

ANTIMIKROBIÁLNY ÚČINOK VYBRANÝCH ZMESÍ PRÍRODNÝCH LÁTOK ANTIMICROBIAL EFFECT OF SELECTED MIXTURES OF NATURAL COMPOUNDS

KAŠLÍKOVÁ Katarína, BEŇOVIČ Patrik, KRAJČOVIČOVÁ Zdenka, MELUŠ Vladimír

Fakulta zdravotníctva, Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne, Trenčín

ABSTRAKT

Úvod: Antimikrobiálne vlastnosti prírodných látok sú v poslednom desaťročí cieľom viacerých štúdií, aj z aspektu štúdia mechanizmu ich účinku.

Cieľ: Cieľom našej štúdie bolo overiť mieru antibakteriálnej účinnosti vybraných zmesí prírodných antibakteriálnych látok a porovnať ju s bežne používanými laboratórnymi dezinfekčnými prostriedkami, kuchynským octom a vybranými antibiotikami.

Materiál a metódy: Na stanovenie antimikrobiálneho účinku sme testovali tinktúru šalvie lekárskej (*Salvia officinalis*), olej austrálskeho čajovníka (*Melaluca alternifolia*), cesnak kuchynský (*Allium sativum*). Pre komparáciu sme zvolili dezinfekčné prostriedky na báze alkoholu, chlóru a kvartérnej amóniovej zľúčeniny v kombinácii s alkoholmi, kuchynským octom, ako aj antibiotiká, ktoré sme zvolili podľa odporúčani referenčného strediska EUCAST pre jednotlivé kmene baktérií. Všetky uvedené antibakteriálne látky boli testované za použitia troch rozličných bakteriálnych kmeňov: *Staphylococcus aureus* (CCM 3953), *Klebsiella pneumoniae* (bakteriálny kmeň izolovaný z nemocničného prostredia) a *Pseudomonas aeruginosa* (CCM 3955). Na testovanie antibakteriálneho účinku vybraných zmesí prírodných látok a dezinfekčných prostriedkov sme využili štandardnú kvalitatívnu biologickú suspenznú metódu, ktorá sa využíva na testovanie účinnosti dezinfekčných prostriedkov. Pri testovaní citlivosti baktérii voči antibiotikám sme zvolili diskovú difúznú metódu.

Výsledky: Testovanie preukázalo antibakteriálne vlastnosti u všetkých testovaných zmesí prírodných antibakteriálnych látok, najvýraznejšie však v prípade šalviového extraktu, ktorý vykazoval inhibičný antimikrobiálny účinok aj v prípade dlhších časových expozícií (viac ako 30 minút) a ktorý bol porovnateľný s účinkom kuchynského octu. Výsledky podporujú predpoklad prítomnosti antibakteriálnych účinkov testovaných látok, ktoré by mohli byť za určitých okolností voľbou k súčasným antibiotikám a dezinfekčným prostriedkom.

Záver: V súčasnej dobe, kedy sme svedkami vzrastajúcej miery rezistencie mikroorganizmov antibiotikám a dezinfekčným látkam, môžu byť prírodné látky cennou alternatívou použitia ako antimikrobiálnych látok.

Kľúčové slová: Baktérie. Antibiotiká. Dezinfekčné prostriedky. Prírodné látky. Antibakteriálna aktivita.

ABSTRACT

Background: The antimicrobial properties of natural compounds have been the subject of research interest in the last decade, also in terms of studying the mechanism of their action.

Objective: The objective of our study was to verify the degree of antibacterial efficacy of selected mixtures of natural antibacterial agents and to compare it to commonly used laboratory disinfectants, vinegar, and selected antibiotics.

