

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra kvality zemědělských produktů



Využití rostlinných látek pro konzervaci masa a masných výrobků

Bakalářská práce

Autor práce: Denisa Bělinová

Obor: výživa a potraviny

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Klouček, Ph.D.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití rostlinných látek pro konzervaci masa a masných výrobků" 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 _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Pavlu Kloučkovi, Ph.D. za cenné rady a čas, který mi věnoval. Také bych ráda poděkovala rodině, která mě po celou dobu studia podporovala.

Využití rostlinných látek pro konzervaci masa a masných výrobků

Souhrn

Potraviny pro člověka hrají životně důležitou funkci a je nutné je chránit před kažením. Kažení významně ovlivňují mikroorganismy, které se do masa mohou dostat různými cestami a v rozkladné flóře kolísají podle několika faktorů. Mimo kažení mohou být využity při výrobě potravin (fermentace). Můžeme je rozdělit do tří skupin – psychrofilní, mezofilní a termofilní.

Mezi nejčastěji konzumovaná masa patří drůbeží, vepřové, hovězí, rybí, králičí a okrajově zvěřina. Pro konzervaci masa můžeme využít látky některých rostlin, mezi nejvýznamnější rostliny patří šalvěj, saturejka, tymián, oregano, hřebíček, koriandr, hřebíček, rozmarýn, fenykl, levandule, kmín, hořčice, pepř, citron, bergamot, bazalka, křen a majoránka. Za antibakteriální aktivitu zodpovídají složky silic – terpeny, seskviterpeny a ostatní. Jejich antimikrobiální aktivitu ovlivňuje obsah složek potravin, zejména tuku. Mechanismus účinku složek silic doposud nebyl důkladně prozkoumán. Jednotlivé složky a způsoby úchovy mezi sebou mohou reagovat. Problémem využití silic může být změna chuti, což se ale dá vyřešit použitím nižší koncentrace silic v kombinaci s dalšími způsoby úchovy.

Byly provedeny studie in vitro, prokázána byla antibakteriální aktivita silic a jejich složek proti *A. hydrophila*, *Bacillus* spp., *C. jejuni*, *Clostridium* spp., *E. coli*, *L. monocytogenes*, kvasinkám a plísním, *Pseudomonas* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *S. aureus*, *S. typhimurium*, *V. parahaemolyticus* a *K. pneumoniae*. Obecně jsou citlivější gram pozitivní bakterie než gram negativní, pravděpodobně z důvodu tenčí buněčné stěny.

Experimentálně bylo zjištěno, že maso a masné produkty lze konzervovat extrakty z různých rostlin, nejčastěji z tymiánu, oregana, hřebíčku, šalvěje a rozmarýnu. U ryb a mořských plodů se dají navíc využít silice z fenyklu, levandule, citronu a bergamotu. Využívání silic pro konzervaci masa a masných výrobků je schvalováno a kontrolováno Evropskou komisí.

Klíčová slova: silice, rostlinné látky, mikroorganismy, onemocnění z potravin, maso, konzervace, rostliny

The application of natural substances in meat and meat products conservation

Summary

Foodstuff play a vital role in human life, and therefore it is necessary to protect it against spoilage. Spoilage is significantly affected by microorganisms that can get into the meat by different ways and vary according to several factors in decomposition flora. Except spoilage microorganisms can be used in food production (fermentation). We can divide them into three groups – psychrophilic, mesophilic and thermophilic.

The most commonly consumed meat is poultry, pork, beef, fish, rabbit and less often venison. For preserving meat we can use plant substances, among the most important plants are sage, satureja, thyme, oregano, clove, coriander, rosemary, fennel, lavender, cumin, mustard seed, pepper, lemon, bergamot, basil, horseradish and marjoram. For antibacterial activity, the components of essential oils – terpenes, sesquiterpens and others are responsible. Their antimicrobial activity affects the content of food components, especially fat. The mechanism of action of essential oils components has not been thoroughly examined. Individual components and ways of preserving can react with each other. The problem of using essential oils can be a change in taste, but can be solved by using a lower concentration of essential oils in combination with other methods of preservation.

In vitro studies have been performed and demonstrated antibacterial activity of the essential oils and their components against *A. hydrophila*, *Bacillus spp.*, *C. jejuni*, *Clostridium spp.*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, yeast, molds, *Pseudomonas spp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella spp.*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *V. parahaemolyticus* and *K. pneumoniae*. Generally, gram positive bacteria are more sensitive than gram negative, probably due to thinner cell walls.

Experimentally, it has been found that meat and meat products can be preserved with extracts from various plants, most often from thyme, oregano, cloves, sage and rosemary. Above that fish and seafood can be preserved with fennel, lavender, lemon and bergamot. The use of essential oils for the preservation of meat and meat products is approved and controlled by the European Commission.

Keywords: essential oils, plant substances, microorganism, foodborne disease, meat, preservation, plants

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Cíl práce.....	8
3 Literární rešerše	9
3.1 Kažení potravin	9
3.1.1 Faktory způsobující kažení potravin	9
3.1.2 Mikrobiální kažení.....	9
3.2 Význam mikroorganismů v mase a masných výrobcích.....	10
3.2.1 Výroba	10
3.2.2 Kažení.....	11
3.2.3 Mikrobiologie masa	11
3.2.4 Psychofilní mikroorganismy	12
3.2.5 Mezofilní mikroorganismy	12
3.2.6 Termofilní mikroorganismy	16
3.2.7 Zdroje mikroorganismů v čerstvém syrovém mase.....	16
3.2.8 Mikrobiologie jednotlivých druhů masa	17
3.3 Konzervace potravin.....	23
3.3.1 Způsoby konzervace masa	24
3.4 Rostlinné látky a možnosti konzervace.....	24
3.4.1 Rostliny.....	24
3.4.2 Antimikrobiální látky.....	28
3.4.3 Potraviny jako faktor ovlivňující antimikrobiální aktivitu	30
3.4.4 Mechanismus účinku	30
3.4.5 Interakce mezi jednotlivými složkami silic.....	31
3.4.6 Interakce mezi složkami silic a způsoby konzervace nebo úchovy masa .	32
3.4.7 Organoleptické vlastnosti při použití silic v mase.....	33
3.4.8 Působení rostlinných látek na patogeny in vitro	34
3.4.9 Pokusy s přírodními konzervanty v mase	38
3.4.10 Ryby.....	43
3.4.11 Právní předpisy používání silic a jejich komponentů v potravinách.....	46
4 Závěr	47
5 Použitá literatura	48

1 Úvod

Potraviny jsou pro člověka životně důležité a onemocnění z nich je celosvětově jedním z nejčastějších onemocnění. Patogeny se do potravin dostávají různými cestami, a to i přes to, že se stále zlepšuje kvalita zacházení se zvířaty, kvalita a hygiena porážky i následné manipulace s poraženými těly. Člověk se po staletí snaží zabránit patogenům znehodnocovat potraviny. V poslední době roste zájem o zdravý životní styl a zároveň o zdravotní nezávadnost potravin a lidé se stále více zajímají jak o potraviny jako takové, tak o složky, které do nich jsou přidávány. Jednou z možností, jak se vyhnout syntetickým konzervantům, je využití rostlinných konzervačních látek, popřípadě kombinací těchto látek s dalšími způsoby konzervace, jako je například chlazení. Další výhodou využití rostlinných konzervantů je možné snížení množství používané soli pro konzervaci. Ke snížení množství konzumované soli vyzívá světová zdravotnická organizace. Mezi výhody využití těchto látek patří také zachování nutričních hodnot potraviny. Do budoucna představují rostlinné konzervační látky dobrý potenciál ve využití při konzervaci potravin.

2 Cíl práce

Cílem práce je shromáždění a vyhodnocení informací týkajících se využití rostlinných látek pro konzervaci masa a masných výrobků, při ochraně proti onemocnění z těchto potravin a prodloužení doby skladování. Výsledkem je přehled získaných informací.

3 Literární rešerše

3.1 Kažení potravin

Kažení potravin zahrnuje hodně změn, které znemožní využití potravin pro konzumaci z různých příčin. Často je obtížné rozhodnout pohledem, kdy je jídlo skutečně zkažené, co je a co není vhodné ke konzumaci. Na toto téma existují rozdílné názory v celosvětovém měřítku. Například Britové preferují zavěšení zvěřiny po dobu několika dní, aby došlo k organoleptickým změnám, které podporují rozvoj silné chuti. Proti tomu se například ryby konzumují čerstvé a zrání nepřipadá v úvahu. Spotřebitelé hodnotí kvalitu potravin vlastními smysly, jako je zrak, čich, chuť a hmat (Forsythe et Hayes, 1998).

3.1.1 Faktory způsobující kažení potravin

- Poškození hmyzem
- Fyzické poranění v důsledku modřiny, tlaku, zmrazení, sušení a radiace
- Aktivita endogenních enzymů zvířat a rostlin
- Chemické změny neindukované mikrobiálními nebo přirozenými enzymy
- Aktivita mikroorganismů, zejména bakterií, kvasinek a plísní

(Forsythe et Hayes, 1998)

3.1.2 Mikrobiální kažení

Mikroorganismy, stejně jako lidé, potřebují živiny jako zdroj energie, pro růst buněk a pro rozmnožování. Jednou z důležitých funkcí mikroorganismů je degradovat již nepotřebný organický materiál na prvky, které mohou být využity. Stejně tak bohužel napadají i naše potraviny (G. J. Banwart, 1998)

Skladovatelnost potravin závisí na rychlosti kažení. Mikrobiální kažení je nepochybně jedním z nejdůležitějších. Dominantní mikroorganismy kolísají podle parametrů jako je pH, teplota, oxidačně-redukční potenciál a vodní aktivita (Morpeth, 1995).

pH

Většina mikroorganismů roste při neutrálním pH (6,5–7,5). Málo se jim daří při pH nižším než 4 a vyšším než 9, ale mohou přežít pH nižší než 1 a vyšší než 11. Bakterie obecně bývají náročnější na pH než kvasinky a plísně, které převládají v kyselějších prostředích než

je pH 6 (Morpeth, 1995). Pohyb bakterií se výrazně snižuje při pH mezi 3–4 a vyšším než 9. Optimální pH pro pohyb je 5–9 (Brychta et al., 2014).

Teplota

Většina mikroorganismů podílejících se na kažení potravin roste nejlépe při teplotě mezi 15 a 40 °C, i když výrazný růst může nastat i mezi 7 a 60 °C. Mnoho výrobních zařízení má proto problémy s kazivostí v letních měsících (Morpeth, 1995). Blíže je podle teploty můžeme rozdělit na psychrofilní, mezofilní a termofilní.

Oxidačně redukční potenciál

Mikroorganismy vykazují různou citlivost k oxidačně-redukčnímu potenciálu podle jejich životního prostředí. Nejvýznamnějším příkladem je to, jak organismus reaguje za přítomnosti kyslíku. Podle vztahu ke kyslíku můžeme bakterie rozdělit na obligátně aerobní (potřebují kyslík, jinak hynou), mikroaerofilní (potřebují kyslík, ale v nižší koncentraci, než je v atmosféře), fakultativně anaerobní (rostou za přítomnosti i nepřítomnosti kyslíku) a obligátně anaerobní (nesmí mít kyslík, jinak hynou). Plísně a kvasinky bývají aerobní, ale existují i příklady fakultativně anaerobních hub a fakultativně anaerobních kvasinek (Morpeth, 1995).

Vodní aktivita

Vodní aktivita (A_w) je míra obsahu vlhkosti v systému. Většina bakterií, podílejících se na kažení potravin, vyžaduje vodní aktivitu nejméně 0,91; kvasinky mohou obvykle růst při méně než A_w 0,88 a houby rostou při A_w 0,8. Nejnižší možná A_w , kdy mikroorganismy mohou růst, je 0,6. Vodní aktivita obvykle neslouží jako prostředek kontroly mikrobiálního růstu v průmyslových systémech (Morpeth, 1995).

3.2 Význam mikroorganismů v mase a masných výrobcích

3.2.1 Výroba

Některé reakce mikroorganismů mohou být prospěšné, pokud jsou kontrolovány (G. J. Banwart, 1998). Mikroorganismy jsou důležité při výrobě potravin. Používají se při fermentaci. Hlavními substráty používanými při komerční výrobě fermentovaných výrobků jsou mléko, maso, okurky a zelí (Caplice et Fitzgerald, 1999). Mikroorganismy mění potraviny na jiné produkty, například zelí na kysané zelí nebo alkohol na ocet (G. J. Banwart, 1989).

Například fermentované salámy jsou vyráběny mléčným kvašením směsi rozmělněného masa, smíchaného s tukem, solí, konzervačními látkami (dusitany, dusičnany), cukrem a kořením. Suché salámy mají vodní aktivitu (A_w) menší než 0,90, obvykle nejsou uzené nebo tepelně zpracované a jsou konzumované bez vaření. A_w u polosuchých párků je v rozmezí 0,90–0,95 a bývají tepelně zpracovány v kouři. Fermentační teploty se mění podle produktu, obecně jsou ale nižší než 22 °C u suchých uzenin a 22–26 °C pro polosuché uzeniny. Konečné pH u párků vyrobených bez přidání startéru je 4,6–5,0, párky s použitím startéru mají konečné pH 4,0–4,5. U klobás při kvašení převládá *Lactobacillus sakei* a *Lactobacillus curvatus* (Hugas et al., 1993). Startovací kultura se obvykle skládá z bakterií mléčného kvašení (laktobacily a pediococci) a kataláza pozitivních koků (*Streptococcus carnosus* a *Micrococcus varians*). Kvasinky a plísně používané jako spouštěče jsou *Debaryomyces hansenii*, *Candida famata*, *Penicillium nalgiovense* a *Penicillium chrysogenum* (Caplice et Fitzgerald, 1999).

3.2.2 Kažení

U chlazeného masa jsou významné psychrofilní bakterie, které při vyšší koncentraci způsobují organoleptické změny, jako je osliznutí, změna barvy a pachu. Ze začátku jsou nejpočetněji zastoupené bakterie rodu *Pseudomonas* a mikrokoky. Při kažení se rozvíjí další bakteriální rody. Konečné osídlení mikroorganismy závisí jak na bakteriálních produktech, dostupnosti kyslíku, pH, vlhkosti a teplotě, tak i na složení masa – libové x tučné, hovězí x vepřové (Brychta et al., 2014).

3.2.3 Mikrobiologie masa

Mikroorganismy, které mohou být nebezpečné v řadě masných produktů, jsou *Salmonella* spp., enterohaemorrhagic *Escherichia coli* (sérotyp O157), některé sérovary *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum* a *Bacillus cereus*. Otravy mohou být způsobeny *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae*., kvasinkami a plísněmi (ICMSF, 1998).

Protože má na přežití nebo prospívání mikroorganismů velký vliv teplota, můžeme je rozdělit na psychrofilní, mezofilní a termofilní.

3.2.4 Psychrofilní mikroorganismy

Psychrofilní organismy mají schopnost růst už od 0 °C (Gounot, 1986). Maximální teplota pro jejich růst nebo šíření v potravinách je 20 °C (Wabeck, 2002). Některé z nich jsou pro člověka patogenní nebo toxické (Gounot, 1986). Jednou z nejvýznamnějších v mikrobiologii masa je rod *Pseudomonas*.

***Pseudomonas* spp.**

Jedná se o bakterii, která se běžně vyskytuje v půdě a ve vodě. Zahrnuje 4 druhy považované za potenciální patogeny: *P. aeruginosa*, *P. maltophilia*, *P. pseudomallei*, *P. mallei*. Je gram negativní, netvoří spóry, kataláza a oxidáza pozitivní (Jacobson, 1984).

Pseudomonas při kažení produkuje specifické pachy a způsobuje charakteristické zelené fluorescentní zbarvení viditelné pod ultrafialovým zářením (Wabeck, 2002).

Například původce *Pseudomonas aeruginosa* je schopen napadat pozoruhodný počet míst v lidském těle (Roig et Sabria, 2003). Může způsobit smrtelné onemocnění, vést k lokální infekci nebo pouze osídlit dýchací systém, kůži nebo močové cesty u pacientů, kteří jsou zcela bez příznaků. Většinou způsobuje záněty kůže, měkkých tkání, může se projevit průjmem, ale výjimečně se může vyvinout i smrtelná pneumonie nebo infekce krve. Závažnost infekce a to, zda se projeví, závisí na typu hostitele (např. na jeho imunitním systému), ale také na tom, jak se patogen do těla dostane, např. z katetru (Stryjewski et Sexton, 2003).

3.2.5 Mezofilní mikroorganismy

Mezofilní mikroorganismy žijí v rozmezí mezi 20–40 °C, teplotní optimum pro patogenní mikroorganismy je kolem 37,5 °C (teplota lidského těla). Do této skupiny patří široká škála člověku nebezpečných bakterií.

***Salmonella* spp.**

Salmonella je pohyblivá, gram negativní, aerobní tyčinka z čeledi *Enterobacteriaceae*. Rod *Salmonella* je obligátně patogenní a je rozdělen na pět podskupin zahrnujících kolem 2 000 sérovarů. Tato bakterie může infikovat savce, ptáky, plazy i další zvířata (Wigley, 2004). *Salmonella* způsobuje celosvětově závažné zoonózy. Díky rozsáhlému používání konzervantů, nejen v potravinách, si tento patogen vytváří rezistenci na běžně užívané konzervanty (Bajpai et al., 2012). Tyto nebezpečné buňky se staly hlavní příčinou onemocnění z potravin (Rabsch et al., 2001).

Akutní salmonelová infekce celosvětově negativně ovlivňuje lidské zdraví, zejména nebezpečná je u dětí (Jugulete et al., 2013). Například patnáct kmenů salmonel bylo izolováno od dětí, mladších tří let, s klinickými příznaky průjmů (Shobirin et al., 2003). Klinické příznaky salmonelové infekce se liší v závislosti na imunitě hostitele, počtu infekčních buněk a doprovodných onemocnění. U zvířat často salmonelové infekce probíhají asymptomaticky, ale mohou se projevit horečkou, nechutenstvím, průjmem, zvracením a bolestmi břicha. Obvykle mohou být syndromy salmonelové infekce rozděleny na asymptomatické, gastroenteritidu, bakteriémii, endotoxikémii a na infekci lokalizovanou přímo na orgán (Wigley, 2004). U člověka se projevují hlavně horečkou, zvracením, bolestmi břicha a často až desítkami zelených vodnatých stolic denně. U dětí je ve stolici často přítomen hlen a krev (Ambrožová, 2011).

Enterohaemorrhagic *Escherichia coli* (sérotyp O157)

E. coli je fakultativně anaerobní, gram negativní, pohyblivá nebo nepohyblivá tyčinka, kterou běžně nacházíme v trávicím traktu lidí i zvířat. I přes to, že je velmi frekventovaná, způsobuje celou řadu bakteriálních infekcí, zahrnujících infekce močového systému, bakteriémii, různé průjmové onemocnění, dokonce i novorozeneckou meningitidu a nozokomiální pneumonii (Coia et Cubie, 1995a).

Enterohaemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) je už dlouhou dobu významný původce onemocnění celosvětově ohrožujících lidské zdraví (Hartland et Leong, 2013). Například ve Spojených státech tato bakterie každoročně způsobuje více než 70 000 průjmových onemocnění v důsledku požití kontaminované potravy. Začátek sledu událostí, které předcházejí životu ohrožující hemoragické kolitidě a hemolytickému uremickému syndromu, není plně zohledňován v důsledku počáteční asymptomatické fáze (In et al., 2016). Hemoragická kolitida je závažným projevem hemolytického uremického syndromu (R. C. Rahman et al., 2012). Projevuje se křečemi v břiše a často krvavým průjmem.

EHEC je většinou spojována s potravinami živočišného původu, zejména s mletým hovězím masem (Murphy et al., 2005).

Yersinia enterocolitica

Je gram negativní, fakultativně anaerobní, ureáza pozitivní, oxidáza negativní bacil způsobující průjmová onemocnění. Tyto organismy běžně nacházíme v prostředí a v gastrointestinálním traktu mnoha druhů zvířat, s výjimkou izolovaných prasat (Coia et Cubie, 1995b). Je to celosvětově rychle se šířící patogen spojený s širokým spektrem

klinických a imunologických projevů. Způsobuje například střevní koliku, dokáže ale vyvolat i potenciálně smrtelnou systémovou infekci (Cover et Aber, 1989).

Yersinia enterocolitica byla pozorována na všech kontinentech, nejčastější je ale v Evropě. Infekce je typicky zahájena požitím kontaminované potravy nebo vody (Bottone, 1999). Tento patogen způsobuje mezenterickou lymfadenitidu (Fredriksson-Ahomaa et al., 2006).

Staphylococcus aureus

Staphylococcus aureus je gram pozitivní kok tvořící hrozny. Je nepohyblivý a vytváří charakteristické zlatě žluté kolonie. Je to kataláza pozitivní a fakultativně anaerobní mikroorganismus (Arun K. Bhunia, 2008).

S. aureus je nejvýznamnější z rodu *Staphylococcus*. Přirozeně se vyskytuje na lidské i zvířecí kůži, někdy ale může způsobit infekci mnoha orgánů (Arun K. Bhunia, 2008). Kožní kolonie jsou spojeny se závažností atopické dermatitidy (Chambers, 2001).

Listeria monocytogenes

Je to gram pozitivní bakterie, široce rozšířená v přírodě, od roku 1929 uznaná jako původce lidských onemocnění (Mazor et al., 1992).

Listeria monocytogenes je původce lidské i zvířecí listeriózy. K nákaze dojde po požití kontaminované potravy (Alam et al., 2016). Listerióza je celosvětově závažná zoonóza (Beli et al., 2014). Lidská listerióza může být charakterizována celou řadou příznaků jako je gastroenteritida (zánět žaludku a střev (Rédei, 2008)), meningitida (zánět mozkových blan (Woodhouse, 2017)), potraty, perinatální (novorozenecká) infekce a septikémie (bakteriální infekce šířící se krevním oběhem). Je celosvětově hlavní příčinou hospitalizace a úmrtí způsobeného požitím kontaminované potravy (Alam et al., 2016). Nejčastěji jsou postiženy těhotné ženy, novorozenci a starší lidé (Little et al., 2012). V těhotenství je spojována s vyšší četností potratů, s předčasnými porody a s mrtvě narozenými novorozenci (Mazor et al., 1992).

Clostridium perfringens

Clostridium perfringens je gram pozitivní sporulující anaerobní tyčinka způsobující gastrointestinální infekce u lidí i zvířat (McDonel, 1980). Tato bakterie vytváří nejvyšší počet toxinů z bakterií nebezpečných pro lidské zdraví (Popoff et Bouvet, 2009). Tato bakterie je přítomná všude v prostředí (McLauchlin et Grant, 2007). Jedná se o všudypřítomného

saprofytu obývajícího trávicí trakt zdravých lidí a zvířat (Rogstad et al., 1993). Existuje 5 kmenových typů *C. perfringens*. Každý z nich produkuje unikátní spektrum toxinů (Pesavento et al., 2015). Může způsobit plynovou gangrénu, septický šok, myositis (zánětlivé onemocnění svalů) a hemolýzu (Rogstad et al., 1993).

Otravy způsobené požitím potravy kontaminované tímto patogenem se projevují průjmem a křečemi v břiše. Tyto příznaky nastupují 8–16 hodin po požití a u stávají po 12–24 hodinách, to je ale silně individuální. Záleží například na imunitním systému postiženého (McClane, 2003).

Dále může způsobit nekrotickou enteritidu. To se projevuje silnými křečemi břicha, krvavým průjmem, zvracením a obstrukcemi střevní sliznice. Tyto symptomy se rozvíjí 1–5 dní po požití infekčních buněk. Vážnost této infekce je různá. Lehčí případy se obejdou bez léčby, ty těžší ale často vyžadují operaci, bez příslušné léčby mohou být dokonce smrtelné (McClane, 2003).

Mikroorganismus preferuje substráty, jako jsou masné výrobky, drůbež a omáčky, které obsahují velkou míru vlhkosti a jsou bohaté na bílkoviny (Pesavento et al., 2015).

Clostridium botulinum

Další z třídy *Clostridia* způsobuje botulismus. To je vzácný neuroparalytický syndrom způsobený neurotoxinem produkovaným touto bakterií. Člověk se nakazí požitím kontaminované potravy, znečištěním rány nebo požitím spor clostridií (Stechenberg, 2008). Spóry jsou klidová stádia některých mikroorganismů, ve kterých přežívají v nepříznivých podmínkách (Gargaud et al., 2015). Jejich snadná odolnost k pasteraci vyžaduje důkladné sterilizační procesy (Sonnleitner, 1983).

Bacillus cereus

Bacillus cereus patří do velké skupiny bakterií, které vytváří spóry (Guinebretiere et al., 2013). Jedná se o gram pozitivní bakterii, běžně se vyskytující v prostředí (Spanu et al., 2016). Zvláště nebezpečná je pro mlékárenský průmysl, protože je spojena s výskytem otrav způsobených potravinami produkcí enterotoxinu. Dobře přilne i k nerezovým povrchům a je odolná vůči čistícím prostředkům. Proto může být opakovaně zdrojem znehodnocení zejména mléčných výrobků (Kumari et Sarkar, 2016).

Způsobuje například těžké zánětlivé poškození nitroočních struktur, kdy může dojít až k oslepnutí a to během několika málo dní (Callegan et al., 2017).

Enterobacteriaceae

Tato skupina zahrnuje významné patogeny nebezpečné pro lidi i zvířata. Člověk se obvykle nakazí od zvířat nebo pozřením kontaminované potravy (S. L. Foley et al., 2013). Gram negativní bakterie z této skupiny jsou důležitými příčinami infekcí močových cest, infekcí krve, pneumonií souvisejících s nemocniční péčí a různých nitrobřišních infekcí (Paterson et Doi, 2017).

3.2.6 Termofilní mikroorganismy

Termofilním mikroorganismům se nejvíce daří při teplotách mezi 40–60 °C. Jsou známé už po dlouhou dobu, zvláště zvýšená tepelná stabilita jejich spór (Sonnleitner, 1983). Existují i hypertermofilní mikroorganismy, které rostou při teplotách mezi 70–90 °C.

Campylobacter jejuni

Campylobacter jejuni je gram negativní bakterie (Sahin et al., 2002). Způsobuje kamylobakteriízy.

Kamylobakteriízy jsou zoonózy, jejichž hlavním zdrojem je střevní mikroflóra drůbeže a ostatních produkčních zvířat (González-Hein et al., 2013). *Campylobacter jejuni* byl celosvětově během posledního desetiletí nejčastějším bakteriálním původcem gastroenteritid (Hofreuter, 2014). K nákaze dojde požitím kontaminované vody nebo potravy, zejména kuřecího masa (Herrera, 2001). Typickým příznakem této infekce je vodnatý nebo krvavý průjem (Sahin et al., 2002).

3.2.7 Zdroje mikroorganismů v čerstvém syrovém mase

Je všeobecně známo, že by čerstvě poražená zdravá zvířata neměla být znečištěna patogenními mikroorganismy. Existuje ale mnoho potenciálních zdrojů patogenů hrozících po porážce (Jay et al., 2005).

Po omráčení a zavěšení za zadní nohy, například u volů, dochází k vykvrvení přeríznutím krční tepny nožem, který ovšem není sterilní a může tak umožnit vstup patogenů dovnitř poraženého zvířete. Dalším významným zdrojem mikroorganismů je zvířecí kůže. Z té může dojít k nákaze po vykvrvení, kdy dojde k vytvoření vstupní brány. Ostatní mikroorganismy mohou být ukryty v srsti poraženého zvířete. Některé mikroorganismy přichází vzduchem a mohou kontaminovat tělo po stažení z kůže. Jedním ze zdrojů patogenních mikroorganismů je trávicí trakt opracovávaného těla. K nakažení dojde

propíchnutím některé z částí gastrointestinálního traktu. Patogeny mohou být do masa zavlčeny i z rukou nebo rukavic pracovníků. Pokud nejsou dodrženy hygienické požadavky, může tímto způsobem dojít k přenosu mikroorganismů z jednoho těla na druhé. Při nedostatečné sanitaci dochází ke kontaminaci masa nebezpečnými patogeny i v prostředí kontejnerů. To bývá primární zdroj mikroorganismů v mletém masu. Ke vstupu mikroorganismů může dojít i manipulací s masem nebo ve skladovacích prostorách. V tomto prostředí není sterilní vzduch, a tak se mohou na povrch masa přichytit další mikroorganismy. Za další významný zdroj patogenů považujeme lymfatické uzliny. Ty obvykle obsahují hodně mikroorganismů, zejména bakterií. Ke kontaminaci může dojít jejich narušením (Jay et al., 2005).

Zvíře je hlavním zdrojem kontaminace *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp. a *Yersinia enterocolitica*. Kontaminace jatečných těl může být omezena za předpokladu, že jsou dodrženy přísné postupy při porážce. V prostředí zpracování se mohou nacházet mikroorganismy jako je *Aeromonas* spp., *Listeria* spp, a *Staphylococcus aureus*. Tyto možné patogenní buňky mohou být lehce eliminovány řádným čištěním a dezinfekcí. Slouží tak i jako kontrola úspěšnosti sanitace (Borch et al., 1996).

3.2.8 Mikrobiologie jednotlivých druhů masa

Drůbež

Drůbeží maso je významné jak z hlediska trvanlivosti při skladování, tak z hlediska možných alimentárních onemocnění (Wabeck, 2002). Díky obsahu vysoce stravitelných bílkovin dobré nutriční kvality, nenasycených lipidů, vitamínů skupiny B a minerálů je důležitou složkou naší stravy (Marangoni et al., 2015).

Skladovatelnost

Počet bakterií na produkt v určité fázi výroby závisí na třech faktorech: čas, teplota a počáteční počet. Všechny tři faktory jsou důležité pro udržování skladovatelnosti a zdravotní nezávadnosti. Důležitý je počáteční počet bakterií a celkový čas a teplota mezi zpracováním a spotřebou (Wabeck, 2002).

Když byla poprvé přijata konzervace vakuováním pro drůbež, nedbalo se na kontrolu teploty, a to bylo kritické pro udržení nízkých počtů bakterií, následkem byla krátká doba skladovatelnosti. Skladovací teplota okolo 0 °C pro chlazené a -2 °C pro hluboce chlazené čerstvé produkty je nezbytná pro kontrolu šíření organismů. Tyto teploty by měly být

udržovány u drůbežího masa, které bude použito k dalšímu zpracování zasyrova i k tepelné úpravě (Wabeck, 2002).

Skladovatelnost může být prodloužena, pokud produkt obsahuje nízký počáteční počet mikroorganismů a pokud je udržena nízká teplota. Navýšení teploty o 5 °C může snížit skladovatelnost o tři dny. Mikroorganismy podílející se na kažení rozkládají tuky a proteiny a způsobují další biochemické změny, jejichž výsledkem jsou nežádoucí chutě a pachy (Wabeck, 2002).

Doba skladovatelnosti se v různých studiích liší, a to v závislosti na skladovací teplotě a na konkrétních sledovaných mikroorganismech. Dále pak na dalších podmínkách skladovacího prostředí, jako je například vakuování nebo použití různých fólií (polopropustné, nepropustné,). Obecně nejkratší trvanlivost má maso čerstvé, delší maso vakuované a nejdéle lze skladovat maso hluboce zmrazené.

Kažení

Rod *Pseudomonas* je nejvýznamnější při kažení syrového drůbežího masa. *Pseudomonas* představuje malé procento organismů přítomných po zpracování, ale roste a množí se mnohem rychleji než ostatní psychrofilní organismy. Tato skupina zahrnuje mnoho rozdílných skupin organismů, vyskytujících se na kůži drůbeže, ale mnoho jich je mrtvých nebo je jejich růst inhibován skladovací teplotou (Wabeck, 2002).

Rod *Escherichia*, ze skupiny koliformních bakterií, je používán jako indikátor kvality sanitace a přítomnosti patogenních bakterií. Tyto organismy primárně pochází ze střev ptáků a malá část je od pracovníků zpracovatelských závodů. Skladování drůbeže při teplotě 4,4 °C, nebo nižší, inhibuje jejich růst (Wabeck, 2002).

Vepřové maso

Prasata byla původně chována spíše pro vepřové sádlo než pro libové maso. Proto byla selektována velká, rychle rostoucí prasata. V současnosti jsou proti tomu, například v Severní Americe, prasata poměrně štíhlá a svalnatá (Warriss, 1999). Ze syrového vepřového masa je nejvíce konzumované chutné, výživné maso chlazené. Existuje ale mnoho faktorů, které ovlivňují čerstvost a zdravotní nezávadnost tohoto masa (Li et al., 2014).

V současné době jsou spotřebitelé náročnější, co se týče kvality potravin. Hledají jasné a spolehlivé informace o původu produktu, způsobu výroby a konzervování potravin (Sentandreu et Sentandreu, 2014). Parametry určující kvalitu vepřového masa jsou: pH

(v mnoha případech ovlivňuje například barvu a skladovatelnost), barva (jeden z hlavních atributů při nákupu masa spotřebitelem) a vodní aktivita (Barbon et al., 2016). Dále pak samozřejmě další vlastnosti, jako je například pach masa.

Skladování

Syrové maso je ideálním prostředím pro rychlý růst bakterií, protože poskytuje vlhkost, živiny a prostředí (Paine et Paine, 1992). Po porážce dochází k rychlému ochlazení, čímž se zabrání ztrátám vody a vlhkosti. Snížení množství vyteklých šťáv má i ekonomické výhody. Snížením teploty se také zabraňuje růstu škodlivých patogenů (Ranken et al., 1997). Doba skladování vepřového masa je závislá na více faktorech, stejně jako u masa drůbežího. Například při skladovací teplotě kolem 0 °C, vlhkosti vzduchu 85–90% a nízkém proudění vzduchu, lze čerstvé vepřové maso skladovat maximálně 14 dní (Paine et Paine, 1992).

Kažení

K mikrobiálnímu kažení je citlivé krájené vepřové maso, protože má vysokou vodní aktivitu a pH při chlazení. Je důležité dodržovat teplotu a neznečištěný vzduch ve skladovacích prostorách pro zlepšení kvality, zdravotní nezávadnosti a prodloužení skladovatelnost (Pexara et al., 2002). Mikroorganismy vyskytující se v mase skladovaném v aerobních podmínkách jsou *Bronchothrix thermosphacta*, *Enterobacteriaceae* tolerující nižší teploty, bakterie mléčného kvašení (LAB) a *Pseudomonas* (Lambropoulou et al., 1996).

Díky rostoucí spotřebě vepřového masa se v mnoha zemích masné produkty stávají významným zdrojem salmonelových infekcí. Riziko salmonelových infekcí se zvýšilo s rostoucí spotřebou vepřových produktů (Wang et al., 2017).

Hovězí maso

Zpracování a skladování

Hovězí maso musí být chlazeno ihned po porážce, aby byla zajištěna kvalita a zdravotní nezávadnost. Současná legislativa EU vyžaduje, aby hovězí maso bylo chlazeno hned po porážce tak, aby teplota v jádře nebyla vyšší než 7 °C a 3 °C na povrchu (Reid et al., 2017).

Po porážce bývají těla umístěna do chladících zařízení, kde zůstanou po dobu 48–72 hodin, poté jsou přemístěna do bourací místnosti. Po porážce je teplota jádra okolo 37,7 °C a 22,1 °C na povrchu, po 24 hodinách chlazení klesá na 9,2 °C a 2,9 °C, po 48 hodinách na 3,3 °C a 2 °C. V bourací hale jsou těla rozbourána a vakuově zabalena. Takto se maso nechá

zrát po dobu 3–6 týdnů. Teplota při bourání nepřesahuje 12 °C, skladovací zrací teplota vakuově baleného masa je 0–4 °C (Reid et al., 2017).

Ideální teplota pro skladování čerstvého hovězího masa je kolem 0 °C. Ideální relativní vlhkost je 85–90 %, dále je důležitá nízká cirkulace vzduchu (15–30 cm/s). V takových podmínkách je maximální doba skladovatelnosti čerstvého hovězího masa 21 dní (Paine et Paine, 1992).

Kažení

Maso je bohaté na živiny, a to podporuje růst bakterií. Teplota, pH a vodní aktivita mají vliv na kažení masa. K tomu dochází při nadměrném pomnožení bakterií (Jones, 2004). Zkažení většinou poznáme díky změně barvy, zápachem nebo oslizením. Při nízkých teplotách v aerobním prostředí dominuje rod *Pseudomonas* spp. Do této skupiny patří například sliz a zápach produkující *Pseudomonas fragi*, *Pseudomonas fluorescens* a *Pseudomonas libanensis*. Ke kažení mohou přispět i enterobakterie tolerující nižší teploty, jako je *Hafnia alvei*, *Serratia liquefaciens* a *Pantoea agglomerans*, hlavně pokud dojde ke zvýšení skladovací teploty (Nychas et al., 2008). Dále se mohou vyskytovat bakterie tolerující kyslík, jako jsou bakterie mléčného kvašení (LAB) a *Bronchothrix thermosphacta*. Ty ale při kažení v aerobním prostředí nemají velký význam. Jsou přes to ale důležité, protože po vakuování se stávají hlavními mikroorganismy způsobující kažení (Hernández-Macedo et al., 2011; Russo et al., 2006). Hovězí maso skladované za anaerobních podmínek může být zkaženo i psychrofilním *Clostridium* spp. (Bolton et al., 2015; Moschonas et al., 2010).

Ryby

Rybí maso je po drůbežím mase druhým nejdůležitějším zdrojem bílkovin získaných z masa pro velkou část obyvatel světa. Spektrum rybích produktů je velmi rozsáhlé a zahrnuje spoustu potravin připravených tradičně na lodi nebo moderními potravinářskými metodami. V některých zemích jsou ryby hlavním zdrojem proteinů (Roberts et al., 2005).

Zpracování a skladování

Skladovací teplota a technologie zpracování může omezit nebo zpomalit růst mikroorganismů a zlepšit kvalitu masa a prodloužit trvanlivost (Comi, 2017). Proto jsou ryby krátce po ulovení umístěny do chladících zařízení s požadovanou teplotou (Gordon et Davis,

1998). Nejčastějšími způsoby konzervace je tedy chlazení, dále kontrola dostupného kyslíku a snížení vodní aktivity nebo kombinace těchto metod (Hassoun et Çoban, 2017).

