst <i>Fusarium oxysporum</i> o zhruba 67 % oproti kontrole po 14 dnech. Senzorika nesledována
Rozmarýn (<i>Rosmarinus officinalis</i>) (Samara R. et al., 2023)	eukalyptol (16 %) (+)-2-bornanone (18 %)	<i>B. cinerea</i>	Plody ponořeny do roztoku a usušeny. Poté 4krát poraněny a inokulovány patogeny.	10, 100, 250, and 500 μl · ml ⁻¹ 7 °C po dobu 14 dnů	Rozmarýnová silice v povlaku dosáhla zhruba 2% inhibice <i>B. cinerea</i> . Senzorika nesledována

Šalvěj (<i>Salvia triloba</i>) (Chrysargyris et al., 2021)	eukalyptol (53,5 %)	<i>Colletotrichum coccodes</i>	Plody dezinfikovány a umyty, umístěny do krabice a vystaveny výparům silice po dobu 2 hodin. Poté skladovány.	50 a 500 $\mu\text{L L}^{-1}$ silice 14 dní při 11 °C	Překvapivě nižší koncentrace silice působila lépe. Při subjektivní vizuální kontrole dosáhla 2,75 bodu z 5. Také měla pozitivní účinek na pevnost, emise ethylenu a rychlost dýchání. 79 % hodnotitelů preferovalo plody ošetřené nižší koncentrací před kontrolou.
Šalvěj (<i>Salvia fruticosa</i>) (Samara R. et al., 2023)	eukalyptol (37 %) beta-Pinen (16 %)	<i>B. cinerea</i>	Plody ponořeny do roztoku a usušeny. Poté 4krát poraněny a inokulovány patogeny.	10, 100, 250, and 500 $\mu\text{l} \cdot \text{ml}^{-1}$ 7 °C po dobu 14 dnů	Šalvějová silice v povlaku dosáhla zhruba 13% inhibice <i>B. cinerea</i> . Senzorika nesledována
Mexické oregano (<i>Lippia berlandieri</i>) (Gómez-Ramírez et al., 2013)	karvakrol (41,5 %) p-cimenem (26,3 %) thymol (3,4 %)	<i>Aspergillus niger</i>	Plody umyty, nakrájeny na tenké plátky a různě silně usušeny. Poté impregnovány silicí a inokulovány suspenzí spor na 5 místech	250, 500 a 1000 $\mu\text{l/l}$ oreganové silice 25 °C a po dobu 100 dnů	Plody s a_w 0,96 potřebovaly 1000 ppm silice, aby se <i>A. niger</i> inhiboval. Při a_w 0,91 bylo potřeba 500 ppm a pro a_w 0,78 stačilo 250 ppm. " Senzorika nesledována
Oregano (<i>Origanum vulgare</i>) (Pirozzi et al., 2020)	neuveдено	Celkový počet kvasinek a plísni	Plody byly ponořeny do nanoemulze a usušeny	Silice tvořila 0,17 % celkové hmotnosti roztoku 14 dnů při 24 °C	Filmy se silicí dokázaly udržet celkový počet kvasinek a plísni hluboko pod mezí únosnosti (nepřekročily 3 CFU/g). Celkově zhruba o 2,0 log míň než kontrola. Senzorika nesledována
Kyperské oregano (<i>Origanum dubium</i>) (Xylia et al., 2022)	karvakrol (70,4 %) p-cymen (4,8 %) γ -terpinen (3,4 %)	<i>Salmonella enterica</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>	Plody umyty, usušeny a posypány 2 ml (8 log cfu/ml) inokula patogenů a vloženy do sáčku. Po hodině byly do sáčku přidány roztoky silice.	A (0,01 % po 10 min) B (0,1 % po 10 min) A + hydrosol (0,1 % po 20 min) B + hydrosol (0,5 % po 20 min) Dávka C (0,01 % po 5 min)	Roztoky se silicí sice nedosáhly tak vysokých výsledků jako třeba chlor, ale například dávka A inhibovala <i>S. Enterica</i> o 0,73 log. Při menších koncentracích navíc zlepšily senzorické vlastnosti, ztráta hmotnosti a pevnosti plodů. Dávka C byla nejvíce přijatelná porotou (8,67/10) z hlediska aromatu. Vyšší koncentrace již byly nepříjemné.

Kmín kořený (<i>Carum carvi</i>)	2-Caren-10-al (34 %) anethol (28 %) δ-terpinen (16 %) p-cymen (5,5 %) limonen (3,5 %)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium digitatum</i>	Plody omyty, poraněny a inokulovány suspenzí spor. Poté postříkány roztokem silic v agaru a usušeny.	250 a 500 µl/l 20 dní při 13 °C	250 µl/l koncentrace snížila 10. den počet plodů nakažených <i>A. alternata</i> o cca 50 % oproti kontrole a 500 µl/l až o 63 %. 20. den bylo ale ve všech případech napadeno 100 % plodů. Výsledky u inhibice <i>P. digitatum</i> byly o trochu horší a 20. den bylo také napadeno 100 % plodů. Senzorika nesledována
(Abdolahi et al., 2010)					
Kmín koptský (<i>Carum copticum</i>)	thymol (63 %) p-cymen (21,5 %) δ-terpinen (13,5 %)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium digitatum</i>	Plody omyty, poraněny a inokulovány suspenzí spor. Poté postříkány roztokem silic v agaru a usušeny.	250 a 500 µl/l 20 dní při 13 °C	Obě koncentrace 10. den snížily procento plodů nakažených <i>A. alternata</i> o zhruba 70 %. 20. den ale bylo ve všech případech nakaženo 100 % plodů. Závažnost nákazy byla ale o trochu menší než u kontroly. Výsledky u inhibice <i>P. digitatum</i> byly o trochu horší a 20. den bylo také napadeno 100 % plodů. Senzorika nesledována
(Abdolahi et al., 2010)					
Kmín koptský (<i>Carum copticum</i>)	thymol (48,7 %) p-cymen (23,4 %) γ-terpin (20,5 %)	<i>Fusarium oxysporum</i>	Plody poraněny a inokulovány suspenzí spor. Poté postříkány emulzí a usušeny.	0,5 % silice 25 °C a vlhkosti 85-90 % po dobu 14 dní	Film inhiboval <i>Fusarium oxysporum</i> skoro o 85 % lépe oproti kontrole. Senzorika nesledována
(Khanjani et al., 2021)					
Máta peprná (<i>Mentha piperita</i>)	mentol (44 %) menthon (22 %) D-isomenthon (9 %)	<i>B. cinerea</i>	Plody ponořeny do roztoku a usušeny. Poté 4krát poraněny a inokulovány patogeny.	10, 100, 250, and 500 µl · ml ⁻¹ 7 °C po dobu 14 dnů	Mátová silice v povlaku dosáhla zhruba 6% inhibice <i>B. cinerea</i> . Senzorika nesledována
(Samara R. et al., 2023)					
Bazalka (<i>Cimum basilicum</i>)	Eukalyptol Linalool Estragol eugenol	celkový počet mezofilnícha aerobních bakterií	Plody omyty a postříkány vodným roztokem glycerolu s přísávkem silice. Poté usušeny a přendány do beden	50, 100, 150, 200, 250 a 300 ppm 8 °C a 85% relativní vlhkosti po dobu 21 dní	Bakterie byly inhibovány na konci skladování při koncentracích 100 ppm a vyšších. Silice měla navíc velký vliv na úbytek hmotnosti plodů. Varianta ošetřená koncentrací 250 ppm získala nejvyšší chuťové hodnocení (4,41/5). Také si zachovala nejlepší barvu (4,85/5). Vyšší koncentrace už měly nepříjemnou pachůť.
(Ionica et al., 2022)					

Fenykl (<i>Foeniculum vulgare</i>) (Abdolahi et al., 2010)	trans-Anethol (64 %) fenchon (14,6 %) estragol (6,6 %) limonen (3,4 %)	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium digitatum</i>	Plody omyty, poraněny a inokulovány suspenzí spor. Poté postříkány roztokem silic v agaru a usušeny.	250 a 500 µl/l 20 dní při 13 °C	Obě koncentrace 10. den snížily procento plodů nakažených <i>A. alternata</i> o zhruba 60 % a 75 %. 20. den ale bylo ve všech případech nakaženo 100 % plodů. Výsledky u inhibice <i>P. digitatum</i> byly o trochu horší a 20. den bylo také napadeno 100 % plodů. Senzorika nesledována
Sladký pomeranč (<i>Citrus sinensis</i>) (Sheikh et al., 2021)	d-Limonen (41,5 %) 5-hydroxy-methylfurfural (6 %) kyselina linolová (9 %)	<i>Penicillium citrinum</i> , <i>Aspergillus niger</i>	rajčata ponořena suspenze spor, usušena, namočena na 1 minutu do roztoku EO a chitosanu a usušena.	2 % silice 25 °C při relativní vlhkosti 85 % po dobu 12 dnů	Silice omezila růst <i>A. niger</i> do 7. dne, zatímco směs silice a chitosanu až do 9. dne, kde hniloba byla 66,7 %. Podobně tomu bylo i u <i>P. citrinum</i> , kde 9 den byla hniloba 46,5 %. Obojí bylo významné zlepšení oproti kontrole. Senzorika nesledována
Hřebíček (<i>Eugenia caryophyllus</i>) (Samara R. et al., 2023)	eugenol (53 %) 2-Propenoylchlorid (10 %) humulen (7 %)	<i>B. cinerea</i>	Plody ponořeny do roztoku a usušeny. Poté 4krát poraněny a inokulovány patogeny.	10, 100, 250, and 500 µl · ml ⁻¹ 7 °C po dobu 14 dnů	heřmánková silice v povlaku dosáhla zhruba 5% inhibice <i>B. cinerea</i> . Senzorika nesledována
Sezam (<i>Sesamum indicum</i>) (Samara R. et al., 2023)	9-octadekanová kyselina (56 %) n-hexadekanová kyselina (26 %)	<i>B. cinerea</i>	Plody ponořeny do roztoku a usušeny. Poté 4krát poraněny a inokulovány patogeny.	10, 100, 250, and 500 µl · ml ⁻¹ 7 °C po dobu 14 dnů	heřmánková silice v povlaku dosáhla zhruba 14% inhibice <i>B. cinerea</i> . Senzorika nesledována
Hořčice (<i>Brassica juncea</i>) (Yun et al., 2015)	neuveдено	<i>Salmonella enterica serovar Typhimurii</i>	Plody dezinfikovány a inokulovány směsí spor v oblasti stopky a na hladkém povrchu. Poté postříkány roztokem na bázi zeinu se silicí.	5 %, 10 %, 15 %, 20 % 10 °C po dobu 14 dnů	Nejlepších výsledků dosáhla 20% koncentrace silice, která hned po aplikaci snížila populaci <i>Salmonella</i> pod detekční limit, kde zůstala po zbytek skladování. Účinnost byla nižší u inokulace v oblasti stopky. Povlak zvýšil měknutí plodů, ale zabránil úbytku kyseliny askorbové. Nátěry s nižší koncentrací zachovaly nebo zlepšily pevnost plodů a ztrátu kvality. Barva nebyla konzistentně ovlivněna.