Material and methods: To determine the antimicrobial effect, we tested a tincture of sage (*Salvia officinalis*), Australian tea

tree oil (*Melaluca alternifolia*), and garlic (*Allium sativum*). For comparison, we chose disinfectants based on alcohol, chlorine, and a quaternary ammonium compound in combination with alcohols, kitchen vinegar, as well as antibiotics, which we chose according to the recommendations of the EUCAST reference center for individual strains of bacteria. All antibacterial agents were tested using three different bacterial strains: *Staphylococcus aureus* (CCM 3953), *Klebsiella pneumoniae* (a bacterial strain isolated from the hospital environment) and *Pseudomonas aeruginosa* (CCM 3955). To test the antibacterial effect of selected mixtures of natural compounds and disinfectants, we used the standard qualitative biological suspension method, which is used to test the effectiveness of disinfectants. When testing the susceptibility of bacteria to antibiotics, we chose the disk diffusion method.

Results: Testing showed antibacterial properties in all tested mixtures of natural antibacterial substances, but most notably in the case of sage extract, which showed an inhibitory antimicrobial effect even with longer exposure times (more than 30 minutes) and which was comparable to the effect of kitchen vinegar. The results support the hypothesis of the presence of antibacterial effects of test substances, which could in certain circumstances be a choice for current antibiotics and disinfectants.

Conclusion: Nowadays, when there are increasing rates of resistance of microorganisms to antibiotics and disinfectants can be natural substances valuable alternative to use as antimicrobial agents.

Keywords: Bacteria. Antibiotics. Disinfectants. Natural compounds. Antibacterial activity.

ÚVOD

Priaznivé účinky prírodných látok na ľudský organizmus potvrdili mnohé populačné a nutričné štúdie, experimenty na laboratórnych zvieratách ako i pokusy *in vitro*. Záujem o prírodné látky rastie najmä kvôli širokému spektru ich využitia, vrátane možnosti ich aplikácie v prevencii i podpornej liečbe rôznych, a to nielen civilizačných ochorení. Prírodné látky sa však v prírode nikdy nenachádzajú osamote, ale vždy pôsobia v zmesi. Ich protektívne účinky tak môžu byť modulované mnohými faktormi, ktoré ich účinky stimulujú alebo naopak inhibujú. Z menovaných dôvodov sa výskum v tejto oblasti zameriava nielen na štúdium mechanizmov účinku samotných prírodných látok, ale aj ich zmesí a najmä extraktov z rastlín, resp. iných potravín, v ktorých sa nachádzajú v zložení a vo

vzájomných koncentračných pomeroch reprezentujúcich reálne prostredie vrátane synergického, aditívneho alebo antagonistického účinku jednotlivých komponentov [1, 2].

Antimikrobiálna aktivita niektorých rastlín, ich súčastí, rastlinných extraktov, resp. éterických olejov sú spôsobené najmä prítomnosťou niektorých hlavných bioaktívnych zlúčenín – prírodných látok vrátane fenolových kyselín, terpénov, aldehydov, stilbénov a flavonoidov [3, 4]. V dostupných literárnych zdrojoch sa uvádzajú viaceré predpokladané mechanizmy ich antimikrobiálneho účinku vrátane pretrhnutia membrány s inhibíciou aktivity ATP-ázy, úniku základných biomolekúl z bunky, narušenia hybnej sily protónov a deaktivácie enzýmov [5]. Navyše, antimikrobiálna rezistencia je celosvetový problém spôsobujúci zníženie alebo v niektorých prípadoch neprítomnosť účinnosti liekov, ktoré sa bežne používajú pri liečbe infekcií. Vzhľadom na ešte rozšírenejšiu schopnosť mikrobiálnych látok vyvinúť rezistenciu je naliehavo potrebné nájsť nové a alternatívne spôsoby boja proti infekciám. Prírodné zlúčeniny alebo extrakty môžu byť platnou alternatívou buď ako monoterapia alebo ako adjuvans na zlepšenie účinnosti liekov, ktoré zlyhávajú [6].