Mezi nejstarší metody konzervace ryb patří sušení a uzení. Studené uzení má 3 fáze: solení, dehydratace a uzení. Solení a dehydratace snižují vodní aktivitu a tím inhibují růst bakterií a plísní, které obecně nemohou růst při A_w nižší než 0,86 v přítomnosti rozpustné soli (Sperber, 1983). Bakteriostatický účinek kouře zajišťují hlavně fenoly. Nízké teploty používané pro studené uzení (20 – 30 °C) bakterie nezabíjí (Løvdal, 2015).

Kažení

Ryby jsou obecně považovány za mnohem snadněji podléhající zkáze, než maso ostatních živočichů (Mayer et Ward, 1991). Rybí maso představuje vynikající prostředí pro růst širokého spektra mikroorganismů podílejících se na kažení (Díky vysokému obsahu volných aminokyselin, vysokému pH po usmrcení a vysokému obsahu vody (Chaillou et al., 2015). Tyto mikroorganismy se do masa mohou dostat z chovu, při lovu, z rukou pracovníků, při zpracování nebo při prodeji. V rybách se mohou vyskytovat psychrotolerantní a/nebo psychrotrofní gram negativní nebo gram pozitivní bakterie, plísně a kvasinky, jejichž biochemická aktivita může vést k produkci amoniaku, biogenních aminů, aldehydů, alkoholů, ketonů, esterů, oxidu uhličitého a dalších molekul zodpovědných za změnu pachů, barvy, příchutí a oslizení (Comi, 2017). Mikroorganismy v rybách nemusí způsobovat viditelné změny na mase, ale pozření už malého množství těchto patogenů může způsobit závažné otravy, dokonce i smrt (Peck, 2006).

obecně se předpokládá, že maso živých, zdravých ryb je sterilní. Přirozená bakteriální flóra se nachází hlavně na vnější vrstvě pokožky žaber a ve střevech. Množství těchto bakterií je přímo závislé na prostředí (Liston, 1956). Tepl vodní ryby mají více mezofilní, gram pozitivní mikroflóru (mikrokoky, bacily), studen vodní ryby převážně gram negativní psychrofilní populace – *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium* a *Vibrio* (Mayer et Ward, 1991). Důležité je dodržet podmínky při zpracování a dále při skladování, aby nedošlo k šíření bakterií ze střev a pokožky žaber dál do masa.

Zvěřina

V posledních letech spotřeba zvěřiny roste, a to pravděpodobně díky více faktorům. Konzumenty láká zvláštní chuť a vůně, ale i představa, že ochutnají něco zdravějšího. Zvěřina je totiž obecně považována za zdravou díky nízkému obsahu tuku, příznivému složení tuku

a poměrně vysokému obsahu bílkovin (Costa et al., 2016). Tuk zvěřiny se skládá převážně ze strukturních lipidových složek (fosfolipidy a cholesterol), které mají vysoké podíly polynenasycených mastných kyselin. Maso má tak žádoucí poměry polynenasycených a nasycených 3 a 6 mastných kyselin. Předpokládá se, že by se zvěřina v příštích letech mohla stát alternativou k masu z domácích zvířat (Hoffman et Wiklund, 2006)

Skladování

Stejně jako u ostatních druhů masa je i u zvěřiny důležité dodržovat správné podmínky skladování. Na toto téma byla provedena studie, která zkoumala vliv teploty na senzoricke vlastnosti zvěřiny. Ze studie vyplývá, že se počet mikroorganismů zvyšuje zvyšováním teplot při skladování. Například při skladovacích teplotách 0 a 7 °C byl pach masa přijatelný ještě po 21 dnech skladování. Při teplotě 15 °C byl pach masa sotva přijatelný už po 7 dnech skladování (Borilova et al., 2016).

Kažení

Zvěřina se obvykle považuje za prostou antibakteriálně rezistentních bakterií (Mateus-Vargas et al., 2017). Řada studií dokazuje přítomnost patogenních bakterií ve střevech, na mandlích nebo na kůži zvířete (Peter Paulsen, 2011). Proto je důležité dbát na přísné podmínky veškerého zacházení s usmrceným zvířetem od porážky až po spotřebu konečným zákazníkem.

Onemocnění hrozící pozřením kontaminované zvěřiny je hepatitida B a tularémie. V roce 2009 bylo zaznamenáno 109 případů nakažení hepatitidou B v Německu. Původce byl nalezen u prasat a divokých kanců. Tularémie je infekce převážně u zajíců, králíků a dalších živočichů, např. bobrů nebo myší (Bandick et Hensel, 2011). Původcem je *Francisella tularensis* (J. E. Foley et Nieto, 2010). Infikovaní zajíci mají příznaky otravy krve. Citliví jsou ale i jeleni, kanci a domácí zvířata (ovce, krávy, prasata, psi a kočky). Největší nebezpečí nakažení se od volně žijící zvěře číhá na lovce, popřípadě další lidi přicházející do styku s mrtvými těly. Příznaky tularémie mělo nejméně 6 lovců z jedné skupiny v listopadu roku 2005 v Německu (Bandick et Hensel, 2011).

Například ve Francii byl proveden výzkum výskytu a množství jednotlivých druhů bakterií u volně žijící zvěře, konkrétně u jelenů a divokých prasat. Podle tohoto výzkumu se nejčastěji v mase vyskytoval patogen *C. perfringens*, nejméně často pak *L. monocytogenes* (Membré et al., 2011).

Králíčí maso

Králíci jsou člověku užiteční zejména prostřednictvím masa a kožešin. Dále také představují důležitý model biomedicínského zvířete (Rogel-Gaillard et al., 2009). Během poslední doby se šlechtitelé zaměřili na zvýšení živé hmotnosti a jateční výtěžnosti z králíků (Dalle Zotte, 2002).

Králíčí maso je dobře stravitelné a oproti masu z ostatních živočichů obsahuje méně energie, tuku, cholesterolu a sodíku. Dokonale vyhovuje současným požadavkům spotřebitelů na nízkotučné maso s vysokým obsahem nenasycených mastných kyselin (Cavani et al., 2009).

Skladování

Byla provedena studie zaměřující se na mikrobiální znehodnocení králíčího masa během aerobního skladování při teplotě 4 °C. Bylo poraženo čtyřicet samců novozélandského bílého králíka (metodou halal). Počty bakterií se obecně zvyšovaly s dobou stárnutí a limit pro čerstvé maso byl dosažen 7 dní po porážce (Nakyinsige et al., 2015).

Kažení

Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících kvalitu masa je stárnutí. To je proces, kdy se svalovina mění na maso (Nakyinsige et al., 2015).

Studie, zmiňovaná v kapitole skladování, dokázala výskyt *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* a *Bronchothrix thermosphacta* (Nakyinsige et al., 2015). Jiná studie rovněž dokazuje výskyt *Pseudomonas* a *Bronchothrix thermosphacta*, dala pak bakterií mléčného kvašení a kvasinek (Hernandez et Gondret, 2006). Další patogeny, které se mohou vyskytovat v králíčím mase jsou *Yersinia enterocolitica*, *Listeria*, *Aeromonas* spp. a *Staphylococcus aureus* (Rodríguez-Calleja et al., 2006).

3.3 Konzervace potravin

Lidé v minulých dobách žili především lovem a shromažďováním ovoce. Postupně začali pěstovat plodiny a držet zvířata v zajetí a tím si zajistili jistější zdroj potravy. Postupem času se lidé začali zajímat o kvalitu potravin a snažili se najít způsob, jak je uchovat – někteří žili v podmínkách vhodných pro zmrazení nebo sušení (Caballero et al., 2015).

Dnes se pro konzervaci používají syntetické konzervanty, proti kterým si řada bakterií vytváří odolnost (Bajpai et al., 2012). Naštěstí je člověk schopný získat antimikrobiální látky z rostlin, které jsou proti patogenům také účinné.

Různé druhy koření jsou celosvětově po staletí využívány hlavně kvůli ochucení jídla, nicméně toto nese s sebou benefity, jako je zabránění množení, nebo dokonce snížení počtu patogenních mikroorganismů v potravinách. Díky této skutečnosti koření mohlo historicky přispět ke zdraví a dlouhověkosti (Billing et Sherman, 1998).

Konzervace potravin je tedy proces, kdy se člověk snaží prodloužit skladovatelnost potravin a zajistit jejich zdravotní nezávadnost.

3.3.1 Způsoby konzervace masa

Tradičně lze metody konzervace masa seskupit do tří širokých kategorií založených na teplotě, vlhkosti a přímo inhibičních procesech (baktericidní a bakteriostatické, jako je např. ionizující záření). Procesy, které se používají při konzervaci masa, se týkají hlavně inhibice mikrobiálního znehodnocení. Mimo to se ale usiluje o minimalizaci dalšího znehodnocení, jako jsou změna barvy a oxidační změny (Zhou et al., 2010).

Způsobů konzervace masa známe mnoho, nejznámějšími jsou mražení, sušení, balení v modifikované atmosféře za použití různých typů obalů, uzení nebo solení. Během posledních let se vědci zajímají o další způsoby konzervace, do popředí zájmu se tak dostávají rostlinné látky.

3.4 Rostlinné látky a možnosti konzervace

3.4.1 Rostliny

Některé koření a byliny, kromě chuťových efektů, mají i antimikrobiální účinky. V potravinářském průmyslu se používají za účelem prodloužení trvanlivosti potravin. Z rostlin se získávají různými metodami z květů (cibule), pupenů (cibule), semen (kmín, fenykl, petržel), listů (rozmarýn, šalvěj, bazalka, oregano, tymián, majoránka), větví, kůry, dřeva, plodů a z kořenů (Tiwari et al., 2009). Výrazné antimikrobiální účinky mají například složky v oreganu, česneku, koriandru, rozmarýnu, petrželi, v citronové šťávě, šalvěji a ve vanilce. Další koření, jako je zázvor, černý i barevný pepř, chilli, kmín a kari, vykazují nižší antimikrobiální aktivitu. Existuje více než 1340 rostlin s antimikrobiálními účinky, ale komerčně využitelných pro konzervaci potravin je pouze několik (Tajkarimi et al., 2010).

Samostatně nebo v kombinaci s jinými metodami se dají využít rostliny jako oregano, rozmarýn, tymián, šalvěj, bazalka, kurkuma, zázvor, česnek, muškátový oříšek, hřebíček a fenykl. Účinnost konzervace závisí na faktorech jako je pH, skladovací teplota, množství kyslíku a koncentrace účinných látek. Tyto rostliny vykazují přímé nebo nepřímé účinky při prodloužení skladovatelnosti potravin nebo jako antimikrobiální činidlo proti celé řadě gram pozitivních i gram negativních bakterií (Tajkarimi et al., 2010).

Byliny

Oregano (*Origanum* spp.) a tymián (*Thymus* spp.) jsou obecně považovány za bezpečné (Pesavento et al., 2015). Obsahují terpeny karvakrol, p-cymen a thymol. Karvakrol a thymol jsou hlavními složkami v oreganu a jsou přítomny v téměř 15% a 20% koncentracích (Burt, 2004). Hlavními složkami jsou také v tymiánu (Yanishlieva et al., 2006). Prokázaly antifungální a antimikrobiální aktivitu. Oregano s tymiánem, oregano s majoránkou a tymián s šalvějí mají největší antimikrobiální aktivitu proti *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* O157: H7 a *Listeria monocytogenes* (Tajkarimi et al., 2010). Tyto dvě rostliny patří mezi nejúčinnější při konzervaci masa (Dini, 2016).

Řeřicha (*Lepidium* spp.) vykazuje antimikrobiální účinek při 30% koncentraci (karvakrol a p-cymen) na patogeny *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli* (Tajkarimi et al., 2010).

Bazalka (*Ocimum* spp.) spolu s vanilkou obsahují linalol a methyl chavicol vanilin a jsou účinné proti *Aeromonas hydrophila*, *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus*. Díky těmto látkám mají také antimykotický účinek a působí na plísně, jako jsou *Aspergillus niger*, *A. flavus* a *A. parasiticus* (Tajkarimi et al., 2010). Další složky bazalkové silice je eugenol, methylcynnamat a karyofylén, díky kterým je bazalce také připisován antimikrobiální účinek (Kuorwel et al., 2011).

Silice květů a listů svatoliny (*Santolina* spp.) je účinná proti *Bacillus* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010). Hlavními složkami jsou 1,8-cineol, kafr, 4-terpineol a trans-carveol (Bader et al., 2003).

Různé výtažky z Tymjánu (*Thymus* spp.) jsou účinné proti *Bacillus* spp. (Tajkarimi et al., 2010). Jeho hlavními složkami jsou borneol a α -terpineol (Radaelli et al., 2016).

Silice z listů piškvorce (*Acorus* spp.) má antimikrobiální účinky na *Bacillus* spp. (Tajkarimi et al., 2010). Obsahuje nejvíce β -asaron, α -asaron a linalol (Raina et al., 2003).

Silice ze stonků, listů a plodů šalvěže (*Salvia*) působí proti *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp., *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010). Silice šalvěže obsahuje mnoho složek, největší antimikrobiální význam mají β -thujon a seskviterpeny (Pesavento et al., 2015).

Silice z listů a květů *Micromeria* spp. působí na *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*. Antimykotický vliv na plísně *Aspergillus niger*, *A. flavus* a *A. parasiticus* měla vodou destilovaná silice v testech in vitro (Tajkarimi et al., 2010). Největší procento silice z této rostliny představují borneol a kafr (Nurhayat et al., 2001).

Hořčice (*Sinapis* spp.) má antibakteriální vliv na *Escherichia coli* (Tajkarimi et al., 2010). Antimikrobiálně působí díky obsahu p-hydroxybenzylu isothiokyanátu (Ekanayake et al., 2012).

Máta (*Mentha* spp.) působí proti *Escherichia coli* a *C. perfringens* (Tajkarimi et al., 2010). Hlavními složkami jsou mentol a karvon (Radaelli et al., 2016). Ze studie, zabývající se minimálními inhibičními koncentracemi (in vitro) proti *C. perfringens*, lze odvodit, že jsou máta, společně s rozmarýnem, méně účinné. Nicméně i silice těchto rostlin lze proti zmiňovanému patogenu využít (Radaelli et al., 2016).

Výtažky ze zázvoru (*Zingiber* spp.) působí proti *Escherichia coli* (Tajkarimi et al., 2010), *Bacillus licheniformis*, *Bacillus spizizenii*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* a *Pseudomonas stutzeri*. Hlavními složkami jeho silice jsou β -karafylén, kafhen, geraniál a geranylacetát (Sivasothy et al., 2011).

Silice saturejky (*Satureja* spp.) má antimykotický účinek proti *Aspergillus niger*, *A. flavus* a *A. parasiticus* (Tajkarimi et al., 2010). Hlavními složkami tohoto koření jsou karvakrol, p-cymen a γ -terpien, v menší míře pak saturejka obsahuje například α -terpien a β -karyofylén (Mihajilov-Krstev et al., 2010).

Hlavními složkami rozmarýnu (*Rosmarinus* spp.) jsou kafr, 1,8-cineol (Radaelli et al., 2016), α -pimen a verbenon (Moghtader et Afzali, 2009). Silice tohoto koření je účinná proti *Acinetobacter Iwoffi*, *Shigella flexneri*, *Streptococcus pyogenes*, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhi* (Mangena et Muyima, 2002), *Escherichia coli* a *Listeria monocytogenes* (Tajkarimi et al., 2010). Dále byly provedeny testy rozmarýnu proti *Pseudomonas aeruginosa* a *Pseudomonas fluorescens*, v tomto případě ale neprokázaly žádnou citlivost (Mangena et Muyima, 2002).

Silice rodu *Artemisa* spp. má široké inhibiční spektrum. Je účinný proti *Streptococcus pyogenes*, *Listeria monocytogenes*, *Acinetobacter johnsonii*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* a *Micrococcus* (Mangena et Muyima, 2002). Hlavními složkami jsou acetylsalicylové kyseliny, trans-verbenol, levandulol a linalol (Sefidkon et al., 2002).

Silice rodu *pteronia* spp. vykazuje široké spektrum antibakteriální aktivity, zejména při vyšších koncentracích. V největší míře obsahuje β -pinen, limonen, 1,8-cineol, α -pinen a p-cymen. Účinná je na *Enterobacter cloacae* a *Staphylococcus aureus* (Mangena et Muyima, 2002).

Dřeviny

Skořice (*Cinnamomum* spp.) spolu s hřebíčkem a kmínem vykazují nejvyšší aktivitu proti *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Mycobacterium smegmatis*, *Micrococcus luteus* a *Candida albicans*. Dále skořice v kombinaci s hřebíčkem obsahuje alkanhydrid sodný a eugenol, které působí na *Campylobacter jejuni*, *Salmonella* spp. a *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus*. S hřebíčkem má díky eugenolu a aldehydu antimykotický vliv, působí mimo jiné na *Aspergillus niger*, *A. flavus* a *A. parasiticus*. Dále má skořice antibakteriální vliv na *Salmonella* spp., *Shigella* spp. (Tajkarimi et al., 2010). Antimikrobiální vlastnosti jsou způsobeny zejména působením dvou sloučenin: aldehyd kyseliny skořicové (až 80% koncentrace) a eugenol (přibližně 4% koncentrace). Skořicová silice je považována za bezpečnou (Pesavento et al., 2015).

Silice z listů hřebíčkovce (*Syzygium* spp.) dokáže inhibovat *Bacillus* spp., *Pseudomonas fluorescens*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010). Hlavními složkami jsou eugenol a β -karyofylén (Srivastava et al., 2004).

Čerstvá šťáva slizoplodu (*Pittosporum* spp.) je účinná proti *Bacillus* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010). Hlavní složkou je limonen (Lago et al., 2006).

Silice plodů této olivovníku (*Olea* spp.) obsahuje oleuropein, který má antibakteriální účinky na *Escherichia coli* a antimykotické účinky na plísň v potravinách, včetně *Aspergillus niger*, *A. flavus* a *A. parasiticus* (Tajkarimi et al., 2010). Dále vykazuje antimikrobiální aktivitu proti *Campylobacter jejuni*, *Helicobacter jejuni* a *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010).

Silice aktinidie (*Actinidia* spp.) je účinná proti *Bacillus* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010). Testována byla i proti *Pseudomonas aeruginosa*, účinná ale nebyla. Hlavní složkou je linalol (Lu et al., 2007).

Složky plodů eukalyptu (*Eucalyptus* spp.) inhibují *Bacillus* spp. (Tajkarimi et al., 2010), *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii* a *Klebsiella pneumoniae* (Šuković et Damjanović, 2011). Hlavní složkou je 1,8-cineol (Harkat-Madouri et al., 2015).

Čajovník (*Camellia* spp.) obsahuje terpeny, které mají antibakteriální vliv na *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Staphylococcus aureus* (Tajkarimi et al., 2010).

Plody klímanu (*Ardisia* spp.) obsahují isorhamnetin a quercetin, díky kterým mají antibakteriální účinek na *Salmonella* spp., *Shigella* spp. (Tajkarimi et al., 2010).

