

DOI 10.7251/VETJSR2301246V

UDK 615.281:665.528.279.41

Прегледни научни рад

ЕФЕКАТ ЕТАРСКИХ УЉА НА ПАТОГЕНЕ БАКТЕРИЈЕ ПОРЕКЛОМ ИЗ МЕСА

Сузана ВИДАКОВИЋ КНЕЖЕВИЋ^{1*}, Јелена ВРАНЕШЕВИЋ¹,
Слободан КНЕЖЕВИЋ¹, Зоран РУЖИЋ², Дубравка МИЛАНОВ¹,
Сунчица КОЦИЋ-ТАНАЦКОВ³, Неђељко КАРАБАСИЛ⁴

¹Научни институт за ветеринарство „Нови Сад“, Нови Сад, Република Србија

²Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Департман за ветеринарску медицину, Нови Сад, Република Србија

³Универзитет у Новом Саду, Технолошки факултет, Нови Сад, Република Србија

⁴Универзитет у Београду, Факултет ветеринарске медицине, Београд, Република Србија

*Коресподентни аутор: Сузана Видаковић Кнежевић, suzana@niv.ns.ac.rs

Сажетак

Месо је нутритивно вредна намирница, због чега је склона микробиолошкој контаминацији и квару. Главне, храном преносиве патогене бактерије, као што су *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* и *Yersinia enterocolitica*, често се повезују са месом. Ови узрочници се налазе на врху листе пријављених зооноза код људи. Како би се повећао микробиолошки квалитет меса, последњих деценија су у употреби алтернативне супстанце, између осталог и етарска уља, једињења добијена екстракцијом из биљака, које чине “безбедну” алтернативу хемијским и синтетским адитивима, у циљу постизања антимикробних и антиоксидативних ефеката. Многа истраживања приказују антибактеријско дејство етарских уља. Ефекат деловања етарских уља на бактерије огледа се у инхибицији њиховог раста (бактериостатски ефекат) или њиховој деструкцији (бактерицидни ефекат). У овом раду приказана су комерцијално доступна етарска уља препозната као безбедна за прехранбену употребу, њихова антибактеријска дејства против храном преносивих бактерија у *in vitro* условима, механизми деловања ових етарских уља на Грам позитивне и Грам негативне бактерије, као и њихова примена на моделу меса.

Кључне речи: антибактеријска активност, екстракти биљака, механизми деловања, микробиолошки квалитет.

УВОД

Савремена индустрија меса, упркос напретку који је остварила на пољу безбедности хране и хигијене процеса производње, кроз примену добре произвођачке, добре хигијенске праксе и система безбедности хране, и даље се суочава са проблемом контроле храном преносивих патогених бактерија (Saad и сар., 2019). Узрочници водећих болести преносивих храном, као што су *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* и *Yersinia enterocolitica*, су према извештајима Европске агенције за безбедност хране и Европског центра за спречавање и контролу болести од великог здравственог и социоекономског значаја на глобалном нивоу (EFSA и ECDC, 2022). Светска здравствена организација процењује појаву преко 600 милиона случајева храном преносивих болести годишње на глобалном нивоу од којих се 420 000 заврши смртним исходом. Од тога, 40% се јавља код деце млађе од пет година (WHO, 2015).

Храном преносиве патогене бактерије, поред тога што су одговорне за велики број хоспитализованих људи широм света, утичу и на смањење рока трајања меса и производа од меса. Продужење рока трајања, између осталог, се постиже и употребом адитива. Упркос доказаним ефектима редукције микроорганизама, честа употреба адитива доводи до акумулације штетних резидуа у ланцу хране, а самим тим и до штетних ефеката на здравље људи. Забринутост потрошача о негативним ефектима хемијских адитива и соли на здравље, поред резистенције на антимикуробне лекове, намеће потребу за изналажење нових препарата са антимикуробним деловањем (Burt, 2004). Последњих година се за редукцију броја патогених, храном преносивих микроорганизама, као и бактерија које изазивају квар намирница, користе етарска уља као нова, алтернативна једињења. Етарска уља представљају комплексне мешавине, често на стотине индивидуалних компоненти биљака. Хемијски састав етарских уља утиче на њихов антимикуробни потенцијал и варира у зависности од географског порекла биљке, састава земљишта, фазе развоја и делова биљака.