Antibakteriálny, antifungicídny a antivirotický účinok je zaznamenaný u austrálskeho čajovníkového oleja, ktorý je získavaný z listov *Melaleuca alternifolia*. *Melaleuca alternifolia* je strom, ktorý sa bežne vyskytuje na východnom pobreží Austrálie. Listy tohto stromu pôvodne používali austrálski domorodci, ktorým sa ako prvým podarilo zúžitkovať ich potenciál. Listy využívali na prevenciu a liečbu bakteriálnych infekcií kože ale aj ústnej dutiny [7]. Esenciálny olej obsahuje viac ako 100 zložiek. Najviac zastúpenou zložkou je terpinen-4-ol. Táto látka sa považuje za látku zodpovednú za antibakteriálny účinok čajovníkového oleja. Práve preto sa čajovníkový olej čoraz častejšie aj v našich končinách používa na urýchlenie regenerácie poranenej kože, pri liečbe akné, vredov a podobne [8].

Antibakteriálny účinok kyseliny octovej je známy v medicíne už okolo 6000 rokov. Využíval sa najmä na dezinfekciu rán. Antibakteriálny účinok kyseliny octovej zriedenej iba na 3 % bol pozorovaný na Gram negatívnych ako aj na Gram pozitívnych baktériách, avšak výraznejší účinok má na Gram negatívne baktérie. Spomedzi Gram negatívnych baktérií, ktoré sú obzvlášť citlivé na kyselinu octovú môžeme podľa dostupných literárnych

zdrojov zaradiť *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Acinetobacter baumannii* [9].

Šalvia lekárska (*Salvia officinalis*) preukazuje široké spektrum účinkov, môže pôsobiť ako: anti-septikum, fungicídum, aromatikum, adstringencium, antihydrotikum, antiflogistikum, gargarizium a dermatologikum [10]. Jej extrakty preukazujú silný antibakteriálny účinok na Gram negatívne baktérie a vo vyššej miere na Gram pozitívne. *Salvia officinalis* pôsobí podľa dostupných literárnych zdrojov obzvlášť účinne na Gram pozitívne baktérie ako *Staphylococcus epidermidis*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Enterococcus faecalis*. Pri Gram negatívnych baktériách je však účinok jednotlivých foriem mierne odlišný. Zatiaľ čo olej spoľahlivo inhibuje rast baktérii ako *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi*, tak šalvia vo forme extraktu nie je až tak účinná na baktérie *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* a na *Salmonella Enteritidis*. Spomedzi látok obsiahnutých v šalvii preukazujú antibakteriálny účinok 1,8-cineole (Eukaplyptol), thujone a camphor - gáfor. Tieto látky preukazujú účinok najmä voči baktériám *Bacillus cereus*, *Klebsiella oxytoca* a *Aeromonas hydrophila*. Šalvia však má potenciál aj na multi-rezistentné kmene, vďaka látkam ako caryophyllin a urson. Bolo preukázané, že práve tieto látky dokážu inhibovať rast baktérií, ktoré sú odolné voči niektorým silným antibiotikám. Takými baktériami sú methicillin rezistentný *Staphylococcus aureus* (MRSA), vankomicín rezistentné enterokoky a penicilín rezistentný *Streptococcus pneumoniae* [11, 12].

Cesnak kuchynský (*Allium sativum*) vďaka látkam, ktorými disponuje sa prejavuje širokým spektrom účinkov. Účinné látky cesnaku boli izolované najmä zo struku cesnaku, ktorý obsahuje približne 33 sírových zlúčenín, za najúčinnnejšiu zlúčeninu sa z pomedzi nich považuje allicín (diallyldisulfomonooxid) [13]. Allicín je avšak pomerne nestabilná molekula, ktorá vydrží v danej forme približne po dobu 16 hodín. Po tejto dobe sa stratia takmer všetky antibakteriálne účinky cesnaku. Mechanizmus účinku allicínu spočíva v inhibícii RNA syntézy, čo je predpokladaný mechanizmus inhibície baktérie z rodov *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Pseudomonas* [14].