Routa vonná (<i>Ruta graveolens</i>)	neuveveno	Celkový počet mikroorganismů	Plody umyty, ponořeny do emulze chitosanu a silice a usušeny.	0,5 %, 1 % a 1,5 % silice v roztoku	Index hniloby byl na konci skladování 1/5 bodů (3/5 kontrola) u 1,5% koncentrace, což je znatelné zlepšení. Také tato koncentrace nejlépe inhibovala růst mezofilních bakterií, který byl pouze 1,73 log ufc/g. Plísně byly potlačeny úplně. Ztráta hmotnosti byla poloviční oproti kontrole, pouze 16,5 %
(Peralta-Ruiz et al., 2020)				4 °C po dobu 12 dnů	1,5% koncentrace dosáhla nejlepšího skóre na hedonické stupnici
Složka silic ředkviček, křenu hořčice a wasabi	allyl-isothiokyanát	<i>Salmonella</i>	Plody ponořeny do roztoku patogenu a usušeny. Poté ponořeny do roztoku chitosanu a allylisothiokyanátu a znovu usušeny.	2 % allylisothiokyanátu v roztoku	Oproti ostatním roztokům v pokusu snížil obsah allylisothiokyanátu populaci <i>Salmonella</i> 1. den z 3.65 na <0.70 log CFU/plod. Po zbytek skladování úspěšně inhiboval populaci pod úroveň detekce. Mimo to také inhiboval růst původních plísní a kvasinek.
(Jin et al., 2022)					Senzorika nesledována
Složka silic ředkviček, křenu hořčice a wasabi	allyl-isothiokyanát	<i>Escherichia coli</i> , <i>Geotrichum candidum</i> a <i>Fusarium oxysporum</i>	Plody umyty a dezinfikovány. Poté byla ranka po stonku inokulována 50 µl inokula. Následně vloženy do krabice s antimikrobiální fólií a vystaveny výparům.	Allyl-isothiokyanát tvořil zhruba 3,3 % aktivní fólie. (15.3 mg/L)	Po aplikaci fólie se populace inokulovaných bakterií a hub snížila o zhruba 2-3 log cfu/g. Při obou teplotách byla 21. inhibice přes 2,0; 1,15; a 0,5 log u <i>E. coli</i> , <i>G. Candidum</i> a <i>F. oxysporum</i> .
(Gao et al., 2018)				4 a 10 °C po dobu 21 dnů	Senzorika nesledována
citronová tráva (<i>Cymbopogon citratus</i>)	geranial (40.8 %) neral (31.9 %) myrcen (17.4 %)	<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Plody byly omyty a poté inokulovány sporama. Následně ponořeny do emulze a usušeny.	7 % celkové hmotnosti roztoku chitosanu.	kombinace chitosanu a 7% silice viditelně inhibovala <i>P. aurantiogriseum</i> do bodu, kdy nebyla znatelná nákaza plodů ani 20. den. Výrazně lepší než samotný chitosan.
(Erceg et al., 2023)				Při 8 °C po dobu 20 dní	Senzorika nesledována

3.6.8 Aplikace na papriky

Papriky jsou velice oblíbenou komoditou na trhu a pěstuje se velké množství druhů, které nabývají mnoha různých tvarů, velikostí a barev. V této práci se ale budeme soustředit především na klasické papriky, nikoliv jejich chilli varianty nebo jiné druhy. Nejsou sice tak citlivou zeleninou jako rajčata, ale při jejich skladování je i tak potřeba dodržet určité podmínky pro maximalizaci jejich kvality a doby skladování. Papriky jsou sklíženy nejčastěji ručně ve nezralém zeleném stádiu. Po sklizení jsou náchylné na ztrátu vody a poškození sluncem. Proto je potřeba je co nejdříve umístit do stínu a schladit nejlépe na teplotu kolem 10 °C, aby se zamezilo snížení kvality smrštěním a měknutím. Po sklizni jsou papriky velmi náchylné k poškození chorobami, které lehce napadají poraněné tkáně plodu. Proto je velmi důležité, aby s paprikami bylo zacházeno opatrně a počet poraněných plodů se minimalizoval. Nejčastěji dochází k infekci v oblasti stopky nebo v místě poraněné slupky. Hlavními patogeny jsou *Alternaria alternata* a *Botrytis cinerea*, které způsobují hnilobu paprik. Takto napadené plody již není možné konzumovat. Proto je nutné dobře pohlídat skladovací podmínky a hygienické ošetření paprik. Měly by být skladovány při vysoké relativní vlhkosti kolem 95 % a teplota by neměla klesnout pod 9 °C, protože by došlo k poškození plodů mrazem. Za těchto podmínek mohou být papriky skladovány až 3 týdny bez znatelných ztrát jejich organoleptických a sensorických vlastností. Je nutno je ale omýt ve vodě s přidávkou fungicidních přípravků, aby se minimalizovalo riziko choroby. Také se doporučuje použití upravené atmosféry při jejich skladování, což výrazně zpomaluje změny barvy a snižování kvality. Ideální složení umělé atmosféry je vysoký podíl oxidu uhličitého a malý podíl kyslíku. Papriky jsou navíc citlivé na ethen, který je stejně jako u rajčat možno uměle dodávat k urychlení zrání v kombinaci s vyššími teplotami, pokud je to potřeba. Je také možno papriky povoskovat, pokud to podmínky vyžadují (Boyette et al., 1990).

V tabulce 2 můžeme vidět, že pokusy o využití silic na skladování paprik je relativně málo a je potřeba další výzkum. Obecně však silice měly pozitivní účinek na prodloužení skladovatelnosti paprik a značně zlepšily jejich sensorické vlastnosti. Nejvíce byla použita silice ze slupky granátového jablka (*Punica granatum*) (tabulka 2), která měla překvapivě dobré výsledky. Její produkce je velmi levná, protože vzniká jako vedlejší produkt při zpracování plodů marhaníku granátového. Plody ošetřeny touto silicí ale nebyly poraněny ani inokulovány sporami patogenů, takže výsledky mohou být relativně dobré oproti jejich reálnému účinku při potenciálním použití v potravinářském průmyslu. Druhou použitou silicí byla silice citronové trávy, která sice nezlepšila antimikrobiální účinky oproti použití samotného chitosanu, ale zlepšila kvalitativní vlastnosti plodů (tabulka 2). Můžeme usuzovat, že silice ze slupky granátového jablka by mohla mít v budoucnu využití jako náhrada chemických antimikrobiálních přípravků a zároveň zlepšit sensorické vlastnosti paprik.

Tabulka 2 - papriky

citronová tráva (<i>Cymbopogon citratus</i>)	Citral (neuveдено)	<i>Colletotrichum capsici</i>	Plody omyty a inokulovány do umělého poranění. Poté namočený do roztoku chitosanu a silice a usušeny.	0,5 % a 1 % silice 25 °C po dobu 21 dnů	1% roztok dosáhl nejlepší inhibice patogenu. Chitosan samotný ale dosáhl lepších antimikrobiálních výsledků. Přídavkem silice si ale plody zachovaly lepší kvalitativní parametry. Chitosan se silicí zpomalily změnu barvy, úbytek hmotnosti a pevnosti.
(Ali et al., 2015)					
Granátové jablko (<i>Punica granatum</i>)	Neuveдено Nejspíše kafr (60 %) benzenaldehyd (21 %)	Hodnoceny pouze kvalitativní znaky	Plody omyty a namočený do roztoku chitosanu/pullulanu a silice. Poté usušeny.	5 % výsledného roztoku 23 °C při relativní vlhkosti 40-45 % a chladné při 3 °C a relativní vlhkost 90-95 % po dobu 18 dnů	ztráta hmotnosti u plodů s povlakem byla 20 % menší než u kontroly při pokojové teplotě a o 4 % v chladárně. 18. den si plody zachovaly relativně dobré senzorické skóre (5,2/10). Kontrola byla nehodnotitelná. Potažené plody v chladárně dosáhly ještě lepšího skóre (7,4/10)
(Kumar et al., 2021)	(Hadrich et al., 2014)				
Granátové jablko (<i>Punica granatum</i>)	neuveдено Nejspíše kafr (60 %) benzenaldehyd (21 %)	mezofilní bakterie, kvasinky a plísně	Plody omyty kohoutkovou vodou a ponořeny do roztoku. Poté zabaleny do polymerní folie.	2 % silice 8 dnů při teplotě 10 °C	8. den vykázal povlak se silicí granátového jablka výrazné potlačení mezofilních bakterií (o 1,50 log CFU g ⁻¹) a kvasinek a plísni (o 1,36 log CFU g ⁻¹) oproti kontrole. Film se silicí výrazně zpomalil hnědnutí a udržel vysoký obsah chlorofylu. Také zmírnil úbytek hmotnosti. Barva plodů dosáhla vyššího hodnocení. Chuť byla mírně nahořklá, zůstala ale v mezích přijatelnosti spotřebitele.
(Fan et al., 2022)	(Hadrich et al., 2014)				
Granátové jablko (<i>Punica granatum</i>)	punicalagin α (34 %) punicalagin β (61 %) catechin (3 %)	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (pouze in vitro), Počet mezofilních bakterií	Plody umyty, usušeny a ponořeny do roztoku chitosanu, alginátu sodného a silice. Znovu usušeny a skladovány.	1 % silice 25 dnů při teplotě 10 °C	In vitro silice inhibovala 100 % patogenu. Samotný chitosanový povlak inhiboval pouze 69 %. Počet kolonií mezofilních bakterií byl směsí chitosanu a silice snížen o 1,01 log CFU g ⁻¹ oproti kontrole (3.32 log CFU g ⁻¹) a celkový počet plísni a kvasinek o 1,12 log CFU g ⁻¹) Silice zpomalila dozrávání a zachovala barvu. Roztok chitosanu a silice dosáhl nejlepších senzorických výsledků (5,18/10). Kontrola byla nehodnotitelná.
(Nair et al., 2018)	(Hadrich et al., 2014)				