Антибактеријско дејство етарских уља заснива се на више различитих механизма деловања на ћелије бактерија (Рао и сар., 2019). Њихова потенцијална апликација у месо и производе од меса, у циљу стварања безбеднијег и дуготрајнијег производа, као и смањења инциденције нових обољења изазваних патогеним бактеријама преносивих храном, попут

Salmonella spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* и *Yersinia enterocolitica*, последњих деценија је предмет истраживања (Косић-Танасков и сар., 2017; Vidaković Knežević и сар., 2021; Šojić и сар., 2023).

Етарска уља

Етарска уља, позната још и као есенцијална или етерична уља, представљају концентроване улане течности које садрже испарљива ароматична једињења, карактеристичног мириса (Burt, 2004). Према дефиницији ISO (International Organization for Standardization) стандарда етарска уља су производи од природних сировина биљног порекла, добијени дестилацијом помоћу водене паре, механичким пресовањем епикарпа (коре) цитрусног воћа или сувом дестилацијом након одвајања водене фазе физичким процесом (ISO, 2021). Ова уља се приликом секундарног метаболизма синтетишу у свим деловима биљака (Akthar и сар., 2014), укључујући цветове, пупољке, листове, кору, семе, плодове и корење, и складиште унутар секреторних ћелија, шупљина, канала и ћелија епидерма (Burt, 2004).

Најзаступљенији начин добијања етарских уља јесте дестилација воденом паром (Rao и сар., 2019). Принос етарских уља зависи од бројних фактора. Млађе биљке дају нешто већи принос, док старије биљке производе гушћа и тамнија етарска уља. Исто важи и за култивисане биљке, у поређењу са дивљим, односно саморастућим. Метода добијања етарских уља такође утиче на њихов принос. За постизање максималног приноса битна је дужина трајања дестилације, као и температура екстракције (da Silva и сар., 2021).

Етарска уља су растворљива у липидима и органским растварачима (Akthar и сар., 2014), док су у води слабо растворљива (Rios, 2016). На собној температури су углавном течне конзистенције. Хемијски састав и квалитет етарских уља исте биљне врсте зависе од генотипа, области где се биљка гаји, климатских услова, вегетативне фазе и делова биљака који се користе за добијање етарских уља, услова складиштења, као и методе добијања етарских уља (Rios, 2016). Израз хемотип користи се у описивању етарских уља исте биљне врсте која варирају у хемијском саставу. Обично су етарска уља смеше различитог броја компоненти (Rao и сар., 2019) од којих се неке налазе у траговима, док су друге заступљене у преко 85% укупног састава (Табела 1) (Burt, 2004; Vidaković Knežević и сар., 2023). Ове компоненте се сврставају у групе једињења, као што су терпени, терпеноиди, ароматична и алифатична једињења мале молекулске масе која одређују биолошка својства етарских уља (Bakkali и сар., 2008; Rao и сар., 2019).

Табела 1 Главне компоненте одабраних етарских уља и њихова заступљеност
 (Vidaković Knežević и сар., 2023)

Редни број	Етарско уље	Латински назив	Назив компоненте	Садржај компоненте (%)
1.	Босиљак	<i>Ocimum basilicum</i>	Естрагол	69,52
2.	Црни бибер	<i>Piper nigrum</i>	β-Пинен	19,31
3.	Тајландски ђумбир	<i>Zingiber cassumunar</i>	Сабинен	39,17
4.	Цимет	<i>Cinnamomum zeylanicum nees</i>	Цинамалдехид	74,93
5.	Каранфилић	<i>Syzygium aromaticum L.</i>	Еугенол	85,14
6.	Смиље	<i>Helichrysum italicum</i>	Кариофилен	21,48
7.	Фенел	<i>Foeniculum vulgare</i>	Анетол	88,42
8.	Анђелика	<i>Angelica archangelica</i>	β-Феландрен	41,57
9.	Милодух	<i>Hyssopus officinalis</i>	Цис-Пинокамфон	27,42
10.	Лаванда	<i>Lavandula angustifolia</i>	Линалил ацетат	25,33
11.	Лимун	<i>Citrus limonum</i>	Лимонен	79,72
12.	Мирта	<i>Myrtus communis</i>	α-Пинен	35,47
13.	Оригано	<i>Origanum vulgare</i>	Карвакрол	81,00
14.	Рузмарин	<i>Rosmarinus officinalis</i>	α-Пинен	28,23
15.	Жалфија	<i>Salvia officinalis</i>	Линалил ацетат	56,41
16.	Тимијан	<i>Thymus vulgaris</i>	p-Цимен	40,91
17.	Вресак	<i>Satureja montana</i>	Карвакрол	50,45
18.	Хајдучка трава	<i>Achillea millefolium</i>	Сабинен	22,70