CIELE

Cieľom predkladanej štúdie bolo overiť antibakteriálny účinok vybraných zmesí prírodných látok a porovnať ich účinnosť voči vybraným frekventovane používaným dezinfekčným prostriedkom ako aj štandardne komerčne dostupnému kuchynskému octu. Ďalším cieľom bolo stanoviť citlivosť mikroorganizmov *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* a *Pseudomonas aeruginosa* voči antibiotikám doporučených EUCASTOM za účelom porovnania miery účinnosti antibiotík s účinnosťou zmesí prírodných látok v dostupných koncentráciách.

MATERIÁL A METÓDY

Stanovenie antibakteriálneho účinku zmesí prírodných látok a ich extraktov obsahnutých v kuchynskom cesnaku, šalviovom extrakte, Austrálskom čajovníkovom oleji, bežne dostupných laboratórnych dezinfekčných prostriedkov založených na chlórovej báze (Biospot® 0,5%), kvartérnej amóniovej zlúčenine s alkoholom (Desident Cavi-Cide®), alkoholovej báze (Septoderm Soft®) a štandardne komerčne dostupného kuchynského octu (8% roztok kyseliny octovej), bolo uskutočnené štandardnou kvalitatívnou biologickou suspenznou metódou [15], ktorá je závislá od časového vystavenia zvoleného kmeňa baktérie zvolenou antibakteriálnou látkou.

Antibakteriálny účinok vybraných zmesí prírodných látok, dezinfekčných roztokov a kuchynského octu bol sledovaný na kmeňoch *Staphylococcus aureus* CCM 3953, *Klebsiella pneumoniae* (izolovaná nemocničného prostredia) a *Pseudomonas aeruginosa* CCM 3955.

Stanovenie citlivosti na antibiotiká bolo vykonané štandardnou diskovou difúznou metódou [16]. Antibiotické disky použité pri diskovej difúznej metóde boli štyri antibiotiká Beta-laktámového typu (Penicilín, Oxacilín, Ampicilín, Cefotaxím), dve antibiotiká aminoglykozidového typu (Gentamycín a Tobramycín), jedno antibiotikum zo skupiny fluorochinolónov (Ciprofloxacín), jedno zo skupiny amfenikolov (Chloramfenikol) a posledné zo skupiny Linkosamidov (Klindamycín).

VÝSLEDKY

Výsledok testovania antibakteriálneho účinku vybraných zmesí sme sumarizovali v tabuľke 1. Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať nasledovné:

- Pri testovaní kuchynského octu (tabuľka 1) sme zaznamenali antibakteriálny účinok voči Gram negatívnym baktériám už do prvej minúty jeho pôsobenia. Avšak pri Gram pozitívnej baktérii

Tabuľka 1 Výsledok testovania antibakteriálneho účinku vybraných substancií

Testovaná substancia	Testovaný kmeň	časová expozícia (v minútach)						
		1'	2'	4'	8'	16'	32'	64'
Austrálsky čajovníkový olej (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	<i>Staphylococcus aureus</i>	B	B	B	B	B	B	B
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	B	B	B	B	B	B	B
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	B	B	B	A	A	A	A
Cesnak kuchynský (<i>Allium sativum</i>)	<i>Staphylococcus aureus</i>	B	B	B	B	B	B	B
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	B	B	B	B	B	A	A
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	B	B	B	B	B	A	A
Šalvia lekárska (<i>Salvia officinalis</i>)	<i>Staphylococcus aureus</i>	A	A	A	A	A	A	A
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	A	A	A	A	A	A	A
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	A	A	A	A	A	A	A
Kuchynský ocot	<i>Staphylococcus aureus</i>	B	A	A	A	A	A	A
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	A	A	A	A	A	A	A
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	A	A	A	A	A	A	A
Bi, DCC, SS	<i>Staphylococcus aureus</i>	A	A	A	A	A	A	A
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	A	A	A	A	A	A	A
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	A	A	A	A	A	A	A