Bergamot spp. vykazuje inhibiční účinek na *Campylobacter jejuni* a *Escherichia coli* (Tajkarimi et al., 2010), jeho hlavní složkou je linalol (Fisher et Phillips, 2006).

3.4.2 Antimikrobiální látky

V současnosti spotřebitelé stále více hledají kvalitní potraviny, čemuž lze částečně připsat širokou dostupnost k údajům týkajících se zdraví. Dále rostou obavy z používaných chemických látek, konzervačních látek a umělých konzervantů. Díky tomu se do popředí zájmu vědců dostávají přírodní antimikrobiální látky (Tajkarimi et al., 2010).

Konzervanty se v potravinách používají ze dvou hlavních důvodů. Jedním z nich je konzervace potravin (kontrola přirozených kazivých procesů), druhým je prevence a kontrola růstu mikroorganismů, včetně těch patogenních (bezpečnost potravin). Přírodní konzervanty pocházejí z živočišných, rostlinných a mikrobiálních zdrojů (Tajkarimi et al., 2010). Jejich účinnost může být podpořena fyzikálně, a to nízkým pH, nízkou teplotou a nízkou hladinou kyslíku (Burt, 2004).

Silice (esenciální oleje)

Silice, nazývané také jako éterické nebo těkavé oleje, jsou aromatické olejové kapaliny rostlinného původu (květy, pupeny, semena, listy, větvičky, kůra, byliny, ovoce a kořeny). Získávají se různými způsoby, komerčně nejčastější jsou parní a vodní destilace (Burt, 2004). Už od středověku byly hojně využívány pro své baktericidní, virucidní, fungicidní, antiparazitární, insekticidní a léčivé účinky. Dnes se využívají zejména

ve farmaceutickém, hygienickém, kosmetickém, zemědělském a potravinářském průmyslu (Bakkali et al., 2008). Silice jsou těkavé, musí se tedy skladovat ve vzduchotěsných obalech a ve tmě, aby se zabránilo změnám ve složení (Burt, 2004).

Silice jsou směsi několika složek, mohou jich zahrnovat přes 60. Hlavní komponenty, často karvakrol, thymol, citral, eugenol a jejich prekurzory (Tiwari et al., 2009), mohou představovat až 85 % silice, zatímco ostatní komponenty jsou přítomné ve stopových množstvích (Senatore, 1996). Složení jednotlivých silic se může částečně lišit podle doby sklizně a podle geografických podmínek (Arras et Grella, 1992). Dále se může lišit složení jednotlivých silic z jedné a té samé rostliny. Například silice z koriandru má jiné složení než stejná silice získávaná z nezralých listů stejné rostliny (Delaquis et al., 2002). Silice vyrobené z rostlin během kvetení nebo krátce po odkvetení mají obecně nejsilnější antimikrobiální aktivitu (McGimpsey et al., 1994). Silnou antimikrobiální aktivitu mají obvykle silice obsahující vysokou úroveň eugenolu, skořicového aldehydu a citralu (Tiwari et al., 2009).

Silice jsou sekundární metabolity rostlin, které jsou biosyntetizovány v rostlinných buňkách. Jsou známé jako potenciální antimikrobiální činidla se schopností kontroly patogenů znehodnocujících potraviny (Bajpai et al., 2012). Jsou složeny hlavně z terpenů, zejména z monoterpenických uhlovodíků, aldehydů, alkoholů, ketonů, kyselin nebo seskviterpenů. Možností členění ale existuje více (např. terpeny, seskviterpeny a ostatní).

Uhlovodíky

Mezi antimikrobiálně nejvýznamnější patří limonen, p-cymen, α -pinen a β -pinen. Limonen je hlavní složkou mnoha silic z citrusů (Vieira et al., 2018), p-cymen je biologický prekurzor karvakrolu (Ultee et al., 2002). Samostatně nevykazuje antibakteriální aktivitu (Juven et al., 1994), ale v kombinaci s karvakrolem byl prokázán synergismus proti *B. cereus* in vitro a v rýži (Ultee et al., 2002). α -pinen i β -pinen nalezneme například v pteronii (Mangena et Muyima, 2002).

Aldehydy

Citral je klíčovou složkou citronu (Dudai et al., 2005), vanilin obsahuje vanilka (Tajkarimi et al., 2010). O aldehydu kyseliny skořicové je známo, že inhibuje růst *E. coli* O157: H7 a *S. Typhimurium* v podobných koncentracích jako karvakrol a thymol. Nachází se ve skořicové silici (Ilkka et al., 1998).

Alkoholy

Linalol obsahuje bazalka, vanilka (Tajkarimi et al., 2010), aktinidie (Lu et al., 2007) a bergamot (Fisher et Phillips, 2006). Mentol je hlavní složkou máty a borneol je hlavní složkou tymiánu (Radaelli et al., 2016).

Ketony

Mezi ketony řadíme kafr. Ten je hlavní složkou svatoliny (Bader et al., 2003), *Micromeria* spp. (Nurhayat et al., 2001) a rozmarýnu (Radaelli et al., 2016).

Fenoly

Bohatě jsou zastoupeny v koření, vykazují silnou antibakteriální aktivitu jak in vitro, tak in vivo (Bajpai et al., 2012). Téměř všechny silice, vykazující aktivitu proti potravinovým patogenům, mají vyšší obsah fenolického obsahu, zahrnující karvakrol, eugenol a thymol (Burt, 2004).

Karvakrol je jednou z hlavních složek oreganových a tymiánových silic (Lambert et al., 2001). Eugenol je hlavní složkou (85 %) hřebíčkové silice (Farag et al., 1989), skořice (Pesavento et al., 2015) a bazalky (Kuorwel et al., 2011). Thymol je ve velké míře zastoupen v oreganu a tymiánu (Burt, 2004).

3.4.3 Potraviny jako faktor ovlivňující antimikrobiální aktivitu

Většina studií, zkoumajících antimikrobiální aktivitu silic, je prováděna in vitro. Efekt pro použití v potravinách se ale liší. V potravinách může být efekt snížen díky interakcím s potravinovými komponenty. Také se pro konzervaci potravin používají nižší koncentrace silic, a to z důvodu zabránění nežádoucím organoleptickým změnám. Bylo zjištěno, že se zvyšuje antimikrobiální aktivita tymiánu v potravinách s vysokou koncentrací bílkovin, s koncentrací cukrů vyšší než 5 % v růstovém médiu se účinnost nezhoršuje, vysoké koncentrace bramborového škrobu snižují antimikrobiální aktivitu oregana a tymiánu proti *L. monocytogenes* v potravinách. Hodnoty pH kolem 5 mají silný vliv na zvýšení antimikrobiálního účinku silic na *L. monocytogenes* (Tiwari et al., 2009).

3.4.4 Mechanismus účinku

Mechanismy účinků jednotlivých silic nebyly dosud důkladně prozkoumány, nicméně vědci předpokládají, jakým způsobem by tyto látky mohly na bakteriální buňky působit. Navrženo bylo mnoho způsobů, mezi které patří například degradace stěny bakteriální buňky,

modifikace proteinů cytoplazmatické membrány, změna propustnosti membrány, inaktivace extracelulárních enzymů, redukce intracelulárního ATP, únik buněčného obsahu, koagulace cytoplazmy nebo přerušení proudění elektronů (Radaelli et al., 2016).

Předpokládá se, že thymol a karvakrol působí zvýšením propustnosti buněčných membrán. p-cymen se pravděpodobně hromadí v lipidové části membrány a způsobí expanzi membránových fosfolipidů. U karvonu se předpokládá, že narušuje selektivní bariérovou funkci (Radaelli et al., 2016). Izothiokyanáty získané z cibule a česneku pravděpodobně inaktivují extracelulární enzymy prostřednictvím oxidačního štěpení disulfidických vazeb (Souza et al., 2005). V případě eugenolu, ve studii s *B. cereus*, bylo zjištěno, že inhibuje produkci amylázy a proteáz této bakterie (Thoriski et al., 1989).

3.4.5 Interakce mezi jednotlivými složkami silic

Vlastní aktivita silice se týká chemické konfigurace složek, poměrů, v nichž jsou přítomny, a interakcí mezi nimi (Dorman et Deans, 2000). Doplnkový efekt nastává, když se kombinovaný účinek rovná součtu jednotlivých účinků. Synergismus je pozorován, když je účinek kombinovaných látek vyšší než součet jednotlivých účinků. Antagonismus je pozorován, když je účinek jedné nebo obou sloučenin menší, když jsou aplikované společně, než když působí každá samostatně (Davidson et al., 1989). Některé studie dospěly k závěru, že mají větší antibakteriální účinnost celé silice, než smíšené hlavní složky (Gill et al., 2002), z čehož můžeme soudit, že vedlejší složky mohou mít synergický efekt nebo potenciální vliv na antimikrobiální aktivitu (Burt, 2004).

Bylo zjištěno, že dvě hlavní složky oregana, karvakrol a thymol, poskytují aditivní účinek při testování proti *S. aureus* a *P. aeruginosa* (Lambert et al., 2001). Studie zkoumající kombinaci silic z koriandru, kopru a eukalyptu prokázala aditivní a synergický účinek (Burt, 2004).

Synergismus mezi karvakrolem a jeho prekurzorem p-cymenem byl zaznamenán při působení na vegetativní buňky *B. cereus* (Ultee et al., 2002).

K aditivním, synergickým nebo antagonickým účinkům vedla frakce kokosové silice, koriandru, kopru a eukalyptu při smíchání v různých koncentracích (Delaquis et al., 2002). Směs skořicového aldehydu a eugenolu při koncentraci 250 a 500 µg/ml inhibovala růst *Staphylococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Bacillus* spp. a *Enterobacter* spp. po dobu delší než 30 dní, zatímco substráty aplikované individuálně růstu nezabránilly (Moleyar et Narasimham, 1992).

3.4.6 Interakce mezi složkami silic a způsoby konzervace nebo úchovy masa

Bylo navrženo několik potenciálních synergentů pro použití se silicemi, jako je nízké pH, nízká vodní aktivita, chelatační činidla, málo kyslíku, chlad a zvýšený tlak. Ne všechny ale byly zkoumány v potravinách (Gould, 1996).

Bylo prokázáno, že chlorid sodný pracuje se silicemi (a/nebo jejich složkami) jako synergista a antagonist za různých okolností. Synergismus mezi NaCl a mátovou silicí proti *S. enteritidis* a *L. monocytogenes* byl zaznamenán při použití v řecké pomazánce z jiker (Tassou et al., 1995). Kombinace 2–3% NaCl a 0,5% hřebíčkového prášku (obsahujícího eugenol a eugenyl acetát) v extraktu z makrely úplně zabraňuje růstu a produkci histaminu *E. aerogenes* (Wendakoon et Sakaguchi, 1993). Antagonistické účinky soli byly zjištěny u karvakrolu a p-cymenu proti *B. cereus* v rýži Karvakrol a p-cymen pracovaly synergicky, účinek byl ale snížen přidáním soli (Ultee et al., 2000). Sůl v 4% koncentraci na agaru nezlepšila antibakteriální aktivitu hřebíčkového aldehydu proti gram pozitivním a gram negativním bakteriím (Moleyar et Narasimham, 1992).

Kombinace silice oregana s dusitanem sodným působí synergicky v inhibici růstu toxinů *C. botulinum* v masném vývaru, silice oregana aplikovaná samostatně neměla na růst významný inhibiční účinek (Ismail et Pierson, 1990).

Současná aplikace nisinu a thymolu nebo karvakrolu způsobila větší pokles životaschopných počtů kmenů *B. cereus*, než když byly látky použity samostatně. Maximální snížení životaschopnosti bylo dosaženo v buňkách, které byly nejdříve vystaveny teplotě 45 °C po dobu 5 minut pro exponenciálně rostoucí buňky a 40 minut pro buňky stacionární fáze (Burt, 2004). Bylo zjištěno, že karvakrol nezvyšuje citlivost vegetativních buněk *B. cereus* na působení impulsním elektrickým polem ani nezvyšuje citlivost spor na nisin nebo impulsní elektrické pole (Pol et Smid, 1999). při pH 7 byl synergický účinek nisinu a karvakrolu významně vyšší při teplotě 30 °C, než při teplotě 7 °C (Periago et Moezelaar, 2001).

Byl pozorován kombinovaný účinek karvonu (5 mmol/l) a mírného tepelného ošetření (45 °C, 30 minut) na exponenciálně rostoucí buňky *L. monocytogenes* rostoucí při 8 °C. Samostatně neprokázaly žádnou aktivitu, společně způsobily pokles o 1,3 logových jednotek v počtu životaschopných buněk. Buňky rostoucí při teplotách 35 nebo 45 °C na stejnou kombinaci ale náchylné nebyly (Karatzas et al., 2000).

Thymol a karvakrol mají synergický účinek s vysokým hydrostatickým tlakem. Životaschopné počty buněk stredo exponenciální fáze *L. monocytogenes* byly více sníženy při kombinaci těchto metod než při samostatném působení (Karatzas et al., 2001).

Antibakteriální aktivita silic je ovlivněna dostupností kyslíku. To může být způsobeno tím, že v přítomnosti kyslíku může dojít k oxidačním změnám v silici a/ nebo buňky získávající energii prostřednictvím anaerobního metabolismu jsou citlivější vůči toxickému působení silice. Při nízké dostupnosti kyslíku byla značně zvýšena aktivita silic oregana a tymiánu proti *S. typhimurium* a *S. aureus* (Paster et al., 1990). Použití vakuového balení v kombinaci se silicemi oregana může mít synergický účinek na inhibici *L. monocytogenes* a kazící mikroflóru v hovězím mase. Bylo zjištěno, že je účinnější balení v málo propustné fólii, než ve vysoce propustné fólii (Tsigarida et al., 2000). Podobný účinek měly silice hřebíčku a koriandru na *A. hydrophila* ve vepřovém steaku baleném ve vakuu. Účinek byl vyšší než u vzorků, ke kterým se dostal kyslík (Stecchini et al., 1993). Bylo zjištěno, že oreganová silice zpomaluje mikrobiální růst a potlačuje konečný počet bakterií v mletém hovězím mase baleném ve vakuu více, než ve stejném mase za přítomnosti kyslíku (Skandamis et Nychas, 2001).

3.4.7 Organoleptické vlastnosti při použití silic v mase

Potraviny by měly být při použití těchto látek co nejméně změněny. Jednou z nejdůležitějších organoleptickou vlastností je chuť. Chuť hovězího masa byla přijatelná při ošetření masa 0,8% oreganovou silicí, maso bylo skladováno při teplotě 8 °C (Tsigarida et al., 2000). Chuť, vůně a barva mletého hovězího masa obsahujícího 1% oreganovou silici se zlepšila během skladování ve vakuu při teplotě 5 °C a po vaření byla téměř nevnímání (Skandamis et Nychas, 2001). Oreganová silice použitá ve filetu z tresky vytvořila výraznou, ale příjemnou chuť, která během skladování při teplotě 2 °C postupně klesala (Mejlholm et Dalgaard, 2002). Tymianová silice použitá pro konzervaci vařených krevet neměla žádný vliv na chuť ani vzhled až do 0,9 % (Ouattara et al., 2001). jednotlivé komponenty silic, schválené pro použití jako příchutě, také dodávají chuť. Například při použití v rybím mase má karvakrol ostré aroma, citral chutná jako citrón a geraniol jako růže (Kim et al., 1995).

3.4.8 Působení rostlinných látek na patogeny in vitro

Aeromonas hydrophila

Inhibiční účinek na tuto bakterii měly linalol a methyl chavicol vanilin extrahované z vanilky a bazalky při koncentraci 0,125% obj. methyl chavicolu a 1% obj. linalolu (Tajkarimi et al., 2010). Na *Aeromonas* spp. byly účinné silice extrahované z bazalky, minimální inhibiční koncentrace byla 0,92 mg/ml (Radaelli et al., 2016).

***Bacillus* spp.**

Tento patogen byl inhibován extraktem z guarany, silicemi listů *Syzygium gardneri* (hřebíčkovec), extraktem z hub shiitake, z čerstvé šťávy *Pittosporum neelgherrense* (slizoplod), silicí květů a listy *Santolina rosmarinifolia* L. (Svatolína), různými výtažky z tymiánu, silicí *Actinidia macrosperma*, deriváty z plodů eukalyptu. Dále byly účinné kůra, listy a plody *Neolitsea fischeri* a silice z listů *Acorus calamus* (Tajkarimi et al., 2010).

Campylobacter jejuni

Na přírodní antimikrobiální látky je citlivější než ostatní patogenní mikroorganismy. Inhibiční účinky měly linalolové páry bergamotových silic, alkanhydrid sodný a eugenol extrahovaný ze skořice a hřebíčku v koncentraci 0,05 %, methyl chavicol vanilin extrahovaný z vanilky a sladké bazalky v koncentraci 0,25 % (Tajkarimi et al., 2010).

***Clostridium* spp.**

Antimikrobiální aktivitu měla silice z hřebíčku při 0,4% koncentraci (Tajkarimi et al., 2010).

Studie zabývající se minimální inhibiční koncentrací (MIC) a minimální baktericidní koncentrací (MBC), publikovaná v roce 2016, dospěla k těmto výsledkům: MIC i MBC pro silice z rozmarýnu a máty byly shodné, a to 10 mg/ml. EO oregana a bazalky se také shodovaly v obou koncentracích (5 mg/ml). Tymián měl obě koncentrace shodné, a to 1,25 mg/ml. Dále byla testována silice berdníku. Pouze u této rostliny se obě koncentrace lišily. MIC byla 10 mg/ml, MBC pak dvakrát vyšší, tedy 20 mg/ml (Radaelli et al., 2016).

Escherichia coli

Na tuto bakterii měl antibakteriální vliv extrakt z guarany, chloroformový extrakt z kořenů rostliny *Abrus precatorious* L. (soterek) při 84% koncentraci, silice z listů, stonků a květů *Salvia reuterana* (Šalvěj), linalolové páry bergamotu, vodou destilované silice z listů

a květů *Micromeria nubigena*, rozmarýnová silice, silice *Actinidia macrosperma*, oleuropein extrahovaný z olivové silice, thymol a karvakrol při 5, 10, 15 a 10% koncentraci a skořicový aldehyd a eugenol extrahovaný ze skořice v koncentracích 0,04 a 0,05 %, linalol a methyl chavicol vanilin extrahovaný z vanilky a sladké bazalky v 0,25% koncentraci, terpeny extrahované z čajovníku v 0,12 – 0,25% koncentraci, jádra a osiva manga, silice z květů a listů *Santolina rosmarinifolia L.*, extrakty z čiroku. Výtažky z různých druhů koření mají antimikrobiální vliv na *E. coli*: hořčice> hřebíček> skořice> česnek> zázvor> máta (Tajkarimi et al., 2010). Další studie prokázala inhibiční účinek silice z listů tymiánu. Minimální inhibiční koncentrace byla 0,625 mg/ml. Stejná studie prokázala také inhibiční účinek silice z bazalky, a minimální inhibiční koncentraci její autoři stanovili na 1,25 mg/ml. Dále byla prokázána antibakteriální aktivita silice rozmarýnu. I zde byly stanoveny MIC (7,5 mg/ml) a MBC (>7,5 mg/ml). Dále byly testovány účinky silice z máty. I zde byl prokázán antibakteriální účinek. Minimální inhibiční koncentrace byla 1,13 mg/ml, minimální baktericidní koncentrace potom 4,5 mg/ml (Radaelli et al., 2016). Účinek máty a tymiánu byl dokázán i jinou studií (Eteghad et al., 2009).