Данас је познато преко 3.000 етарских уља, док је око 300 од комерцијалног значаја (Bakkali и сар., 2008). Водеће земље у производњи етарских уља су Кина и Индија, праћене Индонезијом, Шри Ланком и Вијетнамом. У Европи највећу количину етарских уља произведу Француска и Немачка, након којих следе Шпанија, Грчка и Велика Британија. Највеће количине етарских уља употребе се у прехранбеној и индустрији пића (35%), козметици и

ароматерапији (29%), производима за домаћинство (16%) и фармацевтској индустрији (15%) (Barbieri и Borsotto, 2018). Широка употреба етарских уља у различитим доменима указала је на потребу постављања критеријума квалитета. Поред ISO стандарда (ISO, 2021) многа удружења и компаније, попут Association Française for Normalization, Generally Recognized As Safe (GRAS), Fragrance Materials Association, the International Fragrance Association, Bundesinstitut für Risikobewertung, Research Institute for Fragrance Materials и Scientific Committee on Consumer Safety, поставили су своје критеријуме састава и квалитета (Rios, 2016).

Предуслов за употребу етарских уља у прехранбеној индустрији, према GRAS, јесте хемијска идентификација и чистоћа супстанце, као и утврђивање присуства секундарних компоненти. Стога су развијене и поуздане методе за анализу етарских уља. Примена техника гасне хроматографије (GC) и гасне хроматографије са масеном спектрометријом (GC-MS) су најчешће у анализи етарских уља данас. Ове методе омогућавају утврђивање хемијског састава етарских уља и концентрације њихових једињења. Различите шарже комерцијалних етарских уља могу да се разликују по хемијском саставу. Стога је, према GRAS, неопходно дефинисати максимално дозвољену концентрацију одређених једињења (Smith и сар., 2005). У прехранбеној индустрији је дозвољена употреба великог броја етарских уља, између осталог и етарских уља анђелике (*Angelica archangelica*), аниса (*Pimpinella anisum* L.), босиљка (*Ocimum basilicum* L.), цимета (*Cinnamomum zeylanicum* Nees.), коријандера (*Coriandrum sativum* L.), фенела (*Foeniculum vulgare* Mill.), ђумбира (*Zingiber officinale* Rosc.), лаванде (*Lavandula officinalis* Chaix.), лимуна (*Citrus limon*), црног бибера (*Piper nigrum* L.), рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.), оригана (*Origanum vulgare*), жалфије (*Salvia officinalis* L.) и тимијана (*Thymus vulgaris*) (FDA, 2021).

Антибактеријска активност етарских уља

Дејство етарских уља на бактерије огледа се у инхибицији њиховог раста (бактериостатско деловање) или уништењу бактеријске ћелије (бактерицидно деловање) (Swamy и сар., 2016). Антибактеријска активност се, на основу наведених дејстава, мери минималном инхибиторном концентрацијом (MIC) или минималном бактерицидном концентрацијом (MBC) (Burt, 2004).