Legenda: A – pôda v danom časovom intervale zostala sterilná, bez nárastu mikroorganizmov; B – nárast mikroorganizmu v danom časovom intervale; Dezinfekčné prostriedky: Bi – chlórová báza; DCC – kvartérna amóniová zlúčenina s alkoholom; SS – alkoholová báza

Tabuľka 2 Výsledky testovania citlivosti baktérií na vybrané antibiotiká

testovaný kmeň/antibiotiká	G10	P	Ox	Cip	C30	A	CTX	CD2	Tb
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	C	R	C	C	C	R	-	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	C	R	R	C	-	-	C	-	C
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	C	C	C	C	-	C	C	-

Legenda: C – baktéria je citlivá na antibiotikum; R – baktéria je rezistentná na antibiotikum; G10 – Gentamycín; P – Penicilín; Ox – Oxacilín; Cip – Ciprofloxacín; C30 – Chloramfenikol; A – Ampicilín; CTX – Cefotaxím; CD2 – Klindamycín; Tb – Tobramycín; prázdna bunka - netestované na žiadny kmeň

Staphylococcus aureus účinkoval kuchynský ocot s minútovým oneskorením.

- Antibakteriálny účinok Austrálskeho čajovníkového oleja (tab. 1) s hlavnou účinnou látkou terpinen-4-ol sme pozorovali na kmene *Klebsiella pneumoniae*. Expozičný čas klebsiely v čajovníkovom oleji potrebný na antibakteriálny účinok bol do 8. minúty. Na kmene *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus* Austrálsky čajovníkový olej neprejavil v sledovanom čase žiadny účinok.
- Cesnak kuchynský preukázal antibakteriálny účinok na kmeňoch *Pseudomonas aeruginosa* a *Klebsiella pneumoniae*. Avšak expozičná doba potrebná na antibakteriálny účinok pre oba kmene bola do 32 minút. Na kmeň *Staphylococcus aureus* cesnak nepreukázal v sledovanom čase žiadny antibakteriálny efekt (tab. 1).
- Výsledok testovania antibakteriálneho účinku extraktu Šalvie lekárskej bol zreteľný už do prvej minúty expozície bakteriálnych kmeňov v šalvi ovom extrakte na všetky testované kmene baktérii, nakoľko po naočkovaní ostali krvné agary sterilné (tab. 1).
- Antibakteriálny účinok dezinfekčných prostriedkov založených na chlórovej báze, roztoku kvarternej amóniovej zlúčeniny s alkoholmi ako aj samotného alkoholového dezinfekčného prostriedku sa preukázal už do 1. minúty u všetkých baktérií (tab. 1).

Výsledky testovania citlivosti na antibiotiká na kmene *Klebsiella pneumoniae* poukazujú, že antibiotiká Ampicilín a Penicilín zo skupiny beta-laktámových neboli účinné. Taktiež pri testovaní antibiotík voči *Staphylococcus aureus* nebol pozorovaný antibakteriálny účinok beta-laktamázových antibiotík Penicilínu a Oxacilínu. Na kmeň *Pseudomonas aeruginosa* boli účinné všetky testované antibiotiká (tab. 2).

DISKUSIA

Antibakteriálne látky zo šalvie vyextrahované

v etanolovej tinktúre sa preukázali ako najúčinnšie spomedzi nami testovaných zmesí prírodných látok a kuchynského octu. Šalviová tinktúra pôsobila na všetky typy baktérii pri rovnakej dobe expozície, resp. už do jednej minúty. Predpokladali sme, že za to môže práve etanol, avšak podobné výsledky preukázala štúdia, ktorej autorkou je Longaray Delamare et al. [17]. V jej štúdií bola uvedená minimálna inhibičná koncentrácia šalviového oleja na 0,05 mg/ml. Táto koncentrácia dokázala inhibovať jednak všetky nami testované baktérie ale aj sporujúce baktérie z rodu *Bacillus*.

