

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra kvality a bezpečnosti potravin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Možnosti aplikace silic z vybraných druhů čeledi *Apiaceae*  
pro konzervaci potravin**

**Bakalářská práce**

**Markéta Vrbatová**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Pavel Nový, Ph.D.**

**© 2023 ČZU v Praze**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Možnosti aplikace silic z vybraných druhů čeledi *Apiaceae* pro konzervaci potravin“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.4.2023

---

### **Poděkování**

Děkuji panu Ing. Pavlu Novému, Ph.D., za přínosnou odbornou spolupráci a vedení při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Dominiku Kolmanovi, svému příteli, za podporu a trpělivost.

# Možnosti aplikace silic z vybraných druhů čeledi *Apiaceae* pro konzervaci potravin

## Souhrn

V posledních letech je věnována stále větší pozornost výzkumu potenciálního využití rostlinných silic pro konzervaci potravin. Mezi testované, patří mimo jiné i silice z čeledi *Apiaceae*.

Bakalářská práce je zaměřena na vyhledání vědeckých studií a zpracování literární rešerše na toto téma. Práce rovněž zahrnuje způsoby a metody konzervace, věnuje se mikroorganismům způsobujícím kažení, znehodnocení potravin, i možným onemocněním po jejich požití. Rovněž zahrnuje popisy vybraných rostlinných druhů z čeledi *Apiaceae* a zaměřuje se na silice a jejich antimikrobiální účinky. Uvádí se i jejich uplatnění ve farmaceutickém průmyslu, aromaterapii, kosmetice, zemědělství a potravinářství.

Tato práce přináší ucelený přehled výsledků testování vybraných druhů bylin z této čeledi *Apiaceae*., konkrétně *Cuminum cyminum* (šebrej kmínovitý), *Foeniculum vulgare* (fenykl obecný), *Pimpinella anisum* (bedrník anýz), *Coriandrum sativum* (koriandr setý) a *Carum carvi* (kmín kořený). Bylo vybráno čtyřicet čtyři odborných článků z databáze Web of Science, které se zabývaly efektem působení silic na úbytek mikroorganismů způsobujících kažení potravin. Z těchto podkladů byla sestavena přehledová tabulka, která zobrazuje na různých potravinových modelech testování vlivů silic.

Nejvíce byly testovány silice vybraných druhů z čeledi *Apiaceae* na živočišných produktech. Jednalo se o maso kuřecí, hovězí, vepřové a rybí. Dále se 5 pokusů věnovalo aplikacím silic na mléčné produkty, ostatní se zaměřily na rostlinné produkty. Poslední dvě studie se věnovaly aplikaci na *Agaricus bisporus* a na sladkém pečivu. Tabulka se zaměřuje na způsob aplikace, testovaný mikroorganismus, na účinky a senzoryckou přijatelnost. K nejčastěji zkoumaným mikroorganismům patřila například skupina psychrotrofních a čeled' *Enterobacteriaceae*.

V závěrečném zhodnocení jsou pak podrobně popsány různé jednotlivé způsoby aplikace, účinky a efekty. Je třeba zdůraznit, že použití silic v kombinaci s jinými metodami konzervace je způsobem, který by mohl být úspěšně testován na dalších potravinových modelech, čímž se jejich možnosti použití výrazně rozšíří.

**Klíčová slova:** silice, konzervace potravin, antibakteriální, antimikrobiální, trvanlivost, kažení potravin, miříkovité.

# Potential application of essential oils from selected species of the *Apiaceae* family for food preservation

## Summary

In recent years, more and more attention has been paid to research on the potential use of plant essential oils for food preservation. Among those tested are essential oils from plants of the *Apiaceae* family.

The bachelor thesis is focused on the search of scientific studies and the elaboration of a literature search on this topic. The thesis also covers ways and methods of preservation, and looks at microorganisms causing deteriorating, food spoilage, and possible diseases after ingestion. It also includes descriptions of selected plant species from the *Apiaceae* family and focuses on essential oils and their antimicrobial effects. Thesis also discuss applications in the pharmaceutical industry, aromatherapy, cosmetics, agriculture and food processing.

This work presents a comprehensive review of the results from testing on selected species of herbs from this family of *Apiaceae*, namely *Cuminum cyminum* (cumin), *Foeniculum vulgare* (fennel), *Pimpinella anisum* (aniseed), *Coriandrum sativum* (coriander) and *Carum carvi* (caraway). Forty-three papers were selected from the Web of Science database that dealt with the effect of essential oils on the reduction of food spoilage microorganisms. From these papers, a summary table was compiled showing the effects of essential oils tested on different food models.

Essential oils of selected species from the *Apiaceae* family were tested most extensively on animal products. These were chicken, beef, pork and fish. In addition, 5 trials were devoted to the application of essential oils on dairy products, the others focused on plant products. The last two studies were devoted to the application on *Agaricus bisporus* and sweet pastries. The table focuses on the method of application, the microorganism tested, the effects and sensory acceptability. The most frequently tested microorganisms included the psychrotrophic group and the *Enterobacteriaceae* family.

The final evaluation then details the different individual application methods, effects and effects. It should be emphasised that the use of essential oils in combination with other preservation methods is a method that could be successfully tested in other food models, thus greatly expanding their application possibilities.

**Keywords:** essential oil, food preservation, antibacterial, antimicrobial, shelf life, food spoilage, *Apiaceae*

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Princip a účel konzervace</b>	<b>10</b>
3.1.1	Vylučování mikroorganismů z prostředí	10
3.1.2	Usmrcování mikroorganismů (abiosa)	11
3.1.2.1	Konzervace zvýšenou teplotou	11
3.1.2.2	Konzervace pomocí ozařování	12
3.1.2.3	Konzervace vysokými tlaky	13
3.1.2.4	Konzervace ultrazvukem	13
3.1.3	Prodlužování klidové fáze růstu (anabiosa)	13
3.1.3.1	Odnímání vody	13
3.1.3.2	Konzervace sníženými teplotami	14
3.1.3.3	Odnímání kyslíku a úprava skladovací atmosféry	15
3.1.3.4	Konzervace pomocí chemických látek (chemoanabiosa)	15
<b>3.2</b>	<b>Mikroorganismy způsobující kažení potravin</b>	<b>18</b>
3.2.1	Odolnost mikroorganismů	19
3.2.1.1	Živočišné produkty	19
3.2.1.2	Rostlinné produkty	20
<b>3.3</b>	<b>Čeleď <i>Apiaceae</i></b>	<b>22</b>
3.3.1	Vybrané rostlinné druhy z čeledi <i>Apiaceae</i>	23
3.3.1.1	<i>Pimpinella anisum</i>	23
3.3.1.2	<i>Foeniculum vulgare</i>	25
3.3.1.3	<i>Carum carvi</i>	26
3.3.1.4	<i>Coriandrum sativum</i>	27
3.3.1.5	<i>Cuminum cyminum</i>	28
<b>3.4</b>	<b>Silice</b>	<b>29</b>
3.4.1	Antimikrobiální účinky silic	30
3.4.2	Způsoby získání silic	32
3.4.3	Možnosti uplatnění rostlinných silic	32
3.4.3.1	Farmaceutický průmysl	32
3.4.3.2	Aromaterapie	33
3.4.3.3	Kosmetika	34
3.4.3.4	Zemědělství	34

3.4.3.5	Potravinářství .....	35
<b>4</b>	<b>Účinnost jednotlivých silic na potravinách.....</b>	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>Zhodnocení .....</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>Seznam obrázků, tabulek a grafů.....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>64</b>

# 1 Úvod

Potraviny představují pro člověka zásadně životně důležitou funkci. Obecně podléhají velmi rychlé zkáze, kterou podněcuje řada nejrozličnějších mikroorganismů. Potraviny tak mohou být potenciálním zdrojem onemocnění. Přes snahu použití moderní techniky a dodržení hygienických postupů je stále zdravotní nezávadnost potravin značným problémem (Burt 2004). Světová zdravotnická organizace odhaduje, že každoročně zemře v důsledku onemocnění z potravin 420 000 lidí (World Health Organization 2015). Tento významný výskyt onemocnění se promítá v úsilí potravinářského průmyslu zajistit jejich zdravotní nezávadnost a prodloužit trvanlivost potravin (Burt 2004).

Současně se k zajištění bezpečnosti potravin využívá řada konzervačních způsobů, jež jsou schopné eliminovat mikroorganismy přenášené prostřednictvím potravin. Tyto metody zahrnují jak tradiční, tak moderní způsoby prodloužení trvanlivosti. Jednou z cest je použití konzervačních látek. V současné době se ale objevuje snaha nahrazování těchto syntetických konzervačních látek, jež mohou mít nepříznivé účinky, různými alternativními způsoby. Mezi tyto metody patří právě použití rostlinných silic, které jsou dobře známé pro své antibakteriální, antivirové, antimykotické, antiparazitární a antioxidační vlastnosti (Vergis et al. 2015). Tyto účinky byly prokázány již v řadě vědeckých studií. V případě antimikrobiálních účinků na potravinových modelech není tato oblast plně prozkoumána. Rostlinné silice mají s chemickými konzervanty srovnatelné antimikrobiální účinky. Silice také vykazují zdravotní nezávadnost a šetrnost k životnímu prostředí (Li et al. 2022b). Přes jejich mnohé pozitivní účinky, vedoucí k prodloužení trvanlivosti potravin, je jejich značným nedostatkem výrazné aroma, které může mít za následek celkovou nepřijatelnost pro konzumenta.

Zdrojem rostlinných silic je řada aromatických rostlin, mezi významné patří například čeleď *Lamiaceae*, u které byla zejména na rodu *Thymus*, *Origanum* a *Salvia* provedena řada studií s antimikrobiálním účinkem (Nieto 2017). Potenciálně další vhodnou skupinou pro testování silic by mohla být právě čeleď *Apiaceae*.

Čeleď *Apiaceae* je po staletí široce používanou skupinou léčivých aromatických a kořeninových rostlin, jež se hojně používají k dochucování pokrmů, konzervaci, k léčebným účelům, v kosmetice a dalších odvětvích po celém světě. Pro svůj značný obsah silic a kosmopolitní rozšíření může tato čeleď představovat dobrý zdroj pro jejich získání a průmyslové využití (Sayed-Ahmad et al. 2017).



## 2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je na základě dostupných literárních zdrojů posoudit účinnost rostlinných silic z vybraných druhů čeledi *Apiaceae* proti mikrobiální kontaminaci a kažení potravin.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Princip a účel konzervace

Konzumace potravin patří do základních lidských potřeb (Joardder & Masud 2019). Konzervace potravin v obecném smyslu představuje jakýkoliv vědomý zákrok, který vede k prodloužení údržnosti nad jejich obvyklou mez (Ingr 2007). Snahou je uchování potravin po delší dobu bez ztráty kvality a zajištění bezpečnosti pro konzumenta. Příčiny kažení potravin mohou být různé, nejčastěji se můžeme setkat s mikrobiálním působením či oxidačními změnami potravin, které se odvíjí od druhu potravin, jejího složení a dalších vlastností. Důsledkem těchto vlivů je znehodnocení potravin, které již nejsou požitelné. Mohou být nechutné a v některých případech i zdravotně závadné. Některé mikroorganismy nemusí být samy o sobě patogenní, ale mohou některé nebezpečné složky produkovat. Cílem je také snížit plýtvání potravinami a maximalizovat výrobu (Joardder & Masud 2019).

V průběhu historie člověk inovoval nejrůznější systémy pro úchovu potravin a prodloužení jejich trvanlivosti, a to i pro období jejich nedostatku. V počátcích lidé využívali konzervační techniky vycházející z přírodních podmínek, např. sluneční energii, oheň, nízké teploty, a také některé spontánní mikrobiální reakce. V nejrůznějších částech světa se konzervační techniky značně liší. Některé rozvojové země stále využívají spíše těchto primitivních způsobů prodloužení trvanlivosti. V rozvinutých zemích se v současnosti objevuje především používání moderních konzervačních technik, které se snaží v co nejvyšší míře zachovat typické sensorické vlastnosti a nutričně významné složky potravin. Dnes konzervace potravin umožňuje lidem přístup k bezpečným potravinám po celém světě (Joardder & Masud 2019).

Konzervační metody lze rozdělit podle jejich účinku na mikroorganismy:

- Vylučování mikroorganismů z prostředí.
- Usmrcování mikroorganismů (abiosa).
- Prodlužování klidové fáze růstu (anabiosa).

#### 3.1.1 Vylučování mikroorganismů z prostředí

Vylučování mikroorganismů z prostředí můžeme pojmut z hlediska omezení kontaminace, ochuzování potravin o mikroorganismy, nebo jejich úplné vyloučení z potravin. Pro tyto metody je důležité následné aseptické prostředí, aby nedošlo k rekontaminaci potravin (Ingr 2007).

Omezení kontaminace zahrnuje především prevenci kontaminace potravin během jejího zpracování. Pro toto hledisko je důležitá čistota a důkladná sanitace místností, čistota vzduchu, vody a vedlejších surovin. Dále dodržování správných technologických postupů a důkladná hygiena pracovníků (Görner & Valík 2004).

Při ochuzování potravin o mikroorganismy se jedná o technologické kroky, jako je praní surovin a polotovarů, odstředování kalných látek nebo frakce s vyšším podílem mikrobů, a také filtrace (Ingr 2007).

Pro úplné vyloučení mikroorganismů z potravin se používají metody jako ultrafiltrace a baktofugace.

Baktofugace neboli odstředivá separace je proces, kdy dochází k odstranění bakteriálních spor a vitálních mikroorganismů vysokorychlostní odstředivkou (baktofugou) (Ribeiro et al. 2019).

Filtrace je způsob konzervace s využitím polopropustných membrán, které nejsou propustné pro mikroorganismy, jejich spory a některé další molekuly. Proces pronikání membránou označujeme jako permeace. Dělení se zakládá na tom, že na druhé straně membrány má směs jiné složení než původní směs. Po průchodu membránou vzniká permeát, který je ochuzen o některé složky původní směsi. Na základě velikosti pórů v membráně se můžeme setkat s mikrofiltrací, ultrafiltrací, nanofiltrací a reverzní osmózou (Carter et al. 2021).

### **3.1.2 Usmrcování mikroorganismů (abiosa)**

Při těchto metodách úchovy potravin dochází k usmrcení mikroorganismů. Tyto postupy zahrnují fyzikální a chemické zákroky. Mezi metody **chemosterilace** patří působení aktivního kyslíku, peroxidu vodíku, ionizovaného stříbra, používají se však méně ve srovnání s fyzikálními zákroky (Görner & Valík 2004).

#### **Fyzikální zákroky:**

##### **3.1.2.1 Konzervace zvýšenou teplotou**

Zvýšením teploty dochází v potravinách k denaturaci bílkovin a poškození buněčných membrán při teplotě vyšší než 55 °C, v důsledku čehož jsou usmrceny mikroorganismy. Jednotlivé druhy mikroorganismů se výrazně odlišují svojí termorezistencí, lze však konstatovat, že teplota působící dostatečně dlouho, a je-li vyšší než maximální teplota růstu, je pro vegetativní buňky letální. Záhřevem dochází také k inaktivaci některých enzymů, které mohou být jak mikrobiálního, tak přirozeného původu. Zvýšenou teplotou mohou být inaktivovány některé termolabilní toxiny. K tepelnému ošetření může dojít podle charakteru potraviny dvěma způsoby. Potravinu lze sterilovat v obalu (appertace), nebo se potravina zahřívá mimo obal, asepticky se plní a následně zchladí (Mukhopadhyay et al. 2017).

#### **Pasterace**

Při tepelném ošetření pasterací se potraviny jednorázově zahřívají na teploty nepřesahující 100 °C. Dochází k usmrcení vegetativních forem mikroorganismů a některých enzymů, ale obvykle nedochází ke zničení spor. Pasterace je vhodná pro konzervaci kyselých potravin, neboť svým charakterem neposkytují příznivé prostředí pro růst a zvyšují tím efekt tepelného ošetření (ovocné kompoty) (Mukhopadhyay et al. 2017).

## **Sterilace**

Při sterilaci dochází jak k inaktivaci vegetativních forem mikroorganismů, některých enzymů a toxinů, tak i většiny spór jednorázovým tepelným ošetřením nad 100 °C (Šilhánková 2002).

### **Frakcionovaná sterilace**

Jiným slovem tyndalace je tepelné opracování opakovanou pasterací. V prvním kroku pasterace je potravina zahřáta do 100 °C, kdy dochází k usmrcení vegetativních buněk. Bakteriální spory vyklíčí, a v druhém kroku tepelného ošetření do 100 °C dochází k jejich devitalizaci (Keratimanoch et al. 2022).

### **Blanšírování**

Blanšírování spočívá v krátkodobém zahřátí potraviny, které následně doprovází další techniky ošetření (pasterace, sterilace, mražení, sušení). Má za cíl především inaktivaci enzymů, které vedou ke snížení kvality, dochází také k redukci mikroorganismů (Šilhánková 2002).

### **Konzervace odporovým ohřevem**

Ke konzervaci tímto způsobem se využívá teplo vyvinuté při průchodu střídavého elektrického proudu vodivou potravinou v důsledku jejího elektrického odporu. Dochází k přeměně elektrické energie na tepelnou. Používají se elektrosterilátory vybavené dvěma nebo třemi nekorodujícími elektrodami, zavěšené blízko nevodivého dna nádob (Gangiredla et al. 2017).

### **Konzervace dielektrickým ohřevem**

Dielektrický ohřev potraviny je ohřev v celé hmotě materiálu pomocí vysokofrekvenčního záření, kdy pomocí střídání polarit elektrod dochází k rozkmitání molekul. Vlivem jejich tření dochází k zahřátí potraviny. Proces probíhá mezi deskami kondenzátoru s proměnlivou polaritou (Gangiredla et al. 2017).

#### **3.1.2.2 Konzervace pomocí ozařování**

##### **Ultrafialové záření (UV)**

Působí na mikroorganismy silně mutagenním a smrtícím účinkem. Jedná se o elektromagnetické vlnění o vlnové délce 10–400 nm. Za značně odolné vůči záření považujeme spory bakterií rodů *Bacillus*, *Clostridium* a *Desulfotomaculum*, dále obecně plísňe a grampozitivní bakterie (Šilhánková 2002). Zdrojem UV záření jsou nízkotlakové rtuťové lampy, které dosahují vlnové délky 254 nm a mají asi 85% účinnost (Görner & Valík 2004).

## **$\gamma$ -záření**

Má silně mutagenní a letální účinky. Jedná se o vysoce energetické ionizující elektromagnetické záření o vlnové délce kratší než 124 pm. Vzniká při radioaktivních a jiných jaderných, případně subjaderných dějích. V potravinářství poskytuje zdroj záření radioaktivní kobalt (Šilhánková 2002). Nejrezistentnější bývají obecně viry a endospory. Za bezrizikové se považuje ozáření potravin průměrnou dávkou 10 kGy (Görner & Valík 2004).

### **3.1.2.3 Konzervace vysokými tlaky**

Vysoký isostatický tlak neboli paskalizace je moderní způsob ošetřování potravin. Potravina zabalená do svého finálního obalu je umístěna ve vysokotlaké nádobě s médiem přenášejícím tlak. Obvykle jím bývá pitná voda. Po dobu několika minut je v nádobě vyvinut tlak v rozmezí 100 až 1000 MPa (Ingr 2007). Tlak vytvořený na potraviny eliminuje přítomné mikroorganismy a také některé enzymy (Indrawati et al. 2003). Nicméně spory bakterií rodu *Bacillus* přežívají i několikahodinové působení tlaku 1700 MPa (Šilhánková 2002).

### **3.1.2.4 Konzervace ultrazvukem**

Jako ultrazvuk označujeme krátké zvukové vlny s frekvencí nad 20 kHz, které jsou nad prahem lidského sluchu (16 kHz). Ultrazvuk má schopnost rozrušovat buněčné struktury, při správném použití má i mikrobicidní účinky. Letální účinek na mikroorganismy nastává, mají-li zvukové vlny velkou intenzitu (přibližně 10 W.cm<sup>-2</sup>) a nízký kmitočet (okolo 20 kHz), hovoříme o tzv. kavitačním ultrazvuku (Leadley & Williams 2006).

## **3.1.3 Prodlužování klidové fáze růstu (anabiosa)**

### **3.1.3.1 Odnímání vody**

#### **Dehydratace**

Za dehydrataci neboli sušení označujeme proces, při kterém dochází k odstranění většiny přítomné vody v potravine současně s přívodem tepla. Dochází ke snížení dostupné vlhkosti či vodní aktivity na úroveň, která již není využitelná pro mikroorganismy. Tímto je zastavena činnost mikroorganismů, v některých případech může dojít i k jejich usmrcení. Životaschopnost je zachována u spór bakterií a plísní, u některých grampozitivních koků a některých enzymů. Při prodloužení trvanlivosti je vhodné použít kombinaci s jinými metodami konzervace, jako například použití aditivních látek, skladování při nízkých teplotách, vakuové balení (Brennan 2011).

## **Konzervace proslazováním**

Konzervace touto metodou se používá zejména pro ovoce, ovocné sirupy, marmelády a džemy, s oblibou zejména kvůli chuťovým vlastnostem. Méně často se lze setkat s proslazováním zeleniny, ořechů a jedlých květů. Používá se nejčastěji hypertonický roztok sacharózy, fruktózy nebo glukózy, škrobový sirup, invertní cukr. Koncentrace roztoku se pohybuje v rozmezí 40–70 %. Voda z potraviny uniká difúzí ven do prostředí a tím se snižuje obsah vody (Valášek 2020). Se stoupající koncentrací dochází k potlačení rozvoje mikroorganismů, při dostatečně vysoké koncentraci může dojít i k jejich plazmolýze a tím k jejich usmrcení. Spory v tomto prostředí neklíčí. Teplota hypertonických roztoků se pohybuje okolo 20–70 °C, při vyšších teplotách ale může dojít k poškození buněčných stěn, a také k výraznějšímu vyluhování některých rozpustných látek, jako jsou vitaminy (Brennan 2011).

## **Konzervace jablem soli**

Solení se hojně používá u konzervace zeleniny (nakládaná zelenina), a dále u živočišných produktů (ryby, sýry, maso). Vysoká koncentrace může vést až k usmrcující plazmolýze mikroorganismů. Při nižších koncentracích dochází k pozastavení jejich aktivity. Často se kombinuje s dalšími metodami konzervace, jako je například uchování v chladu nebo uzení (Brennan 2011) Koncentrace chloridu sodného se v konečné koncentraci pohybuje v rozmezí 10–15 %. Vyšší koncentrace soli (15–20 %) již mají výrazný vliv na sensorické vlastnosti potraviny a rovněž mohou mít nepříznivý vliv na lidské zdraví. Mezi výrazně citlivé patogenní bakterie patří *Escherichia coli* (nemnoží se při 8–9 %), hnilobné bakterie (10–12 %), *Clostridium botulinum* a *Clostridium perfringens* (5–10 %). Spory většinou přežívají (Šilhánková 2002).