3.7 Významné silice

3.7.1 Tymián obecný (*Thymus vulgaris*)

Tymián a jeho silice jsou velice oblíbené a často využívané. Mezi jeho hlavní aktivní látky patří karvakrol a thymol, které jsou z největší části zodpovědné za antimikrobiální a antioxidační vlastnosti silice, díky kterým je ideální k prodlužování trvanlivosti potravin. Nachází využití i v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu a je obecně považován za látku netoxickou. Vyniká protizánětlivými vlastnostmi a má pozitivní vliv na podrážděnou nebo zanícenou pokožku (Mandal & DebMandal, 2016). Dále se využívají listy a silice tymiánu v potravinářském průmyslu pro jejich silné aroma a chuť, které dokážou potlačit jiné nepříjemné pachy či chutě, které může potravina mít. Přidává se do mnoha různých výrobků a jeho konzervační vlastnosti se používají při balení masa nebo ryb. Je totiž toxický pro mnoho plísní, jako jsou *Alternaria alternate*, *Fusarium oxysporum* a *Aspergillus flavus*. Inhibuje i patogenní bakterie, například *Pseudomonas syringae*, *Bacillus subtilis*, *E. coli* nebo *Staphylococcus*. To vše především díky obsahu thymolu (Smith-Palmer et al., 1998; Szczepaniak et al., 2011).

V tabulce 1 můžeme vidět, že přidání tymiánové silice do nanoemulzí nebo jedlých filmů a potahů mělo pozitivní vliv na prodloužení skladovatelnosti rajčat i paprik. Tak tomu bylo i při testování na mase, kde díky aktivní směsi karvakrolu a thymolu byla prodloužena skladovací doba mletého vepřového díky zhruba 25% inhibici růstu *Brochothrix thermosphacta* (Smith-Palmer et al., 1998; Szczepaniak et al., 2011). Silice se ukázala jako účinná i proti plísní *Fusarium oxysporum*, která způsobuje plesnivost rajčat a je velkým problémem při jejich přepravě a skladování. Dále omezila ztrátu hmotnosti, barvy, pevnosti a jiných vlastností plodů (Amoozegaran et al., 2022; Ghoshal & Shivani, 2022; Samara R. et al., 2023). Silné aroma tymiánu by se ale mohlo ukázat jako nepříjemné pro konzumenty, jak bylo zjištěno při jeho testování při konzervaci jehněčího masa. Zde bylo nutné použít pouze malé koncentrace tymiánové silice, protože větší množství již nebylo sensoricky přijatelné (Karabagias et al., 2011).

3.7.2 Rozmarýn (*Rosmarinus officinalis*)

Rozmarýn je jednou z dalších velmi oblíbených rostlin a jeho silice má široké využití. Nejčastěji se používá druh *Rosmarinus officinalis*, ale uplatnění nachází i *Rosmarinus eryocalix* a *Rosmarinus tomentosus*. Jedná se o teplomilnou rostlinu rostoucí především ve středomořském klimatu. Jeho hlavní účinné látky se liší podle druhu a způsobu pěstování, ale nejčastěji se jedná o kombinaci 1,8-cineolu, α -pinenu, β -pinenu, kafru, linaloolu nebo borneolu. Díky těmto látkám má dobré antimikrobiální a fungicidní účinky, působí proti hmyzím škůdcům a má protizánětlivé vlastnosti (Al-Mariri & Safi, 2013; Carvalhinho et al., 2012; Zoubiri & Baaliouamer, 2011). Navíc působí jako silný antioxidant, čehož se využívá ve farmacii a také v potravinářském průmyslu. Jeho antimikrobiální aktivita je však využívána nejvíce. Bylo prokázáno, že 1,8-cineol a α -pinen narušují membránu některých rozšířenějších patogenů a tím inhibují jejich růst. Takto působí například proti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* a mnoha jiným. To však není případem u gram

negativních bakterií, které jsou vůči vlivu silic mnohem odolnější (Jiang et al., 2011). Jeho konzervační vlastnosti se využívají při konzervaci různých druhů masa, ryb, mléčných výrobků a mnoha jiných druhů potravin. V neposlední řadě bývá využíván v gastronomii pro jeho jedinečné aroma a chuť jako koření (Hernández et al., 2016).

Rozmarýnová silice (tabulka 1) velice dobře působila proti plísni *Fusarium oxysporum*, která je velkým rizikem při skladování a přepravě rajčat. Proto by se přidávání této silice do ochranných filmů a povlaků na rajčatech mohlo osvědčit jako dobrá přírodní alternativa k chemickým postřikům. Navíc měla silice pozitivní vliv na ztrátu hmotnosti, pevnosti a rychlost dýchání plodů (Khanjani et al., 2021). Silné aroma rozmarýnové silice se ale ukázalo být při vyšších koncentracích neúnosné pro konzumenty, a to už při 0,3 % a výše. To bylo zjištěno při jeho použití pro konzervaci kuřecího masa, byť jeho antimikrobiální účinky byly skvělé (Kahraman et al., 2015). To může sice být u skladování rajčat jiné, je ale vyžadován další výzkum a testování.

3.7.3 Šalvěj (*Salvia officinalis*)

Šalvěj je rostlina z čeledi *Lamiaceae*, převážně rostoucí ve středomoří a severní Americe. Dnes je však pro průmyslové účely pěstována i mimo její původní území. Její využívání člověkem je mezi léčivými a aromatickými bylinami jedno z nejstarších vůbec. I když má šalvěj přes 900 druhů, pouze pár z nich je používáno. Mezi oblíbené patří *Salvia officinalis* nebo *Salvia fruticosa*. Zbytek není využíván kvůli jejich nepříjemnému aromatu nebo chuti. Šalvěj má široké využití v lékařství, kde pomáhá mimo jiné proti dýchacím a trávicím problémům, zánětům, bolesti, únavě a mnoha jiným neduhům. Kromě toho nachází široké uplatnění v potravinářském průmyslu. Je oblíbená jako koření v mnoha středomořských pokrmech a získala si popularitu po celém světě. Její silná vůně může zakrýt nebo zjemnit pachy různých potravin, především masa. Jako mnoho jiných silic má také antimikrobiální, fungicidní a antioxidační účinky. Její aktivní látky se odlišují podle druhu. *Salvia officinalis* obsahuje α -pinen (10 %), kamfén (10 %), eukalyptol (9 %), cis thujon (25 %) a kafr (23 %). Naproti tomu *Salvia fruticosa* obsahuje skoro dvojnásobek eukalyptolu na úkor ostatních látek (Schmiderer et al., 2023). Antimikrobiální a fungicidní aktivita šalvěje má uplatnění při konzervaci potravin. Byla prokázána inhibice bakterií, jako je *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia* nebo *Protrus vulgaris*. Ty byly inhibovány při konzervaci pečiva, kde je při přepravě a skladování riziko infekce vysoké. Zároveň aroma šalvěje zakrylo potenciálně nepříjemné pachy ze žluknutí tuků v pečivu (Altindal & Altindal, 2016).

Při použití silice šalvěje (tabulka 1) ke konzervaci rajčat můžeme sledovat úspěšnou inhibici *Colletotrichum coccodes*. Mimo to měla silice pozitivní vliv na pevnost, emise ethylenu a ztrátu hmotnosti plodů. Je však nutno použít menší množství silice, protože vyšší koncentrace už byly porotou hodnoceny pod hranici únosnosti (Chrysargyris et al., 2021; Samara R. et al., 2023).

3.7.4 Oregano (*Origanum spp.*)

Pod pojmem oregano je označováno velké množství druhů. Většina z nich je z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*), jako například *Origanum vulgare* nebo *Origanum Majorana*.

Je zde ale i pár zástupců z čeledi sporyšovitých (*Verbenaceae*), jako *Lippia graveolens* a *Lippia berlandieri*. Většina těchto rostlin roste především ve středomořské oblasti, jako je Řecko nebo Kréta. Nachází využití ve farmaceutickém a kosmetickém průmyslu. Navíc, oregano má jednu z nejsilnějších antimikrobiálních a antioxidační aktivit ze všech silic vůbec (Fernández-Pan et al., 2012). To z oregana činí ideálního adepta pro konzervaci potravin a použití v potravinářském průmyslu celkově. Mezi hlavní aktivní látky patří karvakrol, thymol, cymen a mnoho jiných látek, jejichž obsah je u každého druhu jiný. Bývá často využíváno pro jeho příjemné aroma při ochucování nejrůznějších potravin a nápojů a v gastronomii. Je nedílnou součástí středomořské kuchyně. Jeho antioxidační aktivita se prokázala velmi účinná při konzervaci tučných potravin, kde zabraňovalo jejich žluknutí (LAGOURI et al., 2010). Dále se dá použít pro stabilizaci sensorických vlastností u olivového oleje (Asensio et al., 2012) a v mnoha dalších potravinách. Například při skladování kuřecího masa nejen že prodloužilo trvanlivost díky antimikrobiální aktivitě, ale dokonce zlepšilo celkové aroma masa, které pak bylo pro klienty atraktivnější. To vše při koncentraci kolem 0,1 % (Oral et al., 2009; Ortega-Ramirez et al., 2016).

Použití oregana pro prodloužení trvanlivosti rajčat (tabulka 1) má relativně slibné výsledky. Působilo dobře při inhibici plísní, kvasinek a některých známějších bakterií, jako je *Salmonella enterica* a *Listeria monocytogenes*. V porovnání s chlorem nebyly dezinfekční účinky silice oregana tolik pozadu (Xylia et al., 2022). Navíc silice zlepšila sensorické vlastnosti rajčat a snížila ztrátu hmotnosti a pevnosti. Navíc jeho aroma bylo při nižších koncentracích porotci hodnoceno jako příjemné a žádoucí. Mohlo by tedy tvořit zajímavou alternativu k chemickým postřikům při jejich skladování a přepravě (Gómez-Ramírez et al., 2013; Pirozzi et al., 2020; Xylia et al., 2022).