Antibakteriálnemu potenciálu cesnaku sa venovali vo svojej práci aj Reiter et al. [18], ktorí analyzovali minimálne inhibičné koncentrácie antibakteriálnej látky allicínu. Allicín testovali za použitia difúznej diskovej metódy na viacerých baktériách, medzi ktorými boli zaradené aj nami testované baktérie *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* a *Pseudomonas aeruginosa*. Spomedzi vybraných baktérií preukázal allicín najsilnejší účinok na stafylokoka, nakoľko minimálna inhibičná koncentrácia allicínu bolo 32 µg/ml. Najslabší antibakteriálny účinok prejavil allicín na klebsielu, pri ktorej bola minimálna inhibičná koncentrácia 128 µg/ml. Naše výsledky testovania antibakteriálneho účinku cesnaku s výsledkami tejto štúdie boli však odlišné. Nami testovaný cesnak prejavil antibakteriálny účinok až po 16. minúte na *Klebsiella pneumoniae* a *Pseudomonas aeruginosa*. Voči *Staphylococcus aureus* sme antibakteriálny účinok v sledovanom čase nezaznamenali. Rozdiely mohli byť zapríčinené nestabilitou allicínu, keďže jej účinok klesá za aeróbných podmienok s časom expozície. Nakoľko sa cesnak spracoval večer a uskladnil sa cez noc v chladničke, účinok allicínu sa musel značne zredukovať, čo mohlo byť príčinou získaných rozdielov.

Antibakteriálne látky z Austrálskeho čajovníkového oleja, sa preukázali v sledovanom čase ako neúčinné voči baktériám *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus*. Podobné výsledky znamenala aj štúdia Chelsea a Longbottoma [19],

ktorí preukázali, že *Pseudomonas* si voči daným látkam vyvinul rezistentný mechanizmus, pravdepodobne eflux, čo zapríčini neúčinnosť daných látok. Okrem toho v štúdií od Hammera et al. [7] boli uvedené minimálne inhibičné koncentrácie čajovníkového oleja voči viacerým druhom baktérií, pričom minimálna inhibičná koncentrácia antibakteriálnych látok Tea tree oleja potláčajúca rast baktérii, bola pri testovaní jednotlivých druhov, ktoré sme testovali aj v našej práci, najvyššia práve pri druhu *Pseudomonas* a najnižšia pri druhu *Klebsiella*. Aj to potvrdzuje naše výsledky, nakoľko môžeme konštatovať, že v nami testovanom čajovníkovom oleji, bola koncentrácia účinných antibakteriálnych látok postačujúca voči klebsiеле, no nepostačujúca na antibakteriálny účinok voči *Pseudomonas aeruginosa* a *Staphylococcus aureus*.

Antibakteriálnym účinkom octu na kmene *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus epidermidis*, *methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA) a na beta-hemolytických streptokokoch skupiny A a B sa vo svojej štúdií venoval Ryssela et al. [9]. Z výsledkov ich práce bol potvrdený antibakteriálny účinok octu na všetky testované baktérie. Taktiež z jeho výsledkov vyplynulo, že ocot je účinnejší voči Gram negatívnym baktériám. V závere práce uviedol, že ocot považuje za vhodný prostriedok lokálnej dezinfekcie. V našej štúdií sme taktiež pri testovaní antibakteriálneho účinku octu použili baktérie *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* a *Staphylococcus aureus*. Výsledky nášho testovania sa s danou štúdiou v mnohom zhodovali, nakoľko aj nám sa podarilo zaznamenať výraznejší účinok na Gram negatívne baktérie, hoci na Gram pozitívny *Staphylococcus aureus* účinkoval s minúťovým rozdielom.

Výsledky stanovenia účinnosti vybraných zmesí prírodných látok bol porovnaný s tromi bežne dostupnými dezinfekčnými prostriedkami na báze chlóru, alkoholu, a zmesi Isopropylalkoholu s 2-butoxyetanol a Benzethonium, ktoré všetky vykazovali antimikrobiálnu účinnosť do jednej minúty.