За процену антибактеријске активности етарских уља не постоји стандардна метода. У ову сврху прилагођени су водичи NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards), CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute)

и EUCAST (the European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing), примарно развијени за процену активности антибиотика (Rao и сар., 2019). Различити типови *in vitro* тестова се примењују у циљу утврђивања антибактеријске активности етарских уља, а њихов избор зависи од неколико карактеристика, од којих су захтевност технике и цена извођења најзаступљеније. Брзо утврђивање антибактеријске активности етарских уља се обично врши агар дифузионом или диск-дифузионом методом, када се етарска уља додају у бунарчиће направљене у агару или на дискове филтер папира који се налазе на површини агара који садржи инокулисани циљани бактеријски изолат. Након инкубације појављује се зона инхибиције раста микроорганизама, која представља антибактеријску активност (Swamy и сар., 2016). Јачина антибактеријске активности најчешће се утврђује разблаживањем етарских уља у бујону применом микродилуционе методе. Овај начин испитивања антибактеријске активности етарских уља је осетљивији, а утврђивање МИС се заснива на мерењу оптичке густине, бројању преживелих колонија бактерија или употреби ресазурина као индикатора (Burt, 2004). Поред нестандардизованости метода, потешкоће у одређивању антибактеријских активности етарских уља последица су њихове нерастворљивости у води и испарљивости. Од посебне важности јесте хидрофобност и висок вискозитет етарских уља, који узрокују неправилну дистрибуцију кроз медијум приликом примене дифузионе методе, као и неједнаку растворљивост код дилуционих метода. Ово се може избећи употребом растварача попут етанола, метанола, Tween-20, Tween-80, ацетона, диметил сулфоксида (DMSO), n-хексана и пропилен глицерола. Резултати испитивања осетљивости микроорганизама на етарска уља зависе од примењене методе, врсте и количине хранљивог медијума, концентрације инокулума, температуре и времена инкубације, као и порекла коришћених етарских уља (Burt, 2004).

Механизми деловања етарских уља на бактерије

Упркос многобројним испитивањима антибактеријског деловања етарских уља њихови механизми још нису у потпуности објашњени. Генерално, ови механизми се могу приписати физичким, хемијским или биохемијским променама бактерија изложених етарским уљима. Различите компоненте могу да делују различитим механизмима и могу за циљ имати различите врсте бактерија. Грам негативне бактерије су се показале као мање осетљиве на етарска уља у односу на Грам позитивне бактерије (Burt, 2004), што је резултат разлика у њиховој грађи. Грађа ћелијског зида Грам негативних

бактерија је комплекснија. Танак слој пептидогликана обавијен је спољашњом мембраном. Ове две структуре чврсто су повезане Брауновим липопротеинима. Спољашња мембрана Грам негативних бактерија грађена је од липидног двослоја повезаног полисахаридима са унутрашњом мембраном. Спољашња мембрана ствара баријеру и штити ћелију од етарских уља (Burt, 2004; Vöhme и сар., 2013). Ипак, мали хидрофилни раствори могу да прођу кроз спољашњу мембрану преко порин протеина који служе као хидрофилни трансмембрански канали.

С друге стране, структура ћелијског зида Грам позитивних бактерија дозвољава лаку пенетрацију хидрофобних молекула. Овакви молекули, попут етарских уља, делују на ћелијски зид и унутар цитоплазме (Nazzago и сар., 2013). Оно што је заједничко, без обзира на грађу, јесте да етарска уља, као типични липофили, пролазе кроз ћелијски зид и цитоплазматску мембрану, реметећи структуру полисахарида, масних киселина и фосфолипида. Оштећење цитоплазматске мембране узрокује њену пропустљивост и цурење ћелијског садржаја, губитак јона, колапс протонске пумпе, трошење аденозин трифосфата (АТФ) и ћелијску лизу (Burt, 2004; Vöhme и сар., 2013; Rao и сар., 2019).

Главне компоненте неких етарских уља, карвакрол и *p*-цимен, индукују синтезу протеина топлотног стреса који су укључени у различите процесе синтезе и ослобађања полипептида. Код ћелија *Escherichia coli* O157:H7 третиране карвакролом долази до значајног повећања количине протеина топлотног стреса (GroEL) и до инхибиције синтезе флагелина што резултира непокретљивошћу ћелија. Ћелије салмонела третиране сублеталним концентрацијама тимола синтетишу сет протеина шаперона (DnaK, GroEL, HTrG), протеине спољашње мембране (OmpX, OmpA) и протеине који су директно или индиректно укључени у метаболизам цитрата и синтезу АТФ. Ова различита деловања категоришу тимол као великог стресора за ћелије салмонела (Di Pasqua и сар., 2010). Истраживања показују и смањење рН вредности бактеријских ћелија изложених деловању етарских уља. Третирањем ћелија *Salmonella* Typhi MIC етарског уља слачице рН вредност се са 6,59 смањује на 5,44, а код *Escherichia coli* O157:H7 са 6,23 на 5,20 (Turgis и сар., 2009). Узимајући у обзир велики број различитих група хемијских једињења која чине етарско уље, највероватније је да њихово антибактеријско дејство не може да се припише једном механизму, него да постоји неколико мета у ћелији. Такође, упркос великом броју хемијских компоненти које чине етарско уље, антибактеријска дејства се обично приписују најзаступљенијој компоненти, или пак синергистичном деловању више компоненти (Burt, 2004).