### **3.1.3.2 Konzervace sníženými teplotami**

#### **Chlazení potravin**

Během chlazení potravin dochází ke snížení teploty k bodu tuhnutí. Většinou se tato teplota pohybuje kolem 0 °C až do 5 °C. Působením nízkých teplot dochází ke snížení rychlosti biochemických reakcí, činnosti mikroorganismů a enzymových reakcí. Mezi časté plísňe schopné růst při nízkých teplotách patří rod *Botrytis*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Penicillium*. Při nešetném a nesprávném chlazení může dojít k nevratnému poškození potraviny (Görner & Valík 2004; Erkmen & Bozoglu 2016).

#### **Mražení potravin**

V průběhu mražení dochází ke snížení teploty pod bod tuhnutí. Dochází ke snížení využitelné vody pro mikroorganismy, zpomalení nebo zastavení chemických reakcí. Mrazírenské teploty se pohybují v rozmezí –18 °C až –28 °C. Zmrazování může probíhat proudícím vzduchem v tunelových či skříňových zmrazovačích, dále v deskových zmrazovačích. Lze také použít kryogenní zmrazování, při kterém dochází k přímému kontaktu potraviny se zmrazovacím médiem. Nejčastěji se při kryogenním zmrazování používá pevný oxid uhličitý (suchý led), nebo nástřik kapalného dusíku (Erkmen & Bozoglu 2016; Valášek 2020).

### 3.1.3.3 Odnímání kyslíku a úprava skladovací atmosféry

Odstranění kyslíku z atmosféry potravin zabraňuje rozvoji aerobních mikroorganismů (rod *Pseudomonas*, rod *Bacillus*, plísně aj.), a i oxidačním změnám potravin. Anaerobní mikroflóra může být potlačena jen při silném přetlaku oxidu uhličitého či kyslíku, nebo při výrazném podtlaku. Je třeba tedy zajistit proti rozvoji anaerobů nevhodné podmínky pro jejich rozvoj (vlivem nízkých teplot, nízké pH, vlhkost atd). Zvýšený obsah oxidu uhličitého v atmosféře má ochranný účinek proti růstu kvasinek, plísní a některých bakterií. Vyšší koncentrace oxidu uhličitého může inhibovat i klíčení spor plísní. Obsah jednotlivých plynů závisí na konkrétním druhu skladované potravin (Görner & Valík 2004).

### 3.1.3.4 Konzervace pomocí chemických látek (chemoanabiosa)

Touto metodou chápeme přidání malého množství chemických látek, které potlačují činnost mikroorganismů, v některých případech je mohou usmrcovat. Zabraňují vyklíčení spor a produkci toxinů (Babička 2012).

#### Přídavek chemických konzervačních látek

Konzervanty jsou skupina látek, jež se řadí mezi aditiva. Prodlužují údržnost potravin a chrání je proti zkáze způsobené činností mikroorganismů. Konzervanty najdeme pod označením E200 – E299. Existuje také několik dalších, jež jsou také používány jako konzervanty, ale jsou zařazeny do jiných kategorií (E1105 – lysozym, E385 – dvojsodnovápenatá sůl kyseliny diamintetraoctové). Dále také E519 – síran měďnatý, jež není ale schválen v EU (Babička 2012).

Nejčastěji používané konzervanty:

- **Kyselina sorbová a sorbáty** (E200 – E209) Používá se ke konzervaci kysaného zelí, konzervované zeleniny, džemů a ovocných nápojů, v sušeném ovoci. Inhibuje také zejména kvasinky a plísně (např. *rod Penicillium*, *Aspergillus*) a účinkuje při nižším pH. Působí bakteriostaticky na *Staphylococcus aureus* (Thomas & Delves-Broughton 2014). Akceptovaný denní příjem je 25 mg/kg tělesné hmotnosti (Carocho et al. 2014).
- Obecně nebyly prokázány škodlivé účinky, nicméně u citlivých osob může vzácně dojít po aplikaci kosmetických přípravků k lokální dermatitidě (Carocho et al. 2014).
- **Kyselina benzoová a benzoáty** (E210 – E213) Uplatňují se zejména při konzervaci ovocných džusů, nealkoholických nápojů, sirupů, marmelád, nakládané zeleniny, kečupů, hořčice a dalších výrobků. Jsou účinné spíše při nízkém pH. V potravinách inhibuje především kvasinky a plísně. Přijatelný denní příjem kyseliny benzoové je 5 mg/kg (Carocho et al. 2014).
- U citlivých osob může při nadměrném příjmu dojít k podráždění dýchacích cest a dermatitidě. Někdy bývá dán do spojitosti s dětskou hyperaktivitou.

- **Parabeny a jejich soli** (E214 – E219) jedná se o alkylestery kyseliny p-hydroxybenzoové. Účinkuje v kyselém i mírně alkalickém prostředí. Jsou efektivní zejména proti plísním a grampozitivním bakteriím, částečně i proti gramnegativním (Babička 2012). Používá se do masných výrobků a cukrovinek (Bezpečnost potravin 2004).
- Použití bývá někdy spojováno s negativními účinky jejich estrogenní aktivity (Carocho et al. 2014).
- **Oxid siřičitý a siřičitany** (E220 – E228) Oxid siřičitý se používá jako konzervant a antioxidační činidlo. Má antimikrobiální účinky, účinkuje jako enzymatický jed, zabraňuje enzymatickému a neenzymovému hnědnutí potravin. Má také bělicí účinky a pozitivní vliv na vlastnosti těsta. Působí spíše v kyselém prostředí. Používá se zejména pro konzervování sušených potravin, vín, ovocných šťáv, některých masných výrobků aj. (Bezpečnost potravin n.d.).
- Mezi možné nežádoucí účinky, jež jsou spojované s konzumací potravin obsahujících oxid siřičitý, patří bolesti hlavy, závratě, únava, podráždění žaludku, dermatitidy. Může způsobovat alergické reakce u astmatiků. Jeho použití také snižuje hladinu vitamínu B1 obsaženého v potravinách. Přijatelná denní dávka činí 0–0,7 mg na kg tělesné hmotnosti (Som Nath Mahindru 2009; Carocho et al. 2014).
- **Dusitany** (E249 – E250) a **dusičnany** (E251 – E252) Dusitany se široce uplatňují v masném průmyslu, nejčastěji do masových konzerv, masných výrobků, některých sýrů. Používají se jako konzervanty a stabilizátory. Dusitany reagují s molekulami myoglobinu a tím dodávají masným výrobkům růžové zabarvení. Často se kombinují ve směsi s chloridem sodným. Inhibuje klíčení spor klostridií, zejména bakterie *Clostridium botulinum*. Akceptovaný denní příjem dusitanu draselného (E249) je 0,07 mg/kg tělesné hmotnosti, a dusitanu sodného (E250) 0,01 mg/kg tělesné hmotnosti (Som Nath Mahindru 2009; Carocho et al. 2014).
- Nevýhodu lze ale spatřit v reakci dusitanů se sekundárními aminy za vzniku nitrosaminů, které mohou působit jako karcinogenní látky. Nadměrný příjem může také vést k methemoglobinémii. Dusičnany mají uplatnění podobné jako dusitany. V potravinách se mohou redukovat na dusitany. Jejich akceptovatelný denní příjem 3,7 mg/kg tělesné hmotnosti. Jejich nežádoucí účinky jsou spojovány s bolestí hlavy a dermatitidami (Som Nath Mahindru 2009; Velázquez-Sámano et al. 2019).
- **Kyselina propionová** (E280) a **její vápenaté a sodné soli** (E281-E283). Používá se ke konzervaci pekařských výrobků zejména pro potlačení činnosti plísní. Účinkuje zejména při nízkém pH. Lze také použít jako konzervační přísada cukrovinek, zmrzlin a ovocných výrobků (Som Nath Mahindru 2009).
- Propionát vápenatý byl spojován s podrážděností, neklidem, nepozorností a poruchami spánku u některých dětí (Dengate & Ruben 2002).



Aditiva nelze obecně použít do některých potravin, jsou to:

- nezpracované potraviny,
- med,
- neemulgovaný tuk a olej,
- máslo,
- plnotučné, polotučné a odtučněné mléko, pasterované nebo sterilované, včetně ošetřeného vysokou teplotou, a smetana,
- neochucené kysané mléčné výrobky s živou kulturou,
- přírodní minerální vody a balené pramenité vody,
- káva s výjimkou ochucené instantní kávy a kávových extraktů,
- nearomatizovaný čaj,
- cukr,
- sušené těstoviny kromě bezpečkových těstovin nebo určitelných pro hypoproteinové diety,
- neochucené podmáslí s výjimkou sterilovaného podmáslí (Babička 2012).

Použití přídatných látek je přísně regulováno. Lze použít pouze látky, jež byly pro použití schváleny právními předpisy. Přídatné látky lze použít pouze do potravin, pro které byly povoleny. Jsou také stanoveny limitní hodnoty pro nejvyšší povolené množství. Je také nutné, aby použitá aditiva byla uvedena na obalu výrobku.

Narížením (ES) č. 1333/2008 o potravinářských přídatných látkách se stanovují podmínky pro zahrnutí látek do seznamu povolených v EU:

- Použití přídatné látky nepředstavuje žádné zdravotní riziko pro spotřebitele.
- Existuje odůvodněná technologická potřeba použití přídatné látky.
- Použití přídatné látky neuvádí spotřebitele v omyl.
- Přídatná látky musí poskytovat výhody a přínos pro spotřebitele (Narížení Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008).

Je třeba poznamenat, že negativní účinky každé látky závisí na fyziologickém stavu daného jedince, typu potraviny, technologické či kuchyňské úpravě, spolupůsobení s ostatními látkami a jednotlivými složkami potravin (Babička 2012).

### **Fermentace**

Během fermentace dochází k přeměně organických látek činností mikroorganismů a jejich enzymů za vzniku jednodušších látek. Patří sem především **ethanol**, který vzniká ethanolovým kvašením, kdy mikroorganismy anaerobně zkvašují přítomné sacharidy za vzniku alkoholu a některých dalších metabolitů. Tento biochemický proces se využívá při výrobě alkoholických nápojů, ovocných nápojů, výrobě lihu aj. Ethanol má vysušující a denaturační účinky na buňky. Schopnost kvašení mají například *Saccharomyces* sp., *Kluyveromyces* sp. (Soccol et al. 2013).

Další účinnou látkou je **kyselina mléčná**, která vzniká procesem mléčného kvašení. To vyvolávají bakterie mléčného kvašení, které během homofermentativního kvašení bez přístupu

kyslíku přeměňují jednoduché cukry na kyselinu mléčnou, a na menší množství některých dalších látek. Mikroorganismy účastníci se mléčného kvašení jsou například *Lactobacillus* sp., *Lactococcus* sp., *Leuconostoc* sp. Tento způsob konzervace se využívá například u mléčných výrobků, kysané zeleniny, masných výrobků aj. Snížené pH v důsledku přítomnosti kyseliny mléčné brání rozvoji nežádoucích mikroorganismů, zejména plísně a bakterií máselného kvašení (Soccol et al. 2013).

Během procesu zrání sýrů s tvorbou ok dochází vlivem propionového kvašení prostřednictvím *Propionibacterium* sp., k tvorbě kyseliny propionové, která má nejen vliv na sensorické vlastnosti produktu, ale také má konzervační účinky (Šilhánková 2002).

### **Uzení**

Mezi konzervaci chemickou úpravou lze také zařadit uzení. Uzení je proces, kdy je potravina vystavena udícímu kouři. Dochází při něm kromě působení zvýšené teploty také k vysoušení potraviny, a vlivem složek kouře k mikrobistatickým až mikrobicidním účinkům, k antioxidačním účinkům a změnám barvy. Udící kouř obsahuje asi kolem 500 složek. Mezi ně patří například alkoholy, karbonylové sloučeniny (formaldehyd), karboxylové kyseliny (kyselina mravenčí, kyselina octová), fenoly, aromatické uhlovodíky aj. Některé složky kouře (např. benzo-a-pyren) se považují za karcinogenní látky (Brul et al. 2003).

### **Bakteriociny a fytoncidy**

Potraviny lze také konzervovat přidávkem bakteriocinů a fytoncidů.

Potravinářsky využívaným produktem mikroorganismů je nisin, který je produkován bakteriemi *Lactococcus lactis*. Používá se jako pomocná látka do konzerv (Carocho et al. 2015).

Fytoncidy jsou látky rostlinného původu s antimikrobiálními a antiparazitálními účinky. Pro své účinky jsou také nazývány jako rostlinná antibiotika. Jsou to chemicky nejednotné látky, patří sem silice, flavonoidy, alkaloidy, trísloviny, enzymy aj. (Jahodář 2009).

## **3.2 Mikroorganismy způsobující kažení potravin**

Potraviny mohou podléhat řadě změn, které zahrnují změny chemické, fyziologické, enzymové a mikrobiologické.

Mikroorganismy mohou způsobovat kažení surovin, polotovarů i hotových produktů rostlinného i živočišného původu. Kažením označujeme jakoukoliv změnu, jež způsobuje, že výrobek není přijatelný pro lidskou spotřebu. Během kažení dochází k nepříjemným změnám sensorických vlastností (změny chuti, vůně, vzhledu a konzistence), vzniku zdraví škodlivých látek, snížení nutričních vlastností potraviny. Obecně kažení potravin má také značné ekonomické důsledky. Odhaduje se, že asi čtvrtina světových zásob je znehodnocena v důsledku mikrobiální činnosti. Znehodnocení potravin je ve vyspělých zemích zejména způsobeno psychrotrofními mikroorganismy. Naopak v rozvojových zemích světa jde spíše o hlodavce a živočichy, kteří mohou mikroorganismy přenášet. K omezení činnosti

mikroorganismů se používá řada konzervačních způsobů, které vedou k prodloužení trvanlivosti potravin (Huis In't Veld 1996).

### **3.2.1 Odolnost mikroorganismů**

Obecně můžeme říci, že odolnost mikroorganismů je klíčovým faktorem pro zajištění bezpečných potravin. Lze ji chápat jako schopnost přežít a udržet si svoji životaschopnost v nejrůznějších prostředích. Odolnost mikroorganismů je značně specifická pro jednotlivé druhy a kmeny. Mimo jiné také záleží na jejich počtu a fázi růstu. Obecně lze říci, že mikroorganismy jsou odolnější ve stacionární fázi růstu než v logaritmické (exponenciální). Potraviny, které jsou značně mikrobiologicky zatížené, potřebují delší čas tepelného ošetření k jejich devitalizaci. Jejich počet by před ošetřením neměl přesahovat hodnotu  $10^4$  KTJ/g (Šilhánková 2002). Významný faktor ovlivňující přežití a činnost mikroorganismů je teplota. Značný problém v potravinářství jsou zejména psychrotrofní a termofilní mikroorganismy. Dalším faktorem je množství vody v potravine vyjádřené jako vodní aktivita  $a_w$ , a představuje objem využitelné (volné) vody pro mikroorganismy. Voda poskytuje živné prostředí pro růst a rozmnožování mikroorganismů, a pokud tato hodnota klesne pod přijatelnou mez, dochází k zastavení růstu. Toto je důvodem, proč potraviny s vyšším obsahem vody podléhají rychlejší zkáze. Neméně důležitá je také kyselost potravin. Mikroorganismy jsou obvykle schopné se rozmnožovat při pH 4,5–8. Kyselé prostředí, které vykazuje hodnotu pH nižší než 4 (kyselé zelí, rajčata, citrónová šťáva), zvyšuje antimikrobiální účinky tepelného ošetření. Pod tuto hodnotu již neklíčí mikrobiální spory sporulujících bakterií. Mikroorganismy se také vyznačují rozdílnými nároky na kyslík. Zamezení přístupu kyslíku pro prodloužení trvanlivosti potravin je účinné pouze u některých skupin aerobních mikroorganismů (Görner & Valík 2004; Erkmen & Bozoglu 2016).

#### **3.2.1.1 Živočišné produkty**

Bakteriální kažení je významné u potravin s vysokým podílem bílkovin, jako je například maso a masné produkty, drůbež, ryby, mořské plody, mléko a mléčné výrobky. Důvodem je také neutrální až slabě kyselé pH, vysoký obsah živin a vody. Obecně svalovina a mléko zdravých zvířat neobsahují mikroorganismy. Ke kontaminaci potravin může dojít následně z nejrůznějších zdrojů, například krmivo, voda, vzduch, stáj, pastviny, zařízení, během manipulace, špatná hygiena pracovníků, nedostatečné tepelné ošetření, špatné uskladnění aj. Z důvodu chladírenského skladování se nejčastěji vyskytují psychrotrofní mikroorganismy. Tyto mikroorganismy rostou při teplotě 7 °C a nižší, jejich schopnost růst při nízké teplotě se vyskytuje napříč nejrůznějšími rody a druhy. Jsou považovány za hlavní původce kažení potravin. Tyto mikroorganismy mají ve své cytoplazmatické membráně větší množství nenasycených mastných kyselin, což umožňuje, že mohou mít aktivní metabolismus i při chladírenských teplotách. Jsou schopné štěpit bílkoviny a tuky. Většinou jde o gramnegativní tyčinkovité bakterie (Görner & Valík 2004).

## Významní původci kažení potravin a onemocnění z potravin

Mezi významné rody patří *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, dále také rod *Escherichia*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Aeromonas*. V některých případech lze izolovat jako původce kažení i grampozitivní bakterie *Bacillus subtilis*, které vytváří spory. U vakuově baleného masa, kde jsou potlačeny aerobní mikroorganismy, způsobují kažení mikroorganismy rodu *Lactobacillus*. Dále se můžeme setkat s rodem *Serratia*, jež produkuje červené barvivo, dále také *Micrococcus*, jež se vyskytuje jako kontaminant masa a mléka a solených potravin. Kažení uvnitř masa může způsobovat rod *Clostridium*, způsobující bombáže konzerv (Görner & Valík 2004). Obecně kvasinky a plísňe spíše rostou v prostředí, kdy podmínky pro bakterie nejsou příliš příznivé, jako je například vysoký obsah cukru či soli. K plesnivění masa dochází při nesprávném skladování ve vlhkém prostředí, při výkyvech teploty a při zamořeném prostředí plísněmi. Vytváří barevné povlaky a nepříjemný zatuchlý zápach. Nebezpečí plísni tkví v produkci zdraví škodlivých toxinů (Huis In't Veld 1996). Mezi nejčastěji se vyskytující plísně, jež kontaminují maso, patří rody *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Sporotrichium*. Kvasinky kontaminující maso jsou nejčastěji rody *Candida*, *Rhodotorula*, *Torulopsis* (Erkmen & Bozoglu 2016).

Častým původcem mikrobiálního kažení mléka jsou bakterie rodu *Pseudomonas*, například *P. fragi*, *P. putida*, *P. maltophillicia*, *P. fluorescens*, jež často ulpívají na technologickém zařízení při nedostatečné sanitaci. Rod *Pseudomonas* produkuje lipázy a proteázy, které rozkládají tuk a bílkoviny v mléce a vedou ke vzniku nepříjemných pachutí a změn barvy, například *P. cyanogenes* způsobuje modránění mléka, a *P. fluorescens* světélkování masa a mléka. Dále také *Bacillus cereus*, jenž je schopný srážet mléko a způsobuje nepříjemné vady chutě a vůně. Schopnost srážet mléko má také *Clostridium butyricum* a *tyrobutyricum*, jež způsobuje také duření sýrů. Kvasinky rodu *Candida* mají rovněž schopnost srážet mléko. Kovovou příchutí mohou při nízkých teplotách způsobovat rody *Lactococcus*. Do ošetřeného mléka se může následnou rekontaminací dostat plíseň rodu *Penicillium* a *Aspergillus* (Görner & Valík 2004; Erkmen & Bozoglu 2016). Dále lze izolovat koliformní bakterie, jež jsou indikátorem fekálního znečištění (Vlková et al. 2009).

Rozšířeným původcem alimentárního onemocnění bývá rod *Salmonella*, jenž bývá nejčastějším původcem onemocnění jak ve vyspělých, tak v rozvojových zemích. Zdrojem onemocnění je konzumace tepelně neopracovaného masa drůbeže, vajec a výrobků z nich. Ročně umírá v České republice 20–25 lidí. Drůbeží maso bývá také zdrojem kambylobakterií, jejímž původcem je bakterie *Campylobacter jejuni*. V případě tepelně neošetřeného mléka a mléčných výrobků se lze setkat s *Listeria monocytogenes* (Hrnčířová et al. 2013).

### 3.2.1.2 Rostlinné produkty

Kažení ovoce, zeleniny a dalších rostlinných produktů je významným potravinovým problémem, jenž má nejen výrazné socioekonomické důsledky, ale má také vliv na zdraví konzumentů. Ovoce a zelenina mají vlastní obranné mechanismy, jež zabraňují průniku a pomnožení mikroorganismů. Tuto funkci plní povrchová pletiva, organické kyseliny, silice

a fytoncidy. Mikrobiální populace je důležitým faktorem při posuzování kvality potravinářského produktu (Mostafidi et al. 2020). Mikroflóra rostlinných produktů je značně rozmanitá. Zdrojem kontaminace může být půda, voda, vzduch, ostatní napadené plodiny, nevhodné skladování, škůdci, špatná hygiena pracovníků, nedostatečné tepelné opracování aj. Vstupní branou pro rozvoj mikroorganismů bývá mechanické poškození (Alegbeleye et al. 2022).