3.7.5 Kmín (*Carum carvi*)

Kmín je rostlina z čeledi miříkovitých (*Apiaceae*). Z této čeledi pochází mnoho druhů jako mrkev, petržel a fenýkl, které jsou člověkem hojně konzumovány. Pod jménem *Carum* je zahrnuto asi 30 druhů, u kterých se nejvíce používají jejich plody. Mezi nejznámější patří kmín kořený (*Carum carvi*) a kmín koptský (*Carum copticum*). Kromě jeho využití ve farmacii, kde se využívá jeho protizánětlivých účinků, nachází také uplatnění v potravinářském průmyslu jako dobrého antioxidantu. Má také slabší antimikrobiální účinky a vyniká vysokým celkovým obsahem silice, který přesahuje až 40 %. Kmín má silné aroma díky obsahu limonen a karvonu, čehož je využíváno v gastronomii (Johri, 2011). Používá se k okoření pečiva, sýrů, masa, nakládané zeleniny, omáček a mnoha jiných pokrmů. Mezi jeho hlavní účinné látky patří karvon, limonen, α -pinen, β -pinen a β -myrcen. Díky vysokému obsahu karvonu (až 80 %) se silice kmínu používá k inhibici klíčení brambor a cibule (Anli et al., 2010). Dále se jeho antimikrobiální aktivity dá využít pro potlačení *Escherichia coli*, která je zodpovědná za kažení mnoha druhů potravin (Mahboubi, 2019). Antimikrobiální vlastnosti kmínu ale velice kolísají s ohledem na druh a způsob pěstování (Rasooli & Allameh, 2016).

V tabulce 1 se antimikrobiální aktivita kmínu ukázala jako nedostačující. Infikovaná rajčata byla 20. den v obou případech plně napadena. Je možné, že nebyla použita kvalitní silice nebo byla inokulace příliš drastická (Abdolahi et al., 2010; Khanjani et al., 2021). Sensorika nebyla na rajčatech hodnocena. Můžeme ale usuzovat, že by dopad na chuť a

aroma rajčat byl spíše příjemný, jak tomu bylo při použití kmínové silice na konzervaci fermentovaného salámu. Zde byla použita směs chitosanu a kmínové silice pro obalení výrobku, který byl následně skladován 5 měsíců. Takto ošetřený salám získal lepší hodnocení oproti neošetřené kontrole (Krkić et al., 2013).

3.7.6 Máta peprná (*Mentha piperita*)

Máta je rostlina patřící do čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*) rostoucí původně v západní Evropě. Dnes se však kvůli její popularitě pěstuje po celém světě. Nejčastěji používané druhy jsou *Mentha piperita*, *Mentha spicata*, *Mentha aquatica*, *Mentha arvensis*, *Mentha citrate* a *Mentha longifolia*. Nachází uplatnění v tradiční medicíně, kde se používá proti nevolnosti, plynatosti nebo jiným neduhům. Je oblíbená ve formě čaje nebo různých krémů a mastiček. Olej z máty je obzvláště oblíben ve farmacii a aromaterapii díky vysokému obsahu mentolu a mentonu, což jsou hlavní aktivní látky mátové silice. Silice navíc disponuje antimikrobiální aktivitou a byla dokázána inhibice některých známých patogenů, jako je *Escherichia coli*, *Rhizobium leguminosarum*, *Pseudomonas aruginosa*, *Staphylococcus aureus* nebo *Salmonella typhimurium* (Sivropoulou et al., 1995). Některé z těchto patogenů jsou odpovědné za hnilobu rajčat a paprik, a tak by se mátová silice mohla osvědčit jako pomocná konzervační látka při jejich skladování. V neposlední řadě je mátová silice také antioxidant a pomáhá například při konzervaci mastných a tučných potravin (Prakash et al., 2016).

Mátová silice (tabulka 1) nedosáhla příliš dobrých výsledků jako antimikrobiální látka pro konzervaci rajčat. To je však způsobeno nejspíše nedostatkem studií a je potřeba provádět další výzkum. Při konzervaci jiných potravin totiž máta dosahuje relativně dobrých výsledků. Vliv silice na sensoriku nebyl testován. Můžeme ale usuzovat, že by její příjemné aroma v menším množství mohlo být žádoucí, jak tomu bylo například u krocaního masa. Zde mělo použití silice pozitivní vliv nejen na texturu a barvu, ale i na aroma a chuť masa (Sayadi et al., 2021).

3.7.7 Bazalka (*Cimum basilicum*)

Bazalka je rostlina z rozsáhlé čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*) a člověkem je hojně využívána. Pod názvem *Ocilum* je využíváno přes 66 druhů rostlin, nejznámější a nejoblíbenější je však bazalka pravá (*Cimum basilicum*). Různé druhy mají různé aroma podle obsahu aktivních látek. Příjemná chuť a vůně bazalky pravé je způsobena především obsahem eugenolu, zatímco třeba bazalka thajská zase obsahuje více anetolu. Obecně obsahuje bazalka především α -pinen, linalool, anetol a estragol. Disponuje také širokou škálou biologické aktivity (Li & Chang, 2016). Krom antioxidantních vlastností bylo při pokusech o její využití jako antimikrobiální látky při konzervaci potravin dosaženo skvělých výsledků. Dobře inhibovala plísně jako *Penicillium glabrum* nebo *Penicillium aurantiogriseum* (Kocic-Tanackov et al., 2012). Silně také inhibovala známé patogeny, jako je *Streptococcus pneumoniae*, *Aspergillus niger* nebo *Hemophilus influenzae* (Srivastava et al., 2014). Mimo to má bazalka i insekticidní účinky. Vykazuje vysokou toxicitu pro sarančata (*Acrida exaltata*) nebo různé druhy octomilek. Stejně tak ale působí jako atraktor pro různé druhy

hmyzu (motýlů, včel nebo mušek). Toho by se dalo využít jako alternativy k chemickým postřikům a při skladování potravin (Chang et al., 2009).

Při pokusech na rajčatech v tabulce 1 můžeme vidět, že silice bazalky dosáhla skvělých výsledků. Nejen že působila jako silná antimikrobiální látka a inhibovala celkový počet mezofilních bakterií, ale navíc snížila úbytek hmotnosti plodů. Navíc se její aroma ukázalo jako velmi příjemné a získalo vysoké hodnocení u poroty (Ionica et al., 2022). To však není případ jen u rajčat. Aroma bazalky patří mezi nejoblíbenější ze všech rostlinných silic. Proto je bazalka velice žádaná a používá se v širokém spektru potravin a nápojů (Li & Chang, 2016). Stejně jako u mnoha jiných silic se však její koncentrace při použití musí udržovat relativně malá, jinak má negativní vliv na chuť plodů (Ionica et al., 2022). Využití bazalky jako konzervační látky má však mnohé limitace. Její vysoká produkční cena a potřeba vyšší koncentrace jsou často překážkou v jejím průmyslovém využití. Navíc bazalková silice podléhá organoleptickým změnám, jako je hnědnutí a zápach, protože je relativně nestabilní. Při jejím využití při konzervaci potravin je proto nutné ji implementovat do nějakého média, které zajistí její postupné uvolňování. Další dobré způsoby, jak bazalkovou silici efektivně využít, je její implementace do nanoemulzí nebo smíchání s jinými silicemi, které vybalancují její nedostatky (Li & Chang, 2016).

3.7.8 Fenykl (*Foeniculum vulgare*)

Fenykl obecný je rostlina z čeledi miříkovitých (*Apiaceae*). U jeho silice byla prokázána antioxidační a antimikrobiální aktivita, které by se dalo využít při konzervaci potravin. Mimo to je používán ve farmaceutickém průmyslu pro léčbu cukrovky nebo chronického kašle (Barros et al., 2009). Mezi jeho hlavní aktivní látky patří trans-anetol, fenchon, estragol a limonen. Jeho použití je v potravinářském průmyslu relativně řídké, protože mu konkuruje mnoho jiných silic, které často působí účinněji. Jeho antioxidačních vlastností však bylo využito například při pokusech na sýru cottage. Implementace silice sice téměř neovlivnila nutriční hodnoty sýru, snížila ale míru žluknutí a částečně prodloužila dobu skladování, která je u měkkých sýrů relativně krátká (Caleja et al., 2015).

Výsledky použití fenyklové silice (tabulka 1) na rajčatech byly spíše podprůměrné oproti jiným silicím (Abdolahi et al., 2010). Aroma fenyklu navíc není příliš oblíbené. Jiné silice jsou pro tento účel vhodnější.

3.7.9 Pomerančovník čínský (*Citrus sinensis*)

Pomerančovník je citrus patřící do čeledi routovitých (*Rutaceae*), která zahrnuje kolem 1700 druhů rostoucích především v teplém podnebí. Původem je pomerančovník z Asie z oblasti Číny a Indie. Citrusy celkově patří mezi velmi oblíbenou skupinu ovoce a pomeranče jsou jedny z nejpobulárnějších. Nejčastěji bývá využíván pro výrobu džusů a jiných ovocných nápojů, protože obsahuje mnoho bioaktivních látek. Má vysoký obsah antioxidantů, jako je kyselina askorbová a flavonoidy (Ghasemi et al., 2009). Při zpracování pomerančů pro jejich šťávu je ale více jak polovina plodu nevyužita. Přitom v kůře a dužině pomeranče je obsažena jeho silice, která má také silné antioxidační a antimikrobiální účinky (Manthey & Grohmann, 2001). Navíc se dá pomerančová silice použít místo nektaru k

ochucování nebo dodávání aromatu různým jiným potravinám. Jeho hlavní aktivní látka je limonen, kterého je průměrně obsaženo v silici přes 80 % (Sahraoui et al., 2011). Obsah limonenu a dalších látek v silici se ale silně odvíjí od druhu a způsobu pěstování (Franco-Vega et al., 2016). Antimikrobiální vlastnosti silice se dají použít při konzervaci potravin. Bylo otestováno šest různých kultivarů pomeranče a všechny vykazovaly silnou inhibici proti gram pozitivním i gram negativním bakteriím, mezi které patří i známé potravinové patogeny jako *Staphylococcus aureus* nebo *Salmonella enterica* (Settanni et al., 2012).