Listeria monocytogenes

Silný antimikrobiální účinek proti této bakterii má rozmarýnová silice (Tajkarimi et al., 2010). Růst dokážou inhibovat benzoové kyseliny, benzaldehydy a kyselina skořicová (Souza et al., 2005).

Kvasinky a plísně

Antimykotickou aktivitu může vykazovat jiná houba. Účinné proti houbám v potravinách, včetně *Aspergillus niger*, *A. flavus* a *A. parasiticus* jsou: extrakty guarany, silice ze saturejky, vodou destilovaná silice z *Micromeria nubigena*, oleuropein extrahovaný ze silice olivovníku, aldehyd a eugenol extrahovaný ze skořice a hřebíčku při 1% koncentraci, linalol a methyl chavicol vanilin extrahovaný ze sladké bazalky a vanilky (Tajkarimi et al., 2010) a silice získaná z oregana (Souza et al., 2007).

Pseudomonas spp.

Pseudomonas, konkrétně *Pseudomonas aeruginosa*, je nejméně citlivá skupina bakterií na silice. Aktivní proti této bakterii byla destilovaná silice z listů, stonků a květů *Salvia reuterana* v 0,4% koncentraci. Obecně proti gram negativním druhům (jako je *Pseudomonas*) byla aktivní silice získaná destilací z listů *Syzygium gardneri*. Proti *Pseudomonas fluorescens* byly aktivní extrakty z guarany a kůry, listů a plodů *Neolitsea*

fischeri (Tajkarimi et al., 2010). Jiná studie prokázala antibakteriální účinek silice z máty. Proti *P. aeruginosa* a *P. fluorescens* byla stanovena minimální inhibiční koncentrace na 2,25 mg/ml (Radaelli et al., 2016).

***Salmonella* spp. a *Shigella* spp.**

Účinné proti těmto bakteriím byly: silice izolovaná destilací z *Syzygium gardneri*, silice z listů *Cinnamomum chemungianum*, destilovaná silice z čerstvých listů a zralých plodů *Pittosporum viridulum*, syringiální kyselina, isorhamnetin a quercetin extrahované ze sušeného ovoce *Ardisia elliptica Thunb*, oleuropeinový extrakt, skořicový aldehyd a eugenol extrahovaný ze skořice a hřebíčku v koncentraci 0,05 a 0,04 %, linalol a vanilin methyl chavicol extrahovaný z vanilky a sladké bazalky v 0,1% koncentraci, terpeny extrahované z čajovníku při koncentraci 0,12–0,25 % obj., listy, kůra a plody *Neolitsea fischeri*, (Tajkarimi et al., 2010). Konkrétně proti *S. typhi* byla účinná silice z listů tymiánu, minimální inhibiční koncentrace byla stanovena na 0,25 mg/ml (Radaelli et al., 2016).

Staphylococcus aureus

Různé antimikrobiální aktivity proti *Staphylococcus aureus* vykazovaly: chloroformové a etanolové frakce kořenu *Abrus precatorious L.* v 93% koncentraci, destilovaná silice z listů, stonků a květů *Salvia reuterana*, destilovaný extrakt z listů *Syzygium gardneri*, rozmarýnová silice, silice z *Zataria multiflora Boiss*, silice z *Actinidia macrosperma*. Oleuropein extrahovaný z oliv v koncentraci 0,1 % obj. extraktu zpomaluje růst bakterií. Dále měl inhibiční vliv skořicový aldehyd a eugenol extrahovaný ze skořice a hřebíčku v 0,03 a 0,04% koncentraci, linalol a vanilin methyl chavicol extrahovaný ze sladké bazalky a vanilky v 0,1% koncentraci, terpeny extrahované ze silice čajovníku v koncentraci 0,12 – 0,25 %, listy, kůra a plody *Neolitsea fischeri*, destilovaná silice z listů a květů *Micromeria nubigena*, silice z květů a listů *Santolina rosmarinifolia L.* a destilovaná silice z čerstvých listů a zralých plodů *Pittosporum viridulum* (Tajkarimi et al., 2010). Další studie prokázala inhibiční účinek silice z listů tymiánu. Byla stanovena minimální inhibiční koncentrace, a to na 0,312 mg/ml. Při této studii byl rovněž prokázán inhibiční účinek silice z bazalky, přičemž byla stanovena minimální inhibiční koncentrace na 1,25 mg/ml. Dále byl prokázán antibakteriální účinek silice rozmarýnu. MIC byla stanovena na 3,75 mg/ml, MBC potom na 7,5 mg/ml. Testována byla také antibakteriální aktivita silice z máty. Zde byla stanovena MIC na 1,13 mg/ml (Radaelli et al., 2016).

Staphylococcus typhimurium

Proti této bakterii byla účinná silice z listů tymiánu, minimální inhibiční koncentrace byla stanovena na 0,125 mg/ml (Radaelli et al., 2016). Dále jsou účinné extrakty z máty (Souza et al., 2005).

Vibrio parahaemolyticus

Antimikrobiální aktivitu proti tomuto patogenu prokázaly thymol a karvakrol a taniny a polymery flavonolů (Tajkarimi et al., 2010). Účinky proti *Vibrio parahaemolyticus* vykazuje tymián a máta (Souza et al., 2005).

Klebsiella pneumoniae

Proti této bakterii byla účinná silice z listů tymiánu. Minimální inhibiční koncentrace byla stanovena na 0,5 mg/ml (Radaelli et al., 2016).

Všeobecně gram negativní a gram pozitivní bakterie

Většina studií, zkoumajících působení silic proti organismům kazícím potraviny a způsobujícím onemocnění z potravin, se shoduje, že jsou obecně mírně účinnější proti gram pozitivním než proti gram negativním bakteriím. Menší náchylnost k antimikrobiálním látkám lze předpokládat u gram negativních bakterií z důvodu silnější buněčné membrány (Burt, 2004). Ne všechny studie ale potvrzují vyšší citlivost gram pozitivních bakterií (Jenny et al., 2002). *A. hydrophila* (gram negativní) je jedna z nejcitlivějších druhů. Studie testující 50 komerčně dostupných EO proti 25 rodům neprokázala žádný rozdíl v citlivosti mezi gram negativními a gram pozitivními organismy (Deans et Ritchie, 1987). Pozdější studie s čerstvými silicemi ale prokázala vyšší náchylnost gram pozitivních bakterií ke dvěma zkoušeným silicím. předpokládá se, že jednotlivé složky silic vykazují různé stupně aktivity proti gram pozitivním i gram negativním bakteriím (Dorman et Deans, 2000). Nejméně citlivý je *Pseudomonas*, zejména *P. aeruginosa* (Burt, 2004).

Silice máty pepřné byla účinnější proti *S. enteritidis* ve srovnání s *L. monocytogenes*. Použití čerstvě destilované silice dokázalo vyšší citlivost na gram pozitivní bakterie než na gram negativní (Tajkarimi et al., 2010).

Proti gram pozitivním bakteriím byly účinné silice citrónu, pomeranče a bergamotu, destilovaná silice ze stonků, listů a květů *Eugenia chlorophylla* (Tajkarimi et al., 2010).

Druhy sápy, borneol extrahovaný z šalvěže a rozmarýn měly antimikrobiální účinky proti gram pozitivním i gram negativním bakteriím ve 2% koncentraci pro obě skupiny, 0,3%

koncentrace byla bakteriostatická a 0,5% koncentrace baktericidní pro gram pozitivní bakterie. Linalol a methyl chavicol vanilin extrahované ze sladké bazalky a vanilky vykazují inhibiční účinek proti 33 – 35 bakteriím, kvasinkám a plísním (Tajkarimi et al., 2010).

Bergamotová kůra je účinná proti gram negativním bakteriím. Oreganová silice, extrahovaný parní destilací, může zabránit růstu koliformním buňkám až na dobu 14 dní (Tajkarimi et al., 2010).

Antimikrobiální aktivitu proti deseti patogenům prokázaly silice extrahované z *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* a *Thymus hyemalis* L. Gram pozitivní bakterie jsou citlivější na saponin, v minimální koncentraci mezi 0,3 a 1, 25 mg/l. Minimální inhibiční koncentrace pro gram negativní bakterie je 1,25–5 mg/ml. Minimální inhibiční koncentrace silice oregana byly nižší než u tymiánu a skořice proti gram negativním patogenům v porovnání s gram pozitivními bakteriemi a vyšší v porovnání s plísněmi (Tajkarimi et al., 2010).

3.4.9 Pokusy s přírodními konzervanty v mase

Jako alternativní konzervační látky v potravinách lze použít koření a bylinky. Příkladem jsou rostlinné části byliny *Nandina domestica* (Bajpai et al., 2008). Obecně platí, že antimikrobiální účinnost silic klesá v tomto pořadí: oregano > hřebíček > koriandr > skořice > tymián > máta > rozmarýn > hořčice > šalvěj (Burt, 2004). Mezi výsledky pokusů s potravinami a in vitro jsou rozdíly a to hlavně kvůli použití nižšího množství silic v potravinách (Tajkarimi et al., 2010). Obecně platí, že pro dosažení stejného účinku jedné silice in vitro i v potravine, je zapotřebí větší množství silice v potravine (Smid et Gorris, 1999). Toto množství je ale omezeno změnou chuti, která nastává při použití silic. Ve studii, která se tímto zabývala, bylo zjištěno, že lze použít pouze 0,5% koncentrace silic, aby nedošlo k podstatné změně chuti. Nižší koncentrace mohou být využity v kombinaci s dalšími metodami konzervace, jako je například chlazení (Pesavento et al., 2015). Lepší dostupnost živin v potravinách oproti in vitro testům může bakteriím umožnit lépe regenerovat své buňky (Gill et al., 2002). V tomto ohledu jsou důležité vlastnosti potravin jako je obsah jednotlivých makronutrientů, antioxidantů, konzervantů, soli a dalších přísad, ale i vliv vnějšího prostředí, a to teplota, způsob balení a vlastnosti mikroorganismů (Burt, 2004).

Obecně se předpokládá, že vysoká hladina tuku a/ nebo bílkovin v potravinách chrání bakterie proti působení silic (Aureli et al., 1992). Nižší obsah vody v potravinách ve srovnání s laboratorními médii může bránit postupu antibakteriálních látek na cílové místo v bakteriální buňce (Smith-Palmer et al., 2001).

Maso a masné produkty

Rostlinné látky mohou být využity k redukci patogenů v masných výrobcích, jak je shrnuto v Tabulce 1. Někteří autoři ale uvádí nízkou antimikrobiální aktivitu proti bakteriím, které se v masných výrobcích již nachází (Burt, 2004).

Doposud bylo provedeno několik pokusů, zabývajících se antimikrobiální schopností rostlinných látek. Aktivita silic proti sporám *Clostridium botulinum* v kombinaci s nízkými hladinami dusitanu sodného zajistila opoždění růstu bakterií více než samotný dusitan sodný, v závislosti na počtu naočkovaných spor (Burt, 2004). Silice extrahovaná z nadzemních částí šalvěje byla účinná proti *Salmonella enteritidis*. Kombinace silic a nisinu vykazovala zvýšené antimikrobiální účinky proti *Listeria monocytogenes*. (Tajkarimi et al., 2010).

Dále byl zkoumán možný antibakteriální účinek silic řečíku (lidově pistácie) a saturejky proti *Listeria monocytogenes*. I zde byl tento účinek prokázán. Ze studie vyplývá, že silice z obou rostlin zůstaly účinnější při aplikaci odděleně (Djenane et al., 2011).

Studie, porovávající účinky saturejky, oregana a tymiánu, prokázala vyšší antibakteriální účinnost silice ze saturejky, než EO z tymiánu oregana (Chorianopoulos et al., 2004).

Jiná studie prokázala účinnost silic tymiánu a oregana proti čeledi *Enterobacteriaceae* a *Pseudomonas* a rozmarýnu proti *Clostridium botulinum*. Dále byla zjištěna antimikrobiální aktivita silic oregana a tymiánu v kombinaci s nisinem proti gram pozitivním i gram negativním bakteriím (Dini, 2016).

Testována byla také protiplísňová aktivita oregana v potravinách. Výsledky dokázaly účinek proti *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. terreus*, *A. ochraceus*, *A. fumigatus* a *A. niger*. Silice tohoto koření byla také schopna inhibovat klíčení spor plísní, a to při využití koncentrací 80 a 40 $\mu\text{l/ml}$ (Carmo et al., 2008).

Účinnost silic v masných výrobcích může snížit vysoký obsah tuku (Tajkarimi et al., 2010). Například mátová silice nebyla úspěšná u produktů, jako jsou paštiky – obecně obsahují 30 – 45 % tuku (Gill et al., 2002). Kombinace 1% silice hřebíčku a oregana inhibovala *Listeria monocytogenes*, stejná koncentrace použitá pro masnou suspenzi ale účinná nebyla. Studie týkající se některých silic v koriandru, hřebíčku, oreganu a tymiánu vykazovaly vysoký účinek proti *Listeria monocytogenes* a *Aeromonas hydrophila* v rozkladných kulturách masných produktů (Burt, 2004). Silice z majoránky byla účinná proti několika druhům bakterií v čerstvých párcích. Polosyntetické látky získané z chlorofylu

úspěšně redukovaly *Staphylococcus aureus* a *Listeria monocytogenes* ve vařených frankfurtských párcích (Tajkarimi et al., 2010). Jiná studie prokázala účinnost silice oregana a muškátového oříšku proti *E. coli* O157: H7 v silném vývaru (Tiwari et al., 2009). Silice rozmarýnu dokázala prodloužit skladovatelnost vepřových klobás na 50 dní při teplotě 5 °C (Souza et al., 2005).

Další studie hodnotila potenciální synergismus mezi použitím kyseliny mléčné a silice z oregana v mase a masném vývaru proti *S. aureus*. Tento účinek byl potvrzen. Navíc bylo zjištěno, že účinnější tato kombinace byla v masném vývaru než v mase (Barros et al., 2012). Dále byla testována kombinace silice oregana s kyselinou octovou proti *S. aureus*, také v mase a masném vývaru. I zde byly lepší výsledky zaznamenány při využití v masném vývaru (Souza et al., 2009).

Studie, zaměřená na protiplísňovou aktivitu, prokázala účinnost silice z bazalky při použití u klobás italského typu. Pozitivním zjištěním bylo, že ani vysoké koncentrace této silice nezměnily chuť klobás nežádoucím směrem (Saggiorato et al., 2012).

Hovězí maso

Přežití a růst antibioticky rezistentních kmenů *Campylobacter* bylo úspěšně inhibováno na agarových destičkách a byla potvrzena účinnost v kontaminovaném mletém hovězím mase (Yano et al., 2006). Potenciálně existují konzervační schopnosti po aplikaci hřebíčku a čajovníkové silice pro kontrolu *Escherichia coli* O157: H7 v mletém vařeném hovězím mase (Tajkarimi et al., 2010).

V mletém hovězím mase byl zkoumán účinek silice šalvěje proti *Salmonella* spp. Účinky proti tomuto patogenu byly zřetelné, nicméně použití EO při vyšší koncentraci než 2 % výrazně ovlivnilo chuť nežádoucím směrem. Autoři této studie tedy navrhli kombinaci nižších koncentrací těchto silic a dalších způsobů úchovy, jako je nízká vodní aktivita (použití soli) a skladování při nízké teplotě (Hayouni et al., 2008).

Silice čínské skořice a saturejky byly úspěšně použity ke zvýšení citlivosti patogenů v hovězím mase (Tajkarimi et al., 2010). Při pokusech s extrakty z papriky bylo zjištěno, že k zabránění růstu *S. typhimurium* v syrovém hovězím mase je účinná koncentrace už 1,5 ml/100g, pro dosažení baktericidního účinku proti *P. aeruginosa* byla potřebná koncentrace dvakrát vyšší (Tiwari et al., 2009).

Vepřové maso

Silici ze satirejky v kombinaci s dalšími způsoby konzervace, jako je snížená teplota, vysokotlaké, pulzní a magnetické pole, ozařování nebo balení v modifikované atmosféře lze použít jako alternativní přírodní antimikrobiální látky regulující růst bakterií přenášených potravinami a ke zlepšení kvality mletého vepřového masa (Tajkarimi et al., 2010).

Další studie zkoumala potenciál využití silice oregana proti gram pozitivním i gram negativním bakteriím v mletém vepřovém mase. Výsledky prokázaly silnou antimikrobiální aktivitu a možnost takto prodloužit skladovatelnost mletého masa v chladničce. Nejcitlivější byly *Aeromonas hydrophila*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus enterica*, *Staphylococcus mercences*, *Staphylococcus flexneri* a *Listeria monocytogenes*. Nejméně citlivá byla *Escherichia aerogenes* (Souza et al., 2006).

Jednotlivé extrakty z hřebíčku a rozmarýnu vykazovaly silnou antimikrobiální aktivitu, ve směsi s rozmarýnem a extrakty z lékořice byly nejúčinnější v inhibici *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* a *Lactobacillus sake* pro čerstvé vepřové maso balené ve vakuu (Tajkarimi et al., 2010).

Drůbeží maso

Tepelně ošetřené výrobky z krůtího masa ochránil vodný extrakt z rozmarýnu, šalvěže a tymiánu. Zpracování masa se silicemi z oregana a šalvěže výrazně snížilo oxidaci (Tajkarimi et al., 2010). Studie zkoumající aktivitu silic proti *L. monocytogenes* v chlazeném drůbežím mase prokázala schopnost eugenolu snížit počet patogenů za 14 dní skladování (Tiwari et al., 2009).

Byl zkoumán antibakteriální účinek silic *Zataria multiflora*, *Trachyspermum copticum*, *Thymus daenensis*, *Dracocephalum multicaule*, *Heracleum lasiopetalum* a *Dracocephalum multicaule* použitých proti *Campylobacter* spp. v kuřecím mase. U všech těchto rostlin byla antibakteriální aktivita prokázána (Pirbalouti et al., 2010).

Ovčí maso

Nejúčinnější v čerstvém ovčím mase byl Santal bílý, skořice a *Artemisa* spp. (Tajkarimi et al., 2010).