### **Významní původci kažení a onemocnění z potravin:**

U ovoce vzhledem k nižšímu pH nedochází příliš k bakteriálnímu kažení. Spíše se můžeme setkat s kvasinkami a plísněmi. Obecně mikrobiální populaci tvoří plísně rodu *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Eurotium*, *Wallemia*. V konkrétních případech mezi významné řadíme plíseň *Botrytis cinerea*, jež bývá původcem kažení jahod, malin, kiwi, vinné révy, hrušek, broskví, třešní, švestek a ovoce, které je bohaté na pektin. Dále *Aspergillus niger*, který lze izolovat na plodech meruňky a vinné révě i jahodách. Na jahodách se můžeme často také setkat s *Phytophthora fragariae*, *Mucor piriformis*, *Rhizopus sexualis*. Konzumace plesnivých produktů může být spouštěcím faktorem alergické reakce na spóry, jež jsou přenášeny vzduchem (*Penicillium italicum* a *Penicillium digitatum*, *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.*, *Alternaria spp.*), a také v konzumaci mykotoxinů (aflatoxin, ochratoxin, citrinin, ergot, patolin). V případě kvasinek hovoříme o rodech *Saccharomyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Torulopsis*. Rod *Candida* může vytvářet na povrchu tekutin křís (víno, pivo). Bakteriální populaci nejčastěji tvoří rody *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, *Clostridium*, *Salmonella*, *Staphylococcus* a *Shigella* (Mostafidi et al. 2020; Alegbeleye et al. 2022).

Mnoho druhů zeleniny poskytuje vhodné podmínky pro rozvoj a přežití mikroorganismů. Zelenina je bohatá na živiny a velká část vykazuje neutrální pH (Saranraj et al. 2012). V konkrétních případech lze izolovat rod *Aeromonas* na klíčcích vortěšky, chřestu, brokolice, kvěťáku, celeru, hlávkového salátu a špenátu. Dále také *Bacillus cereus* na různých druzích klíčků a na okurkách (Mostafidi et al. 2020). Rod *Erwinia*, zejména *Erwinia carotovora*, způsobuje rychlou nekrózu plodů a dochází k měkké hnilobě u celé řady zeleniny (Saranraj et al. 2012). Na rajčatech, okurkách, mrkvi, salátu mohou dobře růst rody *Pseudomonas* nebo *Serratia*. Z půdy se také mohou přenést spory r. *Clostridium*. Při nevhodném skladování může dojít k rozvoji bakterií mléčného kvašení (např. rod *Lactobacillus*, rod *Leuconostoc*, rod *Lactococcus*). Nejen u rajčat se lze setkat s plísní rodu *Alternaria*. Dále se v řadě případů vyskytují plísně rodu *Botrytis*, *Geotrichium*, *Monilia*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Monilia*, *Mucor* aj. Rod *Botrytis* při chladírenském skladování napadá často kvěťák, papriku, zelné fazolky (Alegbeleye et al. 2022).

Bakteriální patogeny, jež byly zjištěny u čerstvé zeleniny, jsou koliformní bakterie, *Staphylococcus aureus* a *Samonella* sp. (Saranraj et al. 2012). Rod *Staphylococcus* byl izolován na klíčcích vortěšky, mrkve, salátu, cibule, petržele a ředkvi (Mostafidi et al. 2020).

Obiloviny poskytují vzhledem ke svému složení ideální prostředí pro růst plísní. V obilovinách bývá izolován rod *Erwinia*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Aspergillus* a *Penicillium*. Plísně rodu *Fusarium* mohou být příčinou nadměrného pění piva, což je považováno za

technologickou vadu. Pro zabránění rozvoji plísní se používají fungicidy. Dále gramnegativní bakterie rodu *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Alcaligenes* a *Flavobacterium*. Méně často některé grampozitivní bakterie rodu *Micrococcus*. Dále také sporotvorné rody *Bacillus*, jež mohou v závěru způsobovat nitkovitost chleba. Často se lze setkat i s koliformními bakteriemi v důsledku hnojení organickými hnojivy živočišného původu, jež mohou způsobovat alimentární onemocnění lidí (Alegbeleye et al. 2022).

### 3.3 Čeleď *Apiaceae*

#### Vědecká klasifikace

Říše: rostliny (*Plantae*)

Podříše: cévnaté rostliny (*Tracheobionta*)

Oddělení: krytosemenné (*Magnoliophyta*)

Třída: vyšší dvouděložné (*Rosopsida*)

Řád: miříkotvaré (*Apiales*)

Čeleď: miříkovité (*Apiaceae*)

Do čeledi miříkovité patří jednoleté až vytrvalé byliny. Typické jsou výskytem sekrečních buněk nebo kanálků ve všech vegetativních částech a oplodí, která rostlinám dodávají její nezaměnitelnou chuť a aroma. Lodyha bývá nejčastěji dlouhá, dutá a rýhovaná, někdy k bázi dřevnatějící. Listy jsou uspořádány střídavě s čepelí členěnou nebo složenou. Řapíky bývají pochvaté. Květenství bývá hroznovitého tvaru. Je tvořené jednoduchým nebo složeným okolíkem, který je složen z menších okolíčků. Někdy bývá pod květenstvím přítomen listenový obal a obalíček. Zbarvení oboupohlavných květů je bílé, méně často žluté, vzácně růžové a červené. Plodem je suchá dvounažka, která je obvykle rozpadavá. Oplodí je výrazně žebrované, mezi žebry jsou také rýhy. Jejich počet a tvar jsou typické pro jednotlivé zástupce a slouží jako rozlišovací znak. Většina těchto rostlin pochází ze Středomoří, kde rostou přirozeně. V severní Evropě se přizpůsobily místním klimatickým a pěstitelským podmínkám (Shelef 2003; Jahodář 2009)

Do čeledi miříkovité patří více než 270 rodů a 2850 druhů po celém světě a zahrnuje jak rostliny běžně používané v potravě, tak i silně toxické. Z obsahových látek mají významný podíl silice. Obsažené silice miříkovitých jsou fenylypropanového i terpenového typu. Specializovaným metabolismem jsou tyto látky dále syntetizovány na polyyny, seskviterpenové laktody, ftalidy, triterpenové saponiny, kumariny, alkaloidy a další. Většina těchto silic má léčivé vlastnosti. Rostliny dále obsahují pryskyřice, glykosidy a jedovaté alkaloidy (Jahodář 2009).

Mezi rostliny, které jsou pro člověka smrtelně jedovaté, patří *Conium maculatum* (bolehlav plamatý), který obsahuje piperidinový alkaloid koniin. Nejvyšší obsah jedovaté látky je

v nezralých dvounažkách, jedovatá je ale celá tato rostlina. V antickém světě byl bolehlav zneužíván nejen traviči, ale také při popravách odsouzenců. V lidovém léčitelství se nať a listy používaly k obkladům na otoky a zápaly lymfatických žláz. Morfologicky ho lze zaměnit s rostlinou *Pimpinella anisum* (bedrník anýz). Mezi další prudce jedovaté byliny z této čeledi řadíme i *Cicuta virosa* (rozpuk jízlivý). Hlavní jedovatou látkou nacházející se v oddencích je cikulotoxin. Po požití umírá až 45 % postižených v důsledku ochrnutí centrální nervové soustavy (Jahodář 2009).

Významnou léčivou rostlinou je už od středověku *Archangelica officinalis* (andělíka lékařská). Kořen a plody patřily k povzbuzujícím prostředkům, působily na zažívání a pro usnadnění vykašlávání. Bývá také oblíbenou přísadou polévkového koření a při přípravě bylinných likérů (Bednářová 2015).

Mezi další často používané drogy patří *Anethum graveolens* L. (kopr vonný). Využívá se jako silice. Obsahuje také  $\beta$ -karoten a lutein. Semena obsahují vitamin C, A. Kopr je oblíbený při přípravě pokrmů; také se využívá jako karminativum v lidovém léčitelství. Taktéž zvyšuje laktaci (Bednářová 2015).

Mnoho rostlin má využití také jako kořenová zelenina s vysokým obsahem vitaminů B, C, D, E, K. Pro příklad lze uvést nejznámější zástupce *Daucus carota* (mrkev obecná), *Pastinaca sativa* (pastinák setý), *Apium graveolens* (celer miřík), *Petroselinum crispum* (petržel obecná) (Bednářová 2015).

K oblíbeným dochucovadlům v české kuchyni patří *Levisticum officinale* (libeček lékařský). Pro své diuretické vlastnosti je oblíbenou drogou při zánětech dolních cest močových. V listech je také obsažen rutin, který zlepšuje elasticitu cév (Jahodář 2009).

### 3.3.1 Vybrané rostlinné druhy z čeledi *Apiaceae*

#### 3.3.1.1 *Pimpinella anisum*

**Botanický popis:** Bedrník anýz, běžně známý jako anýz, je jednoletou bylinou dorůstající výšky 30 až 50 cm. Má vzpřímenou lodyhu, která se k vrcholu rozvětňuje. Rozlišujeme tři druhy listů s velkými pochvami (Bednářová 2015). Spodní listy jsou jednoduché, srdčité okrouhlé a zastríhovaně zubaté, prostřední listy jsou jednoduše zpeřené, a horní trojčetně přenosečné (Kaplická & Kybal 1988). Květy o velikosti 3 mm mají bílé zbarvení a jsou uspořádány do okolíků se 7–15 paprsky. Kvete od června do srpna. Plodem je dvounažka. Semena mají žlutohnědé až zelenohnědé zbarvení, s obsahem asi 2 % silic, vztaženo k sušině (Rocha & Fernandes 2016).

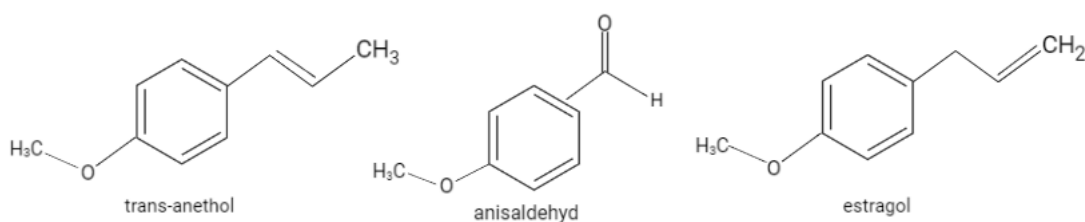
**Původ a rozšíření:** První dochované zprávy o anýzu nacházíme již z doby okolo 1500 př. n. l., konkrétně z egyptských záznamů. Pravděpodobně byl již rozšířen i v Sýrii, Řecku a na Kypru. V současnosti se pěstují v různých kultivarech ve všech středomořských státech, dále také v Indii, Mexiku a střední Evropě. V České republice zejména na Moravě. Egypt a Španělsko jsou největšími producenty esenciálního oleje. Anýz se pěstuje především za účelem získání semen, která bývají hlavním zdrojem silice, lze ale provést i extrakci z kořene.

Na obsah složek v semeni mají vliv klimatické podmínky během pěstování, jako je například teplota, svítivost, úrodnost půdy, množství srážek. Rostlině vyhovují především lehčí půdy, spíše hlinitopísčitého typu. Preferuje slunné stanoviště v bezvětrí (Bednářová 2015; Rocha & Fernandes 2016).

**Využití:** Značné využití měl anýz již ve středověku, kdy se používal jako všelék. Byl považován za účinný prostředek i proti moru. Jeho vysoký obsah silic, zejména anetholu, je v současné době využíván jako alternativa pro léčbu horních cest dýchacích. Pro jeho aromatické vlastnosti, které jsou popisovány jako lehce nasládlé, připomínající lékořici, byl používán při halitóze. Taktéž působí spasmolyticky v trávicím traktu, v pediatrii je vhodný při flatulenci. Oblíbený je při podpoře tvorby laktace (Kaplická & Kybal 1988; Bednářová 2015). V potravinářství je rovněž znám již od starověku. Hrál významnou roli při uchovávání potravin díky svým antimikrobiálním a antioxidačním vlastnostem. Nezaměnitelné anýzové aroma je typické zejména jako koření v kulinářské oblasti, při pečení chleba, koláčů, výrobě bonbónů, čajů a nápojů, při nakládání zeleniny a přípravě kompotů. Země jako Turecko, Řecko, Itálie, Španělsko a Francie přidávají anýz při výrobě alkoholických nápojů, jako je například anis, pastis, ouzo atd. (Rocha & Fernandes 2016). Anýz je i účinný insekticid. Zajímavostí je, že je neodolatelnou pochoutkou pro hlodavce. Uplatnění našel také v přírodní kosmetice jako antimykotikum (Bednářová 2015). Semena jsou rovněž zdrojem řady vitaminů, zejména ze skupiny B (pyridoxin, niacin, riboflavin a thiamin), vitaminu C a A, které mají antioxidační účinky. Dále obsahují řadu minerálů (vápník, měď, draslík, železo, mangan, hořčík, zinek) (Sun et al. 2019).

**Silice:** Silice obsahuje až 21 různých sloučenin. Mezi nimi je v největším zastoupení trans-anethol (76,9 – 93,7 %). Dalšími složkami, které jsou obsaženy s průměrnou hodnotou nad 1 %, je methylchalvikol (0,5 – 2,3 %), anisaldehyd (0 – 5,4 %),  $\gamma$ -himachalen (0,4–8,2 %) a trans-pseudoisoeugenyl 2-methylbutyrát (0,4–6,4 %). Složkami pod 1 % je nonanal (0 – 1,4 %), isogeijeren (0 – 0,9 %), cis-anethol (0–2,0 %), pregeijeren (0–0,5 %),  $\beta$ -bourbonen (0–0,9 %). Konkrétní zastoupení silic se může v závislosti na různých podmínkách lišit. (Orav et al. 2008).

Obrázek 1: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny *Pimpinella anisum*



Zdroj: Vytvořeno na stránkách <https://www.biorender.com/>



### 3.3.1.2 *Foeniculum vulgare*

**Botanický popis:** Fenykl obecný je víceletá bylina, většinou pěstovaná jako dvouletá. Lodyha je vysoká 50–250 cm, rozvětvená a sivozeleně zbarvená. Niťovité listy bývají 4 cm dlouhé, 3–4 zpeřené s úkrojky, řapíkaté a střídavé, a jsou obklopené dlouhými pochvami. Květenstvím je složený okolík, který je tvořen menšími okolíčky, které se skládají z 15–20 sytých žlutých květů. Plodem je dvounažka, která dozrává od září do října (Badgujar et al. 2014; Bednářová 2015).

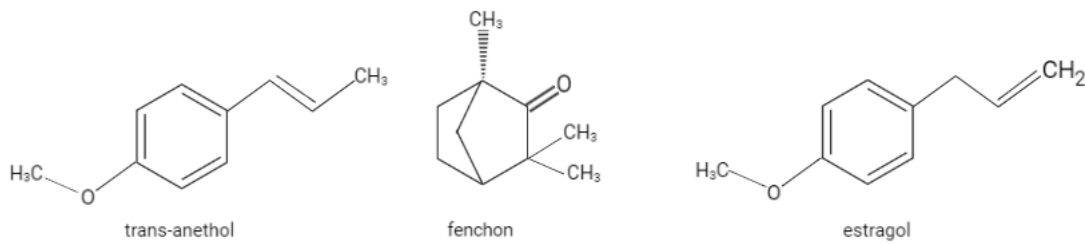
**Původ a rozšíření:** Původ fenyklu nacházíme pravděpodobně v oblasti Středomoří a Přední Asie. Jeho pěstování bylo podporováno například za vlády Karla Velikého, který roku 812 nařídil pěstování fenyklu na všech svých statcích. Rozsáhlou škálu používání této rostliny můžeme dohledat i ve středověkém Mattioliho herbáři, kde je fenykl nazýván vlašským koprem. Je oblíbený v léčitelství a při přípravě bylinných likérů. Pro pěstování jsou vhodné podmínky s dostatkem vápníku. Pro dobrou úrodu je zásadní teplé, bezvětrné a slunečné stanoviště s hlinitopísčitou půdou. Má tendenci často zplaňovat, stejně jako řada ostatních miříkovitých rostlin (Kaplická & Kybal 1988; Bednářová 2015).

**Využití:** Ve starověku byl oblíbeným kořením, zeleninou a léčivkou. Využíval se i jako afrodiziakum. V lidovém léčitelství se používá pro uvolnění hladkého svalstva, ke zmírnění flatulence a k podpoře trávení. Rovněž se doporučuje při vykašlávání. Podporuje laktaci. Má močopudné schopnosti, proto je vhodný při urocystidě. Pro své antimikrobiální účinky je účinný jako dezinfekční ústní voda. V pediatrii se podává ve formě sirupů (Bednářová 2015).

Ve střední Evropě i jinde po světě je důležitou složkou regionální stravy v mnoha pokrmech. Různé části fenyklu – výhonky, jemné listy i stonky – jsou pro svou anýzovou chuť přidávány jako zelenina do salátů, polévek, masových a rybích pokrmů. Semena jsou vhodná při ochucování pečiva, při konzervování ovoce a zeleniny. Přírodní světle zelené barvivo se používá v potravinářství, v kosmetice, k barvení textilií a dřevěných materiálů. Fenykl je také významným rostlinným zdrojem draslíku, sodíku, fosforu a vápníku. V rostlinných částech (květenství, stonky, listy) bylo identifikováno až 21 různých mastných kyselin, převažující část tvoří nenasyčené mastné kyseliny (66–80 %), zejména polynenasycené mastné kyseliny. Dominantní zastoupení má kyselina alfa-linolenová, linolová a také dále omega-3 a omega-6 mastné (Badgujar et al. 2014).

**Silice:** Fenykl obsahuje přibližně 1–6 % silice v závislosti na odrůdě a způsobu pěstování. Dominantní zastoupení tvoří trans-anethol (50–75 %), fenchon (12–33 %), estragol (2–5 %). Trans-anethol vytváří nasládlou chuť anýzu, a naopak fenchon spíše nahořklou. Konkrétní zastoupení silic se může v závislosti na různých podmínkách lišit (Badgujar et al. 2014).

Obrázek 2: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny *Foeniculum vulgare*



Zdroj: Vytvořeno na stránkách <https://www.biorender.com/>

### 3.3.1.3 *Carum carvi*

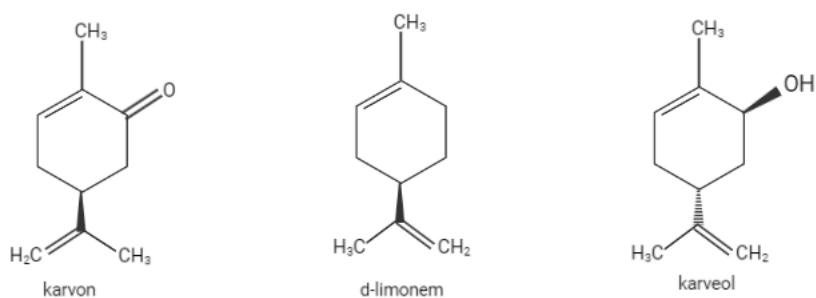
**Botanický popis:** Kmín kořený je dvouletá, někdy i víceletá bylina. V prvním roce vytváří listovitou růžici s čárkovitými řapíkatými lístky a až ve druhém roce rozkvétá. Lodyha bývá jen řídce větvená a dosahuje výšky asi 30 až 80 cm. Listy jsou pochvaté, peřenosečné a lysé. Květenstvím je složený okolík, který je tvořen z menších okolíčků s drobnými bílými nebo vzácněji růžovými květy. Rostlina obvykle kvete v květnu až v červnu. Plodem je vejčitá světle až tmavohnědá dvounažka zrající od července do srpna. Rostlina nemá zvláštní požadavky na půdu, vhodné jsou zeminy s kvalitním humusem a dostatek závlivky (Bednářová 2015).

**Původ a rozšíření:** První zmínky o této droze nacházíme už před 5 000 lety ve středovýchodní Asii. Rostlina byla dobře známá i starým Egypťanům, a asi před 1 000 lety byla dovezena do Evropy. Využívala se jak v lidovém léčitelství, tak i k dochucování pokrmů a taktéž sloužila jako platidlo. Tento druh se pěstuje především v Evropě, dále pak v oblasti Kavkazu, Sibíře a střední Asie. Původ nacházíme ale právě v Asii. Ač se obvykle pěstuje jako kulturní plodina, setkáváme se i s jejím zplaňováním jako divoce rostoucí bylinou. Hlavními producenty na světovém trhu jsou Nizozemsko, Německo a Polsko, které vyvážejí kmín do USA, Švýcarska, Rakouska a Maďarska (Kaplická & Kybal 1988; Malhotra 2006).

**Využití:** Semena výrazně aromatizují potraviny, především se přidávají do pečiva, kysaného zelí, bonbónů a masných výrobků. Dále se používají v likérech, ústních vodách, zubních pastách, mýdlech a parfémeh. V lidovém léčitelství mohou účinkovat jako antispasmodika, karminativa, podporují i chuť k jídlu. Kmín se využívá jako lék při nachlazení a svalovém přetížení. Obsahuje mírná antihistaminika a antimikrobiální sloučeniny, které pomáhají uvolnit svaly způsobující křeče kašle (Rasooli & Allameh 2015). Rostlina má také příznivé účinky díky obsahu kumarinů, flavonoidů (kvercetin a kemferol), sacharidů, bílkovin. Kromě silic rostlina obsahuje také trísloviny, bílkoviny, tuky, omega-3 a omega-6 mastné kyseliny, vitaminy A a B, dále minerály především vápník, draslík a fosfor (Iacobellis et al. 2005).

**Silice:** Obsah silice se v kmínovém semeni pohybuje okolo 2,9–5,1 %. Množství silice je závislé na zralosti semen v období sklizně a způsobu získání. Obsahuje s největším podílem d-karvon (50–65 %), dále d-limonen (40 %), karveol. Je také známo, že karvon a limonem mají insekticidní a hmyzodpuzující účinky. Konkrétní zastoupení silic se může v závislosti na různých podmínkách lišit (Malhotra 2006).

Obrázek 3: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny *Carum carvi*



Zdroj: Vytvořeno na stránkách <https://www.biorender.com/>

### 3.3.1.4 *Coriandrum sativum*

**Botanický popis:** Koriandr setý je jednoletá bylina. Vyznačuje se přímou a směrem vzhůru rozvětvenou lysou lodyhou, která dosahuje výšky asi 70 až 100 cm. Dolní řapíkaté listy jsou zpeřené a směrem vzhůru se zmenšují, jejich tvar vytváří čárkovité úkrojky. Květenstvím je okolík tvořený 5–6 okolíčky. Zbarvení květů bývá bílé nebo růžové. Obvykle rostlina kvete v červnu a červenci. Plodem je hladká kulatá dvounažka, která ve své plné zralosti má hnědožluté zbarvení. Během růstu vyžaduje slunné stanoviště, chráněné před větrem, dostatek závlahy a vápníku (Bednářová 2015).