Při aplikaci na rajčata dosáhla pomerančová silice (tabulka 1) relativně dobrých výsledků. I přes velmi silnou koncentraci spor dokázala silice sama o sobě zadržet růst bakterií až do 7. dne. V kombinaci s chitosanem byly její účinky ještě lepší. Sensorika nebyla u rajčat sledována. Můžeme ale usuzovat, že příjemné aroma pomerančové silice by mohlo být pro konzumenty žádoucí. Je však zapotřebí dalšího výzkumu. Kombinace chitosanu se silicemi se osvědčuje jako dobrá přírodní alternativa při skladování a prodlužování trvanlivosti různých produktů včetně rajčat a paprik (Sheikh et al., 2021).

3.7.10 Citronová tráva (*Cymbopogon citratus*)

Voňatka citronová, také nazývaná „citronová tráva“, je rostlina z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*), původem z Číny. Díky jejímu příjemnému aroma je velice oblíbená v kuchyni po celém světě, především v Asii. Nachází také využití ve farmacii a kosmetickém průmyslu. Silice voňatky je považována za jednu z nejvýznamnějších, i když v moderní době je nahrazována její hlavní účinnou látkou, citralem. Ten tvoří většinou 65-85 % silice, která dále obsahuje neral a geraniol, ze kterých je citral složen (Abdulazeez et al., 2016). Díky těmto látkám má silice citronové trávy silné antimikrobiální účinky a prokázala inhibici některých známějších patogenů, jako je *Salmonella enterica* (Moore-Neibel et al., 2012). V porovnání s mnohými silicemi dosáhla citronová tráva nejlepších výsledků při inhibici dvanácti různých kmenů bakterií, které jsou zodpovědné za kažení různých druhů potravin. Mezi ně patřila *Escherichia coli*, *Lactobacillus plantarum*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* nebo *Bacillus subtilis*. Silice inhibovala gram-pozitivní, gram-negativní bakterie i plísně, což z ní činí velice slibnou látku pro prodlužování trvanlivosti a zlepšení konzervace v potravinářském průmyslu (Naik et al., 2010). Mezi inhibované plísně patřila například *Aspergillus niger*, *Colletotrichum coccodes* nebo *Botrytis cinerea* (Tzortzakis & Economakis, 2007). Antimikrobiální aktivita silice citronové trávy je přisuzována její schopnosti poškodit buněčnou membránu patogenů a tím snižuje její membránový potenciál. To vede k celkovému poškození buňky včetně omezení tvorby ATP (Bakkali et al., 2008).

Při použití silice citronové pro konzervaci rajčat (tabulka 1) tato vykazovala velice silné antimikrobiální účinky. Díky kombinaci s chitosanem se mohla silice postupně uvolňovat a účinně tak inhibovat spory *Penicillium aurantiogriseum*, kterými byly plody inokulovány. Rajčata navíc díky unikátním vlastnostem chitosanu prošly minimální ztrátou hmotnosti, aromatu a barvy. Silice zde působila především jako antimikrobiální látka. Chitosan je však kvůli jeho špatným mechanickým vlastnostem potřeba kombinovat s jiným médiem. V tomto případě se jednalo o želatinu (Erceg et al., 2023) Vliv silice na sensoriku nebyl sledován. Můžeme však usuzovat, že díky jejímu příjemnému citrusovému aroma by

mohla být pro zákazníka atraktivní. Tak tomu bylo při jejím použití během testování konzervace mořských plodů. Zde silice krom své antimikrobiální aktivity zamezila také degradaci kvalitativních a sensorických vlastností mušlí (Masniyom et al., 2012). Některé studie ale ukázaly, že nadměrné používání této silice může mít nebezpečné následky. Může totiž vést k nádorovým onemocněním a jiným zdravotním problémům (Llana-Ruiz-Cabello et al., 2015). Pokud je však dávkování ohlídáno, silice citronové trávy vykazuje skvělé výsledky a je jednou z nejslibnějších silic pro využití v potravinářském průmyslu (Abdulazeez et al., 2016).

Při jejím použití na papriky (tabulka 2) byly výsledky podobné jako u rajčat. Skvělá antimikrobiální aktivita silice silně inhibovala *Colletotrichum capsici* a hlavně zlepšila sensorické a kvalitativní vlastnosti plodů, jako změnu barvy a úbytek hmotnosti. Propustnost vodní páry ale přidavkem silice ovlivněna nebyla. Zajímavé je, že použití chitosanového roztoku bez silice dosáhlo vyšší inhibice patogenu než roztok, který ji obsahoval (Ali et al., 2015b).

3.7.11 Granátové jablko (*Punica granatum*)

Granátové jablko je středně velký plod stromu marhaník granátový (*Punica granatum*). Silice ze slupky granátového jablka je vedlejší produkt při jeho průmyslovém zpracování. Jedná se o skvělý zdroj fenolických sloučenin, jako jsou kyselina gallová nebo kyselina ellagová (Kumar & Neeraj, 2019). Její aktivní látky jsou hlavně kafr (60 %) a benzenaldehyd (20 %) (Hadrich et al., 2014). Díky těmto látkám má silice antimikrobiální účinky a je mnoho studií, které zkoumají její potenciální využití pro konzervaci potravin. Navíc je tato silice přírodním antioxidantem, předchází nádorovým onemocněním a působí protizánětlivě. Studie na její vlastnosti jsou však nedostatečné a je potřeba dalšího výzkumu (Mo et al., 2022).

Tato silice byla na pokusy konzervace paprik v tabulce 2 používána zdaleka nejčastěji. *In vitro* se prokázaly její antimikrobiální účinky a inhibovala 100 % patogenu. Její výsledky *in vivo* byly také slibné. Ve dvou pokusech, kde byl sledován její vliv na mikroorganismy, skvěle inhibovala patogeny a v kombinaci s chitosanem také zachovala většinu organoleptických a sensorických vlastností paprik. Film se silicí dosáhl nejlepšího hodnocení na hedonické stupnici a výrazně zpomalil proces hnědnutí a udržely vysoký obsah chlorofylu v plodech. Také zmenšily úbytek hmotnosti, což bylo způsobeno nejspíše díky chemicko-mechanickým vlastnostem chitosanu. Dopad na sensoriku byl znatelný a způsoboval jemně nahořklou chuť. Ta ale byla ohodnocena jako snesitelná a spotřebitele by nejspíš neodradila. Vůně by se dala hodnotit jako příjemná. Všechny pokusy prokázali silné zlepšení oproti kontrole. Její produkce je levná a mohla by tvořit přírodní alternativu k chemickým postřikům a jiným umělým látkám. Proto by silice ze slupky granátového jablka mohla být vhodná pro budoucí použití při konzervaci paprik a zlepšení jejich celkové kvality na trhu (Fan et al., 2022; Kumar et al., 2021; Nair et al., 2018).

4 Závěr

Rajčata a papriky jsou choulostivé plody, které bez správného antimikrobiálního ošetření snadno podléhají skládkovým chorobám. V této práci byl z prostudovaných článků vytvořen přehled rostlinných silic, které měly pozitivní účinek na inhibici různých známějších patogenů a tím prodloužení trvanlivosti paprik a rajčat.

Jeden z nejsilnějších účinků na rajčata měla tymiánová silice, která dosáhla 85% inhibice *Fusarium oxysporum* při koncentraci 0,5 % po 9 dnech skladování. Rozmarýnová silice zase dosáhla o 67 % větší inhibice *Fusarium oxysporum* oproti kontrole při 0,5% koncentraci na rajčatech po 14 dnech. Silice kyperského oregana sice nemá tak dobré antimikrobiální účinky, zato měla ale velmi pozitivní vliv na sensoriku rajčat i po 7 dnech skladování. Navíc snížila ztrátu hmotnosti a pevnosti plodů. Kmín koptský měl až o 85 % vyšší inhibici *Fusarium oxysporum* oproti kontrole, ale v žádném pokusu nebyl uveden jeho vliv na sensoriku. Silice citronové trávy dosáhla vysoké inhibice *Penicillium aurantiogriseum*, a to až do bodu kdy nákaza nebyla viditelná ani po 20. dnu skladování. Její koncentrace byla ale 7 % a sensorika nebyla hodnocena.

U paprik je vzorek pokusů relativně malý. Silice slupky granátového jablka celkově dosáhla skvělých antimikrobiálních výsledků. Navíc významně ovlivnila sensoriku plodů, u kterých zpomalila dozrávání a zabránila změně barvy. Ikdyž byla její chuť trochu nahořklá, stále zůstala v mezích tolerance běžného spotřebitele. Silice citronové trávy měla sice dobrý vliv na úbytek hmotnosti, pevnost a ztrátu barvy ale oproti použití samotného chitosanu dosáhla nižší inhibice patogenu. K prodlužování trvanlivosti se tedy příliš nehodí.

Většina silic vykazovala silné antimikrobiální účinky při vyšších koncentracích *in vitro* a i při použití přímo na papriky a rajčata některé z nich dosáhly dobrých výsledků. Navíc většina z nich snižovala úbytek hmotnosti a enzymatické procesy, což je při skladování paprik a rajčat žádoucí. Při použití nižších koncentrací kolem 1 % bylo aroma silic tolerovatelné nebo v některých případech i žádoucí. Ikdyž je potřeba provést další zkoumání, můžeme říct, že silice mají velký potenciál stát se průmyslově používanou konzervační látkou při skladování a přepravě paprik a rajčat.