Примена етарских уља на моделу меса

Месо је нутритивно вредна намирница у исхрани људи. Ипак, патогене бактерије преносиве храном могу, својим присуством у месу, предствљају хазард за потрошаче уколико месо није довољно термички обрађено, односно уколико дође до његове унакрсне контаминације. Месо може бити извор инфекција људи бактеријама као што су *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* spp. и *Yersinia enterocolitica* (Vidaković и сар., 2020; Velhner и сар., 2020; Ljubojević Pelić и сар., 2021).

Применом етарских уља оригана и тимијана у уситњеном месу са мање масти ($\leq 7\%$) на популацију *Listeria monocytogenes* постигнута је значајна редукција истих сладиштењем на 4°C током 4 дана. Прва редукција броја *Listeria monocytogenes* запажена је другог дана у узорцима третираних етарским уљем оригана у количини од $0,36 \mu\text{L/g}$, и етарским уљем тимијана у количини од $0,36 \mu\text{L/g}$ и $0,72 \mu\text{L/g}$. Етарска уља оригана и тимијана у количини од $0,36 \mu\text{L/g}$ редуковали су број *Listeria monocytogenes* готово идентично, односно за $0,26 \log_{10} \text{CFU/g}$ и $0,27 \log_{10} \text{CFU/g}$, док је етарско уље тимијана у количини од $0,72 \mu\text{L/g}$ редуковало број *Listeria monocytogenes* за $0,42 \log_{10} \text{CFU/g}$. На крају складиштења, односно 4. дана, редукција броја *Listeria monocytogenes* кретала се између $0,25 \log_{10} \text{CFU/g}$ и $0,51 \log_{10} \text{CFU/g}$ приликом примене етарског уља оригана, односно између $0,22 \log_{10} \text{CFU/g}$ и $0,29 \log_{10} \text{CFU/g}$ приликом примене етарског уља тимијана. Примењене концентрације етарских уља одговарале су МІС и 2МІС вредностима добијеним применом бујон микродилуционе методе (Vidaković Knežević и сар., 2023).

Етарско уље першуна нането на моделу пршуте своју антимикуробну активност показало је при концентрацији од 6% , док је у *in vitro* тесту МІС износила $0,018\%$ (Gill и сар., 2002). С друге стране, висока концентрација етарских уља на/у месу и производима од меса може да утиче на њихова органолептичка својства. Етарска уља поседују интензивну арому чак и у веома ниским концентрацијама (Chivandi и сар., 2016). Смањење органолептичког ефекта додатих етарских уља у матрикс меса или производа од меса може се постићи инкапсулацијом етарских уља у наноемулзију. Овај начин повећава стабилност испарљивих компоненти, штитећи их од интеракције са матриксом меса уз повећање антимикуробне активности кроз повећање пасивног ћелијског усвајања (Donsì и сар., 2011; Pan и сар., 2014). Смањење концентрације етарских уља, без нарушавања његове антимикуробне активности, у моделима хране, може се постићи комбинацијом два или више етарска уља или њихових једињења. На овај начин се постиже синергистично деловање (Gutierrez и сар.,

2008). Запажено је синергистично деловање етарских уља дрвета мастике (*Pistacia lentiscus*) и вреска (*Satureja montana*) у моделу уситњеног говеђег меса против *Listeria monocytogenes* (Djenane и сар., 2011), као и етарских уља босиљка и рузмарина у пилећем месу против *Salmonella Enteritidis* (Stojanović-Radić и сар., 2018).