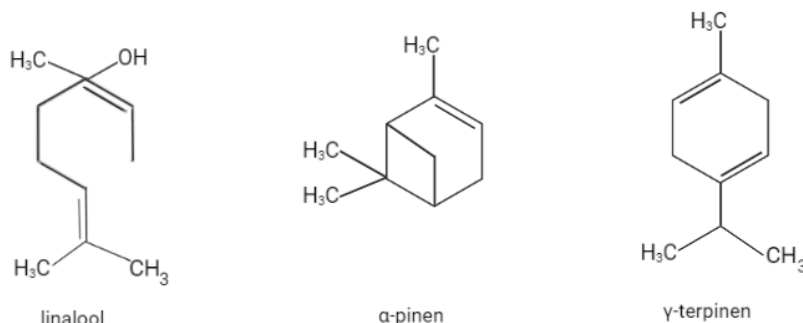
**Původ a rozšíření:** Rostlina byla známa již v době 5 000 př. n. l. a její původ sahá pravděpodobně do oblasti východního Středomoří nebo západní Asie. Čerstvá rostlina nepříjemně zapáchá, tento pach, připomínající ploštice, se po usušení vytrácí. Použití bylo později zaznamenáno 1 550 př.n.l. starověkými řeckými lékaři. Do listů byly také baleny potraviny, aby se omezilo jejich kažení a prodloužila se trvanlivost (Shelef 2003). K největším producentům této drogy patří Rusko, Ukrajina, Maroko, Argentina, Mexiko, Indie a Rumunsko (Nadeem et al. 2013).

**Využití:** Koriandr se používá jako dochucovadlo v potravinářství, k zamaskování nepříjemné chuti některých potravin a léků, a i ve fytoterapii. V asijské kuchyni jsou listy a výhonky oblíbené při dochucování studených pokrmů; semena, kořeny a plody spíše k masu. Bývá tradičním lékem k podpoře zdravého zažívání, při problémech s horními cestami dýchacími. Pro své močopudné vlastnosti se používá při zánětech močových cest. Dále je doporučován při léčbě cukrovky, nespavosti, úzkostech a svalových křečích. V tradiční medicíně se používá při antiparazitální léčbě. Listy, semena a kořeny obsahují značně vysoké množství vlákniny, vitaminů skupiny B, dále vitamínu C, minerálních prvků a dalších (Nadeem et al. 2013; Wei et al. 2019). Dále se vyskytují steroly, které mají pozitivní vliv na inhibici cholesterolu z potraviny. Celkový obsah sterolů se odhaduje v rozmezí 36,93–51,86 mg/g. Semena koriandru jsou také dobrým zdrojem tokolů. Dále také obsahují například kyselinu petroselinovou (65,7–76,65 %), kyselinu linolovou (13,6–16,7 %), kyselina palmitovou (3,50–3,96 %) (Laribi et al. 2015).

**Silice:** Obecně semena obsahují do 2,2 % silice. Silice koriandru obsahují jako hlavní složku linalool (37–86 %), dále geranyl acetát (do 8 %),  $\alpha$ -pinen (do 4 %), kafr (do 6 %), felandren (do

4 %), a další. Konkrétní zastoupení silic se může v závislosti na různých podmínkách lišit (Laribi et al. 2015).

Obrázek 4: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny *Coriandrum sativum*



Zdroj: Vytvořeno na stránkách <https://www.biorender.com/>

### 3.3.1.5 *Cuminum cyminum*

**Botanický popis:** Šabrej kmínovitý je jednoletá rostlina. Je známá spíše pod názvem římský kmín nebo kumin. Dorůstá výšky přibližně 30–50 cm. Lodyha je štíhlá, lysá a k vrcholu rozvětvená. Bývá obvykle zbarvena do šeda až tmavozelena. Listy jsou trojnásobně peřenodílné o čárkovitých úkrojcích. Květenstvím je složený okolík. Drobné květy mají bílé či světle růžové zbarvení. Plodem je 4–5 mm velká vejčitá dvounažka světlehnědého zbarvení se silným aroma a nahořklou chutí. Vyhovuje jí teplé a suché počasí. Nejlépe tedy roste v subtropickém nebo tropickém podnebí. Pěstování vyžaduje rovněž úrodnou a dobře propustnou půdu (Kybal & Kaplická 1988; Mnif & Aifa 2015).

**Původ a rozšíření:** Pochází pravděpodobně z mediteránní oblasti, severní Afriky a Pákistánu. Ve starověku byl velice oblíbený. Zálibu v jeho používání našli především Egypťané, Indové a Arabové. Byl používán již před 5 000 lety ve starověkém Egyptě při dochucování pokrmů a také při mumifikaci. V současnosti se pěstuje na Středním východě, v Indii, Číně, ve Středomoří a v Tunisku. Největší producentem je Indie, zastává asi 70 % celosvětové produkce. Je také největším vývozcem a spotřebitelem kmínu. V Indii se dodnes těší velké oblibě v lidovém léčitelství (Mnif & Aifa 2015). Nejlepší podmínky pro pěstování jsou v hlinitopísčité půdě, v příznivých podmínkách může dojít k výnosu 500 kg/h půdy (Sowbhagya 2013).

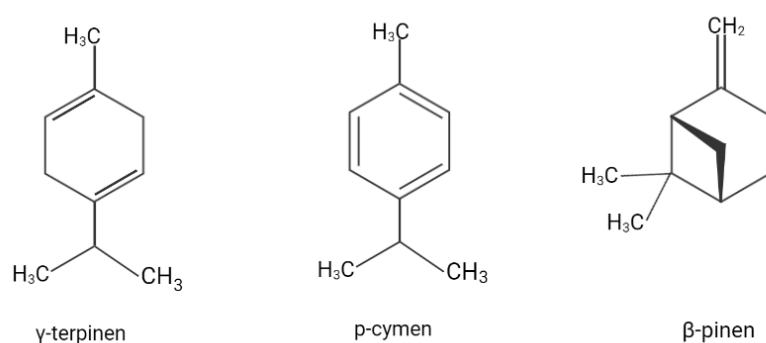
**Využití:** Obecně se vzhledem ke svému výraznému aroma používá zejména jako ochucovadlo v mnoha kuchyních, a pro své léčebné účinky ve fytoterapii (Mnif & Aifa 2015). Uvádí se, že má mnoho nutričních vlastností; antialergické, antioxidační, hypoglykemické a další. S oblibou se využívá jako přísada do potravin, nápojů, kosmetiky a parfémů (Sowbhagya 2013).

Také obsahuje vysoké množství železa, vápník, zinek, vitamin B, silice, mastné kyseliny. Dále bylo zjištěno, že semena obsahují značné množství fenolů a flavonoidů, fenolových

kyselin včetně fenolických. Z fenolických kyselin můžeme uvést například kyselinu galovou a skořicovou, rozmarýnovou, a z flavonoidů luteolin, katechin a kumarin, a další (Mnif & Aifa 2015).

**Silice:** Obsah silic v semeni se pohybuje okolo 3–4 %. V největším zastoupení je  $\gamma$ -terpinen (do 29 %), p-cymen (do 25 %),  $\beta$ -pinen (19,9 %), kuminaldehyd (19 %). Konkrétní zastoupení silic se může v závislosti na různých podmínkách lišit (Sowbhagya 2013).

Obrázek 5: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny *Cuminum cyminum*



Zdroj: Vytvořeno na stránkách <https://www.biorender.com/>

### 3.4 Silice

Silice neboli éterické oleje anebo esenciální oleje jsou přírodní, těkavé a aromatické směsi látek extrahované z rostlin. Typicky jsou silice vysoce komplexní směsi stovek aromatických sloučenin. Vyznačují se příjemnou vůní a někdy i výraznou chutí. Silice jsou sekundární metabolity syntetizované aromatickými a léčivými rostlinami. Obvykle tvoří asi 5 % rostlinné sušiny. Jsou tvořeny téměř ve všech rostlinných orgánech, významné jsou květy, pupeny, plody, listy, semena, kůra a stonky. V přírodě plní řadu důležitých funkcí, jako je lákání užitečného hmyzu a opylovačů, ochrana před environmentálním stresem, ochrana před škůdci a mikroorganismy. Jsou známé právě jejich antimikrobiální, antifungální, antioxidační, antiparazitální a insekticidní vlastnosti, které jsou předmětem výzkumu řady studií o jejich potenciálním uplatnění v praxi. V současnosti je známo přes 3 000 druhů silic, z nichž má asi pouze 300 průmyslový význam pro aplikaci v potravinářském průmyslu (Falleh et al. 2020).

Čeledi, jež jsou charakteristické obsahem silic, jsou *Asteraceae* (hvězdnicovité), *Apiaceae* (miříkovité), *Lauraceae* (vavřínovité), *Rutaceae* (routovité), *Myrtaceae* (myrtovité), *Piperaceae* (pepřovníkovité), *Lamiaceae* (hluchavkovité), *Zingiberaceae* (zázvořníkovité), *Pinaceae* (borovicovité). Silice se v případě čeledi *Lamiaceae* vytváří ve žláznatých trichomech, čeleď *Apiaceae* v siličných kanálcích a *Piperaceae* v siličných buňkách (Bacílková & Paulusová 2012).

„Rostliny vytváří silice několika procesy, mevalonátovou drahou, fenylypropanovou drahou či přeměnami lipidů a polyketidů. V případě biosyntézy složitějších struktur se kombinuje více metabolických drah. Mevalonátovým procesem vznikají terpeny, jež jsou hlavní složkou silic. Vonné látky obsahující aromatické jádro vznikají fenylypropanovým způsobem.“ (Svoboda et al. 2016).

Silice jsou těkavé, při pokojové teplotě obvykle kapalné, nepolární a špatně rozpustné ve vodě, naopak velmi dobře rozpustné v alkoholu, organických rozpouštědlech a olejích. Většinou jsou bezbarvé, ale může dojít během jejich skladování k oxidaci a ztmavnutí. Některé ale mohou být zbarvené, jde například o žluté zbarvení silice z hřebíčku a tymiánu, či modré zbarvení silic z heřmánku. Mají schopnost stáčet rovinu polarizovaného světla a mají vysoký index lomu. Obvykle převládají dvě nebo tři složky v zastoupení (20–90 %), ostatní jsou spíše ve stopovém množství (Bacilková & Paulusová 2012; Falleh et al. 2020). Obecně lze říci, že nejvíce jsou zastoupeny terpeny (monoterpeny a seskviterpeny), aromatické sloučeniny (aldehydy, alkoholy, fenoly aj.) a terpenoidy (isoprenoidy). Monoterpeny mohou dosahovat až 90 % celkového složení silice, a společně se seskviterpeny jsou zodpovědné za výraznou vůni (Tongnuanchan & Benjakul 2014).

Chemické složení je značně proměnlivé, kvantitativně i kvalitativně, v závislosti na mnoha faktorech, jako jsou například období sklizně, geografické umístění, rostlinný orgán, stupeň zralosti. Například silice z *Coriandrum sativum* L. je chemicky odlišná v případě extrakce silice ze semen anebo z listů. Hlavní sloučenina linalool je v případě semen obsažena v 70 %, zatímco v listech ve 26 % (Falleh et al. 2020).

### 3.4.1 Antimikrobiální účinky silic

Antimikrobiální účinky esenciálních olejů jsou v průběhu let testovány proti řadě nejrůznějších mikroorganismů, mechanismus jejich účinku je velmi komplexní, ale není zcela objasněn. Jejich účinnost může být mikrobistatická nebo mikrobicidní. Je pravděpodobné, že jejich antimikrobiální účinky lze přičíst schopnosti proniknout skrze bakteriální membrány. Bylo prokázáno, že silice mají toxičtější účinek na grampozitivní bakterie, v porovnání s gramnegativními. Souvislost můžeme najít ve složení jejich buněčné stěny. Vnější vrstva buněčné stěny u gramnegativních bakterií obsahuje hydrofilní lipopolysacharidy, které fungují jako bariéra proti makromolekulám a hydrofobním sloučeninám. Některé silice prokázaly účinnost na obě skupiny bakterií, jde například o silici z rostliny šalvěj rozmarýna (*Rosmarinus officinalis*), jež působila proti grampozitivním *Staphylococcus aureus* a *Bacillus subtilis*, a gramnegativním *Escherichia coli* a *Klebsiella pneumoniae* (Tongnuanchan & Benjakul 2014).

Podle některých studií vykazují nejsilnější antibakteriální aktivitu silice bohaté na fenolické sloučeniny, jako je například thymol, karvakrol a eugenol. Je také pravděpodobné, že jednotlivé silice mezi sebou vykazují synergický účinek, jako je například mezi p-cymenem a karvakrolem proti *Vibrio cholerae* (Falleh et al. 2020).

V konkrétních studiích v in vitro podmínkách došlo k bakteriostatickým účinkům silic *Anethum graveolens* (kopr vonný) z čeledi *Apiaceae* proti *Pseudomonas aerogenosa*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* a *Salmonella typhi*, kdy minimální inhibiční koncentrace se pohybovala v rozmezí 10–40 µg/ml (Ali et al. 2022).

K velmi dobrým výsledkům došlo v in vitro testování u 10% vodného roztoku silic *Carum carvi* L., *Cuminum cyminum* L. a *Coriandrum sativum* L.. Bylo usmrceno 99,9 % exponovaných buněk *Escherichia coli* (Khalil et al. 2018). Dále také silice *Cuminum cyminum* vykazuje aktivitu proti *Bacillus cereus* a *Bacillus subtilis* (Chouhan et al. 2017).

10% vodný roztok silice *Coriandrum sativum* se ukázal také jako účinný; došlo k usmrcení 99,8 % exponovaných buněk *Staphylococcus aureus* (Khalil et al. 2018).

Silice z *Foenicullum vulgare* Mill. vykazovala značnou antibakteriální aktivitu proti *Bacillus subtilis* a *Escherichia coli* (Ali et al. 2022). V jiné studii silice *Foenicullum vulgare* potvrdila také účinky proti *Bacillus subtilis* a *Escherichia coli*, zároveň také proti *Salmonella typhi* (Diao et al. 2014).

Z čeledi *Lamiaceae* silice izolované z *Ocimum basilicum*, *Rosmarinus officinalis*, *Origanum majorana*, *Mentha piperita*, *Thymus vulgaris*, prokázaly baktericidní účinky proti *Clostridium perfringens*. Zároveň stejná studie testovala silice z *Pimpinella anisum*, kde došlo pouze k bakteriostatickým účinkům (Chouhan et al. 2017).

Antifungální aktivita byla prokázána v případě silic *Foenicullum vulgare* Mill. proti *Aspergillus niger*, silice *Coriandrum sativum* proti *Fusarium moniliforme*, a *Aspergillus terreus*. Proti kvasinkám *Candida albicans* se silicí *Coriandrum sativum* došlo přímo k fungicidním účinkům (Ali et al. 2022).

Obecně za nejvíce odolné proti účinkům silic jsou považovány *Pseudomonas aeruginosa* a *Proteus mirabilis* (Calo et al. 2015).

V některých případech byly studovány i vzájemné interakce několika druhů silic. Interakce mezi jednotlivými složkami silic mohou vést k antagonistickým, aditivním nebo synergickým účinkům (Bassolé & Juliani 2012). V konkrétním případě lze uvést kombinaci esenciálních olejů získaných z nadzemních částí semen *Thymus vulgaris* a *Pimpinella anisum*, které vykazovaly aditivní účinek proti devíti grampozitivním a gramnegativním bakteriím: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium*, *Klebsiella pneumoniae*.

Nicméně aditivní účinek nebyl prokázán u *Pseudomonas aeruginosa*. Nejsilnější antibakteriální aktivita byla pozorována u *Bacillus cereus* s hodnotou minimální inhibiční koncentrace 15,6 µg/ml, dále *Staphylococcus aureus* a *Proteus vulgaris* s minimální inhibiční koncentrací 31,2 µg/ml (Al-Bayati 2008).

### 3.4.2 Způsoby získání silic

#### Destilace vodní parou

Destilace vodní parou je nejrozšířenějším způsobem získání silic. Lze tak získat až 93 % z celkového obsahu silic v rostlině. Při této destilaci se do destilované směsi přivádí vodní pára, jež je vyvíjena v oddělené nádobě. Těkavé látky přecházejí i s vodní parou do chladiče, kde kondenzují. V kondenzátu se oddělí od vodné fáze. Silice získané destilací mají určitým způsobem změny ve složení vlivem vyšší teploty (Bacílková & Paulusová 2012).

#### Extrakce organickým rozpouštědlem

Používá se zejména pro křehké a jemné květinové materiály, jež nejsou odolné vůči teplu parní destilace. Používají se nejrůznější rozpouštědla, jako je například aceton, hexan, petroléter, metanol, etanol aj. Tyto pak kromě silic extrahují z rostlin i další látky, jako jsou vosky, tuky, bílkoviny aj. (Bacílková & Paulusová 2012).

#### Enfleuráž

Jedná se o extrakci pomocí tuků. V současnosti se můžeme setkat s touto metodou u získání silic z květů, jako je jasmín či tuberóza. Čerstvé květy se vyskládají na tenkou vrstvu tuku či oleje. Následně se nasycený tuk silicí extrahuje alkoholem (Bacílková & Paulusová 2012).

#### Lisování

Používá se hlavně pro získání silic, pro něž není destilace vhodná. Jedná se zejména o silice obsažené v oplodí (citrusy) (Bacílková & Paulusová 2012).

### 3.4.3 Možnosti uplatnění rostlinných silic

#### 3.4.3.1 Farmaceutický průmysl

Farmaceutický průmysl využívá řady účinků silic v nejrůznějších výrobcích. Dezinfekční účinky silic lze použít inhalačně nebo ve formě sirupů při zánětech horních cest dýchacích, při těchto obtížích jsou oblíbené silice z rostliny *Melaleuca alternifolia* (kajeput střídavolistý). Při zánětech ústní dutiny jsou vhodné pastilky obsahující menthol izolovaný z rostlin rodu *Mentha* (máta). Silice mají také schopnost napomáhat trávení, což se využívá u přírodních bylinných kapek.

Silice představují potenciální novou kategorii pro ošetření pacientů s psychickými obtížemi. Pozitivní výsledky lze pozorovat u léčby generalizované úzkostné poruchy, která se současně léčí kognitivně behaviorální terapií a medikamenty zahrnujícími benzodiazepiny a antidepresiva. Na zvířecích modelech byly prokázány antixiolytické účinky olejů *Levandulla angustifolia* (levandule lékařská), *Citrus sinensis* (pomerančovník čínský) a *Citrus aurantium* poddruh *bergamia* (citroník bergamot). Léčebné vlastnosti pravděpodobně souvisí s jejich interakcí se serotoninovými receptory a GABAergním systémem a sodnými kanály. *Citrus bergamia* byl studován také u pacientů v paliativní péči a prokazatelně zvyšuje srdeční



frekvenci, diastolický krevní tlak, dechovou frekvenci, a to u pacientů při vědomí i v bezvědomí (Ramsey et al. 2020).

Některé druhy rostlin mají potenciál uvolňovat hladké svalstvo při bolestech menstruace. Konkrétně dle výsledků na potkanech silice z *Foenicullum vulgare* může inhibovat kontrakce dělohy (Ostad et al. 2001). *Pimpinella anisum* prokazovala účinnost v klinických studiích při léčbě poporodních bolestí, menstruačních bolestí, syndromu polycystických ovarií, zvýšení laktace, snížení deprese, snížení návalů horka. Pro hodnocení účinnosti je ale třeba zapotřebí více klinických studií. Účinnost anýzu pravděpodobně souvisí s jeho analgetickou aktivitou a jeho estrogenními účinky (Maghami et al. 2019).

Složky esenciálních olejů mají také schopnost zvýšit účinnost některých léků, například paracetamolu v kombinaci se silicemi z *Syzygium aromaticum* (hřebíčkovce kořený), a *Archangelica officinalis* (andělíka lékařská) (Sadgrove et al. 2021).

Silice ze semen *Carum carvi* v testech na potkanech vykazovala schopnost snižovat hyperlipidémii, jež se podílí na kardiovaskulárních onemocněních (Upadhyay et al. 2014).

Silice také bývají součástí řady mastí přinášejících úlevu při revmatoidních onemocněních (Ramsey et al. 2020).

### 3.4.3.2 Aromaterapie

Představuje druh alternativní medicíny, která využívá éterické oleje k navození dobré nálady, změny mysli a zdraví. Jedná se o léčbu pomocí vůní. Aromaterapie využívá například vonné koupele, obklady a masáže. Z důvodu vysoké koncentrace se ředí s nosným olejem, který se podílí na absorpci esenciálního oleje do těla. Neředěné esenciální oleje se používají jen v některých případech, například u levandulového nebo čajovníkového oleje na pokožku. Přímou jej lze aplikovat vnitřním užitím (do úst, do krku, do uší nebo vdechováním), nebo lokálně, a to v jednodruhové nebo vícedruhové směsi. Účinek aromaterapie se obvykle neprojeví okamžitě, ale v řádech několika hodin až měsíců. Použití esenciálních olejů je vhodné vždy konzultovat s lékařem, aromaterapeutem nebo léčitelem, a tak posoudit celkový zdravotní stav pacienta. Při nevhodném užívání mohou totiž způsobit nevolnost, bolesti hlavy, podráždění pokožky až alergické reakce.

Aromaterapeutické koupele jsou založené na spojení vodní lázně a esenciálního oleje, kvůli jejich vzájemné nemísitelnosti je do koupele nutné přidat emulgátor (med, mléko, mořskou sůl). Je vhodná k navození relaxace, regeneraci, léčbě kožních problémů a při bolestech svalů a kloubů. Obklady s esenciálními oleji se přikládají na postižené místo ke zmírnění bolesti a otoků. Aromaterapeutická masáž se neodlišuje od klasické masáže, pouze využívá ředěný esenciální olej, který se v průběhu masáže vstřebává skrze pokožku a zároveň dochází k jeho inhalaci. Tato masáž účinkuje ke zmírnění celkového napětí, zlepšení cirkulace krve a lymfy. Těkavost esenciálních olejů je využita v aromalampách, rozprašovačích, vonných svíčkách aj. (Buckle J. 2001; Půtová 2019).

### 3.4.3.3 Kosmetika

Esenciální oleje se po dlouhou dobu používaly především při přípravě vůní. Obecně se skládají ze tří částí, vysoké tóny, střední a nízké. Vysoké tóny jsou tvořeny nejtěkavějšími silicemi a poskytují prvotní aroma, trvající přibližně 15 minut. Střední tóny vynikají po odeznění vysokých tónů a trvají 2–3 hodiny a nízké tóny se vyznačují nízkou těkavostí a trvají několik hodin. V současnosti ale kromě přírodních silic obsahují vůně i syntetické složky, jež nahrazují některé drahé esenciální oleje (Guzmán & Lucia 2021). Například na přípravu 1 kg esenciálního oleje z *Rosa damascena* (růže damašská) je třeba přibližně 3500 až 4000 kg okvětních lístků (Husnu Can Baser et al. 1992). V parfumerii se například z čeledi *Apiaceae* s oblibou kombinují nasládlé tóny koriandrové silice bergamotu, šalvějí, květinovými tóny jasmínu, šeříku, zimolezu a květu jablka. Koriandrová silice je populární především v orientálních typech vůní (Guzmán & Lucia 2021).