5 Literatura

- Abdolahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Javadi, T., & Meshkatalasadat, M. H. (2010). Essential Oils As Control Agents Of Postharvest *Alternaria* And *Penicillium* Rots On TOMato Fruits. *Journal of Food Safety*, 30(2), 341–352. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00211.x>
- Abdulazeez, M. A., Abdullahi, A. S., & James, B. D. (2016). Lemongrass (*Cymbopogon* spp.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 509–516). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00058-4>
- Adelakun, O. E., Oyelade, O. J., & Olanipekun, B. F. (2016). Use of Essential Oils in Food Preservation. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 71–84). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00007-9>
- Aghajanzadeh, S., & Ziaifar, A. M. (2018). A review of pectin methylesterase inactivation in citrus juice during pasteurization. *Trends in Food Science & Technology*, 71, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.013>
- Ahari, H., & Soufiani, S. P. (2021). Smart and Active Food Packaging: Insights in Novel Food Packaging. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.657233>
- Ali, A., Noh, N. M., & Mustafa, M. A. (2015a). Antimicrobial activity of chitosan enriched with lemongrass oil against anthracnose of bell pepper. *Food Packaging and Shelf Life*, 3, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.10.003>
- Ali, A., Noh, N. M., & Mustafa, M. A. (2015b). Antimicrobial activity of chitosan enriched with lemongrass oil against anthracnose of bell pepper. *Food Packaging and Shelf Life*, 3, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.10.003>
- Al-Mariri, A., & Safi, M. (2013). The Antibacterial Activity of Selected Labiatae (Lamiaceae) Essential Oils against *Brucella melitensis*. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 38(1), 44–50.
- Altindal, D., & Altindal, N. (2016). Sage (*Salvia officinalis*) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 715–721). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00081-X>
- Amoozegaran, A., Dehghan, H., Homami, S. S., & Hashemi, S. A. (2022). Efficacy of an edible coating, containing thyme essential oil, to control *Fusarium oxysporum* and the quality of tomato fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 16(5), 3760–3767. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01424-z>
- Anli, A., Karadoan, T., Tonguç, M., & Baydar, H. (2010). EFFECTS OF CARAWAY (*Carum carvi* L.) SEED ON SPROUTING OF POTATO (*Solanum tuberosum* L.) TUBERS UNDER DIFFERENT TEMPERATURE CONDITIONS. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1), 54–58.
- Asensio, C. M., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2012). Sensory Attribute Preservation in Extra Virgin Olive Oil with Addition of Oregano Essential Oil as Natural Antioxidant. *Journal of Food Science*, 77(9), S294–S301. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02841.x>
- Auffan, M., Rose, J., Bottero, J.-Y., Lowry, G. V., Jolivet, J.-P., & Wiesner, M. R. (2009). Towards a definition of inorganic nanoparticles from an environmental, health and safety perspective. *Nature Nanotechnology*, 4(10), 634–641. <https://doi.org/10.1038/nnano.2009.242>
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

- Barros, L., Heleno, S. A., Carvalho, A. M., & Ferreira, I. C. F. R. (2009). Systematic evaluation of the antioxidant potential of different parts of *Foeniculum vulgare* Mill. from Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, *47*(10), 2458–2464. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.07.003>
- Bastarrachea, L., Wong, D., Roman, M., Lin, Z., & Goddard, J. (2015). Active Packaging Coatings. *Coatings*, *5*(4), 771–791. <https://doi.org/10.3390/coatings5040771>
- Bhattacharya, S. (2016). Cultivation of Essential Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 19–29). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00003-1>
- Blasco, R., Rosell, J., Arilla, M., Margalida, A., Villalba, D., Gopher, A., & Barkai, R. (2019). Bone marrow storage and delayed consumption at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel (420 to 200 ka). *Science Advances*, *5*(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav9822>
- Boehm, K., Büssing, A., & Ostermann, T. (2012). Aromatherapy as an Adjuvant Treatment in Cancer Care – A Descriptive Systematic Review. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, *9*(4). <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v9i4.7>
- Bouzoumita, A., Metoui, M., Jemni, M., Kabaeir, N., Belhouchette, K., & Ferchichi, A. (2019). The Efficacy of Various Bacterial Organisms for Biocontrol of Fusarium Root Rot of Olive in Tunisia. *Polish Journal of Environmental Studies*, *29*(1), 11–16. <https://doi.org/10.15244/pjoes/89988>
- Boyette, M., Estes, E., & Sanders, D. C. (1990, March 1). *Postharvest Cooling and Handling of Peppers*. Postharvest Cooling and Handling of North Carolina Fresh Produce.
- Boyette, M., Estes, E., & Sanders, D. C. (1997, January 1). *Postharvest Cooling and Handling of Field- and Greenhouse-Grown Tomatoes*. Postharvest Cooling and Handling of North Carolina Fresh Produce.
- Buchbauer Gerhard, & K. Hüsni Can Baser. (2015). *Handbook of Essential Oils* (K. H. C. Baser & G. Buchbauer, Eds.; 2nd Edition). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19393>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, *94*(3), 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Ciric, A., Soković, M., Oliveira, M. B. P. P., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). *Foeniculum vulgare* Mill. as natural conservation enhancer and health promoter by incorporation in cottage cheese. *Journal of Functional Foods*, *12*, 428–438. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.016>
- Carvalhinho, S., Costa, A. M., Coelho, A. C., Martins, E., & Sampaio, A. (2012). Susceptibilities of *Candida albicans* Mouth Isolates to Antifungal Agents, Essentials Oils and Mouth Rinses. *Mycopathologia*, *174*(1), 69–76. <https://doi.org/10.1007/s11046-012-9520-4>
- Chamorro, R. E., Silvia N. Zambón, Walter G. Morales, Alfredo F. Sequeira, & Gustavo A. Velasco. (2012). Study of the Chemical Composition of Essential Oils by Gas Chromatography. In *Gas Chromatography in Plant Science, Wine Technology, Toxicology and Some Specific Applications*. InTech. <https://doi.org/10.5772/33201>
- Chang, C. L., Cho, I. K., & Li, Q. X. (2009). Insecticidal Activity of Basil Oil, <i>trans</i>-Anethole, Estragole, and Linalool to Adult Fruit Flies of <i>Ceratitis capitata</i>, <i>Bactrocera dorsalis</i>, and <i>Bactrocera cucurbitae</i>. *Journal of Economic Entomology*, *102*(1), 203–209. <https://doi.org/10.1603/029.102.0129>
- Charkowski, A. O. (2015). Biology and control of *Pectobacterium* in potato. *American Journal of Potato Research*, *92*(2), 223–229. <https://doi.org/10.1007/s12230-015-9447-7>

- Chouliara, E., Karatapanis, A., Savvaidis, I. N., & Kontominas, M. G. (2007). Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4°C. *Food Microbiology*, *24*(6), 607–617. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.12.005>
- Chrysargyris, A., Rousos, C., Xylia, P., & Tzortzakis, N. (2021). Vapour Application of Sage Essential Oil Maintain Tomato Fruit Quality in Breaker and Red Ripening Stages. *Plants*, *10*(12), 2645. <https://doi.org/10.3390/plants10122645>
- Cristiani, E., Radini, A., Borić, D., Robson, H. K., Caricola, I., Carra, M., Mutri, G., Oxilia, G., Zupancich, A., Šlaus, M., & Vujević, D. (2018). Dental calculus and isotopes provide direct evidence of fish and plant consumption in Mesolithic Mediterranean. *Scientific Reports*, *8*(1), 8147. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26045-9>
- Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. (2008). Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. *Trends in Food Science & Technology*, *19*, S103–S112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.09.011>
- de Azeredo, G. A., Stamford, T. L. M., Nunes, P. C., Gomes Neto, N. J., de Oliveira, M. E. G., & de Souza, E. L. (2011). Combined application of essential oils from *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. to inhibit bacteria and autochthonous microflora associated with minimally processed vegetables. *Food Research International*, *44*(5), 1541–1548. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.012>
- Duke, J. A. (2002). *Handbook of Medicinal Herbs*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420040463>
- Ellis, M. J. (1994). The methodology of shelf life determination. In *Shelf Life Evaluation of Foods* (pp. 27–39). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5_2
- Erceg, T., Šovljanski, O., Stupar, A., Ugarković, J., Aćimović, M., Pezo, L., Tomić, A., & Todosijević, M. (2023). A comprehensive approach to chitosan-gelatine edible coating with β -cyclodextrin/lemongrass essential oil inclusion complex — Characterization and food application. *International Journal of Biological Macromolecules*, *228*, 400–410. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.132>
- Fan, N., Wang, X., Sun, J., Lv, X., Gu, J., Zhao, C., & Wang, D. (2022). Effects of konjac glucomannan/pomegranate peel extract composite coating on the quality and nutritional properties of fresh-cut kiwifruit and green bell pepper. *Journal of Food Science and Technology*, *59*(1), 228–238. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05006-7>
- Fang, X. L., Phillips, D., Li, H., Sivasithamparam, K., & Barbetti, M. J. (2011). Severity of crown and root diseases of strawberry and associated fungal and oomycete pathogens in Western Australia. *Australasian Plant Pathology*, *40*(2), 109–119. <https://doi.org/10.1007/s13313-010-0019-5>
- Fernández-Pan, I., Royo, M., & Ignacio Maté, J. (2012). Antimicrobial Activity of Whey Protein Isolate Edible Films with Essential Oils against Food Spoilers and Foodborne Pathogens. *Journal of Food Science*, *77*(7), M383–M390. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02752.x>
- Fisher, C. W., Lee, D., Dodge, B.-A., Hamman, K. M., Robbins, J. B., & Martin, S. E. (2000). Influence of Catalase and Superoxide Dismutase on Ozone Inactivation of *Listeria monocytogenes*. *Applied and Environmental Microbiology*, *66*(4), 1405–1409. <https://doi.org/10.1128/AEM.66.4.1405-1409.2000>
- Fisher, K., & Phillips, C. A. (2006). The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157,

- Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. *Journal of Applied Microbiology*, 101(6), 1232–1240.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.03035.x>
- Franco-Vega, A., Reyes-Jurado, F., Cardoso-Ugarte, G. A., Sosa-Morales, M. E., Palou, E., & López-Malo, A. (2016). Sweet Orange (*Citrus sinensis*) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 783–790). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00089-4>
- Fu, X., Belwal, T., Cravotto, G., & Luo, Z. (2020). Sono-physical and sono-chemical effects of ultrasound: Primary applications in extraction and freezing operations and influence on food components. *Ultrasonics Sonochemistry*, 60, 104726.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104726>
- Gao, H., Wu, W., Chen, H., Qin, Y., Fang, X., & Jin, T. Z. (2018). Microbial inactivation and quality improvement of tomatoes treated by package film with allyl isothiocyanate vapour. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(8), 1983–1991.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.13787>
- Ghasemi, K., Ghasemi, Y., & Ebrahimzadeh, M. A. (2009). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(3), 277–281.
- Ghoshal, G., & Shivani. (2022). Thyme essential oil nano-emulsion/Tamarind starch/Whey protein concentrate novel edible films for tomato packaging. *Food Control*, 138, 108990. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.108990>
- Gil, A., de la Fuente, E. B., Lenardis, A. E., López Pereira, M., Suárez, S. A., Bandoni, A., van Baren, C., Di Leo Lira, P., & Ghersa, C. M. (2002). Coriander Essential Oil Composition from Two Genotypes Grown in Different Environmental Conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2870–2877. <https://doi.org/10.1021/jf011128i>
- Gillis, A., Rodríguez, M., & Santana, M. A. (2014). *Serratia marcescens* associated with bell pepper (*Capsicum annuum* L.) soft-rot disease under greenhouse conditions. *European Journal of Plant Pathology*, 138(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0300-x>
- Gómez-Ramírez, C., Sosa-Morales, M. E., Palou, E., & López-Malo, A. (2013). *Aspergillus niger* time to growth in dried tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, 164(1), 23–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.03.017>
- Grabner, M., Wächter, E., Nicolussi, K., Bolka, M., Sormaz, T., Steier, P., Wild, E. M., Barth, F. E., Kern, A., Rudorfer, J., Kowarik, K., Stöllner, T., & Reschreiter, H. (2021). Prehistoric salt mining in Hallstatt, Austria. New chronologies out of small wooden fragments. *Dendrochronologia*, 66, 125814. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125814>
- Hadrich, F., Cher, S., Gargouri, Y. T., & Adel, S. (2014). Antioxidant and Lipase Inhibitory Activities and Essential Oil Composition of Pomegranate Peel Extracts. *Journal of Oleo Science*, 63(5), 515–525. <https://doi.org/10.5650/jos.ess13163>
- Hernández, M. D., Sotomayor, J. A., Hernández, Á., & Jordán, M. J. (2016). Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 677–688). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00077-8>
- Herzi, N., Bouajila, J., Camy, S., Cazaux, S., Romdhane, M., & Condoret, J. S. (2013). Comparison between Supercritical CO₂ Extraction and Hydrodistillation for Two Species of Eucalyptus: Yield, Chemical Composition, and Antioxidant Activity. *Journal of Food Science*, 78(5), C667–C672. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12113>
- Hu, X., Saravanakumar, K., Sathiyaseelan, A., & Wang, M.-H. (2020). Chitosan nanoparticles as edible surface coating agent to preserve the fresh-cut bell pepper (*Capsicum annuum*

- L. var. *grossum* (L.) Sendt). *International Journal of Biological Macromolecules*, 165, 948–957. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.176>
- Hulankova, R., Borilova, G., & Steinhäuserova, I. (2013). Combined antimicrobial effect of oregano essential oil and caprylic acid in minced beef. *Meat Science*, 95(2), 190–194. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.003>
- Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. L. (2012). Essential Oils in Food Preservation: Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components. *Frontiers in Microbiology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>
- Ionica, M. E., Tutulescu, F., & Bită, A. (2022). Development of Basil Essential Oil (BEO) as a Novel Alternative to Prolong the Storage of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Agriculture*, 12(12), 2135. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122135>
- Izquierdo-Cañas, P. M., Ríos-Carrasco, M., García-Romero, E., Mena-Morales, A., Heras-Manso, J. M., & Cordero-Bueso, G. (2020). Co-Existence of Inoculated Yeast and Lactic Acid Bacteria and Their Impact on the Aroma Profile and Sensory Traits of Tempranillo Red Wine. *Fermentation*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/fermentation6010017>
- Jiang, Y., Wu, N., Fu, Y.-J., Wang, W., Luo, M., Zhao, C.-J., Zu, Y.-G., & Liu, X.-L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of Rosemary. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 32(1), 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2011.03.011>
- Jin, T. Z., Fan, X., & Mukhopadhyay, S. (2022). Antimicrobial coating with organic acids and essential oil for the enhancement of safety and shelf life of grape tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, 378, 109827. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109827>
- Johri, R. (2011). Cuminum cyminum and Carum carvi: An update. *Pharmacognosy Reviews*, 5(9), 63. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.79101>
- Kahraman, T., Issa, G., Bingol, E. B., Kahraman, B. B., & Dumen, E. (2015). Effect of rosemary essential oil and modified-atmosphere packaging (MAP) on meat quality and survival of pathogens in poultry fillets. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46(2), 591–599. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246220131201>
- Kaphle, A., Navya, P. N., Umapathi, A., & Daima, H. K. (2018). Nanomaterials for agriculture, food and environment: applications, toxicity and regulation. *Environmental Chemistry Letters*, 16(1), 43–58. <https://doi.org/10.1007/s10311-017-0662-y>
- Karabagias, I., Badeka, A., & Kontominas, M. G. (2011). Shelf life extension of lamb meat using thyme or oregano essential oils and modified atmosphere packaging. *Meat Science*, 88(1), 109–116. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.010>
- Karamanos, A. J., & Sotiropoulou, D. E. K. (2013). Field studies of nitrogen application on Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum* (Link) Letswaart) essential oil during two cultivation seasons. *Industrial Crops and Products*, 46, 246–252. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.01.021>
- Karlsen, J. (2020). *Handbook of Essential Oils* (K. Husnu Can Baser & Gerhard Buchbauer, Eds.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351246460>
- Khanjani, R., Dehghan, H., & Sarrafi, Y. (2021). Antifungal edible tomato coatings containing ajwain, neroli, and rosemary essential oils. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 5139–5148. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01067-6>
- Knorr, D., & Augustin, M. A. (2022). Preserving the food preservation legacy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2065459>

- Kocic-Tanackov, S., Dimic, G., Pejin, D., Mojovic, L., Pejin, J., & Tanackov, I. (2012). Antifungal activity of the basil (*Ocimum basilicum* L.) extract on *Penicillium aurantiogriseum*, *P. glabrum*, *P. chrysogenum*, and *P. brevicompactum*. *Acta Periodica Technologica*, *43*, 247–256. <https://doi.org/10.2298/APT1243247K>
- Kordsardouei, H., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2013). Application of *Zataria multiflora* Boiss. and *Cinnamon zeylanicum* essential oils as two natural preservatives in cake. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, *3*(3), 238–247.
- Krkić, N., Šojić, B., Lazić, V., Petrović, L., Mandić, A., Sedej, I., Tomović, V., & Džinić, N. (2013). Effect of chitosan–caraway coating on lipid oxidation of traditional dry fermented sausage. *Food Control*, *32*(2), 719–723. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.02.006>
- Kumar, N., & Neeraj. (2019). Polysaccharide-based component and their relevance in edible film/coating: a review. *Nutrition & Food Science*, *49*(5), 793–823. <https://doi.org/10.1108/NFS-10-2018-0294>
- Kumar, N., Pratibha, Neeraj, Ojha, A., Upadhyay, A., Singh, R., & Kumar, S. (2021). Effect of active chitosan-pullulan composite edible coating enrich with pomegranate peel extract on the storage quality of green bell pepper. *LWT*, *138*, 110435. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110435>
- Kuwar, U., Sharma, S., & Tadapaneni, V. R. R. (2015). *Aloe Vera* Gel and Honey-Based Edible Coatings Combined with Chemical Dip as a Safe Means for Quality Maintenance and Shelf Life Extension of Fresh-Cut Papaya. *Journal of Food Quality*, *38*(5), 347–358. <https://doi.org/10.1111/jfq.12150>
- LAGOURI, V., BANTOUNA, A., & STATHOPOULOS, P. (2010). A COMPARISON OF THE ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHENOLIC CONTENT OF NONPOLAR AND POLAR EXTRACTS OBTAINED FROM FOUR ENDEMIC LAMIACEAE SPECIES GROWN IN GREECE. *Journal of Food Processing and Preservation*, *34*(5), 872–886. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2009.00403.x>
- Li, Q. X., & Chang, C. L. (2016). Basil (*Ocimum basilicum* L.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 231–238). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00025-0>
- Liu, J., Tian, S., Meng, X., & Xu, Y. (2007). Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *44*(3), 300–306. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.019>
- Llana-Ruiz-Cabello, M., Pichardo, S., Maisanaba, S., Puerto, M., Prieto, A. I., Gutiérrez-Praena, D., Jos, A., & Cameán, A. M. (2015). In vitro toxicological evaluation of essential oils and their main compounds used in active food packaging: A review. *Food and Chemical Toxicology*, *81*, 9–27. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.03.030>
- Loughrin, J. N., Hamilton-Kemp, T. R., Andersen, R. A., & Hildebrand, D. F. (1990). Volatiles from flowers of *Nicotiana sylvestris*, *N. otophora* and *Malus × domestica*: headspace components and day/night changes in their relative concentrations. *Phytochemistry*, *29*(8), 2473–2477. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)85169-G](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)85169-G)
- Mahboubi, M. (2019). Caraway as Important Medicinal Plants in Management of Diseases. *Natural Products and Bioprospecting*, *9*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13659-018-0190-x>
- Mandal, S., & DebMandal, M. (2016). Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 825–834). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00094-8>