Tabulka 1.: Přehled rostlin a jejich složek působících na mikroorganismy v mase teplokrevných živočichů

Druh masa	rostlina	složky	mikroorganismus	zdroje
Masné produkty	šalvěj	β -thujon, seskviterpeny	<i>S. enteritidis</i>	(Pesavento et al., 2015; Tajkarimi et al., 2010)
	saturejka	karvakrol, p-cymen, γ -terpien	<i>L. monocytogenes</i>	(Djenane et al., 2011)
	tymián	karvakrol, p-cymen, thymol	<i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Pseudomonas</i> spp., <i>C. botulinum</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>A. hydrophila</i>	(Burt, 2004; Dini, 2016)
	oregano	karvakrol, p-cymen, thymol	<i>Enterobacteriaceae</i> , <i>Pseudomonas</i> spp., <i>C. botulinum</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>A. hydrophila</i> , <i>E. coli</i> O157: H7	(Burt, 2004; Carmo et al., 2008; Dini, 2016; Tiwari et al., 2009)
	hřebíček	eugenol, β -karyofylén	<i>L. monocytogenes</i> , <i>A. hydrophila</i>	(Burt, 2004; Srivastava et al., 2004)
	koriandr	linalol	<i>L. monocytogenes</i> , <i>A. hydrophila</i>	(Burt, 2004; Delaquis et al., 2002)
	muškátový oříšek	eugenol, terpien-4-ol	<i>E. coli</i> O157: H7	(Tiwari et al., 2009)
Hovězí maso	hřebíček, čajovník	eugenol, β -karyofylén	<i>E. coli</i> O157: H7	(Srivastava et al., 2004; Tajkarimi et al., 2010)
	šalvěj	β -thujon, seskviterpeny	<i>Salmonella</i> spp.	(McDonel, 1980; Pesavento et al., 2015)
Vepřové maso	oregano	karvakrol, p-cymen, thymol	<i>A. hydrophila</i> , <i>B. cereus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. enterica</i> , <i>S. mercences</i> , <i>S. flexneri</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>E. aerogenes</i>	(Souza et al., 2006; Tiwari et al., 2009)
	hřebíček, rozmarýn	eugenol, β -karyofylén, kafr, 1,8-cineol	<i>L. monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> , <i>P. fluorescens</i> , <i>L. sake</i>	(Radaelli et al., 2016; Srivastava et

				al., 2004; Tajkarimi et al., 2010)
Drůbeží maso	rozmarýn, šalvěj, tymián <i>Zataria multiflora</i> , <i>Trachyspermum copticum</i> , <i>Thymus daenensis</i> , <i>Dracocephalum multicaule</i> , <i>Heracleum lasiopetalum</i>	eugenol, thymol, p- cymen, karvakrol, linalol, geranial, eugenol, myristin	<i>L. monocytogenes</i> <i>Campylobacter</i> spp.	(Tiwari et al., 2009) (Firuzi et al., 2010; Pirbalouti et al., 2010; Saei- Dehkordi et al., 2010; Tiwari et al., 2009)

3.4.10 Ryby

Pro konzervaci ryb a mořských plodů jsou nejčastěji využívány silice z oregana, rozmarýnu, tymiánu, vavřínu, šalvěje, skořice, hřebíčku a bazalky (Hassoun et Çoban, 2017). Účinky jednotlivých silic na konkrétní mikroorganismy jsou popsány v Tabulce 2. Vysoký obsah tuku některých ryb snižuje antibakteriální účinky silic, stejně jako u ostatního masa. Některé silice však měly pozitivní účinky i u tučných ryb. Například oreganová silice je účinnější na *Photobacterium potosphoreum* v tresce obecné, než v lososu, což je tučná ryba (Mejlholm et Dalgaard, 2002). Oreganová silice je účinnější než mátová, a to i v tučných rybách (Tassou et al., 1995). Aplikace silic na povrch celé ryby (nebo krevety) inhibuje *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* a přirozenou mikroflóru odpovědnou za kažení (Ouattara et al., 2001).

Jako významné konzervační činidlo lze použít výtažky z tymiánu, ten dokáže konzervovat čerstvé ryby přibližně 15–20 dní. Skladovatelnost filet z kapra byla čtyřikrát prodloužena kombinací karvakrolu a thymolu s některými dalšími aditivy. Studie antimikrobiální účinnosti hřebíčku a devíti sloučenin silic dokázaly, že thymol, karvakrol a skořicový aldehyd mají nejsilnější antibakteriální účinky, dále pak isoeugenol, eugenol, a nakonec citral pro zvýšení trvanlivosti filet z kapra. Silice aloisie byla úspěšně využita proti různým druhům gram pozitivních i gram negativních bakterií, dokonce i dvěma kvasinkám v krevetách (Tajkarimi et al., 2010). Bazalka, hřebíček, křen, majoránka, oregano, rozmarýn a tymián byly úspěšně použity při ochraně mořských plodů před rizikem kontaminace *Vibrio parahaemolyticus* (Yano et al., 2006).

V další studii byl prokázán antimikrobiální účinek silic hřebíčku, fenyklu, levandule, tymiánu, borovice a rozmarýnu proti *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*. Dále byl prokázán účinek tymiánové silice v kombinaci se směsí plynů v prodloužení skladovatelnosti čerstvých rybích filetů. Při skladování v chladničce (při teplotě $4 \pm 0,5$ °C) bylo možné filety skladovat 21 dní (Dini, 2016).

Nedávná studie zkoumala účinnost silic získaných z hřebíčku, šalvěže, *Zataria multiflora*, kurkumy a citronu. Výsledky ukázaly, že silice těchto rostlin mohou být využity pro prodloužení skladovatelnosti a zdravotní nezávadnosti ryb a mořských plodů (Hassoun et Çoban, 2017).

Skladování makrely lze prodloužit o 2–5 dní použitím silic z rozmarýnu a bazalky (Karoui et Hassoun, 2017), filety z kapra se dají skladovat déle po ponoření do roztoku karvakrolu a thymolu (Hassoun et Çoban, 2017), prodloužit skladovatelnost filetů z lufary (o 4 dny) lze prodloužit silicemi z tymiánu a vavřínu (Erkan et al., 2011) a rybí prsty z palemidy ošetřené silicí zázvoru se dají skladovat 17 dní (neošetřené vzorky pouze 5 dní). Studie zabývající se prodloužením trvanlivosti pstruha duhového dokázaly účinnost silice hřebíčku, kdy ošetřený vzorek bylo možné skladovat o 4–5 týdnů déle. Studována byla také aktivita rozmarýnu, vavřínu, tymiánu a šalvěže. Při použití těchto rostlin ale došlo k nežádoucí změně chuti masa, konkrétně k hořkosti (Karoui et Hassoun, 2017).

Studie, zveřejněná v roce 2000, prokázala účinek směsi koření (římský kmín – šabrej kmínovitý, koriandr, hořčice, černý pepř a citron) proti *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus typhi* a *Escherichia coli* v rybí omáčce (Souza et al., 2005).

Zkoumán byl i vliv silic z citrusů, konkrétně pomeranče, citronu a bergamotu, na *S. aureus* na sardinkách. Silice citronu a bergamotu vykazovaly silný antibakteriální účinek, bergamotová silice navíc působí jako přírodní antioxidant a lze ji využít proti žluknutí tuku sardinek (Djenane, 2015).

I u rybího masa platí možnost kombinace více konzervačních metod. Dobu skladovatelnosti pstruha lze prodloužit o 6–7 dní (z 5 na 11–12) kombinací silice z oregana (2% koncentrace), solení a balení ve vakuu. Uzené a vakuově balené pstruhy lze uchovávat déle ošetřením navíc silicemi rozmarýnu, vavřínu, tymiánu a hřebíčku. Nejsilnější účinek má v této kombinaci hřebíček, díky němuž lze pstruha skladovat 6–7 týdnů (Karoui et Hassoun,

2017). Uzené filety z kapra balené ve vakuu je možné skladovat déle o 2 dny při použití navíc silice ze skořice (Zhang et al., 2016). Skladovatelnost filet z mečouna balených v modifikované atmosféře lze prodloužit přidáním silice z tymiánu, a to z 8 dní na 20 (Kykkidou et al., 2009). Solené filety ze pstruha balené v modifikované atmosféře je možné skladovat déle (12 dní) přidáním extraktů z oregana (Karoui et Hassoun, 2017). Solené filety z cejna balené v modifikované atmosféře je možné skladovat místo 5 dní 14 dní, a to navíc ošetřením thymolem (Mastromatteo et al., 2010). Ze 4 dnů na 16 lze prodloužit skladovatelnost filet z kapra ošetřeného elektrolyzovaným roztokem chloridu sodného v kombinaci využitím karvakrolu a thymolu (Mahmound et al., 2006).

Tabulka 2: Přehled rostlin a jejich složek působících na mikroorganismy v rybách

Druh masa	rostlina	složky	mikroorganismy	zdroje
Ryby obecně	hřebíček	eugenol, β -karyofylén	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	(Dini, 2016; Srivastava et al., 2004)
	fenykl	trans-anetol, estragol	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	(Diao et al., 2014; Dini, 2016)
	levandule	1,5-dimethyl-1-vinyl-4-hexenyl butyrát, 1,3,7-oktatrien	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	(Dini, 2016; Hui et al., 2010)
	tymián	karvakrol, p-cymen, thymol	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	(Burt, 2004; Dini, 2016)
	borovice	β -karyofylén, α -humulen	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	(Dini, 2016; Dob et al., 2005)
	rozmarýn	kafr, 1,8-cineol	<i>L. monocytogenes</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i>	(Dini, 2016; Tajkarimi et al., 2010)
Kapr	tymián	karvakrol, thymol, p-cymen	<i>B. cereus</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>L. monocytogenes</i>	(Burt, 2004; Tajkarimi et al., 2010)
	hřebíček	eugenol, β -karyofylén	<i>Bacillus</i> spp., <i>P. fluorescens</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>S. aureus</i>	(Srivastava et al., 2004; Tajkarimi et al., 2010)
Rybí omáčka	směs kmínu, koriandru,	p-hydroxybenzyl,	<i>V. parahaemolyticus</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. typhi</i> , <i>E.</i>	(Bailer et al., 2001; Delaquis et al.,

	hořčice, černého pepře, citronu	isothiokyanát, linalol, karvon, limonen, citral, α -pinen, β -pinen, β -karyofylén	<i>coli</i>	2002; Ekanayake et al., 2012; Fisher et Phillips, 2006; Menon et al., 2003; Souza et al., 2005)
Treska	oregano	karvakrol, p-cymen, thymol	<i>P. photosphorum</i>	(Burt, 2004; Mejlholm et Dalgaard, 2002)
Losos	oregano	karvakrol, p-cymen, thymol	<i>P. photosphorum</i>	(Burt, 2004; Mejlholm et Dalgaard, 2002)
Sardinky	citron, bergamot	citral, linalol	<i>S. aureus</i>	(Djenane et al., 2011; Fisher et Phillips, 2006)
Mořské plody	bazalka, hřebíček, křen, majoránka, oregano, rozmarýn, tymián	terpinen-4-ol, allyl isothiokyanát, 4-pentenyl isothiokyanát, eugenol, β -karyofylén, karvakrol, p-cymen, thymol, kafr, 1,8-cineol, linalol, methyl chavicol	<i>V. parahaemolyticus</i>	(Radaelli et al., 2016; Raina et al., 2003; Tajkarimi et al., 2010; Vági et al., 2005)

3.4.11 Právní předpisy používání silic a jejich komponentů v potravinách

Evropskou komisí byla zaregistrována řada komponentů silic pro použití v potravinách jako látky určené k aromatizaci. Tyto látky nepředstavují žádné riziko pro zdraví spotřebitele. Zahrnují například karvakrol, karvon, skořicový aldehyd, citral, p-cymen, eugenol, mentol, linalol, vanilin a thymol. Estragol a methyl eugenol byly v roce 2001 ze seznamu vyřazeny kvůli své genotoxicitě (Burt, 2004). Rostliny obecně považované za zdraví bezpečné jsou například hřebíček, majoránka, tymián, muškátový oříšek, bazalka, hořčice a skořice (Dini, 2016). Nová látka může být zaregistrována pouze po provedení řádných metabolických a toxikologických testů (Burt, 2004).

4 Závěr

Na téma týkající se konzervačních účinků rostlinných látek, konkrétně silic, bylo na Web of science publikováno přes 6000 studií, z toho necelých 300 v mase a masných výrobcích. Řada studií prokázala antimikrobiální aktivitu silic obecně v mase, některé v konkrétních druzích masa. Prokázána byla aktivita proti celé řadě potravinových patogenů, často proti *S. enteritidis*, *L. monocytogenes*, čeledi *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas* spp., *C. botulinum*, *A. hydrophila*, *E. coli* a *B. cereus*. Mezi nejčastěji testované patří silice z tymiánu, oregana, hřebíčku, šalvěje a rozmarýnu. Inhibice často spočívá v degradaci stěn bakteriálních buněk, modifikaci proteinů cytoplazmatické membrány, ve změně propustnosti membrány, v úniku buněčného obsahu nebo v redukci intracelulárního ATP působením různých složek silic. Problémem využití těchto látek může být nežádoucí změna sensorických vlastností, nejčastěji změna barvy. Tento problém se dá ale řešit, a to kombinací nižší koncentrace silic s dalšími způsoby konzervace. Rostlinné konzervační látky představují do budoucna perspektivní možnost, jak šetrně, přírodní cestou a se zdravotní nezávadností docílit prodloužení trvanlivosti masa a produktů z něj a snížit riziko onemocnění z potravin.

5 Použitá literatura

- Alam, M. S., Costales, M., Cavanaugh, C., Pereira, M., Gaines, D., Williams, K. 2016. Oral exposure to *Listeria monocytogenes* in aged IL-17RKO mice: a possible murine model to study listeriosis in susceptible populations. *Microbial pathogenesis*. 99 . 236–246.
- Ambrožová, H. 2011. Letní průjmy. *Medicína pro Praxi*. 214–218.
- Arras, G., Grella, G. E. 1992. Wild thyme, *Thymus capitatus* , essential oil seasonal changes and antimycotic activity. *Journal of horticultural science*. 67 (2). 197–202.
- Arun K. B. 2008. *Staphylococcus aureus*. In: A. Bohunia (Ed.). *Foodborne microbial pathogens*. 1. p. 125–134. New York, NY. Springer New York. ISBN: 978-0-387-74537-4.
- Aureli, P., Costantiny, A., Zolea, S. 1992. Antimicrobial activity of some plant essential oils against *Listeria monocytogenes*. *Journal of food protection*. 55 (5). 344–348.
- Bader, A., Flamini, G., Cioni, P. L., Morelli, I. 2003. Essential oil composition of *Achillea santolina* L. and *Achillea biebersteinii* Afan collected in Jordan. *Flavour and fragrance Journal*. 18 (1). 36–38.
- Bailer, J., Aichinger, T., Hackl, G., de Hueber, K., Dachler, M. 2001. Essential oil content and composition in commercially available dill cultivars in comparison to caraway. *Industrial crops and products*. 14 (3). 229–239.
- Bajpai, V. K., Baek, K.-H., Kang, S. C. 2012. Control of *Salmonella* in foods by using essential oils: a review. *Food research international*. 45 (2). 722–734.
- Bajpai, V. K., Rahman, A., Kang, S. C. 2008. Chemical composition and inhibitory parameters of essential oil and extracts of *Nandina domestica* Thunb to control food-borne pathogenic and spoilage bacteria. *International journal of food microbiology*. 125 (2). 117–122.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. 2008. Biological effects of essential oils. *Food and chemical toxicology*. 46 (2). 446–475.
- Bandick, N., Hensel, A. 2011. Zoonotic diseases and direct marketing of game meat: aspects of consumer safety in Germany. In: P. Paulsen, A. Bauer, M. Vodnansky, R. Winkelmayer, F. J. . Smulders (Eds.). *Game meat hygiene in focus: microbiology, epidemiology, risk analysis- international research forum on game meat hygiene*. 1. p. 88–92. Wageningen. Wageningen academic publishers. ISBN: 978-90-8686-723-3.
- Banwart, G. J. 1989. Food spoilage. In: G. Banwatr (Ed.). *Basic food microbiology*. 2. p. 393–431. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4684-6453-5.

- Banwart, G. J. 1998. Basic food microbiology (G. Banwart, Ed.). 2. Boston, MA. Springer US. p. 774. ISBN: 978-1-4684-6455-9.
- Barbon, A. P. A. C., Barbon, S., Mantovani, R. G., Fuzyi, E. M., Peres, L. M., Bridi, A. M. 2016. Storage time prediction of pork by computational intelligence. *Computers and electronics in agriculture*. 127 . 368–375.
- Barros, J. C. de, Conceição, M. L. da, Gomes Neto, N. J., Costa, A. C. V. da, Souza, E. L. de 2012. Combination of *Origanum vulgare* L. essential oil and lactic acid to inhibit *Staphylococcus aureus* in meat broth and meat model. *Brazilian journal of microbiology*. 43 (3). 1120–1127.
- Beli, E., Maçi, R., Çoçoli, S., Memoçi, H. 2014. Frequency and characteristics of *Listeria* spp. in minced meat in Albanian retail market. . Retrieved January 11, 2018, from <https://search-proquest-com.infozdroje.czu.cz/docview/1549923581/abstract/39D0C97893104996PQ/1?accountid=26997>
- Billing, J., Sherman, P. W. 1998. Antimicrobial functions of spices: why some like it hot. *The quarterly review of biology*. 73 (1). 3–49.
- Bolton, D. J., Carroll, J., Walsh, D. 2015. A four-year survey of blown pack spoilage *Clostridium estertheticum* and *Clostridium gasigenes* on beef primal cuts. *Letters in applied microbiology*. 61 (2). 153–157.
- Borch, E., Nesbakken, T., Christensen, H. 1996. Hazard identification in swine slaughter with respect to foodborne bacteria. *International journal of food microbiology*. 30 (1–2). 9–25.
- Borilova, G., Hulankova, R., Svobodova, I., Jezek, F., Hutarova, Z., Vecerek, V., Steinhäuserova, I. 2016. The effect of storage conditions on the hygiene and sensory status of wild boar meat. *Meat Science*. 118. 71–77.
- Bottone, E. J. 1999. *Yersinia enterocolitica*: overview and epidemiologic correlates. *Microbes and infection*. 1 (4). 323–333.
- Brychta, J., Brychta, T., Bulawová, H., Klímová, E., Veterinární ústav Jihlava, S., Brychte, M. J. 2014. Hygiena potravin mikrobiální kontaminace JUT a pohyb bakterií ve výrobním prostředí. 11. 875-883.
- Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*. 94 (3). 223–253.
- Caballero, B., Finglas, P. M., Toldrá, F. 2015. Encyclopedia of food and health (B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá, Eds.). Boulevard. Elsevier science. p. 4013. ISBN: 9780123849533.