Přidávají se také do kosmetických výrobků zejména za účelem dodání příjemné vůně a za účelem konzervace. Také samotné mohou působit jako účinný prostředek ke snížení lupů, například *Thymus vulgaris* (tymián obecný), *Lavandula angustifolia* (levandule lékařská), *Salvia sclarea* (šalvěj muškátová) nebo *Citrus bergamia* (citroník bergamot). Jejich potenciál může být využit při péči o vlasy a vlasovou pokožku, například použitím esenciálního oleje z *Rosmarinus officinalis* (šalvěj rozmarýna) nebo *Matricaria chamomilla* (heřmánek pravý). Některé kosmetické značky již současně používají *Nigella sativa* (černucha setá) v krémech, olejích, šamponech a kondicionérech. Bylo také zjištěno, že 3% esenciální olej z *Mentha piperita* (máta peprná) umožňuje stimulaci růstu vlasů. V péči o pleť se využívají pro udržení mladistvé a zdravé pleti. Esenciální oleje mohou díky svým antimikrobiálním vlastnostem působit proti *Propionibacterium acnes*, jež je původcem akné. Jako účinným v boji proti původcům akné se ukazuje *Cymbopogon nardus* (citronelová tráva). Esenciální oleje jsou v současnosti velmi rozšířené v kosmetických produktech, obecně je lze považovat za bezpečnou složku. Byly hlášeny ale některé negativní účinky, jako jsou například alergické reakce, zvýšení fotosensitivity pokožky a toxický účinek na lidské buňky. Většina negativních účinků je ale spojených nekvalitními esenciálními oleji a špatným dávkováním. Správné používání tedy zahrnuje uvážlivé dávkování, složení, vhodnou koncentraci a frekvenci aplikace (Guzmán & Lucia 2021).

### 3.4.3.4 Zemědělství

V ekologickém zemědělství představují silice potenciální skupinu biopesticidů, jež mohou sloužit k ochraně rostlin proti nejrůznějším škůdcům, chorobám a plevelům. Mohou být využity jako náhrada syntetických chemikálií, jež jsou spojovány s negativními dopady na životní prostředí a lidské zdraví. Problémem je také narůstající rezistence organismů na tyto přípravky. Silice jsou obecně považovány za bezpečné, udržitelné, ekologické a biologicky rozložitelné látky. Využití v zemědělství mohou mít silice jako herbicidní přípravky. Aplikace silic na plevelné rostliny zvyšuje oxidační stres v rostlinných buňkách, dochází k inhibici důležitých enzymů a následuje buněčná smrt. Herbicidní účinky vykazují silice z *Carum carvi* (kmín kořený) proti *Echinochloa crus-galli* (ježatka kuří noha) a *Amaranthus retroflexus*

(laskavec ohnutý), *Foeniculum vulgare* (fenykl obecný) proti *Convolvulus arvensis* (svlačec rolní). Někteří hmyzí škůdci mohou způsobovat i posklizňové ztráty potravin. Účinnost silic byla prokázána u *Pogostenmon heyneanus* (kolankola) a *Ocimum basilicum* (bazalka pravá) proti *Sitophilus oryzae* (pilous rýžový), *Stegobium paniceum* (červotoč chlebový), *Tribolium castaneum* (potemník hnědý). Dále silice z *Solidago canadensis* (zlatobýl kanadský) proti *Sitophilus granarius* (pilous černý) (Regnault-Roger 1997). Silice rovněž mohou inhibovat klíčení semen a růst plevelů (Thiviya et al. 2022).

Také několik druhů z čeledi *Apiaceae* vykazuje toxické účinky proti hmyzu, například *Tuta absoluta* (makadlovka jihoamerická), jež je škůdcem při pěstování rajčat, je inhibována *Carum capticum* (koptský kmín). Dále lze uvést *Spodoptera littoralis* (blýskavka bavlníková), která způsobuje vážné škody na kukuřici, bavlníku, obilovinách, bramborách, tabáku, zelenině a okrasných rostlinách, může být potlačena toxickým působením silic z *Carum carvi* (kmín kořený), *Foeniculum vulgare* (fenykl obecný), *Cuminum cyminum* (šabrej kmínovitý), *Coriandrum sativum* (koriandr setý), *Daucus carota* (mrkev obecná). Je také pravděpodobné, že *Cuminum cyminum* (šabrej kmínovitý) a *Pimpinella anisum* (bedrník anýz) mohou být použity i při kontrole *Myzus persicae* (mšice broskvoňová), a jako repelentní ochrana proti *Musca domestica* (moucha domácí) (Thiviya et al. 2022).

Silice jsou také účinné jako fungicidy, jde například o silici z *Lavandula dentata* (levandule zoubkatá) proti *Septoria glycines* (braničnatka), *Cercospora kikuchi* (skvrnatička) a *Cercospora sojina* (skvrnatička) (Wagner et al. 2021).

#### 3.4.3.5 Potravinářství

Silice jsou neopomenutelnou složkou v potravinářství, kde jsou součástí koření. Používají se k ochucování a aromatizaci pokrmů. Jsou také složkou některých alkoholických a nealkoholických nápojů a slouží k výrobě aromat.

Bezpečnost potravin hraje klíčovou roli pro potravinářský průmysl i samotného spotřebitele. Současný trend u spotřebitelů požaduje potraviny bez látek, které považují za umělé a škodlivé. Podle některých studií jsou například siričitanu spojovány s některými antinutričními účinky, např. degradace vitamínu B1 v potravinách (Falleh et al. 2020). Nyní roste zvýšený zájem o přírodnější, nesyntetizované antimikrobiální látky, které vedou k prodloužení trvanlivosti potravin. Možnou alternativou k syntetickým konzervačním látkám představují právě rostlinné silice. Velmi dobré působení proti řadě patogenních bakterií vykazují silice izolované z tymiánu, hřebíčku a skořice. Jejich účinnost je připisována majoritnímu zastoupení thymolu, eugenolu, karvakrolu a trans-cinnamaldehydu. Mikrobiální kontaminace potravin v různých fázích výroby způsobuje ztráty. Je odhadováno, že asi 25 % všech potravin je v důsledku mikrobiálního kažení znehodnoceno. Dochází ke změnám chuti, struktury, barvy, vůně, a k zvýšení rizika alimentárního onemocnění (Maurya et al. 2021). Světová zdravotnická organizace (WHO) také odhaduje, že každoročně onemocní 1 z 10 lidí v důsledku konzumace kontaminovaných potravin (Falleh et al. 2020).

Praktické využití silic je limitováno jejich těkavostí, menší rozpustností ve vodě, intenzivním aromatem a nestabilitou. Aplikace ve formě mikroenkapsulace a aktivního balení mohou některé tyto vlastnosti zmírnit. Lze také uvažovat o jejich synergismu s dalšími konzervačními metodami (Maurya et al. 2021).

### **Aktivní obaly**

Aktivní obaly fungují na principu uvolňování antimikrobiální látky na povrch produktu. Výhodu přináší v ochraně potravin, aniž by došlo k ovlivnění sensorické přijatelnosti (Maurya et al. 2021).

### **Enkapsulace**

Enkapsulace je proces, při kterém jsou drobné částice látky, plyn nebo kapičky potahovány povlakem jiné látky. V důsledku tohoto procesu dochází k řízenému uvolňování, umožňuje ochranu před vnějším prostředím a nedochází k nežádoucí interakci s potravinou. Podle velikosti částic rozeznáváme mikroenkapsulaci, která se pohybuje od 1  $\mu\text{m}$  do 1000  $\mu\text{m}$ , a nanoenkapsulaci 10–1000 nm. K zapouzdření silic se nejčastěji používají alginát, želatina, chitosan, lecitin, zein, alginát sodný,  $\beta$ -cyklodextrin, škrob, maltodextrin, arabská guma, syrovátkový protein, inulin, polylaktid-ko-glykolid, pektin celulóza, kasein, kolagen, sójové proteiny a pšeničný lepek (Lanza et al. 1995; Maurya et al. 2021).

## 4 Účinnost jednotlivých silic na potravinách

Tabulka 1: Použití silic vybraných druhů z čeledi *Apiaceae* na jednotlivých potravinových modelech

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Cuminum cyminum</i> (Behbahani, Alizadeh et al. 2020)	Neuvedeno	Hovězí maso	Biologicky aktivní film (2% silice)	CPM	9. den snížení s 2% silicí oproti kontrole o 6,4 log CFU/g.
				Psychrotrofní	9. den snížení s 2% silicí oproti kontrole o 4,7 log CFU/g.
				<i>Staphylococcus aureus</i>	9. den snížení s 2% silicí oproti kontrole o 2,5 log CFU/g.
				<i>Escherichia coli</i>	9. den snížení s 2% silicí oproti kontrole o 2,4 log CFU/g.
<i>Cuminum cyminum</i> (Sayadi et al. 2022b)	kuminaldehyd (43,4), $\gamma$ -terpinen (32,6), 1-methyl-2-(1-methylethyl)benzene (9,32), pinocarveol (4,2)	Čerstvé hovězí maso	Nanokompozitní film s nanočásticemi TiO <sub>2</sub> (2% silice)	Koliformní bakterie (Přirozená kontaminace)	9. den snížení s 2% silicí oproti kontrole o 2 log CFU/g. 2% vzorek silice vykazoval lepší senzoricou přijatelnost oproti kontrole a ostatním koncentracím.
				Mezofilní	24. den snížení o 3,1 log CFU/g oproti kontrole.
				<i>Enterobacteriaceae</i>	24. den snížení o 2,4 log CFU/g oproti kontrole.
				Bakterie mléčného kvašení	24. den snížení o 3 log CFU/g oproti kontrole.
				<i>Pseudomonas</i> spp.	24. den snížení o 3,4 log CFU/g oproti kontrole.
<i>Listeria monocytogenes</i> (Přirozená kontaminace)	24. den snížení o 3,4 log CFU/g oproti kontrole. Došlo ke zlepšení senzoricých atributů u ošetřeného masa ve srovnání s kontrolou.				
<i>Cuminum cyminum</i> (Dini et al. 2020)	$\gamma$ -terpinen (26,3), kuminaldehyd (22,5), 4-isopropylbenzyl alcohol (21,3), p-cymen (8,8), $\beta$ -pinen (3,1)	Hovězí hřbety	Film (s nanoemulzí a $\gamma$ zářením) (1% silice)	CPM	21. den snížení o 3,3 log CFU/g oproti kontrole.
				Psychrotrofní	21. den snížení o 4 log CFU/g oproti kontrole.
				Bakterie mléčného kvašení	21. den snížení o 4 log CFU/g oproti kontrole.
				<i>Enterobacteriaceae</i>	V ošetřených vzorcích nedetekováno.
				<i>Listeria monocytogenes</i>	V ošetřených vzorcích nedetekováno.
				<i>Escherichia coli</i> (0157:H7)	V ošetřených vzorcích nedetekováno.
<i>Salmonella typhimurium</i> (Přirozená kontaminace)	V ošetřených vzorcích nedetekováno. Senzorické hodnocení neprovedeno.				
<i>Cuminum cyminum</i> (Fattahian et al. 2022)	kuminaldehyd (37,3), $\gamma$ -terpinen (21,4), o-cymen (16,2), $\beta$ -pinen (11,3)	Telecí maso balené v modifikované atmosféře	Povlak (s nanoenkapsulovanou 1% silicí)	CPM	21. den snížení oproti kontrole o 4 log CFU/g.
				<i>Pseudomonas</i> spp.	21. den snížení oproti kontrole o 1,8 log CFU/g.
				Bakterie mléčného kvašení	21. den snížení oproti kontrole o 2,4 log CFU/g.
				<i>Enterobacteriaceae</i>	21. den snížení oproti kontrole o 1,8 log CFU/g.
				(Přirozená kontaminace)	Senzorické hodnocení neprovedeno.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Cuminum cyminum</i> (Hemmatkhah et al. 2020)	Neuvedeno	Hovězí hamburger	Aktivní papír s enkapsulovanou silicí, doplněné syrovátkovou bílkovinou a inulinem (chlazené) (1% silice)	CPM Psychrotrofní (Přirozená kontaminace)	7. den pokles oproti kontrole o 1,5 log CFU/g. 7. den pokles oproti kontrole o 1 log CFU/g. Senzorické vlastnosti nebyly ovlivněny.
<i>Cuminum cyminum</i> (Aghababaei et al. 2022)	Kuminaldehyd (25,8), $\gamma$ -terpinen (22), propanal (18,2), p-menth-1,4dien-7-al (11,7), $\beta$ -pinen (9,3)	Kuřecí filety	Kompozitní povlak (chitosan a galbanová guma) (1,5% silice)	CPM Psychrotrofní Bakterie mléčného kvašení <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Enterobacteriaceae</i> <i>Staphylococcus aureus</i> Kvasinky a plísně (Přirozená kontaminace)	12. den snížení oproti kontrole o 3,5 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 2,5 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 1,9 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 1,5 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 1,6 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 1,6 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 1,8 log CFU/g. Nejvyšší hodnoty senzorického hodnocení pozorovány u 1,5% silice.
<i>Cuminum cyminum</i> (Sayadi et al. 2022a)	kuminaldehyd (43,4), $\gamma$ -terpinen (32,6), 1-methyl-2-(1-methylethyl)benzene (9,32), pinocarveol (4,2)	Kuřecí maso	Aktivní obalové nanokompozitní fólie s TiO <sub>2</sub> (2% silice)	CPM Bakterie mléčného kvašení <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Listeria monocytogenes</i> (Přirozená kontaminace)	25. den snížení o 3 log CFU/g oproti kontrole. 25. den snížení o 2,8 log CFU/g oproti kontrole. 25. den snížení o 3,3 log CFU/g oproti kontrole. 25. den snížení o 3,4 log CFU/g oproti kontrole. Zlepšení senzorických vlastností oproti kontrole.
<i>Cuminum cyminum</i> (Sharafati Chaleshtori et al. 2016)	Eukalyptol (26,8), kuminaldehyd (17,1), sabinen (15,1), limonen (0,9)	Čerstvé kuřecí maso	Film (0,5 % silice)	CPM  Bakterie mléčného kvašení  <i>Enterobacteriaceae</i>  Kvasinky a plísně (Přirozená kontaminace)	Do 6. dne výrazná inhibice (<2 log CFU/g); 9. den 5,3 log CFU/g (snížení o 4,1 log CFU/g oproti kontrole). Po celou dobu nižší hodnota oproti kontrole (<2 log CFU/g) oproti kontrole vykazující 9. den 4,53 log CFU/g (snížení o 2,53 log CFU/g) Po celou dobu nižší hodnota (<2 log CFU/g); oproti kontrole vykazující 9. den 8,25 log CFU/g (snížení o 6,25 log CFU/g oproti kontrole). Po celou dobu nižší hodnota (<2 log CFU/g); oproti kontrole vykazující 9. den 7,83 log CFU/g (snížení o 5,83 log CFU/g oproti kontrole). Senzoricky přijatelné.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Cuminum cyminum</i> (Cai et al. 2015)	Neuvedeno	Filet <i>Scophthalmus maximus</i>	Výpary z filtračního papíru (4 µl silice/l)	CPM Psychrotrofní <i>Enterobacteriaceae</i> Bakterie mléčného kvašení <i>Pseudomonas</i> spp. <i>Shewanella putrefaciens</i> (Přirozená kontaminace)	20. den snížení o 2,5 log CFU/g oproti kontrole. 20. den snížení o 2 log CFU/g oproti kontrole. 20. den snížení o 1,3 log CFU/g oproti kontrole. 20. den snížení o 1,1 log CFU/g oproti kontrole. 20. den snížení o 3,3 log CFU/g oproti kontrole. 20. den snížení o 2,4 log CFU/g oproti kontrole. Dle senzoričského hodnocení bylo použito 4 µl/l.
<i>Cuminum cyminum</i> (Homayonpour et al. 2021)	kuminaldehyd (27,1), γ-terpinen (22,5), β-pinen (17,3), benzenemethanol, alfa-propyl- (10,7)	Filety ze sardinek	Nano-chitosanový povlak (s nanoenkapsulovanou 1% silicí)	CPM Rod <i>Pseudomonas</i> Bakterie mléčného kvašení (Přirozená kontaminace)	12. den snížení oproti kontrole o 1,5 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 4,3 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 3,8 log CFU/g. Nejlepší senzoričské hodnocení.
<i>Cuminum cyminum</i> (Attouchi & Sadok 2012)	Neuvedeno	<i>Sparus aurata</i> vakuově balená	Přímá aplikace (0,5% silice)	Mezofilní Psychrotrofní (Přirozená kontaminace)	20. den snížení oproti kontrole o 0,9 log CFU/g 20. den snížení oproti kontrole o 1,5 log CFU/g Senzoričské hodnocení neprovedeno.
<i>Cuminum cyminum</i> (Esparvarini et al. 2022)	Neuvedeno	Sýr	Kompozitní povlak (0,5 % silice)	CPM Psychrotrofní Kvasinky a plísňe (Přirozená kontaminace)	56. den snížení o 0,5 log CFU/g oproti kontrole. 56. den snížení o 0,8 log CFU/g oproti kontrole. 56. den snížení o 1 log CFU/g oproti kontrole. Senzoričské hodnocení neprovedeno.
<i>Cuminum cyminum</i> (Karimirad et al. 2019)	kuminaldehyd (23,6), γ-terpinen-7-al (22,2), γ-terpinen (19,2), β-pinen (15,4), p-cymen (7,2)	<i>Agaricus bisporus</i>	Uvolnění z filtračního papíru (0,2 µl silice)	Mezofilní Psychrofilní Kvasinky a plísňe (Přirozená kontaminace)	15. den snížení o 0,9 log CFU/g oproti kontrole. Do 10 dne u ošetřeného vzorku nedeterminováno. 15. den snížení o 1,1 log CFU/g oproti kontrole. Do 10 dne u ošetřeného vzorku nedeterminováno. 20. den snížení o 1,1 log CFU/g oproti kontrole. Do 5 dne u ošetřeného vzorku nedeterminováno. Senzoričské hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Mazandrani et al. 2016)	Neuvedeno	Filety <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Encapsulace (0,5% silice)	CPM Psychrotrofní (Přirozená kontaminace)	15. den snížení o 4,1 log CFU/g oproti kontrole. 15. den snížení o 4,1 log CFU/g oproti kontrole. Vzorek byl v závislosti na skladování senzoričsky přijatelný do 12.dne.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Foeniculum vulgare</i> (Maleki & Mohsenzadeh 2022)	Neuvedeno	Filety <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Nanokompozitní jedlý film s TiO <sub>2</sub> (2% silice)	CPM <i>Pseudomonas</i> spp. Bakterie mléčného kvašení <i>Enterobacteriaceae</i> Psychrotrofní bakterie (Přirozená kontaminace)	12. den snížení o 3,8 log CFU/g ve srovnání s kontrolou. 12. den snížení o 3 log CFU/g ve srovnání s kontrolou. 12. den snížení o 1,4 log CFU/g ve srovnání s kontrolou. 12. den snížení o 2,2 log CFU/g ve srovnání s kontrolou. 12. den snížení o 2 log CFU/g ve srovnání s kontrolou. Senzorické skóre vzorků bylo velmi vysoké až do 6. dne
<i>Foeniculum vulgare</i> (Sayyari et al. 2021)	Neuvedeno	Filety <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Nanokompozitní jedlý povlak (2% silice)	<i>Staphylococcus aureus</i> (PTCC1431) <i>Escherichia coli</i> (PTCC 1399) <i>Pseudomonas Euroginosa</i> (PTCC 9027) (Umělá kontaminace)	28.den snížení o 3,6 log CFU/g oproti kontrole. 28.den snížení o 3,12 log CFU/g oproti kontrole. 28.den snížení o 3,8 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Maghami et al. 2019)	Neuvedeno	Filety <i>Huso huso</i> v modifikované atmosféře	Povlak (1% silice)	Mezofilní Psychrotrofní <i>Pseudomona</i> spp. Bakterie mléčného kvašení (Přirozená kontaminace)	Snížení o 1,6 log CFU/g po 27 dnech oproti kontrole. Snížení o 1,6 log CFU/g po 27 dnech oproti kontrole. Snížení o 0,2 log CFU/g po 27 dnech oproti kontrole. Snížení o 2,1 log CFU/g po 27 dnech oproti kontrole. Vysoká přijatelnost ve všech senzorických hodnoceních.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Liu et al. 2021)	Neuvedeno	Vepřová kýta	Film (0,5% silice)	CPM (Přirozená kontaminace)	7. den snížení 3 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Kačániová et al. 2019)	Trans-anetol (32,8), $\gamma$ -terpinen (30,5), $\alpha$ -terpinen (3,2) p-cymen (2,3)	Kuřecí stehna vakuově balená	Přímá aplikace (0,2% silice)	CPM <i>Enterobacteriaceae</i> Bakterie mléčného kvašení (Přirozená kontaminace.)  Kvasinky a plísně (Přirozená kontaminace)	Kombinace vakua a silice 16. den snížila o 0,85 log CFU/g oproti skladování ve vakuu. Kombinace vakua a silice 16. den snížila o 2,33 log CFU/g oproti obou kontrolám. Kombinace vakua a silice 16. den snížila o 0,35 log CFU/g oproti skladování na vzduchu. Senzorické hodnocení neprovedeno.  Snížení 21.den o 0,33 log CFU/ml oproti kontrole. 5 $\mu$ l silice bylo senzoricky přijatelných.



Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Foeniculum vulgare</i> (Naeem et al. 2018)	Neuvedeno	<i>Mangifera indica</i> L.	Povlak (ethanol) (0,2 ml silice)	CPM (Přirozená kontaminace)	24. den snížení o 1 log CFU/ml oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Aminifard & Mohammadi 2013)	Trans anetol (75,1), fenchon (9,4), estragol (3,5), $\alpha$ -phellandren (2,7)	<i>Prunus domestica</i>	Ponoření (3,5% silice)	<i>Botrytis cinerea</i> (Izolace z infikovaných plodů)	800 $\mu$ l/l zcela inhibovaly klíčení spor, 600 $\mu$ l/l inhibuje růst plísně. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Mohammadi et al. 2012)	Neuvedeno	<i>Fragaria ananassa</i>	Přímá aplikace (3,5%)	<i>Botrytis cinerea</i>	800 $\mu$ l/l 1 zcela inhibovalo klíčení spor. Nejnižší radiální růst mycelia byl dosažen s 600 a 800 $\mu$ l/l. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Abdolahi et al. 2010)	Trans-anetol (64,2), fenchon (14,6), methylchavikol (6,6), limonen (3,4)	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Postřik	<i>Penicillium digitatum</i> Sacc.  <i>Alternaria alternata</i> Keissler. (Izolace z rozkládajících se plodů rajčat.)	Po 10 dnech skladování snížení počtu infikovaných plodů při koncentraci 500 $\mu$ l/l o 7 %.  Po 10 dnech snížení počtu infikovaných plodů při koncentraci 500 $\mu$ l/l o 75,33 %. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Foeniculum vulgare</i> (Hyun et al. 2015)	Trans anetol (87,9), estragol (5,1)	<i>Lactuca sativa</i> klíčky <i>Raphanus sativus</i>	Ponoření (0,5% silice)	Celkové mezofilní mikroorganismy (Přirozená kontaminace)	7. den snížení pouze 0,07 log CFU/g. 7.den snížení o 0,42 log CFU/g. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Pimpinella anisum</i> (Mahdavi et al. 2018)	Anetol (74,4), thymol (11,4), $\gamma$ -terpinen (4,6), D-limonen (2,1), estragol (1,9)	Kuřecí burger	Film (1,5% silice)	CPM Psychrotrofní bakterie <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  <i>Staphylococcus aureus</i>  <i>Escherichia coli</i> (Přirozená kontaminace)	12. den snížení oproti kontrole o 6 log CFU/g. 12. den snížení oproti kontrole o 4 log CFU/g. Od 3. dne nebyl u ošetřené vzorku identifikován. Růst pokračoval u neošetřené vzorku. Od 9. dne nebyl u ošetřené vzorku identifikován. Růst pokračoval u neošetřené vzorku Od 3. dne nebyl u ošetřené vzorku identifikován. Růst pokračoval u neošetřené vzorku. 1,5% silice byla nejlépe senzoricky hodnocena.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Pimpinella anisum</i> (Fathi-Achachlouei et al. 2021)	Neuvedeno	Kuřecí filety	Film (0,6% silice)	Aerobní mezofilní bakterie	Snížení 12. den s 0,6 % silicí o 1,7 log CFU/g oproti kontrole.
				Aerobní psychrotrofní bakterie	Snížení 12. den s 0,6 % silicí o 1,7 log CFU/g oproti kontrole.
				<i>Pseudomonas</i> spp.	Snížení 12. den s 0,6 % silicí o 1,4 log CFU/g oproti kontrole.
				<i>Enterobacteriaceae</i>	Snížení 12. den s 0,6 % silicí o 0,8 log CFU/g oproti kontrole.
				Kvasinky a plísňe (Přirozená kontaminace)	Snížení 12. den s 0,6 % silicí o 1,1 log CFU/g oproti kontrole Senzoricky přijatelné.
<i>Pimpinella anisum</i> (Bharti et al. 2020)	Neuvedeno	Kuřecí nugetky	Kompozitní aktivní film (0,5%)	CPM	Snížení 15. den o 1,6 log CFU/g oproti kontrole
				Psychrofilní	Snížení 15. den o 0,3 log CFU/g. Rozvoj mikroorganismů o 3 dny později oproti kontrole.
				Kvasinky a plísňe (Přirozená kontaminace)	Snížení 15. den o 0,8 log CFU/g. Rozvoj mikroorganismů o 3 dny později oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Pimpinella anisum</i> (Khanjari et al. 2019)	Anetol (80,8), piperitenonoxid (5,76), p-allylanisol (2,9)	Mleté hovězí maso	Přímá aplikace (0,5% silice)	CPM Psychrotrofní <i>Enterobacteriaceae</i> Bakterie mléčného kvašení <i>Pseudomonas</i> spp. (Přirozená kontaminace)	Snížení 8. den o 2,3 log CFU/g oproti kontrole. Snížení 8. den o 0,9 log CFU/g oproti kontrole. Snížení 8. den o 1 log CFU/g oproti kontrole. Snížení 8. den o 2 log CFU/g oproti kontrole. Snížení 8. den o 2,2 log CFU/g oproti kontrole. Senzoricky přijatelné.
<i>Pimpinella anisum</i> (Singh et al. 2011)	Neuvedeno	Jogurt z búvolího mléka	Přímá aplikace (1 g silice/l)	CPM Kvasinky a plísňe (Přirozená kontaminace)	Snížení 20. den o 4 log CFU/g oproti kontrole. Snížení 20. den o 4 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Pimpinella anisum</i> (Ehsani & Mahmoudi 2012)	Anetol (37,8), longifolen (28,8), isoeugenol (11,2)	Sýr ve slaném nálevu z kravského mléka	Přídavek do mléka (0,3 % silice)	<i>Escherichia coli</i> (O157:H7) (Umělá kontaminace)	60. den snížení o 3,2 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Pimpinella anisum</i> (Jahani et al. 2020)	Neuvedeno	<i>Vitis vinifera</i> L.	Postřik (800 µl/l silice)	<i>Penicillium</i> spp. (Izolace z rozkládajících se plodů)	Úplná inhibice růstu mycelia. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Pimpinella anisum</i> (Mohammadi et al. 2012)	Neuvedeno	<i>Fragaria ananassa</i>	Přímá aplikace (800 µl/l, 600 µl/l silice)	<i>Botrytis cinerea</i> (Izolace z rozkládajících se plodů)	800 µl/l 1 zcela inhibovalo klíčení spor. Nejnižší radiální růst mycelia byl dosažen s 600 a 800 µl/l. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Coriandrum sativum</i> (Tomović et al. 2022)	Neuvedeno	Vepřové klobásy s dusitanem sodným	Přímý přídavek (0,12 µl/g silice)	Psychrotrofní (Přirozená kontaminace)	0,12 µl/g silice v kombinaci se sníženou koncentrací dusitanů 60 mg/kg zpomalil růst mikrobů, který nepřekročil po 60 dnech skladování 2,5 log CFU/g. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Coriandrum sativum</i> (Stratakos et al. 2015)	Neuvedeno	Kuřecí prsa ošetřená vysokým tlakem	Aktivní film (0,772 mg/cm <sup>2</sup> silice)	<i>Listeria monocytogenes</i> (NCTC 4885, NCTC 10887, NCTC 10890, ATCC 19118) (Umělá kontaminace)	Byl pozorován synergický účinek s vysokým tlakem 500 MPa po dobu 1 min při teplotě 4 °C. Počty patogenu byly sníženy pod detekční limit 1,69 log CFU/g po dobu 60 dní oproti ošetření vysokým tlakem jež dosahovalo 8 log CFU/g od 30. dne. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Coriandrum sativum</i> (Michalczyk et al. 2012)	Linalool (69,8), α-pinen (8,8), kafr (4,4)	Mleté hovězí maso vakuově balené při teplotě 0 °C	Přímý přídavek (0,02% silice)	CPM <i>Enterobacteriaceae</i> Bakterie mléčného kvašení Anaerobní mikroorganismy (Přirozená kontaminace)	15. den snížení o 0,5 log CFU/g oproti neošetřenému vzorku. 15. den snížení o 1,5 log CFU/g oproti neošetřenému vzorku. 15. den snížení o 1,8 log CFU/g oproti neošetřenému vzorku. 15. den snížení o 0,7 log CFU/g oproti neošetřenému vzorku.  Senzorické hodnocení přijatelné.
<i>Coriandrum sativum</i> (Öztürk et al. 2021)	linalool (70,1), α-pinen (6,2), kafr (5,7)	Sous-vide filety <i>Oncorhynchus mykiss</i>	Přímá aplikace (100 µl silice)	<i>Listeria monocytogenes</i> (ATCC 7644) (Umělá kontaminace)	9. den došlo k poklesu o 2,5 log CFU/g oproti kontrole. 36.den byly hodnoty totožné. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Coriandrum sativum</i> (Kocatepe et al. 2019)	Neuvedeno	Marinované <i>Engraulis encrasicolus</i>	Přímá aplikace (0,1 % silice)	Mezofilní Psychrotrofní Kvasinky a plísňe (Přirozená kontaminace)	6. měsíc pokles o 0,9 log CFU/g oproti kontrole. 6. měsíc pokles o 1,1 log CFU/g oproti kontrole. 6. měsíc pokles pouze o 0,1 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Coriandrum sativum</i> (Naeem et al. 2018)	Neuvedeno	<i>Mangifera indica</i> L.	Povlak (ethanol) (0,2 ml silice)	CPM	24. den pokles o 1 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Coriandrum sativum</i> (Šojić et al. 2019)	Neuvedeno	Semena <i>Cicer arietinum</i>	Přímá aplikace (2,5 µl/ml silice)	<i>Aspergillus flavus</i> (LHP-6) (Izolovány z koření)	2,5 µl/ml umožnila 65,5% ochranu. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Coriandrum sativum</i> (Darughe et al. 2012)	Kafr (45), cyklohexylacetát (14,5), limonen (7,2), α-pinen (6,4)	Sladké pečivo	Přímý přídavek (0,15 % silice)	Plísně (Izolované z pečiva)	Pokles plísní o 0,63 při koncentraci silice 0,15 %. Vzorek byl sensoricky přijatelnější než kontrola.
<i>Carum carvi</i> (Kačániová et al. 2022)	Neuvedeno	Kuřecí sous vide	Macerace (0,1 % silice)	<i>Listeria monocytogenes</i> (Umělá kontaminace.)	Při teplotě 55 °C po dobu 30 minut již nebyla izolována. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Carum carvi</i> (Bharti et al. 2020)	Neuvedeno	Kuřecí nugety	Kompozitní aktivní film (1 % silice)	CPM Psychrofilní  Kvasinky a plísně (Přirozená kontaminace)	Snížení 15.den oproti neošetřenému vzorku o 1,7 log CFU/g. U ošetřeného nedekovány do 12.dne, u neošetřeného do 9.dne. 15.den rozdíl činil 0,4 log CFU/g. Snížení 15.den o 1,05 log CFU/g. Inhibice prodloužena dvojnásobně. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Carum carvi</i> (Tomović et al. 2022)	Karvon (74,4), limonen (15,6), α-pinen (8,3)	Búvolí jogurtový sýr	Přímý přídavek (0,003 ml/ml silice)	<i>Listeria monocytogenes</i> (EMCC 1875) <i>Escherichia coli</i> (ATCC51659)  <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC13565) <i>Bacillus cereus</i> (EMCC1080)  <i>Salmonella typhimurium</i> (ATCC 25566) (Umělá kontaminace)	6. den v ošetřeném vzorku nedekováno, kontrolní vzorek 6. den 3,4 log CFU/g. 14. den inhibiční účinek, nedekováno. Snížení o 4,3 log CFU/g. 14. den snížení o 1 log CFU/g. 7.den nedekován, inhibice o 7,6 log CFU/g oproti neošetřenému. 7.den nedekováno, snížení oproti neošetřenému o 5 log CFU/g. V sensorickém hodnocení měl vzorek měkčí strukturu a vyšší vlhkost.

Rostlina	Hlavní složky (%)	Potravina	Metoda	Mikroorganismus	Efekt
<i>Carum carvi</i> (Prakash et al. 2016)	Neuvedeno	Semena <i>Cicer arietinum</i>	Výpary (2,0 µl/ml silice)	<i>Aspergillus flavus</i> (LHP-10) (Umělá kontaminace)	84,33% ochrana porovnání s kontrolou. Zachování 100% klíčivosti. Senzorické hodnocení neprovedeno.
<i>Carum carvi</i> (Gniewosz et al. 2013)	Karvon (52,2), limonen (43,5), p-cymen (0,29)	Čerstvá <i>Daucus carota</i>	Film (10 % silice)	<i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923) <i>Salmonella enteritidis</i> (ATCC 13076) <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (ATCC 9763) <i>Aspergillus niger</i> (ATCC 9142) (Umělá kontaminace)	Prvních 24 hodin snížení o 3,6 log CFU/g v porovnání s neošetřenou kontrolou. Prvních 24 hodin inhibice o 2,4 log CFU/g v porovnání s neošetřenou kontrolou. Dále nepozorováno snížení. 7. den snížení o 4,3 log CFU/g. 7. den snížení o 5,5 log CFU/g oproti kontrole. Senzorické hodnocení potvrdilo výrazné kmínové aroma.

Zdroj: Vlastní zpracování

## 5 Zhodnocení

Silice, jakožto látky rostlinného původu, mají značný potenciál v prodloužení trvanlivosti. Velká část vědeckých studií zaměřujících se na čeleď *Apiaceae* se věnuje antimikrobiálnímu účinku silic na maso, menší část pak také speciálně rybám. Část vědeckých studií se zaměřila na sensorické atributy, jež bývají velmi podstatným aspektem. Lze usuzovat, že vybrané druhy silic z čeledi *Apiaceae* byly testovány na výše zmíněných potravinových modelech zejména z důvodu jejich přijatelné sensorické kombinovatelnosti.

### *Cuminum cyminum*

Z celkového počtu 43 studií zabývajících se aplikací silic z čeledi *Apiaceae* byla nejčastěji (13 studií) testována silice z *Cuminum cyminum*. Z toho 5 studií bylo zaměřeno na hovězí maso a 3 na kuřecí maso. Následně se další 3 studie zabývaly aplikací silice na rybí maso a po jedné studii na sýru a na *Agaricus bisporus* (pečárka dvouvýtrusá). Sensorické hodnocení bylo provedeno v 8 případech, přičemž v případě hovězího hamburgeru nebyly sensorické parametry silicemi nijak ovlivněny (Hemmatkhan et al. 2020).

Značně pozitivních výsledků bylo dopracováno u hovězího a telecího masa, na něž byly aplikovány silice izolované z rostliny *Cuminum cyminum* (šebrej kmínovitý) ve formě nanokompozitního filmu v kombinaci s nanočásticemi  $\text{TiO}_2$  a 2% koncentrací silice (hovězí maso), biologicky aktivního filmu s 2% silicí (hovězí) a enkapsulovanou 1% silicí v kombinaci s modifikovanou atmosférou (telecí) (Behbahani, Alizadeh et al. 2020; Fattahian et al. 2022; Sayadi et al. 2022b). V prvním a posledním případě byl hlavní složkou kuminaldehyd, jemuž můžeme přisuzovat značný antimikrobiální účinek. Účinky kuminaldehydu byly také úspěšně testovány proti *Staphylococcus aureus* na omáčce z hovězího masa (Li et al. 2022a).

Ve studii s modelem hovězího masa byla silice aplikována v koncentracích 0,5 %, 1 %, 1,5 % a 2 % ve formě jedlého povlaku ze slizu semen *Lallemantia iberica* (olejníčka iberská) při 4 °C po dobu 9 dnů. Jedlý povlak obsahující vyšší koncentrace silice vedl k výraznějšímu snížení počtu mikroorganismů v hovězích plátcích ve srovnání s kontrolními a jinými povlaky; přesto se počet ve všech vzorcích zvyšoval s prodloužující se dobou skladování. V důsledku řízeného uvolňování silice došlo k potlačení růstu mikroorganismů ve vzorku, což vedlo k prodloužení skladovatelnosti. K nejvýraznějším antimikrobiálním účinkům došlo u vzorku s povlakem ošetřeného 2% silicí. Samotný povlak také účinně potlačil výskyt mikrobiální populace, nicméně v kombinaci se silicí došlo k výraznějšímu efektu. Pouze v případě *E. coli*, *S. aureus* a koliformních bakterií mělo ošetření samostatného povlaku pouze minimální účinek, který byl téměř srovnatelný s kontrolou a kombinace se silicí měla výrazný inhibiční efekt. Ve smyslovém hodnocení sledujícím barvu, vůni a celkovou přijatelnost měl vzorek s 2% silicí vyšší hodnocení do 9. dne než kontrola. Ošetření také poskytlo vzorku lepší texturní vlastnosti. Silice začleněná do povlaku ze slizu semen *L.iberica* by mohla být použita jako aktivní obal k prodloužení trvanlivosti hovězího masa (Behbahani, Alizadeh et al. 2020).

Zajímavých výsledků bylo dosaženo také v případě hovězích hřbetů, kde byla 1% silice aplikována ve formě nanoemulze ve filmu v kombinaci se zářením  $\gamma$ . Z výsledků vyplývá, že kombinace záření  $\gamma$  a filmu s obsahem silice má lepší účinnost než použití těchto ošetření

samostatně. Za efektivní účinností také stojí fakt, že silice byly aplikovány ve formě filmu či enkapsulace, jež zlepšují stabilitu silic (Dini et al. 2020). Filmy také zabraňují rozvoji aerobních mikroorganismů, jimž bývá často přisuzováno kažení. Filmy na bázi chitosanu mají v samostatné aplikaci antimikrobiální účinky proti řadě mikroorganismů, například *Listeria monocytogenes* a *Campylobacter jejuni* (Katir et al. 2021).

O něco menší účinnost byla zaznamenána v případě hovězích burgrů, kde byla silice aplikace ve formě aktivního papíru, jež se zdá oproti aktivnímu filmu nebo enkapsulaci jako méně účinný. V tomto případě je také neznámé složení silice (Hemmatkhah et al. 2020). Podobných výsledků bylo dosaženo například i v případě *Cinnamomum zeylanicum* (skořicovník cejlonský), kde došlo k lepší účinnosti proti mikrobiální populaci v mletém mase silicí ve formě nanoenkapsulace než nezapouzdřené silici (Ghaderi-Ghahfarokhi et al. 2017).

V případě kuřecího masa se zdá jako nejvíce efektivní způsob ve formě kompozitního povlaku a aktivního obalu v kombinaci s TiO<sub>2</sub> (Sayadi et al. 2022a). Ve studii týkající se čerstvého kuřecího masa a silice ve formě filmu došlo k nižší účinnosti, pravděpodobně jelikož se kuminaldehyd nacházel ve složení v menší míře než u jiných studií. Také je třeba poznamenat, že samotný chitosan vykazoval výraznější potlačení psychrotrofních mikroorganismů než v kombinaci se silicí (Sharafati Chaleshtori et al. 2016).

V případě pokusů s rybím masem buď nebylo složení silic známé, nebo jako majoritní složku zaujímal  $\gamma$ -terpinen a kuminaldehyd nebyl v silici obsažen (Attouchi & Sadok 2012; Cai et al. 2015; Homayonpour et al. 2021). V případě použití výparů silice u *Scophthalmus maximus* (pakambala velká) (Cai et al. 2015) došlo k lepším výsledkům než u přímé aplikace u *Sparus aurata* (mořan zlatý) (Attouchi & Sadok 2012).

V případě sýru a *Agaricus bisporus* (pečárka dvouvýtrusá) došlo ke snížení mikroorganismů průměrně o 1 log CFU/g (Karimirad et al. 2019).

### ***Foeniculum vulgare***

Dále se 12 studií věnovalo silicím izolovaným z *Foeniculum vulgare*, přičemž nejčastěji byly testovány na rybím mase, a to ve 4 pokusech. Dále v jednom případě byla izolovaná silice testována na vepřovém mase a v jednom případě na kuřecím mase. V případě mléčných výrobků byla silice použita pouze v jednom případě, a to na jogurt. O něco více studií se věnovalo rostlinným produktům v celkovém počtu 5 studií. Mezi tyto zástupce patří *Mangifera indica* (mangovník indický), *Prunus domestica* (slivoň švestka), *Fragaria ananassa* (jahodník velkoplodý), *Lycopersicon esculentum* (rajče jedlé), *Lactuca sativa* (listový salát) a klíčky *Raphanus sativus* (ředkev setá). Sensorické hodnocení bylo provedeno pouze u živočišných produktů, a to ve 4 případech.

Silice izolovaná z *Foeniculum vulgare* byla aplikována na filetech *Hypophthalmichthys molitrix* (tolstobik bílý) ve formě lipozomální enkapsulace v koncentracích 0,3 % a 0,5 % v enkapsulované i neenkapsulované formě. Vzorek byl skladován po dobu 15 dnů při teplotě 4 °C. Z výsledků je patrné, že 0,5% silice měla o něco vyšší účinnost než 0,3% silice a enkapsulovaná 0,5% silice vykazovala vyšší účinnost než 0,3% silice; nicméně rozdíly hodnot nebyly zásadní. Rozdíly byly patrné v případě sensorického hodnocení vzorku. U sensorického

hodnocení skladovatelnosti byly vzorky hodnoceny jako nepřijatelné v případě ošetření silice v koncentraci 0,3 % 9. den, pro 0,5% silici 12. den, pro enkapsulovanou 0,3% silici 12. den a pro enkapsulovanou 0,5% silici 15. den jako již nepřijatelná. V případě kontroly došlo k nepřijatelným vlastnostem již 6. den. S prodlužující se dobou skladování došlo postupně u všech vzorků ke vzniku nežádoucího zápachu, žlutavé barvy a špatným chuťovým vlastnostem. Filety ošetřené 0,5% enkapsulovaným fenyklovým extraktem vykazovaly nejnižší míru oxidace lipidů a mikrobiálního poškození, a lze jej hodnotit jako účinné. (Mazandrani et al. 2016). Podobných výsledků bylo dosaženo ve studii, jež použila potravinový model mletého *Hypophthalmichthys molitrix* (tolstolobik bílý) s 0,5% enkapsulovanou silicí získanou z *Thymus vulgaris* (tymián obecný) (Javadian et al. 2017). V porovnání těchto dvou studií byla silice získaná z *Foeniculum vulgare* účinnější ve snížení celkového počtu mikroorganismů přibližně o 1,5 log CFU/g než *Thymus vulgaris* (Mazandrani et al. 2016; Javadian et al. 2017). Rozdílné výsledky ale mohou také souviset s tím, že se jednalo o mletý vzorek rybího masa, který obecně podléhá rychlejší mikrobiální zkáze.

Filety z *Oncorhynchus mykiss* (pstruh duhový) byly také v jiném pokusu ošetřeny silicí izolovanou *Heracleum persicum* L. (bolševník perský) ve formě nanochitosanu. Pokles mikroorganismů činil 15. den o přibližně 1,2 log CFU/g oproti kontrole (Abdollahzadeh et al. 2023). Použití *Heracleum persicum* mělo o něco horší působnost než *Foeniculum vulgare*, jež 14. den vykazovala účinnost snížení o 3,3 log CFU/g oproti kontrole (Sayyari et al. 2021; Abdollahzadeh et al. 2023). Rozdílný účinek lze přičíst odlišnosti ve složení silic. Silice izolovaná z *Foeniculum vulgare* byla také testována na kuřecí a vepřové maso. V případě kuřecího masa je ale třeba podotknout, že se grafické znázornění populace bakterií mléčného kvašení lišilo od textu v článku, tudíž závěrečné hodnocení může být zatíženo určitou chybovostí (Liu et al. 2021).