Примена етарских уља, као конзерванаса меса и производа од меса, захтева добро познавање њихових особина, начина деловања, антимикробни потенцијал и интеракцију са компонентама матрикса. Садржај масти, протеина, активност воде, рН и ензими могу да смање потенцијални ефекат етарских уља у матриксу меса и производа од меса. Високе концентрације масти, протеина и угљених хидрата могу да заштите бактерије стварајући заштитни омотач и абсорбујући етарска уља (Burt, 2004; Vöhme и сар., 2013).

ЗАКЉУЧАК

Примена етарских уља у борби против патогених бактерија пореклом из меса показала се као успешна у лабораторијским условима. Етарска уља делују различитим механизмима против Грам позитивних и Грам негативних бактерија у веома малим концентрацијама. Ипак, примена етарских уља у моделима меса, односно хране, захтева додатна истраживања. Компоненте хране често штите бактеријске ћелије и омогућавају им брже опорављање, због чега су потребне веће количине етарских уља у моделима меса. С друге стране, као ароматичне смеше, етарска уља нарушавају органолептичка својства меса, односно хране. Истраживања су данас усмерена на изналажењу различитих стратегију у циљу омогућавања употребе етарских уља у производњи хране, као алтернатива за различите адитиве и хемијске супстанце.

Захвалница

Овај рад је резултат истраживања по Уговору са Министарством науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИВ-НС у 2023. години, број 451-03-47/2023-01/200031.

Изјава о сукобу интереса: Аутори изјављују да не постоји сукоб интереса.

ЛИТЕРАТУРА

- Akthar M. S., Degaga B., Azam T. (2014): Antimicrobial activity of essential oils extracted from medicinal plants against the pathogenic microorganisms: A review. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, 2(1):001-007.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M. (2008): Biological effects of essential oils-a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2):446-475.
- Barbieri C., Borsotto P. (2018): Essential oils: market and legislation. In Potential of Essential Oils. Eds. H. A. El-Shemy, IntechOpen, 107-127.
- Böhme K., Barros-Velázquez J., Calo-Mata P., Aubourg S. P. (2013): Antibacterial, antiviral and antifungal activity of essential oils: Mechanisms and applications. In Antimicrobial Compounds: Current Strategies and New Alternatives. Eds. T. G. Villa, P. Veiga-Crespo, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 51-81.
- Burt S. (2004): Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. *International journal of food microbiology*, 94(3):223-253.
- Chivandi E., Dangarembizi R., Nyakudya T. T., Erlwanger K. H. (2016): Use of essential oils as a preservative of meat. In Essential oils in food preservation, flavor and safety. Ed. V. R. Preedy, Academic Press, 85-91.
- da Silva B. D., Bernardes P. C., Pinheiro P. F., Fantuzzi E., Roberto C. D. (2021): Chemical composition, extraction sources and action mechanisms of essential oils: Natural preservative and limitations of use in meat products. *Meat Science*, 176, 108463.
- Di Pasqua R., Mamone G., Ferranti P., Ercolini D., Mauriello G. (2010): Changes in the proteome of *Salmonella enterica* serovar Thompson as stress adaptation to sublethal concentrations of thymol. *Proteomics*, 10(5):1040-1049.
- 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.
- Donsì F., Annunziata M., Sessa M., Ferrari G. (2011): Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods. *LWT-Food Science and Technology*, 44(9):1908-1914.
- EFSA i ECDC. (2022): The European Union One Health 2021 Zoonoses Report. *EFSA Journal*, 20(12):e07666.
- FDA. (2021): Substances generally recognized as safe. Essential oils, oleoresins (solvent free), and natural extractives (including distillates). *Code of Federal Regulations*, 3:21CFR182.20.
-