- Callegan, M. C., Parkunan, S. M., Randall, C. B., Coburn, P. S., Miller, F. C., LaGrow, A. L., Astley, R. A., Land, C., Oh, S.-Y., Schneewind, O. 2017. The role of pili in *Bacillus cereus* intraocular infection. *Experimental eye research*. 159 . 69–76.
- Caplice, E., Fitzgerald, G. F. 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and preservation. *International journal of food microbiology*. 50 (1–2). 131–149.
- Carmo, E. S., Lima, E. de O., Souza, E. L. de 2008. The potential of *Origanum vulgare* L. (*Lamiaceae*) essential oil in inhibiting the growth of some food-related *Aspergillus* species. *Brazilian journal of microbiology*. 39 (2). 362–367.
- Cavani, C., Petracci, M., Trocino, A., Xiccato, G. 2009. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Italian journal of animal science*. 8 (sup2). 741–750.
- Coia, J., Cubie, H. 1995. a *Escherichia coli*. In: J. Coia, H. Cubie (Eds.). *The immunoassay kit directory*. 2. p. 757–761. Dordrecht. Springer netherlands. ISBN: 978-0-7923-8813-5.
- Coia, J., Cubie, H. 1995. *Yersinia enterocolitica*. In: J. Coia, H. Cubie (Eds.). *The immunoassay kit directory*. 1. p. 977–979. Dordrecht. Springer netherlands. ISBN: 978-0-7923-8813-5.
- Comi, G. 2017. Spoilage of meat and fish. In: A. Bevilacqua, M. R. Corbo, M. Sinigaglia (Eds.). *The microbiological quality of food*. p. 179–210. Foggia. Elsevier. ISBN: 9780081005026.
- Costa, H., Mafra, I., Oliveira, M. B. P. P., Amaral, J. S. 2016. Game: types and composition. In: B. Caballero, P. M. Finglas, F. Toldrá (Eds.). *Encyclopedia of food and health*. 1. p. 177–183. Boulevard. Elsevier. ISBN: 9780123849533.
- Cover, T. L., Aber, R. C. 1989. *Yersinia enterocolitica*. *New england journal of medicine*. 321 (1). 16–24.
- Dalle Zotte, A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock production science*. 75 (1). 11–32.
- Davidson, T. M., Schafer, S. F., Bracker, M. D. 1989. Rattlesnakes: the animal and the venom. *The physician and sportsmedicine*. 17 (4). 148–159.
- Deans, S. G., Ritchie, G. 1987. Antibacterial properties of plant essential oils. *International journal of food microbiology*. 5 (2). 165–180.
- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., Mazza, G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International journal of food microbiology*. 74 (1–2). 101–109.
- Diao, W.-R., Hu, Q.-P., Zhang, H., Xu, J.-G. 2014. Chemical composition, antibacterial

- activity and mechanism of action of essential oil from seeds of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Food control. 35 (1). 109–116.
- Dini, I. 2016. Use of essential oils in food packaging. In: V. R. Preedy (Ed.). Essential oils in food preservation, flavor and safety. 1. p. 139–147. London. elsevier. ISBN: 9780124166417.
- Djenane, D. 2015. Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of algerian citrus essential oils and their application in *Sardina pilchardus*. Foods. 4 (4). 208–228.
- Djenane, D., Yangüela, J., Montañés, L., Djerbal, M., Roncalés, P. 2011. Antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* and *Satureja montana* essential oils against *Listeria monocytogenes* CECT 935 using laboratory media: efficacy and synergistic potential in minced beef. Food control. 22 (7). 1046–1053.
- Dob, T., Berramdane, T., Chelgoum, C. 2005. Chemical composition of essential oil of *Pinus halepensis* Miller growing in Algeria. Comptes rendus chimie. 8 (11–12). 1939–1945.
- Dorman, H. J. D., Deans, S. G. 2000. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. Journal of applied microbiology. 88 (2). 308–316.
- Dudai, N., Weinstein, Y., Krup, M., Rabinski, T., Ofir, R. 2005. Citral is a new inducer of caspase-3 in tumor cell lines. Planta medica. 71 (5). 484–488.
- Ekanayake, A., Zoutendam, P. H., Strife, R. J., Fu, X., Jayatilake, G. S. 2012. Development of white mustard (*Sinapis alba* L.) essential oil, a food preservative. Food chemistry. 133 (3). 767–774.
- Erkan, N., Tosun, Ş. Y., Ulusoy, Ş., Üretener, G. 2011. The use of thyme and laurel essential oil treatments to extend the shelf life of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) during storage in ice. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit. 6 (1). 39–48.
- Eteghad, S. S., Mirzaei, H., Pour, S. F., Kahnamui, S. 2009. Research journal of biological sciences. Research journal of biological sciences. 4 (3). 340–344.
- Farag, R. S., Daw, Z. Y., Hewedi, F. M., El-Baroti, G. S. A. 1989. Antimicrobial activity of some egyptian spice essential oils. Journal of food protection. 52 (9). 665–667.
- Firuzi, O., Asadollahi, M., Gholami, M., Javidnia, K. 2010. Composition and biological activities of essential oils from four *Heracleum* species. Food chemistry. 122 (1). 117–122.
- Fisher, K., Phillips, C. A. 2006. The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. Journal of applied microbiology. 101 (6). 1232–1240.

- Foley, J. E., Nieto, N. C. 2010. Tularemia. *Veterinary microbiology*. 140 (3–4). 332–338.
- Foley, S. L., Lynne, A. M., Nayak, R. 2013. *Enterobacteriaceae*. In: I. Filippis, M. L. Mc Kee (Eds.). *Molecular typing in bacterial infections*. p. 39–52. Totowa, NJ. Humana Press. ISBN: 978-1-6270-184-4.
- Forsythe, S. J., Hayes, P. R. 1998. *Food hygiene, microbiology and HACCP* (S. Forsythe, Ed.). 1. Boston, MA. Springer US. p. 449. ISBN: 978-1-4613-5919-7.
- Fredriksson-Ahomaa, M., Stolle, A., Korkeala, H. 2006. Molecular epidemiology of *Yersinia enterocolitica* infections. *FEMS Immunology & Medical microbiology*. 47 (3). 315–329.
- Gargaud, M., Irvine, W. M., Amils, R., Cleaves, H. J., Pinti, D., Quintanilla, J. C., Rouan, D., Spohn, T., Tirard, S., Viso, M. 2015. *Encyclopedia of astrobiology* (M. Gargaud, W. M. Irvine, R. Amils, H. J. Cleaves, D. Pinti, J. C. Quintanilla, D. Rouan, T. Spohn, S. Tirard, & M. Viso, Eds.). 2nd ed. Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg. p. 2737. ISBN: 978-3-662-44184-8.
- Gill, A. ., Delaquis, P., Russo, P., Holley, R. . 2002. Evaluation of antilisterial action of cilantro oil on vacuum packed ham. *International journal of food microbiology*. 73 (1). 83–92.
- González-Hein, G., García, P., Foerster, C., Troncoso, M., Figueroa, G. 2013. *Campylobacter jejuni* isolated from human cases in Chile showed indistinguishable pulsed field gel electrophoresis profiles with strains isolated from poultry and bovine sources. *CyTA - Journal of food*. 11 (2). 185–189.
- Gordon, J., Davis, E. 1998. Biochemical processes: carbohydrate instability. In: I. A. Taub, R. P. Singh (Eds.). *Food storage stability*. p. 105–125. USA. CRC Press LLC. ISBN: 0-8493-2646-X.
- Gould, G. W. 1996. Industry perspectives on the use of natural antimicrobials and inhibitors for food applications. *Journal of food protection*. 59 (13). 82–86.
- Gounot, A. M. 1986. Psychrophilic and psychrotrophic microorganisms. *Experientia*. 42 (11–12). 1192–7.
- Guinebretiere, M.-H., Auger, S., Galleron, N., Contzen, M., De Sarrau, B., De Buyser, M.-L., Lamberet, G., Fagerlund, A., Granum, P. E., Lereclus, D., De Vos, P., Nguyen-The, C., Sorokin, A. 2013. *Bacillus cytotoxicus* sp. nov. is a novel thermotolerant species of the *Bacillus cereus* Group occasionally associated with food poisoning. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*. 63 (Pt 1). 31–40.
- Harkat-Madouri, L., Asma, B., Madani, K., Bey-Ould Si Said, Z., Rigou, P., Grenier, D., Allalou, H., Remini, H., Adjaoud, A., Boulekbache-Makhlouf, L. 2015. *Chemical*

- composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. *Industrial crops and products*. 78 . 148–153.
- Hartland, E. L., Leong, J. M. 2013. Enteropathogenic and enterohemorrhagic *E. coli*: ecology, pathogenesis, and evolution. *Frontiers in Cellular and infection microbiology*. 3 . 15.
- Hassoun, A., Çoban, E. Ö. 2017. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. *Trends in food science & technology*. 68 . 26–36.
- Hayouni, E. A., Chraief, I., Abedrabba, M., Bouix, M., Leveau, J.-Y., Mohammed, H., Hamdi, M. 2008. Tunisian *Salvia officinalis* L. and *Schinus molle* L. essential oils: their chemical compositions and their preservative effects against *Salmonella* inoculated in minced beef meat. *International journal of food microbiology*. 125 (3). 242–251.
- Hernández-Macedo, M. L., Barancelli, G. V., Contreras-Castillo, C. J. 2011. Microbial deterioration of vacuum-packaged chilled beef cuts and techniques for microbiota detection and characterization. *Brazilian journal of microbiology*. 42 (1). 1–11.
- Hernandez, P., Gondret, F. 2006. Meat quality and safety. In: L. Maertens, P. Coudert (Eds.). *Recent advances in rabbit sciences*. p. 291. ILVO. ISBN: 92-898-0030-EPS.
- Herrera, A. G. 2001. *Campylobacter*. In: J. F. T. Spencer, R. A. L. Spencer (Eds.). *Food microbiology protocols*. p. 119–123. San Miguel Tucumán. Humana press. ISBN: 089603867X.
- Hoffman, L. C., Wiklund, E. 2006. Game and venison – meat for the modern consumer. *Meat science*. 74 (1). 197–208.
- Hofreuter, D. 2014. Defining the metabolic requirements for the growth and colonization capacity of *Campylobacter jejuni*. *Frontiers in cellular and infection microbiology*. 4 . 137.
- Hugas, M., Garriga, M., Aymerich, T., Monfort, J. M. 1993. Biochemical characterization of lactobacilli from dry fermented sausages. *International journal of food microbiology*. 18 (2). 107–113.
- Hui, L., He, L., Huan, L., XiaoLan, L., AiGuo, Z. 2010. African journal of microbiology research. *African journal of microbiology research*. Vol. 4. Academic journals. p. 309-313.
- Chaillou, S., Chaulot-Talmon, A., Caekebeke, H., Cardinal, M., Christieans, S., Denis, C., Hélène Desmots, M., Dousset, X., Feurer, C., Hamon, E., Joffraud, J.-J., La Carbona, S., Leroi, F., Leroy, S., Lorre, S., Macé, S., Pilet, M.-F., Prévost, H., Rivollier, M., Roux, D., Talon, R., Zagorec, M., Champomier-Vergès, M.-C. 2015. Origin and ecological selection of core and food-specific bacterial communities associated with meat and

- seafood spoilage. *The ISME Journal*. 9 (5). 1105–1118.
- Chambers, H. F. 2001. The changing epidemiology of *Staphylococcus aureus*? *Emerging infectious diseases*. 7 (2). 178–82.
- Chorianopoulos, N., Kalpoutzakis, E., Aligiannis, N., Mitaku, S., Nychas, G. J., Haroutounian, S. A. 2004. Essential oils of satureja, organum, and thymus species: chemical composition and antibacterial activities against foodborne pathogens. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52 (26). 8261–8267.
- ICMSF 1998. Meat and meat products. In: ICMSF (Ed.). *Micro-organisms in foods*. 1. p. 1–74. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4615-5307-6.
- Ilkka, M. H., Hanna-Leena, A., Kyösti, L.-K., Tiina, M.-S., Irene, P., Eddy J. Smid, Leon, G. M. G., Wright, A. von 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. *Journal of agricultural and food chemistry*. 46 (9). 3590–3595.
- In, J., Foulke-Abel, J., Zachos, N. C., Hansen, A.-M., Kaper, J. B., Bernstein, H. D., Halushka, M., Blutt, S., Estes, M. K., Donowitz, M., Kovbasnjuk, O. 2016. Enterohemorrhagic *Escherichia coli* reduces mucus and intermicrovillar bridges in human stem cell-derived colonoids. *Cellular and molecular gastroenterology and hepatology*. 2 (1). 48–62.e3.
- Ismaiel, A. A., Pierson, M. D. 1990. Effect of sodium nitrite and origanum oil on growth and toxin production of *Clostridium botulinum* in TYG broth and ground pork. *Journal of food protection*. 53 (11). 958–960.
- Jacobson, E. R. 1984. Pseudomonas. In: G. L. Holf, F. L. Frye, E. R. Jacobson (Eds.). *Diseases of amphibians and reptiles*. p. 37–47. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4615-9393-5.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., Golden, D. A. 2005. Fresh meats and poultry (J. M. Jay, M. J. Loessner, & D. A. Golden, Eds.) *Modern food microbiology*. 7. Boston, MA. Springer US. p. 63-99. ISBN: 978-0-387-23413-7.
- Jenny, M. W., Michael, H., Tracey, R., Cavanagh, H. M. A. 2002. Bioactivity of backhousia citriodora: antibacterial and antifungal activity. *Journal of agricultural and food chemistry*. 51 (1). 76–81.
- Jones, R. J. 2004. Observations on the succession dynamics of lactic acid bacteria populations in chill-stored vacuum-packaged beef. *International journal of food microbiology*. 90 (3). 273–282.
- Jugulete, G., Luminos, M., Drăgănescu, A., Vișan, A., Merișescu, M. M., Bilașco, A.,

- Șchiopu, S., Osman, E., Dorobăț, O. 2013. *Salmonella* spp. acute enterocolitis - an overview of antibiotic therapy and chemosensitivity patterns among children. BMC infectious diseases. 13 (Suppl 1). P37.
- Juven, B. J., Kanner, J., Schved, F., Weisslowicz, H. 1994. Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. Journal of applied bacteriology. 76 (6). 626–631.
- Karatzas, A. K., Bennik, M. H. J., Smid, E. J., Kets, E. P. W. 2000. Combined action of S-carvone and mild heat treatment on *Listeria monocytogenes* Scott A. Journal of applied microbiology. 89 (2). 296–301.
- Karatzas, A. K., Kets, E. P. W., Smid, E. J., Bennik, M. H. J. 2001. The combined action of carvacrol and high hydrostatic pressure on *Listeria monocytogenes* Scott A. Journal of applied microbiology. 90 (3). 463–469.
- Karoui, R., Hassoun, A. 2017. Efficiency of rosemary and basil essential oils on the shelf-life extension of atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) fillets stored at 2°C. Journal of AOAC international. 100 (2). 335–344.
- Kim, J. M., Marshall, M., Cornell, J. A., Preston, J. F., Wei, C. I. 1995. Antibacterial activity of carvacrol, citral, and geraniol against *Salmonella typhimurium* in culture medium and on fish cubes. Journal of food science. 60 (6). 1364–1368.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. N., Kontominas, M. G. 2009. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. Food microbiology. 26 (5). 475–482.
- Kumari, S., Sarkar, P. K. 2016. *Bacillus cereus* hazard and control in industrial dairy processing environment. Food control. 69 . 20–29.
- Kuorwel, K. K., Cran, M. J., Sonneveld, K., Miltz, J., Bigger, S. W. 2011. Essential oils and their principal constituents as antimicrobial agents for synthetic packaging films. Journal of food science. 76 (9). R164–R177.
- Kykkidou, S., Giatrakou, V., Papavergou, A., Kontominas, M. G., Savvaidis, I. N. 2009. Effect of thyme essential oil and packaging treatments on fresh mediterranean swordfish fillets during storage at 4°C. Food chemistry. 115 (1). 169–175.
- Lago, J. H. G., Fávero, O. A., Romoff, P. 2006. Microclimatic factors and phenology influences in the chemical composition of the essential oils from *Pittosporum undulatum* Vent. leaves. Journal of the Brazilian chemical society. 17 (7). 1334–1338.
- Lambert, R. J. W., Skandamis, P. N., Coote, P. J., Nychas, G.-J. E. 2001. A study of the

- minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of applied microbiology*. 91 (3). 453–462.
- Lambropoulou, K. A., Drosinos, E. H., Nychas, G. J. E. 1996. The effect of glucose supplementation on the spoilage microflora and chemical composition of minced beef stored aerobically or under a modified atmosphere at 4 °C. *International journal of food microbiology*. 30 (3). 281–291.
- Li, M., Tian, L., Zhao, G., Zhang, Q., Gao, X., Huang, X., Sun, L. 2014. Formation of biogenic amines and growth of spoilage-related microorganisms in pork stored under different packaging conditions applying PCA. *Meat Science*. 96 (2). 843–848.
- Liston, J. 1956. Quantitative variations in the bacterial flora of flatfish. *Journal of general microbiology*. 15 (2). 305–314.
- Little, C. L., Amar, C. F. L., Awofisayo, A., Grant, K. A. 2012. Hospital-acquired listeriosis associated with sandwiches in the UK: a cause for concern. *Journal of hospital infection*. 82 (1). 13–18.
- Løvdal, T. 2015. The microbiology of cold smoked salmon. *Food control*. 54 . 360–373.
- Lu, Y., Zhao, Y. P., Wang, Z. C., Chen, S. Y., Fu, C. X. 2007. Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Actinidia macrosperma* from China. *Natural product research*. 21 (3). 227–233.
- Mahmound, B., Yamazaki, K., MiyaShita, K., Shin, I., Suzuki, T. 2006. A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food chemistry*. 99 (4). 656–662.
- Mangena, T., Muyima, N. Y. O. 2002. Comparative evaluation of the antimicrobial activities of essential oils of *Artemisia afra*, *Pteronia incana* and *Rosmarinus officinalis* on selected bacteria and yeast strains. *Letters in applied microbiology*. 28 (4). 291–296.
- Marangoni, F., Corsello, G., Cricelli, C., Ferrara, N., Ghiselli, A., Lucchin, L., Poli, A. 2015. Role of poultry meat in a balanced diet aimed at maintaining health and wellbeing: an Italian consensus document. *Food & nutrition research*. 59 . 27606.
- Mastromatteo, M., Danza, A., Conte, A., Muratore, G., Del Nobile, M. A. 2010. Shelf life of ready to use peeled shrimps as affected by thymol essential oil and modified atmosphere packaging. *International journal of food microbiology*. 144 (2). 250–256.
- Mateus-Vargas, R. H., Atanassova, V., Reich, F., Klein, G. 2017. Antimicrobial susceptibility and genetic characterization of *Escherichia coli* recovered from frozen game meat. *Food microbiology*. 63 . 164–169.
- Mayer, B. K., Ward, D. R. 1991. Microbiology of finfish and finfish processing. In: D. R.