Silice byla taktéž aplikována do jogurtu, kde došlo k účinnému snížení nežádoucích mikroorganismů a zároveň nedošlo k inhibici *Streptococcus* subs. *thermophilus* a *Lactobacillus delbrecki* subs. *bulgaricus* (Abdesslem et al. 2020).

Část studií se také věnovala rostlinným potravinovým modelům. K nejeftektivnějším lze přiřadit působení na *Mangifera indica* L. (mangovník indický) ve formě povlaku, naopak pouze k nepatrným změnám došlo v případě *Lactuca sativa* (locika setá) klíčky *Raphanus sativus* (ředkev setá) máčením v silici (Hyun et al. 2015; Naeem et al. 2018). Je třeba podotknout, že ve stejné studii byly na listech salátu a klíčcích ředkviček testovány další silice, kdy nejúčinnější antimikrobiální aktivita byla pozorována při použití *Origanum marjorana* (majoránka zahradní) (Hyun et al. 2015).

### ***Pimpinella anisum***

Testování silice získané z *Pimpinella anisum* se věnovalo 8 studií. Ve třech případech se jednalo o ošetření kuřecího masa, dále v jednom případě mletého hovězího masa. Z mléčných produktů byly testovány jogurt z bůvolího mléka a sýr ve slaném nálevu. V případě rostlinných produktů šlo také pouze o dva případy, a to o aplikaci silice na *Vitis vinifera* (réva vinná) a jahody *Fragaria ananassa* (jahodník velkoplodý). Senzorické hodnocení proběhlo u 3 produktů, a to pouze u živočišných.



Silice *Pimpinella anisum* byly nejčastěji testovány na kuřecím masu (Mahdavi et al. 2018; Fathi-Achachlouei et al. 2021). K nejvýraznějšímu snížení celkové mikrobiální populace došlo u kuřecího burgeru. Vysokou účinnost můžeme pravděpodobně přičíst vysokému podílu anetholu v silici a také aplikaci ve formě filmu. Pro hodnocení byla použita 1,5% silice, jelikož 2% koncentrace byla již méně sensoricky přijatelná, zároveň si ale 1,5% silice zachovala dobré antimikrobiální účinky (Mahdavi et al. 2018).

Ve studii byla aplikována silice izolovaná z *Pimpinella anisum* do mletého hovězího masa. Skladování proběhlo při 4 °C po dobu 8 dnů. Silice byly aplikovány v různých koncentracích, a to v 0,1 %, 0,3 % a 0,5 %. Počáteční hodnoty mikrobiální populace poukazyvaly na dobrou kvalitu vzorku v počátku experimentu. Z výsledků je patrné, že téměř všechny koncentrace vykazovaly antimikrobiální účinek, nicméně 0,5% koncentrace se zdála jako nejúčinnější. V případě sensorického hodnocení získaly vzorky ošetřené silicemi uspokojivé skóre ve srovnání s kontrolou. Silice v koncentraci 0,5 % prodloužila trvanlivost výrobku na více než 8 dní, oproti kontrole, která 6. den překročila hodnotu 7 log CFU/g, jež byla stanovena jako limit pro přijatelnost syrového mletého masa (Khanjari et al. 2019).

Mléčné výrobky byly testovány ve dvou studiích, sýr ve slaném nálevu a jogurt z bývolího mléka (Singh et al. 2011; Ehsani & Mahmoudi 2012). K efektivnímu potlačení *Escherichia coli* u sýru došlo pravděpodobně také v důsledku slaného nálevu, jenž může poskytovat další antimikrobiální účinky (Ehsani & Mahmoudi 2012). V případě jogurtu je třeba poznamenat, že nedošlo k ovlivnění bakterií mléčného kvašení. Toto tvrzení koresponduje se studií aplikace silice *Foenicullum vulgare* do jogurtu (Abdesslem et al. 2020). Nicméně použití silice *Pimpinella anisum* se zdá jako výrazně účinnější (Singh et al. 2011).

K úplné inhibici růstu mycelia *Penicillium* spp. došlo při aplikaci postřiku na *Vitis vinifera* (réva vinná) a přímé aplikaci silic na *Fragaria ananassa* (jahodník velkoplodý) (Mohammadi et al. 2012). Podobných závěrů bylo dosaženo při aplikaci silic izolovaných ze *Syzygium aromaticum* (hřebíčkovce kořený) a *Brassica nigra* (brukev černá) na jahodách (Aguilar-González et al. 2015).

### ***Coriandrum sativum***

Silice získané z *Coriandrum sativum* byly aplikovány v celkovém počtu na 8 potravinových modelech. Přičemž v pěti případech se jednalo o maso a masné produkty. Pokusy byly provedeny na vepřových klobásách s dusitanem sodným, kuřecích prsou, mletém hovězím masu, filetech *Oncorhynchus mykiss* (pstruh duhový) a marinovaných *Engraulis encrasicolus* (sardel obecná). Ve dvou případech na rostlinných produktech *Mangifera indica* (mangovník indický) a semenech cizrny. V jednom případě byl proveden pokus na sladkém pečivu. Sensorické hodnocení bylo provedeno pouze u mletého masa.

U silice izolované z *Coriandrum sativum* došlo k nejlepším výsledkům na potravinových modelech masa. V případě vepřových klobás bylo možné k účinné antimikrobiální ochraně použít nižší dávku dusitanů (Tomović et al. 2022). Tyto výsledky se shodují se studií testující silice získané ze *Salvia officinalis* (Šojić et al. 2021). Lze tedy usuzovat, že použití silic může být efektivním řešením pro aplikaci do masných výrobků.

V konkrétní studii byla aplikována silice izolovaná z *Coriandrum sativum* do vepřových klobás. Silice byla použita v různých koncentracích, a to v 0,075 µl/g, 0,100 µl/g, 0,125 µl/g a 0,150 µl/g. Zároveň byl do vzorků klobás přidán dusitan sodný v koncentraci 0,50 mg/kg a 100 mg/kg. Vzorky byly také podrobeny tepelnému ošetření, dokud nebylo dosaženo vnitřní teploty 72 °C. Po zchlazení byly vzorky skladovány při 4 °C po dobu 60 dnů. Byl hodnocen počet psychrotrofních mikroorganismů, který se během skladování u všech vzorků zvyšoval, ale nepřesáhl hodnotu 3 log CFU/g. K výrazným rozdílům oproti kontrole došlo zejména mezi 20. a přibližně 40. dnem skladování. V další části výzkumu byla silice přidána v koncentraci 0,12 µl/g v kombinaci se sníženou koncentrací dusitanu sodného 60 mg/kg do vzorku masa. Došlo ke zpomalení mikrobiálního růstu a oxidaci lipidů během 52 dnů skladování. Během experimentu vykazoval růst psychrotrofních mikroorganismů přibližně 2,5 log CFU/g. Zároveň přidavek dusitanů poskytl vyšší červené zbarvení vzorků (Tomović et al. 2022).

Silice také úspěšně inhibovala růst mycelia *Aspergillus flavus* na semenech z *Cicer arietinum* (cizrny beraní) (Šojčić et al. 2019). Nebezpečí plísní spočívá zejména v jejich toxických sekundárních metabolitech, jež mají negativní vliv na lidské zdraví. V této studii mimo jiné došlo také k potlačení aflatoxinu B. K účinkům potlačení aflatoxinů došlo také ve studii aplikující silici získanou z tymiánové rostliny *Zataria multiflora* patřící do čeledi *Lamiaceae* (Yahyaraeyat et al. 2013). V obou těchto studiích došlo k inhibici aflatoxinu přímo úměrně s použitou koncentrací silice.

Silice získaná z rostliny *Carum carvi* byla také testována na semenech cizrny, kdy došlo k o něco účinnější antifungální ochraně než v případě výše zmíněné studie na *Coriandrum sativum*. Zároveň byla testována klíčivost, která nebyla nepříznivě ovlivněna (Prakash et al. 2016).

### *Carum carvi*

Nejmenší počet studií, pouze šest, se věnoval silicím izolovaným z *Carum carvi*. Ve dvou případech na kuřecím masu a v jednom na bývolím sýru. V případě rostlinných produktů byly aplikovány na *Daucus carota* (mrkev obecná) a *Lycopersicon esculentum* (rajče jedlé) a semenech cizrny beraní (*Cicer arietinum*). Sensorické hodnocení bylo provedeno u sýru a mrkve.

V konkrétní studii byly testovány silice z *Carum carvi*, *Pimpinella anisum* a *Myristica fragrans* (muškátovník vonný), které byly přidány do jedlého filmu ze škrobu *Manihot esculenta* (maniok jedlý) na kuřecích kouscích. Byly použity koncentrace silic 0,5% pro *Pimpinella anisum* a 1% pro *Carum carvi* a *Myristica fragrans*. Vzorky byly skladovány při teplotě 4 °C po dobu 15 dní. Oproti kontrole došlo k potlačení mikroorganismů ve všech případech. Jako nejméně účinná se v této studii zdála silice z *Myristica fragrans* a nejvíce z *Pimpinella anisum*. Nicméně je třeba podotknout, že film měl již značnou antimikrobiální hodnotu samostatně. Film poskytl značnou účinnost v kontrole proti mikrobiálnímu kažení, ale v případě silic by bylo nutné přidat vyšší koncentraci, aby došlo ke zvýšení jejich účinnosti (Bharti et al. 2020).

Silice z *Carum carvi* byla také aplikována na čerstvou mrkev a vedla k potlačení mikrobiální populace. Nicméně v sensorickém hodnocení bylo již patrné kmínové aroma (Gniewosz et al.

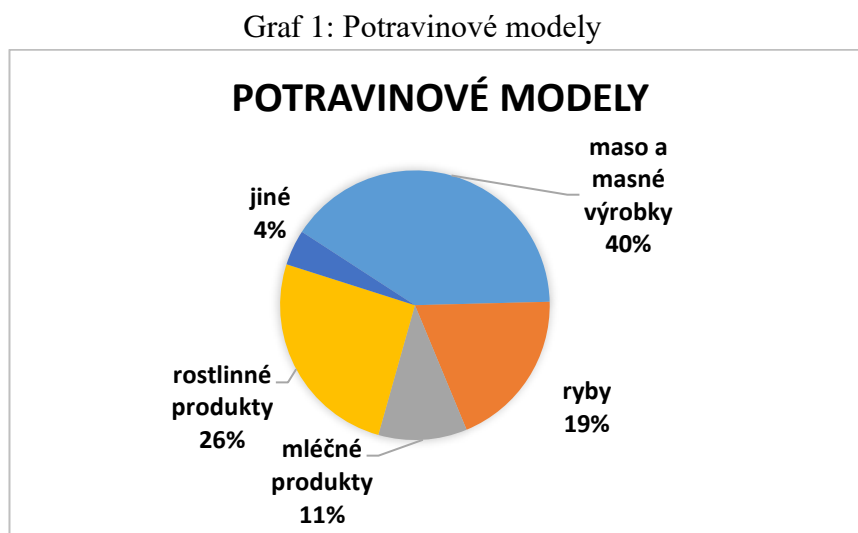
2013). K této studii je třeba poznamenat, že výsledky mohou být zatíženy určitou chybovostí, jelikož grafické znázornění mikrobiální populace nekoreluje se zbývajícím textem. Na strouhané mrkvi byla také provedena studie s aplikací silic získaných z *Lippia citriodora* (verbena citronová), *Cupressus sempervirens* (cypřiš stálezelený) a *Melissa officinalis* (meduňka lékařská), kdy došlo k potlačení *Staphylococcus aureus* a *Listeria innocua* a *Escherichia coli* (Romeo et al. 2010).

Z živočišných produktů došlo také při aplikaci silice na bůvolí jogurtový sýr ke snížení mikroorganismů, které jsou častým původcem onemocnění z potravin. Také způsobila během přípravy vzorku se silicí nižší agregaci kaseinu. K nejcitlivějším mikroorganismům v tomto stanovení lze přiřadit *Listeria monocytogenes*. (Tomović et al. 2022). Antilisteriální účinek byl pozorován při působení silic z rodu *Thymus* (*Thymus eriocalyx* a *Thymus x-porlock*), kdy buňky patogenu vykazovaly narušenou buněčnou stěnu (Rasooli et al. 2006).

Je patrné, že nejvíce byly testovány silice vybraných druhů z čeledi *Apiacea* na živočišných produktech. V celkovém počtu 19 se jednalo o maso kuřecí, hovězí, vepřové a v 9 případech maso rybí, to představuje 40 % a 19 % v tomto pořadí. Dále se 5 pokusů věnovalo aplikacím silic na mléčné produkty a 12 rostlinným produktům. Poslední dvě studie se věnovaly aplikaci na pečárce dvouvýtrusé a sladkém pečivu.

K nejčastějším metodám aplikace patří přímá aplikace, případně aplikace ve formě filmu. Řada pokusů také používala enkapsulovanou silici, ať už jako součást balení, nebo pro přímou aplikaci na ošetřovaný produkt.

Obrázek 6: Zastoupení potravinových modelů při použití silic izolovaných z vybraných druhů čeledi *Apiacea*



Zdroj: Vlastní zpracování

## 6 Závěr

Na základě vědeckých studií byly zhodnoceny možnosti aplikace silic získaných z čeledi *Apiaceae*, a to *Cuminum cyminum* (šebrej kmínovitý), *Foeniculum vulgare* (fenykl obecný), *Pimpinella anisum* (bedrník anýz), *Coriandrum sativum* (koriandr setý) a *Carum carvi* (kmín kořený) na konkrétních potravinových modelech pro konzervaci potravin. Silice byly nejčastěji testovány na hovězím, kuřecím, vepřovém a rybím mase. Sensorické hodnocení bylo provedeno pouze u některých studií.

Mezi hlavními složkami, které jsou nejčastěji zastoupené v silicích vybraných druhů z čeledi *Apiaceae*, byly kuminaldehyd,  $\gamma$ -terpinen, anetol, linalool a karvon, kterým lze přisuzovat antimikrobiální účinky.

K nejčastěji testovaným mikroorganismům patřily psychrotrofní a koliformní mikroorganismy, konkrétně rod *Pseudomonas*, čeleď *Enterobacteriaceae*, dále také bakterie *S. aureus* a *L. monocytogenes*. Z plísní nejčastěji rod *Penicillium* a *Botrytis*.

Kromě značných antimikrobiálních účinků silic je třeba zohlednit některá jejich negativa, mezi která patří ovlivnění sensorických vlastností produktu s nežádoucím výsledkem. Z tohoto důvodu je vhodné použít silice jako součást ochucující složky, nebo zvolit vhodnou koncentraci a kombinaci silic, či některé další metody, jako je enkapsulace nebo filmy.

Závěrem lze říci, že **silice** izolované z čeledi *Apiaceae* představují potenciálně dobrou alternativu k syntetickým konzervačním látkám, a to zejména na mase. Silice bývají obvykle aplikovány na čerstvé maso, které je následně tepelně opracováno, tudíž může dojít k potlačení jejich výraznějšího aroma, což je celkově sensoricky přijatelnější. Je také vhodné jejich použití s jinými konzervačními metodami, jako je chlazení, sous-vide, modifikovaná atmosféra, solení, vysoký tlak,  $\gamma$ -záření a dusitanové solicí směsi. V případě rostlinných produktů je třeba dalších studií, jež se budou zaměřovat na tuto skupinu potravin.

Poznatky z vědeckých studií jsou povzbudivé a doporučuje se další výzkum na potravinových modelech včetně sensorického hodnocení.

## 7 Seznam obrázků, tabulek a grafů

### Seznam obrázků

Obrázek 1: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny <i>Pimpinella anisum</i> .....	24
Obrázek 2: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny <i>Foeniculum vulgare</i> ...	26
Obrázek 3: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny <i>Carum carvi</i> .....	27
Obrázek 4: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny <i>Coriandrum sativum</i> ..	28
Obrázek 5: Chemická struktura nejčastěji zastoupených silic rostliny <i>Cuminum cyminum</i> .....	29

### Seznam tabulek

Tabulka 1: Použití silic vybraných druhů z čeledi <i>Apiaceae</i> na jednotlivých potravinových modelech .....	37
--	----

### Seznam grafů

Graf 1: Potravinové modely .....	51
----------------------------------	----

## 8 Literatura

- Abdesslem S Ben, Moussa O Ben, Boulares M, Elbaz M, Chouaibi M, Ayachi S, Hassouna M. 2020. Evaluation of the effect of fennel (*Foeniculum vulgare Mill*) essential oil addition on the quality parameters and shelf-life prediction of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology* **73**:403–410.
- Abdolahi A, Hassani A, Ghosta Y, Javadi T, Meshkatsadat MH. 2010. Essential oils as control agents of postharvest alternaria and Penicillium rots on tomato fruits. *Journal of Food Safety* **30**:341–352.
- Abdollahzadeh M, Elhamirad AH, Shariatifar N, Saeidiasl M, Armin M. 2023. Effects of nano-chitosan coatings incorporating with free/nano-encapsulated essential oil of Golpar (*Heracleum persicum L.*) on quality characteristics and safety of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Microbiology* **385**:109996. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109996.
- Aghababaei L, Hasani M, Shotorbani PM, Basti AA, Hamed H. 2022. Antioxidant and antimicrobial characteristics of chitosan and galbanum gum composite coating incorporated with cumin essential oil on the shelf life of chicken fillets. *Journal of Food Measurement and Characterization* **16**:1820–1833. Springer US. DOI: 10.1007/s11694-022-01295-4.
- Aguilar-González AE, Palou E, López-Malo A. 2015. Antifungal activity of essential oils of clove (*Syzygium aromaticum*) and/or mustard (*Brassica nigra*) in vapor phase against gray mold (*Botrytis cinerea*) in strawberries. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **32**:181–185. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.09.003.
- Al-Bayati FA. 2008. Synergistic antibacterial activity between *Thymus vulgaris* and *Pimpinella anisum* essential oils and methanol extracts. *Journal of Ethnopharmacology* **116**:403–406.
- Alegbeleye O, Odeyemi OA, Strateva M, Stratev D. 2022. Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research* **2**:100122. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100122.
- Ali U, Naveed S, Qaisrani SN, Mahmud A, Hayat Z, Abdullah M, Kikusato M, Toyomizu M. 2022. Characteristics of Essential Oils of Apiaceae Family: Their Chemical Compositions, in vitro Properties and Effects on Broiler Production. *Journal of Poultry Science* **59**:16–37.
- Aminifard MH, Mohammadi S. 2013. Essential oils to control *Botrytis cinerea* in vitro and in vivo on plum fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **93**:348–353.
- Attouchi M, Sadok S. 2012. The Effects of Essential Oils Addition on the Quality of Wild and Farmed Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored in Ice. *Food and Bioprocess Technology* **5**:1803–1816.
- Babička L. 2012. Přídavné látky v potravinách.
- Bacílková B, Paulusová H. 2012. Vliv silic a jejich hlavních účinných látek na mikroorganismy a na archivní materiál. *Národní archiv*:1–28.
- Badgujar SB, Patel V V., Bandivdekar AH. 2014. *Foeniculum vulgare Mill*: A review of its

- botany, phytochemistry, pharmacology, contemporary application, and toxicology. *BioMed Research International* **2014**.
- Bassolé IHN, Juliani HR. 2012. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules* **17**:3989–4006.
- Bednářová J. 2015. *Herbář aneb od anděliky k židavě*. Fortuna Libri, Praha.
- Behbahani, Alizadeh B, Noshad M, Jooyandeh H. 2020. Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* **24**:101563. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101563.
- BEZPEČNOST POTRAVIN. 2004. Konzervační prostředek propyl paraben může škodit. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/konzervacni-prostredek-propyl-paraben-muze-skodit/> (accessed October 2004).
- BEZPEČNOST POTRAVIN. nedatováno. Alergie na siřičitany. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/termin/alergie-na-siricitany/> (accessed April 2023).
- Bharti SK, Pathak V, Alam T, Arya A, Singh VK, Verma AK, Rajkumar V. 2020. Materialization of novel composite bio-based active edible film functionalized with essential oils on antimicrobial and antioxidative aspect of chicken nuggets during extended storage. *Journal of Food Science* **85**:2857–2865.
- Brennan JG. 2011. Evaporation and Dehydration. Pages 77–130 in Brennan JG, Grandison AS, editors. *Food Processing Handbook: 2nd Edition*. Cambridge.
- Brul S, Klis FM, Knorr D, Abee T, Notermans S. 2003. Food preservation and the development of microbial resistance. Pages 524–551 in P. Zeuthen, L. Bøgh-Sørensen, editors. *Food Preservation Techniques*. Abington.
- Buckle J. 2001. The role of aromatherapy in nursing care. *The Nursing Clinics of North America*. **36**:57–73.
- Burt S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. *International Journal of Food Microbiology* **94**:223–253.
- Cai L, Cao A, Li T, Wu X, Xu Y, Li J. 2015. Effect of the Fumigating with Essential Oils on the Microbiological Characteristics and Quality Changes of Refrigerated Turbot (*Scophthalmus maximus*) Fillets. *Food and Bioprocess Technology* **8**:844–853.
- Calo JR, Crandall PG, O'Bryan CA, Ricke SC. 2015. Essential oils as antimicrobials in food systems – A review. *Food Control* **54**:111–119. Elsevier.
- Carocho M, Barreiro MF, Morales P, Ferreira ICFR. 2014. Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **13**:377–399.
- Carocho M, Morales P, Ferreira ICFR. 2015. Natural food additives: Quo vadis? *Trends in Food Science and Technology* **45**:284–295.
- Carter BG, Cheng N, Kapoor R, Meletharayil GH, Drake MA. 2021. Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. *Journal of Dairy Science* **104**:2465–2479. American Dairy Science Association. DOI: 10.3168/jds.2020-18811.
- Chouhan S, Sharma K, Guleria S. 2017. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils—