Do našej štúdie sme okrem dezinfekčných prostriedkov taktiež zakomponovali testovanie citlivosti baktérii na antibiotiká a to z viacerých dôvodov. Prvým dôvodom prečo sme tak spravili bol fakt, že nami testované látky sa na rozdiel od dezinfekčných prostriedkov líšia tým, že nie sú v daných

koncentráciách toxické pre človeka. Čím sa viac podobajú antibiotikám. Ďalším dôvodom bol fakt, že sme chceli porovnať mieru účinnosti antibiotík s účinnosťou prírodných látok v dostupných koncentráciách.

V testovaní citlivosti na antibiotiká bol prekvapujúci výsledok miery rezistencie kmeňu *Pseudomonas aeruginosa*. Tento kmeň neprejavil žiadnu rezistenciu na zvolené antibiotiká. Napríklad v prehľadovej štúdií Yayana et al. [20] boli uvedené informácie, že miera rezistencie *Pseudomonas aeruginosa* z roka na rok narastá. Daná štúdiá uvádza, že v roku 2010 bol *Pseudomonas* najviac rezistentný na Ciprofloxacin. Práve dané antibiotikum sme otestovali aj my, avšak *Pseudomonas* v našom testovaní neprejavil známky rezistencie, čo je v konečnom dôsledku pozitívna informácia.

ZÁVER

So stúpajúcim počtom prírodných látok vzniká potreba selekcie, ktorej cieľom je výber najefektívnejších zlúčenín pre ďalší výskum. Základným predpokladom využitia prírodných látok a ich zmesí je najmä ich „farmakologická bezpečnosť“, t. j. žiadna alebo len okrajová toxicita. Z výsledkov nášho testovania je zrejmé, že tradične používané zmesi prírodných látok a potravín disponujú antibakteriálnymi vlastnosťami, hoci ich účinok sa od seba líši. Najlepšie antibakteriálne vlastnosti preukázala šalvia lekárska. O niečo menej účinný bol kuchynský ocot a cesnak kuchynský. Za najslabšiu antibakteriálnu látku považujeme Austrálsky čajovníkový olej, nakoľko u nej sa prejavil antibakteriálny účinok iba voči jednej z trojice testovaných baktérií. Na základe získaných výsledkov antimikrobiálneho účinku prírodných látok na nami testované baktérie by stálo za úvahou sa v ďalšom testovaní zamerať sa na kmene tvoriace biofilm a vplyv tohto účinku na ne v súvislosti so zvýšenou rezistenciou biofilmových buniek na antibiotiká, ako aj potrebu použitia vyšších koncentrácií dezinfekčných prípravkov na ich elimináciu.

V porovnaní prírodných antibakteriálnych látok s dezinfekčnými prostriedkami a antibiotikami, bola najúčinnjšia tinktúra zo šalvie lekárskej, ktorej účinok bol podobný účinku dezinfekčných roztokov a lepší v porovnaní s niektorými beta-laktámovými antibiotikami. Taktiež sme pri testovaní bakteriálnej rezistencie pomocou diskovej difúznej metódy zistili, že kmene *Klebsiella pneumoniae*