- Gill A. O., Delaquis P., Russo P., Holley R. A. (2002): Evaluation of antilisterial action of cilantro oil on vacuum packed ham. *International journal of food microbiology*, 73(1):83-92.
- Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P. (2008): The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International journal of food microbiology*, 124(1):91-97.
- ISO. (2021): Aromatic natural raw materials – Vocabulary. International Organization for Standardization, ISO 9235.
- Kocić-Tanackov S., Blagojević N., Suturović I., Dimić G., Pejin J., Tomović V., Šojić B., Savanović J., Kravić S., Karabasil N. (2017): Antibacterial activity of essential oils against *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Safety and Food Quality-Archiv Fur Lebensmittelhygiene*, 68(4):88-95.
- Ljubojević Pelić D., Vidaković Knežević S., Pelić M., Živkov Baloš M., Milanov D. (2021): The epidemiological significance of duck meat as a source of *Salmonella* spp. a review. *World's Poultry Science Journal*, 77(1):105-114.
- Nazzaro F., Fratianni F., De Martino L., Coppola R., De Feo V. (2013): Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12):1451-1474.
- Pan K., Chen H., Davidson P. M., Zhong Q. (2014): Thymol nanoencapsulated by sodium caseinate: physical and antilisterial properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(7):1649-1657.
- Rao J., Chen B., McClements D. J. (2019): Improving the efficacy of essential oils as antimicrobials in foods: Mechanisms of action. *Annual review of food science and technology*, 10:365-387.
- Rios J. L. (2016): Essential oils: What they are and how the terms are used and defined. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Ed. V. R. Preedy, Academic Press, 3-10.
- Saad S. M., Shaltout F. A., Abou Elroos N. A., El-nahas S. B. (2019): Antimicrobial effect of some essential oils on some pathogenic bacteria in minced meat. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2(1):13-21.
- Smith R. L., Cohen S. M., Doull J., Feron V. J., Goodman J. I., Marnett L. J., Portoghese P. S., Waddell W. J., Wagner B. M., Hall R. L., Higley N. A., Lucas-Gavin C., Adams T. B. (2005): A procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food: essential oils. *Food and chemical toxicology*, 43(3):345-363.
- Šojić B., Ikonjić P., Kocić-Tanackov S., Peulić T., Teslić N., Županjac M., Lončarević I., Zeković Z., Popović M., Vidaković S., Pavlić B. (2023). Antibacterial Activity of Selected Essential Oils against Foodborne Pathogens and Their Application in Fresh Turkey Sausages. *Antibiotics*, 12(1):182.
-

- Stojanović-Radić Z., Pejčić M., Joković N., Jokanović M., Ivić M., Šojić B., Škaljac S., Stojanović P., Mihajilov-Krstev T. (2018). Inhibition of *Salmonella* Enteritidis growth and storage stability in chicken meat treated with basil and rosemary essential oils alone or in combination. *Food Control*, 90:332-343.
- Swamy M. K., Akhtar M. S., Sinniah U. R. (2016): Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, 3012462:1-21.
- Turgis M., Han J., Caillet S., Lacroix M. (2009): Antimicrobial activity of mustard essential oil against *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella typhi*. *Food control*, 20(12):1073-1079.
- Velhner M., Velebit B., Todorović D., Pelić M., Vidaković Knežević S., Prunić B., Milanov D. (2020): A brief overview of emergencies and dissemination of Shiga-toxin-producing *E. coli* (STEC) and *Salmonella enterica* serovar Typhimurium DT104 in humans and food producing animals. *Archives of Veterinary Medicine*, 13(2):5-15.
- Vidaković Knežević S., Knežević S., Vranešević J., Kravić S. Ž., Lakićević B., Kocić-Tanackov S., Karabasil N. (2023). Effects of Selected Essential Oils on *Listeria monocytogenes* in Biofilms and in a Model Food System. *Foods*, 12(10):1930.
- Vidaković Knežević S., Kocić-Tanackov S., Kravić S., Knežević S., Vranešević J., Savić Radovanović R., Karabasil N. (2021): In vitro antibacterial activity of some essential oils against *Salmonella* Enteritidis and *Salmonella* Typhimurium isolated from meat. *Journal of Food Safety and Food Quality*, 72(1):4-11.
- Vidaković S., Vranešević J., Knežević S., Pelić M., Ružić Z., Pajić M., Ljubojević Pelić D. (2020): Microbiological property of raw meat imports in the year 2017. *Veterinary journal of Republic of Srpska (Banja Luka)*, 20(1-2):118-124.
- WHO. (2015): WHO estimates of the global burden of foodborne diseases: foodborne disease burden epidemiology reference group 2007-2015. World Health Organization.

Рад примљен: 05.07.2023.

Рад прихваћен: 27.09.2023.