- Manthey, J. A., & Grohmann, K. (2001). Phenols in Citrus Peel Byproducts. Concentrations of Hydroxycinnamates and Polymethoxylated Flavones in Citrus Peel Molasses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3268–3273. <https://doi.org/10.1021/jf010011r>
- Mariod, A. A. (2016). Effect of Essential Oils on Organoleptic (Smell, Taste, and Texture) Properties of Food. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 131–137). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00013-4>
- Masniyom, P., Benjama, O., & Maneesri, J. (2012). Effect of turmeric and lemongrass essential oils and their mixture on quality changes of refrigerated green mussel (*Perna viridis*). *International Journal of Food Science & Technology*, 47(5), 1079–1085. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02944.x>
- McPherron, S. P., Alemseged, Z., Marean, C. W., Wynn, J. G., Reed, D., Geraads, D., Bobe, R., & Béarat, H. A. (2010). Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia. *Nature*, 466(7308), 857–860. <https://doi.org/10.1038/nature09248>
- Mo, Y., Ma, J., Gao, W., Zhang, L., Li, J., Li, J., & Zang, J. (2022). Pomegranate Peel as a Source of Bioactive Compounds: A Mini Review on Their Physiological Functions. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.887113>
- Moore-Neibel, K., Gerber, C., Patel, J., Friedman, M., & Ravishankar, S. (2012). Antimicrobial activity of lemongrass oil against *Salmonella enterica* on organic leafy greens. *Journal of Applied Microbiology*, 112(3), 485–492. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2011.05222.x>
- Naik, M. I., Fomda, B. A., Jaykumar, E., & Bhat, J. A. (2010). Antibacterial activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) oil against some selected pathogenic bacterias. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(7), 535–538. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(10\)60129-0](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(10)60129-0)
- Nair, M. S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Characterization and Antifungal Activity of Pomegranate Peel Extract and its Use in Polysaccharide-Based Edible Coatings to Extend the Shelf-Life of Capsicum (*Capsicum annuum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 11(7), 1317–1327. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2101-x>
- Nakamura, H., Oya, M., Hanamoto, T., & Nagashio, D. (2017). Reviewing the 20 Years of Operation of Ozonation Facilities in Hanshin Water Supply Authority with Respect to Water Quality Improvements. *Ozone: Science & Engineering*, 39(6), 397–406. <https://doi.org/10.1080/01919512.2017.1352413>
- Ochida, C. O., Itodo, A. U., & Nwanganga, P. A. (2018). A Review on Postharvest Storage, Processing and Preservation of Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Asian Food Science Journal*, 6(2), 1–10. <https://doi.org/10.9734/AFSJ/2019/44518>
- Odriozola-Serrano, I., Aguiló-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2013). Pulsed electric fields processing effects on quality and health-related constituents of plant-based foods. *Trends in Food Science & Technology*, 29(2), 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.10.003>
- Olmedo, R. H., Nepote, V., & Grosso, N. R. (2013). Preservation of sensory and chemical properties in flavoured cheese prepared with cream cheese base using oregano and rosemary essential oils. *LWT - Food Science and Technology*, 53(2), 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.04.007>
- Oral, N., Vatansever, L., Sezer, Ç., Aydın, B., Güven, A., Gülmez, M., Başer, K. H. C., & Kürkçüoğlu, M. (2009). Effect of absorbent pads containing oregano essential oil on the

- shelf life extension of overwrap packed chicken drumsticks stored at four degrees Celsius. *Poultry Science*, 88(7), 1459–1465. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00375>
- Ortega-Ramirez, L. A., Rodriguez-Garcia, I., Silva-Espinoza, B. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2016). Oregano (*Origanum* spp.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 625–631). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00071-7>
- Ozguven, M., . F. A., & . A. O. (2005). Effects of Nitrogen Rates and Cutting Times on the Essential Oil Yield and Components of *Origanum syriacum* L. Var. *bevanii*. *Journal of Agronomy*, 5(1), 101–105. <https://doi.org/10.3923/ja.2006.101.105>
- Pakdeevaporn, P., Wasee, S., Taylor, P. W. J., & Mongkolporn, O. (2005). Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* in *Capsicum*. *Plant Breeding*, 124(2), 206–208. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.01065.x>
- Pandiselvam, R., Subhashini, S., Banuu Priya, E. P., Kothakota, A., Ramesh, S. V., & Shahir, S. (2019). Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. *Ozone: Science & Engineering*, 41(1), 17–34. <https://doi.org/10.1080/01919512.2018.1490636>
- Park, S., Hongu, N., & Daily, J. W. (2016). Native American foods: History, culture, and influence on modern diets. *Journal of Ethnic Foods*, 3(3), 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2016.08.001>
- Peralta-Ruiz, Y., Tovar, C. D. G., Sinning-Mangonez, A., Coronell, E. A., Marino, M. F., & Chaves-Lopez, C. (2020). Reduction of Postharvest Quality Loss and Microbiological Decay of Tomato “Chonto” (*Solanum lycopersicum* L.) Using Chitosan-E Essential Oil-Based Edible Coatings under Low-Temperature Storage. *Polymers*, 12(8), 1822. <https://doi.org/10.3390/polym12081822>
- Pirozzi, A., Del Grosso, V., Ferrari, G., & Donsì, F. (2020). Edible Coatings Containing Oregano Essential Oil Nanoemulsion for Improving Postharvest Quality and Shelf Life of Tomatoes. *Foods*, 9(11), 1605. <https://doi.org/10.3390/foods9111605>
- Prakash, O., Chandra, M., Pant, A. K., & Rawat, D. S. (2016). Mint (*Mentha spicata* L.) Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 561–572). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00064-X>
- Rasooli, I., & Allameh, A. (2016). Caraway (*Carum carvi* L.) Essential Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 287–293). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00032-8>
- Ríos, J.-L. (2016). Essential Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 3–10). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8>
- Rodriguez, A., Batlle, R., & Nerín, C. (2007). The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging. Part II. *Progress in Organic Coatings*, 60(1), 33–38. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2007.06.006>
- Roller, S., & Seedhar, P. (2002). Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in fresh-cut melon and kiwifruit at 4o and 8oC. *Letters in Applied Microbiology*, 35(5), 390–394. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01209.x>
- Sahraoui, N., Vian, M. A., El Maataoui, M., Boutekedjiret, C., & Chemat, F. (2011). Valorization of citrus by-products using Microwave Steam Distillation (MSD). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(2), 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.02.002>
- Samara R., Qubbaj T., Scott I., & Mcdowell T. (2023). Effect of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea* Pers.: Fr., *Penicillium italicum* Wehmer, and *P. digitatum*

- (Pers.) Sacc., diseases. *Journal of Plant Protection Research*.
<https://doi.org/10.24425/jppr.2021.139240>
- Sayadi, M., Langroodi, A. M., & Pourmohammadi, K. (2021). Combined effects of chitosan coating incorporated with *Berberis vulgaris* extract and *Mentha pulegium* essential oil and MAP in the shelf life of turkey meat. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6), 5159–5169. <https://doi.org/10.1007/S11694-021-01068-5/TABLES/3>
- Schmiderer, C., Steinborn, R., & Novak, J. (2023). Monoterpene synthases of three closely related sage species (*Salvia officinalis*, *S. fruticosa* and *S. pomifera*, Lamiaceae). *Plant Physiology and Biochemistry*, 196, 318–327.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.01.034>
- Settanni, L., Palazzolo, E., Guarrasi, V., Aleo, A., Mammina, C., Moschetti, G., & Germanà, M. A. (2012). Inhibition of foodborne pathogen bacteria by essential oils extracted from citrus fruits cultivated in Sicily. *Food Control*, 26(2), 326–330.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.050>
- Sheikh, M., Mehnaz, S., & Sadiq, M. B. (2021). Prevalence of fungi in fresh tomatoes and their control by chitosan and sweet orange (*Citrus sinensis*) peel essential oil coating. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(15), 6248–6257.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.11291>
- Sivropoulou, A., Kokkini, S., Lanaras, T., & Arsenakis, M. (1995). Antimicrobial Activity of Mint Essential Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(9), 2384–2388.
https://doi.org/10.1021/JF00057A013/ASSET/JF00057A013.FP.PNG_V03
- Smith-Palmer, Stewart, & Fyfe. (1998). Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 26(2), 118–122. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.1998.00303.x>
- Sridhar, A., Ponnuchamy, M., Kumar, P. S., & Kapoor, A. (2021). Food preservation techniques and nanotechnology for increased shelf life of fruits, vegetables, beverages and spices: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(2), 1715–1735.
<https://doi.org/10.1007/s10311-020-01126-2>
- Srivastava, H. C., Shukla, P., Tripathi, S., & Shanker, B. (2014). ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF SWEET BASIL OILS. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(1), 279. [https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.5\(1\).279-85](https://doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.5(1).279-85)
- Stratakos, A. C., & Koidis, A. (2016). Methods for Extracting Essential Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety* (pp. 31–38). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3>
- SVOBODA, Z., MIKULÍKOVÁ, R., PLUHÁČKOVÁ, H., BĚLÁKOVÁ, S., & BENEŠOVÁ, K. (2016). Analysis of Essential Oils Usable for Fortification of Food Products. *Kvasny Prumysl*, 62(5), 157–160. <https://doi.org/10.18832/kp2016021>
- Szczepaniak, S., Polanska, M., Van Assche, A., Moloney, R., & Willems, K. A. (2011). The synergism of natural compounds in the pursuit of safe and healthier food. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 38(1), 215–220.
<https://doi.org/10.1007/s10295-010-0822-6>
- Teng, X., Zhang, M., & Devahastin, S. (2019). New developments on ultrasound-assisted processing and flavor detection of spices: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.01.014>

- Tzortzakis, N. G., & Economakis, C. D. (2007). Antifungal activity of lemongrass (*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(2), 253–258. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.01.002>
- Wiktor, A., Nowacka, M., Dadan, M., Rybak, K., Lojkowski, W., Chudoba, T., & Witrowa-Rajchert, D. (2016). The effect of pulsed electric field on drying kinetics, color, and microstructure of carrot. *Drying Technology*, 34(11), 1286–1296. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1105813>
- Worku, M., & Sahe, S. (2018). Review on Disease Management Practice of Tomato Wilt Caused *Fusarium oxysporum* in Case of Ethiopia. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 9(11). <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000460>
- Xiong, Z., Cao, L., Wang, G., Xia, Y., Yang, Y., Bai, W., & Ai, L. (2020). Isolation of biogenic amine-negative lactic acid bacteria for Chinese rice wine fermentation based on molecular marker reverse screening. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7), 3257–3261. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10290>
- Xylia, P., Chrysargyris, A., Miltiadous, P., & Tzortzakis, N. (2022). *Origanum dubium* (Cypriot Oregano) as a Promising Sanitizing Agent against *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* on Tomato and Cucumber Fruits. *Biology*, 11(12), 1772. <https://doi.org/10.3390/biology11121772>
- Yun, J., Fan, X., Li, X., Jin, T. Z., Jia, X., & Mattheis, J. P. (2015). Natural surface coating to inactivate *Salmonella enterica* serovar Typhimurium and maintain quality of cherry tomatoes. *International Journal of Food Microbiology*, 193, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.10.013>
- Zoubiri, S., & Baaliouamer, A. (2011). Chemical composition and insecticidal properties of some aromatic herbs essential oils from Algeria. *Food Chemistry*, 129(1), 179–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.033>

Literatura byla generována pomocí volně dostupného citačního manažeru Mendeley - <https://www.mendeley.com/download-desktop/>