a *Staphylococcus aureus*, ktoré sme testovali sú najviac odolné voči beta-laktámovým antibiotikám.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] PEZZUTO J.M. *Natural Products in Cancer Prevention and Therapy* (Topics in Current Chemistry (329)). 2013th Edition. Nanjoo Suh (Editor). 257p. ISBN-13: 978-3642345746
- [2] MOKRÝ J., PORVAZNÍK I., VÁŇA J. *Vybrané kapitoly z klinickej farmakológie: Antimikrobiálne látky I. – farmakológia*. Univerzita Komenského, Martin, 2013, s. 160. ISBN 978-80-89544-48-6.
- [3] AZIZ M, KARBOUNE S. Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2018; 58 (3): 486-511.
- [4] ZHANG L., RAVIPATIA A.S., KOYYALAMUDIA S.R. et al. Anti-fungal and anti-bacterial activities of ethanol extracts of selected traditional Chinese medicinal herbs. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2013; 6 (9): 673-681.
- [5] PISOSCHI A.M., POP A., GEORGESCU C. et al. An overview of natural antimicrobials role in food. *Eur J Med Chem*. 2018; 143: 922-935.
- [6] GUGLIELMI P., PONTECORVI V., RONTONDI G. Natural compounds and extracts as novel antimicrobial agents. *Expert Opin Ther Pat*. 2020; 30 (12): 949-962.
- [7] HAMMER K., CARSON C., RILEY T. et al. A review of the toxicity of Melaleuca alternifolia (tea tree) oil. *Food and Chemical Toxicology*. 2006; 44 (5): 616-625.
- [8] DAUD F.S., PANDE G., JOSHI M. et al. A Study of Antibacterial Effect of Some Selected Essential Oils and Medicinal Herbs Against Acne Causing Bacteria. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*. 2013; 2 (1): 27-34.
- [9] RYSSEL H., KLOETERS O., GERMAN G. et al. The antimicrobial effect of acetic acid - an alternative to common local antiseptics? *Burns*. 2009; 35 (5): 695-700.
- [10] HAMIDPOUR M., HAMIDPOUR R., HAMIDPOUR S. et al. Chemistry, Pharmacology, and Medicinal Property of Sage (Salvia) to Prevent and Cure Illnesses such as Obesity, Diabetes, Depression, Dementia, Lupus, Autism, Heart Disease, and Cancer. *J Tradit Complement Med*. 2014; 4 (2): 82-88.
- [11] GHORBANI A., ESMAELIZADEH M. Pharmacological properties of Salvia officinalis and its components. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2017; 7 (4):433-440.
- [12] KHALIL R., LI Z-G. Antimicrobial activity of essential oil of Salvia officinalis L. collected in Syria. *Afr J Biotechnol*. 2011; 10 (42): 8397-8402.
- [13] GEBREYOHANNES G., GEBREYOHANNES M. Medicinal values of garlic: A review. *Academic Journals*. 2013; 5 (9): 401-408.
- [14] FELDBERG R.S., CHANG S.C., KOTIK A.N. et al. In vitro mechanism of inhibition of bacterial cell growth by allicin. *Antimicrob Agents Chemother*. 1988; 32 (12):1763-1768.
- [15] ŠPP 36/III - Biologická suspenzná metóda na testovanie účinnosti dezinfekčných roztokov, OMab ŽP, RÚVZ Trenčín
- [16] Diskova difúzní metoda EUCAST. Státní zdravotní ústav, Praha. [online] 2017; [citované 2018-18-08]. Dostupné na internete: http://www.szu.cz/uploads/documents/CeM/NRLs/atb/EUCAST/Diskova_metoda/EUCAST_Diskova_difuze_Manual_v_6.0.pdf
- [17] LONGARAY DELAMARE A.P., MOSCHEN-PISTORELLO I.T., ARTICO L. et al. Antibacterial activity of the essential oils of Salvia officinalis L. and Salvia triloba L. cultivated in South Brazil. *Food Chemistry*. 2005; 100 (2): 603-608.
- [18] REITER J., LEVINA N., VAN DER LINDEN M. et al. Diallylthiosulfinate (Allicin), a Volatile Antimicrobial from Garlic (Allium sativum), Kills Human Lung Pathogenic Bacteria, Including MDR Strains, as a Vapor. *Molecules*. 2017; 22 (10): 1711.
- [19] LONGBOTTOM CH.J., CARSON CH.F., HAMMER K.A. et al. Tolerance of Pseudomonas aeruginosa to Melaleuca alternifolia (tea tree) oil is associated with the outer membrane and energy-dependent cellular processes. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2004; 54(2): 386-392.
- [20] YAYAN J., GHEBREMEDHIN B., RASCHE K. Antibiotic Resistance of Pseudomonas aeruginosa in Pneumonia at a Single University Hospital Center in Germany over a 10-Year Period. *PLoS One*. 2015; 10 (10): e0139836.