- Ward, C. Hackney (Eds.). Microbiology of marine food products. 1. p. 3–17. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4615-3926-1.
- Mazor, M., Froimovich, M., Lazer, S., Maymon, E., Glezerman, M. 1992. *Listeria monocytogenes*. Archives of gynecology and obstetrics. 252 (2). 109–112.
- McClane, B. A. 2003. *Clostridium perfringens*. In: M. D. Miliotis, J. W. Bier (Eds.). International handbook of foodborne pathogens. p. 92. New York. Marcel Dekker, INC. ISBN: 0-8247-0685-4.
- McDonel, J. L. 1980. *Clostridium perfringens* toxins (type A, B, C, D, E). Pharmacology & therapeutics. 10 (3). 617–655.
- McGimpsey, J. A., Douglas, M. H., Van Klink, J. W., Beaugard, D. A., Perry, N. B. 1994. Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *thymus vulgaris* L. in New Zealand. Flavour and fragrance journal. 9 (6). 347–352.
- McLauchlin, J., Grant, K. A. 2007. *Clostridium botulinum* and *Clostridium perfringens*. In: S. Simjee (Ed.). Foodborne diseases. 1. p. 41–78. Totowa, NJ. Humana Press. ISBN: 978-1-59745-501-5.
- Mejlholm, O., Dalgaard, P. 2002. Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage micro-organism *Photobacterium phosphoreum* in liquid media and fish products. Letters in applied microbiology. 34 (1). 27–31.
- Membré, J.-M., Laroche, M., Magras, C. 2011. Assessment of levels of bacterial contamination of large wild game meat in Europe. Food microbiology. 28 (5). 1072–1079.
- Menon, A. N., Padmakumari, K. P., Jayalekshmy, A. 2003. Essential oil composition of four major cultivars of black pepper (*Piper nigrum* L.). Journal of essential oil research. 15 (3). 155–157.
- Mihajilov-Krstev, T., Radnović, D., Kitić, D., Stojanović-Radić, Z., Zlatković, B. 2010. antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil against pathogenic microbial strains. Arch. Biol. Sci. 62 (1). 159–166.
- Moghtader, M., Afzali, D. 2009. Study of antimicrobial properties of the essential oil of rosemary. American-Eurasian journal of agricultural and environmental science. 5 (3). 393–397.
- Moleyar, V., Narasimham, P. 1992. Antibacterial activity of essential oil components. International journal of food microbiology. 16 (4). 337–342.
- Morpeth, F. 1995. An introduction to microbial spoilage. In: F. Morpeth (Ed.). Preservation of surfactant formulations. 1. p. 1–5. Dordrecht. Springer Netherlands. ISBN: 978-94-011-

0621-4.

- Moschonas, G., Bolton, D. J., Sheridan, J. J., McDowell, D. A. 2010. The effect of storage temperature and inoculum level on the time of onset of spoilage. *Journal of applied microbiology*. 108 (2). 532–539.
- Murphy, M., Carroll, A., Whyte, P., O'Mahony, M., Anderson, W., McNamara, E., Fanning, S. 2005. Prevalence and characterization of *Escherichia coli* O26 and O111 in retail minced beef in Ireland. *Foodborne pathogens and disease*. 2 (4). 357–360.
- Nakyinsige, K., Sazili, A. Q., Aghwan, Z. A., Zulkifli, I., Goh, Y. M., Abu Bakar, F., Sarah, S. A. 2015. Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. *Meat science*. 108 . 125–131.
- Nurhayat, T., Neşe, K., Betül, D., Fatih, Demirci, A., Başer, K. H. C. 2001. Composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Micromeria cristata* subsp. phrygia and the enantiomeric distribution of borneol. *Journal of agricultural and food chemistry*. 49 (9). 4300–4303.
- Nychas, G.-J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., Koutsoumanis, K. P. 2008. Meat spoilage during distribution. *Meat science*. 78 (1–2). 77–89.
- Ouattara, B., Sabato, S. F., Lacroix, M. 2001. Combined effect of antimicrobial coating and gamma irradiation on shelf life extension of pre-cooked shrimp (*Penaeus spp.*). *International journal of food microbiology*. 68 (1–2). 1–9.
- Paine, F. A., Paine, H. Y. 1992. Fresh and chilled foods: meat, poultry, fish, dairy products and eggs. In: F. A. Paine, H. Y. Paine (Eds.). *A handbook of food packaging*. 2. p. 205–230. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4615-2810-4.
- Paster, N., Juven, B. J., Shaaya, E., Menasherov, M., Nitzan, R., Weisslowicz, H., Ravid, U. 1990. Inhibitory effect of oregano and thyme essential oils on moulds and foodborne bacteria. *Letters in applied microbiology*. 11 (1). 33–37.
- Paterson, D. L., Doi, Y. 2017. *Enterobacteriaceae*. In: D. L. Mayers, J. D. Sobel, M. Ouellette, K. S. Kaye, D. Marchaim (Eds.). *Antimicrobial drug resistance*. 2. p. 889–898. Cham. Springer international publishing. ISBN: 978-3-319-47266-9.
- Paulsen, P. 2011. Hygiene and microbiology of meat from wild game: an Austrian view. In: P. Paulsen, A. Bauer, M. Vodnansky, R. Winkelmayr, F. J. . Smulders (Eds.). *Game meat hygiene in focus*. 1. p. 19–37. Wageningen. Wageningen academic publishers. ISBN: 978-90-8686-723-3.
- Peck, M. W. 2006. *Clostridium botulinum* and the safety of minimally heated, chilled foods: an emerging issue? *Journal of applied microbiology*. 101 (3). 556–570.

- Periago, P. M., Moezelaar, R. 2001. Combined effect of nisin and carvacrol at different pH and temperature levels on the viability of different strains of *Bacillus cereus*. *International journal of food microbiology*. 68 (1–2). 141–148.
- Pesavento, G., Calonico, C., Bilia, A. R., Barnabei, M., Calesini, F., Addona, R., Mencarelli, L., Carmagnini, L., Di Martino, M. C., Lo Nostro, A. 2015. Antibacterial activity of oregano, rosmarinus and thymus essential oils against *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* in beef meatballs. *Food control*. 54 . 188–199.
- Pexara, E. S., Metaxopoulos, J., Drosinos, E. H. 2002. Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages—“piroski”—stored under vacuum and modified atmospheres at +4 and +10 °C. *Meat Science*. 62 (1). 33–43.
- Pirbalouti, A. G., Moosavi, S. H., Momtaz, H., Rahimi, E., Hamed, B. 2010. Antibacterial activities of the essential oils some Iranian herbs against *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. *Advances in food sciences*. 32 (1). 30–34.
- Pol, I. E., Smid, E. J. 1999. Combined action of nisin and carvacrol on *Bacillus cereus* and *Listeria monocytogenes*. *Letters in applied microbiology*. 29 (3). 166–170.
- Popoff, M. R., Bouvet, P. 2009. Clostridial toxins. *Future microbiology*. 4 (8). 1021–1064.
- Rabsch, W., Tschäpe, H., Bäuml, A. J. 2001. Non-typhoidal salmonellosis: emerging problems. *Microbes and infection*. 3 (3). 237–247.
- Radaelli, M., da Silva, B. P., Weidlich, L., Hoehne, L., Flach, A., da Costa, L. A. M. A., Ethur, E. M. 2016. Antimicrobial activities of six essential oils commonly used as condiments in Brazil against *Clostridium perfringens*. *Brazilian journal of microbiology*. 47 (2). 424–430.
- Rahman, R. C., Cobeñas, C. J., Drut, R., Amoreo, O. R., Ruscasso, J. D., Spizzirri, A. P., Suarez, A. del C., Zalba, J. H., Ferrari, C., Gatti, M. C. 2012. Hemorrhagic colitis in postdiarrheal hemolytic uremic syndrome: retrospective analysis of 54 children. *Pediatric nephrology*. 27 (2). 229–233.
- Raina, V. K., Srivastava, S. K., Syamasunder, K. V. 2003. Essential oil composition of *Acorus calamus L.* from the lower region of the Himalayas. *Flavour and fragrance Journal*. 18 (1). 18–20.
- Ranken, M. D., Kill, R. C., Baker, C. 1997. Meat and meat products. In: C. G. J. Baker, M. D. Ranken, R. C. Kill (Eds.). *Food industries manual*. 24. p. 1–45. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4613-1129-4.
- Rédei, G. P. 2008. Gastroenteritis. In: G. P. Rédei (Ed.). *Encyclopedia of genetics, genomics, proteomics and informatics*. 3. p. 739–739. Dordrecht. Springer netherlands. ISBN: 978-

1-4020-6754-9.

- Reid, R., Fanning, S., Whyte, P., Kerry, J., Lindqvist, R., Yu, Z., Bolton, D. 2017. The microbiology of beef carcasses and primals during chilling and commercial storage. *Food Microbiology*. 61 . 50–57.
- Roberts{roJoint Chairman}, T. A., Cordier, J.-L., Gram, L., Tompkin, R. B., Pitt{roJoint Chairman}, J. I., Gorris, L. G. M., Swanson, K. M. J. 2005. Fish and fish products. In: T. A. Roberts{roJoint Chairman}, J.-L. Cordier, L. Gram, R. B. Tompkin, J. I. Pitt{roJoint Chairman}, L. G. M. Gorris, K. M. J. Swanson (Eds.). *Microorganisms in foods* 6. 2. p. 174–249. Boston, MA. Springer US. ISBN: 0-306-48675-X.
- Rodríguez-Calleja, J. M., García-López, I., García-López, M.-L., Santos, J. A., Otero, A. 2006. Rabbit meat as a source of bacterial foodborne pathogens. *Journal of food protection*. 69 (5). 1106–1112.
- Rogel-Gaillard, C., Ferrand, N., Hayes, H. 2009. Rabbit. In: N. E. Cockett, C. Kole (Eds.). *Genome mapping and genomics in domestic animals*. 1. p. 165–230. Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-73-834-3.
- Rogstad, B., Ritland, S., Lunde, S., Hagen, A. G. 1993. *Clostridium perfringens* septicemia with massive hemolysis. *Infection*. 21 (1). 54–56.
- Roig, J., Sabria, M. 2003. The spectrum of *Pseudomonas aeruginosa* disease. In: A. R. Hauser, J. Rello (Eds.). *Severe infections caused by Pseudomona aeruginosa*. p. 17–36. Boston, MA. Springer, Boston, MA. ISBN: 978-1-4615-0433-7.
- Russo, F., Ercolini, D., Mauriello, G., Villani, F. 2006. Behaviour of *Brochothrix thermosphacta* in presence of other meat spoilage microbial groups. *Food microbiology*. 23 (8). 797–802.
- Saei-Dehkordi, S. S., Tajik, H., Moradi, M., Khalighi-Sigaroodi, F. 2010. Chemical composition of essential oils in *Zataria multiflora Boiss.* from different parts of Iran and their radical scavenging and antimicrobial activity. *Food and chemical toxicology*. 48 (6). 1562–1567.
- Saggiolato, A. G., Gaio, I., Treichel, H., de Oliveira, D., Cichoski, A. J., Cansian, R. L. 2012. Antifungal activity of basil essential oil (*Ocimum basilicum* L.): evaluation In vitro and on an italian-type sausage surface. *Food and bioprocess technology*. 5 (1). 378–384.
- Sahin, O., Morishita, T. Y., Zhang, Q. 2002. Campylobacter colonization in poultry: sources of infection and modes of transmission. *Animal health research reviews*. 3 (2). 95–105.
- Sefidkon, F., Jalili, A., Mirhaji, T. 2002. Essential oil composition of three *Artemisia* spp. from Iran. *Flavour and fragrance journal*. 17 (2). 150–152.

- Senatore, F. 1996. Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) Growing wild in Campania (Southern Italy). Journal of agricultural and food chemistry. 44 (5). 1327–1332.
- Sentandreu, M. Á., Sentandreu, E. 2014. Authenticity of meat products: tools against fraud. Food research international. 60 . 19–29.
- Shobirin, M. H. A., Shuhaimi, M., Abu-Bakar, F., Ali, A. M., Ariff, A., Nur-Atiqah, N. A., Yazid, A. M. 2003. Characterization of *Salmonella* spp. isolated from patients below 3 years old with acute diarrhoea. World journal of microbiology and biotechnology. 19 (7). 751–755.
- Sivasothy, Y., Chong, W. K., Hamid, A., Eldeen, I. M., Sulaiman, S. F., Awang, K. 2011. Essential oils of *Zingiber officinale* var. *rubrum* theilade and their antibacterial activities. Food chemistry. 124 (2). 514–517.
- Skandamis, P. N., Nychas, G.-J. E. 2001. Effect of oregano essential oil on microbiological and physico-chemical attributes of minced meat stored in air and modified atmospheres. Journal of applied microbiology. 91 (6). 1011–1022.
- Smid, E. J., Gorris, L. G. M. 1999. Natural antimicrobials for food preservation. In: S. M. Rahman (Ed.). Handbook of food preservation. 1. p. 285–308. Auckland. Marcel Dekker, INC. ISBN: 0-8247-0209-3.
- Smith-Palmer, A., Stewart, J., Fyfe, L. 2001. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. Food microbiology. 18 (4). 463–470.
- Sonnleitner, B. 1983. Biotechnology of thermophilic bacteria — growth, products, and application. In: I. N. Gogotov, E. N. Kondratieva, J. H. Luong, F. Parisi, B. Sonnleitner, B. Voleski (Eds.). Microbial activities. 1. p. 69–138. Berlin/Heidelberg. Springer-Verlag. ISBN: 9783662153147.
- Souza, E. L., Barros, J. C. de, Conceição, M. L. da, Gomes Neto, N. J., Costa, A. C. V. da 2009. Combined application of *origanum vulgare* l. essential oil and acetic acid for controlling the growth of *Staphylococcus aureus* in foods. Brazilian journal of microbiology. 40 (2). 387–393.
- Souza, E. L., Stamford, T. L. M., Lima, E. de O. 2006. Sensitivity of spoiling and pathogen food-related bacteria to *Origanum vulgare* L. (*Lamiaceae*) essential oil. Brazilian journal of microbiology. 37 (4). 527–532.
- Souza, E. L., Stamford, T. L. M., Lima, E. de O., Trajano, V. N., Barbosa, F. J. M. 2005. Antimicrobial effectiveness of spices: an approach for use in food conservation systems. Brazilian archives of biology and technology. 48 (4). 549–558.

- Souza, E. L., Stamford, T. L. M., Lima, E. O., Trajano, V. N. 2007. Effectiveness of *Origanum vulgare* L. essential oil to inhibit the growth of food spoiling yeasts. *Food control*. 18 (5). 409–413.
- Spanu, C., Scarano, C., Spanu, V., Pala, C., Casti, D., Lamon, S., Cossu, F., Ibba, M., Nieddu, G., De Santis, E. P. L. 2016. Occurrence and behavior of *Bacillus cereus* in naturally contaminated ricotta salata cheese during refrigerated storage. *Food microbiology*. 58 . 135–138.
- Sperber, W. H. 1983. Influence of water activity on foodborne bacteria. *Journal of food protection*. 46 (2). 142–150.
- Srivastava, A. K., Srivastava, S. K., Syamsundar, K. V. 2004. Bud and leaf essential oil composition of *Syzygium aromaticum* from India and Madagascar. *Flavour and fragrance journal*. 20 (1). 51–53.
- Stecchini, M. L., Sarais, I., GIAVEDONI, P. 1993. Effect of essential oils on *Aeromonas hydrophila* in a culture medium and in cooked pork. *Journal of food protection*. 56 (5). 406–409.
- Stechenbergh, B. 2008. *Clostridium botulinum*. In: L. L. Barton, N. R. Friedman (Eds.). *The neurological manifestations of pediatric infectious diseases and immunodeficiency syndromes*. p. 235–238. Totowa, NJ. Humana Press. ISBN: 978-1-58829-967-3.
- Stryjewski, M. E., Sexton, D. J. 2003. *Pseudomonas aeruginosa* infections in specific types of patients and clinical settings. In: A. R. Hauser, J. Rello (Eds.). *Severe infections caused by Pseudomonas aeruginosa*. 1. p. 1–15. Boston. Springer, Boston, MA. ISBN: 978-1-4615-0433-7.
- Šuković, D., Damjanović, J. 2011. Antimicrobial effect of essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech journal of food sciences*. 29 (3). 277–284.
- Tajkarimi, M. M., Ibrahim, S. A., Cliver, D. O. 2010. Antimicrobial herb and spice compounds in food. *Food control*. 21 (9). 1199–1218.
- Tassou, C. C., Drosinos, E. H., Nychas, G. J. E. 1995. Effects of essential oil from mint (*Mentha piperita*) on *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* in model food systems at 4° and 10°C. *Journal of Applied Bacteriology*. 78 (6). 593–600.
- Thoriski, J., Blank, G., Biliaderis, C. 1989. Eugenol induced inhibition of extracellular enzyme production by *Bacillus subtilis*. *Journal of food protection*. 52 (6). 399–403.
- Tiwari, B. K., Valdramidis, V. P., O' Donnell, C. P., Muthukumarappan, K., Bourke, P., Cullen, P. J. 2009. Application of natural antimicrobials for food preservation. *Journal of agricultural and food chemistry*. 57 (14). 5987–6000.

- Tsigarida, E., Skandamis, P., Nychas, G.-J. E. 2000. Behaviour of *Listeria monocytogenes* and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5 °C. *Journal of applied microbiology*. 89 (6). 901–909.
- Ultee, A., Bennik, M. H. J., Moezelaar, R. 2002. The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Applied and environmental microbiology*. 68 (4). 1561–8.
- Ultee, A., Slump, R. A., Steginc, G., Smid, E. J. 2000. Antimicrobial activity of carvacrol toward *Bacillus cereus* on rice. *Journal of food protection*. 63 (5). 620–624.
- Vági, E., Simándi, B., Suhajda, Á., Héthelyi, É. 2005. Essential oil composition and antimicrobial activity of *Origanum majorana* L. extracts obtained with ethyl alcohol and supercritical carbon dioxide. *Food research international*. 38 (1). 51–57.
- Vieira, A. J., Beserra, F. P., Souza, M. C., Totti, B. M., Rozza, A. L. 2018. Limonene: aroma of innovation in health and disease. *Chemico-biological interactions*. 283 . 97–106.
- Wabeck, C. J. 2002. Microbiology of poultry meat products. In: D. D. Bell, W. D. Weaver Jr (Eds.). *Commercial chicken meat and egg production*. p. 889–898. Boston, MA. Springer US. ISBN: 978-1-4613-5251-8.
- Wang, C., Yang, J., Zhu, X., Lu, Y., Xue, Y., Lu, Z. 2017. Effects of *Salmonella* bacteriophage, nisin and potassium sorbate and their combination on safety and shelf life of fresh chilled pork. *Food control*. 73 . 869–877.
- Warriss, P. D. 1999. What meat quality means. In: P. D. Warriss (Ed.). *Meat science: an introductory text*. 2. p. 106–131. Wallingford. CABI head office. ISBN: 0851994245.
- Wendakoon, C. N., Sakaguchi, M. 1993. Combined effect of sodium chloride and clove on growth and biogenic amine formation of *Enterobacter aerogenes* in mackerel muscle extract. *Journal of food protection*. 56 (5). 410–413.
- Wigley, P. 2004. Genetic resistance to *Salmonella* infection in domestic animals. *Veterinary science*. 76 . 165–169.
- Woodhouse, A. 2017. Bacterial meningitis and brain abscess. *Medicine*. 45 (11). 657–663.
- Yanishlieva, N. V., Marinova, E., Pokorný, J. 2006. Natural antioxidants from herbs and spices. *European journal of lipid science and technology*. 108 (9). 776–793.
- Yano, Y., Satomi, M., Oikawa, H. 2006. Antimicrobial effect of spices and herbs on *Vibrio parahaemolyticus*. *International journal of food microbiology*. 111 (1). 6–11.
- Zhang, Y., Liu, Y., Walsh, M., Bokov, A., Ikeno, Y., Jang, Y. C., Perez, V. I., Van Remmen, H., Richardson, A. 2016. Liver specific expression of Cu/ZnSOD extends the lifespan of

sod1 null mice. *Mechanisms of ageing and development*. 154 . 1–8.

Zhou, G. H., Xu, X. L., Liu, Y. 2010. Preservation technologies for fresh meat. *Meat science*. 86 (1). 119–128.