- Present Status and Future Perspectives. *Medicines* **4**:58.
- Darughe F, Barzegar M, Sahari MA. 2012. Antioxidant and antifungal activity of Coriander (*Coriandrum sativum L.*) Essential oil in cake. *International Food Research Journal* **19**:1253–1260.
- Dengate S, Ruben A. 2002. Controlled trial of cumulative behavioural effects of a common bread preservative. *Journal of Paediatrics and Child Health* **38**:373–376.
- Diao WR, Hu QP, Zhang H, Xu JG. 2014. Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare Mill.*). *Food Control* **35**:109–116. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.06.056.
- Dini H, Fallah AA, Bonyadian M, Abbasvali M, Soleimani M. 2020. Effect of edible composite film based on chitosan and cumin essential oil-loaded nanoemulsion combined with low-dose gamma irradiation on microbiological safety and quality of beef loins during refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules* **164**:1501–1509. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.07.215.
- Ehsani A, Mahmoudi R. 2012. Phytochemical properties and hygienic effects of *Allium ascalonicum* and *pimpinella anisum* essential oils in Iranian white brined cheese. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants* **15**:1013–1020.
- Erkmen O, Bozoglu TF. 2016. *Food Microbiology: Principles into Practice*. Page Food Microbiology: Principles into Practice. John Wiley & Sons, Ltd, Gaziantep.
- Esparvarini Z, Bazargani-Gilani B, Pajohi-Alamoti M, Nourian A. 2022. Gelatin-starch composite coating containing cucumber peel extract and cumin essential oil: Shelf life improvement of a cheese model. *Food Science and Nutrition* **10**:964–978.
- Evropský parlament a Rada. 2008. Nařízení Evropského parlamentu a Rady č. 1333/2008.
- Falleh H, Ben Jemaa M, Saada M, Ksouri R. 2020. Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. *Food Chemistry* **330**:127268. Elsevier.
- Fathi-Achachlouei B, Babolanmogadam N, Zahedi Y. 2021. Influence of anise (*Pimpinella anisum L.*) essential oil on the microbial, chemical, and sensory properties of chicken fillets wrapped with gelatin film. *Food Science and Technology International* **27**:123–134.
- Fattahian A, Fazlara A, Maktabi S, Pourmahdi M, Bavarsad N. 2022. The effects of chitosan containing nano-capsulated *Cuminum cyminum* essential oil on the shelf-life of veal in modified atmosphere packaging. *Journal of Food Measurement and Characterization* **16**:920–933. Springer US. DOI: 10.1007/s11694-021-01213-0.
- Gangiredla J, Yan X, Patel IR, Mammel MK. 2017. Application of Omics Technologies and Computational Approaches for Control of Foodborne Pathogens in Foods. Pages 41–54 in Juneja VK, Dwivedi HP, Sofos JN, editors. *Microbial Control and Food Preservation*. Springer US, New York.
- Ghaderi-Ghahfarokhi M, Barzegar M, Sahari MA, Ahmadi Gavlighi H, Gardini F. 2017. Chitosan-cinnamon essential oil nano-formulation: Application as a novel additive for controlled release and shelf life extension of beef patties. *International Journal of Biological Macromolecules* **102**:19–28. Elsevier B.V. DOI:



- 10.1016/j.ijbiomac.2017.04.002.
- Gniewosz M, Kraśniewska K, Woreta M, Kosakowska O. 2013. Antimicrobial activity of a pullulan-caraway essential oil coating on reduction of food microorganisms and quality in fresh baby carrot. *Journal of Food Science* **78**.
- Görner F, Valík L. 2004. Aplikovaná mikrobiológia požívateľin. 1. vydání. Malé centrum, Bratislava.
- Guzmán E, Lucia A. 2021. Essential oils and their individual components in cosmetic products. *Cosmetics* **8**:1–28.
- Hemmatkhah F, Zeynali F, Almasi H. 2020. Encapsulated Cumin Seed Essential Oil-Loaded Active Papers: Characterization and Evaluation of the Effect on Quality Attributes of Beef Hamburger. *Food and Bioprocess Technology* **13**:533–547. *Food and Bioprocess Technology*.
- Homayonpour P, Jalali H, Shariatifar N, Amanlou M. 2021. Effects of nano-chitosan coatings incorporating with free /nano-encapsulated cumin (*Cuminum cyminum L.*) essential oil on quality characteristics of sardine fillet. *International Journal of Food Microbiology* **341**:109047. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109047.
- Hrnčířová D, Rambousková J, Blahová A, Dlouhý P, Floriánková M. 2013. Výživa a zdraví. Ministerstvo zemědělství, Praha.
- Huis In't Veld JHJHI. 1996. Microbial and biochemical spoilage of foods: An overview. *International Journal of Food Microbiology* **33**:1–18.
- Husnu Can Baser K, Kurkcuglu M, Ozek T. 1992. Turkish Rose Oil. *Perfumer and Flavorist* **17**:45–52.
- Hyun JE, Bae YM, Song H, Yoon JH, Lee SY. 2015. Antibacterial effect of various essential oils against pathogens and spoilage microorganisms in fresh produce. *Journal of Food Safety* **35**:206–219.
- Iacobellis NS, Lo Cantore P, Capasso F, Senatore F. 2005. Antibacterial activity of *Cuminum cyminum L.* and *Carum carvi L.* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**:57–61.
- Indrawati A, van Loey A, Smout C, Hendrickx M. 2003. High hydrostatic pressure technology in food preservation. Pages 428–448 in Zeuthen P, Bugh-Sørensen L, editors. *Food Preservation Techniques*. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Informační centrum bezpečnosti potravin. 2004. Konzervační prostředek propyl paraben může škodit. Available from <https://bezpecnostpotravin.cz/konzervacni-prostredek-propyl-paraben-muze-skodit/>.
- Ingr I. 2007. Základy konzervace potravin. 1. vydání. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Jahani M, Beheshti M, Aminifard MH, Hosseini A. 2020. Effects of Essential Oils to Control *Penicillium Sp.* In *In Vitro* and in *In Vivo* on Grapevine (*Vitis Vinifera L.*) Fruit. *International Journal of Fruit Science* **20**:812–826. Taylor & Francis. DOI: 10.1080/15538362.2020.1769526.
- Jahodář L. 2009. Farmakobotanika. Karolinum, Praha.

- Javadian SR, Shahosseini SR, Ariaii P. 2017. The Effects of Liposomal Encapsulated Thyme Extract on the Quality of Fish Mince and *Escherichia coli* O157:H7 Inhibition During Refrigerated Storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology* **26**:115–123. Taylor & Francis. DOI: 10.1080/10498850.2015.1101629.
- Joardder MUH, Masud MH. 2019. Food preservation in developing countries: Challenges and solutions. Page Food Preservation in Developing Countries: Challenges and Solutions. Boca Raton.
- Kačániová M, Fatrcová-šrámková K, Schwarzová M, Kunová S, Tvrda E. 2022. Impact of *Carum Carvi* Essential Oils To Chicken Thighs Sous Vide Meat After *Listeria Monocytogenes* Application. *Journal of Hygienic Engineering and Design* **37**:57–63.
- Kačániová M, Mellen M, Vukovic NL, Kluz M, Puchalski C, Haščík P, Kunová S. 2019. Combined effect of vacuum packaging, fennel and savory essential oil treatment on the quality of chicken thighs. *Microorganisms* **7**:2–11.
- Kaplická J, Kybal J. 1988. Naše a cizí koření. Státní zemědělské nakladatelství, Praha.
- Karimirad R, Behnamian M, Dezhsetan S. 2019. Application of chitosan nanoparticles containing *Cuminum cyminum* oil as a delivery system for shelf life extension of *Agaricus bisporus*. *Lwt* **106**:218–228. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.02.062.
- Katir N, Miłowska K, Hammi N, Nowak M, Marta K, Anouar A, Zawadzka K, Bryszewska M, Kadib A El, Lisowska K. 2021. Antimicrobial Effect of Chitosan Films on Food Spoilage Bacteria.
- Keratimanoeh S, Takahashi K, Kuda T, Okazaki E, Geng JT, Osako K. 2022. Effects of tyndallization temperature on the sterility and quality of kamaboko. *Food Chemistry* **366**:130692. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.130692.
- Khalil N, Ashour M, Fikry S, Singab AN, Salama O. 2018. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of selected Apiaceous fruits. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences* **4**:88–92. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.fjps.2017.10.004.
- Khanjari A, Bahonar A, Noori N, Siahkalmahaleh MR, Rezaeigolestani M, Asgarian Z, Khanjari J. 2019. In vitro antibacterial activity of *Pimpinella anisum* essential oil and its influence on microbial, chemical, and sensorial properties of minced beef during refrigerated storage. *Journal of Food Safety* **39**:1–8.
- Kocatepe D, Turan H, Altan CO, Keskin İ, Ceylan A, Köstekli B, Candan C. 2019. Influence of different essential oils on marinated anchovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) during refrigerated storage. *Food Science and Technology (Brazil)* **39**:255–260.
- Kybal J, Kaplická J. 1988. Naše a cizí koření. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, Praha.
- Lanza RP, Kühtreiber WM, Chick WL. 1995. Encapsulation Technologies. *Tissue Engineering* **1**:181–196.
- Laribi B, Kouki K, M’Hamdi M, Bettaieb T. 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia* **103**:9–26.
- Leadley CE, Williams A. 2006. Pulsed Electric Field Processing, Power Ultrasound and Other Emerging Technologies. Pages 201–235 in Brennan JG, Alistair S. Grandison, editors. *Food Processing Handbook*. Wiley & Sons, Incorporated, John, Cambridge.

- Li H, Zhang M, Addo KA, Yu Y, Xiao X. 2022a. Action mode of cuminaldehyde against *Staphylococcus aureus* and its application in sauced beef. *LWT* **155**:112924. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112924.
- Li Y xin, Erhunmwunsee F, Liu M, Yang K, Zheng W, Tian J. 2022b. Antimicrobial mechanisms of spice essential oils and application in food industry. *Food Chemistry* **382**:132312. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132312.
- Liu T, Liu L, Gong X, Chi F, Ma Z. 2021. Fabrication and comparison of active films from chitosan incorporating different spice extracts for shelf life extension of refrigerated pork. *Lwt* **135**:110181. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.lwt.2020.110181.
- Maghami M, Motalebi AA, Anvar SAA. 2019. Influence of chitosan nanoparticles and fennel essential oils (*Foeniculum vulgare*) on the shelf life of *Huso huso* fish fillets during the storage. *Food Science and Nutrition* **7**:3030–3041.
- Mahdavi V, Hosseini SE, Sharifan A. 2018. Effect of edible chitosan film enriched with anise (*Pimpinella anisum L.*) essential oil on shelf life and quality of the chicken burger. *Food Science and Nutrition* **6**:269–279.
- Maleki M, Mohsenzadeh M. 2022. Biodegradable Nanocomposite Film Based on Carboxymethyl Cellulose/Persian Gum Containing TiO<sub>2</sub> and Fennel Essential Oil: Investigation of Chemical, Antimicrobial, and Sensory Properties on Rainbow Trout Fillet. *Journal of Polymers and the Environment* **30**:3316–3326. Springer US. DOI: 10.1007/s10924-022-02419-z.
- Malhotra SK. 2006. Caraway. Page (K.V. Peter, editor) *Handbook of Herbs and Spices*. Woodhead Publishing, Velká Británie.
- Maurya A, Prasad J, Das S, Dwivedy AK. 2021. Essential Oils and Their Application in Food Safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems* **5**.
- Mazandrani HA, Javadian SR, Bahram S. 2016. The effect of encapsulated fennel extracts on the quality of silver carp fillets during refrigerated storage. *Food Science and Nutrition* **4**:298–304.
- Michalczyk M, Macura R, Tesarowicz I, Banaś J. 2012. Effect of adding essential oils of coriander (*Coriandrum sativum L.*) and hyssop (*Hyssopus officinalis L.*) on the shelf life of ground beef. *Meat Science* **90**:842–850.
- Mnif S, Aifa S. 2015. Cumin (*Cuminum cyminum L.*) from traditional uses to Potential Biomedical Applications. *Chemistry and Biodiversity* **12**:733–742.
- Mohammadi S, Aroiee H, Aminifard MH, Jahanbakhsh V. 2012. In vitro and in vivo antifungal activities of the essential oils of various plants against strawberry grey mould disease agent *Botrytis cinerea*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* **45**:2474–2484.
- Mostafidi M, Sanjabi MR, Shirkhan F, Zahedi MT. 2020. A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* **103**:321–332. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.07.009.
- Mukhopadhyay S, Ukuku DO, Juneja VK, Nayak B, Olanya M. 2017. Principles of Food Preservation. Pages 17–39 in Vijay K. Juneja, Hari P. Dwivedi JNS, editor. *Microbial*

- Control and Food Preservation. Springer US, New York.
- Nadeem M, Anjum FM, Khan MI, Tehseen S, El-Ghorab A, Sultan JI. 2013. Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum L.*): A review. *British Food Journal* **115**:743–755.
- Naeem A, Abbas T, Ali TM, Hasnain A. 2018. Effect of guar gum coatings containing essential oils on shelf life and nutritional quality of green-unripe mangoes during low temperature storage. *International Journal of Biological Macromolecules* **113**:403–410. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.01.224.
- Nieto G. 2017. Biological Activities of Three Essential Oils of the Lamiaceae Family. *Medicines* **4**:63.
- Orav A, Raal A, Arak Elma. 2008. Essential oil composition of *Pimpinella anisum L.* fruits from various European countries. *Natural Product Research* **22**:227–232. DOI: 10.1080/14786410701424667.
- Ostad SN, Soodi M, Shariffzadeh M, Khorshidi N, Marzban H. 2001. The effect of fennel essential oil on uterine contraction as a model for dysmenorrhea, pharmacology and toxicology study. *Journal of Ethnopharmacology* **76**:299–304.
- Öztürk F, Gündüz H, Sürengil G. 2021. The effects of essential oils on inactivation of *Listeria monocytogenes* in rainbow trout cooked with sous-vide. *Journal of Food Processing and Preservation* **45**:1–10.
- Prakash B, Kedia A, Singh A, Yadav S, Singh A, Yadav A, Deepika, Dubey NK. 2016. Antifungal, Antiaflatoxin and Antioxidant Activity of Plant Essential Oils and Their In Vivo Efficacy in Protection of Chickpea Seeds. *Journal of Food Quality* **39**:36–44.
- Půtová B. 2019. Aromaterapie jako součást antropologického diskurzu. *Anthropologia integra* **10**:31–45.
- Ramsey JT, Shropshire BC, Nagy TR, Chambers KD, Li Y, Korach KS. 2020. Essential oils and health. *Yale Journal of Biology and Medicine* **93**:291–305.
- Rasooli I, Allameh A. 2015. Caraway (*Carum carvi L.*) Essential Oils. Page (Victor R. Preedy, editor) *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Elsevier Inc. DOI: 10.1016/B978-0-12-416641-7.00032-8.
- Rasooli I, Rezaei MB, Allameh A. 2006. Ultrastructural studies on antimicrobial efficacy of thyme essential oils on *Listeria monocytogenes*. *International Journal of Infectious Diseases* **10**:236–241.
- Regnault-Roger C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews* **2**:25–34.
- Ribeiro JC, Peruzi GAS, Bruzaroski SR, Tamanini R, Lobo CMO, Alexandrino B, Conti ACM, Alfieri AA, Beloti V. 2019. Short communication: Effect of bactofugation of raw milk on counts and microbial diversity of psychrotrophs. *Journal of Dairy Science* **102**:7794–7799. American Dairy Science Association. DOI: 10.3168/jds.2018-16148.
- Rocha L, Fernandes CP. 2016. Aniseed (*Pimpinella anisum, Apiaceae*) Oils. Pages 209–213 *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-416641-7.00022-5.

- Romeo F V., De Luca S, Piscopo A, De Salvo E, Poiana M. 2010. Effect of some essential oils as natural food preservatives on commercial grated carrots. *Journal of Essential Oil Research* **22**:283–287.
- Sadgrove NJ, Padilla-González GF, Leuner O, Melnikovova I, Fernandez-Cusimamani E. 2021. Pharmacology of Natural Volatiles and Essential Oils in Food, Therapy, and Disease Prophylaxis. *Frontiers in Pharmacology* **12**:1–16.
- Saranraj P, Stella D, Reetha D. 2012. Microbial Spoilage of Vegetables and Its Control Measures: a Review. *International Journal of Natural Product Science* **2**:1–12.
- Sayadi M, Amiri S, Radi M. 2022a. Active packaging nanocomposite gelatin-based films as a carrier of nano TiO<sub>2</sub> and cumin essential oil: the effect on quality parameters of fresh chicken. *Journal of Food Measurement and Characterization* **16**:420–430. Springer US. DOI: 10.1007/s11694-021-01169-1.
- Sayadi M, Mojaddar Langroodi A, Amiri S, Radi M. 2022b. Effect of nanocomposite alginate-based film incorporated with cumin essential oil and TiO<sub>2</sub> nanoparticles on chemical, microbial, and sensory properties of fresh meat/beef. *Food Science and Nutrition* **10**:1401–1413.
- Sayed-Ahmad B, Talou T, Saad Z, Hijazi A, Merah O. 2017. The Apiaceae: Ethnomedicinal family as source for industrial uses. *Industrial Crops and Products* **109**:661–671. Elsevier. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.09.027.
- Sayyari Z, Rabani M, Farahmandfar R, Esmailzadeh Kenari R, Mousavi Nadoshan R. 2021. The Effect of Nanocomposite Edible Coating Enriched with *Foeniculum vulgare* Essential Oil on the Shelf Life of *Oncorhynchus mykiss* Fish Fillets during the Storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology* **30**:579–595. Taylor & Francis. DOI: 10.1080/10498850.2021.1901815.
- Sharafati Chaleshtori F, Taghizadeh M, Rafieian-kopaei M, Sharafati-chalesshtori R. 2016. Effect of Chitosan Incorporated with Cumin and Eucalyptus Essential Oils As Antimicrobial Agents on Fresh Chicken Meat. *Journal of Food Processing and Preservation* **40**:396–404.
- Shelf LA. 2003. HERBS | Herbs of the Umbelliferae. Page (Benjamin Caballero, editor) *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press, San Diego.
- Šilhánková L. 2002. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnologie 3. vydání*. Academia, Praha.
- Singh G, Kapoor IPS, Singh P. 2011. Effect of volatile oil and oleoresin of anise on the shelf life of yogurt. *Journal of Food Processing and Preservation* **35**:778–783.
- Soccol CR, Pandey A, Larroche C. 2013. Fermentation processes engineering in the food industry. Pages 1–464 in Carlos R. Soccol, Pandey A, Larroche C, editors. *Fermentation Processes Engineering in the Food Industry*. Dublin.
- Šojić B, Pavlić B, Ikončić P, Tomović V, Ikončić B, Zeković Z, Kocić-Tanackov S, Jokanović M, Škaljac S, Ivić M. 2019. Coriander essential oil as natural food additive improves quality and safety of cooked pork sausages with different nitrite levels. *Meat Science* **157**:107879. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.meatsci.2019.107879.

- Šojić B, Tomović V, Savanović J, Kocić-Tanackov S, Pavlić B, Jokanović M, Milidrag A, Martinović A, Vujadinović D, Vukić M. 2021. Sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil as a potential replacement for sodium nitrite in dry fermented sausages. *Processes* **9**:1–15.
- Som Nath Mahindru. 2009. Food additives. APH Publishing, New Delhi.
- Sowbhagya HB. 2013. Chemistry, Technology, and Nutraceutical Functions of Cumin (*cuminum cyminum* L): An Overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **53**:1–10.
- Stratakos AC, Delgado-Pando G, Linton M, Patterson MF, Koidis A. 2015. Synergism between high-pressure processing and active packaging against *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat chicken breast. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **27**:41–47. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.ifset.2014.11.005.
- Sun W, Shahrajabian MH, Cheng Q. 2019. Anise (*Pimpinella anisum* L.), a dominant spice and traditional medicinal herb for both food and medicinal purposes. *Cogent Biology* **5**:1673688. DOI: 10.1080/23312025.2019.1673688.
- Svoboda Z, Mikulíková R, Pluháčková H, Běláková S, Benešová K. 2016. Analysis of Essential Oils Usable for Fortification of Food Products. *Kvasný Průmysl* **62**:157–160.
- Thiviya P, Gunawardena N, Gamage A, Madhujith T, Merah O. 2022. Apiaceae Family as a Valuable Source of Biocidal Components and their Potential Uses in Agriculture. *Horticulturae* **8**.
- Thomas L V., Delves-Broughton J. 2014. Preservatives: Permitted Preservatives - Sorbic Acid. Page Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition Second Edi. Elsevier. DOI: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00268-8.
- Tomović V, Šojić B, Savanović J, Kocić-Tanackov S, Pavlić B, Jokanović M, Đorđević V, Parunović N, Martinović A, Vujadinović D. 2022. Caraway (*Carum carvi* L.) essential oil improves quality of dry-fermented sausages produced with different levels of sodium nitrite. *Journal of Food Processing and Preservation* **46**:1–9.
- Tongnuanchan P, Benjakul S. 2014. Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science* **79**:1231–1249.
- Upadhyay A, Agrahari P, Singh DK. 2014. A review on the pharmacological aspects of *Terminalia chebula*. *International Journal of Pharmacology* **10**:289–298.
- Valášek P. 2020. Minimalizace rizik při úchově potravin. *Soudní inženýrství* **31**:47.
- Velázquez-Sámano G, Collado-Chagoya R, Cruz-Pantoja RA, Velasco-Medina AA, Rosales-Guevara J. 2019. Hypersensitivity reactions to food additives. *Revista Alergia Mexico* **66**:329–339.
- Vergis J, Gokulakrishnan P, Agarwal RK, Kumar A. 2015. Essential Oils as Natural Food Antimicrobial Agents: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **55**:1320–1323.
- Vlková E, Rada V, Killer J. 2009. *Potravinářská mikrobiologie*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Wagner LS, Sequin CJ, Foti N, Campos-Soldini MP. 2021. Insecticidal, fungicidal, phytotoxic activity and chemical composition of *Lavandula dentata* essential oil.

- Biocatalysis and Agricultural Biotechnology **35**:102092. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/j.bcab.2021.102092.
- Wei JN, Liu ZH, Zhao YP, Zhao LL, Xue TK, Lan QK. 2019. Phytochemical and bioactive profile of *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry* **286**:260–267.
- World Health Organization. 2015. Food safety. Available from [https://www.who.int/health-topics/food-safety#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/food-safety#tab=tab_1) (accessed October 2015).
- Yahyaeyat R, Khosravi AR, Shahbazzadeh D, Khalaj V. 2013. The potential effects of *Zataria multiflora* boiss essential oil on growth, aflatoxin production and transcription of aflatoxin biosynthesis pathway genes of toxigenic *Aspergillus parasiticus*. *Brazilian Journal of Microbiology* **44**:649–655.

## **9 Seznam použitých zkratk a symbolů**

CFU – kolonie tvořící jedn